

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 normalization" 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 obtainings 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 expondremos 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:

$$\begin{aligned} \text{invierno } R &= -488,8 - 0,0008 H^2 + 1,452 H \\ \text{primavera } R &= -398,5 - 0,0006 H^2 + 1,159 H \\ \text{verano } R &= -28,4 - 0,0001 H^2 + 0,211 H \\ \text{otoño } R &= -232,4 - 0,0004 H^2 + 0,803 H \end{aligned}$$

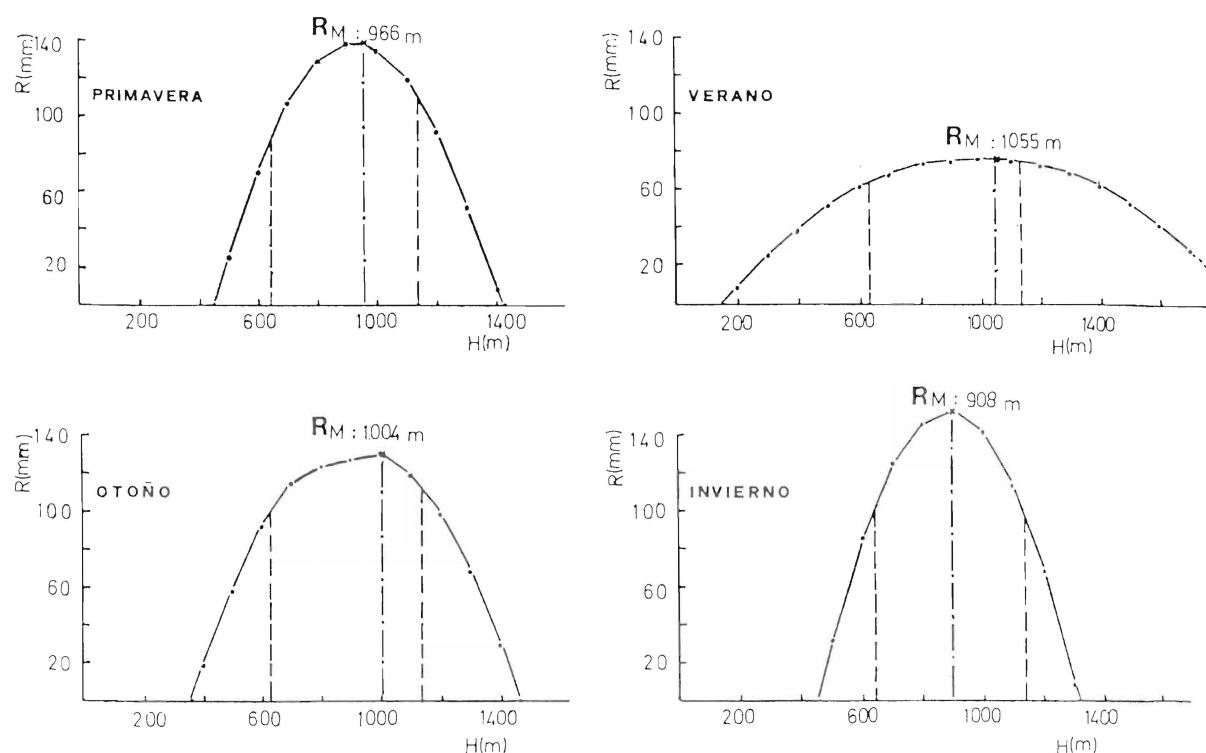


Figura I.—Altitud de los observatorios de referencia frente a la precipitación.

