

RELACION ENTRE VARIABILIDAD CLIMATICA Y VEGETACION ARBOREA EN LA CUENCA DEL DUERO

por R. Elena Rosselló* y J. M. Gandullo Gutiérrez**

Introducción

El Clima es el principal factor ambiental que, bien directa, bien indirectamente por vía edáfica, actúa sobre la vegetación e influye en la distribución territorial de las especies vegetales (Livingston & Shreve, 1921; Schimper & Faber, 1935; Zotov, 1938; Geiger, 1950; Kendrew, 1957; Polunin, 1960; Gleason & Cronquist, 1964; Good, 1964; Walter, 1976). Esta relación causal ha sido utilizada desde Brockmann-Jerosh y Rubel (1936) en forma inversa: la vegetación como indicadora de situaciones climáticas.

Como afirman Rivas-Martínez y Arnaiz (1983), la acción humana es la que decide en último término la configuración de todo el paisaje vegetal. No obstante, no es posible afirmar que la acción antrópica de forma exclusiva sea la causa de la completa desaparición de especies arbóreas en la península ibérica, si bien ha influido en la reducción superficial y cualitativa de su presencia. En todo caso, la simple presencia de las especies arbóreas indica una compatibilidad con el clima actual y que han sido capaces de soportar las variaciones pretéritas (Schenli et al., 1977), aunque no necesariamente implica que las condiciones climáticas actuales permitan la écesis natural de las mismas.

La profundización del concepto climático en el sentido en que lo define Allue (1983), "conjunto

de los limitados cursos meteorológicos compatibles con una determinada localización", obliga al estudio, no sólo de los valores medios de los elementos del clima sino además, de las oscilaciones de los mismos. Esta necesidad ya puesta de relieve en 1943 por Max Sorre ha sido integrada en una visión climática general por Austin Miller (1975) y, desde el punto de vista bioclimático, por Walter (1976).

Tanto por su mayor influencia en la distribución de las plantas (Gleason y Cronquist, 1964; Good, 1964) como por la mayor disponibilidad de información, dos son los elementos climáticos que serán estudiados aquí: la temperatura atmosférica (*termoclima*) y el régimen de precipitaciones (*ombroclima*).

La región en la que se ha llevado a cabo el presente estudio es la Cuenca del Duero. En todos los estudios bioclimáticos precedentes, esta región se ha caracterizado por una gran homogeneidad (Bagnouls & Gaussen, 1953; Emberger, 1955; López-Gómez, 1959; Allue, 1966; Elías, 1973). Junto a ello, dos características climáticas nos han animado a realizar este estudio en ella: la extremosidad térmica (continentalidad) y la variabilidad pluviométrica (*mediterraneidad*) (Emberger, 1955; Giacobbe, 1965).

Sobre las anteriores bases, este estudio pretende profundizar en el análisis de la variabilidad climática de una región climáticamente homogenética y de su relación con la distribución de las especies forestales arbóreas autóctonas o asilvestradas. Con ello se intenta conocer mejor las causas de su distribución actual y las posibilidades de expansión.

* Departamento de Ecología. CRIDA 06 - INIA. Apdo. 8.111. 28080 Madrid.

** Cátedra de Edafología. E.T.S. Ing. de Montes. Univ. Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria. 280 Madrid.

El estudio se aborda desde una concepción clásica en Bioclimatología y utilizando técnicas de análisis multivariable. Dos son las fases a realizar: En primer lugar, determinación de los factores de variabilidad climática más influyentes en la distribución de las especies arbóreas. Estos factores son verdaderos índices bioclimáticos. A continuación, estudio de la distribución de estos índices en la región con la posterior clasificación fitoclimática de la misma.

Material y métodos

El presente trabajo ha sido realizado en el ámbito geográfico de la Cuenca española del río Duero, sobre una extensión de 79.326 km². En ella se han elegido 104 estaciones termoplumiométricas con series de datos recogidos, al menos, en un período simultáneo igual a un ciclo climático completo: 11 años (Lamb, 1972). Este período quedó fijado en 11 años para los datos térmicos (1963 a 1973) y en 20 años para los datos pluviométricos (1954 a 1973).

A partir de la información meteorológica recogida en las estaciones (S.M.N., 1954 a 1973) se cal-

cularon los siguientes parámetros evaluadores de la Variabilidad Térmica y Pluviométrica de dichas estaciones durante el período analizado (Brooks & Carruthers, 1946; Lamotte, 1976):

- 1) Coeficiente de Variación de las 12 precipitaciones durante los 20 años (12 parámetros).
- 2) Coeficientes de Variación de número de días de precipitación de los 12 meses del año (12 parámetros).
- 3) Desviaciones Típicas de las Temperaturas medias mensuales durante los 11 años (12 parámetros).
- 4) Rango de Variación de las Temperaturas máximas absolutas de los 12 meses durante los 11 años (12 parámetros).
- 5) Rango de Variación de las Temperaturas mínimas absolutas de los 12 meses durante los 11 años (12 parámetros).

