

## Autoecología de los castaños de Castilla (España)

A. Rubio<sup>1</sup> \*, O. Sánchez Palomares<sup>2</sup>, V. Gómez<sup>1</sup>, D. Graña<sup>1</sup>, R. Elena<sup>1</sup>,  
A. Blanco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Silvopascicultura. UPM. E-28040. Madrid. España

<sup>2</sup> CIFOR-INIA. Apdo. 8111. E-28040. Madrid. España

arubio@montes.upm.es

### RESUMEN

En el presente trabajo se han establecido los valores de los hábitats centrales y marginales de la fisiografía, edafología y climatología de las masas de *Castanea sativa* Miller en las comunidades autónomas de Castilla y León, Castilla-La Mancha y Madrid. Se ha podido comprobar al respecto que los castaños se suelen encontrar entre los 620 y los 1.100 m de altitud, presentan una amplia variación en su régimen pluviométrico, no así en el termométrico. Los suelos de los castaños estudiados son fundamentalmente Cambisoles, Luvisoles y Umbrisoles, generalmente fuertemente ácidos, francos o franco-arenosos y con baja relación C/N. También se establecen los criterios para interpretar los rangos de las hábitats marginales respecto de los centrales a fin de poder realizar una valoración del riesgo de efectuar la implantación de esta especie en un terreno del ámbito estudiado. El mayor riesgo se encontraría en terrenos cuyos parámetros de precipitaciones otoñales fueran inferiores a 220 mm, tierra fina inferior a 16,7 %, limo menor de 20,4 %, capacidad de retención de agua inferior a 38 mm, materia orgánica superficial menor del 2,1 %, oscilación térmica mayor de 18,5 °C y permeabilidad superior a 4,75. El parámetro selvícola que mejor describe las características dasonómicas del conjunto de los castaños castellanos en relación con los parámetros evaluadores del biotopo es el índice de Hart por número de cepas, el cual puede ser estimado con bastante aproximación en función de la pendiente del terreno, la precipitación de invierno, la suma de superávit y la permeabilidad del suelo.

**Palabras clave:** *Castanea sativa*, hábitat central, hábitat marginal, biotopos, autoecología, selvicultura, Castilla.

### INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos fundamentales de los estudios autoecológicos paramétricos realizados en especies forestales ha sido el poder llevar a cabo la tipificación paramétrica de

---

\* Autor para correspondencia

Recibido: 12-11-01

Aceptado para su publicación: 11-2-02

la aptitud de una estación para sustentar dicha especie forestal y de esta manera poder aportar a los gestores información con la que poder hacer frente tanto a proyectos técnicos de repoblación forestal, como de evaluación de impacto ambiental de repoblaciones, así como poder abordar de una manera más integral la planificación de dicha gestión forestal. Para ello se ha procedido primeramente a la elaboración y análisis de unos parámetros ecológicos de naturaleza fisiográfica, climática, edáfica y edafoclimática. Pero también se han realizado estudios comparativos de estos parámetros en relación con especies vegetales. Así mismo también se ha llevado a cabo una estimación de la calidad de la estación en función dichos parámetros ecológicos y se ha llegado al establecimiento de los criterios para la definición de áreas potenciales de expansión de la especie. Para realizar un seguimiento de dichos trabajos existe una amplia base bibliográfica (Gandullo, 1972; Gandullo *et al.*, 1983; Blanco *et al.*, 1989) y una síntesis de muchos de ellos en el trabajo sobre estaciones ecológicas de los pinares españoles (Gandullo y Sánchez Palomares, 1994).

No obstante, profundizando en la intención de que esta información recogida acabe efectivamente trascendiendo a los técnicos directamente implicados en la gestión forestal se han seguido ensayando nuevos procedimientos de análisis de dicha información. Así, Gandullo y Sánchez Palomares (1994) cuantifican el binominio de lo que denominan *fragilidad-agresividad* de distintas especies de pinos entre sí, en función de los porcentajes de solapes entre hábitats centrales de dos especies A y B, de manera que si se miden con respecto al hábitat central de la especie A indican la *fragilidad* de esta especie frente a B, y si se miden con respecto al hábitat central de la especie B, indican la *agresividad* de A frente a B. Siguiendo estos criterios, en el trabajo sobre la autoecología de los castañares gallegos (Blanco *et al.*, 2000), se realiza un ensayo sobre la *fragilidad-agresividad* del castaño frente a otras especies de su ámbito ecológico. Recientemente Gandullo (1998) ha perfilado el concepto de *valencia textural* de las especies forestales definiendo el porcentaje del triángulo textural de suelos ocupado por los valores de textura correspondientes al hábitat central de una especie. Hoy en día, el gran desarrollo de las herramientas de información geográfica está permitiendo el desarrollo de modelos con los que llevar a cabo estimaciones climáticas termopluviométricas y su correspondiente expresión cartográfica (Sánchez Palomares *et al.*, 1999) que permiten pasar la información puntual a la obtención de un modelo territorial, gracias a los modelos digitales del terreno, y generar una cartografía de áreas potenciales para la expansión de una determinada especie (Sánchez Palomares, 2001). El empleo de estos modelos hace más manejables los resultados y ofrece una herramienta de enorme utilidad que permite al planificador o gestor forestal el manejo de la información a nivel de todo el territorio de actuación, en relación con el conocimiento de su aptitud o potencialidad para la existencia de determinadas especies forestales.

En este trabajo se pretende contribuir a la consecución de nuevos de datos sobre los parámetros ecológicos de las masas de castaño en un amplio territorio como el abarcado por las comunidades autónomas de Castilla y León, Castilla-La Mancha y Madrid, históricamente con más amplias superficies de lo que hoy en día es posible observar, y a la definición de su hábitat fisiográfico, climático y edáfico en dichos territorios, y de esta manera seguir completando el estudio que se está llevando a cabo a nivel peninsular. Pero además, se pretende dar un paso más en la interpretación de los resultados pues si la observación de los esquemas relativos a los hábitats de una especie, y la coincidencia de los parámetros estudiados en dicho terreno con los de dichos esquemas, son en sí un apoyo más en la toma de decisiones sobre la idoneidad o adecuación de un terreno para su

ocupación por esa especie, en este caso el castaño, también es posible realizar con ellos una evaluación, una cierta cuantificación, del *riesgo* que supondría la implantación de la especie en un terreno, ya que la amplitud de los hábitats marginales puede ser interpretada con distinto grado en la apreciación de la fiabilidad de estos intervalos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El territorio estudiado ocupado por *Castanea sativa* Miller en las comunidades autónomas de Castilla-León, Madrid y Castilla-La Mancha en realidad se circunscribe a reducidas superficies de las provincias de León, Zamora, Salamanca, Ávila, Madrid y Toledo. Dicho territorio se encuadra aproximadamente entre los 40° y 42° de latitud N y los 4° y los 7° de longitud W. Los castañares castellano-leoneses según los datos del II Inventario Forestal Nacional (ICONA, 1994) ocupan 17.126 ha y aparecen dispersos por sus sectores más occidentales. Así, en la provincia de León los núcleos más notables se sitúan aguas arriba del embalse de Peñarrubia, cerca del límite con Orense y en la vertiente sur de los Montes Aquilianos, en las comarcas de Toreno, Cacabelos, Ponferrada y Bembibre, así como en cuenca alta del Navia, Sierra de Punago y estribaciones meridionales de la Sierra de Ancares. Todas las masas de la provincia de Zamora son de muy reducida superficie, hallándose al E y SE del Lago de Sanabria, más algunos vestigios en el sector centro-occidental de dicha provincia. En el Sur de la provincia de Salamanca la presencia de los castañares vuelve a cobrar importancia en las estribaciones de la Sierra de La Alberca y de Carazo, además de en el entorno de la Sierra de Béjar y de la Peña de Francia. La presencia del castaño en las provincias de Ávila, Toledo y Madrid es muy poco importante en cuanto a extensión superficial (el II Inventario Forestal Nacional no aporta datos sobre superficie forestal dominada por *Castanea sativa* en Toledo o Madrid, a pesar de que reconoce su existencia pues cifra las cortas de madera en 174 m<sup>3</sup> cc para el año 1992 y en 1.126 m<sup>3</sup> cc para 1987 en dichas provincias), aunque tienen un gran valor biogeográfico por representar las poblaciones más interiores y por lo tanto más continentales del Sistema Central, así como las masas más meridionales de castañar en monte bajo (más al sur sólo lo aparecen como monte bajo unas muy reducidas superficies en Guadalupe y en el Valle de Matamoros en Extremadura, y otra en la Sierra Norte de Sevilla). Este vasto territorio presenta un conjunto de pequeños y distantes rodales en los que tan sólo existen pies aislados de castaño, como ocurre en las comarcas del Condado de Treviño, Espinosa de los Monteros, Medina de Pomar y el Valle de Mena en la provincia de Burgos, o la de Sajambre en el sector nororiental de la provincia de León, etc.

