

NUEVAS CONSIDERACIONES Y MEJORAS EN LA APLICACION DE LA DISTRIBUCION DE PRECIPITACION EN LA CUENCA DEL RIO DUERO

*F. de Pablo; A. Egido; J. Seco y J. Garmendia
Departamento de Física de la Tierra y el Cosmos
Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca*

Summary

In this study we present a new contribution to take into account for a correct explanation of the rainfall observed in the mentioned area. Our contribution consists basically in considering three new aspect neglected in previous researchs: firstly, we confirm and quantify the importance of second-order terms in the proposed geo-climatic factors; secondly, we include among these a new parameter which explains a meteorological aspect not considered up to now; finally we make "the normalitation" or correction in one of the factors already defined.

We carry out a "point by point" multiple regression confrontation between the rainfall observed in 194 stations of the Duero basin and the corresponding geo-climatic factors obtaining a very high coefficient of correlation explicative of the process. At the same time we determine the equation to measure the new meteorological element and include maps of isoyets corresponding to real values, values deduced in previous issues and the results obtained in the present study.

Resumen

En este trabajo presentamos las nuevas aportaciones a tener en cuenta para una correcta explicación de la precipitación observada en la zona estudiada. Básicamente consisten en tener en cuenta tres aspectos ignorados en trabajos anteriores: conformar y cuantificar la importancia de los térmicos de segundo orden en los factores

geo-climáticos propuestos; introducir en los mismos un nuevo parámetro que viene a explicar cierto aspecto meteorológico no tenido en cuenta, y por último efectuar la normalización o corrección en uno de los factores ya definidos.

Se realiza un análisis de regresión múltiples (R. M.) "paso a paso", entre la precipitación observada en 194 estaciones de la cuenca del río Duero, y los factores geo-climáticos respectivos, obteniendo un magnífico coeficiente de correlación explicativo del proceso; asimismo se determina la ecuación de valoración del elemento meteorológico, presentando mapas de isoyetas correspondientes a valores reales, valores deducidos en trabajos anteriores y los resultados obtenidos en el presente trabajo.

1. Introducción

La valoración y estima de la distribución de precipitación en zonas climáticamente homogéneas, ha presentado siempre gran interés y constituye en la actualidad un palpitante campo de investigación por sus implicaciones socio-económicas.

En trabajos anteriores, (Egido, A. et al. 1984), hemos expuesto un modelo estadístico basado en un análisis de regresión lineal múltiples (R. M.) "paso a paso", que permitía evaluar la precipitación observada en la Cuenca del río Duero, mediante el empleo de cuatro factores geo-climáticos propios de la misma (altitud, curvatura media de la superficie del entorno, y distancia al mar con orientaciones norte y noroeste).

Con este trabajo presentamos la revisión y mejoras introducidas en dicho modelo, efectuando su aplicación a la Cuenca del río Duero, para su posterior análisis comparativo con los resultados anteriormente expuestos.

2. Antecedentes

El objetivo inicial, tanto de los trabajos anteriores como el de éste, ha consistido en exponer y analizar aquellos factores meteorológicos que consideramos suficientes para dar explicación y valorar la precipitación media de un lugar, mediante la utilización de fórmulas y modelos matemáticos simplificados.

Los fundamentos sobre los que basamos nuestros resultados, han radicado en buscar las causas meteorológicas básicas o fundamentales, origen de la expresión climática de una zona, y que como primera aproximación hemos supuesto que son: la situación geográfica, la topografía y las trayectorias más importantes de las bajas presiones que presentan efectos en las zonas estudiadas.

Asimismo, hasta el momento, hemos plasmado estas causas meteorológicas básicas en cuatro parámetros geográficos y topográficos que denominamos factores geo-climáticos: altitud del observatorio (H), anomalías en el perfil del terreno o curvatura del mismo, cuantificable mediante la laplaciana de la altitud con un radio de 3 km (Δh_3), distancia al mar corregida en dirección norte (D_N), y distancia al mar en dirección noroeste (D_{NO}).

Para una mejor comprensión e información más detallada de todos estos parámetros y planteamientos, nos remitimos a los siguientes autores y trabajos: Miller (1972), Hernández Fuentes (1974), Garmendia (1975), Lines Escardo (1981).

Como punto de partida, la relación entre los cuatro factores geo-climáticos elegidos como variables independientes y el elemento precipita-

ción, se supuso lineal. Así Hernández Fuentes (1974), Wolfson (1975), Egido, A. (1984) entre otros autores, realizaron los diversos estudios estadísticos obteniendo ecuaciones donde la dependencia entre las variables era lineal y consideraban esta aproximación como suficiente.

Por otra parte, autores como Anderson (1972), Davis y col. (1972), Mukeli (1972), Storr y Ferguson (1972)..., plantean algún tipo de relación no-lineal entre los mencionados factores y la precipitación, indicando la posibilidad de obtener evidentes mejoras mediante este tipo de relaciones.

Nosotros asimismo creemos que desde un punto de vista estrictamente matemático, las relaciones de segundo o tercer grado en los factores geo-climáticos, deben aportar mejores resultados en la estima de la precipitación, amén de existir razones de índole meteorológico y climático que confirman esta contribución, como exponaremos más adelante.

3. Nuevas consideraciones sobre la relación propuesta

Las nuevas aportaciones que presentamos en este trabajo frente a los anteriormente expuestos, básicamente consisten en tener en cuenta tres aspectos soslayados hasta el momento. Por un lado confirmar y cuantificar la importancia y contribución de las formas cuadráticas de los factores geo-climáticos en la precipitación (relación no-lineal). Por otro introducir un nuevo parámetro no tenido en cuenta hasta el momento y que viene a explicar un aspecto climático importante. Por último efectuar una corrección o normalización en uno de los factores definidos previamente.

Además del aspecto meramente matemático, parece evidente pensar que la precipitación observada en un lugar, respecto de su altitud, no tiene que presentar una relación de tipo lineal, si no que el aumento de precipitación debe de presentar un valor límite, que suele encontrarse en la base de las nubes productoras de lluvia, a

partir del cual no por incrementarse la altitud debe producirse mayor precipitación. Asimismo al elevarse una masa de aire, la humedad relativa de la misma aumenta y tenderá a condensar primero y precipitar después, con lo que existe una combinación de los dos procesos que dan origen a una precipitación cuya relación con la altitud debe ser de carácter no-lineal.

Para confirmar analítica y gráficamente este razonamiento, hemos realizado el estudio de la precipitación observada en nueve observatorios elegidos de referencia, frente a la altitud de los mismos (tabla I).

Se han obtenido las curvas representativas de los cuatro períodos climáticos anuales: invierno (diciembre-enero-febrero), primavera (marzo-abril-mayo), verano (junio-julio-agosto) y otoño (septiembre-octubre-noviembre), obteniendo representaciones con distintos máximos de precipitación referidos a valores característicos de altitud (figura 1).

Hemos deducido las ecuaciones que mejor se ajustan a estas cuatro curvas, referidas a las esta-

TABLA I
OBSERVATORIOS DE REFERENCIA

	Longitud	Latitud	Altitud (m)	Precipitación (mm)
AVILA	4° 42'	40° 39'	1.131	343,4
BURGOS	3° 42'	42° 20'	861	554,0
LEON				
(V. del Camino)	5° 39'	42° 35'	913	572,8
PALENCIA	4° 32'	42° 01'	734	360,5
SALAMANCA				
(Matacán)	5° 29'	40° 56'	795	391,1
SEGOVIA	4° 07'	40° 57'	1.002	469,1
SORIA	2° 28'	41° 46'	1.063	533,2
VALLADOLID				
(Villanubla)	4° 50'	41° 42'	845	486,2
ZAMORA	5° 45'	41° 30'	630	411,9

ciones climatológicas, obteniendo las siguientes relaciones:

