

APLICACIÓN DE UN MÉTODO DE ANÁLISIS CLIMÁTICO A LA ESTIMACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES Y SU RÉGIMEN EN LA CUENCA DEL DUERO

Domingo Fernando Rasilla Álvarez

RESUMEN. La distribución de las precipitaciones en la Cuenca del Duero depende de la localización del observatorio en relación al Atlántico, de su latitud y su altura. Dos sectores aparecen delimitados: uno, por debajo de los 800 mts, en el que la distancia al Atlántico es el factor esencial, y otro por encima, en el que los factores topográficos (altura, orientación) son más importantes. La importancia de estos factores también varía según los sectores y la época del año, criterios utilizados para individualizar las diferentes regiones pluviométricas.

Palabras Clave: precipitación, gradientes, regionalización pluviométrica.

ABSTRACT. Precipitation over Duero river basin are related to three geographical factors: the inland distance to west and north, and the elevation, with two zones: one under 800 m., where the distance from the Atlantic is the most important factor; other, above 800 m., where topographical factors (height, exposure) are more determinant. His importance changes according to the different places and the time of the year, and they has been used to identify the pluviometric areas.

Key Words: precipitation, gradients, pluviometric areas.

RÉSUMÉE. L'étude des précipitations dans la "Meseta" nord de L'Espagne met en evidence ce lien étroit avec la situation occidentale et septen-

trionale et l'altitude. Nous remarquons deux secteurs: l'un par-dessous des 800 m, où le facteur le plus important est la proximité atlantique; l'autre, au dessus des 800 m, où l'altitude est plus significative.

Mots Clés: precipitation, gradient, precipitations regions.

INTRODUCCIÓN

La comprensión de los vínculos entre las condiciones geográficas y la dinámica atmosférica constituye la base de cualquier estudio sobre la distribución espacial de los elementos climáticos, a través del análisis de su variabilidad espacio-temporal y la delimitación de áreas homogéneas. Este proceso supera sucesivas fases, que podemos resumir en la obtención de los factores determinantes de esa distribución espacial, y el trazado de las áreas con idéntico comportamiento frente a dichos factores (GALAN GALLEGO y FERNANDEZ GARCIA, 1992). Hemos aplicado esta metodología a las precipitaciones en la Meseta Septentrional y sus bordes montañosos, pertenecientes administrativamente a la Comunidad Autónoma de Castilla-León. Desde el punto de vista geomorfológico, es un ejemplo clásico de cuenca cerrada y deprimida en relación a unos bordes elevados que la rodean casi totalmente, excepto al NE, y en menor medida al E y W, donde su continuidad queda interrumpi-

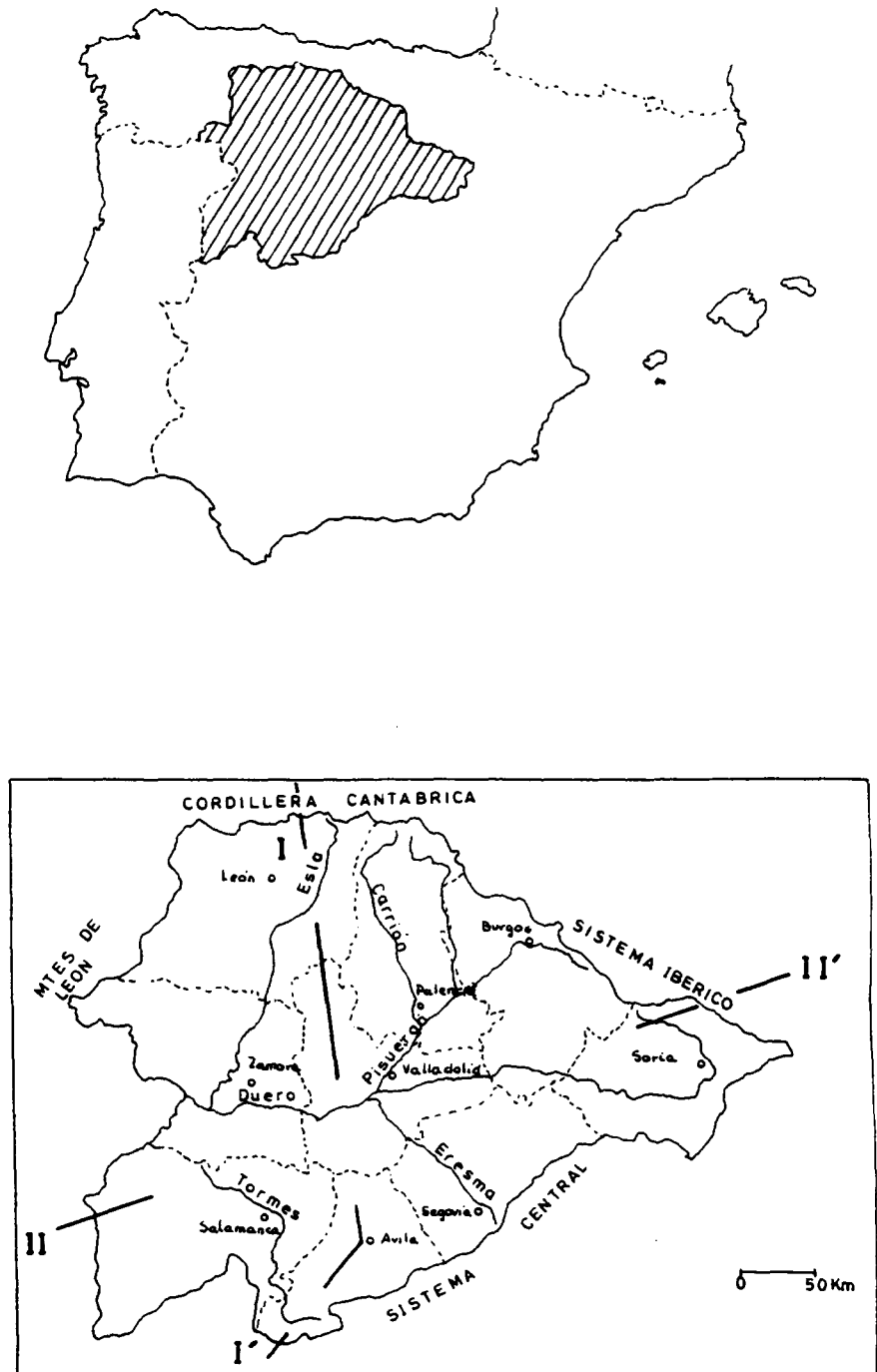
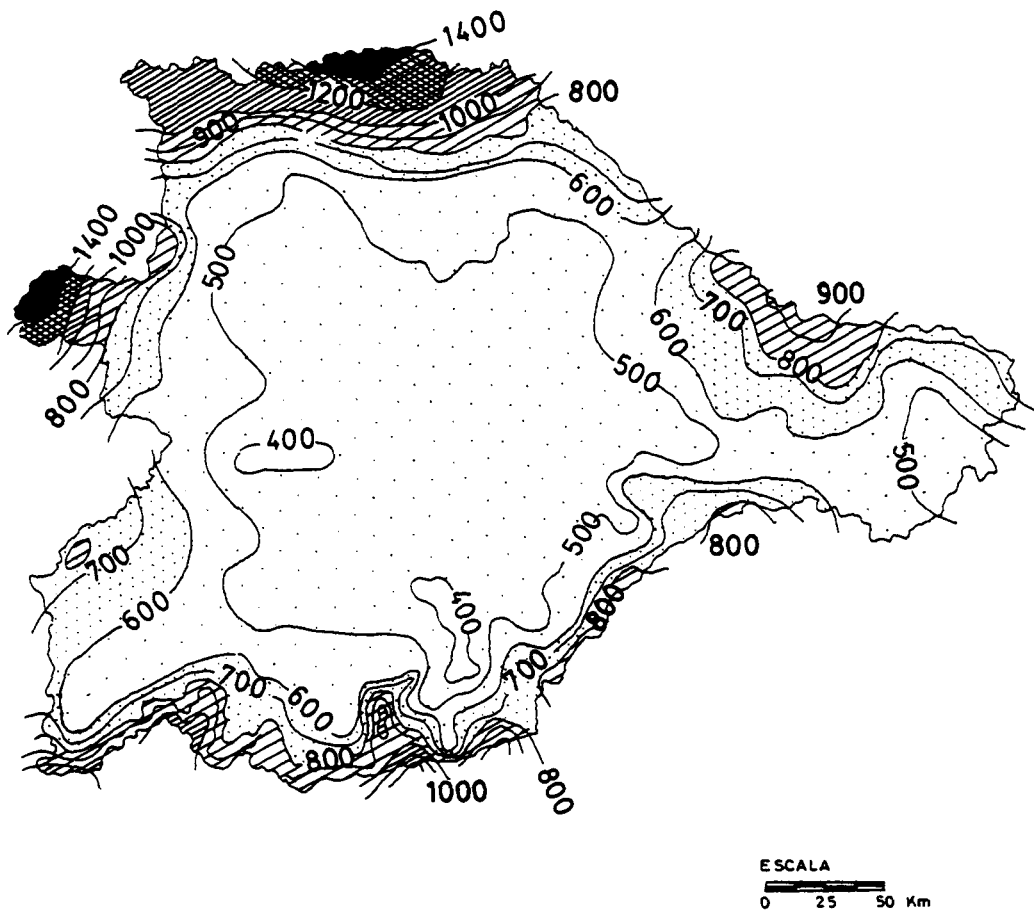


Figura 1. Localización del área de estudio y sus principales rasgos geográficos.

da por umbrales que no destacan de las llanuras. El sector central combina las formas tabulares talladas sobre materiales sedimentarios, al E, el sustrato paleozoico arrasado al W, y las campiñas arcillosas y vegas fluviales entre ambos. Esta heterogeneidad explica la disposición en graderío del relieve, cuya altitud aumenta hacia el E, lo que determina la dirección predominante de la red hidrográfica (fig. 1). La información procede del Atlas Agroclimático Nacional de España (LEON LLAMAZARES, 1986), seleccionando aquellas series que disponen de más de 20 años completos.

