

FACTORES GEOCLIMÁTICOS DETERMINANTES DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL EN LA MESETA NORTE DE ESPAÑA

A. EGIDO CARBAYO*
F. DE PABLO DÁVILA*
M. EGIDO MANZANO*
J. GARMENDIA IRAUNDEGUI*

SUMMARY: An statistical method has been developed which is based on a step-wise multiple regression analysis. This method allows us to evaluate the importance of four geoclimatological factors which are typical of the place (altitude, average environment curvature and distance to the sea in the Northwest and North directions) in the rainfall distribution in a climatologically similar region.

This method has been applied to the provinces of Ávila, Burgos, León, Segovia and Zamora, all belonging to the Duero river basin.

RESUMEN: Se ha desarrollado un método estadístico basado en un análisis de regresión múltiple «paso a paso», que permite evaluar la importancia de cuatro factores geoclimáticos propios de la localidad (altitud, curvatura media del entorno y distancia al mar en las direcciones Noroeste y Norte) en la distribución de la precipitación en una región climáticamente parecida.

Dicho método, ha sido aplicado a las provincias de Ávila, Burgos, León, Segovia y Zamora, pertenecientes a la Cuenca del Duero.

* Laboratorio de Meteorología. Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.

1. INTRODUCCIÓN

El interés del hombre por llegar a conocer el fenómeno de la precipitación, tanto en su aspecto cualitativo como cuantitativo, ha renacido espectacularmente en los últimos años. Así, los estudios sobre la previsión de la precipitación, constituyen un interesante campo de investigación para reducir los efectos de los desastres naturales y predecir los rendimientos de cultivos.

Por otra parte, la distribución de la precipitación atmosférica es bastante aleatoria en las zonas del interior de la Península Ibérica, tanto en el espacio como en el tiempo.

De esta predicción de la precipitación, podrían derivarse beneficios para el desarrollo económico, agrícola y social de muchas regiones, como sería el anticipar las condiciones climáticas que tienen incidencia en los rendimientos de cultivos.

2. OBJETIVO DEL TRABAJO

No es nuestro propósito hacer un estudio exhaustivo del fenómeno de la precipitación, sino exponer aquellos factores meteorológicos (EGIDO, A. y Col.; 1984) que consideramos más importantes para poder comprender y efectuar valoraciones de la precipitación media en lugares sin observaciones meteorológicas, mediante la utilización de modelos matemáticos simplificados.

Los puntos sobre los cuales queremos llamar la atención, se refieren, a la situación geográfica, la topografía y la trayectoria de las borrascas en las proximidades de las zonas elegidas.

Hemos plasmado estos factores meteorológicos en cuatro parámetros geográficos y topográficos: altitud (h), laplaciana de la altitud o curvatura del terreno (Δh) y distancia al mar en las direcciones Noroeste (D_{NO}) y Norte (D_N). Una información más detallada de la elección y justificación de estos parámetros, puede encontrarse en la publicación que edita la Universidad de Salamanca (EGIDO, A.; 1984).

Nuestro objetivo es deducir, en función de las variables características de los factores que presentan influencia, una expresión sencilla que permita el cálculo de la cantidad de precipitación (R), y obtener la variable o variables que presentan mayor influencia en la distribución de la misma.

La aplicación de estos planteamientos teóricos, ha sido extendida a cinco provincias de la Cuenca del Duero: Ávila, Burgos, León, Segovia y Zamora.

3. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS Y PLUVIOMÉTRICAS

La altitud constituye uno de los rasgos más sobresalientes del relieve en las zonas estudiadas.

Ávila y León, tienen más del 50 % de su extensión por encima de los 1.000 m de altitud.

Alturas que sobrepasan los 2.000 m, correspondientes a picos, se encuentran en casi todas las provincias, y por debajo de 600 m, se hallan solamente en el borde Occidental de la Cuenca.

En la zona Este y Norte de la misma, con altitudes comprendidas entre 900 y 1.100 m, se encuentra la zona de páramos, con rígidas mesetas separadas por valles profundos, que se elevan progresivamente hacia Burgos y Soria.

Otra forma del relieve, donde la penillanura se va elevando, se encuentra en la provincia de Zamora.

Los valores de la precipitación oscilan entre los 1.625 mm que se registran en las montañas Zamorana y Leonesa y los 300 mm que se localizan en el centro de la Cuenca, concretamente al Sureste de la provincia de Zamora.

Los capitales de Burgos y León, se acercan a los 600 mm de precipitación media anual, las demás, registran valores inferiores a dicha cantidad e incluso, se sitúan en 343 mm al año en el caso de Ávila.

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

La recopilación de los datos de precipitación, así como el cálculo de los valores de cada una de las variables que entran a formar parte de la ecuación de valoración de la precipitación:

$$R = R_o + a h + b \Delta h + c D_{NO} + d D_N$$

ha sido descrito por EGIDO, A. y col; 1984.

Incluimos en el apéndice las tablas correspondientes a las estaciones pertenecientes a la Cuenca del Duero de las cinco provincias analizadas. Hacemos constar en ellas, los valores de cada uno de los parámetros propuestos, así como los de la precipitación observada y calculada mediante la ecuación de valoración.

La recopilación de los datos de precipitación, ha sido llevada a cabo, mediante las hojas pluviométricas del Centro Meteorológico Zonal del Duero. Hemos tomado como valor de la precipitación observada, la media anual (en mm) constituida por veinte años consecutivos ininterrumpidos, sin lagunas, desde 1961 hasta 1980, ambos inclusive; con la condición de que esos veinte años son precisamente los mismos para todas las estaciones de las cinco provincias de la Cuenca del Río Duero.

El programa de acceso para la realización de los cálculos, ha sido el de «análisis de regresión lineal múltiple paso a paso», perteneciente al manual de programación S.P.S.S. (Statistical Package for the Social Sciences) por Jae-on Kim y Frank J. Kohout. Este programa utiliza un procedimiento de selección de predictores (en nuestro caso: h , Δh , D_{NO} y D_N) que se denomina inclusión «paso a paso», mediante el cual, estos predictores son seleccionados solamente si cumplen ciertos criterios y su orden de inclusión o jerárquico está determinado en función de su eficacia predictora, conforme a sus contribuciones respectivas a la explicación de la varianza de la variable dependiente (precipitación).

Estos criterios de selección, se refieren: al número máximo de predictores que se desean seleccionar, al valor del estadístico F y a la proporción de la varianza de una variable dependiente que no es explicada por el resto de las variables dependientes incluídas en el diseño.

4.1. Provincia de Ávila

Por encontrarse la provincia de Ávila ubicada al Sur de la Cuenca del Duero, consideramos una nueva variable para calcular la precipitación media anual recogida en dicha provincia, se trata de la altitud máxima (h_{SO}) para una distancia no superior a 50 km en dirección Suroeste, con objeto de ver la influencia que pueda ejercer el efecto foëhn de los vientos de componentes Sur (ábregos o llovedores) al atravesar la cordillera Central.

