

ANÁLISIS ECOLÓGICO COMPARATIVO DE LOS CASTAÑARES DE EXTREMADURA Y DE LA REGIÓN CANTABRO-ASTUR (ESPAÑA)

A. RUBIO

J. M. GANDULLO

Dpto. Silvopascicultura. ETSI Montes
Univ. Politécnica de Madrid. E-28040 Madrid. España

RESUMEN

A partir de los datos ecológicos de los territorios ocupados por *Castanea sativa* Miller en las Comunidades Autónomas españolas de Extremadura, Cantabria y en el Principado de Asturias se efectúa un estudio conjunto de sus caracteres generales. Además, se buscan los parámetros que son significativamente distintos en las regiones extremeña y cántabro-astur. Mediante análisis de componentes principales y discriminantes se pone de manifiesto en qué radica, esencialmente, la diversidad de comportamiento de ambas poblaciones.

PALABRAS CLAVE: *Castanea sativa*
Extremadura
Asturias
Cantabria
Ecología
Análisis multivariantes

INTRODUCCION

Según los datos proporcionados por el primer inventario forestal nacional (realizado en el decenio 1965-1974), la superficie forestal arbolada de castaño en Cáceres era de 11.762 ha, en lo que denomina región Cantábrica 47.668 ha, y en el total nacional 126.558 ha (ICONA, 1980).

Prácticamente no hay estudios ecológicos generales sobre los castaños ibéricos, y su consideración siempre ha sido bastante parcial y poco profunda por estar vinculada a otros fines más concretos de descripción botánica (Ceballos, Ruiz de la Torre, 1971) o de importancia forestal (Elorrieta, 1949). En la región cántabro-astur, el castaño se encuentra desde el nivel del mar hasta, prácticamente, los 900 m, a pesar de que se los puede hallar por encima de ese límite; habita sobre suelos frescos, húmedos y fértiles (Menéndez, 1984). En Extremadura se sitúan entre los 600 y los 1.000 m (aunque también los hay hasta los 1.200 m), evitan las orientaciones de solana y las cuencas expuestas sotavento de los vientos ábrigos (Rubio,

Recibido: 6-6-94

Aceptado para su publicación: 1-12-94

1993a); los suelos son bastante permeables y muy variables en cuanto a pedregosidad superficial y grado de erosión del terreno (Rubio, 1993b).

Estudios edáficos realizados por diversos motivos en las comunidades cántabra y asturiana (Guitián *et al.*, 1985a; Guitián *et al.*, 1985b; Fábregas, 1960) aportan diversos perfiles realizados en áreas de castaños. Sin embargo, no se abordan desde una perspectiva ecológica y carecen de información climatológica precisa de los puntos muestreados. Los trabajos de Gandullo *et al.*, (1983) se enfocan ecológicamente, aunque integrados en una visión territorial y no de autoecología de la especie. De la comunidad extremeña contamos con suficiente información ya analizada desde múltiples perspectivas (Rubio, 1993a).

Abordamos en este trabajo una primera aproximación al estudio de la autoecología de *Castanea sativa* Miller en la península Ibérica contrastando un conjunto de parámetros edáficos, climáticos y fisiográficos desde una perspectiva ecológica, mediante distintas técnicas multivariantes. Con estos parámetros intentamos cubrir distintos aspectos relacionados con la estructura del biotopo de los castaños, aunque hay que asumir el hecho de que, por muy amplio que sea el número de parámetros considerados, puede ocurrir que haya un número indeterminado de factores que no se han tenido en cuenta a la hora de evaluar su influencia en el biotopo, bien porque no se los conoce, o bien porque no son cuantificables, y especialmente en esta especie que desde tan antiguo ha estado tan íntimamente relacionada con la actividad cultural del hombre.

MATERIAL Y METODOS

Los datos de los castaños extremeños proceden de 30 puntos de muestreo elegidos tras una estratificación del territorio ocupado por dichos castaños, sobre los que se aplicaron criterios de selección orientada (Rubio, 1993a). Los datos de los castaños cántabro-astures proceden de 25 puntos distribuidos por la cornisa cántabra incluidos en diversos trabajos (Anexo I). En la Figura 1 aparece la distribución de las masas de castaño en España.

En cada punto de estudio se han medido y evaluado un total de 30 parámetros ecológicos relacionados con la estructura del biotopo. Las variables que caracterizaron fisiográficamente los castaños fueron: pendiente, altitud e insolación.