invierno $R = - 488,8 - 0,0008 H^2 + 1,452 H$

primavera $R = - 398,5 - 0,0006 H^2 + 1,159 H$

verano $R = - 28,4 - 0,0001 H^2 + 0,211 H$

otoño $R = - 232,4 - 0,0004 H^2 + 0,803 H$

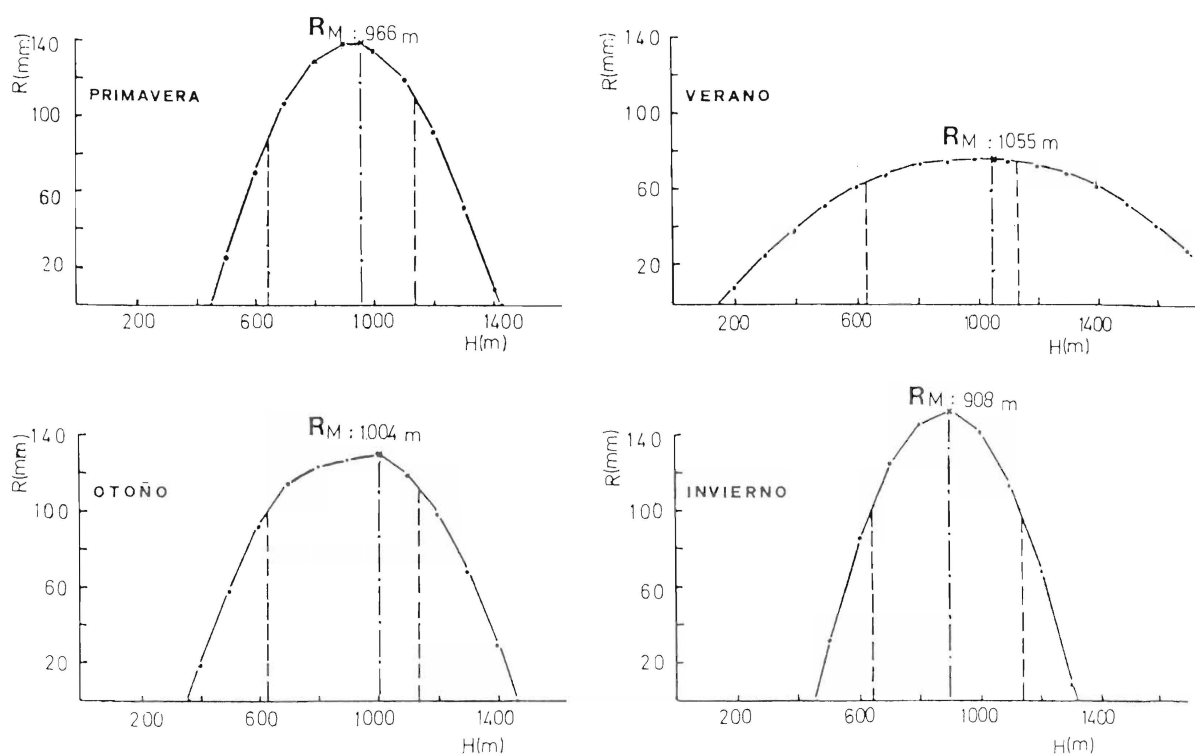


Figura I.—Altitud de los observatorios de referencia frente a la precipitación.

Observamos como todas las expresiones de la precipitación respecto de la altitud presentan una relación polinómica de segundo grado, que viene a confirmar la importancia y contribución tanto de la forma lineal como de la forma cuadrática del factor considerado.

Por otra parte, nada parece contraindicar que no solamente la altitud del lugar si no el resto de los factores geo-climáticos puedan aportar ambas formas para la explicación del fenómeno. La influencia de cada uno de los factores, así como sus aportaciones parciales al cálculo general del elemento precipitación, ya sea en sus formas lineal o cuadrática, serán motivo de estudio en la parte experimental del presente trabajo.

De cualquier manera, proponemos en este trabajo una relación de la siguiente forma, entre el elemento precipitación y los factores geo-climáticos a determinar, que deberá ser confirmada mediante resultados experimentales.

$$R_i = f(H, H^2, \Delta h_3, \Delta h_3^2, D_i, D_i^2)$$

donde

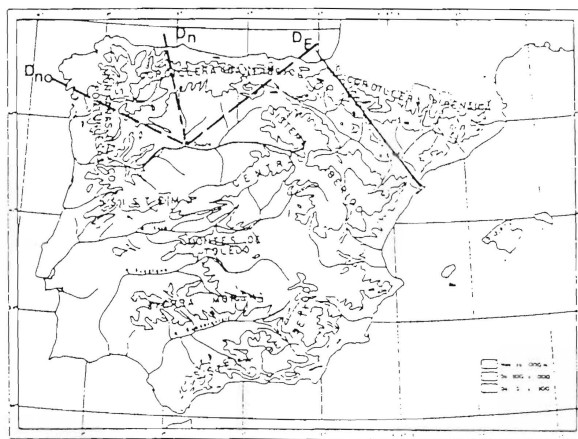
- R_i es la precipitación del lugar a estudiar.
 H, H^2 son las formas lineal y cuadrada de la altitud.
 $\Delta h_3, \Delta h_3^2$ son las formas lineal y cuadrada de la laplaciana de la altitud. Más adelante este factor aparecerá como Lap_3 y Lap_3^2 por motivo del tratamiento informático.
 D_i, D_i^2 son las formas lineal y cuadrada de las distancias a las causas o frentes del fenómeno.

Por lo que respecta al nuevo factor propuesto, que denominaremos distancia en dirección este (D_E), tiene como explicación dos motivos principales: el primero es la existencia de las bajas presiones actuantes sobre la Península conforme a las trayectorias más comunes que circundan España, y su posterior desarrollo pasando del mar Cantábrico al mar Mediterráneo, a lo largo de una dirección que hemos considerado parale-

la a la línea imaginaria que une Irún con la desembocadura del río Ebro en Tortosa (Tarragona); el segundo de los motivos es la existencia de un sistema montañoso como es el Sistema Ibérico, que además de los efectos orográficos propios del mismo, (variación en la precipitación debido a la altitud y topografía), presenta una orientación paralela a la trayectoria seguida por las depresiones antes mencionadas, incrementando de manera notable la importancia e influencia de este nuevo término en la valoración y explicación de la precipitación observada en la Cuenca del río Duero.

La cuantificación de esta distancia en dirección este es la obtenida midiendo la longitud existente entre cada observatorio considerado y la línea hipotética considerada como trayectoria seguida por los frentes de bajas presiones, efectuándose estas mediciones con una orientación de 40° NE (mapa 1).

Por último, análogamente a lo realizado con el factor distancia al mar en dirección norte (D_N , 343°) explicado en anteriores trabajos, hemos efectuado una corrección similar en la distancia al mar con orientación noroeste (D_{NO} , 291°). La explicación de ambas correcciones radica en que la intensidad o capacidad de precipitación de los temporales al pasar por las costas con las orientaciones mencionadas, es variable en latitud y longitud, por lo que será necesario "normalizar" estas distancias al mar, con el fin de que todos sus valores, al dividirlos por un factor corrector



Mapa I.—Orientaciones elegidas.

puedan representar parámetros con un origen o poder precipitante común.

Para ello hemos dividido las distancias correspondientes a las costas Cantábrica y Gallega por la milésima parte de la precipitación media anual correspondiente a cada zona de las costas, valor éste que ha sido tomado de los expuestos en los mapas pluviométricos de la Península (período 1931-1960), de la sección de Climatología del S. M. N. y de Pina Manique (1968) por lo que respecta a la orientación NW (291°).

Las tres distancias elegidas, con sus orientaciones preferentes podemos visualizarlas en el mapa 1.

Con todo lo expuesto hasta el momento y teniendo en cuenta la corrección efectuada así como el nuevo factor introducido, hemos considerado los siguientes factores geo-climáticos para efectuar la parte experimental de este trabajo:

H altitud del observatorio (m).
 Δh_3 laplaciana de la altitud con un radio de

3 km. Su cálculo se ha realizado siguiendo las consideraciones teóricas expuestas por Egido (1984) (m/km²).
 D_N, D_{NO} distancia al mar en dirección norte (291°) y en dirección noroeste (343°). Estas distancias han sido corregidas teniendo en cuenta la distribución de precipitación existente a lo largo de las costas Cantábrica y Gallega (km).
 D_E distancia en dirección este (40° a la trayectoria de las bajas presiones que tienen su paso del mar Cantábrico al mar Mediterráneo por el sur de Francia (km).

4. Resultados experimentales

Tanto los observatorios empleados de la Cuenca del río Duero (con su n.º de orden para su tratamiento informático), así como los valores obtenidos de los distintos factores geo-climáticos propuestos para cada estación, vienen expuestos en la tabla 2.