Biogeográficamente, y de acuerdo con Rivas-Martínez (1987), el territorio castañícola castellano se asienta fundamentalmente en la región Mediterránea, dentro de las provincias Carpetano-Ibérico-Leonesa y Luso-Extremadurese, si bien los castañares más septentrionales pertenecen a la Región Eurosiberiana, dentro de la provincia Orocantábrica. Las series de vegetación potencial (Rivas-Martínez, 1987) asociadas al amplio territorio de estudio aparecen todas ellas dominadas en su cabeza de serie por *Quercus pyrenaica*, formando bosques, bien como *Holco mollis-Querceto pyrenaicae sigmetum* (serie supra-mesomediterránea carpetana occidental, oreño-sanabriense y leonesa húmeda-

hiperhúmeda silicícola), *Genisto falcatae-Querceto pyrenaicae sigmetum* (serie supra-mesomediterránea salmantina y orensano-sanabriense subhúmeda silicícola), *Luzulo forsteri-Querceto pyrenaica sigmetum* (serie supramediterránea carpetano-ibérico-alcarreña subhúmeda silicícola), *Arbuto-Querceto pyrenaica sigmetum* (serie mesomediterránea luso-extremadurensis húmeda) y *Linario triornithophorae-Querceto pyrenaicae sigmetum* (serie montana orocantábrica y galaico-astur acidófila).

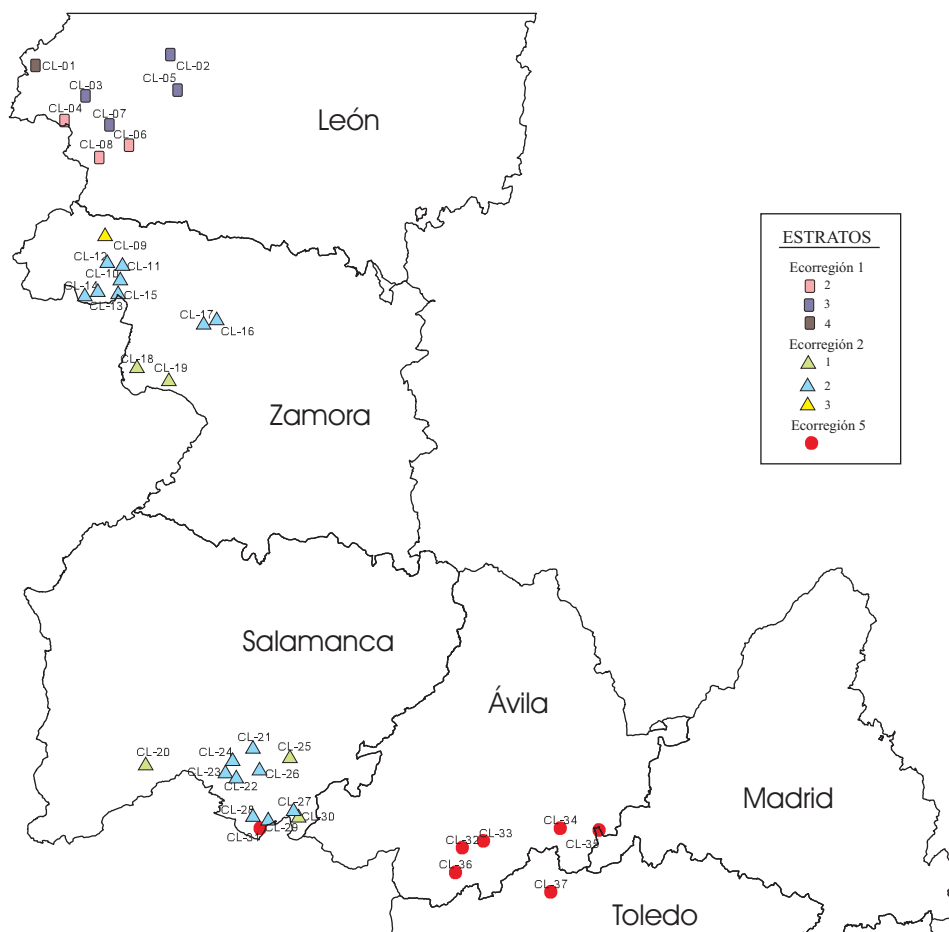
Litológicamente, ante la gran distancia que separa las localizaciones más septentrionales de las más meridionales de los castaños estudiados, cabría esperar una gran diversidad en los materiales parentales, sin embargo, el predominio de los sustratos ácidos es absoluto, y dentro de ellos dominan claramente los materiales metamórficos y los ígneos. Así pues, en la provincia de León, en el entorno de Bembibre los castaños aparecen fundamentalmente sobre pizarras y cuarcitas bien del Ordovícico, bien del Cámbrico, además de sobre materiales miocénicos. Semejantes materiales aparecen entorno a Cacabelos, además de areniscas del Ordovícico o Cámbrico, las cuales predominan al sur de Ponferrada, además de cuarcitas también de los mismos períodos geológicos. Hacia el oeste de Ponferrada los castaños se sitúan sobre estos mismos materiales, además de sobre pizarras tanto Silúricas como Ordovícicas, materiales estos últimos que son los más abundantes al sur de los Montes Aquilianos. Los castaños de la provincia de Zamora aparecen escasamente sobre terrenos Precámbricos y Cámbricos, en forma de materiales metamórficos indiferenciados, gneis, metagrauvascas, metaarcosas, pizarras y cuarcitas, e incluso sobre granitos de dos micas. Los de la provincia de Salamanca se sitúan fundamentalmente sobre granitos, aunque también abundan sobre las rocas metamórficas, tipo cornubianitas, esquistos cristalinos, pizarras y cuarcitas del Paleozoico. Las dispersas masas de castaño de Ávila, Toledo y Madrid aparecen sobre granitos y, en algún caso, sobre gneis.

## Métodos

La ubicación de las parcelas de muestreo ha sido realizada con el Mapa Forestal de Ceballos (1966) cuyas superficies definidas por la presencia del castaño fueron superpuestas sobre la clasificación biogeoclimática peninsular y balear (Elena, 1996) que, en base a datos fisiográficos, climáticos y litológicos, divide el territorio nacional en siete Ecorregiones y cada una en una serie de menores clases territoriales. De esta manera los castaños objeto de estudio se encuentran repartidos entre las ecorregiones 1 (Galaico-Cantábrica), 2 (Duriense) y 5 (Extremadurensis). Las masas castellano-leonesas de la Ecorregión 1 comprenden todas las existentes en la provincia de León y unas pequeñas manchas en Zamora, en la zona más cercana a la provincia de Lugo y pertenecen al estrato 2 (clases 118, 119 y 120), al estrato 3 (clases 121 y 122), al estrato 4 (clases 127 y 128) y al estrato 5 (clases 130, 131 y 132). Los castaños de la Ecorregión 2, también inmersos plenamente en dicha comunidad autónoma, se sitúan en tres estratos: en el estrato 1 (clases 201 a 217), en el estrato 2 (clases 231, 234, 235 y 236) donde se encuentran la mayor parte de los castaños de esta ecorregión 2, y en el estrato 3 (clases 238 y 239) donde se localizan unas masas que, situadas al este del Lago de Sanabria, están a mayor altitud que las pertenecientes al anterior estrato 2, y que suponen la transición a estratos más fríos de la Ecorregión 1. Los de la Ecorregión 5 comprenden unos pocos bosquetes salmantinos cercanos a Valdelamatanza, los abulenses, los toledanos y los madrileños, y sólo aparecen en las tres últimas clases en que se divide y ocupan una muy pequeña superficie,

motivo por el que todos ellos han sido agrupados a la hora de su representación como un único grupo.