Los parámetros climáticos han sido: precipitaciones anual, de primavera, de verano, de otoño y de invierno, temperaturas medias anual, del mes más cálido y del mes más frío, oscilación térmica, suma de las evapotranspiraciones potenciales, suma de superávit y de déficit, índice hídrico, duración de la sequía e intensidad de la sequía.

Los parámetros edáficos y edafoclimáticos seleccionados fueron: tierra fina, arena, limo, arcilla, humedad equivalente, permeabilidad, capacidad de retención de agua, materia orgánica, acidez actual, evapotranspiración real máxima, sequía fisiológica y drenaje calculado del suelo. Una explicación más detallada de todos estos parámetros abióticos la podemos encontrar en el Anexo II.

Con los valores hallados en las parcelas estudiadas se ha elaborado un esquema en el que, para cada parámetro, se señala el valor mínimo y máximo absoluto, así como el valor medio del mismo (Gandullo *et al.*, 1974). También aparecen los límites que definen el intervalo formado por el 80 p. 100 de los puntos de estudio



Fig. 1.—Distribución de los castañares en España

A. Región Cántabro-astur

B. Región Extremeña

Distribution of chestnut forest in Spain

A. Astur-cantabrian region

B. Extremadura region

y que excluyen el 10 p. 100 de aquellas en las que el parámetro toma los valores mayores aparecidos y el otro 10 p. 100 en las que alcanza los valores mínimos (Gandullo *et al.*, 1974). El área definida por el 80 p. 100 de los puntos de estudio constituye el denominado *hábitat central u óptimo*, de los castañares estudiados. Y las áreas que circunscriben los límites de dicho hábitat óptimo y los extremos absolutos, se definen como *hábitats marginales* de dichos castañares.

Así mismo, dadas las dos zonas que estamos considerando, hemos comparado los valores de los parámetros de los castañares extremeños con los de los cántabros mediante un análisis de varianza. Previamente se comprobó que las variables cumplían los supuestos paramétricos mediante un test de Cochran ($p < 0,05$); los parámetros que no superaban este test fueron sometidos a un test de Kruskal-Wallis.

Para reducir la dimensión de esta matriz de parámetros con diferencias significativas se lleva a cabo un Análisis de Componentes Principales (PCA). Estos ejes de ordenación pueden considerarse como nuevas variables latentes o hipotéticas (Ter Braak, Prentice, 1988), y su conjunto explica la mayor parte de la información contenida en dicha matriz. A posteriori, se prueba la eficacia de estas nuevas variables hipotéticas como discriminadores capaces de separar las poblaciones estudiadas. El Análisis Discriminante (AD) determina en función de esas variables hipotéticas disponibles si los grupos, previamente establecidos, quedan suficientemente definidos, además de decidir cuáles de esas variables son las que contribuyen en mayor modo a discriminar entre esos grupos formados (Legendre, Legendre, 1979).

RESULTADOS

En el diagrama que aparece en la Figura 2 se muestra el hábitat óptimo y marginal del conjunto de los castañares extremeños y cántabros.

En la Tabla 1 aparecen los valores medios de cada parámetro y se señalan los que son significativamente diferentes en cada grupo de castañares.

Los cuatro primeros ejes del PCA efectuado con los 19 parámetros elegidos explican el 83,5 p. 100 de la varianza total. El eje 1 absorbe el 51,4 p. 100 de la varianza, el eje 2 el 14,3 p. 100, el eje 3 el 11,8 p. 100 y el eje 4 el 6,0 p. 100. Los valores más destacados de la matriz factorial aparecen en la Tabla 2.

En la Figura 3 se muestra el diagrama de ordenación obtenido con los dos primeros ejes considerados por el PCA.

Con los ejes extraídos en el PCA (eje 1, eje 2, eje 3 y eje 4) se elaboran unas nuevas variables (*casta1*, *casta2*, *casta3* y *casta4*). Se obtuvo una función discriminante y una función de identificación cuyos coeficientes se muestran en la Tabla 3. La función es capaz de retener el 100 p. 100 de la varianza, y clasifica correctamente el 100 p. 100 de los casos. La eficiencia de cada una de las variables hipotéticas, consideradas de forma individual, también se pueden estudiar en la Tabla 3.