TABLA II
VALORES GEO-CLIMATICOS Y DE PRECIPITACION

Observatorio	H	LAP3	D_N	D_{NO}	D_E	R. OBS.	R. CALC.	R. O.B. - R. CAL.
	(m)	(m/km ²)	(km)	(km)	(km)	(mm)	(mm)	(mm)
(AVILA)								
1. Angostura	1.200	106,78	324,4	224,1	408	584,1	856,3	-272,2
2. Avila	1.131	1,78	350,0	265,3	356	343,4	429,9	-86,5
3. Cabezas de alambre	902	-5,89	315,8	246,2	334	385,9	354,3	31,5
4. Casas del Puerto de Villatoro	1.175	102,78	328,6	238,9	400	782,9	778,0	4,8
5. Cillán	1.212	-16,44	343,9	238,6	380	608,2	541,2	66,9
6. Gemuño	1.103	27,56	362,7	257,8	364	428,9	441,6	-12,7
7. Hoyos del Espino	1.460	44,33	342,7	242,4	418	887,2	950,1	-62,8
8. Lastra del Cano	1.438	-54,89	316,6	226,1	420	624,2	815,2	-190,9
9. Mingorria	1.032	1,78	341,8	266,1	350	444,9	362,2	82,7
10. Muñogalindo	1.128	24,67	356,6	264,0	368	414,6	460,8	-46,2
11. Narrillos del Reboll	1.379	9,33	349,0	251,8	380	665,4	733,6	-68,2
12. Navamures	1.065	53,33	312,1	215,8	430	817,4	703,6	113,8
13. La Serrada	1.106	15,44	355,1	258,2	366	385,7	438,0	-52,3
14. Sotalvo	1.158	32,67	364,3	250,3	376	620,3	515,6	104,7
15. Villafranca de la Sierra	1.107	125,22	368,9	244,2	400	687,0	619,9	67,0

Observatorio	H	LAP3	D _N	D _{NO}	D _E	R. OBS.	R. CALC.	R. OB.-R. CAL.
	(m)	(m/km ²)	(km)	(km)	(km)	(mm)	(mm)	(mm)
16 Zapardiel de la Ribera	1.353	55,67	328,5	234,6	410	877,5	900,0	-23,5
17. Zorita de los Molinos	926	32,67	339,3	257,0	352	385,8	367,6	18,2
(BURGOS)								
18. Aranda de Duero	798	7,89	172,3	368,8	230	429,8	394,8	35,0
19. Burgos (OBS)	861	11,11	102,9	398,0	186	554,0	508,1	45,9
20. Castrogeriz	808	10,89	115,0	336,8	218	443,7	519,5	-75,8
21. Hontoria del Pinar	1.041	20,44	151,2	435,4	174	748,2	646,4	101,8
22. Huermeces	884	35,44	85,9	337,3	176	647,5	742,7	-95,2
23. Humada	959	19,33	72,5	313,2	196	925,5	752,9	172,4
24. Madrigalejo del Monte	893	12,31	125,4	373,6	198	538,8	560,8	-22,0
25. Montorio	944	11,89	80,3	336,8	180	833,8	725,2	108,6
26. Moradillo de Roa	933	-12,67	189,6	369,2	234	449,8	430,8	19,0
27. Palacios de la Sierra	1.068	15,00	140,5	415,4	170	763,7	716,5	47,2
28. Peñaranda de Duero	855	13,00	166,3	375,0	206	576,4	501,6	74,8
29. Roa de Duero	810	-6,67	183,9	358,9	244	593,6	353,0	240,6
30. S. Cruz del Tozo	940	13,33	73,2	322,7	176	748,7	764,9	-16,2
31. Torrecilla del Monte	949	-3,78	128,2	380,4	204	538,0	539,4	-1,4
32. Villafria	887	14,33	101,9	362,3	186	599,1	619,4	-20,3
33. Villovela de Es- gueva	831	37,78	169,6	348,8	238	516,7	511,5	5,2
(LEON)								
34. Astorga	870	-4,78	121,2	216,2	332	416,1	616,0	-199,0
35. Cimanés del Tejar	899	7,67	101,7	222,5	300	595,9	685,0	-89,1
36. Cofiañal	1.185	85,86	60,3	225,2	252	1.525,1	1.137,4	387,6
37. Hospital de Orbigo	819	3,67	131,6	213,2	314	518,2	621,4	-103,2
38. Hueras de Babia	1.222	68,00	76,5	184,3	306	1.175,4	1.168,1	7,3
39. La Bañeza (Azucarera)	771	2,11	141,4	229,6	330	439,6	527,7	-88,1
40. La Majua	1.269	65,44	70,4	188,6	308	974,2	1.194,8	-220,6
41. León (V. del Camino)	913	-9,44	116,3	224,7	292	572,8	662,3	-89,5
42. Los Barrios de Luna	1.043	70,67	90,3	200,0	296	988,7	985,0	3,7
43. Maraña	1.253	107,56	59,2	215,4	242	1.404,3	1.281,4	122,9
44. Matadeon de los Oteros	858	-3,44	149,0	268,3	294	576,6	527,2	49,4
45. Navatejera	878	-9,33	113,8	218,7	280	527,3	666,9	-139,4
46. Priorio	1.116	94,22	68,5	243,2	228	1.216,3	1.102,2	114,1
47. Puebla de Lillo	1.137	45,78	64,0	213,2	246	1.469,8	1.065,6	404,2
48. Rabanal de Luna	1.156	127,89	77,5	184,5	304	1.123,7	1.190,6	-66,9
49. Riaño	1.048	75,33	62,0	228,6	236	1.301,1	1.020,4	280,6
50. Riologo	1.240	58,89	74,0	180,9	308	1.010,6	1.174,3	-163,7
51. Robledo de Babia	1.308	54,67	75,5	175,3	304	1.044,6	1.257,2	-212,4
52. Sahagún	818	0,11	139,2	285,4	270	435,5	505,4	-69,9

Observatorio	H	LAP3	D _N	D _{NO}	D _E	R. OBS.	R. CALC.	R. OB.-R. CAL. (mm)
	(m)	(m/km ²)	(km)	(km)	(km)	(mm)	(mm)	
53. S. Emiliano	1.179	79,67	71,9	180,0	302	1.139,0	1.156,8	-17,8
54. S. Martín de la Famosa	994	33,44	105,1	208,2	306	756,1	839,1	-83,0
55. S. María del Páramo	809	-1,11	144,9	244,6	318	442,7	522,9	-80,2
56. Sena de Luna	1.142	106,89	79,1	183,6	298	1.190,2	1.162,3	27,9
57. Sopeña de Curueño	961	54,00	101,5	227,7	276	852,7	853,4	-0,6
58. Torrebarrio	1.322	100,22	66,3	180,9	296	1.030,3	1.336,3	-306,0
59. Villasecino	1.158	85,33	71,4	190,8	302	1.038,3	1.118,7	-80,4
(PALENCIA)								
60. Alar del Rey	851	30,22	78,1	298,2	202	621,2	709,9	-88,7
61. Baltanas	738	45,67	164,7	328,8	246	478,6	488,5	-9,9
62. Cantoral de la Peña	1.113	9,56	68,5	287,1	220	905,0	858,0	47,0
63. Castromocho	751	4,00	179,3	330,9	274	355,4	341,5	13,9
64. Cervatos de la Cueva	846	2,56	144,6	297,9	258	500,7	525,4	-24,7
65. Cervera del Piñuerga	1.013	33,22	66,8	269,5	204	1.008,9	901,5	107,4
66. Dueñas (C. de Castilla)	730	19,22	191,4	340,4	270	468,7	339,7	129,4
67. Frómista	783	4,89	129,5	323,6	236	458,8	474,1	-15,3
68. Osorno (Esclusa)	809	2,44	111,4	310,4	224	518,1	543,8	-25,7
69. Palencia	734	12,11	172,9	353,8	264	360,5	358,9	1,6
70. Pantano de Aguilar	950	-10,56	63,8	285,0	196	629,9	733,5	-103,6
71. Pantano de Camporredondo	1.253	112,67	61,9	252,3	216	1.065,3	1.266,4	-201,1
72. Pantano de Cervera	1.011	66,00	61,5	266,4	214	1.044,9	937,6	107,3
73. Pantano de Requejada	1.024	63,78	55,9	252,3	212	849,6	978,3	-128,7
74. Pradanos de Ojeda	945	4,00	77,1	294,1	206	539,2	723,9	-184,7
75. Quintana del Puente	751	32,67	146,1	340,4	234	444,2	478,3	-34,1
76. Quintanilla de las Torres	913	28,44	57,4	273,2	192	643,4	825,8	-182,4
77. Revenga de Campos	785	7,56	128,6	317,7	244	490,3	477,0	13,3
78. Rivas de Campos	777	-2,00	147,0	332,2	248	480,9	405,7	75,2
79. S. Mames de Zalima	960	13,56	59,2	292,5	196	748,5	777,2	-28,7
80. Santibáñez de la Peña	1.116	49,56	72,1	289,0	224	1.150,3	933,3	217,0
81. Santibáñez de la Resoba	1.260	46,67	58,0	288,5	216	1.136,7	1.080,4	56,3
82. Santoyo	794	4,11	177,3	338,3	260	435,4	330,4	105,0
83. Venta de Baños (Azucarera)	720	0,11	132,4	330,4	230	478,8	469,6	9,2
84. Villamuriel de Cerrato	72	17,44	180,6	338,7	266	493,1	351,7	141,4