Apoyándonos en esta clasificación territorial y en la extensión superficial de las masas de castaño, se ha estimado oportuno considerar 7 estratos en los que se han distribuido 37 parcelas, tal y como se puede comprobar en la Figura 1. En cada punto de muestreo se fijó una parcela circular de radio variable (8 a 18 m) en función del número de pies que pudieran considerarse y en ella se recogieron las características bióticas y abióticas del medio. Las características bióticas de las masas quedaron recogidas mediante una serie de datos dasométricos con los que se elaboraron los siguientes parámetros selvícolas: densidad de pies por hectárea (DENP), densidad de cepas por hectárea (DENC), área basimé-



**Fig. 1.**—Mapa de situación de los puntos de muestreo, según estratos de los castañares en Castilla y León, Madrid y Castilla-La Mancha

trica por hectárea (ABAS), índice de Hart (Hart, 1928) por número de cepas (HARTC), altura total dominante (ALTD), fracción de cabida cubierta del castaño (FCCP), fracción de cabida cubierta de todo el arbolado (FCCT), forma fundamental de masa (FORMA) para clasificar las parcelas de acuerdo al método de beneficio en monte alto (1), monte bajo (2) y monte medio (3), aprovechamiento cultural según el producto obtenido (USO) como fruto (1) y madera (2), y finalmente regeneración por brinzales (REG), estimada como abundante (1), escasa (2) y nula (3).

Las características abióticas se tomaron en la parcela con datos relativos a la fisiografía y al suelo. Con ellos y con los datos procedentes de las estaciones meteorológicas más cercanas (convenientemente corregidos, según Sánchez Palomares *et al.*, 1999) se han elaborado un total de 34 parámetros ecológicos relacionados con la estructura fisiográfica, climática y edáfica del biotopo.

- *Fisiografía.*—Los parámetros con los que hemos caracterizado fisiográficamente los castaños castellanos han sido: altitud (ALT), pendiente (PND) medida con un clinómetro, e insolación (INS), con la que se evalúa la cantidad de radiación solar que incide en el terreno en función de su pendiente y orientación (Gandullo, 1974).
- *Clima.*—El régimen pluviométrico se evaluó mediante la precipitación anual (PT), la de primavera (PP), de verano (PV), de otoño (PO) y la de invierno (PI). El régimen térmico con la temperatura media anual (TM), temperatura media del mes más cálido (TMC), temperatura media del mes más frío (TMF), oscilación térmica (OSC) (como diferencia entre TMC y TMF), y la suma de las 12 evapotranspiraciones potenciales (ETP) (Thornthwaite, 1948). El régimen hídrico se analizó mediante la suma de superávits (SUP) y suma de déficit (DEF), el índice hídrico (IH) (Thornthwaite y Mather, 1955, 1957), la duración de la sequía (DSQ) y la intensidad de la sequía (ISQ) (Walter y Lieth, 1960).
- *Suelos.*—En cada parcela de muestreo se procedió al estudio de un perfil del suelo, identificando los distintos horizontes edáficos, caracterizando su color y tomando una muestra representativa de cada uno de ellos. En el laboratorio se efectuaron los análisis físicos y químicos necesarios de cada horizonte para la clasificación de los suelos (FAO, 1998) y para la elaboración de los parámetros edáficos definidores del hábitat edáfico, análogamente a lo realizado en trabajos similares (Gandullo *et al.*, 1991; Rubio y Gandullo, 1994).

Como parámetros edáficos físicos definidos para el conjunto de cada perfil se han considerado: tierra fina en tierra natural (TF), arena (ARE), limo (LIM) y arcilla en tierra fina (ARC) (de acuerdo con los límites establecidos por el Soil Survey Staff del USDA, 1975), además de la clase de permeabilidad (en una escala de 1 a 5, según Gandullo, 1994) (PER) y la humedad equivalente (HE) (Sánchez y Blanco, 1985). El valor de cada parámetro se ha obtenido calculando la media ponderada con el espesor de los respectivos horizontes, en los 125 cm superiores del perfil. La capacidad de retención de agua (CRA) (Gandullo, 1994), se ha obtenido por suma de los valores parciales de CRA de cada horizonte del perfil.

Como parámetros edáficos químicos: materia orgánica (MO) (Walkley, 1946), acidez actual (valor del pH en H<sub>2</sub>O, en proporción 1:2,5) (PHA) y acidez de cambio (valor del pH en KCl 1 N, en proporción 1:2,5) (PHK). Los valores medios en cada perfil se han obtenido ponderando con el espesor de cada horizonte y aplicando el criterio de Russel y Moore (1968) de los pesos decrecientes con la profundidad. Además, y sólo con los datos

de los 25 cm superiores, se han calculado los parámetros: materia orgánica superficial (MOS), nitrógeno superficial (NS) (Bremner, 1965) y relación carbono/nitrógeno superficial (CNS).

El funcionamiento hídrico del perfil a lo largo de los meses del año en función de las características del clima y del suelo se evaluó mediante los siguientes parámetros edafoclimáticos (Thorntwaite y Mather 1957): la evapotranspiración real máxima posible (ETRM), la sequía fisiológica (SF) y el drenaje calculado del suelo (DRJ), para evaluar el agua que escurre superficialmente o que drena verticalmente hacia profundidades extraedafológicas.

Con los valores de los 34 parámetros abióticos recogidos en las 37 parcelas, en base a valores estadísticos univariados elementales, se han elaborado unos esquemas en los que, para cada parámetro, se señalan los valores mínimo (límite inferior, LI) y máximo (límite superior, LS) absolutos, así como el valor medio (M) del mismo; también se señalan los puntos definidos por el percentil 10, denominado umbral inferior (UI) y por el percentil 90, denominado umbral superior (US). El área definida por los valores comprendidos entre el LI y el UI recibe el nombre de **hábitat marginal inferior**, el área definida por los valores entre el US y el LS se denomina **hábitat marginal superior**, y el área comprendida entre los valores UI y US, donde se encuentran los valores del 80 % de las parcelas estudiadas constituye el denominado **hábitat central u óptimo** de los castañares estudiados (Gandullo, 1972; Gandullo *et al.*, 1974, 1983, 1991). En este trabajo se ha empleado la magnitud de los hábitats marginales con respecto del hábitat central como una estimación del *riesgo* de fracaso si se opta por emplear un terreno cuyos parámetros del biotopo caigan en dicho rango de variación, de manera que un intervalo marginal muy estricto (por ejemplo < 10 %), en aquellos parámetros que por su naturaleza son inevitablemente limitantes, indica un *alto riesgo* en la utilización de este hábitat marginal para asentar plantaciones de castaño. Recíprocamente, un intervalo marginal muy amplio (por ejemplo > 50 %) indicará un *riesgo muy pequeño* de utilizarlo como asiento futuro de castañares.

Con los parámetros selvícolas se ha realizado un primer análisis lineal bivariable de correlación para seleccionar los que pueden ser considerados más adecuados como índices selvícolas, para su posterior contraste con los parámetros fisiográficos, climáticos y edáficos definidores del hábitat, intentando obtener una relación lineal entre éstos. Para dilucidar las relaciones que existen entre el índice selvícola seleccionado y la totalidad de los parámetros ecológicos evaluadores del biotopo se efectuó un análisis de los histogramas con el que detectar el rango de variación (*a, b*) del parámetro ecológico en el que tienden a darse los mejores valores del índice de calidad selvícola (Gandullo *et al.*, 1991; Rubio y Gandullo, 1994). De este modo, cuando los mejores valores del índice de calidad coinciden con algún extremo del intervalo de variación del parámetro, se examina la correlación *índice/parámetro*, pero cuando uno de los valores extremos del índice se corresponden con un intervalo intermedio (*a, b*) del parámetro ecológico, se analiza la correlación *índice / |parámetro - k|*, siendo  $k = (a + b) / 2$ .