I.- FACTORES DETERMINANTES DE LA PLUVIOMETRIA EN EL DUERO

Las características de la precipitación en la Meseta Septentrional son su escasez, salvo en los márgenes montañosos, y los contrastes entre los sectores que la componen (GARCIA FERNANDEZ, 1986; SCHMITT, 1945). Una somera observación del mapa pluviométrico (fig. 2) pone de manifiesto ambas circunstancias, junto a una evidente relación entre su cuantía y la altitud (fig. 3), oponiendo los bordes montañosos, que superan



(Fuente: Ambito Ediciones 1982, y Atlas Nacional de España 1991, modificados)

Figura 2. Precipitaciones medias anuales.

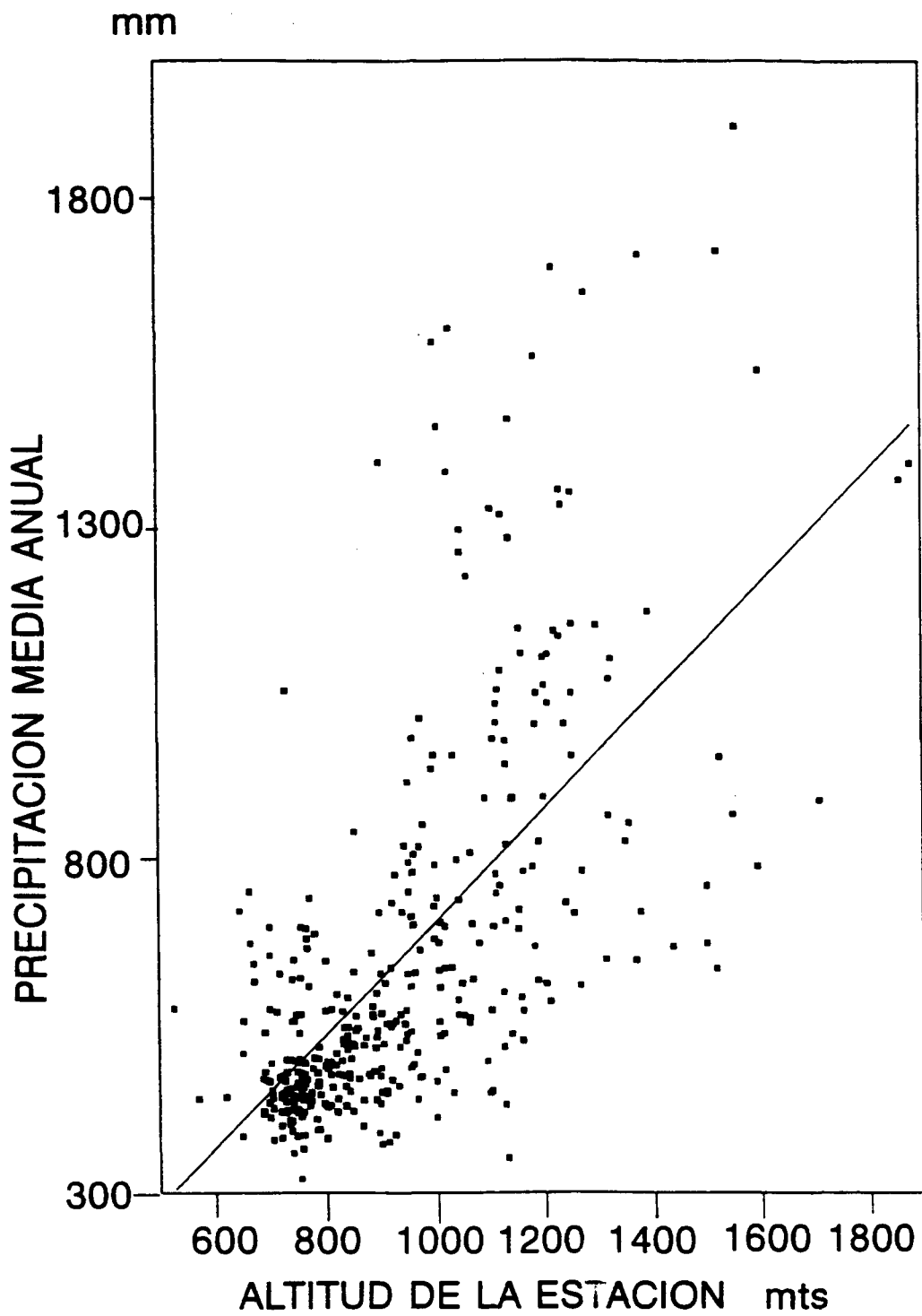


Figura 3. Relación entre precipitación anual y altitud del observatorio.

los 700 mm, y el área central, donde oscilan entre 500 y 400 mm; los desniveles topográficos se manifiestan también en el estrechamiento de las isoyetas en las proximidades de las montañas. No obstante, se aprecian distorsiones, concretadas en una disposición asimétrica de las isoyetas, tanto en

las llanuras (no ocupan el fondo de la cubeta, sino que están ligeramente desplazadas hacia el S) como en las montañas (son más lluviosos los septentrionales y occidentales). Los cortes topográficos (fig. 4) facilitan su visualización. El perfil I-I', en sentido N-S, concentra las precipitaciones más

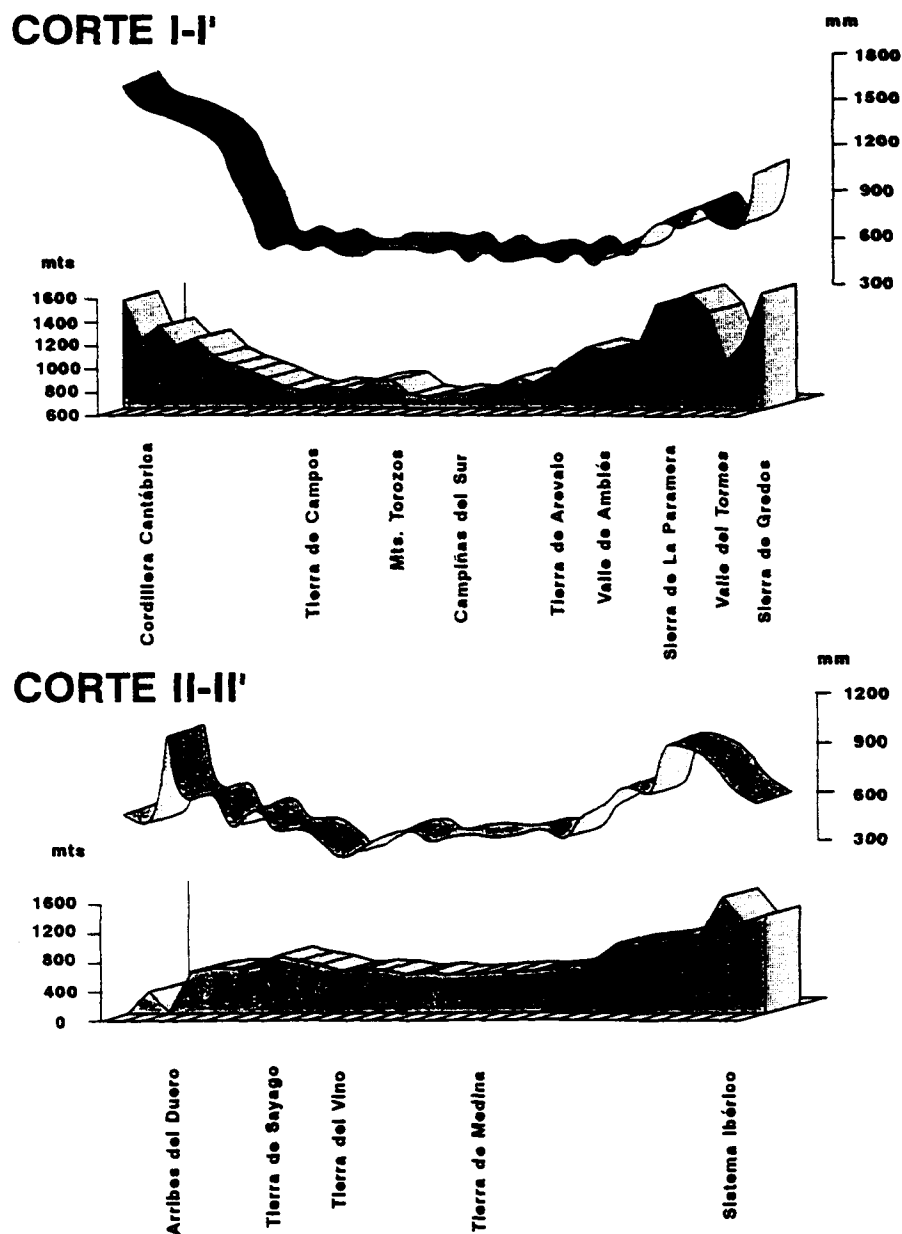


Figura 4. Influencia del relieve en las precipitaciones.

cuantiosas en los extremos montañosos, siendo más abundantes en la Montaña Leonesa que en la Paramera o en Gredos a igual altitud; en el área deprimida central, la curva adopta un trazo casi plano, que se extiende a comarcas de gran altitud (Valle de Amblés). El segundo, efectuado con orientación WSW-ENE, muestra índices parejos en sus extremos, pese a la mayor altitud del ámbito oriental (Sistema Ibérico); además, se percibe una cierta recuperación, seguida de una posterior estabilización respecto a las campiñas circundantes, en el talud y superficie culminante de los páramos calizos orientales.

