

## APORTACIONES AL ESTUDIO ECOLOGICO DE LOS CASTAÑARES NAVARROS: SUELOS, CLIMA Y FISIOGRAFÍA

Agustín Rubio Sánchez<sup>1</sup>, Alfredo Blanco Andray<sup>1</sup> y Otilio Sánchez Palomares<sup>2</sup>

Dpto. Silvopascicultura. E.T.S.I. Montes. Universidad Politécnica de Madrid. 28040-Madrid. E-mail: arubio@montes.upme.es  
INIA-CIFOR. Apdo. 8.111. E-28080 MADRID.

**Abstract:** Sampled data from *Castanea sativa* stands in Navarra were used to characterize the habitat of this kind of forests from a physiographic, climatic and edaphic point of view. To explain the autoecology of *Castanea sativa* and the influence of ecological factors on the soils, a typification of soils was done, as well. Thus, the results showed that the continuous and traditional use of this species has preserved deep and developed soils

**Key words:** Navarra, *Castanea sativa*, marginal habitat, central habitat, ecology

**Resumen:** Se ha llevado a cabo un muestreo sobre el territorio castaneícola de la Comunidad Foral de Navarra. Con los datos obtenidos se caracterizan los hábitats fisiográfico, climático y edáfico de los castaños navarros. A su vez se tipifican los suelos intentando aportar un contenido autoecológico del castaño que explique la influencia de los factores ecológicos sobre los suelos. De esta forma hemos observado que el uso sostenido que tradicionalmente se ha hecho de esta especie forestal ha conservado profundos y evolucionados suelos.

**Palabras clave:** Navarra, *Castanea sativa*, hábitat marginal, hábitat óptimo, ecología

### INTRODUCCION

El castaño (*Castanea sativa* Miller) siempre ha sido un árbol de múltiples aprovechamientos forestales (Boggia, 1988) que además ha desarrollado un importante papel en la nutrición de la población europea, gracias a su fruto, la castaña, especialmente antes de la introducción de la patata.

Hasta ahora, la caracterización ecológica del hábitat de una especie, tan interesante desde un punto de vista forestal como el castaño, se había realizado de una forma especula-

tiva y vaga, sin aportar datos concretos. Ante las nuevas perspectivas que surgen con el cambio de mentalidad de la sociedad y de las nuevas directrices o políticas forestales, parece evidente la necesidad de realizar un exhaustivo y detallado estudio al respecto. Al menos para poder identificar nuevas áreas que presenten las características que actualmente presenta el hábitat de los castaños. Esto nos permitiría abordar restauraciones, recuperaciones de tierras agrícolas marginales o repoblaciones forestales con unas ciertas expectativas de éxito, a pesar de que el cuestionamiento

como especie autóctona o no (Rubio, 1997) lo está perjudicando.

En la Comunidad Autónoma de Extremadura hemos llevado a cabo detallados estudios con los cuales hemos abordado la definición de sus hábitats fisiográfico, climático y edáfico (Rubio, 1993a y b). Además, se han realizado diversas aproximaciones paramétricas con el fin de intentar prever su desarrollo selvícola (Rubio y Gandullo, 1994a). También se ha intentado desentrañar las relaciones más aparentes entre los estados selvícolas y otros aspectos ecológicos, tales como cortejos florísticos, etc. (Rubio y Gandullo, 1994b; Rubio y Sánchez, 1995).

Los resultados obtenidos en el área extremeña, así como datos de otros territorios (Blanco 1985; Gandullo et al., 1983) nos han impulsado a continuar desarrollando nuevos estudios bajo estos mismos criterios en el territorio de la Comunidad Foral de Navarra. De esta manera hemos materializado algunos resultados con los que hemos avanzado aspectos parciales de la caracterización del biotopo de los castaños navarros (Blanco y Rubio 1996; Blanco et al., 1997). En esta línea de profundización en el conocimiento de los requerimientos edáficos del castaño avanzamos un paso más y presentamos de manera global los múltiples aspectos del biotopo con capacidad para influir en las características edáficas de los castaños navarros.

## MATERIAL Y METODOS

### *Area de estudio*

El territorio ocupado por *Castanea sativa* Miller en la Comunidad Foral de Navarra presenta una notable fragmentación superficial. El límite meridional lo constituyen los rodales situados a los pies de la Sierra de Urbasa (42°53' N), mientras que septentrionalmente alcanza Francia en Vera de Bidasoa (43°19' N). De este a oeste encontramos dispersas las innumerables y pequeñas áreas ocupadas por el castaño. A este respecto baste señalar que la mayor superficie repoblada por castaño en Navarra se sitúa

en Aritzacun y cuenta con tan solo 15 hectáreas). Así, según los datos del inventario realizado para la elaboración del Plan Forestal (Puertas, com. pers.) la superficie ocupada por la especie es de 3.426 ha, de las cuales 1.390 ha corresponden a monte alto. De forma que tan solo ocupa el 1 % de la superficie forestal arbolada de la Comunidad.

