

## ESTIMACION DE LA PRECIPITACION EN LA CUENCA DEL DUERO EN FUNCION DE FACTORES GEO-METEOROLOGICOS GENERALES

*A. Egido, M. Egido y J. Garmendía  
Departamento de Física de la Tierra y del Cosmos  
Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca*

### Resumen

Se comprueba la importancia de factores geo-meteorológicos como latitud y longitud en la estimación de la precipitación en la Cuenca del río Duero, y se estudia la posibilidad de reducir a cuatro el número de los factores generales determinantes de dicha precipitación.

### Summary

The importance of geo-meteorological factors like latitude and longitude is verified in the valuation of the precipitation in the Duero River Basin, and the possibility of reducing to four the number of general determinative factors of this precipitation is studied.

### Introducción

Siguiendo en la misma línea de investigación de los últimos trabajos publicados (Egido, 1985; De Pablo, 1986) sobre la distribución de las precipitaciones en la Cuenca del Duero, en función de varios factores geo-climáticos, selectivos para cada zona o región uniforme en sus características meteorológicas, vamos a proponer nuevas variables geo-meteorológicas que presentan una mayor generalidad para toda la Península.

Los factores geo-climáticos utilizados para el cálculo de la precipitación y que figuran en los trabajos anteriormente citados son: la altitud del observatorio ( $h$ ); la laplaciana de la altitud  $\Delta$ ,

para cuantificar la mayor o menor curvatura del terreno; las distancias al mar en las direcciones Oeste ( $291^\circ$ ) ( $D_{NO}$ ) y Norte ( $343^\circ$ ) ( $D_N$ ) y la distancia al Este ( $14^\circ$ ) ( $D_E$ ); su justificación, así como la obtención de los mismos, queda ampliamente detallado en las publicaciones a las que hacemos referencia.

Las nuevas variables geo-meteorológicas que proponemos para la obtención de nuestras ecuaciones de predicción son: la latitud ( $N$ ), que se considera como el primer factor determinante del clima de un lugar; su cuantificación se realiza tomando la distancia desde cada observatorio a un paralelo de referencia ( $43^\circ 50' N$ ) y su valor se expresa en minutos de arco; y la longitud ( $W$ ), cuyo punto de referencia tomamos el meridiano  $10^\circ W$ , su valor viene expresado igualmente en minutos de arco. Estas nuevas variables sustituyen a dos de las anteriormente citadas: a la distancia al mar en dirección Oeste y a la distancia al Este.

La justificación de estos dos nuevos factores queda explicado con detalle en el trabajo publicado por Garmendía, M. I. (1986).

La importancia de proponer algunas ecuaciones de predicción para la precipitación, no solamente contribuye de alguna manera a paliar los efectos causados por los desastres naturales (lluvias torrenciales), sino también poder estimar las precipitaciones en algunas zonas que presentan gran dispersión en los datos de precipitación, o que poseen escaso número de éstos o incluso tienen escasez de ellos.

### Objetivo del trabajo

El objetivo de nuestro trabajo tiene una doble vertiente, por una parte, el poder conocer la distribución de la precipitación en la Cuenca del Duero en función de factores que dependen de los caracteres geográficos de lugar y de las cualidades meteorológicas, es decir, de los denominados factores geo-meteorológicos generales para cualquier zona de nuestra Península, a diferencia de los utilizados en los trabajos citados al principio, que resultan válidos solamente para regiones que guardan una cierta homogeneidad y uniformidad en cuanto a sus características climáticas y meteorológicas.

Teniendo en cuenta la publicación "Análisis estadístico de la pluviometría en la península Ibérica", Villa y col. (1985) manifiestan que: el hecho meteorológico objeto de estudio debe quedar definido con el menor número posible de factores y que precisamente los factores que se desprecian tienen que ser lo suficientemente pequeños que sea posible prescindir de ellos. Es

pues, nuestro segundo objetivo el poder prescindir de algún factor de los ya mencionados, determinante de la cantidad de precipitación recogida, sin gran menoscabo de la bondad de los resultados.

### Tratamiento de datos y obtención de resultados

Las relaciones entre los valores promedios anuales (1961-1980) de precipitación y los factores geo-meteorológicos:  $h$ ,  $\Delta h$ ,  $D_N$ ,  $W$  y  $N$ ; se han obtenido utilizando el programa BMDP2R versión de la regresión múltiple paso a paso del programa estadístico BMDP, que dispone el Centro de Cálculo de la Universidad de Salamanca.