La importancia relativa del factor altitud

En conjunto, el gradiente pluviométrico es positivo en la Meseta Septentrional, pero el aumento de las precipitaciones sólo se manifiesta a partir de cierta altitud (cuadro I), manteniendo, al mismo tiempo, numerosas anomalías, que demuestran, tanto por defecto como por exceso, que no siempre existe una dependencia lineal respecto a esa variable.

CUADRO I: Precipitación media en cada piso altitudinal

ALTITUD (mts)	Nº obs.	Media Anual	Mínimo	Máximo	CV %
< 600	5	539.1	441.5	677.6	17.2
601-700	17	530.8	384.6	754.2	21.4
701-800	100	483.6	321.1	1053.1	20.6
801-900	64	518.9	382.0	843.4	15.5
901-1000	57	663.8	373.1	1395.3	30.1
1001-1100	38	747.5	412.9	1596.6	40.0
1101-1200	42	847.7	352.0	1554.5	33.5
1201-1300	21	1058.3	587.3	1689.5	29.5
1301-1400	10	962.3	648.9	1708.1	33.2
> 1400	14	1109.0	636.9	1901.1	38.3

Se aprecian dos rupturas en la tendencia general: una a 700-800 mts, importante por acumular más del 25 % de los observatorios, aumentando la precipitación a partir de ese nivel, de

forma atenuada al principio y más bruscamente desde los 900 mts; la segunda, a 1300-1400 mts, afecta a un número inferior de localidades. La dispersión, baja hasta los 900 mts, sugiere una

CUADRO II: Coeficiente de correlación entre las precipitaciones y la altitud y posición de cada observatorio.

ESTACIÓN	Altitud	Longitud	Latitud
% INVIERNO	0.06	0.65	0.09
% PRIMAVERA	-0.01	-0.25	-0.30
% VERANO	-0.18	-0.68	0.15
% OTOÑO	0.22	0.19	-0.18
Total Invierno	0.54	0.32	0.27
Total Primavera	0.64	0.18	0.24
Total Verano	0.66	-0.29	0.49
Total Otoño	0.63	0.23	0.26
ANUAL	0.62	0.21	0.29

muestra homogénea; a partir de esa altura comienza a duplicarse, con un máximo hacia los 1000 mts.

Latitud y longitud como variables adicionales

Tal comportamiento nos induce a pensar que la altitud no explica, por sí misma, esta heterogénea distribución de las precipitaciones. Otros factores, esta vez de índole dinámica, aportan cierta luz a la comprensión de estas anomalías.

La altura se confirma como la variable de mayor correlación con los totales anuales y estacionales (cuadro II). No obstante, destaca la correlación positiva entre el porcentaje invernal y la longitud; también es muy llamativo el comportamiento opuesto del estival, y el incremento de las lluvias veraniegas a medida que aumenta la latitud. Al dividir la muestra según niveles altitudinales,

el sentido de las correlaciones sufre importantes modificaciones, pues sólo en los situados por encima de los 800 mts se mantiene la correlación entre altitud y precipitación; por debajo, esta última depende de la ubicación geográfica. En consecuencia, el factor orográfico desempeña un papel fundamental en esta distribución, pero en los sectores llanos se debilita, pues existe una tendencia a la disminución de las precipitaciones en sentido W-E, sólo rota cuando la topografía se eleva bruscamente, como en el talud de algunos páramos; otros factores, la longitud, y en menor medida la latitud, adquieren relevancia en épocas concretas del año.

La escasa cuantía de las precipitaciones en esta región proviene de su posición marginal en relación a la corriente en chorro, lo que determina una preponderancia de situaciones anticiclónicas (CAS-COS MARAÑA, 1982), muy persistentes en

CUADRO III: Coeficientes de correlación según distintos pisos altitudinales.

Estaciones	Observatorios situados < 800 mts.			Estaciones situadas > 800 mts.		
	Altitud	Longitud	Latitud	Altitud	Longitud	Latitud
Anual	-0.16	0.59	-0.45	0.57	0.39	0.39
Invierno	-0.25	0.69	-0.46	0.51	0.47	0.38
Primavera	-0.09	0.53	-0.47	0.59	0.36	0.33
Verano	0.27	-0.33	0.36	0.52	-0.14	0.57
Otoño	-0.17	0.55	-0.50	0.59	0.41	0.35

verano, consecuencia del ascenso latitudinal de la circulación tropical; por ello comparte tanto a gran parte de la Península, un agudo mínimo estival. En el resto del año, la proporción de situaciones ciclónicas aumenta (CALONGE, 1984), ya que el Frente Polar alcanza su posición meridional; por ello, el periodo húmedo se extiende al invierno, primavera y otoño. Las más activas son de origen atlántico, aunque no debe olvidarse la aportación de las situaciones meridianas, provocadas por la advección de aire frío en las capas altas de la atmósfera, y las tormentas causadas por el calentamiento convectivo de las masas en contacto con la superficie.

Pero la baja frecuencia de situaciones inestables no explica las diferencias de pluviosidad en sentido zonal; éstas responden al grado de actividad que muestran los diferentes flujos ciclónicos y a su reparto a lo largo del año. Aunque su irregularidad interanual es permanente, su estacionalidad es considerable, por lo que el reparto de las precipitaciones a lo largo del año experimenta sustanciales variaciones espaciales. Las variables correlacionadas reflejan esta dinámica:

- La relación positiva longitud/porcentaje invernal

está determinada por la progresiva atenuación de los flujos atlánticos en el interior de la Meseta.

- La oposición longitud/porcentaje estival responde a la continentalidad de los sectores más orientales, donde aumenta la importancia cualitativa de los fenómenos convectivos.

- La progresión de la aridez mediterránea como factor zonal, en el caso de la conexión entre los totales veraniegos y la latitud.

Idéntico resultado se obtiene aplicando un análisis factorial en componentes principales a una matriz constituida por las precipitaciones medias de los meses del año. La dialéctica precipitaciones invernales-estivales explica la mayoría de las variaciones espaciales, pues únicamente dos factores dan cuenta del 92.8 % de la varianza existente, siendo mucho más significativo el primer factor, que refleja el peso de las invernales (figs. 5 y 6). El segundo factor, que sólo da cuenta del 10.6 %, proviene de la importancia de las lluvias estivales. Dos ejemplos concretos (fig. 7) plasman realmente estos procesos. Enero de 1994 se caracterizó por una circulación del W; las precipitaciones más abundantes se concentraron en la mitad occidental y septentrional, especialmente en las montañas.

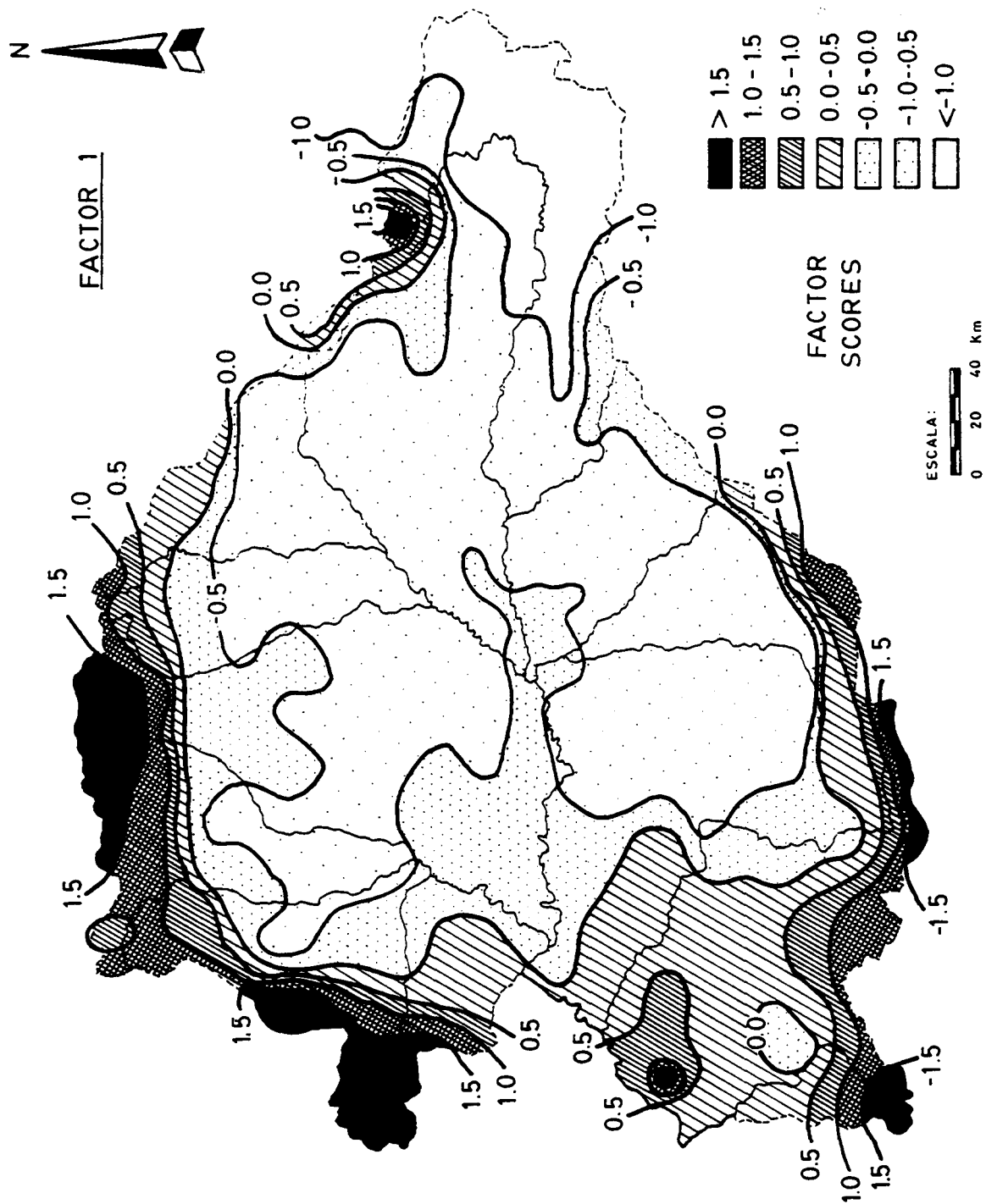


Figura 5. Puntuaciones del factor 1.