Biogeográficamente, todo este territorio pertenece a la Región Eurosiberiana, provincia Cántabro-Atlántica, sector Cántabro-Euskaldún (Loidi y Báscones, 1995). Su clima está muy influido por la oceanidad del mar próximo, con abundantes lluvias, nieblas y lloviznas y con temperaturas poco extremas. En las situaciones más elevadas el invierno puede durar de 2 a 5 meses y ser de tipo frío o fresco, con valores de temperatura media de las mínimas del mes más frío entre 0 y -4° C. Las posiciones más bajas presentan unos inviernos frescos o templados y un largo período libre de heladas que puede ir desde abril hasta noviembre.

En el territorio castañécola navarro las litologías silíceas, que corresponden a los macizos paleozoicos del borde occidental del eje preherciniano del Pirineo, afloran en los macizos de Aya-Cinco Villas y Quinto Real-Alduides. Los materiales fundamentalmente corresponden a granitos, esquistos, areniscas y cuarcitas. Las litologías calizas se sitúan en el área vasco-cantábrica y son posteriores al plegamiento herciniano. Estos materiales son calizas, dolomías, margas, margocalizas, areniscas, conglomerados y flysch.

### *Métodos*

El muestreo de los castaños se realizó tras un doble proceso de estratificación. Primeramente se realizó una estratificación territorial de Navarra en la que se consideraron los aspectos más destacables a gran escala. Así pues, se tuvieron en cuenta caracteres fisiográficos (altitud, cuenca hidrográfica), litológicos (se resumieron en 5 tipos de litofacies) y climáticos (precipitación anual, temperatura media anual), todos ellos tomados como variables cualitati-

vas. La estratificación se efectuó mediante el método TWINSPAN (Hill, 1979), definiéndose 7 clases territoriales a partir de 606 cuadrículas de 1 x 1 Km de la red U.T.M. en las que se consideró la presencia de la especie. Posteriormente, dentro de cada estrato y tras los oportunos recorridos de campo, se seleccionaron 18 parcelas para muestrear.

En cada parcela de muestreo se recogieron datos relativos a la fisiografía, al suelo y a la masa forestal. Con ellos y con los datos procedentes de las estaciones meteorológicas más cercanas (convenientemente corregidos - Gandullo, 1994-) se han elaborado un total de 48 parámetros ecológicos relacionados con la estructura del biotopo.

\* **Fisiografía.**- Las variables que caracterizaron fisiográficamente los castañares fueron: altitud (**ALT**) expresada en metros; pendiente (**PND**) en porcentaje; insolación (**INS**), mide la cantidad de radiación solar que incide en el terreno (Gandullo, 1974); porcentaje de pedregosidad superficial (**PSUP**), evaluada cualitativamente en cinco clases; erosión (**ERO**), evaluada como no apreciable, ligera y notable; drenaje aparente (**DRE**), estimado como defectivo, normal y excesivo; complejidad del entorno (**COMP**), evalúa la mayor o menor simplificación del relieve del entorno de la parcela (Blanco et al., 1989); coeficiente de resguardo de vientos (**CRES**) de acuerdo con los criterios de Blanco et al. (1989); exposición (**EXP**) de la parcela, considerando las ocho principales direcciones de la rosa de los vientos.

\* **Clima.**- Los parámetros climáticos analizados han sido:

· *Régimen pluviométrico:* Precipitación anual (**PA**), precipitación de primavera (**PPRI**), precipitación de verano (**PVER**), precipitación de otoño (**POTO**) y precipitación de invierno (**PINV**), evaluadas en mm.

· *Régimen térmico:* Temperatura media anual (**TM**), temperatura media de las máximas del mes más cálido (**MAX**), temperatura media de las mínimas del mes más frío (**MIN**), oscilación térmica (**OSC**) (como diferencia entre

**MAX** y **MIN**); evaluadas estas cuatro en °C. Además de la suma de las evapotranspiraciones potenciales (**ETP**) (Thorntwaite, 1948), la suma de las evapotranspiraciones potenciales de los seis meses más fríos (**FRI**) y la suma de las evapotranspiraciones potenciales los seis más cálidos (**CAL**); estos tres últimos se estiman en mm.

· *Régimen hídrico:* Suma de superavits (**SUP**) y suma de déficits (**DEF**), expresados en mm. El índice hídrico (**IH**) (Thorntwaite y Matter, 1955 y 1957), que evalúa conjuntamente ETP, SUP y DEF. La duración de la sequía (**DSQ**) expresada en meses (Walter y Lieth, 1960) y la intensidad de la sequía (**ISQ**), como coeficiente adimensional.

· *Régimen edafoclimático:* Evaluando el funcionamiento hídrico del perfil a lo largo de los meses del año en función de las características del clima y del suelo (Thorntwaite y Matter, 1957; Gandullo, 1985). Son, expresadas en mm, las siguientes: la evapotranspiración real máxima (**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.