Aplicadas las consideraciones teóricas a las estaciones integrantes de la provincia de Ávila, se obtienen las siguientes ecuaciones:

Ecuaciones de regresión	Coefficientes de correlación
$R = 2248,96 - 4,95 D_{NO}$	$r = 0,7785$
$R = 1452,71 - 3,91 D_{NO} + 0,38 h$	$r = 0,8311$
$R = 947,24 - 2,92 D_{NO} + 0,50 h + 1,14\Delta h$	$r = 0,8683$
$R = 1011,06 - 3,06 D_{NO} + 0,60 h + 1,45\Delta h - 0,069 h_{SO}$	$r = 0,8772$
$R = 1036,48 - 2,81 D_{NO} + 0,61 h + 1,51\Delta h - 0,064 h_{SO} - 0,40 D_N$	$r = 0,8775$

El parámetro introducido en el primer paso de la regresión, corresponde a la *distancia al mar en dirección Noroeste*, obteniendo un coeficiente de correlación muy significativo, lo cual justifica la gran influencia de este factor geoclimático en la distribución de la precipitación, ya que supone un aumento en la misma de 495 mm por 100 km de acercamiento a la costa.

En el segundo paso, se incluye la altitud, dando lugar a un gradiente vertical de precipitación de 38 mm por 100 m de elevación.

En los pasos siguientes, observamos un bajo incremento en el coeficiente de correlación al introducir el factor, altitud máxima en dirección Suroeste, lo que supone que la influencia que ejerce el efecto föehn en esta zona, resulta poco significativa.

La contribución del resto de las variables, que se incluyen en pasos sucesivos es inferior a las anteriores, aunque naturalmente, la utilización de todas ellas mejora los resultados obtenidos.

Presentamos a continuación, el mapa (1) de isoyetas (reales (a) y calculadas (b)), en el que se aprecia una gran semejanza entre ambos. Hay que señalar, que dicha semejanza, resulta aún más notable en el Norte y Centro de la provincia, donde las isoyetas poseen valores pequeños, que van aumentando hasta llegar a un máximo, al Sur de la misma, en la que aparecen pequeñas diferencias debidas principalmente a la estación de «Angostura».

4.2. Provincia de Burgos

Las ecuaciones de regresión obtenidas, son las que se muestran seguidamente:

Ecuaciones de regresión	Coefficientes de correlación
$R = -487,62 + 1,22 h$	$r = 0,6631$
$R = -93,59 + 1,03 h - 1,67 D_N$	$r = 0,8006$
$R = -148,91 + 1,04 h - 1,48 D_N + 1,55 \Delta h$	$r = 0,8109$
$R = -182,17 + 1,01 h - 1,79 D_N + 1,47 \Delta h + 0,24 D_{NO}$	$r = 0,8112$

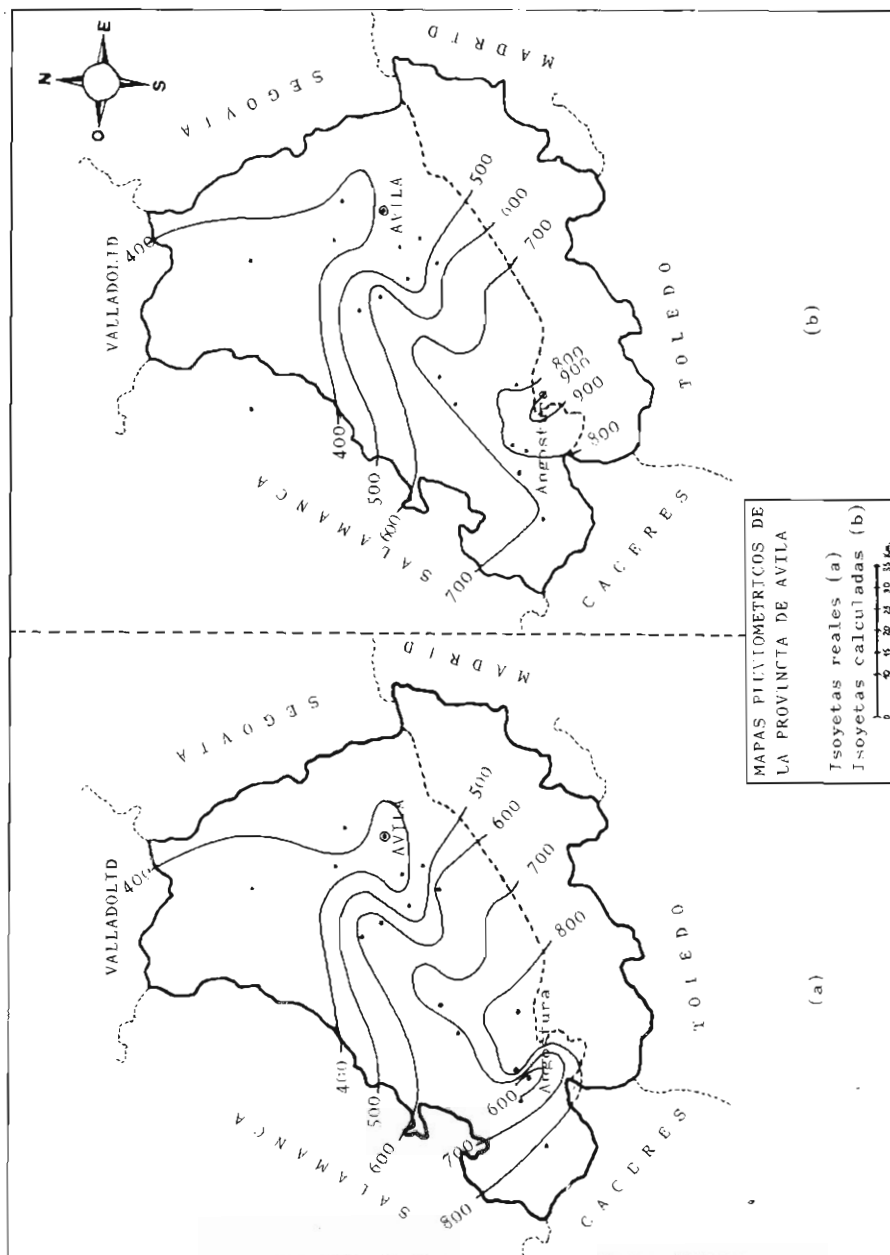
Cabe destacar el gradiente pluviométrico de *altitud*, 122 mm por 100 m de elevación, lo que nos da idea de la importante influencia que este parámetro ejerce en la distribución de lluvias en la zona que nos ocupa.