El conjunto de la información elaborada conforma una tabla de datos en la que las 104 estaciones quedan caracterizadas por los valores que en ellas alcanzan 60 variables que, en las diferentes Tablas posteriores, quedan identificadas del siguiente modo:

	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Coef. Var. Precip.	PEN	PFB	PMZ	PAB	PMY	PJN	PJL	PAG	PSP	POC	PNV	PDI
Coef. Var. días Prec.	DEN	DFB	DMZ	DAB	DMY	DJN	DJL	DAG	DSP	DOC	DNV	DDI
Des. Tip. Temp. Med.	TEN	TFB	RMZ	TAB	TMY	TJN	TJL	TAG	TSP	TOC	TNV	TDI
Rang. Var. Temp. Max.	XEN	XFE	XMZ	XAB	XMY	XJN	XJL	XAG	XSP	XOC	XNV	XDI
Rang. Var. Temp. Mín.	MEN	MFE	MMZ	MAB	MMY	MJN	MJL	MAG	MSP	MOC	MNV	MDI

Alrededor de cada estación se estableció una zona circular isoclimática de radio variable en función del relieve de 20 a 10 kms. En dichas zonas se recogió información relativa a la presencia de especies forestales arbóreas autóctonas de carácter regional (Walter & Alechin, 1936) y con un área de distribución en la cuenca suficientemente extensa. Las especies observadas fueron: *Pinus pinaster* Ait., *Pinus pinea* L., *Pinus sylvestris* L.,

Quercus faginea Lamk., *Quercus ilex* L., *Quercus pyrenaica* Willd., *Quercus petraea* (Mts.) Liebl., *Quercus robur* L., *Castanea sativa* Mill., *Fagus sylvatica* L. y *Juniperus thurifera* L. La toma de datos se realizó a partir del Mapa Forestal de España (Ceballos, 1966), complementándose con reconocimientos de campo en las zonas dudosas. El conjunto de los datos de vegetación constituyó una base de datos binarios de 104 individuos por 11 variables.

El tratamiento de la información recogida se realizó por medio de técnicas de análisis multivariable, para lo cual fue utilizado el ordenador C.D.C. CYBER/172 de la Sección de Proceso de Datos del I.N.I.A. Dicho tratamiento se estructuró del siguiente modo:

- A) Fase analítica: su objetivo es determinar qué aspectos de la variabilidad climática están más correlacionados con la distribución de las especies arbóreas (factores de la distribución). Para ello, de forma independiente para los datos térmicos y pluviométricos, se han cubierto las siguientes etapas y utilizado las siguientes técnicas:
- a1) Caracterización fitológica de la tabla de datos climáticos por medio de la multiplicación de las estaciones de acuerdo con la presencia de especies. De este modo las tablas de 104 estaciones quedan ampliadas a 263. A continuación las estaciones son clasificadas en 11 grupos correspondientes a cada especie arbórea.
 - a2) Análisis de la estructura de las tablas de datos térmicos y pluviométricos. Ello se ha llevado a cabo mediante el Análisis Discriminante Multivariable (Fisher, 1938; Rao & Slater, 1949; Rao, 1952) de dichas tablas. El programa utilizado ha sido el ES121 (Denis, 1976). Teniendo en cuenta las condiciones que debe satisfacer la tabla de datos para aplicar dicho análisis (Dum & Varady, 1966; Sneath & Sokal, 1973; Mather, 1976) respecto del número de individuos, variables y grupos, se hizo una selección previa de variables más discriminantes por medio de un Análisis de Varianza progresivo ascendente (Snedecor & Cochran, 1964). Este análisis fue realizado con el programa ES 123 (Denis, 1976b).
- B) Fase de síntesis: con ella se intenta clasificar las 104 estaciones según los factores de variabilidad climática definidos en la fase

anterior. Este objetivo es abordado conjuntamente con los factores térmicos y pluviométricos en las dos siguientes etapas:

- b1) Agrupación de las estaciones con similar variabilidad termopluviométrica por un procedimiento de clasificación aglomerativo jerárquico. La medida de semejanza utilizada ha sido la Distancia Taxonómica (Sokal, 1961) y los algoritmos de agregación los de Lance & Williams (1967) y de Ward (1963). Previa a la clasificación se realizó una reducción del espacio de los cuatro factores por el Análisis de Componentes Principales (Pearson, 1926; Hotelling, 1933). Los análisis citados han sido realizados por medio del programa ES 124 (Denis, 1976c). Por último, se seleccionó el mejor dendrograma de entre los obtenidos por medio del coeficiente de correlación cofenética (Sokal & Rohlf, 1962).
- b2) Obtención de una clave para la clasificación seleccionada. En las cinco dicotomías del dendrograma se han calculado las funciones discriminantes y de identificación correspondientes. Para ello se aplicó el programa ES 123 ya citado a tablas de datos de las estaciones caracterizadas por las 14 variables climáticas seleccionadas en la fase analítica.

Resultados

Las variables térmicas y pluviométricas más discriminantes de la distribución territorial de las especies arbóreas fueron las variables seleccionadas por los Análisis de Varianza progresivos, cuyos resultados aparecen en las Tablas I y II. El criterio de selección de variables consistió en la superación del test Lambda de Wilks (1932) para un nivel de significación de $P = 0,05$.