\* **Suelos.**- En cada parcela 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 laboratorio se efectuaron los análisis físicos y químicos de cada horizonte para la clasificación de los suelos (F.A.O., 1989) y para la elaboración de los parámetros edáficos definidores del hábitat edáfico, análogamente a lo realizado en trabajos precedentes (Gandullo et al., 1991; Rubio y Gandullo, 1994b; Rubio et al., 1997) y que fueron los siguientes:

· *Parámetros físicos:* Porcentaje de tierra fina (**TF**) en el total de la tierra natural, porcentajes de arena (**ARE**), de limo (**LIM**) y de arcilla (**ARC**) en tierra fina, coeficiente de capacidad de cementación (**CCC**), coeficiente de impermeabilidad debida al limo (**CIL**), clase de permeabilidad -en una escala de 1 a 5-

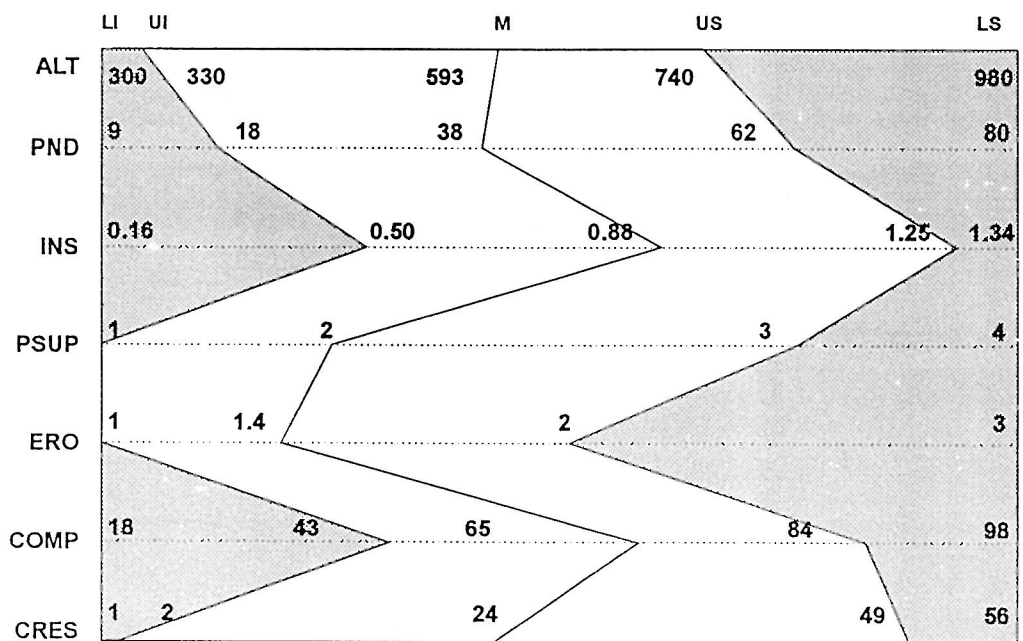
(PER), humedad equivalente (HE) en porcentaje de peso y capacidad de retención de agua del suelo (en litros) (CRA).

· *Parámetros químicos*: Porcentaje de materia orgánica (MO), acidez actual (PHA), acidez de cambio (PHK), porcentaje de óxidos de hierro (OXFE), porcentaje de nitrógeno total (N), relación carbono/nitrógeno (C/N), mg·Kg<sup>-1</sup> de fósforo (P), mg·Kg<sup>-1</sup> de potasio adsorbido al colóide (K), y porcentajes de carbonatos activos y de carbonatos en gravillas.

Con los valores hallados en los perfiles estudiados 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 aparecen los límites que definen el intervalo formado por el 80 % de las parcelas estudiadas (umbral

inferior, UI y umbral superior, US) y que excluyen el 10 por ciento de aquellas en las que el parámetro toma los valores mayores aparecidos y el otro 10 % en las que alcanza los valores mínimos (Gandullo, 1974; Gandullo et al., 1991). El área definida por el 80 por ciento de los casos constituye el denominado *hábitat central* u óptimo de los castañares estudiados (US-UI). Y las áreas que circunscriben los límites de dicho hábitat óptimo y los extremos absolutos, se definen como *hábitats marginales* de dichos castañares (LI-UI y US-LS).

El hábitat central define, en principio, el área potencial del castaño en Navarra, ya que en las regiones marginales la presencia del castaño puede deberse a una serie de compensaciones diversas entre los factores ecológicos, o incluso a parámetros extraedáficos no considerados en este trabajo.



**Figura 1.** Hábitat fisiográfico óptimo (en blanco) y hábitat fisiográfico marginal (sombreado). LI, límite inferior. UI, umbral inferior. M, valor medio. US, umbral superior. LS, límite superior. ALT, altitud. PND, pendiente. INS, insolación. PSUP, pedregosidad superficial. ERO, erosión. COMP, complejidad. CRES, coeficiente de resguardo.



## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se exponen los principales estadísticos de los parámetros ecológicos. Así mismo, en la Figura 1 se muestra el diagrama representativo del hábitat fisiográfico (óptimo y marginal) de los castañares navarros. Del examen de ambas se puede observar que los castañares navarros viven siempre por debajo de los 1000 m, situándose fundamentalmente entre los 330 m y los 740 m de altitud. Pueden habitar áreas prácticamente llanas, pero también en zonas de pendiente bastante fuerte, aunque generalmente inferiores al 60 %, lo cual puede originar complejidades topográficas bastante notables. Se presenta en amplios rangos de variación en cuanto a insolación y a pedregosidad superficial del terreno. En general rehúyen posiciones abrigadas de barranco y vaguadas (coeficiente de resguardo < 50 %).

La Figura 2 presenta el diagrama del hábitat climático de los castañares. Del régimen pluviométrico podemos destacar la constancia de sus valores anuales, que fundamentalmente se encuentran entre 1500 y 2000 mm, siendo en todas las ocasiones superiores a 1280 mm. Destacamos la menor cuantía de las precipitaciones estivales, que suponen aproximadamente el 15 % de las totales (marcando la influencia mediterránea en este territorio transicional en cuanto a características climáticas), aunque sin que se pueda detectar estrés hídrico originado por sequía estival. En este sentido queremos señalar que no se muestran los valores de duración de la sequía e intensidad de la sequía dado que en todos los casos los valores fueron 0. En las demás estaciones las precipitaciones son bastante constantes, distribuyéndose en primavera y otoño aproximadamente en torno al 27 % en cada una, y poco más del 30 % en invierno. El régimen térmico muestra un pequeño rango de variación en cuanto a temperatura media anual (10 a 12°C), temperatura máxima (23 a 25 °C) y temperatura mínima (-0,6 a casi 3°C). La oscilación termométrica a penas varía en torno a 23 °C. La evapotranspiración potencial anual

define en todos los casos un clima *mesotérmico*. Con respecto al balance del régimen hídrico es preciso señalar los notables valores que alcanza la suma de superávits (> 775 mm), los despreciables valores que toma la suma de déficits (< 140 mm), definiendo siempre un tipo climático *perhúmedo*, según el índice hídrico (> 100). Hecho que coincide con la ausencia de período seco ya señalado por los valores de DSQ e ISQ.

La similitud de valores entre la ETP y la ETRM y su escasa variación indica que el agua del suelo es suficiente para atender las demandas hídricas del castañar en la mayoría de los casos. A pesar de que no existe período con sequía manifiesta, se ha detectado una cierta sequía fisiológica (SF), aunque muy escasa, y que viene contrasta con los altos valores de agua sobrante (DRJ) que drena al acuífero. Esto se explica por la mediocre capacidad de retención de agua del perfil edáfico (CRA).

En la Figura 3 se presentan los valores de las características de naturaleza física y química que definen el hábitat edáfico. No se muestran los valores de la conductividad dado que en ningún caso la conductividad medida presentó valores que pudieran hacer pensar en algún tipo de problema como consecuencia de la abundancia de sales.

Las propiedades físicas del suelo demuestran una amplia eurioicidad en cuanto a pedregosidad en el conjunto del perfil del suelo. Por el contrario, la composición granulométrica de la tierra fina se mantiene, casi siempre, definiendo texturas francas o muy cercanas (franco-arcillosas o franco-limosas). Esta circunstancia origina suelos medianamente o poco permeables (1 a 3). Sin embargo, la razón por la que la capacidad de retención de agua de estos suelos es variable, hay que buscarla en la amplia variación de la pedregosidad.

Los suelos son muy estenoicos en cuanto a reacción, definiendo terrenos fuertemente ácidos. Así pues el parámetro PHK presenta una escasa variación en el hábitat central (3,9 a 4,3). No obstante, llama la atención la existencia de un límite superior fuertemente básico (PHA

**Tabla 1.** Valores de la media, desviación estándar (DESV EST), máximo, mínimo y coeficiente de variación (C VAR) de las variables estudiadas.