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

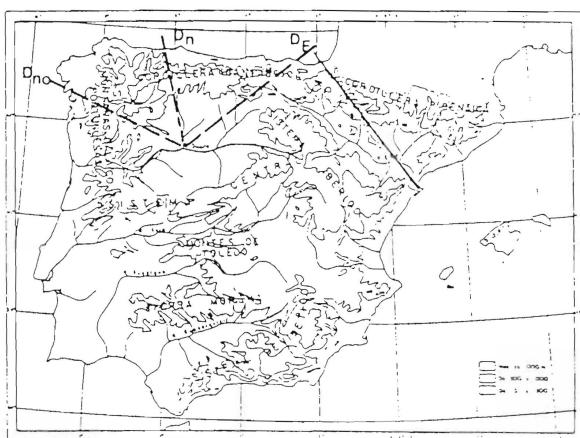
- R_i es la precipitación del lugar a estudiar.
 H, H^2 son las formas lineal y cuadrada de la altitud.
 $\Delta h_3, \Delta h_3^2$ son las formas lineal y cuadrada de la laplaciana de la altitud. Más adelante este factor aparecerá como Lap_3 y $Lapc_3$ por motivo del tratamiento informático.
 D_i, D_i^2 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/km^2).

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 (m)	LAP3 (m/km^2)	D_N (km)	D_{NO} (km)	D_E (km)	R. OBS. (mm)	R. CALC. (mm)	R. O.B.-R. CAL. (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. Mingorría	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 (m)	LAP3 (m/km ²)	D _N (km)	D _{NO} (km)	D _E (km)	R. OBS. (mm)	R. CALC. (mm)	R. OB.-R. CAL. (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. Villafría	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. Cimanes del Tejar	899	7,67	101,7	222,5	300	595,9	685,0	-89,1
36. Cofiñal	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. Huergas de Babia	1.222	68,00	76,5	184,3	306	1.175,4	1.168,1	7,3
39. La Bañeza (Azuac- rera)	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 Ca- mino)	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. Marañá	1.253	107,56	59,2	215,4	242	1.404,3	1.281,4	122,9
44. Mataleon 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. Riolago	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 (m)	LAP3 (m/km ²)	D _N (km)	D _{NO} (km)	D _E (km)	R. OBS. (mm)	R. CALC. (mm)	R. OB.-R. CAL. (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 Falamosa	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. Castromochlo	751	4,00	179,3	330,9	274	355,4	341,5	13,9
64. Cervatos de la Cueza	846	2,56	144,6	297,9	258	500,7	525,4	-24,7
65. Cervera del Pisuerga	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 (m)	LAP3 (m/km ²)	D _N (km)	D _{NO} (km)	D _E (km)	R. OBS. (mm)	R. CALC. (mm)	R. OB.R. CAL. (mm)
85. Villanueva del Rebollar	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 (Matacán)	795	4,33	273,5	212,5	390	391,1	445,0	-53,9
95. Pantano de S. Teresa	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 Yeltes	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 Mayor	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. Fuenterelayo	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 (m)	LAP3 (m/km ²)	D _N (km)	D _{NO} (km)	D _E (km)	R. OBS. (mm)	R. CALC. (mm)	R. OB.-R. CAL. (mm)
123. Santibañez de Ayllón	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. Briás	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 Gormaz	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 Esqueva	776	16,78	188,0	335,0	240	483,2	441,3	41,9
142. Ataquines	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 Valderabey	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. Castroponte	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 Vallcorba	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 (Iberduero)	703	-5,33	250,0	240,0	328	483,7	352,3	131,4

Observatorio	H (m)	LAP3 (m/km ²)	D _N (km)	D _{NO} (km)	D _E (km)	R. OBS. (mm)	R. CALC. (mm)	R. OB.-R. CAL. (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 (Villa-nubla)	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 Cam- pos	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 Cá- dena	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 Cas- tro	718	5,78	195,5	177,8	362	472,1	552,7	-80,6
175. Granja de More- luela	703	9,00	190,3	184,2	354	471,8	569,1	-97,3
176. Manzanal del Bar- co	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 Sana- bria	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 Va- lle	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. Ro- mán	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 Ta- bla)	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 $0,89$) sobre pasando 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:

$$R = 1772,2 + 0,3 \times 10^{-3} H^2 + 1,6 D_N - 2,6 D_{NO} + 2,4 Lap_3 + 0,6 \times 10^{-3} D_{NO}^2 - 0,6 \times 10^{-2} D_N^2 + 0,2 H - 0,5 \times 10^{-2} Lapc_3 - 6,0 D_E + 0,7 \times 10^{-2} D_E^2$$