Sin embargo, el análisis bivariable planteado adolece de dos defectos importantes: la redundancia de información como consecuencia de las correlaciones existentes entre muchos de los parámetros abióticos y el posible ocultamiento de la influencia de algunos parámetros. Entre las causas que pueden explicar dicho enmascaramiento cabe citar (1) que el rango de variación del parámetro sea demasiado estricto y no presente valores en los que dicha influencia se pueda manifestar, (2) que exista un fenómeno de compensación entre parámetros, consecuencia antagónica de diversos factores ecológicos, (3) que la in-



fluencia no sea muy marcada y, por tanto, no detectable con el grado de aproximación de datos y parámetros del estudio, o (4) que los indicadores selvícolas que se utilizan puedan estar distorsionados por la actuación antrópica. Así pues, para determinar qué parámetros ecológicos pueden ser considerados predictores del estado selvícola se ha realizado un análisis multivariable de regresión paso a paso. Estas técnicas de regresión describen la función que mejor ajusta los datos de una variable dependiente (indicador selvícola) frente a una serie de variables regresoras (variables ambientales), si bien por lo general no se puede obtener una única respuesta totalmente satisfactoria (Snedecor y Cochran, 1984), especialmente si las variables ambientales están fuertemente correlacionadas y resulta difícil separar su efecto conjunto (Potvin, Roff, 1993). El método ascendente de regresión múltiple paso a paso ha demostrado ser el método más indicado para abordar este tipo de cuestiones en las que intervienen parámetros selvícolas como variable dependiente (Blanco *et al.*, 1989; Gandullo *et al.*, 1991; Rubio y Gandullo, 1994). Al final del proceso se obtiene una ecuación de regresión múltiple, también denominada ecuación de predicción o de pronóstico lineal, que presenta la menor probabilidad de fallo en su resolución utilizando las variables regresoras incluidas en el modelo.

Todos los análisis estadísticos han sido realizados con el programa STATGRAPHICS plus versión 2.1. y con el programa SPSS/PC versión 10.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis exploratorio

En la Tabla 1 se recoge la descripción estadística univariable de los parámetros del biotopo considerados. Especialmente destacado aparece el coeficiente de variación del parámetro intensidad de la sequía (104 %), aunque también son considerables los de pendiente, capacidad de retención de agua, materia orgánica, materia orgánica superficial y nitrógeno superficial ya que en todos ellos dicho coeficiente supera al 50 %, mientras que, por todo lo contrario, también merece la pena señalar los parámetros temperatura media anual, temperatura media del mes más cálido, oscilación térmica y evapotranspiración potencial (todos ellos parámetros térmicos), acidez actual, acidez de cambio y evapotranspiración real máxima, con coeficientes de variación inferiores al 20 %. En cuanto a la desviación que presentan con respecto de la normal, 29 de los 34 parámetros estudiados se puede decir que a penas se apartan de dichas distribuciones y sólo los ya citados intensidad de la sequía, materia orgánica, materia orgánica superficial, nitrógeno superficial y relación carbono: nitrógeno superficial presentan distribuciones con asimetría positiva que además son marcadamente leptocúrticas.

Los castaños estudiados con estas 37 parcelas presentan una altitud media en torno a los 895 metros, presentándose 9 de ellas en cotas inferiores a 800 m y otras 10 en cotas superiores a los 1.000 m. Geográficamente los castaños del núcleo de Madrid-Ávila-Toledo son los que se encuentran a mayores altitudes (988 m de media), seguidos de los de la provincia de Zamora (949 m), Salamanca (892 m) y León (756 m). En lo relativo a la pendiente, se suelen presentar en terrenos ondulados, pues en más de la mitad de las parcelas los valores no superan el 25 % y sólo en 6 ocasiones superan el 40 %. De hecho, el valor medio se sitúa levemente por debajo de ese 25 %, siendo los de la provincia de Za-



**Tabla 1**  
**Estadísticos de los parámetros ecológicos de los castaños estudiados (n = 37)**

Parámetro	Media	D.E.	Mínimo	Máximo	Sesgo	Curtosis	C.V.
ALT (m)	895	191,4	430	1.240	-0,46	-0,16	21
PND (%)	25	16,2	0	64	0,34	-0,68	65
INS	0,87	0,179	0,49	1,24	-0,06	-0,38	20
PI (mm)	436	99	238	649	-0,003	-0,12	22
PP (mm)	325	80	191	470	0,31	-0,82	24
PV (mm)	90	25	54	151	0,81	-0,08	27
PO (mm)	354	100	201	539	0,35	-0,89	28
PT (mm)	1.205	274	693	1.738	0,04	-0,58	22
TM (°C)	11,6	1,47	8,82	14,65	0,41	-0,45	12
TMC (°C)	20,8	2,15	17,2	25,1	0,07	-1,05	10
TMF (°C)	4,1	1,36	1,5	6,6	0,19	-0,88	33
OSC (°C)	16,7	1,65	13,4	18,8	-1,01	-0,31	9
ETP (mm)	683	48	599	797	0,68	-0,05	7
SUP (mm)	795	255	356	1.308	0,25	-0,63	32
DEF (mm)	272	60	148	392	-0,20	-0,42	22
IH	92,6	38,04	20,3	167,7	0,06	-0,62	41
DSQ (n.º meses)	1,9	0,573	0,00	2,83	-1,24	2,34	30
ISQ	0,06	0,066	0,00	0,13	3,86	19,61	104
TF (%)	49,4	24,49	12,1	91,0	-0,07	-1,23	49
ARE (%)	49,1	16,21	19,1	72,2	-0,20	-1,40	33
LIM (%)	36,6	14,01	18,9	62,1	0,22	-1,34	38
ARC (%)	14,2	4,18	7,4	25,8	0,90	1,09	29
PER	3,5	1,15	1,22	5,00	-0,41	-1,17	32
HE (%)	22,01	4,476	13,97	29,70	0,06	-1,06	20
CRA (mm)	139	89	25	343	0,58	-0,64	64
MO (%)	2,5	1,5	0,9	8,7	2,25	7,46	60
MOS (%)	3,8	2,6	1,8	16,5	3,43	15,51	67
NS (%)	0,2	0,10	0,1	0,7	2,99	12,64	51
CNS	11,6	3,14	8,0	22,3	1,99	4,50	27
PHA	5,3	0,54	4,5	6,6	0,85	0,02	10
PHK	4,2	0,49	3,4	5,8	1,32	2,12	11
ETRM (mm)	516	56	373	621	-0,58	0,60	10
SF (mm)	166	71	60	361	0,80	0,22	42
DRJ (mm)	689	262	184	1.218	-0,005	-0,56	38

D.E. desviación estándar. C.V. coeficiente de variación (%). Las variables sin unidades son adimensionales.

mora los que presentan los menores valores (10 %), seguidos de los del núcleo de Madrid-Ávila-Toledo (27 %) y Salamanca (29 %) y con valores más acusados destacan los de la provincia de León (36 %). Las orientaciones de umbría predominan aunque, como consecuencia de las escasas pendientes, suelen mantener el parámetro insolación en valores comprendidos entre 0,8 y 1,1. Tan sólo en cuatro ocasiones se supera este último valor y puede hablarse de clara orientación a solana.

Desde un punto de vista pluviométrico la variabilidad es bastante notable, mostrándose los mínimos de lluvias anuales en la provincia de Zamora y los máximos en las proximidades de Gredos y Peña de Francia. Las parcelas leonesas son las únicas que registran precipitaciones estivales por encima de los 100 mm. Según las propuestas bioclimáticas

de Rivas-Martínez (1987), predomina el bioclima supramediterráneo, pues 23 parcelas presentan un índice de termicidad comprendido entre 60 y 210, mientras que 14 parcelas son mesomediterráneas: las leonesas situadas a menos de 700 m de altitud, así como una parte importante de las salmantinas y abulenses. Siguiendo el criterio de Thornthwaite (1948), todas las parcelas estudiadas pertenecen al clima mesotérmico. El régimen hídrico en 14 parcelas es perhúmedo y en 23 es húmedo; los superávits varían entre 350 y 1.300 mm, y los déficits entre 150 y 400 mm. Lógicamente, de acuerdo con lo expresado al comentar las precipitaciones, los valores más elevados de los superávits se dan en Gredos y en la Sierra de la Peña de Francia y los déficits más bajos en las parcelas leonesas de mayores precipitaciones en verano. En consonancia con lo anterior, los parámetros duración de la sequía e intensidad de la sequía de León son inferiores a 1,7 meses y 0,03 respectivamente, y por el contrario, en el resto de las zonas duración de la sequía varía entre 1,8 y 2,5 meses, e intensidad de la sequía llega a superar en once ocasiones el valor de 0,07.