XDI	XMZ	MOC	MMZ	TAG	TSP	XEN
5,75 (100)	3,25	2,27	1,87	3,48	1,64	2,23
	2,73 (99,5)	2,06	1,57	2,13	1,63	1,36
		2,33 (98,5)	1,28	2,30	1,68	0,95
			3,00 (99,8)	2,50	1,65	1,44
				2,16 (97,5)	1,77	1,73
					2,13 (97,2)	1,64
						1,86 (95,0)

Tabla I. Selección de variables térmicas. En la primera fila aparecen, de izquierda a derecha, las variables en el orden que son seleccionadas. Debajo de cada una de ellas están reflejados los valores de las F de Snedecor en los sucesivos pasos del Análisis de Varianza progresivo, junto con el nivel de significación.

PEN	PFB	PJL	DSP	DJL	PDI	PJN
8,73 (100)	4,78	4,53	4,35	3,35	7,95	2,47
	5,60 (100)	4,40	3,81	3,38	4,99	2,77
		3,63 (100)	22,52	2,97	2,59	2,76
			2,47 (99,0)	0,89	2,46	1,66
				1,77 (91,7)	1,72	1,53
					2,16 (97,5)	1,16
						1,87 (95,0)

Tabla II. Selección de variables pluviométricas. Aparecen los siete primeros pasos de esta selección realizada en la misma forma en que se expresa en la Tabla I de variables térmicas.

Tras el Análisis Discriminante realizado utilizando únicamente funciones discriminantes tér-

micas y pluviométricas, se obtuvieron los ejes factores de la discriminación. Estas funciones lineales ortogonales aparecen reflejadas en el orden de su poder de discriminación en las Tablas III y IV. Dicho poder queda contrastado por medio de los Tests de Wilks (1932) y Hope (1968) con las F de Snedecor y X^2 correspondientes.

A

FD	$F_{(9,25)}$	SIG	X^2	GL	SIG	z	
						Ind.	Acu.
FT1	16,84	+++	151,6	15	+++	73,5	73,5
FT2	2,64	++	23,8	13	+	11,6	85,1
FT3	1,99	+	17,9	11	-	8,7	93,8
FT4	1,21	—	10,9	9	—	5,3	99,1
FT5	0,11	—	1,0	7	—	0,5	99,6
FT6	0,07	—	0,7	5	—	0,3	99,9
FT7	0,01	—	0,2	3	—	0,1	100

B

FIT	TAG	TSP	XDI	XEN	XMZ	MMZ	MOC
FT1	0,043	-0,034	0,012	0,011	0,007	0,014	-0,021
FT2	-0,076	0,064	-0,006	-0,006	0,010	0,015	-0,012
FT3	-0,013	0,115	0,014	0,001	-0,006	-0,010	0,003

C

FDT	TAG	TSP	XDI	XEN	XMZ	MMZ	MOC
FT1	0,348	-0,241	0,436	0,399	0,285	0,473	-0,691
FT2	-0,621	0,457	-0,226	-0,195	0,401	0,511	-0,408
FT3	-0,105	0,819	0,504	0,022	-0,216	-0,342	0,102

Tabla III. Análisis Discriminante de la distribución de especies con variables Térmicas. En A se presenta la Tabla de significación de poder discriminante de las funciones obtenidas probado por la F y X^2 correspondiente y el porcentaje de la discriminación total asumido por cada función. En B aparecen los coeficientes de las funciones lineales de identificación, calculadas con las variables brutas. En C se presentan los correspondientes coeficientes de las funciones discriminantes, calculadas con las variables tipificadas. (Niveles de significación: +++ 99,99 %, ++ 99 %, + 95 %, - 90 %, — 80 % y — < 80 %).

El Análisis de Componentes Principales de las 104 estaciones definidas sobre los cuatro ejes fac-

A

FD	F _(0,253)	SIG	X ²	GL	SIG	z	
						Ind.	Acu.
FP1	20,77	+++	186,9	15	+++	69,6	69,6
FP2	5,94	+++	53,5	13	+++	19,9	89,5
FP3	1,60	—	14,4	11	—	5,4	94,9
FP4	0,86	—	7,8	9	—	2,9	97,8
FP5	0,48	—	4,4	7	—	1,6	99,4
FP6	0,14	—	1,3	5	—	0,5	99,9
FP7	0,03	—	0,3	3	—	0,1	100

B

FIP	PDI	PEN	PFB	PJN	PJL	DJL	DSP
FP1	0,002	0,003	0,002	-0,002	0,001	-0,001	0,001
FP2	0,000	-0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	-0,001
FP3	-0,000	-0,001	-0,003	-0,001	0,002	-0,002	0,004

C

FDP	PDI	PEN	PFB	PJN	PJL	DJL	DSP
FP1	0,486	0,669	0,318	-0,329	0,249	-0,331	-0,290
FP2	0,046	-0,109	0,379	0,216	0,471	0,359	-0,152
FP3	0,080	-0,244	-0,496	-0,166	0,874	-0,548	0,907

Tabla IV. Análisis Discriminante de la distribución de especies con variables Pluviométricas. Los resultados se presentan en forma similar a los de la Tabla III.

toriales discriminantes seleccionados, dos términos y dos pluviométricos, dió como resultado la obtención de solamente dos ejes principales que absorbían el 70 % de la Varianza Total. La Tabla V presenta el resultado de dicho análisis y la Figura 1 las proyecciones de las estaciones en el plano formado por los dos primeros ejes principales.