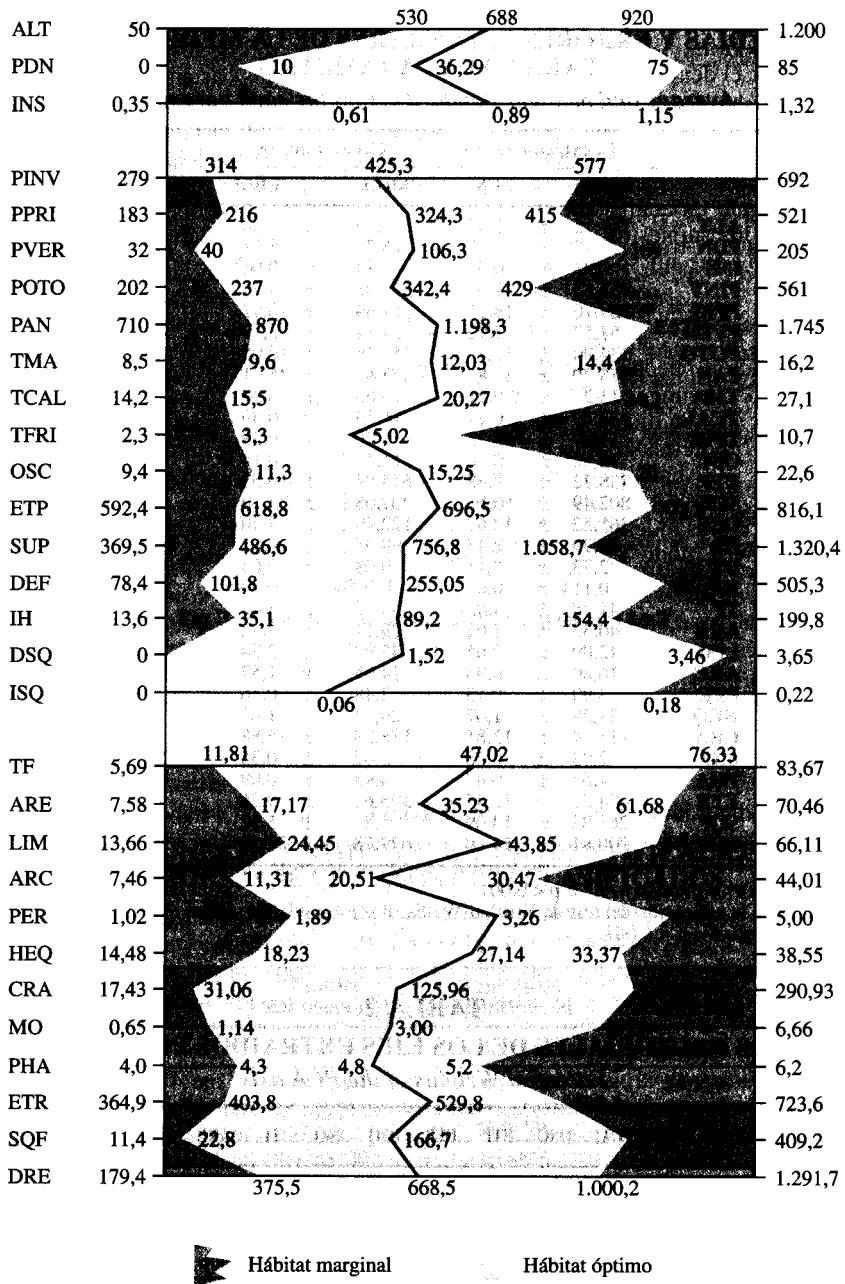


Fig. 2.-Diagrama indicador de los hábitats de los castañares extremeños y cántabros
 Indicative diagram of the habitats of the extremaduran and cantabrian chestnuts groves

TABLA 1
MEDIAS Y ERRORES ESTANDARES DE LA MEDIA (EEM)
PARA CADA PARAMETRO

Average and medium standard errors for each parameter

	C. extremeños		C. cantábricos		F (1,53)
	Media	EEM	Media	EEM	
ALT	784,15	± 33,39	571,76	± 48,08	***
PDN	27,57	± 2,85	46,76	± 5,11	***
INS	0,93	± 0,03	0,84	± 0,06	-
PINV	453,83	± 22,02	391,08	± 15,74	*
PPRI	329,70	± 18,21	317,84	± 10,91	-
PVER	57,57	± 2,93	164,84	± 3,19	***
POTO	334,90	± 16,7	351,36	± 10,05	-
PAN	1.175,70	± 54,84	1.225,48	± 35,51	-
TMA	13,2	± 0,21	10,62	± 0,39	***
TCAL	23,39	± 0,27	16,53	± 0,39	***
TFRI	4,87	± 0,22	5,20	± 0,39	-
OSC	18,52	± 0,30	11,33	± 0,14	KW
ETP	738,72	± 7,48	645,84	± 10,52	***
SUP	802,49	± 50,53	702,08	± 35,20	-
DEF	365,52	± 12,67	122,49	± 7,40	KW
IH	80,99	± 8,43	99,05	± 6,82	-
DSQ	2,73	± 0,11	0,08	± 0,04	KW
ISQ	0,114	± 0,01	0,0004	± 0,0004	KW
TF	41,38	± 4,07	53,78	± 3,42	*
ARE	40,33	± 3,02	29,11	± 2,82	**
LIM	42,09	± 2,65	45,97	± 2,34	-
ARC	16,80	± 0,93	24,95	± 1,57	***
PER	3,90	± 0,13	2,48	± 0,16	***
HEQ	28,29	± 1,07	29,34	± 1,02	**
CRA	115,74	± 13,85	138,23	± 15,88	-
MO	2,93	± 0,28	3,07	± 0,35	-
PHA	4,67	± 0,07	4,93	± 0,09	*
ETR	474,87	± 12,45	595,62	± 9,36	***
SQF	263,83	± 14,09	50,22	± 5,32	KW
DRE	700,81	± 54,10	629,78	± 37,22	-

* = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$

En el caso de la aplicación del test de Kruskal-Wallis (RW) = $p < 0,001$. When the Kruskal-Wallis test (KW) was applied = $p < 0,001$

TABLA 2
PESOS FACTORIALES DE LOS EJES EXTRAIDOS POR EL PCA
Factorial Weights of the PCA axis

	ALT	PINV	PVER	TCAL	OSC	ETP	DEF	DSQ	ISQ	TF	ARE	HEQ	SQF	Peso considerado
EJE 1		-0,97	0,96	0,93	0,85	0,97	0,97	0,89					0,94	> 0,80
EJE 2											0,82	-0,85		> 0,80
EJE 3	-0,70													> 0,70
EJE 4		0,59								0,57				> 0,50

Pesos factoriales sólo de las 19 variables seleccionadas cuyo peso es superior al valor indicado en la última columna. *Factorial Weights of the 19 selected variables with weights greater than the value showed in the last column*

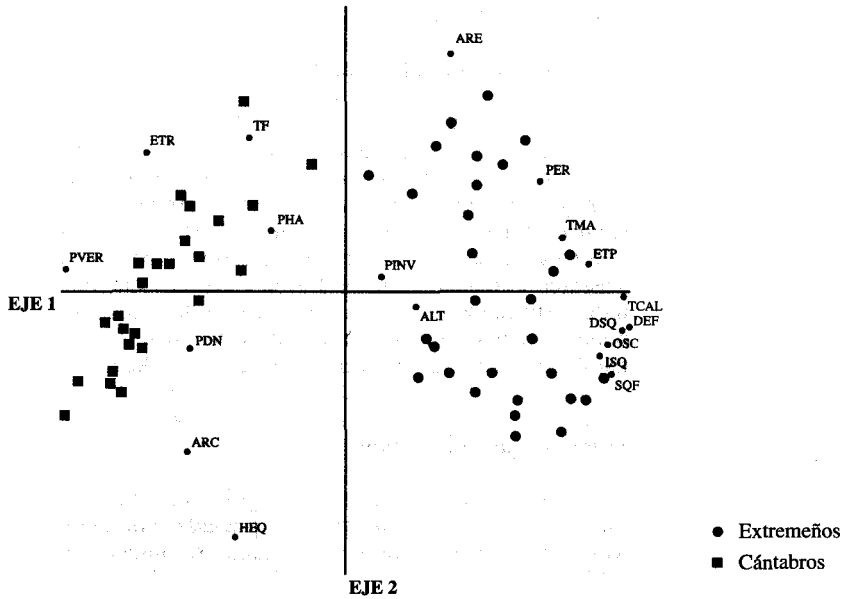


Fig. 3.—Plano de ordenación del PCA con los ejes 1 y 2
PCA biplot (axes 1 and 2)

TABLA 3
FUNCIONES DISCRIMINANTE Y DE IDENTIFICACION.
PORCENTAJE DE CASOS BIEN CLASIFICADOS

Discriminant and identification functions.
Correctly classified cases percentage

	Función discriminante	Función de identificación	Casos bien clasificados
CASTA1	1,47043	4,47455	100,00%
CASTA2	-0,12044	-0,11936	54,55%
CASTA 3	-0,91605	-0,92539	56,36%
CASTA 4	0,68782	0,68876	56,36%
CONSTANTE		$0,101 \cdot 10^{-14}$	