Cabe también resaltar, el valor del coeficiente obtenido para la distancia al mar en la dirección Norte, representando así un aumento en la precipitación de 167 mm por cada 100 km de acercamiento al litoral cantábrico.

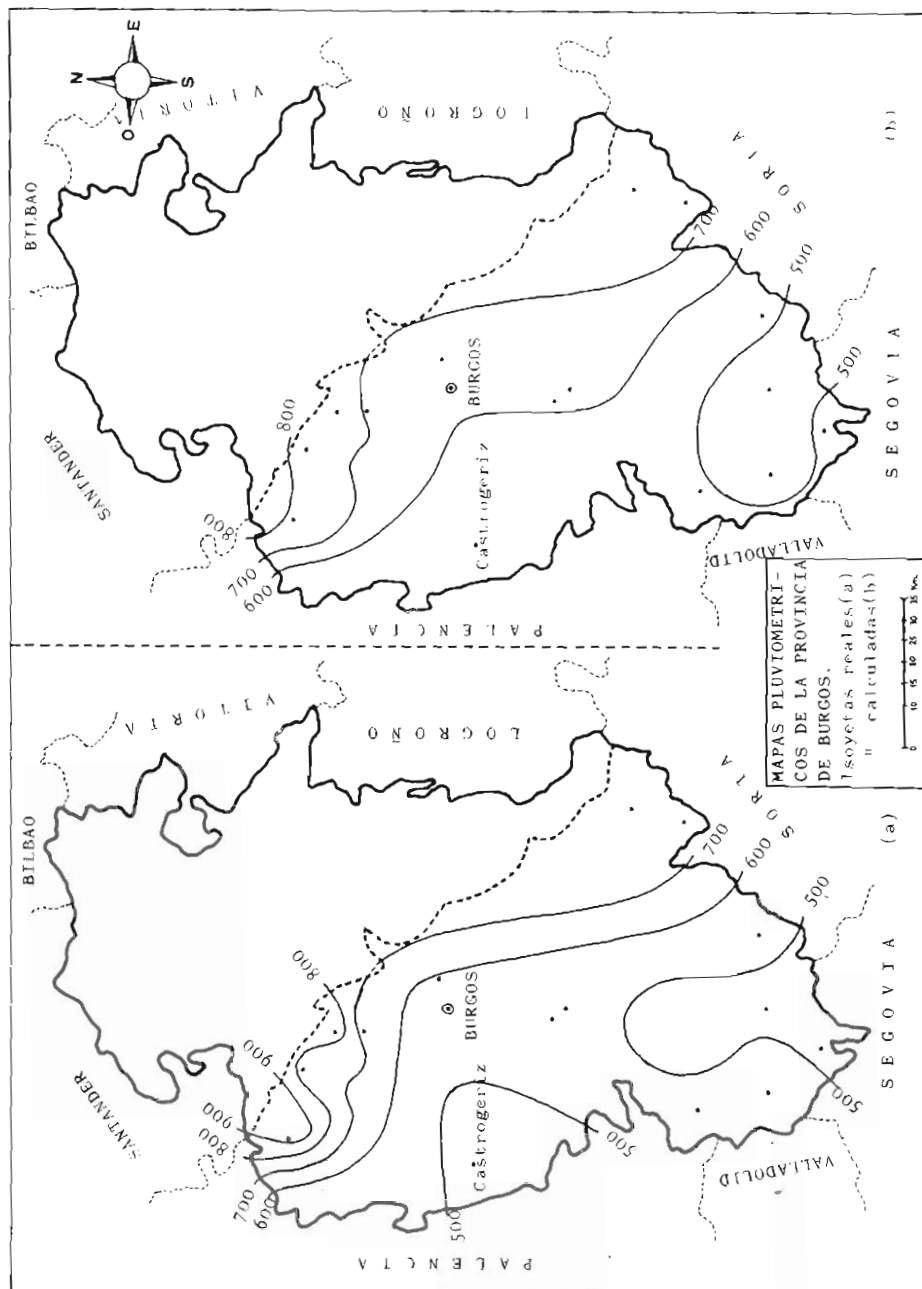
Es evidente que la influencia del mar en la dirección Noroeste no tenga demasiada importancia y que incluso tome signo positivo, como consecuencia del ajuste estadístico y de la gran dependencia lineal entre ambas distancias al mar ($r = 0,9412$).

El mapa 2, refleja las isoyetas correspondientes a los valores reales (a) y calculados (b) de la precipitación. Comparando ambos, se observa una distribución uniforme de las precipitaciones, con máximos centrados al Norte de la provincia y mínimos al Sur de la misma, la pequeña diferencia existente, se debe a la isoyeta máxima de 900 mm y a la precipitación mínima registrada en el observatorio de «Castrogeriz».

M'APA 1



MAPA 2



4.3. Provincia de León

Exponemos a continuación la relación de las distintas ecuaciones de regresión:

Ecuaciones de regresión	Coefficientes de correlación
$R = 1935,81 - 10,87 D_N$	$r = 0,9273$
$R = 1548,22 - 13,44 D_N + 2,65 D_{NO}$	$r = 0,9448$
$R = 1201,22 - 11,18 D_N + 2,81 D_{NO} + 1,94\Delta h$	$r = 0,9527$
$R = 926,89 - 10,67 D_N + 3,06 D_{NO} + 1,86\Delta h + 0,16 h$	$r = 0,9531$

De la proximidad al mar y anomalías orográficas existentes en esta zona, se explica la considerable contribución de la *distancia al mar en dirección Norte*, principalmente, cuyo gradiente pluviométrico alcanza el valor de 10,87 mm por km de acercamiento al mar.

El valor del coeficiente que precede al término laplaciana de la altitud, es de 1,94, que multiplicado por los valores de las laplacianas de la altitud, dan lugar a resultados importantes, pero menos contribuyentes que con el parámetro anterior.

La disminución de la influencia en la precipitación de parámetros topográficos, que por otra parte, resultan muy significativos cuando se analizan independientemente, se debe, a la excesiva correlación entre los predictores, que hace, que la variable que se introduce en el primer paso de la regresión, se lleve el peso fuerte de la influencia en la precipitación.