Con los datos aportados en la Tabla 2 se puede comprobar que el material parental de los suelos es siempre de naturaleza silíceo (aunque en la parcela n.º 7 existe una ligera contaminación carbonatada): granito (10 parcelas), granitoides en mezcla con cornubianitas (5 parcelas), gneis (4 parcelas), y metamorfitas, fundamentalmente pizarras y esquistos más o menos cuarcíferos (las otras 18 parcelas). Los suelos son bastante pedregosos ya que en 9 parcelas el porcentaje medio de tierra fina no llega al 20 % y sólo en cuatro ocasiones supera el 80. Las clases texturales que aparecen son la franco-limosa (7 parcelas), la franca (14 parcelas) y la franco-arenosa (16), fundamentalmente ubicadas en el sur de Salamanca y en Ávila, Madrid y Toledo. En dicha tabla también se explicita para cada parcela, el grupo de suelo según la clasificación F.A.O. (1998) y se puede comprobar que existen 13 cambisoles (12 de ellos con carácter dístico), 11 luvisoles (todos de carácter dístico), 9 umbrisoles, 3 phaeozems y un leptosol.

En general los suelos son fuertemente ácidos (ver Tabla 2), presentando la mayor parte de los suelos un PHA comprendido entre 4,7 y 5,5; solamente en 3 parcelas la acidez es más extremada y, por el contrario, en 13 se supera el segundo de los valores citados. Desde el punto de vista bioquímico el humus moderado se presenta en 4 parcelas, en el resto la relación C/N es inferior a 15, es decir mull forestal, a pesar de la fuerte acidez de muchas de ellas, lo que demuestra la fácil mineralización de los residuos del castaño (Rubio *et al.*, 2002 a y b). Este mull forestal sólo en 6 ocasiones puede calificarse como eutrófico al señalar el horizonte superior un tanto de saturación del complejo adsorbente superior a 50. La capacidad de retención de agua (CRA) de estos suelos es bastante variada: en 16 parcelas no alcanza los 100 mm y sólo en 3 ocasiones supera los 300 mm. La sequía fisiológica total (SF) sigue un claro gradiente positivo al descender de latitud y así, de las 19 parcelas estudiadas en las provincias de León y Zamora, en cinco de ellas la SF es inferior a 100 mm y sólo en una supera ligeramente los 200 mm. En el conjunto de las 18 parcelas de Salamanca, Ávila, Madrid y Toledo, en 10 ocasiones se superan los 200 mm, y sólo una vez se sitúa por debajo de 100 mm.

En la Tabla 3, donde aparecen los estadísticos de los parámetros selvícolas, puede observarse que los elevados sesgo, curtosis o/y coeficiente de variación de los parámetros densidad de pies por hectárea, densidad de cepas por hectárea, área basimétrica por hectárea y altura total dominante, lo que desaconseja emplearlos en posteriores análisis para ver su interrelación con los parámetros definidores del biotopo. Por el contrario, los restantes parámetros selvícolas (índice de Hart por número de cepas, fracción de cabida cubierta del castañar, fracción de cabida cubierta de todo el arbolado, forma fundamental de

**Tabla 2**  
**Características generales de las parcelas**

Par	Ecor	Est	Provincia	Localidad	Tipo perfil	Tipo suelo F.A.O.	Litofacies	Text
01	1	4	León	Vega de Valcárcel	A; Bw/C; C	Cambisol dístico	Pizarra	VII
02	1	3	León	Noceda	A; Bt; Bt/C	Luvisol crómico-dístico	Arenisca y esquisto	VII
03	1	3	León	Villafranca del Bierzo	A; E; Bs; 2C	Luvisol ferrico-dístico	Cuarcita y esquisto	VII
04	1	2	León	Friera	A; Bt; C	Luvisol crómico-dístico	Pizarra	VII
05	1	3	León	Santibáñez del Toral	A; Bt; Bts/C	Cambisol crómico-dístico	Cuarcita y pizarra	VII
06	1	2	León	Ponferrada	Ae; A; Bw	Umbrisol háplico	Pizarra	IX
07	1	3	León	Ponferrada	A; Bw; Bw/C	Cambisol móllico-crómico (éutrico)	Esquisto	VIII
08	1	2	León	Benuza	Ae; Bw; Bw/C	Phaeozem háplico	Cuarcita y esquisto	VII
09	2	3	Zamora	San Justo	A; Bw; C	Umbrisol háplico	Gneis	VII
10	2	2	Zamora	Robleda	A; Bs; Bs/C	Cambisol dístico	Gneis	VIII
11	2	2	Zamora	Robleda	A; R	Leptosol dístico	Gneis	IX
12	2	2	Zamora	Puebla de Sanabria	A; Bt1; Bt2; C	Cambisol dístico	Pizarra y metagrauvasca	VIII
13	2	2	Zamora	Calabor	A; Bs; 2Aul; 2Au2	Umbrisol háplico	Pizarra	VII
14	2	2	Zamora	Pedralba de la Pradería	A; Bw; R	Cambisol léptico-dístico	Pizarra	VIII
15	2	2	Zamora	Puebla de Sanabria	A; Bts; Bs	Luvisol dístico	Pizarra	IX
16	2	2	Zamora	Ferreras de Arriba	A; Bts; Bs/C	Luvisol dístico	Cuarcita y esquisto	VII
17	2	2	Zamora	Ferreras de Arriba	A; Bw; Bw/C	Cambisol dístico	Pizarra	VIII
18	2	1	Zamora	Trabazos	A; Bt; Bt/C	Luvisol dístico	Cuarzo y esquisto	VII
19	2	1	Zamora	Aleañices	A; Bw; Bw/C	Umbrisol háplico	Esquisto	VII
20	2	1	Salamanca	Serradilla del Arroyo	Ap; A/B; Bt/C	Luvisol crómico-dístico	Cuarcita	VIII
21	2	2	Salamanca	Linarejos de Riofrío	A; Bw; Bw/C	Umbrisol háplico	Esquisto y cornubianita	VIII
22	2	2	Salamanca	Villanueva del Conde	A; Bw; C	Cambisol dístico	Granito	IX
23	2	2	Salamanca	Monforte de la Sierra	A; Bt; C1; C2	Cambisol dístico	Granito	IX
24	2	1	Salamanca	S. Martín del Castañar	A; Bt; C	Cambisol dístico	Granito y cornubianita	VII
25	2	2	Salamanca	Los Santos	A; Bt; Bts/C	Luvisol crómico-dístico	Cornubianita	VII
26	2	2	Salamanca	Santibáñez de la Sierra	A; Bw1; Bw2; Bw3	Cambisol dístico	Granito y cornubianita	VII
27	2	2	Salamanca	Béjar	A; Bt; C; R	Luvisol crómico-dístico	Granito	IX
28	2	2	Salamanca	Lagunilla	A; Bw; C	Umbrisol háplico	Granito	IX
29	2	2	Salamanca	Montemayor del Río	Ae; Bw; C	Umbrisol háplico	Granito	IX

**Tabla 2**  
**Características generales de las parcelas (continuación)**

Par	Ecor	Est	Provincia	Localidad	Tipo perfil	Tipo suelo F.A.O.	Litofacies	Text
30	2	1	Salamanca	Candelario	A; Bw; Bw/C; C	Umbrisol háplico	Granito y cornubianita	IX
31	5		Salamanca	Valdelamanza	A; A/B; Bt/C	Luvisol crómico-dístrico	Cornubianita	IX
32	5		Ávila	El Arenal	A; Bw; C	Cambisol dístrico	Granito	IX
33	5		Ávila	Villarejo del Valle	Ap1; Ap2; Bw/C	Phaeozem háplico	Granito	IX
34	5		Ávila	Piedralaves	A; Bw; Bw/C	Umbrisol háplico	Granito	IX
35	5		Madrid	Rozas de Puerto Real	A; Bw; Bw/C	Phaeozem háplico	Granito	IX
36	5		Ávila	Arenas de San Pedro	A; Bw; C	Cambisol dístrico	Gneis	IX
37	5		Toledo	El Real de San Vicente	A; E; Bt; R	Luvisol léptico-dístrico	Granito	IX

Ecorregión (ecor.), estrato territorial (est.) (Elena, 1996), provincia, localidad, tipo de perfil y suelo (F.A.O., 1998), roca madre y clase textural (text).  
 VII: franca, VIII: franco-limosa, IX: franco-arenosa.

masa, aprovechamiento cultural y regeneración) se ajustan bastante bien a una distribución normal. Desde el punto de vista del aprovechamiento del castaño, en el territorio estudiado se muestra su doble faceta agronómica y forestal pues 25 parcelas están dedicadas a la producción de fruto y otras 12 tienen como fin la obtención de madera. Las parcelas de castaño de fruto son todas las existentes en León y Zamora (con una sola excepción) y alguna de la situadas en la parte sur (Salamanca, Ávila y Toledo) y en general corresponden a formas de monte alto, con un amplio espaciamiento (valor medio del índice de Hart por número de cepas es 72,4 y de la fracción de cabida cubierta 52 %) y con una regeneración escasa o nula. Las parcelas con aprovechamiento maderero corresponden a masas de monte bajo, de mayor espesura (índice de Hart por número de cepas 20,7 y fracción de cabida cubierta 83 %) y normalmente con una regeneración abundante.