Observatorio	H	LAP3	D _N	D _{NO}	D _E	R. OBS.	R. CALC.	R. OB.-R. CAL.
	(m)	(m/km ²)	(km)	(km)	(km)	(mm)	(mm)	(mm)
85. Villanueva del Re- bollar	839	-1,11	150,2	305,4	254	516,3	501,0	15,3
86. Villodrigo	766	14,33	133,5	321,7	224	485,8	516,8	-31,0
(SALAMANCA)								
87. Alba de Tormes	826	12,22	280,8	209,3	400	435,1	483,1	-48,0
88. Fregeneda del Duero	527	-72,55	182,1	130,4	472	553,3	489,2	64,1
89. Galinduste	960	-9,00	288,2	213,0	408	537,3	520,1	17,2
90. Guijuelo	1.010	-24,56	283,6	202,6	424	729,6	570,7	158,9
91. Iruelos	781	4,66	206,1	172,3	442	686,8	652,9	33,9
92. Ituero de Azaba	681	10,11	213,4	135,4	486	649,6	738,1	-88,5
93. Martinamor	956	0,89	276,3	218,5	444	483,5	575,2	-91,7
94. Salamanca (Mata- cán)	795	4,33	273,5	212,5	390	391,1	445,0	-53,9
95. Pantano de S. Te- resa	840	-2,44	283,2	208,5	412	607,5	461,5	-145,9
96. Pedraza de Alba	897	0,11	305,6	216,8	396	385,9	441,1	-55,2
97. Rinconada de la Sierra	998	45,33	253,1	182,3	440	988,5	829,0	159,5
98. Salamanca (OBS)	797	-1,33	261,9	202,1	400	458,6	479,7	-21,1
99. Tamames de la Sierra	898	6,44	244,3	180,4	436	740,8	676,3	64,5
100. Tejeda	927	8,56	250,7	186,5	442	788,0	686,1	101,9
101. Valdelosa	843	2,78	235,8	193,9	416	474,6	581,1	-106,5
102. Vecinos	891	12,67	264,3	191,1	424	534,9	619,0	-84,1
103. Villagonzalo de Tormes	800	6,89	276,4	211,8	394	378,1	452,0	-73,9
104. Villarmuerto	767	7,33	210,4	167,7	450	701,4	664,4	37,0
105. Villavieja de Yel- tes	740	-2,22	215,4	157,7	456	632,5	649,0	-16,5
(SEGOVIA)								
106. Aguilafuente	888	0,00	25,3	271,9	284	483,4	478,5	4,9
107. Cantimpalos	906	4,44	280,6	257,8	282	529,2	488,9	40,3
108. Carbonero el Ma- yor	912	-17,00	282,2	252,5	300	418,7	426,9	-8,2
109. Cerezo de Arriba	1.129	-4,00	222,1	320,0	254	724,4	660,1	64,3
110. Estebanbela	1.044	26,00	199,9	376,4	232	558,8	595,8	-37,0
111. Fuentepelayo	866	3,44	258,2	274,2	286	592,5	449,1	143,4
112. Grado del Pico	1.272	24,00	202,2	355,3	230	701,8	861,5	-159,7
113. Hontavilla	886	-5,78	235,0	290,0	280	541,6	449,1	92,5
114. Lastras del Pozo	967	-3,33	318,8	260,0	324	424,1	383,3	40,8
115. Linares del Arroyo	911	41,44	188,7	359,6	248	454,5	524,0	-69,5
116. Ortigosa del Monte	1.104	9,78	314,8	260,9	310	543,5	557,4	-13,9
117. Pajares de Pedraza	960	29,44	246,9	281,2	280	562,8	593,7	-30,9
118. Pradena	1.119	28,44	247,0	290,0	278	764,2	716,2	48,0
119. Riaza	1.187	18,22	213,4	326,6	242	796,0	787,9	8,1
120. Sanchonuno	803	1,00	254,0	260,0	282	484,7	441,0	43,7
121. S. Cristóbal de la Vega	867	-8,22	304,6	234,2	322	403,6	384,6	19,0
122. S. Ildefonso (La Granja)	1.191	85,11	289,9	268,7	300	746,8	833,3	-86,5

Observatorio	H	LAP3	D _N	D _{NO}	D _E	R. OBS.	R. CALC.	R. OB.-R. CAL. (mm)
	(m)	(m/km ²)	(km)	(km)	(km)	(mm)	(mm)	
123. Santibañez de Ay- llón	1.126	12,89	204,2	354,3	236	593,2	677,1	-83,9
124. Segovia (OBS)	1.002	-1,78	295,1	259,4	302	469,1	493,7	-24,6
125. Turégano	935	9,89	257,1	267,8	284	525,5	539,0	-13,5
126. Villacastín	1.096	-7,33	341,8	266,0	330	509,7	446,7	63,0
127. Zamarramala	1.006	0,44	296,1	261,8	300	540,1	497,7	42,4
(SORIA)								
128. Almazán	938	6,67	169,2	454,8	166	603,8	506,3	97,5
129. Brias	1.126	15,11	192,5	423,8	192	511,4	659,3	-147,9
130. Caltojar	971	50,67	189,1	451,2	180	474,7	576,0	-101,3
131. Coscurita	960	6,67	169,5	460,0	168	497,5	506,8	-9,5
132. Garray (Arenalejo)	1.015	8,56	132,1	445,6	144	520,5	684,1	-163,6
133. Pantano Cuerda del Pozo	1.080	39,56	135,5	457,7	154	720,8	746,9	-26,1
134. Pozalmuro	1.053	21,11	138,9	495,4	124	586,6	721,9	-135,3
135. Riba de Escalote	1.029	18,22	191,4	454,8	182	435,4	543,8	-108,4
136. S. Esteban de Gor- maz	900	0,00	177,8	401,9	200	489,8	459,5	30,3
137. Soria (OBS)	1.063	-1,89	136,0	491,9	146	533,2	598,6	-65,4
138. Torralba del Burgo	949	27,33	166,0	441,7	172	544,3	570,0	-25,7
139. Valdealvillo	958	29,22	165,0	442,9	172	528,2	579,5	-51,3
140. Vinuesa	1.107	64,11	141,9	466,7	160	1.012,7	777,4	235,3
(VALLADOLID)								
141. Amusquillo de Es- gueva	776	16,78	188,0	335,0	240	483,2	441,3	41,9
142. Ataques	802	-8,44	288,8	236,7	336	428,0	349,8	78,2
143. Bustillo de Chaves	812	-3,67	181,6	253,2	304	453,1	499,6	-46,5
144. Cabezón de Valde- rabuey	753	4,44	178,0	258,1	302	492,6	469,5	23,1
145. Castromonte (La S. Espina)	800	12,78	219,9	251,4	306	531,2	497,9	33,3
146. Castronuevo de Esgueva	756	14,67	218,2	294,8	276	458,2	415,2	43,0
147. Castronuno	700	7,33	260,7	208,7	300	366,8	468,0	-101,2
148. Castroponce	750	6,11	179,6	268,1	292	466,1	460,5	-5,6
149. Castroverde de Cerrato	781	33,78	183,4	335,3	254	515,7	453,6	62,1
150. Cuenca de Campos	774	4,67	188,8	277,7	294	441,7	443,1	-1,4
151. Fuente el Sol	758	3,00	287,2	229,0	342	362,0	362,1	-0,1
152. Matapozuelos	731	0,22	268,9	246,7	312	465,6	354,4	111,2
153. Medina de Rioseco	749	10,56	209,7	263,2	304	432,1	441,7	9,6
154. Mota del Marqués	736	9,00	231,4	226,0	326	409,9	468,6	-58,7
155. La Parrilla	855	-10,11	235,4	266,7	274	560,9	477,9	83,0
156. Santibañez de Val- corba	780	17,89	227,5	291,8	264	527,7	457,1	65,6
157. Sardón de Duero (Granja)	720	38,44	22,01	291,8	262	442,7	469,8	-27,1
158. Sardón de Duero (Retuerta)	720	31,33	221,0	291,8	260	469,6	459,0	10,6
159. Tordesillas (Iber- duero)	703	-5,33	250,0	240,0	328	483,7	352,3	131,4