Coefficientes estandarizados y sin estandarizar de las funciones discriminante y de identificación que se obtienen con el AD en el que intervienen las cuatro variables hipotéticas. En la última columna aparece el porcentaje de casos bien clasificados por las funciones obtenidas con cada variable de forma individual. *Standardized and non standardized coefficients of the discriminant and identification functions obtained by discriminant analysis with the hypothetical variables. The correctly classified cases percentage appears in the last column*

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Variabilidad comparativa en ambas poblaciones

Analizando mediante el coeficiente de variación de Pearson los datos de la Tabla 1, se puede observar que la mayor dispersión relativa de los parámetros se presenta en los castañares astur-cantábricos. Los datos relativos a los aspectos fisiográficos presentan mayor variación en los castañares septentrionales. Los datos pluviométricos están más dispersos en los castañares extremeños, mientras que los termométricos y los evaluadores del régimen hídrico son más variables en los castañares cántabro-astures. En cuanto a los datos edáficos hay que destacar el hecho de que los castañares asturianos presenten mayor variabilidad en cuanto a la pedregosidad, lo que implica también mayor variación de la capacidad de retención de agua, evapotranspiración real máxima y drenaje calculado del suelo.

Parámetros semejantes en ambas poblaciones

Hay una serie de parámetros cuyas medias no son significativamente distintas (Tabla 1). Los valores medios de estos parámetros son aplicables con cierto sentido a la totalidad de las dos poblaciones y, junto con las áreas definidas como hábitats óptimo y marginales, nos permiten observar que el conjunto de los castañares se presenta mayoritariamente en situaciones de umbría ($INS < 0,89$). De la misma manera muestran unas precipitaciones medias de primavera en torno a los 325 mm, y unas precipitaciones de otoño alrededor de los 350 mm. Las precipitaciones totales anuales son de unos 1.200 mm. Las temperaturas medias del mes más frío se sitúan en los 5 °C. La suma de superávit vale 750 y el índice hídrico casi 90. Edafológicamente los porcentajes medios de limo son 43,85, la capacidad de retención de agua se cifra en poco más de 126 mm/m, el contenido en materia orgánica es moderada (3 p. 100), y el drenaje calculado del suelo posibilita en los sitios llanos la formación de un horizonte B₁ (en torno a 650).

Podemos comprobar que, según los criterios de Thornthwaite (1948), presenta las características de un clima húmedo con precipitaciones bastante elevadas en otoño y primavera, y un clima templado-cálido cercano a los límites del templado-frío. También vemos que, en general, los suelos son bastante ricos en limos, con una capacidad de retención de agua moderada, e igualmente moderados contenidos de materia orgánica.

Parámetros significativamente diferentes en ambas poblaciones

Fijándonos en los parámetros cuyas medias han sido detectadas como diferentes en las dos poblaciones podemos comprobar que, fisiográficamente, los castañares extremeños se presentan en mayores altitudes, aunque en zonas de menores pendientes.

Climatológicamente los castañares extremeños se sitúan en áreas con mayores precipitaciones medias de invierno, menores de verano, y mayores temperaturas medias, tanto anual como del mes más cálido. Consecuentemente los castañares extremeños presentan valores significativamente más elevados que los cantábricos en la suma de las evapotranspiraciones potenciales, en la suma de déficits, y en la duración e intensidad de la sequía.

Edafológicamente los castañares cantábricos muestran mayor porcentaje de tierra fina y valores más altos de pH. Los castañares extremeños son más arenosos, menos arcillosos y en consecuencia presentan mayores valores de permeabilidad y menores de humedad equivalente.

Los valores edafoclimáticos resumen estos comportamientos: los castañares extremeños presentan mayores valores de evapotranspiraciones reales máximas y sequía fisiológica.

Relacionando los parámetros entre sí podemos observar los menores valores de humedad equivalente de los castañares extremeños, que precisamente son los que se presentan en zonas con menores pendientes, situación inversa a la de los castañares cantábricos, que poseen mayores valores de humedad equivalente y se presentan en zonas de mayores pendientes. Esto demuestra el requerimiento de todos los castañares de poseer una capacidad de retención de agua más o menos constante (de hecho no es éste un parámetro significativamente diferente en las dos poblaciones). Por otro lado, también es interesante comprobar que los terrenos que presentan pH más ácidos, son los más arenosos, o sea, los de los castañares extremeños, ya que la facilidad de lavado de estos terrenos condiciona estos pH ácidos.