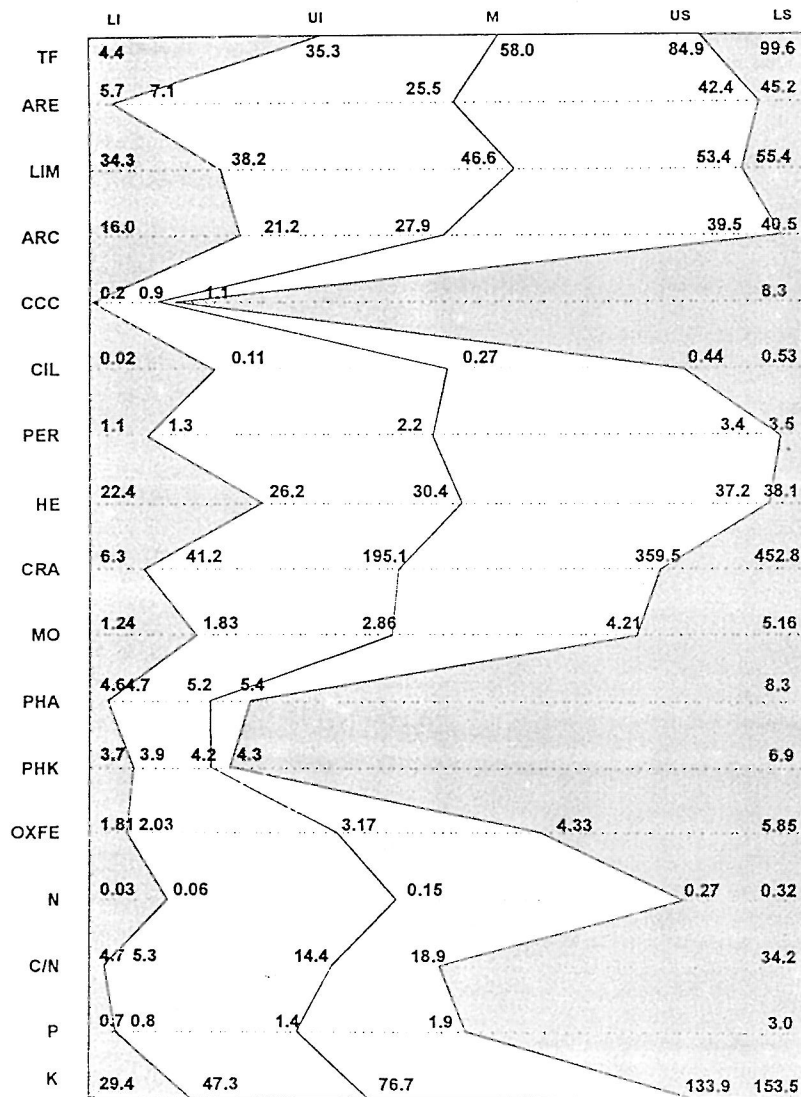
	MEDIA	DESV EST	MÁXIMO	MÍNIMO	C VAR		MEDIA	DESV EST	MÁXIMO	MÍNIMO	C VAR
ALT	593	181,7	980	300	30,6	P	1,4	0,59	3,0	0,8	42,7
PND	38,4	19,8	80	9	51,6	K	76,7	35,18	153,5	29,5	45,9
INS	0,88	0,3	1,34	0,16	35,5	PA	17771	252	2193	1286	14,0
PSUP	2,0	1,2	5	1	61,8	PPRI	505	74	647	358	15,0
ERO	1,4	0,7	3	1	50,2	PVER	249	62	357	181	25,0
DRE	2,1	0,3	3	2	15,3	POTO	453	55	531	345	12,0
COMP	64,8	21,9	98	18	33,8	PINV	564	73	660	420	13,0
CRES	24,4	19,0	56	1	77,9	TM	10,9	1,0	12,7	8,8	9,6
TF	58,01	26,08	99,57	4,40	45,0	MAX	24,3	0,6	25,0	23,1	2,6
ARE	25,5	12,5	45,2	5,7	48,9	MIN	0,7	1,6	3,4	-2,0	233,4
LIM	46,6	6,4	55,4	34,3	13,8	OSC	23,6	1,9	26,1	20,6	8,0
ARC	27,9	7,7	40,5	16	27,5	ETP	654,9	25,5	697,7	599,0	3,9
CCC	0,91	1,86	8,28	0,21	203,9	FRI	146,7	17,2	175,1	118,0	11,7
CIL	0,27	0,15	0,53	0,02	54,2	CAL	508,2	10,7	527,3	481,0	2,1
PER	2,2	0,78	3,5	1,1	35,1	SUP	1185,3	196,7	1543,9	777,8	16,6
HE	30,4	4,37	38,1	22,4	14,4	DEF	69,6	55,0	142,4	0	78,9
CRA	195,1	145,07	452,8	6,3	74,4	IH	174,4	33,0	237,81	109,5	18,9
MO	2,76	1,33	5,16	0,04	48,3	DSQ	0	0	0	0	--
PHA	5,2	1,15	8,3	1,84	22,8	ISQ	0	0	0	0	--
PHK	4,26	0,69	6,9	3,7	16,3	ETRM	632,1	43,9	697,5	540,9	6,9
OXFE	3,17	1,15	5,85	1,81	36,3	SF	22,9	33,5	106,2	0	146,6
N	0,146	0,09	0,318	0,028	62,3	DRJ	1138,5	234,1	1543,9	668,8	20,6
C/N	14,4	7,63	34,2	4,7	52,98						

8,3), correspondiente a un perfil sobre materiales carbonatados (margas calizas), que debe incluirse dentro del hábitat marginal de la especie en Navarra. Este castañar se halla en Iturmendi, a 790 m de altitud y con unas precipitaciones anuales que rondan los 1.300 mm y presenta un contenido de carbonatos en gravillas del 13,8 % y en carbonatos activos del 17,6%. Es una estación muy interesante por cuanto