Este programa ofrece, entre otros informes, algunos valores estadísticos de la variable dependiente, precipitación y de las independientes, anteriormente enumeradas, éstos son los que se muestran a continuación:

Nombre de la variable	Valores medios	Desviación típica	Valor más pequeño	Valor mayor
R Precipitación (mm)	632,45	268,47	300,40	1.626,50
h Altitud (m)	925,38	196,36	527,00	1.712,00
$\Delta h$ Laplaciana de la altitud (m/km <sup>2</sup> )	19,12	33,89	-138,89	130,89
$D_N$ Distancia al mar en dirección N. (km)	190,01	81,97	55,90	368,90
W Distancia al Oeste (minutos)	312,16	65,66	188,00	498,00
N Distancia al paralelo (minutos)	125,00	44,06	47,00	211,00

También nos proporciona la matriz de correlación entre todas las variables que van a ser incluidas en la ecuación de regresión, con objeto

de ver el grado de relación entre ellas y poder decidir así qué variables se pueden eliminar, como ya apuntamos al principio.

	R	h	$\Delta h$	$D_N$	W	N
R	1.0000					
h	0.6667	1.0000				
$\Delta h$	0.4665	0.2978	1.0000			
$D_N$	-0.4861	-0.0540	-0.2453	1.000		
W	-0.2603	0.0753	-0.0116	-0.0279	1.0000	
N	-0.4284	-0.0316	-0.2712	0.9386	0.0382	1.0000

De su análisis destacamos que la mayor correlación con la precipitación la presenta la altitud, siendo algo inferior para la distancia al mar en dirección Norte, distancia al paralelo y laplaciana de la altitud.

Cabe también resaltar la gran correlación existente entre la distancia al mar en dirección Norte y la distancia al paralelo (0.9386).

La ecuación de regresión, ajustada a los términos lineales y cuadráticos de los cinco factores mencionados es:

$$R = 644,10 + 1,77 \Delta h - 2,52 D_N - 1,26 W + 5,26 N + 0,40 \cdot 10^{-3} h^2 + 0,007 \Delta h^2 - 0,01 N^2 [1]$$

coeficiente de correlación:  $r = 0.8985$

estadístico  $F = 111,27$ ; significativa para el 99,5 %.

Si suprimimos el factor distancia al paralelo, la ecuación de predicción con el resto de los parámetros viene expresada de la siguiente manera:

$$R = 974,63 + 0,66 h + 0,99 \Delta h - 1,27 D_N - 3,82 W + 0,38 \cdot 10^{-4} h^2 + 0,01 \Delta h^2 + 0,004 W^2 \quad (2)$$

coeficiente de correlación:  $r = 0.8932$

estadístico  $F = 104,86$ ; significativa para el 99,5 %.

De la misma forma, hemos realizado el ajuste estadístico entre la precipitación y los cuatro parámetros:  $h$ ,  $\Delta h$ ,  $W$  y  $N$ , resultado de eliminar el factor distancia a la costa Cantábrica; en este caso obtenemos la ecuación siguiente:

$$R = 1.272,59 + 0,78 h - 0,26 \cdot 10^{-4} h^2 + 0,92 \Delta h - 5,99 W - 2,08 N + 0,01 \Delta h^2 + 0,007 W^2$$

coeficiente de correlación:  $r = 0,8768$

estadístico  $F = 88,38$ ; significativa para el 99,5 %.

Analicemos, un poco, algunas de las consecuencias que se pueden obtener de las tres ecuaciones anteriores: los valores de los coeficientes de correlación en todas ellas son muy notables y, por tanto, significativos dada la gran extensión de la zona que estudiamos y la gran oscilación que presenta el elemento climático, precipitación (entre 300,4 y 1.626,5 mm).

Otra consecuencia inmediata es que cuando en la ecuación (2) eliminamos el factor distancia al paralelo, el coeficiente de correlación obtenido en este caso es prácticamente el mismo, ello se debe a la gran correlación existente entre los parámetros distancia al mar en dirección Norte y distancia al paralelo ( $D_N/N$ ,  $r = 0.9386$ ).

La relación (3) nos da la ecuación de predicción de la precipitación en función de cuatro factores geo-meteorológicos, generales para cualquier zona o región que se nos presente, es decir, conociendo las coordenadas geográficas de un determinado lugar: altitud ( $h$ ), latitud ( $N$ ) y longitud ( $W$ ) y la topografía local del mismo, se puede estimar cuantitativamente la cantidad de precipitación recogida de ese lugar o zona de estudio.