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 sobre pasan 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 – Riolago, 51 – Robledo de Babia 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	DNZ	DN	DEZ	DE	R
H2		1.00000	.97584	.19210	.24044	-.00463	-.02958	.08284	-.04607	.02117	.00239
H			1.00000	.24888	.29597	.04630	.02536	.08119	-.05588	-.02976	-.05154
LAPC3				1.00000	.93240	-.10998	-.11406	-.08437	-.17569	-.04470	-.03467
LAP3					1.00000	-.03435	-.03858	-.14681	-.24515	-.13397	-.12828
DNO2						1.00000	.98426	-.19452	-.15919	-.72975	-.78914
DNO							1.00000	-.16314	-.13239	-.77188	-.81732
DNZ								1.00000	.97497	.54175	.55418
DN									1.00000	.55140	.56424
DEZ										1.00000	.98921
DE											1.00000
R											1.00000

a) Coeficientes de correlación individuales.

| 42 |

DEPENDENT VARIABLE.. R PRECIPITACION

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BET
H2 ALTITUD CUADRADO	.87127	.45060	.45060	.67127	.3249031-003	.49
DN DISTANCIA NORTE	.87156	.65861	.20801	-.48652	.1615650+001	.49
DNO DISTANCIA NOHORSTE	.87228	.76087	.10226	-.27555	-.2651377+001	-.78
LAP3 LAPLAC	.89246	.79648	.03561	.46590	.2404207+001	.30
DNO2 DISTANCIA NORDESTE CUADRADO	.90155	.81279	.01631	-.22090	.6223484-003	-.11
DNZ 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
DEZ 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: R		FROM VARIABLE LIST 1				
		REGRESSION LIST 1				
SENUM	OBSERVED R	PREDICTED R	RESIDUAL	-2.0	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL	1.0
1	584.1000	656.3484	-672.2484	.	I	
2	343.4000	429.8937	-86.49367	.	I	
3	345.9000	354.3548	-11.54572	.	I*	
4	782.9000	778.0497	4.850318	.	I	
5	608.2000	541.7697	66.93034	.	I*	
6	428.5000	441.6123	-12.71290	.	I	
7	487.2000	950.0971	-462.65708	.	I	
8	624.2000	815.1964	-190.9564	.	I	
9	444.9000	362.1618	82.73818	.	I	
10	414.6000	460.4448	-46.24448	.	I	
11	665.6000	733.6066	-68.20662	.	I	
12	817.4000	703.5948	113.8052	.	I	
13	345.7000	438.0303	-92.33034	.	I	
14	620.3000	515.6076	104.6524	.	I	
15	687.0000	619.9396	67.06071	.	I	
16	877.5000	900.5977	-23.49774	.	I	
17	345.8000	367.6156	-21.18442	.	I	
18	424.8000	379.7932	35.00678	.	I	
19	554.0000	508.1408	45.85920	.	I	
20	443.7000	519.4927	-75.73272	.	I	
21	748.2000	646.3698	101.8702	.	I	
22	647.5000	742.7014	-95.20104	.	I	
23	925.5000	752.9891	172.5109	.	I	
24	538.8000	560.8188	-22.01881	.	I	