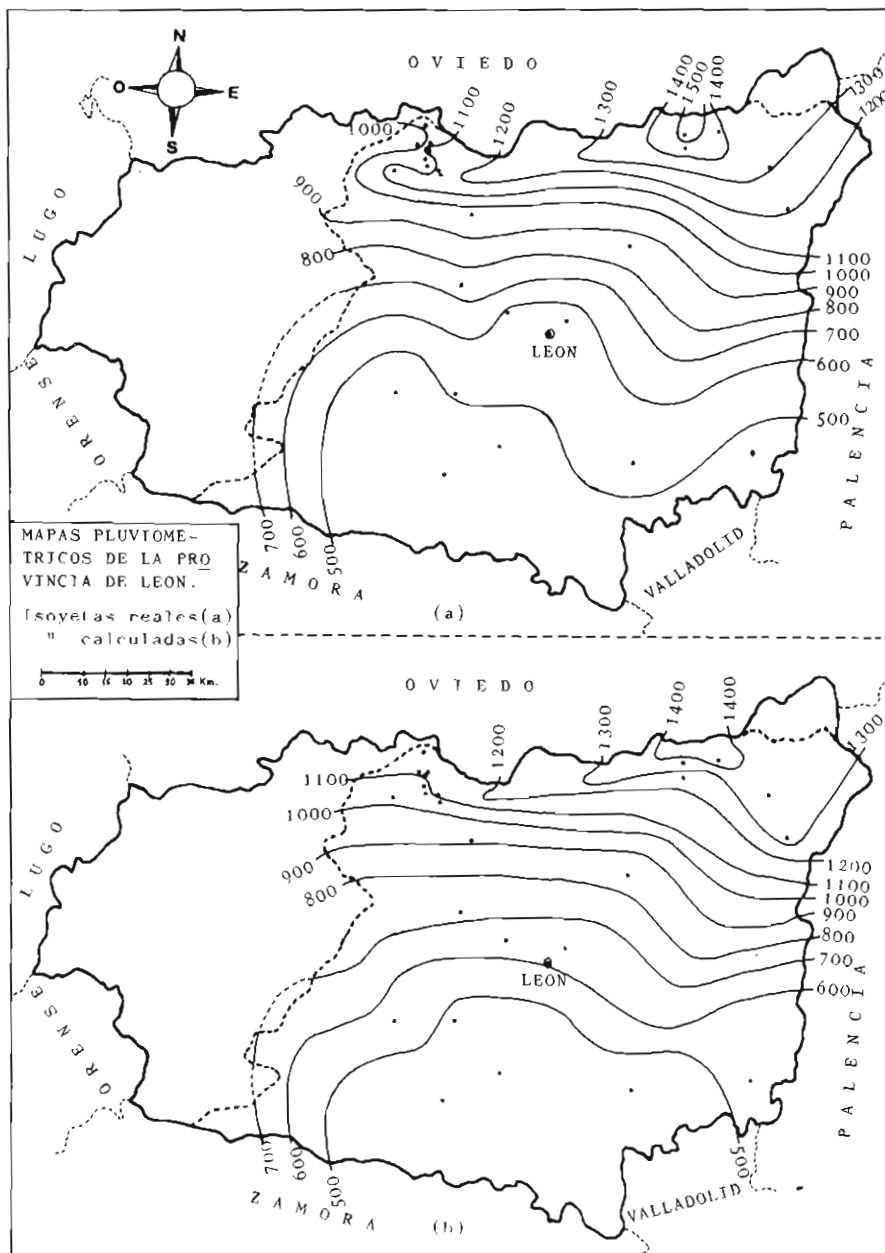
Igualmente ocurre con la altitud, cuyo gradiente vertical de precipitación supone un aumento de solamente 16 mm por 100 m de elevación.

Las isoyetas de los valores reales (a) y calculados (b) de precipitación, se muestran en el mapa 3. Cabe destacar, la gran semejanza entre ambos, como bien refleja su elevado coeficiente de correlación (0,9531). No obstante, existen algunas diferencias localizadas principalmente al Sur, Norte y Noreste de la provincia, desapareciendo concretamente en esta situación, la isoyeta de 1.500 mm en el mapa de calculadas.

4.4. Provincia de Segovia

La exposición de las ecuaciones de regresión lineal múltiple realizadas «paso a paso», se muestran a continuación:

MAPA 3



Ecuaciones de regresión	Coefficientes de correlación
$R = -123,53 + 0,68 h$	$r = 0,7528$
$R = 118,07 + 0,64 h - 0,76 D_N$	$r = 0,8031$
$R = 1994,10 + 1,16 h - 3,88 D_N - 3,58 D_{NO}$	$r = 0,8890$
$R = 2275,89 + 0,96 h - 4,07 D_N - 3,87 D_{NO} - 0,073 h_{SO}$	$r = 0,9031$
$R = 2334,88 + 0,87 h - 4,00 D_N - 3,89 D_{NO} + 0,079 h_{SO} + 0,90\Delta h$	$r = 0,9147$

Existe una contribución importante, principalmente de las variables geoclimáticas, *altitud y distancia al mar en dirección Noroeste* y una contribución menos acusada del resto de las variables en la distribución de la precipitación en la provincia de Segovia.

Por una parte, la altitud proporciona un gradiente pluviométrico de 68 mm por 100 m de elevación. Y por otra parte, el valor de las constantes para ambas distancias al mar, es de 3,58 para la dirección Noroeste y de 0,76 para la dirección Norte; lo que representa un aumento en la precipitación de 358 mm en un caso y 76 mm en el otro, por 100 km de acercamiento al litoral atlántico y cantábrico, respectivamente.