**Tabla 3**  
**Estadísticos de los parámetros selvícolas de los castañares castellanos estudiados (n = 37)**

Parámetro	Media	D.E.	Mínimo	Máximo	Sesgo	Curtosis	C.V.
DENP (n.º·ha <sup>-1</sup> )	913	1446,8	60	5.800	2,23	4,39	158
DENC (n.º·ha <sup>-1</sup> )	418	478,0	60	1.850	1,77	2,66	114
ABAS (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	32,5	27,2	0,8	115,6	1,66	2,99	84
HARTC	57,2	35,1	15,6	150,2	0,84	0,31	61
ALTD (m)	15,3	4,8	8,0	34,4	1,94	6,12	32
FCCP (%)	61,9	20,9	20	100	-0,19	-0,80	34
FCCT (%)	63,5	22,0	20	100	-0,08	-0,86	35
FORMA	1,5	0,6	1	3	0,96	-0,002	42
USO	1,3	0,5	1	2	0,78	-1,47	36
REG	2,4	0,8	1	3	-0,94	-0,60	32

D.E. desviación estándar. C.V. coeficiente de variación (%). Las variables sin unidades son adimensionales.

### Hábitat de la especie

El hábitat central definido en las Figuras 2 y 3 permite observar las características del área más adecuada para el castaño en los territorios castellanos, ya que en las regiones marginales su presencia puede deberse a una serie de compensaciones entre los factores ecológicos, o incluso a parámetros no considerados en este trabajo. A continuación, y siguiendo la línea de trabajos precedentes (Blanco *et al.*, 2000, Rubio *et al.*, 1999, 2002a y b) se puede comenzar a extraer resultados, más o menos descriptivos, acerca de los parámetros estudiados. Comparando sucintamente con dichos trabajos, se puede observar en la Figura 2 que las altitudes de los castañares castellanos son notablemente más elevadas que las de los castañares gallegos (Blanco *et al.*, 2000), catalanes (Rubio *et al.*, 1999) o navarros (Rubio *et al.*, 1997) y levemente más altos también que los extremeños (Rubio, 1993). La elevada pedregosidad de muchas zonas (figura 3) genera unas capacidades de retención del agua algo bajas, aunque no tan acusadamente bajas como las de los castañares catalanes (Rubio *et al.*, 1999), debido probablemente a que las pendientes en general

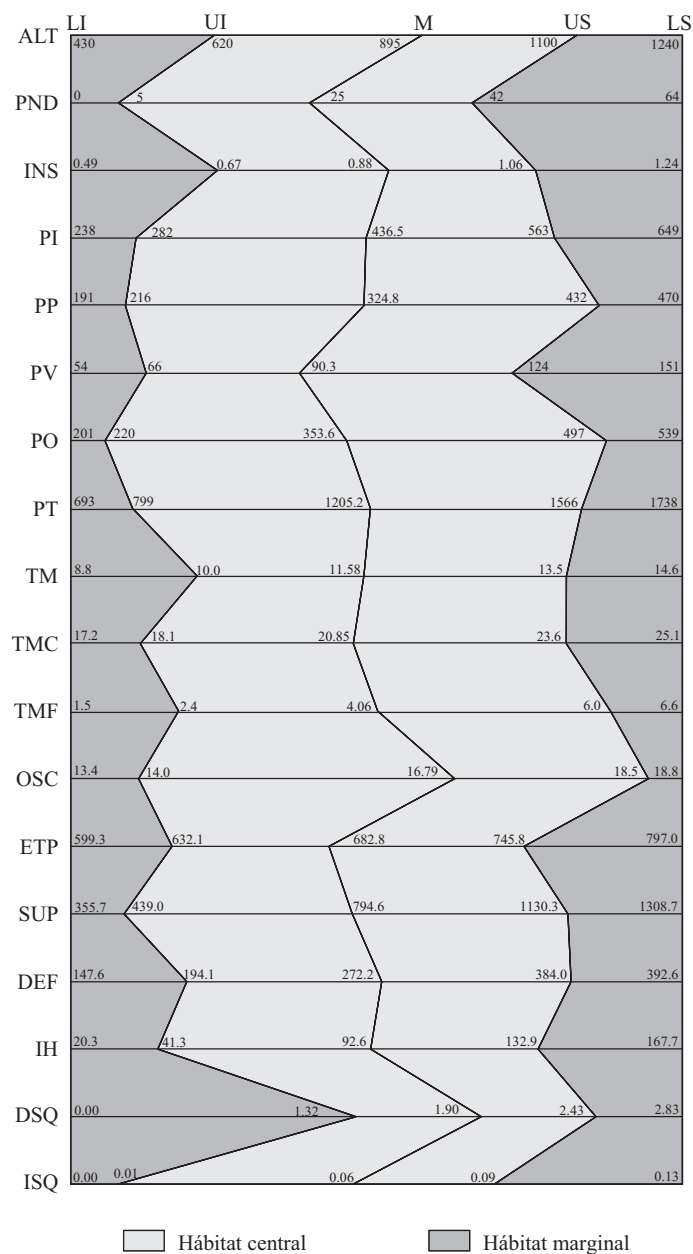
no son tan fuertes. No obstante, quizás debido a que hay otra buena representación de castañares castellanos con capacidades de retención de agua más elevadas, los podemos encontrar en localizaciones con duración de la sequía e intensidad de la sequía de las más elevadas de todos los previamente estudiados (Rubio *et al.*, 1997, 1999, 2002 a y b; Blanco *et al.*, 2000), si exceptuamos las masas extremeñas (Rubio, 1993) y las masas andaluzas (Gómez *et al.*, inédito). Las elevadas precipitaciones también deben favorecer el que los valores de sequía fisiológica no se disparen y se puedan mantener valores de evapotranspiración real máxima tan altos como en Galicia, Navarra, o en Cataluña. Por otra parte, coincidiendo de manera semejante con los demás castañares estudiados hasta ahora, los valores de materia orgánica y materia orgánica superficial son llamativamente bajos, motivo por el que casi siempre la relación C/N es inferior a 15, a pesar de que también son suelos muy ácidos. Si en Cataluña y Galicia las acusadas precipitaciones de verano podían ayudar al entendimiento de la elevada velocidad de mineralización, junto con la bondad de los residuos del castaño, en los castañares castellanos sólo se puede comprender por este último motivo, pues el verano posee un muy acusado descenso pluviométrico, típicamente mediterráneo.

En cuanto al cálculo de la magnitud relativa de los hábitats marginales con respecto al hábitat central de cada uno de los parámetros considerados (ver Tabla 4) se puede deducir que, en el territorio analizado, se corre *mucho riesgo* de fracaso si se intenta implantar castaño en localidades cuyos parámetros se encuentren en el hábitat marginal inferior de