La mejor clasificación jerárquica aglomerativa de las estaciones definidas en dicho plano fue la obtenida mediante el algoritmo de Lance & Williams con beta = -0,25 (1967). El coeficiente de correlación cofenético de dicha clasificación fue de 0,85. En la figura n.º 2 se presenta el dendrograma correspondiente a la clasificación elegida.

La sección del dendrograma a una distancia de 0,84 determina la existencia de 6 grupos de esta-

A

	FT1	FT2	FT3	FT4	z	
					Ind.	Acu.
CP1	-0,695	-0,066	0,696	0,169	39,6	39,6
CP2	0,126	-0,712	-0,108	0,682	31,1	70,7
CP3	0,029	0,698	-0,077	0,711	18,6	89,2
CP4	0,708	0,033	0,706	0,015	10,8	100

B

	CP1	CP2
TAG	-0,20	+0,48
TSP	+0,13	-0,36
XDI	-0,28	+0,21
XEN	-0,26	+0,18
XMZ	-0,22	-0,08
MMZ	-0,54	-0,30
MOC	+0,50	+0,20
PDI	+0,35	-0,02
PEN	+0,45	-0,14
PFB	+0,29	-0,22
PJN	-0,19	+0,18
PJL	+0,25	+0,29
DJL	-0,29	+0,28
DSP	+0,17	-0,13

Tabla V. Análisis de Componentes Principales de las 104 estaciones definidas por las cuatro funciones discriminantes seleccionadas. En A aparecen los coeficientes de los Ejes Principales en orden de absorción de la Varianza Total. En B se presentan los coeficientes de los dos primeros ejes correspondientes a las 14 variables seleccionadas.

ciones en la clasificación con una localización territorial bien definida. En la figura n.º 3 se presenta el mapa de la región estudiada con la situación de las clases y subclases definidas.

Las funciones de identificación obtenidas en cada uno de los cinco nudos del dendrograma constituyen la clave de la clasificación fitoclimáti-

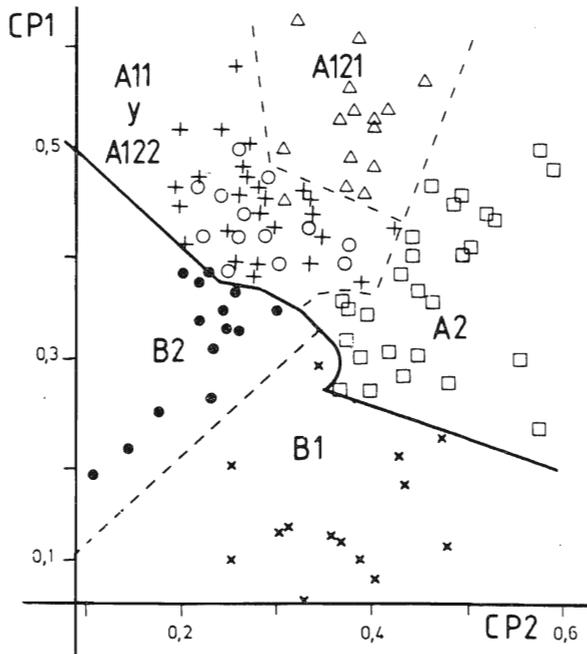


Figura n.º 1. Diagrama de dispersión de las 104 estaciones definidas sobre los dos ejes principales obtenidos en el Análisis de Componentes Principales. Sobre él se ha reflejado la división del primer nivel del dendrograma mediante línea continua y las sucesivas divisiones por línea de trazos.

ca, ya que permiten la ubicación idónea de cualquier estación no estudiada hasta el momento. En la figura n.º 4 queda reflejada dicha clave.

Análisis de los resultados

Uno de los objetivos de los análisis multivariantes es aclarar una realidad compleja detectando aquellos factores que actúan sobre ella. En este proceso se produce una simplificación o esquema-

tización de dicha realidad dejando de considerarse otros aspectos pero permitiendo su comprensión general. En este sentido se ha intentado abordar la variabilidad climática de la Cuenca del Duero centrándonos en sus aspectos más interesantes. De las 60 variables iniciales fueron seleccionadas 14 (Tablas I y II). El estudio de la significación de estas últimas nos permite afirmar que:

1. Las variabilidades de cantidad de lluvia están más correlacionadas con la distribución de las especies arbóreas que las variabilidades del número de días de precipitación; se seleccionaron cinco variables frente a dos. Es clara la mayor influencia de la cantidad que de la intensidad de las precipitaciones.
2. Las variabilidades climáticas invernales y estivales están más correlacionadas que las primaverales u otoñales: nueve de las variables frente a cinco, siendo cuatro de estas últimas variables correspondientes a marzo y septiembre, meses todavía invernal y estival en esta región. Hay pues una correspondencia con los límites de actividad vegetativa, bien por la existencia de temperaturas excesivamente bajas, bien por la ausencia de disponibilidades hídricas.