Análisis de Componentes principales y Discriminante

Con los pesos de la matriz factorial obtenida en el PCA y observando el diagrama de ordenación (Fig. 3) se deduce que el primer eje aparece muy correlacionado positivamente con la temperatura media del mes más cálido, con la oscilación térmica, con la evapotranspiración potencial, con la suma de déficits, con la duración e intensidad de la sequía y con la sequía fisiológica, y negativamente con las precipitaciones de verano. Parece ser un eje explicador del temperamento termopluviométrico de las condiciones de los castañares: hacia el sentido positivo aumentan los valores térmicos de los meses más cálidos, y hacia el negativo aumentan las precipitaciones de estos mismos meses, y en consecuencia disminuyen la suma de déficits y la duración e intensidad de la sequía. Este primer eje absorbe el 51,4 p. 100 de la varianza total.

El segundo eje presenta las mayores correlaciones con los parámetros edáficos. En el sentido positivo aumentan los valores de arena, y por consiguiente de permeabilidad, y tierra fina; y en sentido contrario aumentan los valores de humedad equivalente y arcilla, en consonancia con el distinto sentido del mismo eje. El eje 2 explica el 14,3 p. 100 de la variabilidad de la matriz.

El tercer eje está fundamentalmente correlacionado con la altitud, y el cuarto con las precipitaciones de invierno y con el porcentaje de tierra fina.

El eje 1 es el que mejor presenta la tendencia a separarse de los dos grupos de castañares, siendo los castañares extremeños los que tienden a tener más temperatura media del mes más cálido, más oscilación térmica, mayores valores de duración e intensidad de la sequía, así como de sequía fisiológica (valores positivos del eje 1), y los cántabros los que presentan mayores precipitaciones de verano y evapotranspiraciones reales máximas (valores negativos del eje 1).

Este primer eje está vinculado con caracteres climáticos del período estival, que son los que van a evidenciar la mayor o menor oceanidad o mediterraneidad de las zonas estudiadas. Las condiciones más benignas climáticamente van a darse en las localidades cantábricas, mientras que las que presentan condiciones más rigurosas son las de las localidades extremeñas. Son pues estos factores macroclimáticos los que mejor se corresponden con la corología de estos castañares.

Con el AD se ve que sólo con CASTA1 (que es el eje 1 del PCA) ya se alcanza una U de Wilks bastante baja (0,106) y una correlación canónica bastante elevada (0,945); el poder discriminante de la función formada con esta única variable es del 100 p. 100, ya que clasifica correctamente la totalidad de las parcelas en sus grupos asignados.

Realizados otros AD sólo con las variables de forma individual se comprueba que con la variable CASTA2 se clasifican correctamente el 54,55 p. 100 de los casos, con lo que este es un eje que separa los castañares en función de características edáficas, que sin embargo no encuentran correspondencia geográfica. Con CASTA3 y CASTA4 se clasifican correctamente el 56,36 p. 100 con cada una. Es interesante señalar que el eje 1, relacionado con características climáticas estivales, presentan un completo ajuste con la distribución geográfica de los puntos estudiados, mientras que los demás ejes, más relacionados con características edáficas (eje 2), fisiográficas (eje 3), o una conjunción de estas (eje 4), no responden plenamente de forma satisfactoria con respecto a la distribución geográfica.

De esta forma se corrobora la idea apuntada por el PCA en el sentido de que el eje 1 es capaz, prácticamente por sí solo, de explicar la variabilidad presente en la matriz de datos de los castañares estudiados. Además, estos últimos valores de eficacia de los otros ejes del PCA frente a los del eje 1 inducen a la no utilización de éstos, al ser tan elevado el poder discriminante del eje 1 con respecto de los demás.

Los castañares estudiados se presentan en zonas con clima húmedo y templado-cálido, y son bastante ricos en limos y moderados en cuanto a capacidad de retención de agua y contenido en materia orgánica. Los suelos de los castañares extremeños son más pedregosos, más arenosos, más permeables, y las elevadas precipitaciones invernales (junto con las ya elevadas de otoño y primavera para ambas poblaciones) favorecen la mayor acidez de estos suelos frente a los de los castañares cantábricos. Las mayores condiciones térmicas y menores pluviométricas del período estival, o sea, la mayor aridez estival, es representativa de los castañares extremeños.

SUMMARY

Comparative ecological analysis of Chestnut (*Castanea sativa* Miller) forests in Extremadura and Astur-Cantabrian regions (Spain)

The chestnut (*Castanea sativa* Miller) forests from Extremadura and Astur-Cantabrian regions have been studied and compared in ecological terms. Parameters which discriminate significantly chestnut forests from both areas have been researched too. The study has been carried out using different multivariate techniques (PCA, DA).

KEY WORDS: *Castanea sativa*
Extremadura
Asturias
Cantabria
Ecology
Multivariate analysis

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Arboles y arbustos de la España Peninsular. ETSI Montes. Univ. Politécnica de Madrid.