Observatorio	H	LAP3	D _N	D _{NO}	D _E	R. OBS.	R. CALC.	R. OB.-R. CAL.
	(m)	(m/km ²)	(km)	(km)	(km)	(mm)	(mm)	(mm)
160. Tudela de Duero	702	19,56	232,2	266,7	274	446,9	440,5	6,4
161. Valladolid (OBS)	728	4,67	227,8	257,6	294	458,5	419,7	38,7
162. Valladolid (Villanubla)	845	-3,33	224,5	250,0	296	486,2	504,7	-18,5
163. Villabragima (F. Agrícola)	724	8,89	211,7	234,0	328	432,2	364,4	67,8
164. Villacarralón	788	2,56	162,2	267,3	300	511,8	478,9	32,8
165. Villacid de Campos	774	7,78	185,7	271,1	298	459,0	455,8	3,2
166. Villafrechos	739	-0,67	201,2	236,3	304	422,4	479,1	-56,7
167. Villamarciel	678	7,89	251,5	244,3	324	460,2	358,1	102,1
168. Villanueva de S. Mancio	745	5,00	206,1	285,4	302	437,2	380,6	56,6
169. Villavicencio de los caballeros	720	9,56	182,1	258,5	308	439,7	447,7	-8,0
170. Zaratán	750	7,11	227,0	262,1	296	545,9	447,1	98,8
(ZAMORA)								
171. Campamento Cárdena	1.640	-48,33	129,6	133,3	394	1.609,7	1.502,2	107,7
172. Carbajales de Alba	752	-8,56	193,4	168,8	378	670,6	592,7	77,9
173. El Fraile	1.712	-138,89	129,7	136,3	396	1.626,5	1.456,3	170,2
174. Fontanilla de Castro	718	5,78	195,5	177,8	362	472,1	552,7	-80,6
175. Granja de Moreluela	703	9,00	190,3	184,2	354	471,8	569,1	-97,3
176. Manzanal del Barco	691	12,33	196,5	175,2	374	566,4	580,2	13,8
177. Montamarta	687	4,11	201,1	168,1	370	470,5	572,3	-101,8
178. Morales del Rey	722	12,33	165,9	202,3	344	460,8	565,5	-104,7
179. Muga de Alba	740	12,20	187,4	161,0	358	575,7	656,0	-80,3
180. Paramio de Sanabria	960	67,22	134,2	139,7	388	905,8	1.006,9	-101,1
181. Peleagonzalo	650	22,00	249,5	183,7	354	300,4	499,2	-198,8
182. Pobladura del Valle	734	4,22	176,5	204,7	332	476,8	551,9	-75,1
183. Puebla de Sanabria (Iberduero)	960	-0,33	137,1	131,2	406	991,0	888,3	102,7
184. Requejo	1.006	69,89	136,8	126,9	394	1.482,4	1.083,5	398,8
185. Ribadelago	1.008	130,89	130,5	126,6	396	1.466,9	1.171,9	295,0
186. S. Salto de S. Román	620	33,33	211,4	173,3	384	440,0	570,0	-130,9
187. S. Cristina de la Polvorosa	720	0,67	186,7	217,2	344	398,5	489,3	-90,8
188. Tabara	744	12,89	179,8	180,7	360	569,9	605,5	-36,6
189. Vide de Alba	740	16,89	182,0	160,3	380	767,6	652,3	115,3
190. Villafafila (La Tabla)	680	8,78	206,1	196,8	356	410,8	508,6	-97,8
191. Villalpando	688	4,78	207,6	214,0	328	394,7	479,4	-84,7
192. Villamayor de Campos	691	5,11	201,5	220,3	312	494,6	488,4	6,2
193. Villanueva del Campo	755	-0,78	190,3	223,6	310	460,1	521,8	-61,7
194. Zamora (OBS)	630	8,67	216,8	175,8	372	411,9	511,9	-100,0

El tratamiento estadístico necesario para manejar la gran cantidad de datos empleados, tener en cuenta las complejas interrelaciones existentes entre ellos y seleccionar de manera adecuada los diversos índices estadísticos, contribuciones y prioridades de los resultados obtenidos, lo hemos resuelto gracias al programa informático ya empleado y explicado en anteriores trabajos, denominado "Análisis de regresión múltiple: Subprograma de regresión" por Nie, H. H. y col. (1975).

Si el planteamiento y resultados obtenidos al valorar la precipitación frente a la altitud de los observatorios considerados de referencia (tabla 1) son correctos, y así parecen indicarlo los resultados anteriormente expuestos, deben producirse mejoras similares al aplicar los mismos supuestos —influencia y contribución de las formas cuadráticas de los factores geo-climáticos— a la totalidad de las estaciones de la Cuenca del río Duero.

En el listado L-1 podemos apreciar la matriz de los coeficientes de correlación individuales entre cada variable, apartado (a) y los resultados globales del análisis de la regresión múltiple de carácter no-lineal, apartado (b). Hacemos notar como resultado primordial, que el coeficiente de correlación global, en el caso de la R. M. de carácter no-lineal, produce una mejora sustancial frente al obtenido para los mismos observatorios de la cuenca con una regresión de tipo lineal ($r = 0,91$ frente a $0,89$) sobrepasando el nivel de $0,9$ en el coeficiente de correlación con la importancia y dificultad que ello representa.

Así mismo en la explicación del fenómeno a partir de los factores geo-climáticos respectivos se obtiene una mejora, pasando de un $79,7\%$ a un $83,2\%$ en las R. M. de carácter lineal y no-lineal respectivamente.

El orden y los valores cuantitativos con los que contribuyen los factores geoclimáticos elegidos, al elemento precipitación es el siguiente:

La mayor aportación la produce la altitud del observatorio en su valor cuadrado, con un coe-

ficiente de correlación individual de $r = 0,67$ y una explicación del fenómeno del 45% del total.

En menor medida las distancias al mar en direcciones norte y noroeste respectivamente: $r = -0,48$, expl. = $20,8\%$; $r = -0,27$, expl. = $10,2\%$; así como la laplaciana de la altitud: $r = 0,46$, expl. = $3,5\%$.

Posteriormente y en menor grado, los demás factores que contribuyen al proceso son: los cuadrados de las distancias al noroeste y norte $r = -0,22$, expl. = $1,6\%$; $r = -0,38$, expl. = $0,1\%$.

La altitud del observatorio: $r = 0,65$, expl. = $0,1\%$; el cuadrado de la laplaciana de la altitud: $r = 0,40$, expl. = $0,08\%$; para terminar con las distancias al paso de los frentes en dirección este, tomadas en valor simple y al cuadrado: $r = 0,009$, expl. = $0,05\%$; $r = 0,01$, expl. = $1,5\%$.

La ecuación así obtenida para toda la Cuenca del Duero, teniendo en cuenta el carácter no-lineal y lineal de los factores es:

$$R = 1772,2 + 0,3 \times 10^{-3} H^2 + 1,6 D_N - 2,6 D_{NO} + 2,4 \text{Lap}_3 + 0,6 \times 10^{-3} D_{NO}^2 - 0,6 \times 10^{-2} D_N^2 + 0,2 H - 0,5 \times 10^{-2} \text{Lap}_3 - 6,0 D_E + 0,7 \times 10^{-2} D_E^2$$

Los valores observados de precipitación, deducidos según la ecuación anterior, y la diferencia entre ambos, para cada uno de los observatorios de la cuenca, los podemos ver en el listado L-2 como asimismo vienen expresados en la tabla 2 del apéndice. Comprobamos que todos los residuos entran dentro del valor $\pm 0,5 \sigma$, considerado como aceptable —error inferior al 20% —, y sólo un pequeño número sobrepasan el citado límite. Entre estos están:

1 — Angostura y 8 — Lastra del Cano en la provincia de Avila. 29 — Roa de Duero en Burgos. En León los observatorios de 34 — Astorga, 36 — Cofiñal, 40 — La Majua, 47 — Puebla de Lillo, 49 — Riaño, 50 — Riologo, 51 — Robledo de Babilia y 58 — Torrebarrio. 71 — Pantano de Camporredondo, 74 — Prádanos de Ojeda, 76 — Quintanilla de las Torres, 80 — Santibáñez de la Peña en la provincia de Palencia.