De la interpretación de las funciones discriminantes se puede evaluar la contribución relativa de las variables seleccionadas a la discriminación (Legendre, 1979). De entre ellas deben destacar por

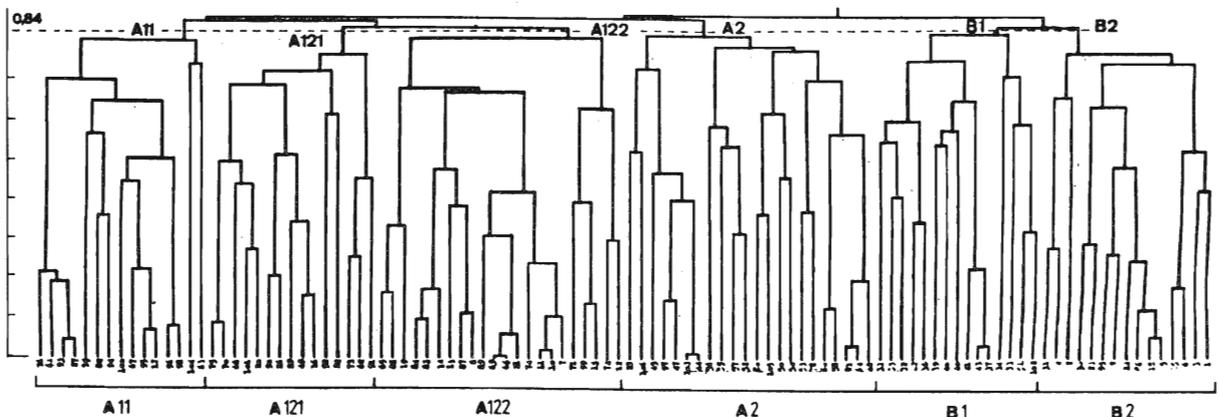


Figura n.º 2. Dendrograma termoplumiométrico obtenido tras el Análisis de Clasificación Jerárquica de las 104 estaciones utilizando el Algoritmo de agregación de Lance & Williams para $\beta = -0,25$. Sobre el dendrograma se presenta la sección en la que aparecen los seis grupos en que se clasifica la Cuenca del Duero, junto con la distancia a la que se sitúa dicha sección, 0,84.

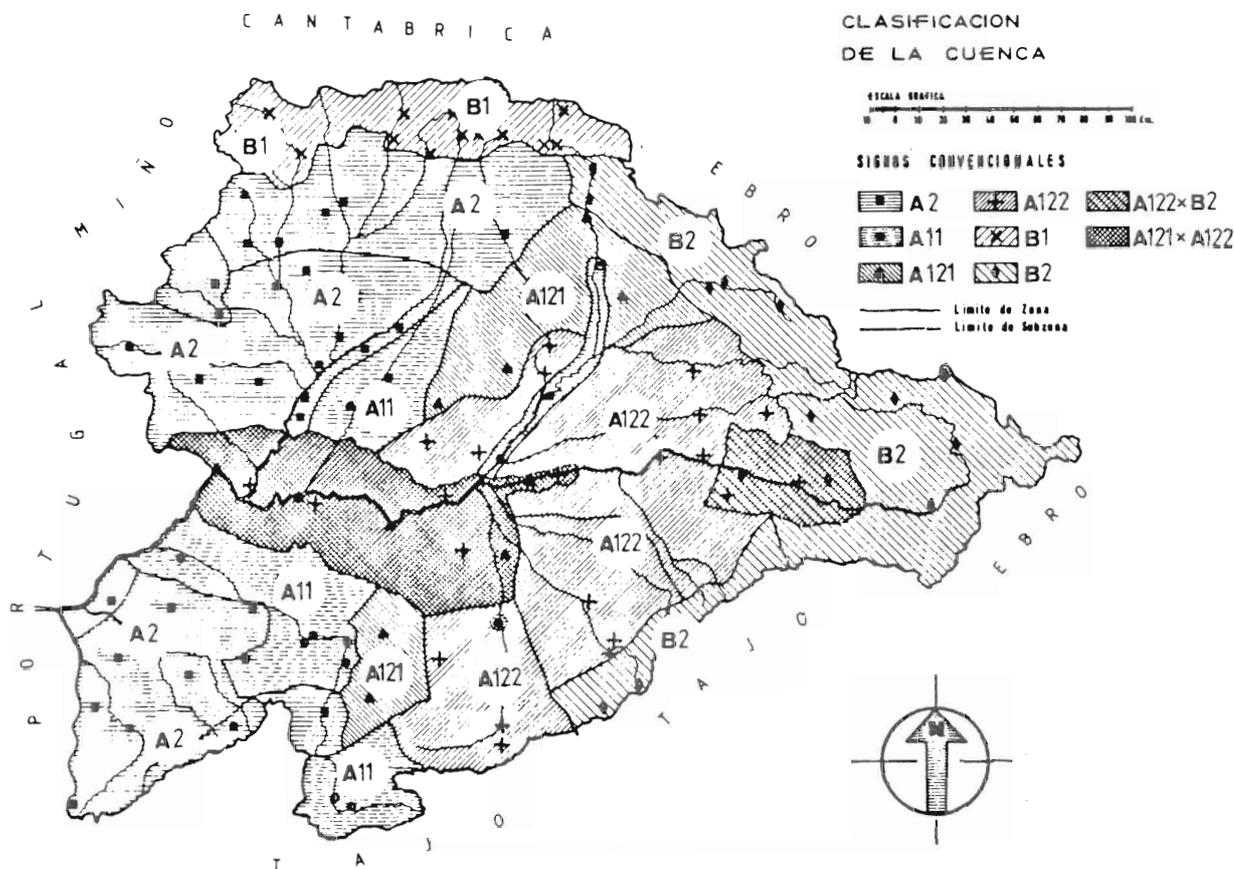


Figura n.º 3. Mapa de la distribución de las seis clases obtenidas en la Cuenca del Duero. Junto a las zonas ocupadas íntegramente por estaciones de cada clase, aparecen zonas mixtas o de transición entre clases. Dentro de cada clase se reflejan subdivisiones de carácter geográfico.