- ELORRIETA A., 1949. El castaño en España. IFIE. Madrid.
- FABREGAS LORENZO R., 1960. Introducción al estudio de los suelos naturales asturianos. El podsol del norte de España. Tesis Doctoral. Fac. Farmacia. Univ. Santiago de Compostela.
- 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., 1985. Ecología vegetal. Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSI de Montes. Madrid. 208 pp.
- GANDULLO J. M., GONZALEZ ALONSO S., SANCHEZ PALOMARES O., 1974. Ecología de los pinares españoles IV. *Pinus radiata* D. Don. Monografías INIA, n.º 13. Madrid. 187 pp.
- GANDULLO J. M., SANCHEZ PALOMARES O., GONZALEZ ALONSO S., 1983. Estudio ecológico de las tierras altas de Asturias y Cantabria. Monografías del INIA, n.º 49. Madrid. 210 pp.
- GARCIA SERRANO M. J., MARTÍNEZ PERAL A., MARTINEZ VILA J., 1986. Estudio ecológico del monte Cerro Castrejón (Miera-Cantabria). Trabajo de Cátedra (inédito).
- GUITIAN OJEA F., CARBALLAS FERNANDEZ T., DIAZ-FIERROS F., PLATA ASTRAY M., 1985a. Suelos naturales de Cantabria. Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia. CSIC. Santiago de Compostela.
- GUITIAN OJEA F., MUÑOZ TABOADELA M., CARBALLAS FERNANDEZ T., ALBERTO JIMENEZ F., 1985b. Suelos naturales de Asturias. Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia. CSIC. Santiago de Compostela.
- ICONA, 1980. Las frondosas en el Primer Inventario Forestal Nacional. Ministerio de Agricultura. Madrid. 236 pp.
- LEGENDRE L., LEGENDRE P., 1979. Ecologie numerique. 2. La structure des données écologiques. Masson. Paris. 335 pp.
- MENENDEZ C., 1984. El castaño (*Castanea sativa* Mill.) en Asturias. Comunicación del Congreso Internacional sobre El Castaño. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Xunta de Galicia. Lourizán.
- ORTI MORIS M., BRIS MARINO B., TAMARGO MENENDEZ A., 1986. Estudio ecológico del monte La Barrera, Grado (Asturias). Trabajo de Cátedra (inédito).
- RUBIO SANCHEZ A., 1993a. Estudio ecológico de los castaños de Extremadura. Tesis Doctoral. ETSI Montes. Univ. Politécnica de Madrid (inédito): 320 pp.
- RUBIO SANCHEZ A., 1993b. Caracterización del hábitat edáfico de los castaños extremeños. Actas del Congreso Forestal Español, tomo 1: 423-428. Lourizán.
- RUSSELL J. S., MOORE A. W., 1968. Comparison of different depth weighings in the numerical analysis of anisotropic soil profile data. Proc. 9th. Int. Cong. Soil Sci., 4: 205-213.
- SANCHEZ PALOMARES O., BLANCO ANDRAY A., 1985. Un modelo para la estimación del equivalente de humedad de los suelos. Montes, 4: 26-30.
- SOIL SURVEY STAFF., 1975. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Handbook n.º 436. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture. Washintong, DC. 754 pp.
- TER BRAK C. J. F., PRENTICE I. C., 1988. A theory of gradient analysis. Adv. ecol. Res., 18: 271-317.
- THORNTHWAITE C. W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review: 55-94.
- THORNTHWAITE C. W., MATTER J. R., 1955. The water balance. Clymatology, 8: 1-104.
- THORNTHWAITE C. W., MATTER J. R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balances. Publ. in Climatol. 10 (3): 185-311. Elmer. 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.

ANEXO I

Procedencia geográfica y bibliográfica de los puntos estudiados

CACERES

- Rubio, 1993a: Parcelas 1 a 30.

ASTURIAS:

- Gandullo *et al.*, 1983: Parcelas 89, 90, 94, 98, 100, 101, 107, 110, 114, 115, 121, 122, 131, 133, 136, 138, 151, 183 y 184.
- Guitián *et al.*, 1985b: Perfiles 1138 y 990.
- Orti *et al.*, 1986: Grado.
- Fábregas, 1960: Perfil 550.

CANTABRIA:

- García *et al.*, 1986: Miera.
- Guitián *et al.*, 1985a: Perfil 1199.

ANEXO II

Parámetros fisiográficos

Pendiente (PDN): tomado directamente en el terreno, al igual que el parámetro siguiente.