CORRELATION COEFFICIENTS

A VALUE OF 99.00000 IS PRINTED
IF A COEFFICIENT CANNOT BE COMPUTED.

	H2	H	LAPC3	LAP3	DNO2	DNO	DN2	DN	DE2	DE	R
H2	1.00000	.97584	.19210	.24044	-.00463	-.02958	.08284	-.04607	.02117	.00239	.67127
H		1.00000	.24888	.29597	.04630	.02536	.08119	-.05588	-.02976	-.05154	.65895
LAPC3			1.00000	.93240	-.10998	-.11406	-.08437	-.17569	-.04470	-.03467	.40721
LAP3				1.00000	-.03435	-.03858	-.14681	-.24515	-.13397	-.17828	.46590
DNO2					1.00000	.98426	-.19852	-.15919	-.72975	-.78914	-.22090
DNO						1.00000	-.16314	-.13239	-.77188	-.81732	-.27555
DN2							1.00000	.97497	.54175	.55418	-.38482
DN								1.00000	.55140	.56424	-.48852
DE2									1.00000	.98921	.01074
DE										1.00000	-.00949
R											1.00000

a) Coeficientes de correlación individuales.

— 42 —

DEPENDENT VARIABLE.. R PRECIPITACION

SUMMARY TABLE

VARIABLE		MULTIPLE R	R SQUARE	RSD CHANGE	SIMPLE R	B	BET
H2	ALTITUD CUADRADO	.87127	.45060	.45060	.67127	.3249031-003	.49
DN	DISTANCIA NORTE	.81156	.65861	.20801	-.46652	.1615650+001	.49
DNO	DISTANCIA NOROESTE	.87228	.76087	.10226	-.27555	-.2651377+001	-.78
LAP3	LAPLAC	.89246	.79648	.03561	.46590	.2404207+001	.30
DNO2	DISTANCIA NOROESTE CUADRADO	.90155	.81279	.01631	-.22090	.6223484-003	.11
DN2	DISTANCIA NORTE CUADRADO	.90249	.81449	.00171	-.38482	-.6188564-002	-.77
H	ALTITUD	.90322	.81581	.00131	.65895	.2166676+000	.16
LAPC3	LAPLAC CUADRADO	.90369	.81685	.00085	.40721	-.5005849-002	-.06
DE	DISTANCIA ESTE	.90396	.81715	.00050	-.00949	-.6084231+001	-1.77
DE2	DISTANCIA ESTE CUADRADO	.91240	.83248	.01532	.01074	.7982852-002	1.41
(CONSTANT)						.1772262+004	

L-1.—Coeficiente de correlación individuales y resultados globales.

***** MULTIPLE REGRESSION *****

DEPENDENT VARIABLE: # FROM VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1

SECONUM	OBSERVED #	PREDICTED #	RESIDUAL	-2.0	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL			
					-1.0	0.0	1.0	
1	584.1000	856.3484	-272.2484					I
2	343.4000	423.8937	-86.49367					I
3	385.9000	354.3548	31.54522					I
4	782.1000	778.0497	4.050318					I
5	608.2000	541.2697	66.93034					I
6	428.9000	441.6129	-12.71290					I
7	487.2000	550.0971	-62.89708					I
8	524.2000	815.1954	-290.9954					I
9	444.9000	362.1618	82.73818					I
10	414.6000	460.8448	-46.24484					I
11	665.4000	733.6066	-68.20662					I
12	417.4000	703.5948	-286.1948					I
13	385.7000	438.0303	-52.33034					I
14	620.3000	515.6076	104.6924					I
15	487.0000	619.9396	-132.9396					I
16	877.5000	900.9977	-23.49774					I
17	345.8000	367.6156	-21.81562					I
18	474.8000	394.7932	80.00678					I
19	554.0000	508.1408	45.85920					I
20	443.7000	519.4927	-75.79272					I
21	748.2000	646.3648	101.8352					I
22	647.5000	742.7014	-95.20140					I
23	325.6000	752.9891	-427.3891					I
24	538.8000	560.4118	-21.61182					I
25	433.8000	725.1665	-291.3665					I
26	449.8000	430.7815	19.01853					I
27	763.7000	716.4835	47.21645					I
28	576.4000	501.6301	74.76991					I
29	593.6000	353.0126	240.5874					I
30	748.7000	764.9251	-16.22513					I
31	538.0000	539.4615	-1.461535					I
32	599.1000	619.4577	-20.35767					I
33	516.7000	511.5080	5.191920					I
34	416.1000	614.0782	-197.9782					I
35	595.9000	685.0661	-89.16611					I
36	1525.100	1137.433	387.6667					I
37	518.2000	621.4452	-103.2452					I
38	1175.400	1168.104	7.296314					I
39	439.6000	527.7594	-88.15934					I
40	974.2000	1194.472	-220.272					I
41	572.8000	662.2958	-89.49582					I
42	988.7000	945.0433	43.65667					I
43	1404.300	1281.388	122.9122					I
44	576.6000	527.1920	49.40802					I
45	527.3000	666.8976	-139.5976					I
46	1216.300	1102.193	114.1072					I
47	2463.400	2065.662	407.7378					I
48	1121.700	1190.659	-68.95859					I
49	1301.100	1020.407	280.6932					I
50	1010.400	1174.337	-163.9372					I
51	1084.600	1257.189	-172.5889					I
52	435.5000	505.4000	-69.90000					I
53	1139.000	1156.808	-17.80753					I
54	754.1000	839.1058	-85.00580					I
55	442.7000	522.8845	-80.18448					I
56	1190.200	1162.318	27.88682					I
57	452.7000	853.3717	-400.6717					I
58	1030.300	1336.324	-306.0234					I
59	1038.300	1118.748	-88.41772					I
60	621.2000	709.4797	-88.27971					I
61	478.6000	448.5016	30.0984					I
62	905.0000	857.9936	47.0064					I
63	355.4000	341.4461	13.95389					I
64	500.7000	525.4590	-24.75904					I
65	1004.900	901.4810	103.4190					I
66	464.7000	339.3163	125.3837					I
67	454.8000	474.0971	-19.29714					I
68	518.1000	543.4311	-25.33111					I
69	360.5000	358.9383	1.561616					I
70	629.9000	733.4683	-103.5683					I
71	1065.300	1266.362	-201.0619					I
72	1044.900	937.6122	107.2878					I
73	849.6000	978.3534	-128.7534					I
74	539.2000	723.9371	-184.7372					I
75	444.2000	478.3122	-34.11216					I
76	643.4000	825.8077	-182.4077					I
77	490.3000	475.9908	14.30920					I
78	480.9000	405.7354	75.16456					I
79	748.5000	777.2168	-28.71679					I
80	1150.300	933.3142	216.9858					I
81	1136.700	1080.435	56.26265					I
82	478.8000	464.6193	14.18077					I
83	435.4000	330.2674	105.1326					I
84	493.1000	551.6352	-58.5352					I
85	516.3000	500.9998	15.30001					I
86	445.8000	516.8664	-71.0664					I
87	435.1000	483.0640	-47.9640					I
88	553.3000	449.2278	104.0722					I
89	537.3000	520.1542	17.14575					I
90	729.6000	570.7388	158.8612					I
91	444.8000	662.8905	-218.0905					I

L-2.—Valores de la precipitación observados, deducidos y residuos.

En Salamanca 97 — Rinconada de la Sierra.
112 — Grado del Pico en la provincia de Segovia.
En Soria 129 — Brías y 140 — Vinuesa.
181 — Peleagonzalo, 184 — Requejo y 185 — Ribadela en la provincia de Zamora.

Si comparamos el número de estaciones que se desvían más de $\pm 0,5$ de la desviación estándar en este último caso, respecto del estudiado para toda la cuenca con una regresión de tipo lineal, observamos que la disminución en este último estudio es importante, pasando a ser inferior del 11 % del total, el número de ellos que se desvían del valor real de la precipitación.