su alto poder de discriminación las dos primeras funciones térmicas (F.T. 1 y F.T. 2) y las dos primeras funciones pluviométricas (F.P. 1 y F.P. 2). La primera función térmica absorbe el 73,5 % de la discriminación y se interpreta claramente como un gradiente de variabilidad de temperaturas máximas invernales y de primavera temprana. Por su parte la segunda función térmica absorbe tan solo el 11,6 % y tiene una interpretación confusa y a veces contradictoria.

Por lo que respecta a las funciones pluviométricas, la primera explica el 69,6 % de la discriminación y refleja la variabilidad de las precipitaciones invernales, mientras que la segunda absorbe el 19,9 % y se interpreta como una medida de la variabilidad de las precipitaciones del inicio del verano.

Todos los anteriores ejes factoriales son verda-

deros índices bioclimáticos cuya validez viene medida por su poder de discriminación.

Con el Análisis de Componentes Principales previo a la clasificación automática de las estaciones se logra una ortogonalización de las coordenadas y la reducción de las mismas a las dos primeras que absorben el 70,7 % de la Varianza Total (Tabla V). El primer eje principal (C.P. 1) contrapone la variabilidad de las precipitaciones invernales a la de las temperaturas extremas de la misma estación: es, fundamentalmente, la combinación de los dos primeros ejes factoriales discriminantes (F.T. 1 y F.P. 1), ambos con un gran poder discriminante. Por su parte, el segundo eje principal (C.P. 2) tiene una interpretación más compleja, predominando en él las variables de variabilidad pluviométrica estival.