**Tabla 4**

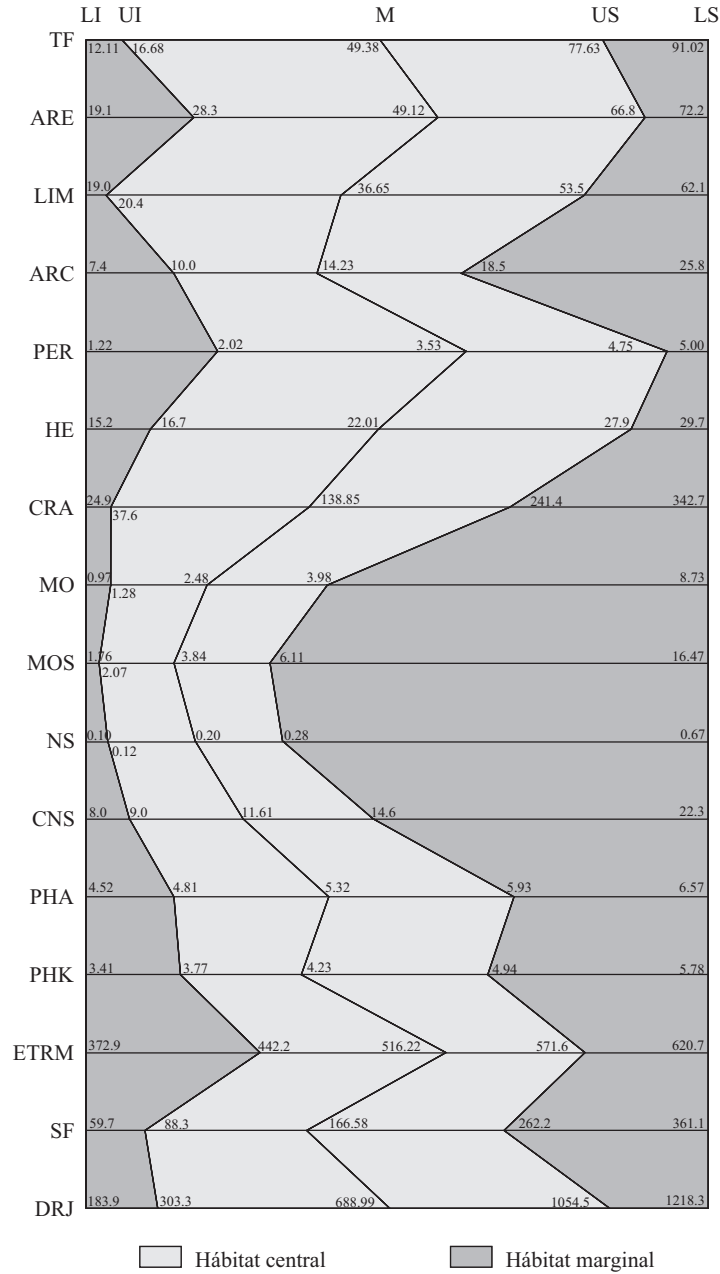
**Magnitud relativa de los hábitats marginales (H.M.) con respecto al hábitat central (100 %) de cada uno de los parámetros, y considerados como de mínimo riesgo (> 50 %) (señalados con letra *cursiva*) o de máximo riesgo (< 10 %) (señalados con letra **negrita**).**

Parámetro	Magnitud relativa del hábitat marginal	
	inferior (%)	superior (%)
PND	14	59
PO	7	15
OSC	13	7
DSQ	119	36
ISQ	12	50
TF	7	22
LIM	<b>4</b>	26
ARC	31	86
PER	29	<b>9</b>
CRA	<b>6</b>	50
MO	11	176
MOS	<b>8</b>	256
NS	13	244
CNS	18	138
PHA	26	57
PHK	31	72
ETRM	54	38
SF	16	57



**Fig. 2.**—Diagrama con los principales parámetros definidores del hábitat fisiográfico y climático de los castañares castellanos. LI: límite inferior. UI: umbral inferior. M: media. US: umbral superior. LS: límite superior





**Fig. 3.**—Diagrama con los principales parámetros definidores del hábitat edáfico y edafoclimático de los castaños castellanos. LI: límite inferior. UI: umbral inferior. M: media. US: umbral superior. LS: límite superior

precipitaciones otoñales, tierra fina, limo, capacidad de retención de agua, materia orgánica superficial o en el hábitat marginal superior de oscilación térmica y permeabilidad. Es decir, en aquellas comarcas con: precipitaciones de otoño < 220 mm, tierra fina < 16,7 %, limo < 20,4 %, capacidad de retención de agua < 37,6 mm, materia orgánica superficial <N>2,1 %, oscilación térmica > 18,5 °C y permeabilidad > 4,7. Por el contrario, sin sobrepasar los valores límites, se pueden utilizar con cierta confianza el hábitat marginal inferior de evapotranspiración real máxima y los hábitats marginales superiores de pendiente, intensidad de la sequía, arcilla, materia orgánica, materia orgánica superficial, relación carbono/nitrógeno superficial, pH en agua, pH en KCl y sequía fisiológica. Es decir, en aquellas comarcas con: evapotranspiración real máxima entre 372,9 y 442,2 mm, pendiente entre 42 y 64 %, intensidad de la sequía entre 0,09 y 0,13, arcilla entre 18,5 y 25,8 %, materia orgánica entre 4,0 y 8,7 %, materia orgánica superficial entre 6,1 y 16,5 %, insolación entre 0,28 y 0,67, relación C/N superficial entre 14,6 y 22,3, pH en agua entre 5,9 y 6,6, pH KCl entre 4,9 y 5,8 y sequía fisiológica entre 262 y 361 mm. No obstante, no ha de perderse de vista que éstos son siempre hábitats marginales y las consideraciones previas acerca de éstos que al principio de este apartado ya se hicieron.

**Relaciones entre los parámetros del biotopo y los parámetros selvícolas**

Desechados los parámetros densidad de pies por hectárea, densidad de cepas por hectárea, área basimétrica por hectárea y altura total dominante por los motivos ya comentados en el apartado del análisis exploratorio, las correlaciones entre los otros seis parámetros selvícolas quedan reflejadas en la Tabla 5 y, tal y como era de esperar, son altamente significativas. Ya se había indicado que los castañares de fruto eran generalmente con forma de masa en monte alto, con escasas fracciones de cabida cubierta, baja espesura (elevado índice de Hart) y regeneración escasa o nula, y recíprocamente, los castañares para madera presentan las características contrarias. Así pues, parece suficiente escoger uno solamente de estos seis parámetros para relacionarlo con los del biotopo. De todos ellos parece que es aconsejable utilizar índice de Hart por número de cepas ya que la estimación de fracción de cabida cubierta del castañar, fracción de cabida cubierta de todo el arbolado y del parámetro regeneración es siempre algo subjetiva, mientras que la evalua-

**Tabla 5**  
**Coefficientes de correlación lineal entre los parámetros selvícolas**

	HARTC	FCCP	FCCT	FORMA	USO	REG.
HARTC	—	-0,691***	-0,705***	-0,587***	-0,719***	0,665***
FCCP		—	0,980***	0,500**	0,692***	-0,573***
FCCT			—	0,501**	0,712***	-0,604***
FORMA				—	0,531**	-0,561***
USO					—	-0,703***
REG.						—

Niveles de significación: \*\* p < 0,01 y \*\*\* p < 0,001.

ción de la forma fundamental de masa y el tipo de aprovechamiento cultural son, necesariamente, números naturales y, por ello, no presentan variación continua.

En la Tabla 6 se reflejan los parámetros del biotopo que presentan un coeficiente de correlación con el índice de Hart por número de cepas con un nivel de significación superior al 90 %, y permite comprobar que las mejores espesuras (o lo que es lo mismo, los castañares para madera, en forma de monte bajo, amplias fracciones de cabida cubierta y buena regeneración), se dan en las localidades que, dentro de los límites generales del hábitat, tienen: pendientes fuertes, abundantes precipitaciones invernales, primaverales, otoñales y en el conjunto del año, temperaturas medias anuales elevadas y, bien temperaturas estivales bajas y pequeñas oscilaciones térmicas, o bien temperaturas estivales altas pero fuertes oscilaciones térmicas, superávit hídricos próximos a los 1.000 mm y elevado índice hídrico anual, suelos más bien arenosos, poco limoso-arcillosos, permeables y con valores bajos de humedad equivalente, y suelos con capacidad de retención de agua del orden de 110 mm, acidez de cambio próxima a 4,5 y altos valores de drenaje.

**Tabla 6**  
**Coefficientes de correlación lineal entre los parámetros ecológicos seleccionados y el índice de Hart**

Parámetros	Coef. Correlación	Parámetros	Coef. correlación
PND	-0,411*	SUP-1.000	0,718***
PI	-0,679***	IH	-0,594***
PP	-0,643***	ARE	-0,570***
PO	-0,658***	LIM	0,520***
PT	-0,669***	ARC	0,469***
TM	-0,340*	PER	-0,475***
TMC-20	-0,512***	HE	0,539***
TMF	-0,380*	CRA-110	0,303°
OSC-16	-0,280°	PHK-4,5	0,478***
ETP	-0,331*	DRJ	-0,677***

Niveles de significación: °  $p < 0,1$ , \*  $p < 0,05$  y \*\*\*  $p < 0,01$ .