25	833.8000	725.1665	104.6338	.	I	
26	493.8000	930.7015	-19.01853	.	I	
27	763.7000	716.4835	47.21645	.	I	
28	576.8000	501.6301	74.76991	.	I	
29	593.6000	353.0126	240.5874	.	I	
30	748.7000	764.3251	-16.22513	.	I	
31	534.0000	539.4415	-1.461539	.	I	
32	599.1000	619.4577	-20.35767	.	I	
33	516.7000	511.5050	5.194962	.	I	
34	416.1000	616.0782	-199.3782	.	I	
35	595.9000	685.0663	-89.16631	.	I	
36	1525.100	1137.433	387.6667	.	I	
37	518.2000	621.4952	-103.2452	.	I	
38	1175.400	1168.104	7.296314	.	I	
39	439.6000	527.7594	-88.15939	.	I	
40	974.2000	1194.822	-220.6223	.	I	
41	572.8000	662.2354	-49.45582	.	I	
42	984.7000	985.0433	1.656710	.	I	
43	1420.302	1281.388	122.9122	.	I	
44	576.6000	527.1920	49.40802	.	I	
45	527.3000	666.8976	-139.3576	.	I	
46	1216.300	1102.193	114.1072	.	I	
47	1465.400	1055.662	404.1379	.	I	
48	1123.700	1150.659	-66.55475	.	I	
49	1301.100	1020.407	280.6332	.	I	
50	1010.600	1174.337	-163.7372	.	I	
51	1048.600	1257.189	-212.5849	.	I	
52	835.5000	505.0400	-69.50070	.	I	
53	1139.000	1156.8008	-17.80753	.	I	
54	754.1000	839.1058	-83.00580	.	I	
55	442.7000	522.8445	-80.14944	.	I	
56	1150.200	1152.3118	-2.8874	.	I	
57	852.7000	852.3717	-0.336654	.	I	
58	1030.300	1336.324	-306.0239	.	I	
59	1038.300	1118.748	80.4772	.	I	
60	621.2000	709.4787	-88.67971	.	I	
61	778.6000	484.5016	-93.901569	.	I	
62	905.0000	857.9936	47.00643	.	I	
63	355.4000	311.4461	13.90385	.	I	
64	500.7000	525.4590	-24.75904	.	I	
65	1004.1000	901.4810	107.4190	.	I	
66	164.7000	335.3163	-175.3837	.	I	
67	454.4000	474.0371	-15.23714	.	I	
68	514.1000	543.4311	-25.73111	.	I	
69	360.5000	358.9383	1.561716	.	I	
70	629.9000	733.4683	-103.56683	.	I	
71	1065.300	1266.382	-201.0419	.	I	
72	1044.900	976.122	107.2878	.	I	
73	845.6000	784.355	61.284754	.	I	
74	539.2000	723.3371	-184.7372	.	I	
75	444.2000	474.3122	-30.11216	.	I	
76	643.4000	825.4077	-182.4077	.	I	
77	430.3000	476.9304	13.30920	.	I	
78	840.9000	805.7358	75.16456	.	I	
79	744.5000	777.2168	-28.71679	.	I	
80	1150.300	933.3142	716.3258	.	I	
81	1136.703	1040.415	56.28481	.	I	
82	478.8000	465.6153	9.180722	.	I	
83	435.4000	394.3674	105.0326	.	I	
84	493.1000	351.4532	141.4064	.	I	
85	516.3000	507.3398	15.50015	.	I	
86	445.8000	516.8564	-31.06637	.	I	
87	435.1000	443.0640	-47.94394	.	I	
88	551.3003	485.2274	64.07223	.	I	
89	537.3000	520.1542	17.14575	.	I	
90	725.5000	570.7388	156.8612	.	I	
91	644.4000	652.4909	33.90947	.	I	