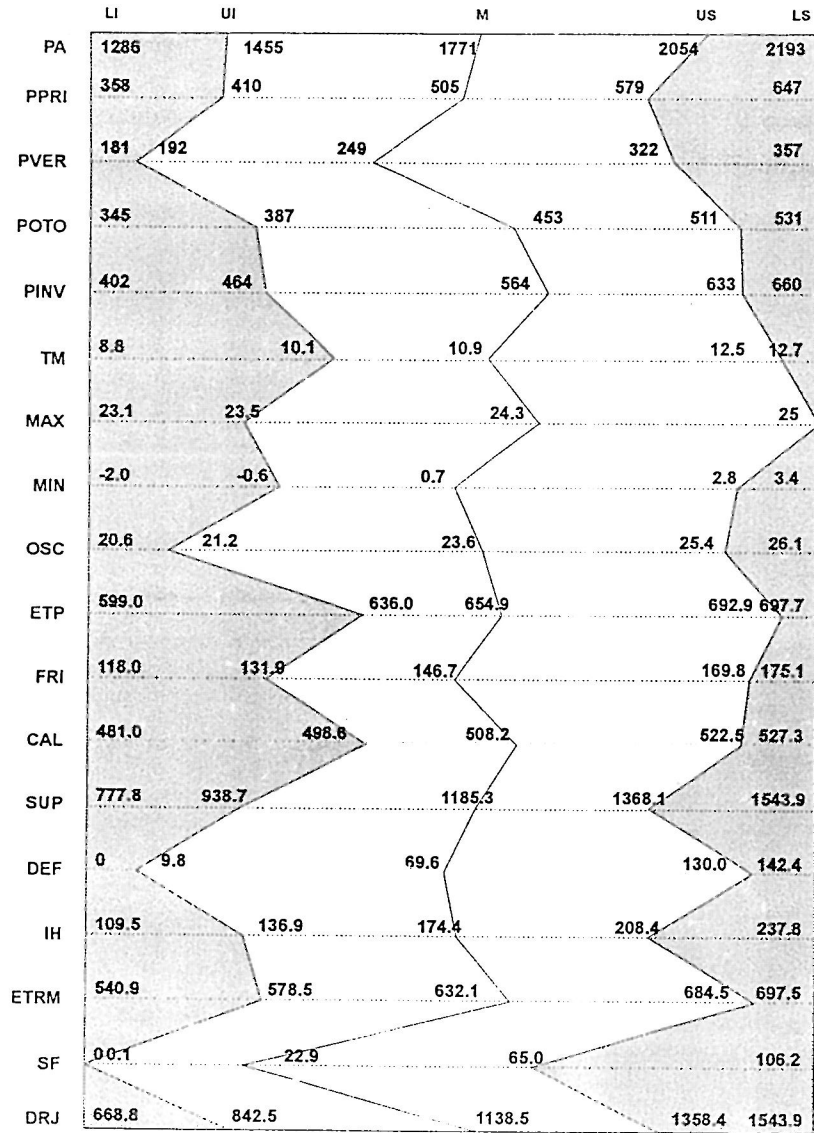
representa unas características ecológicas poco habituales para el desarrollo del castaño.

En general, los suelos tienen moderada cantidad de materia orgánica y son bastante ricos en nitrógeno, lo que da lugar a un humus dominante del tipo mull forestal o a lo sumo moder.

La Tabla 2 nos permite comprobar que la mayoría de los tipos de suelos son cambisoles



**Figura 2.** Hábitat climático óptimo (en blanco) y hábitat climático marginal (sombreado). LI, límite inferior. UI, umbral inferior. M, valor medio. US, umbral superior. LS, límite superior. PA, precipitación anual. PPRI, prec. primavera. PVER, prec. verano. POTO, prec. otoño. PINV, prec. invierno. TM, temperatura media anual. MAX, temp. media de las máximas del mes más cálido. MIN, temp. media de las mínimas del mes más frío. OSC, oscilación térmica. ETP, evapotranspiración potencial. FRI, suma de ETP de los 6 meses más fríos. CAL, suma de ETP de los 6 meses más calurosos. SUP, suma de superavits. DEF, suma de déficits. IH, índice hídrico. ETRM, evapotranspiración potencial real máxima. SF, sequía fisiológica. DRJ, drenaje calculado del suelo.



**Figura 3.** Hábitat edáfico óptimo (en blanco) y hábitat edáfico marginal (sombreado). LI, límite inferior. UI, umbral inferior. M, valor medio. US, umbral superior. LS, límite superior. TF, tierra fina. ARE, arena. LIM, limo. ARC, arcilla. CCC, coeficiente de capacidad de cementación. CIL, coeficiente de impermeabilidad debido al limo. PER, permeabilidad. HE, humedad equivalente. CRA, capacidad de retención de agua. MO, materia orgánica. PHA, pH actual. PHK, pH de cambio. OXFE, óxidos de hierro. N, nitrógeno. C/N, relación carbono-nitrógeno. P, fósforo. K, potasio.