Las clases surgidas tras el Análisis de Clasifica-

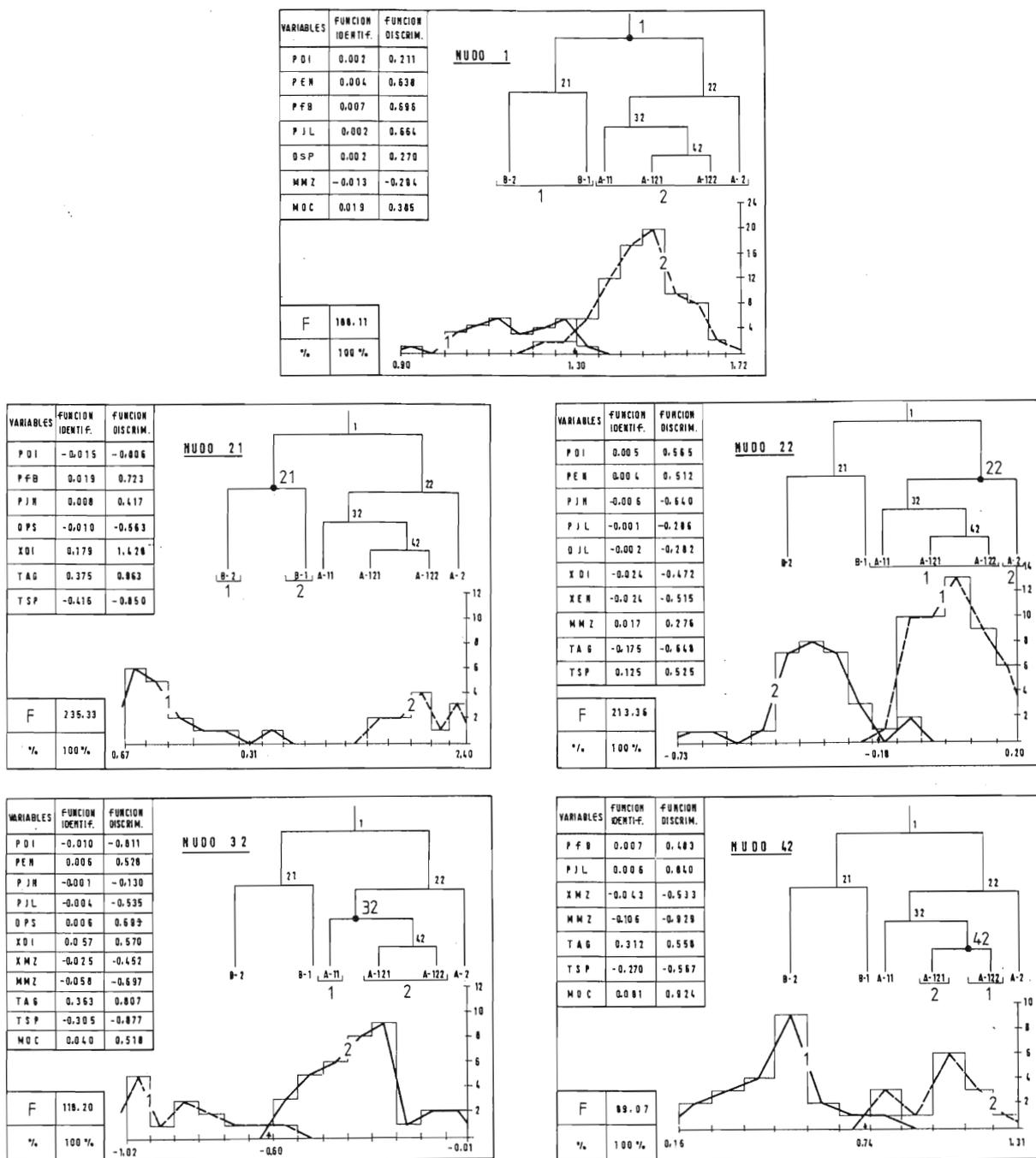


Figura n.º 4. Clave de la clasificación fitoclimática propuesta. En cada uno de los cinco recuadros aparecen las funciones de identificación y discriminantes de cada nudo, así como un test F de su poder discriminante. En el cuadrante superior derecho se presenta un esquema de la situación del nudo y de los grupos surgidos de él. Por último en el cuadrante inferior derecho se presenta un histograma de la función de identificación con el valor umbral de separación entre grupos.

ción Jerárquica Automática pueden ser estudiadas a partir de sus proyecciones sobre los dos ejes principales (Fig. 1) y a través de las funciones discriminantes de la clave (Fig. 4). Las clases A, que se sitúan en el centro y oeste de la cuenca, se caracterizan por tener un régimen pluviométrico más va-

riable y un régimen térmico más estable durante el período invernal que las zonas B, localizadas en los rebordes Septentrional y Oriental. Este rasgo definidor queda confirmado con los datos de variabilidad anual: Coef. de Variación de Precipitación Anual es 21,7 en A y 18,1 en B, y la Desvia-

ción Típica de la Temperatura media anual es 0,81 en B frente a 0,66 en A.

Descendiendo en el dendrograma, se observa que la clase A2, dentro de las características generales de las clases A, constituye una transición hacia las clases B: su invierno es menos variable pluviométricamente y más variable térmicamente que aquellas. Sin embargo, su localización geográfica no es intermedia entre ellas.

En la otra rama del dendrograma, las clases B se escinden en función del régimen pluviométrico del verano: la mayor variabilidad corresponde al reborde oriental (Clase B2) y la mayor estabilidad al reborde septentrional (Clase B1).

Las sucesivas subdivisiones de la clase A1 son interpretables por medio de las funciones discriminantes de la Clave (Fig. 5), si bien el poder de discriminación es menor al descender en el dendrograma. Cabe deducir de ello que al descender a escalas más reducidas aparecen otras variables con influencia en la distribución de las especies estudiadas, fundamentalmente de carácter litológico o antropógeno (Long, 1974).

La variabilidad de cada estación se puede descomponer en dos:

- Una componente regional en la que inciden factores climáticos de carácter común a toda la región (Circulación atmosférica, latitud, etc.), dado el carácter de región climáticamente homogenética.
- Una componente local específica de cada estación provocada por los factores climáticos de tal carácter (topografía, situación respecto de ejes montañosos o cursos de agua importantes, etc.).

Consecuentemente, las diferencias en la variabilidad que hemos detectado entre las distintas estaciones serán debidas presumiblemente a los factores climáticos de carácter local. Los resultados obtenidos vienen a confirmar estas hipótesis: dichos factores nos permiten interpretar la clasificación

obtenida y extraer diversas conclusiones. Las comarcas más variables térmicamente y más estables pluviométricamente son las localizadas en las proximidades de los rebordes montañosos, con relieve más abrupto y a barlovento respecto de las situaciones de poniente, las más frecuentes en la región. Por su parte las comarcas llanas centrales disfrutaban de un régimen térmico y pluviométrico contrario. En la posición intermedia encontramos comarcas del Oeste con relieve más montuoso.

Conclusiones

La distribución de las especies forestales arbóreas está correlacionada con la variabilidad térmica y pluviométrica dentro de la Cuenca del Duero. Los aspectos más altamente correlacionados son las variabilidades de las temperaturas extremas y las de la cantidad de precipitación tanto invernales como estivales. Estos resultados aconsejan una profundización en el estudio de la correlación de una manera individual especie por especie.

La clasificación fitoclimática propuesta sugiere que el relieve es el factor climático más relacionado con la variabilidad climática, dentro de la escala regional en que se ha abordado este estudio.

Bibliografía

- ALLUE ANDRADE, J. L. (1966): Subregiones Fitoclimáticas de España; I.F.I.E., Madrid.
- ALLUE ANDRADE, J. L. (1983): Fitoclimas y Mediterraneidad, Colloque de *Bioclimatologie mediterraneene*, Montpellier.
- AUSTIN MILLER, A. (1975): *Climatología*, OMEGA, 4ª edición, Barcelona.
- BAGNOULS, F., y GAUSSEN, H. (1957): Les climats biologiques et leur classification, *Ann. Geogr.* n.º 6, pp. 193-220.
- BROOKS, C. E. P., y CARRUTHERS, N. (1953): *Handbook of Statistical Methods in Meteorology*, Her Majesty's Stationery Office, London.
- CEBALLOS, L. (1966): *Mapa Forestal de España*. D. G. de Montes, Madrid.
- DENIS, J. B. (1976a): *Análisis de Varianza multivariable por un solo factor con obtención de funciones discriminantes*. S. Proceso de datos INIA, Madrid.