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

STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES

06001984 PAGE

92	649.6000	738.1006	-88.5058	• I
93	443.5000	575.7202	-91.72022	• I
94	391.1000	445.0548	-53.95475	• I
95	607.5000	461.5697	15.5303	• I
96	365.9000	441.1371	-55.21710	• I
97	948.5000	829.0305	159.4695	• I
98	458.6000	479.7643	-21.16415	• I
99	740.8000	676.2769	64.52313	• I
100	748.0000	646.1352	101.8648	• I
101	474.6000	581.1305	-104.5305	• I
102	534.0000	619.0432	-84.14321	• I
103	378.1000	451.9916	-73.89162	• I
104	701.1000	664.4240	16.97199	• I
105	631.5000	648.7989	-16.45889	• I
106	483.0000	478.4910	4.908962	• I
107	529.2000	488.8895	40.31055	• I
108	148.7000	926.8816	-82.281560	• I
109	724.0000	660.0634	64.33656	• I
110	558.8000	595.7803	-38.98026	• I
111	592.5000	449.1052	143.3948	• I
112	701.0000	861.4834	-155.4834	• I
113	541.6000	449.1107	92.48934	• I
114	428.1000	343.7808	40.41917	• I
115	454.5000	524.0141	-69.51411	• I
116	543.5000	557.3873	-13.83733	• I
117	562.8000	593.7256	-30.92536	• I
118	764.2000	716.1901	-48.00946	• I
119	741.0000	787.4921	8.057452	• I
120	484.7000	441.0091	43.69087	• I
121	403.6000	384.6353	18.95069	• I
122	746.8003	433.3264	-86.52639	• I
123	593.7000	677.1349	-83.93484	• I
124	649.1000	493.7028	-24.60285	• I
125	525.5000	539.0200	-13.52003	• I
126	504.7000	446.7178	62.94219	• I
127	540.1000	497.6843	-42.41566	• I
128	601.0000	506.3117	97.48829	• I
129	511.4000	652.1183	-147.9183	• I
130	474.7000	576.0041	-101.3041	• I
131	497.3000	506.8594	-9.554113	• I
132	520.5000	648.1172	-163.6122	• I
133	720.4000	746.3425	-26.14252	• I
134	566.4000	721.9473	-135.3473	• I
135	435.4000	543.4290	-104.4291	• I
136	489.8000	459.4639	30.33409	• I
137	531.2000	594.6259	-45.42646	• I
138	544.3000	570.0460	-25.74601	• I
139	528.2000	579.4745	-51.27459	• I
140	401.2.700	777.1103	235.2897	• I
141	481.2000	441.2834	41.91061	• I
142	24.0000	349.7926	74.20743	• I
143	451.1000	495.6365	-46.51648	• I
144	392.4000	465.5176	23.08236	• I
145	531.1000	497.9517	33.24834	• I
146	584.0000	415.1778	43.02222	• I
147	366.8000	467.9954	-101.1354	• I
148	466.1000	460.5522	5.547793	• I
149	515.7003	453.6118	62.04882	• I
150	411.7008	443.1535	-1.455348	• I
151	362.0000	362.1175	-1117.303	• I
152	446.16000	354.04040	111.1960	• I
153	431.1033	431.7440	-9.643159	• I
154	405.4000	406.16137	-58.71166	• I
155	562.9000	477.5493	82.55065	• I
156	521.7000	457.1424	65.55760	• I
157	421.7003	469.7935	-27.09354	• I
158	469.6000	459.0172	10.58281	• I
159	483.1700	352.3144	131.3856	• I
160	446.9000	440.5130	6.387023	• I
161	458.5000	413.7521	38.74766	• I
162	496.2000	504.7676	-18.56265	• I
163	32.2000	364.3679	67.83213	• I
164	511.8000	478.9729	32.82703	• I
165	459.0000	455.8603	3.135679	• I
166	422.4000	479.1205	-56.72047	• I
167	460.2000	358.0974	102.1022	• I
168	437.2000	380.5845	56.61597	• I
169	439.7000	447.6731	-7.973068	• I
170	545.9000	447.0980	98.80196	• I
171	1609.707	1502.041	107.6565	• I
172	670.6000	592.7712	77.87677	• I
173	1626.500	1456.277	170.7223	• I
174	472.1000	552.6781	-60.57812	• I
175	471.8000	569.0678	-97.26776	• I
176	566.4000	580.2310	-13.83093	• I
177	470.5000	572.3392	-101.8392	• I
178	463.8000	565.4997	-104.6997	• I
179	575.7000	656.0353	-80.33515	• I
180	505.8000	1006.928	-101.1285	• I
181	300.4000	459.2317	-196.8317	• I
182	476.8000	551.9052	-75.18520	• I
183	951.0000	884.3515	102.6485	• I
184	1442.400	1083.4487	398.9133	• I
185	1466.300	1171.977	294.5227	• I
186	440.0000	570.9176	-130.9176	• I
187	398.5000	489.3241	-90.42411	• I
188	569.7000	605.4994	-35.59439	• I
189	767.6000	652.3100	115.2900	• I
190	410.8000	508.6559	-97.45587	• I
191	379.7000	479.3694	-84.66960	• I
192	499.6000	480.3458	6.214237	• I
193	480.1000	521.8045	-61.70649	• I
194	411.9000	511.9319	-100.0319	• I

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 – Ri-
badelago 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.