Tabla 2. Localización de los puntos de muestreo (localidad y coordenadas X e Y de la red U.T.M.) Tipo de perfil, de suelo y de litofacies.

Localidad	X	Y	PERFIL	TIPO SUELO	LITOFACIES
NA-1	590	4774	A, Bw, B/C	Cambisol úmbrico	Roca ígnea básica
NA-3	593	4777	Au <sub>1</sub> , Au <sub>2</sub> , Bw	Cambisol úmbrico	Pizarras sericítico bituminosas
NA-4	602	4786	A, R	Regosol dístico	Pizarras sericítico bituminosas con cuarzo lechoso
NA-6	604	4760	A, Bt, B/C	Alisol háplico	Areniscas ferruginosas
NA-7	608	4762	A, BA, Bt	Alisol háplico	Areniscas ferruginosas
NA-9	604	4763	A, AB, Bt	Alisol háplico	Areniscas ferruginosas
NA-10	601	4764	A, BA, Bt, B/C	Luvisol háplico	Pizarras arcillosas algo sericíticas
NA-13	613	4770	Au <sub>1</sub> , Au <sub>2</sub> , Bw, Bw/C	Cambisol úmbrico	Ofitas e ígneas básicas
NA-15	639	4774	A, Bw <sub>1</sub> , B/C	Cambisol crómico	Esquistos algo sericíticos
NA-17	637	4770	A, Bw, R	Cambisol dístico	Cuarcitas
NA-18	643	4763	Au <sub>1</sub> , Au <sub>2</sub> , Bt/C	Luvisol háplico	Pizarras arcillosas algo sericíticas
NA-19	639	4754	A, BA, Bw	Cambisol crómico	Cuarcitas y areniscas
NA-20	627	4777	A, Bw <sub>1</sub> , Bw <sub>2</sub> , Bw <sub>3</sub>	Cambisol crómico	Areniscas ferruginosas algo micáceas
NA-22	625	4782	A, Bw <sub>1</sub> , Bw <sub>2</sub>	Cambisol dístico	Areniscas micáceas y cuarcitas
NA-24	Bértiz-Arana	613	4782	A, Bw <sub>1</sub> , Bw <sub>2</sub>	Pizarras arcillosas sericíticas con cuarzo lechoso
NA-25	Irañeta	588	4754	A, BA, Bt, BtSg	Rocas ígneas
NA-27	Iturmendi	571	4748	A, Bw <sub>1</sub> , Bw <sub>2</sub> , Bw/C	Margas calizas deleznales
NA-28	Lesaka	604	4788	A, Bw, B/C, R	Pizarras sericítico-bituminosas con cuarzo lechoso

(más del 61 %), siendo los luvisoles y alisoles menos frecuentes (16 % cada uno) y casi anecdótica la existencia de un suelo muy poco evolucionado como un regosol en una parcela con muy fuerte pendiente (80 %), lo que originaba un drenaje superficial excesivo y una erosión calificada de notable para esta parcela de Lesaka. Suelos poco evolucionados como el de este castañar son algo más frecuentes en castañares de naturaleza marcadamente mediterránea (Rubio 1993a), aunque igualmente predominaban los cambisoles. Las condiciones climáticas generales son bastante favorables ( $DRJ > 670$  mm) para el desencadenamiento de procesos de arrastre de arcilla, especialmente en aquellas localizaciones con unos bajos valores de materia orgánica que no pueden estabilizarla en complejos húmicos-arcillosos. Estos procesos de levigación explicarían la aparición en profundidad de un horizonte de acumulación de arcilla, que definen los alisoles (sobre los materiales parentales del tipo arenisca ferruginosa) y los luvisoles (sobre pizarras arcillosas o rocas ígneas). Mención especial merece el cambisol calcárico que aparece en la parcela de Iturmendi como consecuencia de encontrarse edificado sobre unas margas de naturaleza caliza que determinan otras peculiaridades edáficas ya comentadas.

## CONCLUSIONES

El área potencial de los castañares navarros se define fundamentalmente como aquellos territorios situados entre los 330 m y los 740 m de altitud, que son desde casi llanos hasta con pendiente bastante fuerte, y que evitan en general las posiciones abrigadas de barranco y vaguadas. Climáticamente, las precipitaciones son bastante constantes (fundamentalmente se suelen situar entre 1500 y 2000 mm), distribuyéndose regularmente durante la primavera, otoño e invierno. A pesar de la menor cuantía detectada durante el período estival no es posible hablar de período de sequía estival.

Las temperaturas medias anuales se suelen encontrar entre 10 y 12 °C, no siendo muy extremas las máximas de verano e invierno. La cercanía entre los valores de evapotranspiración potencial y evapotranspiración real máxima señalan una adecuada atención a los requerimientos hídricos de los castañares. Los casi inapreciables valores de sequía fisiológica no poseen naturaleza climática sino edáfica, justificándose por la mediocre capacidad de retención de agua del perfil edáfico que, por lo tanto, posibilita elevados valores de agua que escurre o drena a profundidades extraedafológicas y evita posibles fenómenos de encharcamiento (sólo apreciables en la parcela de Irañeta).