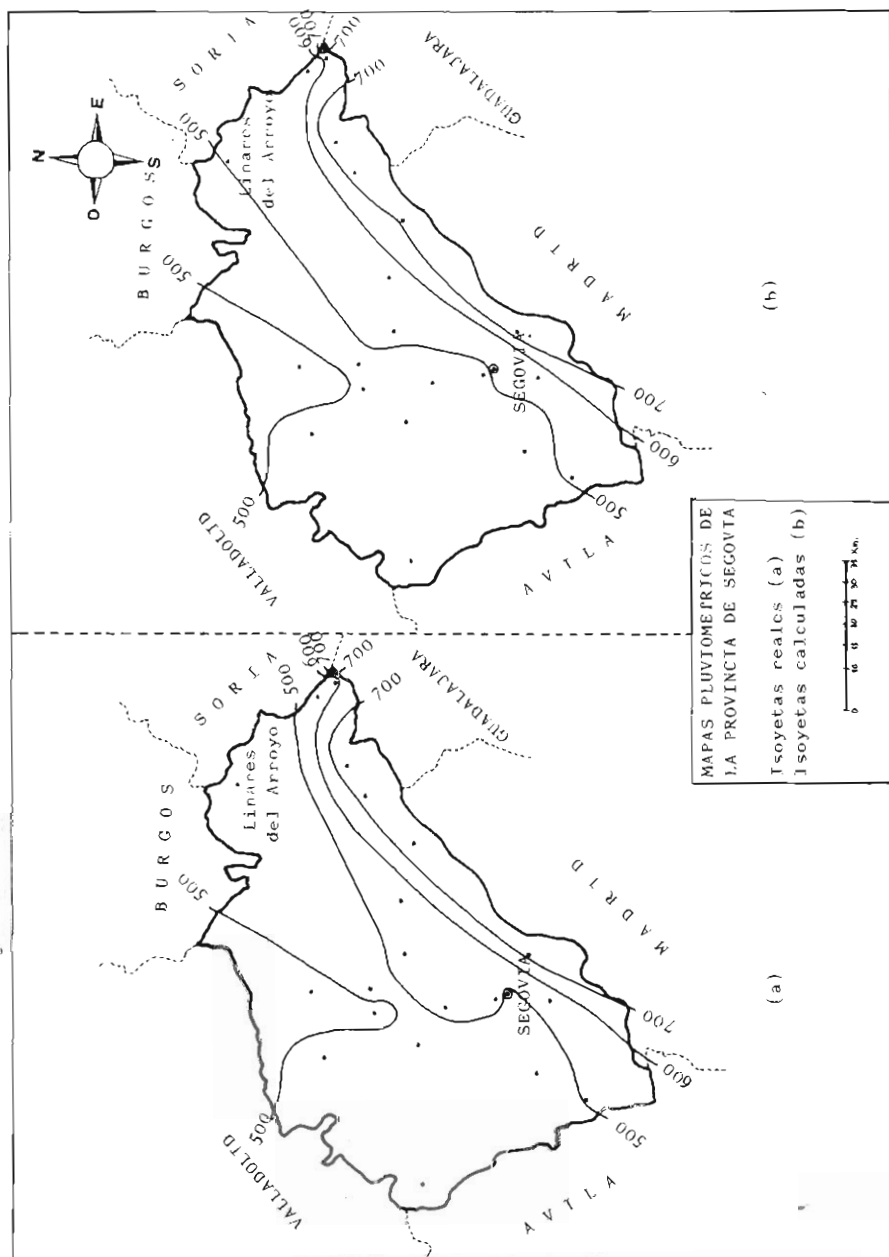
Los mapas 4 (a) y 4 (b), presentan una gran similitud en la distribución de la precipitación. Se observa en ambos, una zona central común, que corresponde a las precipitaciones mínimas registradas en la Cuenca del Duero, limitada por sendas isoyetas de 500 mm. Dado que la precipitación calculada supera a la real en el observatorio de «Linares del Arroyo», es por lo esta isolínea de 500 mm se encuentra un poco desplazada hacia el Norte de la provincia. Por lo que respecta al resto de las isolíneas, cabe decir, que son prácticamente iguales.

4.5. Provincia de Zamora

Las ecuaciones de regresión múltiple obtenidas son las siguientes:

Ecuaciones de regresión	Coefficientes de correlación
$R = -383,76 + 1,31 h$	$\bar{r} = 0,8877$
$R = -653,90 + 1,59 h + 3,76\Delta h$	$r = 0,9608$
$R = 246,32 + 1,27 h + 2,73\Delta h - 2,36 D_{NO}$	$r = 0,9732$
$R = 597,33 + 1,13 h + 2,33\Delta h - 2,22 D_{NO} - 1,46 D_N$	$r = 0,9749$

MAPA 4



La relación lineal entre la precipitación y la altitud, dada por su coeficiente de correlación, 0,8877, nos indica la extraordinaria influencia que la *altitud* ejerce en la distribución de la precipitación en esta provincia, con un gradiente pluviométrico de 131 mm por 100 m de elevación.

Aún existiendo pocas anomalías orográficas en la topografía de esta zona, es importante destacar el valor de la constante obtenida para la laplaciana de la altitud, 3,76. Valor, que multiplicado por las laplacianas de la altitud de cada observatorio, no aporta en el conjunto de la provincia, contribuciones demasiado importantes.

Por lo que respecta a las aportaciones que pueden presentar las distancias al mar en ambas direcciones, hay que señalar, que debido a las altas correlaciones lineales entre la altitud y estos parámetros (0,6609 y 0,7608), es precisamente la característica topográfica altitud, la que mayor influencia ejerce en la precipitación, por entrar ésta en el primer paso de la regresión.

En el mapa 5, quedan reflejadas las isoyetas de los valores reales (a) y calculados (b) de precipitación. Se observa una gran semejanza, como cabía esperar de su alto coeficiente de correlación. Coincidiendo con el núcleo orográfico principal, se hallan en el Noroeste de la provincia, las isolíneas de máxima precipitación, que superan los 1.600 y hasta 1.700 litros anuales por metro cuadrado, en este último (b). La precipitación va decreciendo hacia el Este y las líneas isoyetas siguen la orientación Norte-Sur con bastante aproximación.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La labor efectuada en el presente trabajo, podemos resumirla destacando lo siguiente:

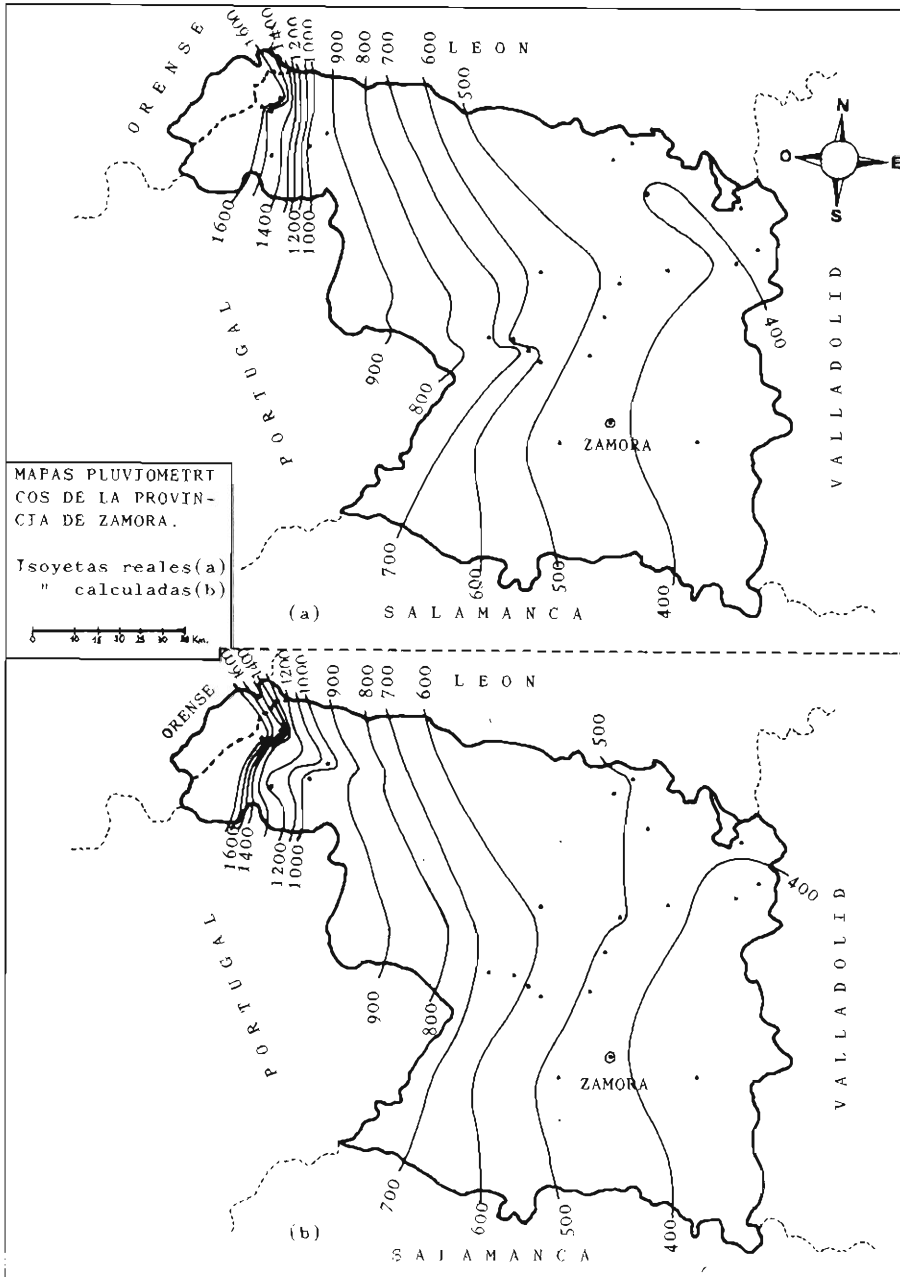
- 1) Se han obtenido las distintas ecuaciones de regresión lineal múltiple de la precipitación, en función de los factores geoclimáticos para las provincias de Ávila, Burgos, León, Segovia y Zamora.