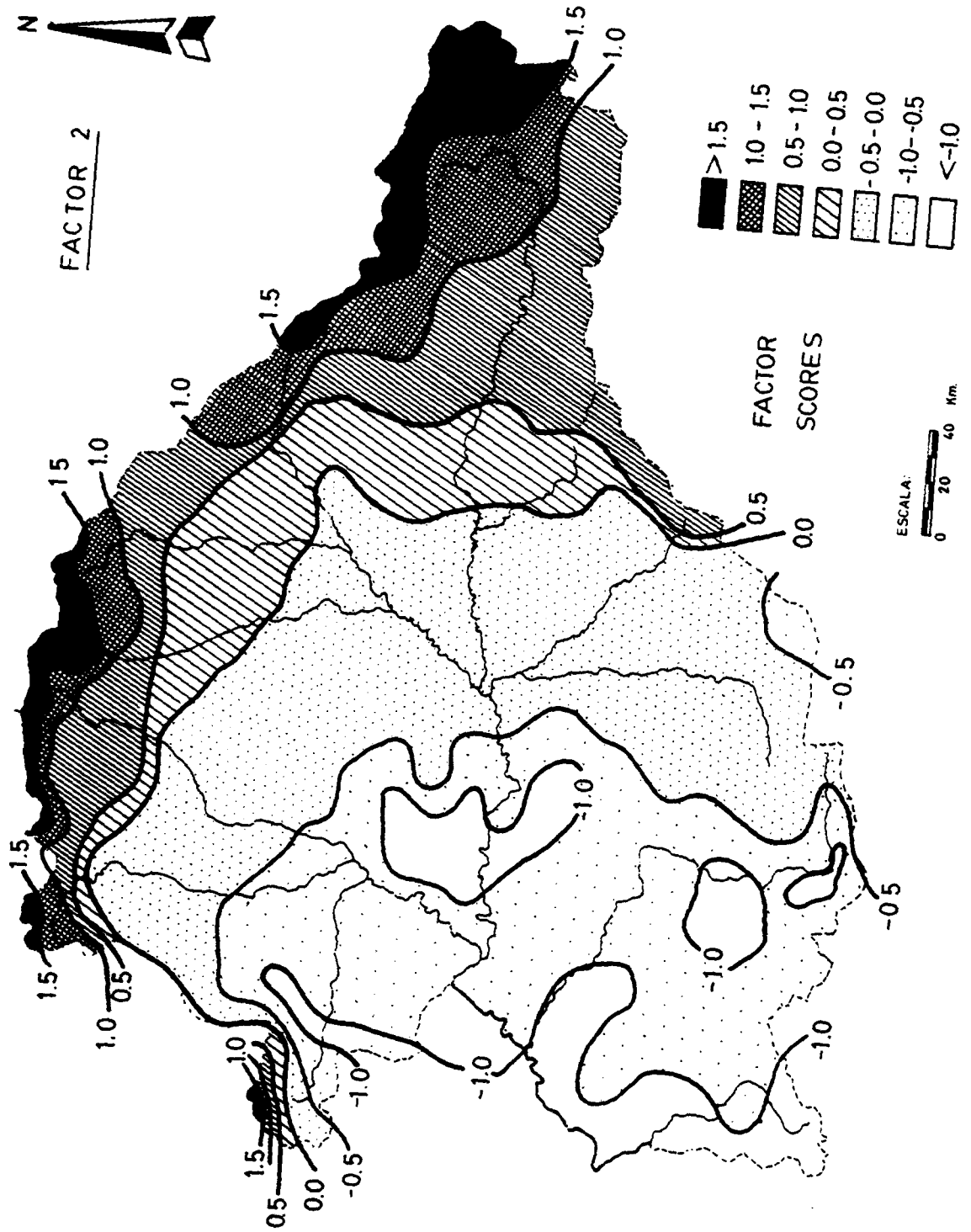


Figura 6. Puntuaciones del factor 2.

CUADRO IV: Funciones generales de distribución espacial de las precipitaciones.

Precipitación	Expresión matemática	VALOR DE R ²		
		altitud	longitud	latitud
Anual	$-5413.9 + 0.92 \text{ alt} + 122.5 \text{ lat} + 122.6 \text{ long}$	0.39	0.54	0.64
Invierno	$-2088.0 + 0.32 \text{ alt} + 46.5 \text{ lat} + 58.4 \text{ long}$	0.28	0.51	0.61
Primavera	$-1213.5 + 0.24 \text{ alt} + 27.3 \text{ lat} + 29.7 \text{ long}$	0.41	0.53	0.61
Verano	$-694.4 + 0.07 \text{ alt} + 17.2 \text{ lat} + 2.2 \text{ long}$	0.42	0.67	---
Otoño	$-1419.1 + 0.26 \text{ alt} + 31.5 \text{ lat} + 36.6 \text{ long}$	0.39	0.55	0.64

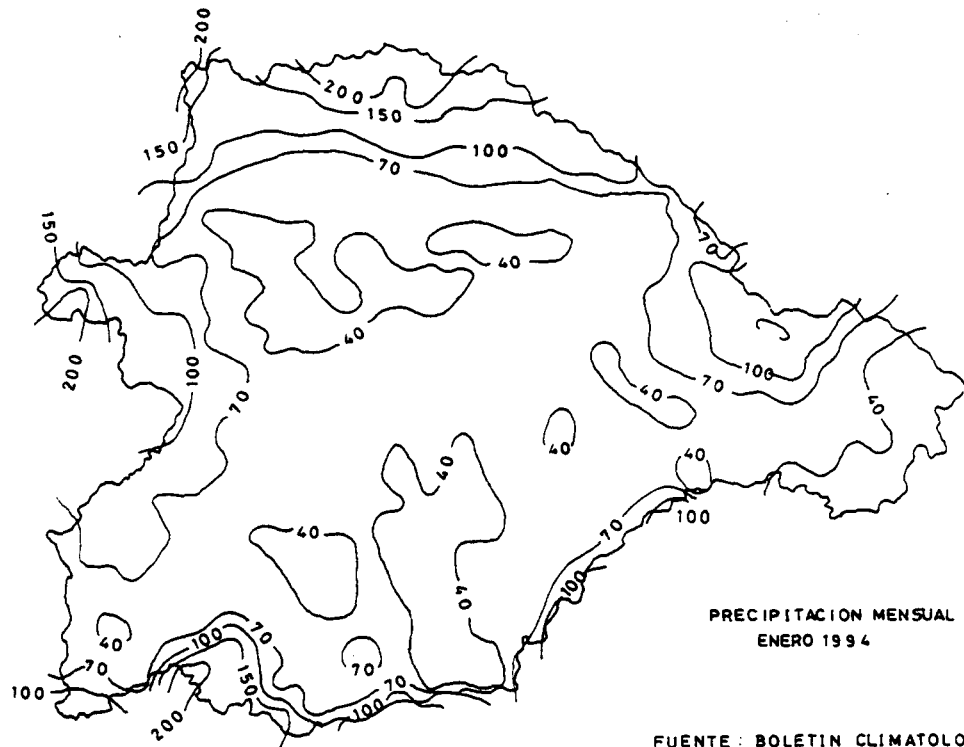
Contrasta la disposición de las isoyetas con la de junio de 1992, en la que predominaron advecciones procedentes de latitudes septentrionales; en consecuencia, fueron los sectores septentrionales y orientales los más beneficiados por las lluvias.