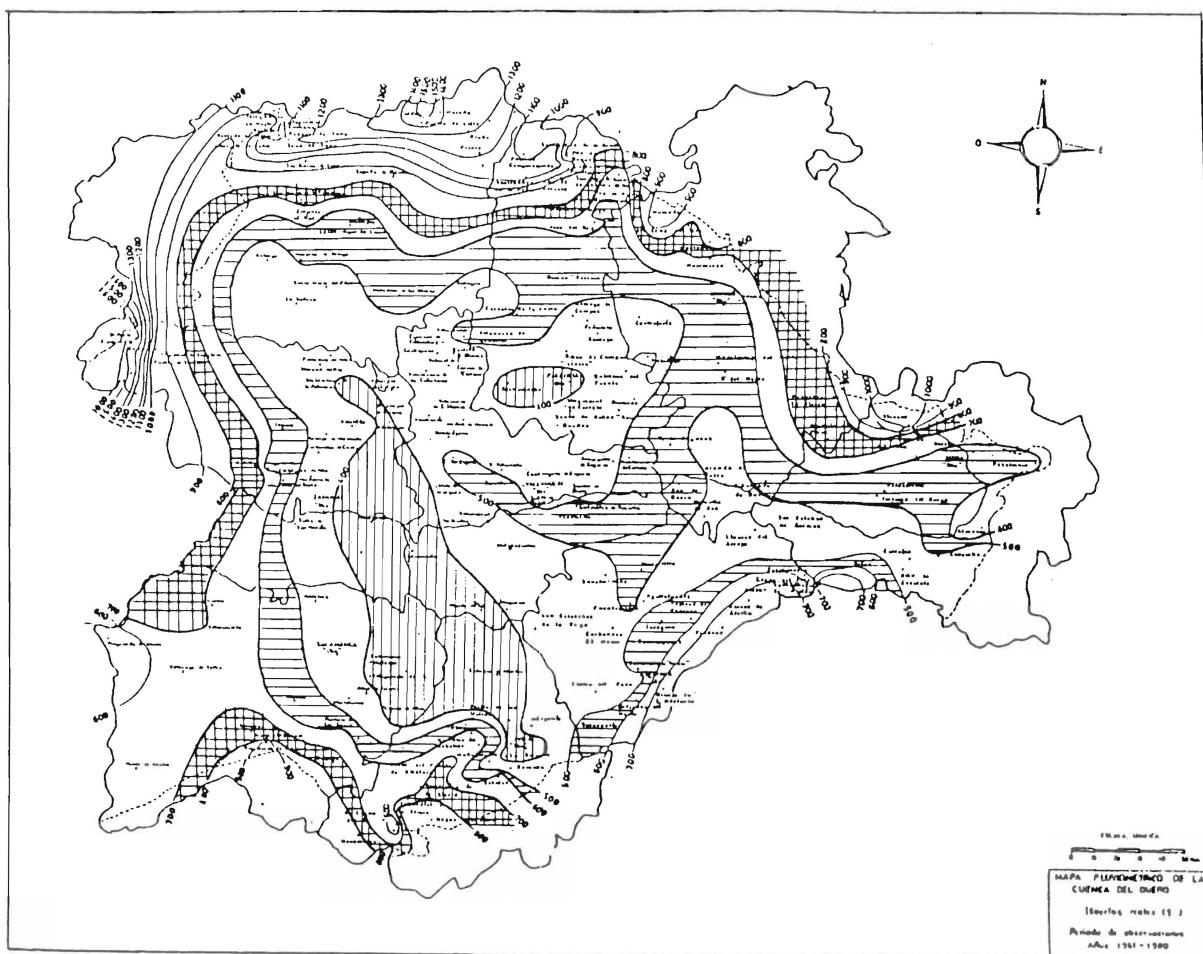
También hay que hacer notar que coinciden en ambos casos los observatorios que presentan las citadas desviaciones, pudiendo ser éstas achacadas a factores locales que implican aumentos, o disminuciones en el valor de las precipitaciones, o a errores instrumentales y de observación.

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.