- 2) Hemos comprobado, que el parámetro o factor introducido en el primer paso del análisis de regresión, es el que mayor influencia ejerce en la distribución de la precipitación, debido a la existencia de correlación entre éste y el resto de las variables.

- 3) La regresión precipitación-altitud, da en general resultados satisfactorios, pero particularmente para aquellas zonas cuya orografía se caracteriza por ascensos continuos con elevaciones acusadas.

- 4) El parámetro geoclimático, distancia al mar en dirección Noroeste, presenta su mayor influencia en las zonas ubicadas al Oeste de la Cuenca y las que se encuentran al Sur del cauce del Río Duero (Ávila, Segovia). Por el contrario, el parámetro, distancia al mar en dirección Norte, es el que condiciona la distri-

MAPA 5



bución de la precipitación en zonas próximas al Norte de la misma (Burgos, León).

5) Se presentan mapas de isoyetas de los valores observados y de los calculados de precipitación, obteniendo en todos los casos una acusada similitud entre ambos. Esto nos permite precisar la precipitación media anual en cualquier lugar de estas provincias sin necesidad de efectuar observaciones pluviométricas.

BIBLIOGRAFÍA

- CABERO, V. (1982): *El espacio geográfico Castellano-Leonés*. Colec. Amb. Castilla y León, Arte y Ediciones, S.A.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1981): *Los climas de España*. Oikos-tau, S.A. Ediciones, Barcelona.
- DAWDY, D. R. and LANGBEIN, W. B. (1960): *Mapping mean areal precipitation*. Bull. Intern. Assoc. Sci. Hydrol., 19: 16-23.
- EGIDO, A. (1984): *Influencia de las características geográficas y topográficas en la distribución de la precipitación en la Cuenca del Río Duero*. Serie: Tesis Doctorales. TC-353. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Salamanca.
- EGIDO, A.; DE PABLO, F.; EGIDO, M. y GARMENDÍA, J. (1984): *La precipitación media anual como función de la situación del lugar*. Anales de Edafol. y Agrobiol. (en prensa).
- EGIDO, A.; DE PABLO, F.; EGIDO, M. y GARMENDIA, J. (1984): *Distribución de la precipitación en la Cuenca del Duero*. Revista de Meteorología, A.M.E., Madrid. (en prensa)
- GARMENDIA, J. (1968): *El clima de la provincia de Zamora*. C.S.I.C., Centro de Edafol. y Biol. Apl. de Salamanca.
- GARMENDIA, J. (1972): *El clima de la provincia de Ávila*. C.S.I.C., Centro de Edafol. y Biol. Apl. de Salamanca.
- MILLER, J. F. (1972): *Physiographically Adjusted Precipitation-Frequency maps*. In: Distribution of precipitation in Mountainous areas, Vol. II; Proceedings of the Geilo Symposium, Geilo, Norway, July 31-August 5, W.M.O. No. 326, Geneva: 264-277.
- MOLINA, A. M.; JUSTE, J.; UCIEDA, F.; RETUERTO, R. y CARBALLEIRA, A. (1982): *Predicción de parámetros climáticos de interés ecológico en Galicia: II Pluviometría y Termometría*. Anales de Edafol. y Agrobiol., Tomo XLII, pp. 43-66.
- PECK, E. L. and BROWN, M. J. (1962): *An approach to the development of isohyetal maps for mountainous areas*. J. Geophys. Res., 67: 681-694.
- RYDEN, B. E. (1972): *On the problem of vertical distribution of precipitation, especially in areas with great height differences*. In: Distribution of precipitation in Mountainous areas. Vol. II; Proceedings of the Geilo Symposium, Geilo, Norway, July 31-August 5, W.M.O. No. 326, Geneva.
- TERAN, M. y col. (1968): *Geografía regional de España*. Ed. Ariel.