Modelos de distribución espacial de las precipitaciones

Al someter estas variables independientes a un procedimiento de regresión múltiple, hemos obtenido un modelo general de distribución de las precipitaciones sobre la región, que tiene en cuenta la desigual importancia de cada una. La técnica de la regresión múltiple, mediante el método *stepwise*, permite la obtención de una expresión matemática que indica la importancia de cada variable y facilita su estimación en cualquier área desprovista de observatorios. Comparando estos resultados con las tablas anteriores, observamos una clara mejora en los coeficientes de correlación. Según estos

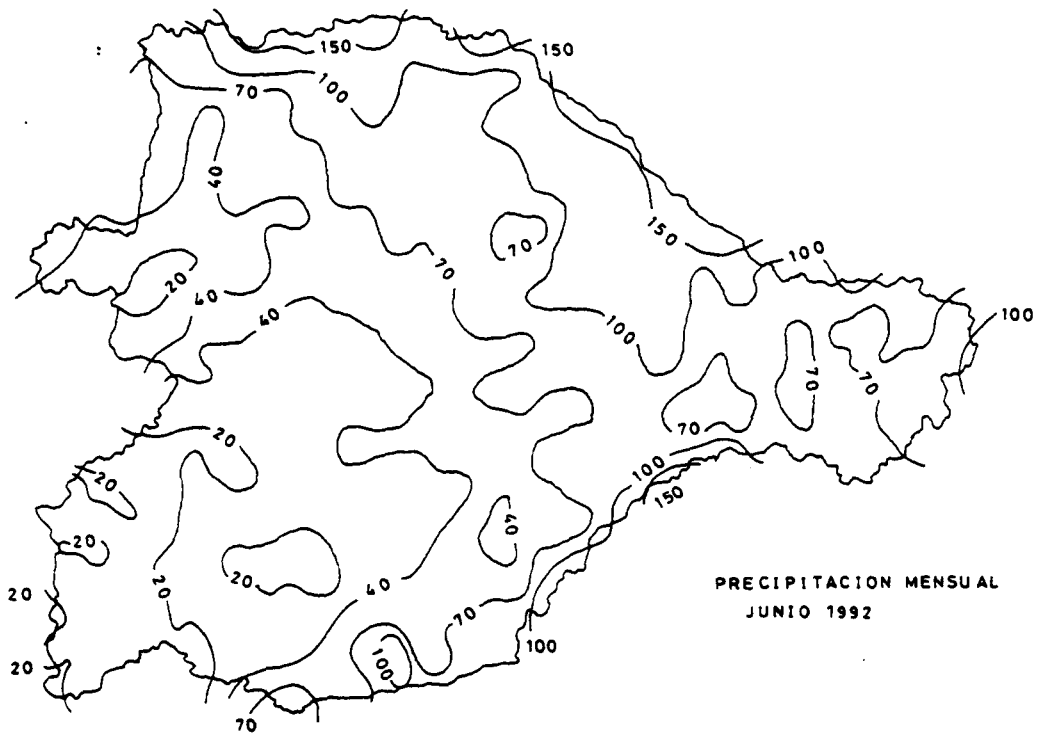
modelos, las precipitaciones anuales aumentan con la altitud hacia el W y hacia el N; las mismas consideraciones pueden realizarse con las precipitaciones estacionales, si exceptuamos en verano, donde desaparece la longitud en la ecuación resultante. El grado de resolución del modelo podría aumentar al introducir nuevas variables, como la laplaciana de la altitud (EGIDO, de PABLO, EGIDO y GARMENDIA, 1985), un modelo alisado del terreno (SCHERER, 1972) o, en áreas de montaña, la orientación y la exposición del valle, que posponemos para un posterior análisis.

La complejidad de las tendencias pluviométricas en la Meseta Norte es superior a su homóloga meridional: ésta última depende en mayor medida de los flujos atlánticos, al estar más abierta al Atlántico (FERNANDEZ GARCIA, 1992); la posición septentrional de la primera supone una mayor influencia del factor latitud, como consecuencia de la mayor actividad de los mecanismos de procedencia septentrional,



PRECIPITACION MENSUAL
ENERO 1994

FUENTE : BOLETIN CLIMATOLOGICO DE
CASTILLA Y LEON
CENTRO METEOROLOGICO TERRITORIAL
VALLADOLID



PRECIPITACION MENSUAL
JUNIO 1992

Figura 7. Isoyetas mensuales.

CUADRO V. Funciones de correlación en los diferentes pisos altitudinales (totales anuales)

Altitud (mts)	Nº Observatorios	Coeficiente de Determinación R ²			Ecuación
		Alt	Long	Lat	
< 800	124		0.35	0.37	2028.8 - 39.3 lat + 62.4 long
> 800	26	0.34	0.66	0.52	-6802.1 + 0.96 alt + 155.2 lat + 117.2 long
> 900		0.43	0.26	0.64	-7199.1 + 0.83 alt + 168.5 lat + 131.0 long
> 1000	124	0.67	0.55	0.34	-8283.0 + 0.67 alt + 199.6 lat + 130.6 long
> 1100	84	0.57	0.64	0.42	-8842.2 + 0.70 alt + 212.8 lat + 94.5 long

resultado a su vez de una mayor inserción en el conjunto templado.

Por debajo de los 800 mts, prácticamente la longitud es la única variable explicativa, desapareciendo la altitud al no superar el umbral mínimo de significación que permite su inclusión en la ecuación. Por encima de este umbral, la primera variable en formar parte de la ecuación es la altitud, mientras la longitud pasa a convertirse en la última, aunque con desigual importancia: hasta los 1000 mts, todavía la longitud tiene un peso destacado: a partir de ese límite, el factor más significativo es la latitud, confirmando la rápida progresión de la mediterraneidad hacia el N, mejorando el coeficiente final los resultados del general.

La diferencia entre esos valores teóricos y los reales, pese a distorsionar la bondad de estas funciones, proporcionan unos residuos de gran utilidad, pues su signo es positivo donde las precipitaciones reales superan al modelo, o negativos en caso contrario; su representación cartográfica (fig. 8) es un complemento interesante de las anomalías apreciadas a simple vista, gracias al cual verificamos las anomalías pluviométricas en la Cuenca del Duero, que tienen su reflejo en gradientes altitudinales diferentes, y avanzan la impor-

tancia de los distintos flujos pluviométricos perturbados en la conformación del régimen de cada sector. Los residuos no se distribuyen al azar, sino concentrados en áreas concretas, ratificando la aludida separación entre las áreas serranas, que acumulan mayor número de valores positivos, y las llanuras, donde predominan los negativos. Pero aún dentro de cada dominio, destacan ciertas peculiaridades, avanzadas en los cortes pluviométricos.

En las montañas, los desniveles topográficos añaden movimientos ascendentes a los provocados por las ascendencias frontales o convectivas. Sin embargo, la importancia de esta reactivación es muy desigual, dependiendo de otros factores, como ponen de manifiesto determinadas singularidades: a igual altitud, las precipitaciones son mucho más elevadas en el borde septentrional y occidental que en el meridional y oriental. Residuos positivos se encuentran en las que se oponen frontalmente a los flujos del 3^{er} cuadrante y próximas al mar (Sierra Segundera, Macizo Asturiano -salvo Babia y Luna-Sierras de Gata y Béjar, Picos de Urbión y Demanda). Por contra, los registros negativos más importantes se concentran en ambas vertientes de la Paramera de Avila, en el valle del Tormes, y en las Sierras de Guadarrama y del Moncayo,

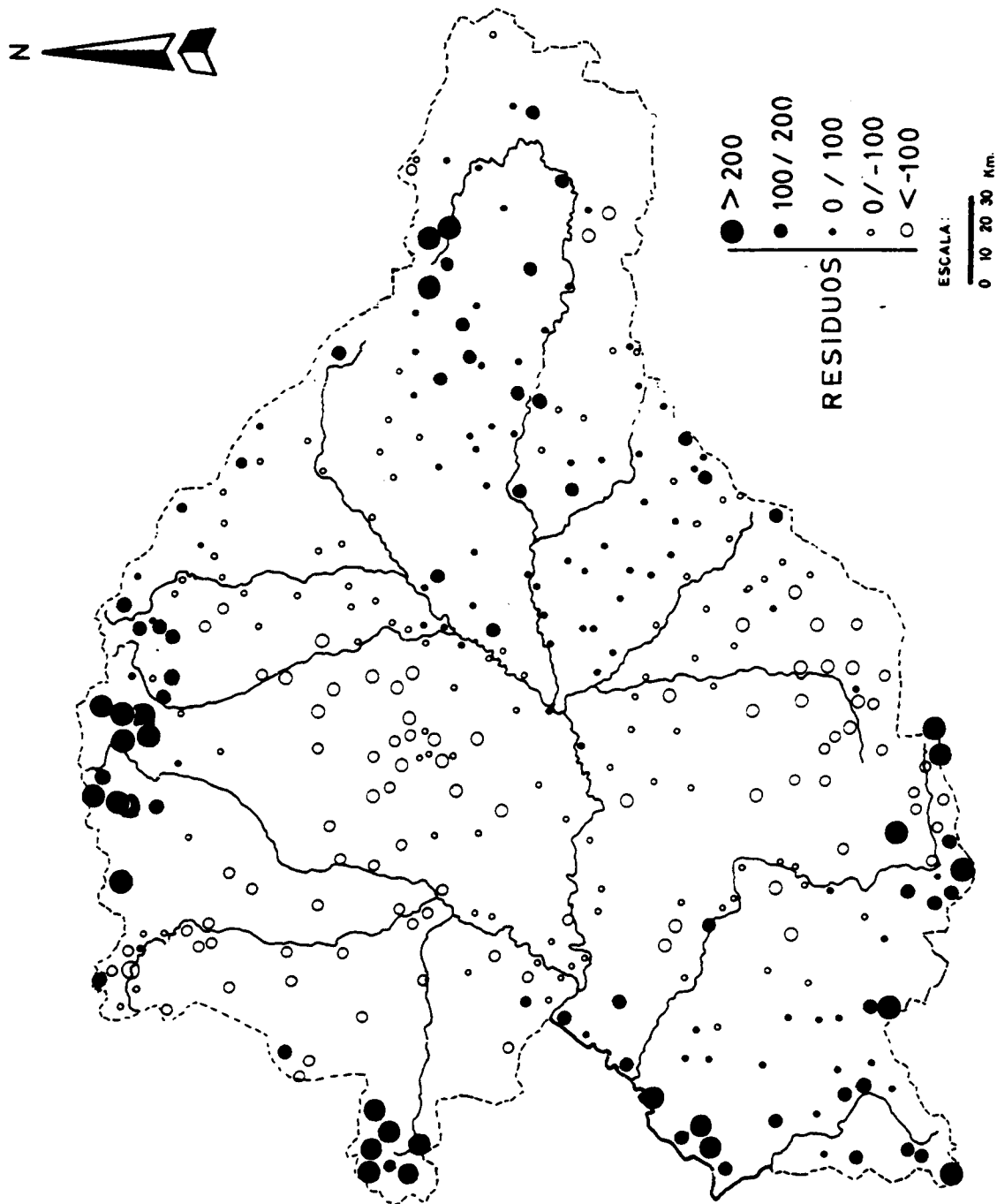


Figura 8. Distribución espacial de los residuos anuales.

relieves interiores al abrigo de esos flujos atlánticos. En situación intermedia se encuentran las Sierras de Riaza y Ayllón, en las que se percibe una sustitución de los sistemas perturbados más activos.