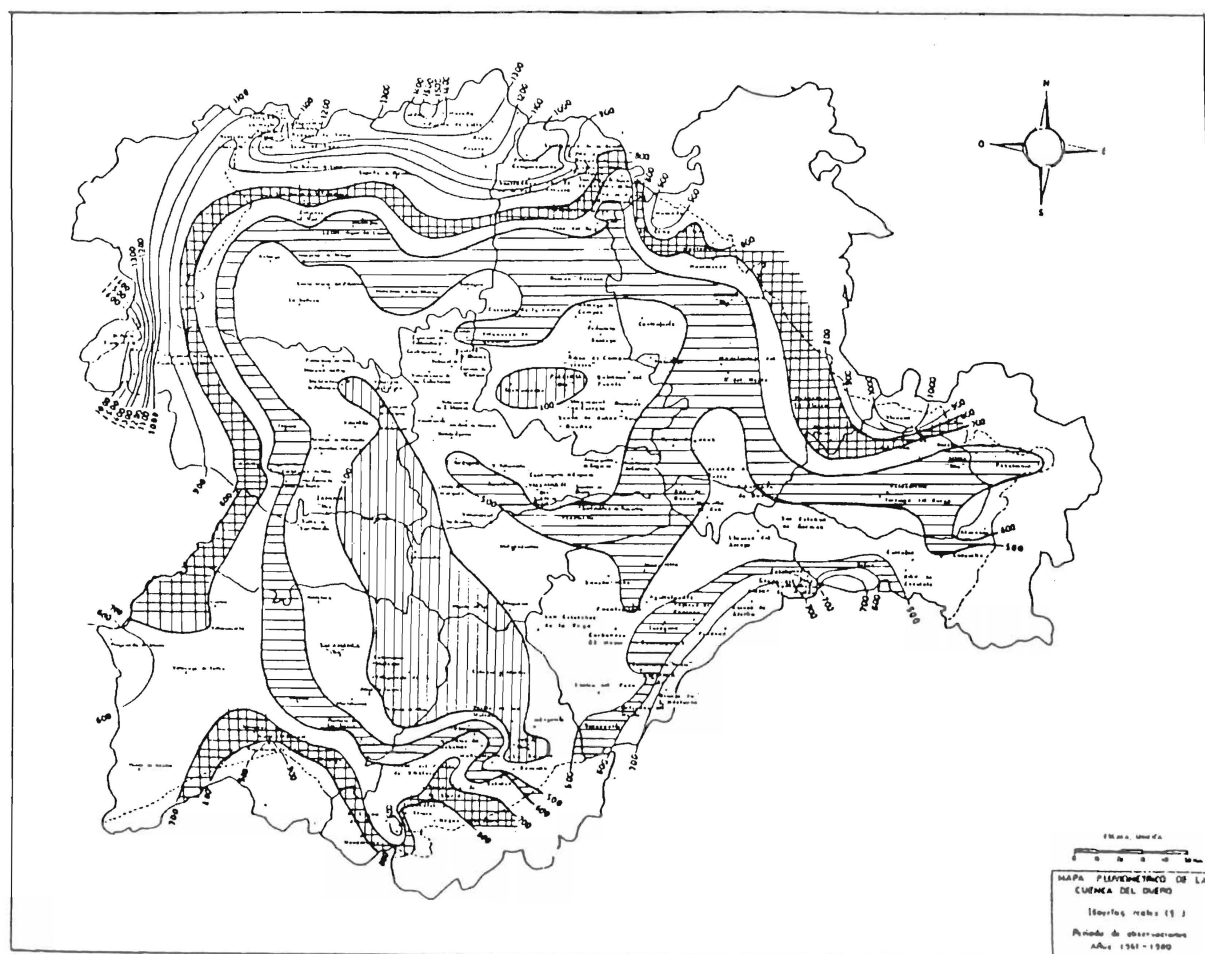
También hay que hacer notar que coinciden en ambos casos los observatorios que presentan las citadas desviaciones, pudiendo ser éstas achacadas a factores locales que implican aumentos, o disminuciones en el valor de las precipitaciones, o a errores instrumentales y de observación.

Es recomendable la visita a las estaciones para la evaluación “in situ” de los mismos.

Los primeros pudieron ser explicados convenientemente para cada estación de forma individual, como es el caso de aquellas situadas en zonas montañosas, o con “anormalidades” respecto de su entorno orográfico.

Los segundos son difíciles de detectar y deben ser analizados comparándolos con estaciones de referencia.

Para apreciar la substancial mejora producida por la introducción de los términos de segundo grado de los diversos factores y, por lo tanto la dependencia de carácter no-lineal entre la precipitación y estos parámetros, presentamos los mapas de isoyetas correspondientes a los valores reales, mapa II, a los valores obtenidos median-



Mapa II.—Isoyetas reales.

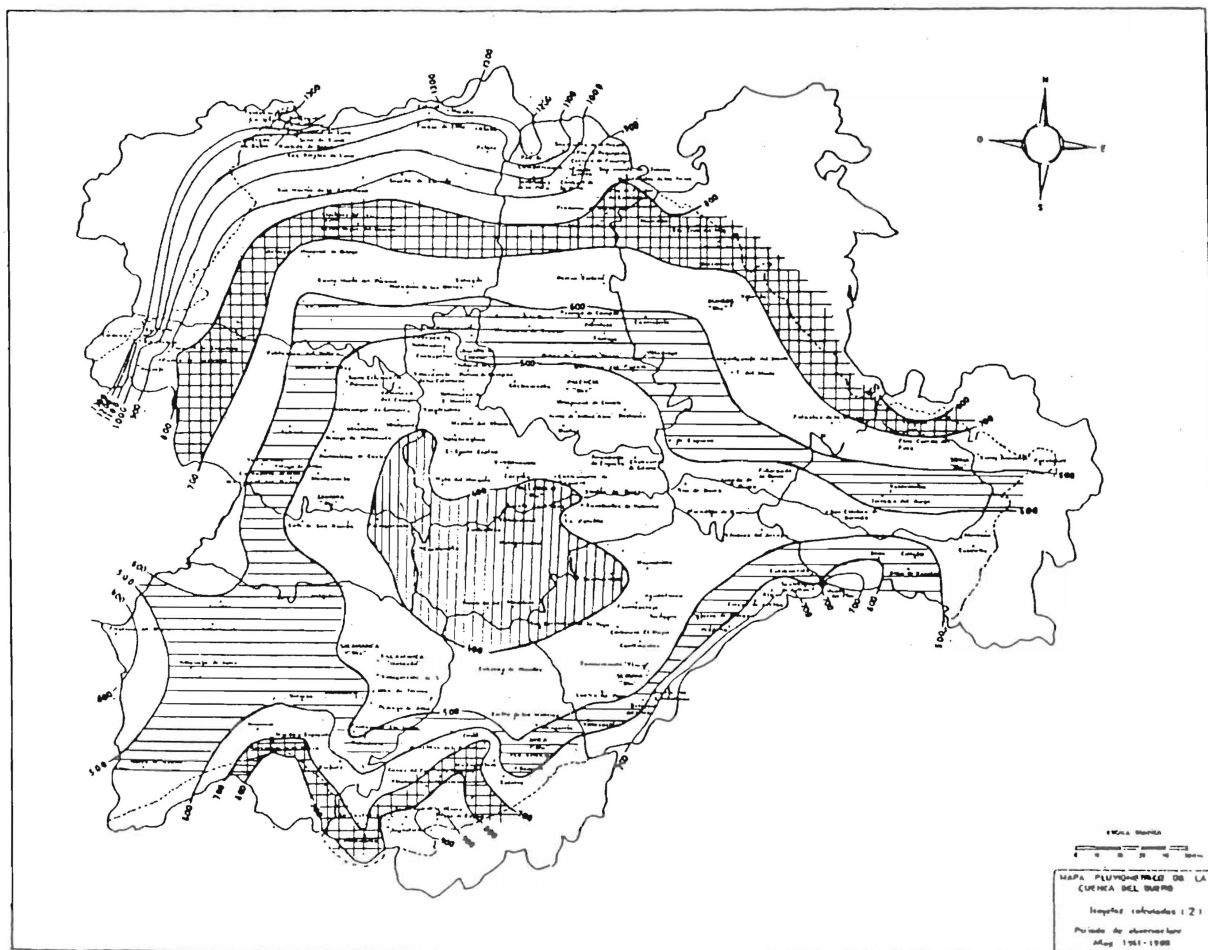
te el empleo de una regresión múltiple de tipo lineal expuesta en trabajos anteriores, mapa III (Egido y otros, 1984), y los calculados mediante la ecuación de valoración propuesta en el presente trabajo, mapa IV.