APÉNDICE

TABLA I
PROVINCIA DE ÁVILA

Estación	Latitud	Longitud	*D _N '	h	Δh	D _{NO}	D _N	h _{SO}	R _{ob}	R _{cul}
Angostura	40° 20' N	05° 21' W	379.50	1200	106.78	302.50	324.36	2300	584.1	803.5
Ávila (Observ.)	40° 39' N	04° 42' W	343.00	1131	1.78	371.50	350.00	2100	343.4	411.4
Cabezas de Alambre	40° 57' N	04° 50' W	309.50	902	-5.89	357.00	315.82	800	385.9	397.8
Casas del Puerto de Villatoro	40° 32' N	05° 12' W	357.50	1175	102.78	322.50	328.58	2390	782.9	718.6
Cillán	40° 42' N	04° 58' W	337.00	1212	-16.44	346.00	343.88	1350	608.2	555.7
Gemuño	40° 35' N	04° 47' W	355.50	1103	27.56	361.00	362.76	2137	428.9	455.3
Hoyos del Espino	40° 21' N	05° 10' W	377.00	1460	44.33	320.00	342.73	2592	887.2	792.8
Lastra del Cano La	40° 21' N	05° 24' W	378.00	1438	-54.89	294.00	316.58	2390	624.2	725.9
Mingorría	40° 45' N	04° 00' W	335.00	1032	1.78	372.50	341.84	1560	444.9	386.1
Muñogalindo	40° 36' N	04° 54' W	349.50	1128	24.67	348.50	356.63	2500	414.6	480.5
Narrillos del Reboliar	40° 40' N	04° 58' W	342.00	1379	9.33	345.00	348.98	2200	665.4	642.8
Navamures	40° 19' N	05° 30' W	384.50	1065	53.33	280.50	312.09	2390	817.4	701.2
Serrada La	40° 38' N	04° 47' W	348.00	1106	15.44	361.50	355.10	1600	385.7	475.0
Sotalvo	40° 32' N	04° 51' W	357.00	1158	32.67	350.50	364.29	2100	620.3	527.9
Villafranca de la Sierra	40° 30' N	05° 14' W	361.50	1107	125.22	317.50	368.88	2390	687.0	708.8
Zapardiel de la Ribera	40° 21' N	05° 19' W	374.50	1353	55.67	305.00	328.51	2300	877.5	811.1
Zorita de los Molinos	40° 46' N	04° 42' W	322.50	926	32.67	365.00	339.29	2200	385.8	349.0

* Distancia al mar en dirección Norte (343°) no corregida.

TABLA II
PROVINCIA DE BURGOS

Estación	Latitud	Longitud	D _N '	h	Δh	D _{NO}	D _N	h _{SO}	R _{ob}	R _{cal}
Aranda de Duero	41° 39' N	03° 41' W	200.50	798	7.89	479.50	172.35	—	429.8	441.7
Burgos (Observ.)	42° 20' N	03° 42' W	124.00	861	11.11	398.00	102.90	—	554.0	614.7
Castrogeriz	42° 17' N	03° 68' W	130.50	808	10.89	370.50	114.98	—	443.7	532.6
Hontoria del Pinar	41° 51' N	03° 10' W	190.00	1041	20.44	479.00	151.20	—	748.2	743.1
Huermeces	42° 31' N	03° 46' W	103.50	884	35.44	371.00	85.89	—	647.5	697.6
Humada	42° 40' N	03° 65' W	85.00	959	19.33	344.50	72.55	—	925.5	767.0
Madrigalejo del Monte	42° 08' N	03° 43' W	149.00	893	11.11	411.00	125.40	—	538.8	609.8
Montorio	42° 35' N	03° 46' W	97.00	944	11.89	370.50	80.28	—	833.8	733.4
Moradillo de Roa	41° 33' N	03° 47' W	215.50	933	-12.67	480.00	189.60	800	449.8	516.8
Palacios de la Sierra	41° 58' N	03° 08' W	178.50	1068	15.00	457.00	140.56	—	763.7	776.0
Peñaranda de Duero	41° 41' N	03° 29' W	199.00	855	13.00	487.50	166.30	—	576.4	519.5
Roa de Duero	41° 42' N	03° 55' W	204.50	810	-6.67	466.00	183.95	800	593.6	408.3
Santa Cruz del Tozo	42° 39' N	03° 53' W	88.00	940	13.33	355.00	73.23	—	748.7	740.4
Torrejilla del Monte	42° 06' N	03° 41' W	152.00	949	-3.78	418.50	128.16	—	538.0	641.2
Villafria (Aeródromo)	42° 21' N	03° 37' W	124.00	887	14.33	398.50	101.92	—	599.1	647.5
Villovela de Esgueva	41° 49' N	03° 58' W	188.50	831	37.78	453.50	169.56	—	516.7	517.7

TABLA III
PROVINCIA DE LEÓN

Estación	Latitud	Longitud	D _N '	h	Δh	D _{NO}	D _N	R _{ob}	R _{cal}
Astorga	42° 27' N	06° 03' W	130.00	870	-4.78	259.50	121.27	416.1	558.7
Cimanes del Tejar	42° 37' N	05° 48' W	109.50	899	7.67	244.80	111.73	595.9	643.3
Cofinal	43° 02' N	05° 16' W	60.50	1185	85.56	236.50	60.30	1525.1	1357.3
Hospital de Órbigo	42° 28' N	05° 53' W	129.00	819	3.67	266.50	131.63	518.2	477.1
Huergas de Babia	42° 57' N	06° 05' W	75.00	1222	68.00	193.50	76.53	1175.4	1025.8
La Bañeza (Azucarera)	42° 18' N	05° 54' W	148.50	771	2.11	287.00	141.43	439.6	424.7
La Majúa	42° 59' N	06° 01' W	69.00	1269	65.44	198.00	70.41	974.2	1107.7
León (B. Aérea)	42° 35' N	05° 39' W	114.00	913	-9.44	258.50	116.33	572.8	606.7
Los Barrios de Luna	42° 51' N	05° 51' W	88.50	1043	70.67	210.00	90.31	988.7	905.5
Maraña	43° 03' N	05° 10' W	60.00	1253	107.56	237.00	59.21	1404.3	1422.3
Matadeón de los Oteros	42° 20' N	05° 22' W	146.00	858	-3.44	308.50	148.98	576.6	413.7
Navatejera	42° 38' N	05° 34' W	111.50	878	-9.33	251.50	113.78	527.3	607.0
Prioro	42° 54' N	04° 57' W	71.50	1116	94.22	267.50	68.53	1216.3	1369.4
Puebla de Lillo	43° 00' N	05° 16' W	64.00	1137	45.78	234.50	64.00	1469.8	1230.1
Rabanal de Luna	42° 56' N	05° 58' W	76.00	1156	127.89	203.00	77.55	1123.7	1144.6
Riaño	42° 58' N	05° 01' W	64.50	1048	75.33	251.50	62.02	1301.1	1343.8
Riolago	42° 57' N	06° 04' W	72.50	1240	58.89	199.00	73.98	1010.6	1055.9
Robledo de Babia	42° 58' N	06° 04' W	74.00	1308	54.67	192.80	75.51	1044.6	1023.7
Sahagún	42° 22' N	05° 02' W	138.00	818	0.11	314.00	139.17	435.5	535.3
San Emiliano	42° 58' N	06° 00' W	70.50	1179	79.67	198.00	71.94	1139.0	1103.3
San Martín de la Falamosa	42° 42' N	05° 52' W	103.00	994	33.44	229.00	105.10	756.1	728.8
Santa María del Páramo	42° 21' N	05° 45' W	142.00	809	-1.11	293.50	144.90	442.7	407.7
Sena de Luna	42° 56' N	05° 57' W	77.50	1142	106.89	202.00	79.08	1190.2	1084.0
Sopeña de Curueño	42° 48' N	05° 24' W	99.50	961	54.00	250.50	101.53	852.7	865.6
Torrebarrio	43° 01' N	05° 59' W	65.00	1322	100.22	190.00	66.33	1030.3	1199.9
Villasecino	42° 57' N	06° 01' W	70.00	1158	85.33	200.40	71.43	1038.3	1123.2