Comparando los resultados obtenidos de la introducción de los dos nuevos factores geo-meteorológicos ( $N$  y  $W$ ) para el cálculo de la precipitación en la Vertiente Cantábrica (Garmendia, M. I., 1986) con los obtenidos por nosotros, se puede generalizar diciendo que esos parámetros, resultan igualmente determinantes de la distribución de la precipitación para la Cuenca del Duero, como bien se desprende del coeficiente de correlación obtenido ( $r = 0.8768$ ).

No obstante, se observa que cuando introducimos un factor más específico como es la distancia al mar, medida en una dirección determinada, ese coeficiente de correlación aumenta, pero su diferencia, pequeña, permite el uso correcto de la expresión (3) para la mayoría de los casos.

Del análisis de los coeficientes de regresión que figuran en la expresión (3), se deduce lo si-

guiente: existe una disminución de 20,8 litros por cada 10 minutos que nos adentremos hacia el interior.

La laplaciana de la altitud o curvatura de la superficie del contorno, aumenta la lluvia recogida en 0,92 mm por  $m/km^2$  de curvatura. Encontramos un coeficiente igualmente positivo para la variable altitud, lo que significa que la precipitación recogida aumenta 78 mm por 100 m de elevación; pero este aumento de la precipitación no es constante y a medida que la altitud va siendo mayor, disminuye la precipitación; esa altura a partir de la cual, en vez de aumentar la precipitación, disminuye, es de 15.000 m, obtenida de hacer nula la primera derivada ( $\partial R/\partial h = 0$ ) en la ecuación (3).

En nuestros caso, como las alturas son muy inferiores a la citada en todos los observatorios, les corresponde mayor precipitación a mayor altura en igualdad de los otros factores.

Si analizamos la influencia de la distancia al Oeste, nos ocurre algo semejante, la precipitación disminuye a medida que vamos hacia el Este, concretamente hasta  $2^\circ 52' W$  (sin más que hacer  $\partial R/\partial W = 0$ ); a partir de ahí, aumenta la precipitación a medida que nos dirigimos hacia el Este; es decir, hay un mínimo de precipitación en el sentido longitudinal comprobado porque la segunda derivada,  $\partial^2 R/\partial W^2$ , sale mayor que cero. Todo ello, de acuerdo con lo expuesto en una publicación realizada por nosotros en nuestros primeros comienzos sobre los factores más importantes causantes de la precipitación en la Cuenca del Duero (Rev. de Geofísica, 1985).

En resumen, resaltamos la importancia de poder reducir a cuatro el número de factores geo-

meteorológicos en esta predicción con bastante fiabilidad, ya que los resultados obtenidos son francamente satisfactorios como bien lo prueban los coeficientes de correlación expuestos. También destacamos la importancia de los parámetros: latitud (N) y longitud (W) en la estimación de la precipitación, como factores generales aplicables a cualquier zona de nuestro territorio.

### Bibliografía

- DE PABLO, F.; EGIDO, A.; SECO, J., Y GARMENDIA, J.: "Nuevas consideraciones y mejoras en la aplicación de la distribución de precipitación en la Cuenca del río Duero". *Revista de Meteorología* (en prensa).
- EGIDO, A.; DE PABLO, F.; EGIDO, M., Y GARMENDIA, J.: "La precipitación en la Cuenca del Duero como función de los factores geográficos y topográficos". *Revista de Geofísica* (1985), 41, 183-190.
- EGIDO, A.; DE PABLO, F.; EGIDO, M., Y GARMENDIA, J.: "Distribución de la precipitación en la Cuenca del Duero". *Revista de Meteorología* (en prensa).
- GARMENDIA, M. I.; PÉREZ, C.; RODRÍGUEZ, C., Y GARMENDIA, J.: "Estimación cuantitativa de las precipitaciones anuales en la Vertiente Norte de la península Ibérica". *Revista de Geofísica* (en prensa).
- GARMENDIA, M. I.; PÉREZ, C.; RODRÍGUEZ, C., Y GARMENDIA, J.: "Factores determinantes de la precipitación anual en la Vertiente Cantábrica". A. M. E. XVII Jornadas Científicas de Meteorología y Climatología (en prensa).
- D. VILLA, J.; GUERRA, J., Y CORRES, R.: "Análisis estadístico de la pluviometría en la península Ibérica". Instituto Nacional de Meteorología, publicación A-132, Madrid, 1985.