Los suelos son fuertemente ácidos, aunque conviene señalar la existencia de determinados valores fuertemente básicos, que pertenece a un perfil sobre materiales carbonatados. En general, los humus dominantes son del tipo mull forestal o moder, debido a los moderados valores de materia orgánica y a los más elevados de nitrógeno. En torno a los pobres valores de materia orgánica pueden entenderse los procesos de arrastre de arcilla que predominan en buen número de los perfiles estudiados.

A pesar de haber intentado abarcar el amplio rango de variación de las diferentes características ecológicas del biotopo de los castañares navarros, la tipología edáfica sobre la que viven no es muy diversa y presenta características bastante constantes. Generalmente son suelos bastante evolucionados y casi siempre muy profundos, lo que habla en favor del valor ecológico de esta especie forestal que ha soportado una explotación maderera y frutera sostenida durante muchos siglos sobre estos territorios navarros y que desafortunadamente está viéndose relegada frente al avance de otras especies más protegidas económicamente.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha financiado gracias al proyecto de la Universidad Politécnica de Madrid A9529. Asimismo, queremos agradecer la

inestimable colaboración material y humana del *Servicio de Conservación de la Naturaleza del Gobierno de Navarra*.

También queremos expresar nuestro agradecimiento al Dr. Gandullo por sus atentos e instructivos comentarios.

## BIBLIOGRAFIA

- 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* **27**, 35-45.
- Blanco, A.; Rubio, A. (1996). Caracterización del hábitat edáfico de los castaños de Navarra. *Comunicaciones del IV Congr. Soc. Española de la Ciencia del Suelo*: 333-338. Lérida.
- Blanco, A.; Rubio, A.; Sánchez Palomares, O. (1997). Caracterización del biotopo de los castaños navarros. *I Congreso Forestal Hispano-Luso*. Pamplona. (en prensa).
- 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.
- Boggia, L. (1988). Conclusioni sulla castanicoltura nazionale. *Cellulosa e Carta*, **39(4)**, 4-10.
- F.A.O. (1989). *Soil Map of the World. Revised Legend*. World Soil Resource Report 60.
- 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. (1985). *Ecología vegetal*. Fundación Conde del Valle de Salazar. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- Gandullo, J.M. (Ed.) (1972). *Ecología de los pinares españoles. III. Pinus halepensis Mill.* INIA. Madrid.
- 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.; Sánchez Palomares, O.; González Alonso, S. (1983). *Estudio ecológico de las tierras altas de Asturias y Cantabria*. Monografías INIA, nº 49. Madrid.
- Hill, O.M. (1979). TWINSpan, a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University. New York.
- Loidi, J.; Bascónes, J.C. (1995). *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de Navarra. E. 1:200.000*. Gobierno de Navarra. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Pamplona.
- Rubio, A. (1993a). *Estudio ecológico de los castaños de Extremadura*. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Montes. Univ. Politécnica de Madrid (inérita).
- Rubio, A. (1993b). Caracterización del hábitat edáfico de los castaños extremeños. *Actas del Congreso Forestal Español, tomo I*: 423-428. Lourizán.
- Rubio, A. (1997). Ecología y aprovechamientos de los castaños en Extremadura. *Montes* (en prensa).
- Rubio, A.; Gandullo, J.M. (1993). Comparación edáfica de los castaños fruteros y madereros extremeños. *Actas del XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, tomo III*: 1769-1767. Salamanca.
- Rubio, A.; Gandullo, J.M. (1994a). Modelos predictivos de la estructura selvícola en castaños extremeños (España). *Ecología* **8**, 137-150.
- Rubio, A.; Gandullo, J.M. (1994b). Análisis ecológico comparativo de los castaños de Extremadura y de la región Cantabro-Astur (España). *Invest. Agrar., Sist. Recur. For.* **3(2)**, 111-124.



- Rubio, A.; Sánchez Mata, D. (1995). Consideraciones edafogeobotánicas sobre los castañares occidentales del Sistema Central Ibérico. *Actas XX Reunión Nacional de Suelos: Degradación y conservación de suelos*: 265-273. Madrid.
- Rubio, A.; Escudero, A.; Gandullo, J.M. (1997). Sweet chestnut silviculture in an ecological extreme of its range in the West of Spain (Extremadura). *Ann. Sci. For.* (in press)
- Thornwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* **38**, 55-94.
- Thornwaite, C.W.; Mather, J.R. (1955). The water balance. *Clymatology* **8**, 1-104.
- Thornwaite, C.W.; Mather, J.R. (1957). *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balances*. Centerton. New Jersey.
- Walter, H.; Lieth, H. (1960). *Klimadiagramm Wetatlas*. Veb. Gustav Fischer. Jena
-