Altitud (ALT).

Insolación (INS): se evalúa la cantidad de radiación solar que incide en el terreno (Gandullo, 1974).

Parámetros climáticos

Régimen pluviométrico: medidos todos ellos en mm

Precipitación anual (PAN): suma de las doce precipitaciones mensuales.

Precipitación de primavera (PPRI): suma de las precipitaciones de marzo, abril y mayo.

Precipitación de verano (PVER): suma de las precipitaciones de junio, julio y agosto.

Precipitación de otoño (POTO): suma de las precipitaciones de septiembre, octubre y noviembre.

Precipitación de invierno (PINV): suma de las precipitaciones correspondientes a diciembre, enero y febrero.

Régimen térmico:

Temperatura media anual (TMA): media aritmética de las doce temperaturas medias mensuales, expresada en grados centígrados.

Temperatura media del mes más cálido (TCAL), medida también en grados centígrados.

Temperatura media del mes más frío (TFRI), expresada en las mismas unidades.

Oscilación térmica (OSC): diferencia en grados centígrados entre las dos últimas temperaturas consideradas.

Suma de las evapotranspiraciones potenciales (ETP) de los doce meses, ya que según Thornthwaite (1948) es una medida de la eficacia térmica del clima en su conjunto. Se estima en mm.

Régimen hídrico:

Suma de superávit (SUP): resulta de sumar las diferencias entre las precipitaciones y las evapotranspiraciones potenciales, cuando las primeras son mayores que las segundas, y por lo tanto se mide en mm.

Suma de déficits (DEF): se obtiene de sumar las diferencias entre las evapotranspiraciones potenciales y las precipitaciones, cuando las primeras son mayores que las segundas, expresado también en mm.

Índice hídrico (IH): Coeficiente adimensional de Thornthwaite al igual que los dos parámetros anteriores (Thornthwaite, Matter, 1955, 1957), y que evalúa conjuntamente estos tres parámetros.

Duración de la sequía (DSQ): parámetro que como el siguiente se debe a Walter, Lieth (1960) y que es el número de meses en los que la línea de temperaturas del diagrama ombrotérmico de Gausson es superior a la de precipitaciones.

Intensidad de la sequía (ISQ): resulta de dividir el área seca entre el área húmeda de dichos climodiagramas.

Parámetros edáficos y edafoclimáticos

Características físicas:

Tierra fina (TF): Porcentaje de elementos partículas menores de 2 mm en el conjunto de la tierra natural.

Arena (ARE): Al igual que los dos parámetros siguientes según los límites establecidos por el Soil Survey Staff del USDA (1975).

Limo (LIM).

Arcilla (ARC).

Humedad equivalente (HEQ): entendida como la capacidad del suelo para almacenar el agua según Sánchez, Blanco (1985).

Permeabilidad (PER): valorada en función de las clases que definen conjuntamente los valores del Coeficiente de Capacidad de Cementación y del Coeficiente de Impermeabilidad debida al Limo a través de un número comprendido entre 1 y 5 (Gandullo, 1985).

En la elaboración de estos seis parámetros se han efectuado las medias, ponderadas por espesor de horizonte, en los 125 cm superiores del perfil, sin tener en cuenta la posición relativa de estos en el conjunto. El siguiente parámetro se ha obtenido por la suma de los valores de cada horizonte del perfil.

Capacidad de retención de agua (CRA): se cuantifica la previsible en cada horizonte (Gandullo, 1985).

Características químicas:

Evaluada por cálculo de la media de los datos de cada horizonte pero, a diferencia de los anteriores, dando a cada horizonte un peso en función de su espesor y de la profundidad a que está situado, conforme al criterio de Russel, Moore (1968).

Materia orgánica (MO): Porcentaje de carbono orgánico oxidable, según el método de Walkley, Black (Walkley, 1946), y multiplicando por el coeficiente de Waksman.

Acidez actual (PHA): reacción del suelo en suspensión 1:2,5 en agua destilada.

Características edafoclimáticas:

Valoradas mediante unos parámetros que determinan las variaciones de reserva de agua a lo largo de los distintos meses del año, en función del coeficiente de retención de agua y de los valores mensuales de precipitación y evapotranspiración potencial (Thornthwaite, Matter, 1957; Gandullo, 1985).

Evapotranspiración real máxima (ETR), en el conjunto del año.

Seqüía fisiológica (SQF) en el conjunto del año.

Drenaje calculado del suelo (DRE), para evaluar el agua que escurre superficialmente o que va verticalmente hacia profundidades extraedafológicas.