Para evitar la redundancia de información que alguna de las afirmaciones anteriores implica y, también, para descubrir la posible existencia de parámetros significativos encubiertos por procesos de compensación, el análisis multivariable de regresión paso a paso conduce, tras diversos ensayos separados con parámetros fisiográficos y climáticos y con edáficos y edafoclimáticos, a la siguiente ecuación de pronóstico.

$$\text{HARTC} = 141,462 - 0,5118 \cdot \text{PND} - 0,1216 \cdot \text{PI} + 0,0605 \cdot |\text{SUP}-1000| - 9,995 \cdot \text{PER}$$

Esta ecuación absorbe el 69,5 % de la variabilidad, tiene un error estándar de la estimación de 20,5 y un error medio de 16,6, cifras francamente buenas para la utilización de la ecuación de pronóstico de la descripción dasonómica actual de los castañares castellanos.

## CONCLUSIONES

Los castañares castellanos aparecen ampliamente repartidos en pequeñas manchas que se sitúan fundamentalmente en terrenos ondulados y con ligeras orientaciones de umbría, con altitudes que suelen oscilar entre los 620 y 1.100 m.

Desde el punto de vista pluviométrico, la variabilidad de sus estaciones es bastante notable. El mínimo de lluvia anual se da en los castañares zamoranos y el máximo se localiza en las proximidades de Gredos y Peña de Francia. Los castañares de León son los únicos que registran precipitaciones estivales por encima de los 100 mm, de manera semejante a sus vecinos castañares gallegos. En cambio, la variación térmica es bastante menos acusada, y de hecho todas las parcelas pertenecen al clima mesotérmico de Thornthwaite y a los bioclimas supra y mesomediterráneo de Rivas Martínez.

Los suelos se edifican sobre material silíceo; en general son fuertemente ácidos, francos o franco-arenosos, con baja relación C/N indicativa de buena facilidad de mineralización de los despojos orgánicos. Según la clasificación FAO predominan los cambisoles, luvisoles y umbrisoles.

Desde el punto de vista selvícola, se distinguen dos conjuntos de parcelas: las de aprovechamiento maderero (en monte bajo, con fuerte espesura y con buena regeneración) y las destinadas a fruto (en monte alto, con amplio espaciamiento y con regeneración escasa o nula).

En cuanto a la valoración de la idoneidad de la implantación de castaño en determinados territorios el hábitat general muestra unos intervalos marginales muy estrictos y, por ello, con gran riesgo de utilización, en el caso los parámetros relativos a las precipitaciones otoñales, tierra fina, limo, capacidad de retención de agua y materia orgánica superficial (marginal inferior) y de oscilación térmica y permeabilidad (marginal superior). En cambio, dicho riesgo es menor si los nuevos territorios presentan la evapotranspiración real máxima dentro del hábitat marginal inferior y la pendiente, intensidad de la sequía, arcilla, materia orgánica superficial, nitrógeno superficial, relación C/N superficial, acidez actual, acidez de cambio y sequía fisiológica dentro de los superiores.

El parámetro selvícola que mejor describe las características dasonómicas del conjunto de los castañares castellanos en relación con los parámetros evaluadores de biotopo, es el índice de Hart por número de cepas. Este índice puede ser estimado, con bastante aproximación, en función de la pendiente del terreno, la precipitación de invierno, la suma de superávit hídricos y la permeabilidad del suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la CICYT en el marco del convenio de colaboración entre dicho organismo y el INIA mediante el proyecto FOA 97-1649. Queremos agradecer la inestimable colaboración prestada por las correspondientes Direcciones Generales del Medio Natural de la Junta de Catilla y León, de la Comunidad de Madrid y de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

## SUMMARY

## Autoecology of sweet-chestnut stands in Castile (Spain)

In this paper we have established the physiographic, climatic and soil optimum and marginal habitat parameters of *Castanea sativa* stands in the regions of Castilla y León, Castilla-La Mancha and Madrid (Spain). Chestnut stands are usually located between 620 m and 1100 m elevation showing a wide range of variation in their rainfall, in contrast to the narrow range of temperature variation. The soils of the chestnut stands studied are mainly Cambisols, Luvisols and Umbrisols, generally highly acid, loamy or sandy-loamy and having a low C/N ratio. We have also established the interpretation criteria for ranges of the marginal habitats in relation to the optimum ones, in order to evaluate the chances of risk if the introduction of this species was carried out in an area such as the one considered in our study. Thus, the greater risk/danger would be encountered on soils whose autumn rainfall parameters are lower than 220 mm, fine earth below 16,7 %, lime lower than 20.4 %, water holding capacity lower than 38 mm, top soil organic matter lower than 2.1 %, temperature oscillations over 18.5 °C and permeability higher than 4,7. The silvicultural parameter which best describes the forestry characteristics of the Castilian chestnut stands in relation to the biotope evaluation parameters is Hart's index per number of stools, which can be satisfactorily estimated by considering slope, winter rainfall, surpluses and soil permeability.

**Key words:** *Castanea sativa*, central habitat, marginal habitat, biotopes, autoecology, silviculture, Spain.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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., SÁNCHEZ O., ELENA R., GÓMEZ V., GRAÑA D., 2000. Autoecología de los castaños de Galicia (España). Invest. Agrar. Sist. Recur. For., 9(2), 337-361.
- BREMNER J.M., 1965. 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.
- ELENA ROSSELLÓ R., 1996. Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear. MAPA. Madrid.
- F.A.O., 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports, 84. Rome.
- 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. Madrid.
- GANDULLO J.M., 1998. Valencia textural de las especies forestales. Edafología, Revista de la S.E.C.S. n.º 5, 41-46.
- GANDULLO J.M., BAÑARES A., BLANCO A., CASTROVIEJO M., FERNÁNDEZ A., MUÑOZ L., SÁNCHEZ PALOMARES O., SERRADA R., 1991. Estudio ecológico de la *Laurisilva Canaria*. ICONA, Colección Técnica. Madrid.
- 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, 187 pp.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. I.C.O.N.A. 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.
- GÓMEZ V., BLANCO A., SÁNCHEZ PALOMARES O., RUBIO A., ELENA R., GRAÑA D., inédito. Autoecología de los castaños andaluces.
- HART H.M.F., 1928. Stamtal en dunning; een orienteerend onderzoek naar de beste plantwijdte en dunning-swijze voor den djati. Veenman & Zonen. Wageningen.
- ICONA, 1994. II Inventario Forestal Nacional: León, Zamora, Salamanca, Ávila, Madrid y Toledo. ICONA. Madrid.
- POTVIN C., ROFF D.A., 1993. Distribution-free and robust statistical methods: viable alternatives to parametric statistics? Ecology, 74(6): 1671-1628.

- RIVAS-MARTÍNEZ S., 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España. 1:400.000. Ser. Técnica ICON. M.A.P.A. Madrid.
- RUBIO A., 1993. Estudio ecológico de los castaños de Extremadura. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Montes. Univ. Politécnica de Madrid (inédita). Madrid.
- RUBIO A., GANDULLO J.M., 1994. Análisis ecológico comparativo de los castaños de Extremadura y de la región cántabro-astur (España). Invest. Agrar. Sist. Recur. For., 3, 111-124.
- RUBIO A., BLANCO A., SÁNCHEZ O., 1997. Aportaciones al estudio ecológico de los castaños navarros. Edafología, 3(2): 479-490.
- RUBIO A., ELENA R., SÁNCHEZ O., BLANCO A., SÁNCHEZ F., GÓMEZ V., 1999. Autoecología de los castaños catalanes. Invest. Agrar. Sist. Recur. For., 8(2), 387-405.
- RUBIO A., ELENA R., SÁNCHEZ O., BLANCO A., SÁNCHEZ F. GÓMEZ V., 2002a. Soil evaluation for *Castanea sativa* afforestation in Northeastern Spain. New Forests (*en prensa*).
- RUBIO A., ELENA R., SÁNCHEZ O., BLANCO A., GÓMEZ V., GRAÑA D., 2002b. Hábitat edáfico de castaños gallegos. Edafología (*en prensa*).
- 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., 2001. Los estudios autoecológicos paramétricos de especies forestales. Modelos digitales. III Congreso Forestal Español. Tomo VI. Junta de Andalucía. Sevilla.
- 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.<sup>a</sup> P., 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termoplumiométricas para la España peninsular. INIA, col. Fuera de Serie. Madrid.
- SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G., 1984. Métodos estadísticos. CECSA. México DF.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Handbook n.º 436. Soil Survey Staff. U.S. Department of Agriculture. Washington, DC.
- 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. Centerton. New Jersey.
- 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