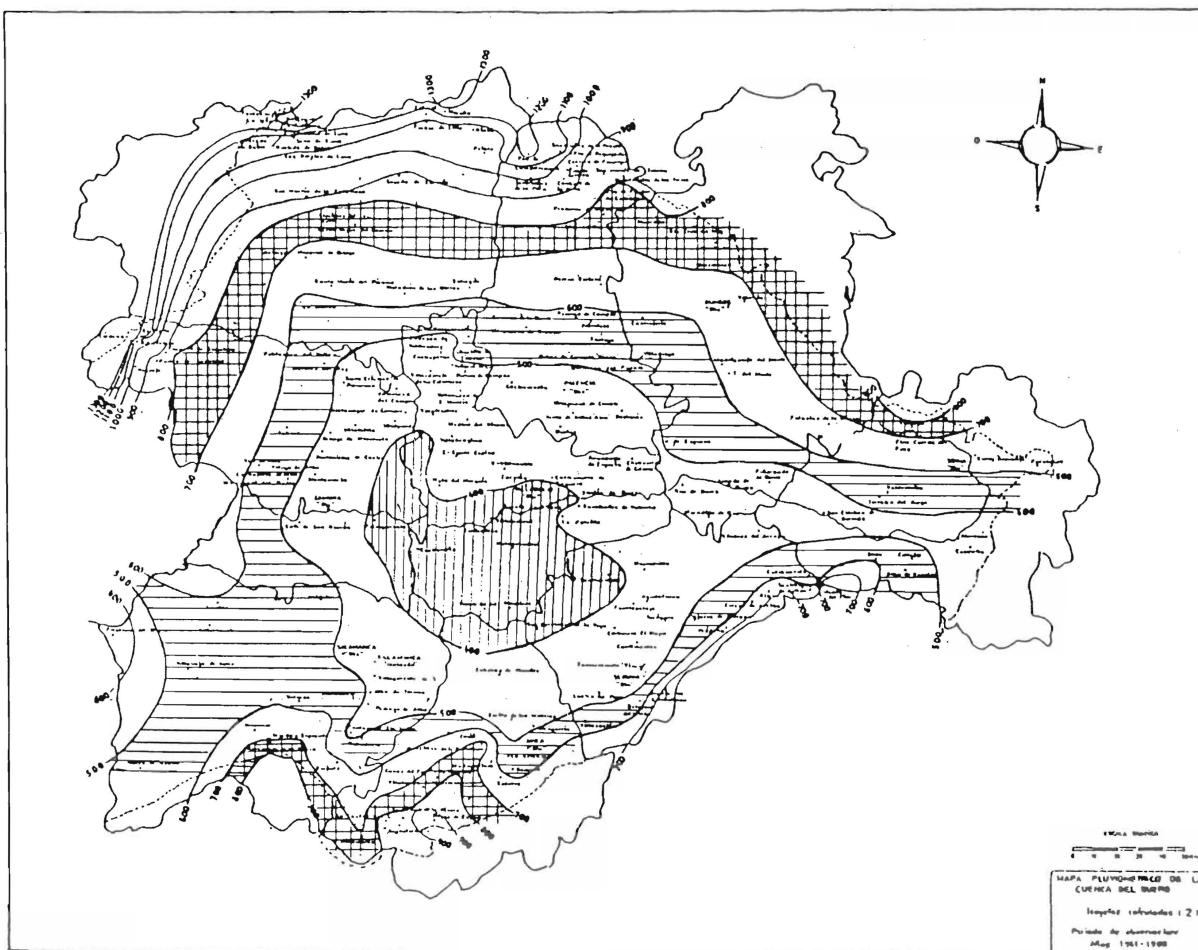
te el empleo de una regresión múltiple de tipo lineal expuesta en trabajos anteriores, mapa III (Egido y otros, 1984), y los calculados mediante la ecuación de valoración propuesta en el presente trabajo, mapa IV.