TABLA IV
PROVINCIA DE SEGOVIA

Estación	Latitud	Longitud	D _N	h	Δh	D _{NO}	D _N	h ₅₀	R _{ob}	R _{cal}
Aguilafuente	41° 14' N	04° 07' W	264.50	888	0.00	435.00	250.33	969	483.4	493.1
Cantimpalos	41° 05' N	04° 09' W	289.00	906	4.44	412.50	280.58	800	529.2	466.1
Carbonero el Mayor	41° 07' N	04° 16' W	286.00	912	-17.00	404.00	282.25	800	418.7	478.5
Cerezo de Arriba	41° 14' N	03° 33' W	253.50	1129	-4.00	480.00	222.06	2000	724.4	719.2
Estebanvela	41° 22' N	03° 20' W	240.50	1044	26.00	527.00	199.87	1830	558.8	564.3
Fuentepeñalayo	41° 13' N	04° 10' W	268.50	866	3.44	425.00	258.17	960	592.5	483.8
Grado del Pico	41° 18' N	03° 15' W	245.00	1272	24.00	533.00	202.20	1680	701.8	717.5
Hontalvilla	41° 21' N	04° 07' W	249.50	886	-5.78	435.00	235.02	800	541.6	534.2
Lastras del Pozo	40° 53' N	04° 21' W	314.50	967	-3.33	403.00	318.77	1200	424.1	428.1
Linajes del Arroyo	41° 32' N	03° 33' W	222.00	911	41.44	503.50	188.68	800	454.5	517.2
Ortigosa del Monte	40° 51' N	04° 10' W	318.50	1104	9.78	417.50	314.82	1500	543.5	542.6
Pajares de Pedraza	41° 10' N	03° 51' W	269.50	960	29.44	450.00	246.89	1200	562.8	556.1
Prádena	41° 08' N	03° 41' W	270.50	1119	28.44	464.00	247.05	2000	764.2	701.9
Riaza	41° 46' N	03° 28' W	247.50	1187	18.22	490.00	213.38	2000	796.0	785.7
Sanchoño	41° 19' N	04° 18' W	259.50	803	1.00	416.00	254.01	913	484.7	474.5
San Cristóbal de la Vega	41° 07' N	04° 38' W	298.50	867	-8.22	370.00	304.59	800	403.6	490.0
San Ildefonso (La Granja)	40° 54' N	04° 00' W	302.50	1191	85.11	430.00	289.95	1800	746.8	760.8
Sanibáñez de Ayllón	41° 20' N	03° 17' W	245.50	1126	12.89	531.50	204.02	2100	593.2	611.3
Segovia (Observ.)	40° 57' N	04° 07' W	304.00	1002	-1.78	415.00	295.15	1500	469.1	531.5
Turégano	41° 09' N	04° 00' W	272.50	935	9.89	428.50	257.10	800	525.5	528.1
Villacastín	40° 47' N	04° 25' W	335.00	1096	7.33	399.00	341.84	1800	509.7	520.9
Zamarramala (Vivero)	40° 58' N	04° 08' W	302.00	1006	0.44	419.00	296.08	800	540.1	462.7

TABLA V
PROVINCIA DE ZAMORA

Estación	Latitud	Longitud	D _N '	h	Δh	D _{NO}	D _N	h _{SO}	R _{ob}	R _{cal}
Campamento Cárdena	42° 08' N	06° 47' W	189.50	1640	-48.33	200.00	129.62	—	1609.7	1705.5
Carbajales de Alba	41° 39' N	06° 00' W	227.00	752	-8.56	252.00	193.36	—	670.6	585.4
El Fraile	42° 07' N	06° 46' W	187.50	1712	-138.89	204.50	129.67	—	1626.5	1566.0
Fontanillas de Castro	41° 44' N	05° 47' W	215.50	718	-5.78	284.50	195.55	—	472.1	478.0
Granja de Moreuela	41° 48' N	05° 44' W	205.50	703	9.00	285.50	190.28	—	471.8	500.9
Manzanal del Barco	41° 38' N	05° 57' W	229.50	691	12.33	254.00	196.49	—	566.4	556.0
Montamarta	41° 39' N	05° 48' W	226.50	687	4.11	269.00	201.15	—	470.5	492.2
Morales del Rey	42° 04' N	05° 47' W	174.50	722	12.33	303.50	165.87	—	460.8	525.8
Muga de Alba	41° 40' N	06° 02' W	223.00	740	11.00	241.50	187.39	—	575.7	649.4
Paramio de Sanabria	42° 05' N	06° 35' W	190.00	960	67.22	216.50	134.18	—	905.8	1162.3
Peleagonzalo	41° 29' N	05° 29' W	244.50	650	22.00	294.00	249.49	900	300.4	365.9
Pobladura del Valle	42° 06' N	05° 44' W	173.00	734	4.22	307.00	176.53	—	476.8	497.1
Puebla de Sanabria (Iberd.)	42° 03' N	06° 38' W	196.00	960	-0.33	210.00	137.06	—	991.0	1015.3
Requejo	42° 01' N	06° 44' W	200.50	1006	69.89	203.00	136.77	—	1482.4	1246.8
Ribadelago	42° 07' N	06° 45' W	190.00	1008	130.89	202.50	130.49	—	1466.9	1401.3
Salto de San Román	41° 28' N	05° 53' W	249.50	620	33.33	260.00	211.44	800	440.0	489.5
Sta. Cristina de la Polvorosa	42° 00' N	05° 43' W	183.00	720	0.67	315.00	186.73	—	398.5	440.4
Tábara	41° 49' N	05° 57' W	205.00	744	6.89	271.00	179.82	—	569.9	589.9
Vide de Alba	41° 40' N	06° 06' W	222.00	740	8.89	240.50	181.97	—	767.6	654.6
Villafáfila (La Tabla)	41° 50' N	05° 38' W	202.00	680	8.78	305.00	206.12	—	410.8	407.9
Villalpando	41° 51' N	05° 25' W	203.50	688	4.78	321.00	207.65	—	394.7	369.9
Villamayor de Campos	41° 53' N	05° 21' W	197.50	691	5.11	330.50	201.53	—	494.6	361.9
Villanueva del Campo	41° 59' N	05° 24' W	186.50	755	-0.78	335.50	190.31	—	460.1	425.8
Zamora (Observ.)	41° 30' N	05° 45' W	242.00	630	8.67	272.50	216.85	—	411.9	407.7