Las llanuras centrales acumulan un gran número de desviaciones negativas, ya que no existen rupturas de pendiente importantes que revigoricen unos flujos atlánticos, progresivamente debilitados a medida que nos alejamos de sus fuentes de humedad, aunque también aquí se observan sectores favorecidos en el aspecto pluviométrico. Estos se sitúan en la mitad suroccidental de la Meseta, donde la falta de continuidad de las barreras orográficas y la proximidad al Atlántico desborda los efectos de los sistemas perturbados del 3^{er} cuadrante, muy activos al otro lado de la divisoria (FERNANDEZ GARCIA, 1985). Dentro de los sectores menos lluviosos destacan las campiñas arcillosas de la mitad occidental y meridional, por su lejanía al Atlántico, ubicación a sotavento de grandes formaciones orográficas y carencia de cualquier desnivel topográfico. A pesar de su mayor altitud, otro sector poco favorecido son los Paramos de Raña que enlazan las llanuras con los bordes montañosos septentrionales. Sólo escapan a esta tónica algunas estaciones ubicadas en valles del sector central orientados al W, y en la culminación de los páramos cálizos del oriental. En el primer caso, una ligera reactivación de los flujos zonales (debido a un efecto de encauzamiento en valles estrechos -GARCIA FERNANDEZ, 1986-), sería acompañada de una mayor actividad de los tormentosos y septentrionales en el segundo.

II.- DELIMITACION DE AREAS PLUVIOMETRICAS HOMOGENEAS: APLICACION DEL ANALISIS DISCRIMINANTE

Analizados e interpretados los resultados obtenidos con las funciones de correlación, que evalúan la importancia de los factores aludidos (distancia al Atlántico, altitud y latitud), establecimos una diferenciación del espacio estudiado en varios conjuntos con comportamientos pluviométricos similares frente a dichos factores. Posteriormente hemos aplicado un Análisis Discriminante con el objeto de fijar el grado de separación entre cada una de las regiones, extraer las variables más significativas para la caracterización de cada región, y clasificar algún observatorio de dudosa asignación. Las variables utilizadas son las precipitaciones anuales, el porcentaje representado por cada una de las estaciones astronómicas y los valores residuales obtenidos al aplicar las funciones de distribución general a cada uno de los observatorios. Debemos advertir que su simplicidad sólo permite una aproximación previa, por lo que los resultados pueden considerarse como hipótesis que habrán de concretarse en posteriores análisis.

CUADRO VI. Valores medios y dispersión de las variables

	% INV	% PRI	% VER	% OTO	ANUAL	ANURESD	INVRES	PRIRES	VERRES	OTORES
R1	31.7±1.5	27.2±1.5	14.8±1.4	26.3±1.4	449,7±36,0	-140,0±86,9	-54,2±35,6	-37,6±22,3	-10,1±7,2	-38,5±26,5
R2	28,7±0,8	28,4±2,1	16,4±2,0	26,5±1,0	445,2±35,9	-37,1±87,2	-17,6±35,6	-8,3±21,9	-5,2±7,6	-6,3±25,9
R3	26,2±1,3	29,3±1,4	17,2±1,2	27,3±1,2	427,0±37,0	-65,1±101,7	-32,8±39,2	-16,4±28,8	-2,5±8,1	-13,4±30,8
R4	29,2±1,1	28,5±1,2	15,9±1,7	26,4±1,5	541,6±46,7	28,3±60,1	13,2±23,6	7,6±15,2	-1,3±8,9	8,8±20,9
R5	25,9±1,7	28,6±1,2	19,7±2,0	25,8±1,3	538,3±52,5	32,4±85,7	7,6±32,0	6,3±21,3	10,8±12,2	8,0±25,2
R6	33,2±2,7	26,6±1,0	14,2±2,1	25,9±0,9	694,4±140,1	-111,6±103,4	-36,2±39,0	-31,3±27,7	-8,0±12,6	-36,0±30,4
R7	31,8±1,7	27,3±1,3	14,5±0,9	26,4±2,2	759,2±98,1	81,2±71,7	35,6±35,6	20,6±17,0	3,3±7,8	21,9±25,6
R8	34,9±2,0	27,5±1,8	10,9±1,3	26,7±1,7	599,7±90,2	37,5±133,4	15,4±50,1	9,3±34,7	5,2±14,9	7,4±39,2
R9	37,2±2,3	26,9±1,3	8,7±1,2	27,2±1,4	1346,6±343,9	236,1±269,0	97,5±97,8	67,7±73,0	9,8±29,4	61,5±82,6
R10	34,7±2,0	26,0±1,3	11,6±1,5	27,7±1,2	1218,7±218,8	128,7±209,8	48,8±86,4	28,7±66,9	12,2±19,0	39,7±57,8
R11	34,0±3,0	26,8±2,2	13,8±1,7	25,4±1,9	974,5±87,2	234,0±107,8	112,3±58,7	53,6±25,3	18,1±16,9	50,6±34,0
R12	27,4±1,2	27,8±1,3	19,1±1,4	25,7±1,0	705,6±122,6	-42,5±153,6	-17,4±61,4	-14,5±33,4	8,8±13,1	-18,5±48,7
R13	29,8±1,2	29,2±1,1	15,0±1,2	25,9±1,2	722,5±109,8	29,8±94,3	5,7±33,7	17,4±36,6	10,5±10,8	-3,2±21,7
R14	27,6±1,4	29,9±1,3	15,1±1,2	27,4±1,3	590,1±65,6	-155,4±66,4	-74,6±26,3	-34,6±20,7	-0,4±8,9	-44,9±22,8
R15	32,3±1,5	28,3±1,9	10,8±1,2	28,6±1,8	746,7±153,5	-151,1±187,4	-52,7±66,1	-40,8±56,4	-20,6±13,3	-35,9±59,7
R16	34,7±3,0	28,3±2,0	9,3±2,3	27,7±2,2	979,4±258,2	221,4±224,6	93,5±103,5	61,9±58,1	5,1±16,5	61,6±64,6

A. Selección de variables discriminantes.

Las variables con capacidad discriminante confirman la dialéctica existente entre las precipitaciones provocadas por la advección de masas atlánticas y las procedentes de fenómenos convectivos, cuya estacionalidad es el elemento que articula la organización pluviométrica del espacio castellano-leonés: los totales anuales distinguen las llanuras centrales de las montañas, y las precipitaciones invernales/estivales separan los dominios occidental y oriental.

B. Verificación de hipótesis.

Para verificar la bondad de la separación recurrimos a dos parámetros que nos proporciona el programa estadístico:

- **Prueba F-aproximada:** nos permite verificar la consistencia estadística de la clasificación. La **Función F** resultante otorga un valor a F de 31.095 para unos grados de libertad de 90 y 199-7,4. Este valor rebasa holgadamente el valor crítico registrado en la tabla de Snedecor para un nivel de significación de 0,01, confirmándose, por tanto, que las variables climáticas elegidas son capaces de separar significativamente las diversas regiones pluviométricas.

CUADRO VII: Variables discriminantes

Paso		Lambda Wilks
1	Precipitación anual	0.182
2	% precipitación invernal	0.056
3	% precipitación estival	0.031
4	Residuos pp. invierno	0.019
5	Residuos pp. anual	0.010
6	Residuos pp. verano	0.007

CUADRO VIII. Funciones discriminantes

Coeficientes o pesos

	FUNCION 1	FUNCION 2	FUNCION 3	FUNCION 4	FUNCION 5	FUNCION 6
% INV	0,551	-0,655	0,777	0,160	0,076	0,149
% VER	-0,206	0,058	0,921	0,158	0,122	0,119
ANUAL	0,003	0,010	0,001	-0,002	0,000	0,000
ANURESD	0,009	-0,035	0,030	0,005	0,021	0,037
INVRESD	-0,035	0,085	-0,067	0,001	-0,028	-0,087
VERRESD	0,016	0,022	-0,092	0,022	-0,127	-0,042
Constante	-16,390	13,075	-38,211	-5,667	-3,954	-6,454

Función	Eigenvalue	% varianza total
1	7,420	57,8
2	3,950	88,6
3	0,672	93,8
4	0,444	97,3
5	0,276	99,5
6	0,070	100

CUADRO IX. Matriz F (grados de libertad: 6; 354)

REGION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	33,3															
3	75,2	17,8														
4	39,9	5,1	12,9													
5	83,2	30,2	11,4	20,4												
6	15,5	39,7	65,9	33,0	64,0											
7	22,3	20,0	34,7	11,3	33,2	7,3										
8	45,5	135,4	175,5	118,0	165,6	39,5	48,5									
9	98,5	126,4	139,3	100,5	120,5	42,3	40,8	79,2								
10	136,1	172,8	174,5	124,4	128,7	41,6	37,0	133,8	5,8							
11	27,6	27,7	26,8	16,1	21,7	12,5	6,2	31,8	14,8	9,7						
12	30,2	15,6	9,8	10,4	3,5	20,5	11,5	54,4	43,3	32,4	8,4					
13	27,0	17,8	18,1	9,1	20,6	14,6	4,9	48,4	45,3	37,9	6,6	7,0				
14	20,3	13,1	8,5	9,6	16,0	16,7	11,4	36,3	48,8	37,8	12,7	7,7	3,2			
15	36,0	49,7	56,3	37,8	67,7	15,7	16,8	44,7	34,5	36,2	14,5	23,5	14,4	10,3		
16	49,1	63,2	75,4	45,9	76,5	22,0	15,5	35,3	15,5	19,5	8,5	29,1	18,1	21,2	11,6	

- **Matriz F:** los valores alcanzados por el estadístico **F** reflejan el grado de separación existente entre cada una de esas regiones, que se verifica real al contraponerlos a la tabla de distribución de **F** con esos mismos grados de libertad.