5. Resumen y conclusiones

El factor que presenta mayor influencia sobre la precipitación observada en la cuenca del río Duero, es la altitud del lugar en su forma cuadrática, siendo a continuación la distancia al mar en dirección norte (D_N) y en dirección noroeste (D_{NO}) las que le siguen en importancia. Ello radica en la gran influencia del efecto marítimo o de continentalidad ejercido en toda la cuenca, y por otro lado el conocimiento de que el origen meteorológico de nuestras condiciones climáticas viene predispuesto mayoritariamente por esa zona geográfica y esas orientaciones.

El efecto de la laplaciana de la altitud, si bien no es decisivo en los resultados, se presenta tanto en su forma lineal como cuadrática, indicándonos de este modo que los efectos orográficos localistas o anomalías en los entornos geofísicos, dan una buena explicación y contribuyen al fenómeno precipitación, estando basada la misma en la relación existente entre la formación o existencia de nubes y los efectos orográficos.

El magnífico coeficiente de correlación global obtenido $r = 0,91$, y su gran porcentaje de explicación del fenómeno (83,2 %) dentro de la gran extensión y compleja zona estudiada, viene a confirmar dos cosas fundamentalmente: primero, que la elección de los factores geo-climáticos propuestos y las aportaciones de las formas cuadráticas de los mismos, son indispensables para una total comprensión de la precipitación obser-

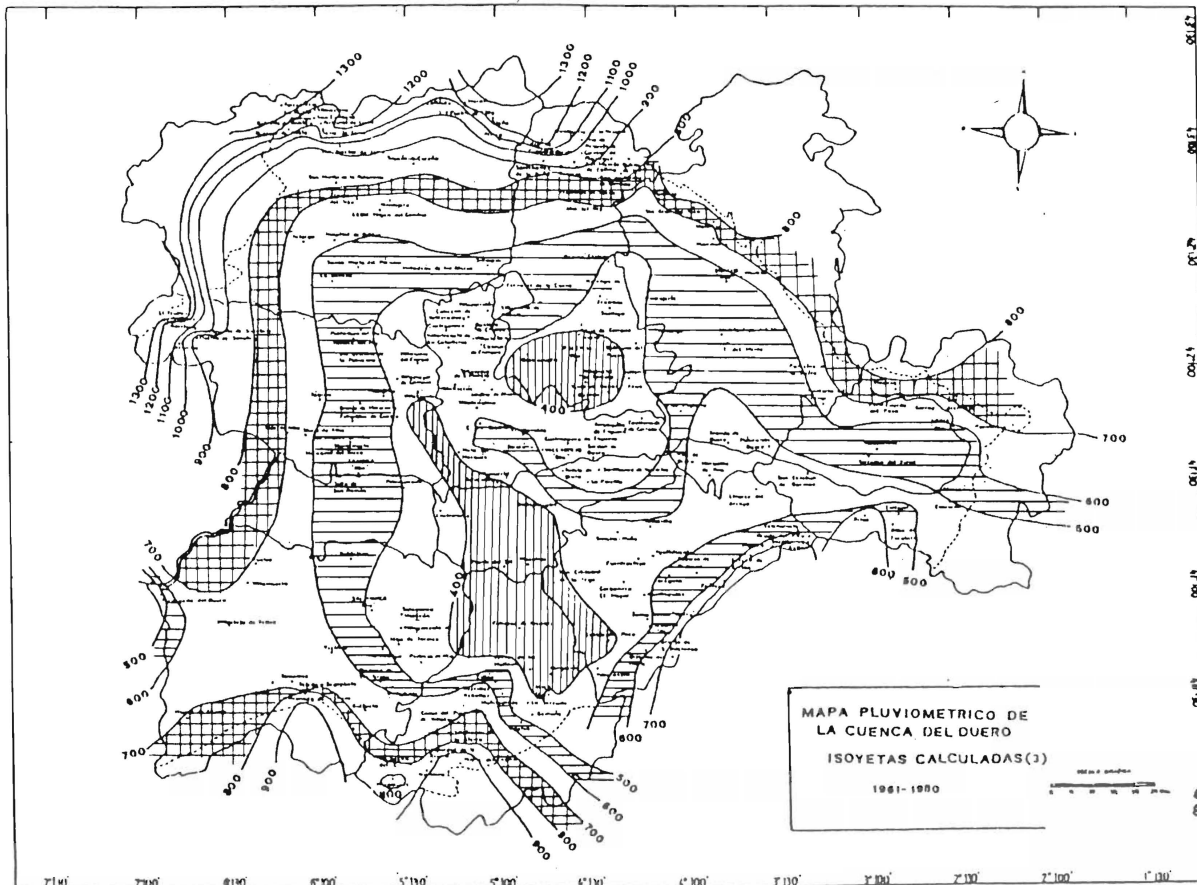


Mapa III.—Isoyetas calculadas por Egido, A. y otros.

vada en la cuenca del río Duero; en segundo lugar queda indicada la necesidad de plantear relaciones de tipo no-lineal entre los elementos meteorológicos y sus causas o factores determinantes, no sólo para la precipitación como ha quedado aquí demostrado, si no en los elementos climáticos más comunes para futuros estudios y proyectos.

Bibliografía

- ANDERSON, H. W. (1972): "Water Yield as in index Lee and windward topographic effects in precipitation". Distribution of precipitation in mountainous areas, vol II; proceedings of the Geilo Symposium, Geilo, Norway, July 31-August 5, W. M. O., n.º 326, Geneva.
- DAVIS, D.; KISIEL, CH. and DUCKSTEIN, L. (1972): "Optimum design of mountainous rain-gage networks using Bayesian decision theory". Distribution of precipitation in mountainous areas, vol II; proceedings of the Geilo Symposium, Geilo, Norway, July-August 5, W. M. O., n.º 326, Geneva.
- EGIDO, A. (1984): "Influencia de las características geográficas y topográficas en la distribución de la precipitación en la cuenca del Duero". Tesis Doctoral de Ciencias, Univ. de Salamanca.
- EGIDO, A.; DE PABLO, F.; EGIDO, M.; GARMENDIA, J. (1984): "Distribución de la precipitación en la cuenca del Duero". Rev. de Meteorol., A. M. E.; Madrid (en prensa).
- GARMEDIA, J. (1975): "Física General". Ed. Pirámide, S. A., Madrid.
- HERNÁNDEZ FUENTES, J. A. (1974): "Importancia de la Laplaciana de la altitud en las cantidades de precipitación recogidas". Tesis Doctoral de Ciencias. Univ. de Salamanca.
- LINES ESCARDO, A. (1981): "Perturbaciones típicas que afectan a la Península Ibérica y precipitaciones asociadas". Inst. Nac. de Meteor., Pub A-80, Madrid.



Mapa IV.—Isoyetas calculadas en este trabajo.

- MILLER, J. F. (1972): "Physiographically adjusted precipitation-frequency maps". Distribution of precipitation in mountainous areas, vol II; proceedings of the Geilo Symposium, Geilo, Norway, July 31-August 5, W. M. O., n.º 326, Geneva.
- MUKELY, R. (1972): "Les repartition des precipitations atmospheriques en Albanie". Distribution of precipitation in mountainous areas, vol I; proceedings of the Geilo Symposium, Geilo, Norway, July 31-August 5, W. M. O., n.º 326, Geneva.
- NIE, N. H. and OTHERS (1975): "Statistical Package for the Social Sciences". McGraw-Hill Book Company, 2th Ed. N. Y.
- PINA MANIQUE, J. (1968): "Zonagem Pluviométrica em Portugal". M.º da Economia, Direcção Geral dos Serviços Agrícolas.
- STORR, D. and FERGUSON, H. L. (1972): "The distribution of precipitation in some mountainous Canadian watersheds". Distribution of precipitation in mountainous areas, vol II; proceedings of the Geilo Symposium, Geilo, Norway, July 31-August 5, W. M. O., n.º 326, Geneva.
- WHITE, E. J. (1979): "The prediction and selection of climatological data for ecological purposes in Great Britain". J. of Appl. Ecol. 16, pp. 141-160.
- WOLSON, N. (1975): "Topographical effect on standard normals of rainfall over Israel". Weather, 30 (5), pp. 138-144.