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 predisposto 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 anormalidades 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-

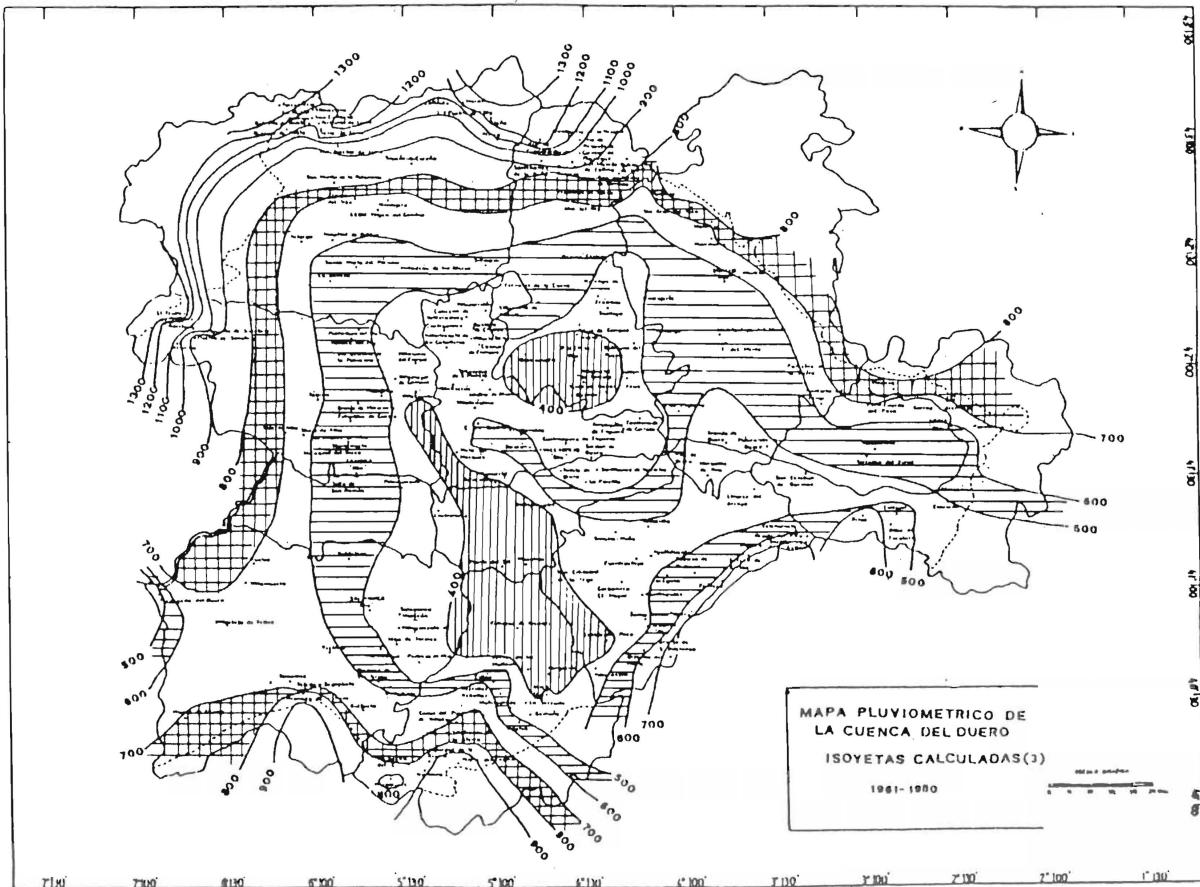


Mapa III.—Isoyetas calculadas por Egido, A. y otros.

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 raingage net-
- works using Bayesian decision theory". Distribution of precipitation in mountainous areas, vol II; proceeding of the Geilo Symposium, Geilo, Norway, July 31-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.—Isoetas calculadas en este trabajo.

- MILLER, J. F. (1972): "Physiographically adjusted precipitation-frecuency 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): "Statistiscal 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, Dreccao Geral dos Servicios Agricolas.
- STORR, D. and FERGUSON, H. L. (1972): "The distribution of precipitation in some mountainous Canadian wathersheds". Distribution of precipitation in mountainous areas, vol II; preceeding of the Geilo Symposium, Geilo, Norway, July 31-August 5, W. M. O., nº 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): "Topofraphical effect on stansdars normals of rainfall over Israel". Weather, 30 (5), pp. 138-144.