- DENIS, J. B. (1976b): *Análisis de Varianza multivariable paso a paso por un solo factor*, S. Proceso de Datos INIA. Madrid.
- DENIS, J. B. (1976c): *Análisis de Componentes principales con representaciones gráficas y cálculo de distancias*, S. Proceso de Datos INIA. Madrid.
- ELIAS CASTILLO, F. (1973): *Estudio Agroclimático de la Cuenca del Duero*, INIA, Madrid.
- EMBERGER, L. (1955): Une classification biographique des climats, *Rec. Trav. Lab. Bot. Geol. Zool. Univ. Montpellier*, n.º 7, pp. 3-43.
- FISHER, R. A. (1938): The statistical utilization of multiple measurements, *Ann of Eugenics*, n.º 8, pp. 376-386.
- GEIGER, R. (1950): *The climate near the ground*. Cambridge Mass.
- GIACOBBE, A. (1955): La mesure du bioclimat méditerranéen, *Nat. Mons. Serie Bot.*, Fasc. 16, Montpellier, pp. 43-69.
- GLEASON, H. A., y CRONQUIST, S. (1964): *The natural Geography of Plants*, Columbia, Univ. Press, New York.
- GOOD, R. (1964): *The geography of the flowering plants*, Longmans, London.
- HOPE, K. (1968): *Methods of Multivariate Analysis*, Univ. of London Press, London.
- HOTELLING, H. (1933): Analysis of a complex of statistical... *Journal Exp. Psychol.* 10: 417-441 y 493-520.
- KENDREW, W. G. (1957): *Climatology*. Oxford Univ. Press. Oxford.
- LIVINGTON, B. E., y SHREVE, F. (1921): *The distribution of the vegetation of the United State*. Carnegie Inst. Washington.
- LAMB, H. H. (1972): *Climate: Present and future en Fundamental and Climat*. Edit. Methuen, London.
- LAMOTTE, M. (1976): *Estadística biológica*, Toray Masson, Barcelona.
- LANCE, C. N., y WILLIAMS, W. T. (1976): A general Theory of classificatory strategy. *Computer Journal*, 9: 373-380.
- LEGENDRE, L., y LEGENDRE, P. (1979): *Ecologie numérique*, Masson, París.
- LONG, G. (1974): *Diagnostique Phytoecologique et aménagement du territoire*, Masson, París.
- LÓPEZ-GÓMEZ, J., y LÓPEZ GÓMEZ, A. (1959): El clima de España según la clasificación de Köepen, *Est. Geográficos*, 75: 167-187.
- MATHER, P. M. (1976): *Computational Methods of Multivariate Analysis in Physical Geography*, John Wiley. London.
- PEARSON, K. (1926): On the coeficient of racial likeness, *Biometrika*, 18: 105-117. New York.
- SCHIMPER, A. F. M., y FABER, F. C. (1935): *Pflanzen-Geographie auf physiologischer Grund-lage*. Jena.
- RAO, C. R. (1952): *Advanced Statistical Methods in Biometrics Research*, John Wiley, New York.
- RAO, C. R., y SLATER, P. (1949): Multivariate analysis applied to the differences between neurotic groups, *Brit. Jour. Psychol.* 2: 17-29.
- RIVAS MARTÍNEZ, S., y ARNAIZ RONDA, C. (1983): Bioclimatología y vegetación en la Península Ibérica, *Colloque de Bioclimatologie mediterraneen*, Montpellier.
- RUBEL, E. (1936): *Plant communities of the World*, Univ. of California Press, Berkeley.
- SCHNELL, D. G.; RISSER, G. P., y HELSEL, R. J. (1977): Factor analysis of tree distribution patterns in Oklahoma, *Ecology* 58: 1345-1355.
- SNEATH, P. H. A., y SOKAL, R. R. (1973): *Numerical Taxonomy*, Freedman, S. Francisco.
- SNEDECOR, W. G., y COCHRAN, G. W. (1964): *Métodos estadísticos*, CECSA, México.
- POLUNIN, J. (1960): *Introduction to plant geography*, Longmans, London.
- SOKAL, R. R., y ROHLF, F. J. (1962): The comparison of dendrograms by objective methods, *Taxon*, 11: 33-40.
- WALTER, H., y ALECHIN, W. (1936): *Las bases de geographie botanique*. Moscú.
- WALTER, H. (1977): *Zonas de vegetación y clima*. OMEGA, Barcelona.
- WARD, J. H. (1963): Hierarchical grouping to optimise an objective function, *Journ. Amer. Statis. Ass.* 58: 236-244.
- WILKS, B. J. (1932): Certain generalizations in the analysis of variance, *Biometrika* 24: 471-494.
- ZOTOV, V. D. (1938): Some correlations between vegetation and climate in New Zealand N. Z. *Journ. of Sci. and Tech.* 19.