C. Asignación de casos.

A partir de los valores alcanzados por las variables climáticas proponemos la siguiente regionalización pluviométrica, basada en la articulación de sectores topográficamente diferentes (montaña y llanuras), ante los que responde de manera desigual la dinámica atmosférica, proceso que se concreta en la modificación del régimen pluviométrico. Una efectividad del 93 % de los casos, pese a la mencionada simplicidad de las variables, nos ratifica la bondad de las hipótesis emitidas.

CUADRO X. MATRIZ DE CLASIFICACION.

	Nº de casos	% correctamente clasificado	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
REGION 1	44	95,4	42							2								6
REGION 2	51	84,2	3	42	1	4	1											
REGION 3	33	97			32										1			
REGION 4	37	94,6				35	2											
REGION 5	18	100					18											
REGION 6	21	95,2	1					20										
REGION 7	17	100							17									
REGION 8	53	98,1								52								1
REGION 9	12	100									12							
REGION 10	29	100										29						
REGION 11	5	100											5					
REGION 12	5	100												5				
REGION 13	13	100													13			
REGION 14	7	100														7		
REGION 15	16	93,8															15	1
REGION 16	14	100																14
			Porcentaje correctamente clasificado: 93 %															

III. REGIONALIZACION PLUVIOMETRICA DE LA CUENCA DEL DUERO

El mapa adjunto (fig. 9) es un primer avance, evidentemente esquemático, por lo que sus límites deben ser considerados como provisionales, en espera de posteriores análisis que ratifiquen esta propuesta.

A. LAS LLANURAS. Es el sector más homogéneo y de mayor extensión superficial, abarcando el fondo de las vegas fluviales, las campiñas de la mitad occidental y los páramos calcáreos de la oriental, caracterizadas por la ausencia de desniveles topográficos de entidad suficiente para provocar ascensos generalizados en las masas de aire, por lo que los flujos atlánticos se degradan hacia el interior. Por ello, el máximo invernal, ligado a estos flujos, es reemplazado por una estación lluviosa indiferenciada (salvo en vera-

no), que da paso en las comarcas orientales a las estaciones intermedias, ligado a la mayor actividad de los flujos meridianos, al que se suma una relativa atenuación de la aridez estival, por las tormentas convectivas.

a.1. El sector occidental, de neto predominio atlántico (R1), no supera los 500 mm anuales, concentrados en invierno, y acompañados de un acusado mínimo estival. Se ubica en el NE de la Penillanura Salmantina (Campo Charro), en las Tierras del Vino zamoranas, la mitad occidental de Tierra de Campos palentina y vallisoletana y en el Páramo y Ribera leonesas. Estaciones más significativas: Zamora, Salamanca y Hospital de Orbigo.

a.2. La segunda región (R2) comprende los páramos del N de Palencia y las vegas fluviales al pie de los escarpes calcáreos de Palencia, Valladolid y Burgos. El equilibrio entre las precipitaciones invernales y las equinocciales

verano y otoño más húmedos, en razón de su abertura al Cantábrico. Estación: Humada.

C) Las MONTAÑAS constituyen el último gran conjunto, aunque el efecto orográfico no se deja sentir a la misma altura: se percibe a partir de los 900 mts en tierras salmantinas ó 1000 mts en la montaña de León, pero hay que elevarse a más de 1200 para observar un incremento semejante en Avila; dicho efecto repercute los meses invernales, al reactivar los sistemas frontales atlánticos. La diversidad de valores pluviométricos y su reparto estacional determina la siguiente subdivisión:

c.1. Las montañas de clara influencia atlántica, al SW, NW y N, se caracterizan por elevados totales (superiores a 1000 mm) y evidente concentración invernal, que suele representar alrededor del 30 % del total. El factor de diferenciación entre ellas descansa en la duración de la sequía estival.

- la posición septentrional del Macizo Asturiano (R10) la amortigua, aunque su alejamiento del Atlántico reduce los totales y limita la importancia de los meses invernales (Riaño).

- La baja altitud de la Beira Alta no merman en exceso la efectividad de la Sierra Segundera, y en menor medida, los Mts. de León (R9), como núcleos de condensación frente a los flujos atlánticos. De ahí que sea más lluviosa que el conjunto precedente, con porcentajes invernales superiores al 35 %; en cambio, por su situación occidental, padece una se-

quía estival más prolongada (Presa de Cárdena).

- La localización occidental y la orientación SSW-NNE de la Sierra de Gata, Peña de Francia, Béjar y Gredos (R16) no reducen en exceso la actividad de los flujos del 3^{er} cuadrante, por lo que las precipitaciones todavía son abundantes, especialmente en invierno (que supera el 35 %), pero la sequía estival, a consecuencia de su posición meridional, se intensifica y prolonga. Fenómenos de canalización entre los macizos extienden este sector hasta el valle de Corneja, en La Serrota (Navasfrias).

c.2. Mas dilatado es el espacio ocupado por las montañas que equilibran la influencia atlántica y la mediterráneo/continental, cuya consecuencia más evidente es una reducción de las precipitaciones.

- La mitad septentrional del Sistema Ibérico (R11) -S. Millán, Neila, Cebollera y Urbión- todavía se beneficia de la reactivación de los flujos invernales, pero al mismo tiempo, su localización oriental las sumerge dentro de radio de acción de los embolsamientos fríos, frecuentes en primavera. Si a esto añadimos fenómenos convectivos surgidos en verano, y su relativa abertura al Cantábrico (ORTEGA VILLAZAN, 1992), comprendemos un régimen en el que el invierno y la

es el rasgo más destacado, manteniendo cantidades próximas al anterior por los posibles efectos de canalización y el leve ascenso topográfico que implican esos relieves tabulares. Estación: Villanubla.

a.3. La ausencia de estos desniveles, su proximidad, aunque a sotavento, algunas alineaciones topográficas y el alejamiento del Atlántico constituyen las señas de identidad de la tercera región (R3). Las consecuencias son evidentes: reducción de los totales anuales, que oscilan entre 350 y 425 mm, y reparto equinoccial (primavera y otoño). Se extiende al pie de los páramos calcáreos entre Palencia y Venta de Baños, y sobre todo, por la llanuras arcillosas al S del Duero, contactando directamente con el Sistema Central (Avila y Palencia).

a.4. El incremento de altitud de los páramos en las provincias de Burgos, Segovia y Soria (R4), que reactiva los flujos zonales, y su localización oriental, donde comienzan a tomar importancia los fenómenos convectivos estivales, suponen un considerable aumento de la precipitación total (más de 500 mm), y un reparto equilibrado, sin que destaque ninguna estación astronómica. Estación: Cantalejo.

a.5. La Plataforma Soriana, en el extremo oriental de la cuenca constituye un área (R5) donde el aspecto mediterráneo/continental es claro. Como rasgos distintivos señalaremos unos totales anuales equivalentes la región anterior (entre 500 y 600 mm), y una acentuación de los máximos equinociales, fundamentalmente la primavera, mientras el verano llega a suponer el 20 % de las precipitaciones anuales. Estación: Soria.

B) Rodeando estas comarcas se dispone una AUREOLA INTERMEDIA, que incluye un

conjunto heterogéneo de comarcas en las que el incremento de la pluviosidad es desigual (entre 500 y 1000 mm) provocado, bien por una ligera acentuación de los desniveles topográficos, bien de la proximidad al Atlántico. Por ambas razones, los regímenes pluviométricos plasman una mayor participación de las precipitaciones invernales, aunque no de la misma intensidad:

b.1. Las penillanuras hercínicas del SW de Meseta del Duero (R8), que discurren por gran parte de Salamanca y una pequeña extensión de Zamora. Pese a su escalonamiento desde el borde del Duero, el aumento de altitud hacia el interior de la Meseta no tiene importancia en las precipitaciones, por lo que éstas dependen de la posición longitudinal: 800 mm en los Arribes, 600 en Sayago y Ledesma. Un sector particular, que se aproxima al grupo R1, es la fosa tectónica en la que se asienta Ciudad Rodrigo, donde disminuyen hasta 550 mm. En consecuencia, la distribución mensual muestra un máximo claramente invernal (35 %) y un sensible mínimo estival.

b.2. Las Rañas situados al pie del Macizo Asturiano (R6), extendidas por León, NW de Palencia y W de Zamora. La topografía plana, salvo en su borde septentrional, mantiene los índices de precipitación en cantidades poco acordes con su altitud media: entre 500 y 900 mm. Aunque se concentran en invierno, el verano no es tan seco, por su ubicación septentrional. Estación: Villameca.

b.3. Las precipitaciones sobre los relieves plegados que limitan el Duero por el NE y E (R7) aumentan levemente, por una cierta reactivación de los flujos atlánticos, que mantiene al invierno como estación más lluviosa, y un

verano y otoño más húmedos, en razón de su abertura al Cantábrico. Estación: Humada.

C) Las MONTAÑAS constituyen el último gran conjunto, aunque el efecto orográfico no se deja sentir a la misma altura: se percibe a partir de los 900 mts en tierras salmantinas ó 1000 mts en la montaña de León, pero hay que elevarse a más de 1200 para observar un incremento semejante en Avila; dicho efecto repercute los meses invernales, al reactivar los sistemas frontales atlánticos. La diversidad de valores pluviométricos y su reparto estacional determina la siguiente subdivisión:

c.1. Las montañas de clara influencia atlántica, al SW, NW y N, se caracterizan por elevados totales (superiores a 1000 mm) y evidente concentración invernal, que suele representar alrededor del 30 % del total. El factor de diferenciación entre ellas descansa en la duración de la sequía estival.

- la posición septentrional del Macizo Asturiano (R10) la amortigua, aunque su alejamiento del Atlántico reduce los totales y limita la importancia de los meses invernales (Riaño).

- La baja altitud de la Beira Alta no merman en exceso la efectividad de la Sierra Segundera, y en menor medida, los Mts. de León (R9), como núcleos de condensación frente a los flujos atlánticos. De ahí que sea más lluviosa que el conjunto precedente, con porcentajes invernales superiores al 35 %; en cambio, por su situación occidental, padece una se-

quía estival más prolongada (Presa de Cárdena).

- La localización occidental y la orientación SSW-NNE de la Sierra de Gata, Peña de Francia, Béjar y Gredos (R16) no reducen en exceso la actividad de los flujos del 3^{er} cuadrante, por lo que las precipitaciones todavía son abundantes, especialmente en invierno (que supera el 35 %), pero la sequía estival, a consecuencia de su posición meridional, se intensifica y prolonga. Fenómenos de canalización entre los macizos extienden este sector hasta el valle de Corneja, en La Serrota (Navasfrías).

c.2. Mas dilatado es el espacio ocupado por las montañas que equilibran la influencia atlántica y la mediterráneo/continental, cuya consecuencia más evidente es una reducción de las precipitaciones.

- La mitad septentrional del Sistema Ibérico (R11) -S. Millán, Neila, Cebollera y Urbión- todavía se beneficia de la reactivación de los flujos invernales, pero al mismo tiempo, su localización oriental las sumerge dentro de radio de acción de los embolsamientos fríos, frecuentes en primavera. Si a esto añadimos fenómenos convectivos surgidos en verano, y su relativa abertura al Cantábrico (ORTEGA VILLAZAN, 1992), comprendemos un régimen en el que el invierno y la

primavera se equilibran y el porcentaje estival aumenta sensiblemente (Vinuesa).

El Sistema Central, al estar ubicado al interior y una latitud meridional, disfruta de una mayor continentalidad y aridez estival. La subordinación a la orientación, en respuesta a los flujos dominantes, se refleja en una compleja distribución mensual de las precipitaciones.

- En las sierras septentrionales (Ayllón, Riaza y Guadarrama; R13) aumentan hacia el NE (-FERNANDEZ GARCIA, 1982), tanto las anuales como las invernales, amortiguándose al mismo tiempo la sequía estival. Si el segundo fenómeno tiene una clara explicación por la continentalidad, el primero resulta de la mayor efectividad ante los flujos del 4º cuadrante: el gradiente pluviométrico es más intenso en esta vertiente septentrional, a causa de la atenuación de los flujos del SW sobre el extremo nordeste de la Meseta Meridional (FERNANDEZ GARCIA, 1981).

- A pesar de su orientación zonal, la escasa cuantía de las precipitaciones en la ladera norte de las sierras de Avila, Paramera y Malagón (R14), no muy diferentes a las llanuras circundantes, sugiere una enérgica protección frente a los flujos del 3º cuadrante. Por ello, dominan las precipitaciones primaverales, quedando constreñido el efecto orográfico a

un cierto incremento de los valores invernales.

- El último conjunto lo constituye la ladera septentrional y el fondo de la Fosa del Tormes (R15) y su extensión occidental, la del Alberche, no incluida en este análisis. También dispuesta en sentido zonal, los efectos de las perturbaciones atlánticas llegan amortiguados, tras rebasar Gredos y la Sierra de Béjar, por lo que las precipitaciones son bastante menores que en la región 16, pero aventaja a la vertiente septentrional de la Paramera. De ahí una pluviosidad moderada (entre 600 y 900 mm), concentrada en invierno (hasta un 30 %) y una aguda sequía estival (San Martín de la Vega).

c.3. El conjunto central del Sistema Ibérico (R12, Cameros y Moncayo) disfruta de un carácter marcadamente continental, como demuestran los exíguos valores anuales, la consolidación de la primavera como estación más lluviosa (supera el 30 %), y el porcentaje estival, por encima del 20 %, que anticipa las condiciones de la montaña turolense (Cueva de Agreda).

IV. CONCLUSIONES

En el presente trabajo hemos llevado a cabo un estudio de los principales factores de diferenciación espacial de la precipitación sobre la Meseta del Duero: la proximidad al Atlántico, la altitud y la latitud. Su importancia varía según

los sectores y la época del año, determinando variaciones espaciales y temporales en el reparto de las precipitaciones. Pero a diferencia de su homóloga meridional, no es tan rotundo el predominio de los flujos zonales; ello se debe al mayor aislamiento de la Cuenca del Duero, que debilita estas influencias, y a una posición más septentrional, que determina una mayor actividad de las advecciones septentrionales, menos evidente en la Submeseta Sur.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCHILLA ALDEANUEVA, P. y MUÑOZ MUÑOZ, J. (1978) "El clima de la provincia de Soria". *Paralelo 37*, nº 10, pp. 7-28.
- CABERO DIEGUEZ, V. *El espacio geográfico castellano-leonés*. Ambito Ediciones, Valladolid, 1982.
- BOLETIN CLIMATOLOGICO DE CASTILLA y LEON. Centro Meteorológico Teritorial de Castilla y León, Valladolid.
- CALONGE CANO, G. (1990) "La excepcionalidad climática de los Arribes del Duero". *Eria*, nº 21, pp. 45-59.
- CALONGE CANO, G. *Climatología de los inviernos de Valladolid*. Valladolid, Universidad, 1984.
- CAÑADA, R y GALAN, E. (1987): "Métodos de reducción y discriminación en regionalización climática". *X Congreso Nacional de Geografía*, Zaragoza, pp. 277-291.
- CASCOS MARAÑA, C.S. *Contribución al estudio de los tipos de tiempo en los veranos de Valladolid*. I.C. Simancas, Valladolid, 1982.
- EGIDO, A.; de PABLO, F.; EGIDO, M. y GARMENDIA, J. (1985) "La precipitación en la Cuenca del Duero como función de los factores geográficos y topográficos". *Revista de Geofísica*, nº 41, pp. 183-190.
- FERNANDEZ GARCIA, F. (1980): "Diferenciación regional en función de las precipitaciones en la Meseta Meridional". *Estudios Geográficos*, 159, pp. 145-169.
- FERNANDEZ GARCIA, F. (1983): "La disimetría pluviométrica entre las vertientes norte y sur del Sistema Central". *Actas del VII Coloquio de Geografía*, Salamanca, pp. 91-98.
- FERNANDEZ GARCIA, F. y GALAN, E. (1990): "Propuesta de una regionalización pluviométrica de la Meseta Meridional". *IV Coloquio de Geografía Cuantitativa*, Palma de Mallorca, pp. 315-334.
- FERNANDEZ GARCIA, F. y GALAN, E. (1992): "Metodología de análisis temporal y espacial de los elementos climáticos". *V Coloquio de Geografía Cuantitativa*, Zaragoza, pp. 437-451.
- FERNANDEZ GARCIA, F. (1992): "Los gradientes pluviométricos en la Meseta Meridional: avance de un modelo de distribución espacial de las precipitaciones". *Alisios*, La Laguna, nº 2, pp. 7-14.
- GARCIA FERNANDEZ, J. *El clima en Castilla y León*. Ambito Ediciones, Valladolid 1986.
- GARMENDIA IRAUNDEGUI, J. *El clima de la provincia de Avila*. Centro de Edafología y Biología Aplicadas de Salamanca, CSIC, Salamanca 1972.
- GARMENDIA IRAUNDEGUI, J. *El clima de la provincia de Zamora*. Centro de Edafología y Biología Aplicadas de Salamanca, CSIC, Salamanca 1968.
- GARMENDIA IRAUNDEGUI, J. *Estudio climatológico de la provincia de Salamanca*. Publicaciones del IOATO, Salamanca 1964.
- LEON LLAMAZARES, A. *Atlas agroclimático nacional de España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid 1986.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. *Estudio Agroclimático de la Cuenca del Duero*. I.N.I.A., Madrid 1973.
- ORTEGA VILLAZAN, M.T. *Estudio Geográfico del clima del sector norte de la Cordillera ibérica*. Universidad de Valladolid, Valladolid, 1992.
- SCHERER, J.C. (1972): "Une methode d'extrapolation dans l'espace de donnees pluviometriques moyennes. Application a une partie des Vosges et de leur bordure". *Revue de Géographie d'Est*, Strasbourg, pp. 69-85.
- SCHMITT, R. (1945): "El clima de Castilla La Vieja y Aragón". *Estudios Geográficos*, pp. 727-783.