

## IMPORTANCIA DE LA CORRECCION DE LA LATITUD EN LA ESTIMACION DE LA PRECIPITACION

A. Egido, M. Egido y J. Garmendi  
Departamento de Física General y de la Atmósfera  
Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca

### Introducción

Nuestra preocupación desde el inicio de las primeras investigaciones acerca de la distribución de la precipitación en las Cuencas del Duero, ha sido sin duda, poder estimar estas precipitaciones, pero, no solamente limitarnos a una variación espacial de las cantidades de precipitación, sino también, determinar esta precipitación en cualquier lugar de dicha Cuenca. En resumen, encontrar una ecuación de carácter general que comprenda un número de predictores o factores geo-meteorológicos no muy elevado y que arroje unos resultados altamente satisfactorios.

### Objetivo del trabajo

En este trabajo, y como complemento al estudio de la distribución de la precipitación y su estimación en la Cuenca del Duero, realizamos una corrección del factor geo-climático: latitud, con objeto de "normalizar" estas distancias a un paralelo de referencia, mediante un factor corrector variable.

### Antecedentes en la estimación de la precipitación

Para disponer de una mayor información sobre las ecuaciones y predictores utilizados en el cálculo de la precipitación en la Cuenca del Duero, realizamos una breve revisión de algunos trabajos publicados a lo largo de nuestro quehacer investigador.

En el primero de ellos (A. Egido y col.; 1985) procedimos a determinar qué factores eran los realmente causantes de las variaciones de las lluvias en la Cuenca del Duero; seleccionamos cuatro parámetros topográficos que responden a aspectos como, la situación geográfica y la forma de la superficie de un entorno próximo; estos parámetros son: la altitud del observatorio ( $h$ ); la laplaciana de la altitud ( $\Delta h$ ) y las distancias al mar en dos direcciones, Noroeste ( $D_{NO}$ ) y Norte ( $D_N$ ), esta última fue tomada con la inclinación de  $343^\circ$ , dado que, el frente de la borrasca, proveniente del Atlántico, avanza frecuentemente con una cierta inclinación respecto al meridiano. Se realizó también, una corrección de esta distancia, teniendo en cuenta la distribución de lluvias en longitud a lo largo de la Costa Galai-co-Cántabra ya que suponemos, que la intensidad o capacidad de precipitación de los temporales al pasar por el Cantábrico, es variable a lo largo del paralelo.

Todo esto, se ha aplicado en posteriores trabajos (F. de Pablo y col.; 1986), con la aportación de un nuevo parámetro a los ya mencionados anteriormente, distancia en dirección Este ( $D_E$ ), que tiene por objeto, recoger el efecto de las bajas presiones que actúan sobre la Península y su desarrollo posterior pasando del Mar Cantábrico al Mar Mediterráneo.

En una reciente publicación del Departamento de Meteorología de la Universidad de Salamanca (M. I. Garmendia y col.; 1987) acerca de la estimación de las precipitaciones en la Vertiente Norte de la Península Ibérica, se sustituye

la acción conjunta de los centros de baja presión con origen al Oeste y Este de la Península por una cualquiera de las dos distancias a estos centros; nosotros, vamos a utilizar para nuestros cálculos posteriores, la distancia al mar en la dirección Oeste.

Posteriormente, en el trabajo (A. Egido y col.; 1986) se sustituyeron las distancias al mar en las dos direcciones ya señaladas por otros parámetros que presentan una mayor generalidad en toda la Península, estos factores a los que nos referimos son: la latitud (N), distancia media hasta un paralelo de referencia ( $43^{\circ} 50' N$ ) y la longitud (W), distancia media al meridiano  $10^{\circ} W$ .

### Importancia de la Cordillera Ibérica

Llegados a este punto de la investigación, hemos pensado, que podría existir alguna razón para que en nuestros primeros trabajos se mejoraran los resultados al tomar para la distancia al mar en la dirección Norte una cierta inclinación.

Creemos pues, que la razón podría encontrarse, en que la acción de borrascas que circulan al Este de la Cuenca del Duero no se pueden estimar como si su posición fuera siempre a lo largo del mismo meridiano. En efecto, su acción está regulada por las cadenas montañosas que limitan al Este nuestra Cuenca. Por ello, nosotros creemos que podemos valorar esta influencia, tomando la dirección Norte (latitud) con una inclinación de  $335^{\circ}$ , que es el promedio de las inclinaciones de las sierras situadas en la parte oriental de dicha Cuenca (Sistema Ibérico).

Por todo ello, y como complemento al estudio de la distribución de la precipitación y su estimación en la Cuenca del Duero, realizamos una corrección del factor geo-meteorológico: latitud, y lo hacemos de forma semejante a la realizada

con el parámetro: distancia al mar en la dirección Norte (A. Egido y col.; 1985).

A continuación, describimos brevemente el procedimiento utilizado para dicha corrección: se toma como base, la representación gráfica de la "variación de la precipitación con la longitud en la Vertiente Norte de la Península Ibérica" (fig. 1) (M. I. Garmendia y col.; 1987) y se procede de la siguiente forma: en un mapa, tomamos el punto representativo de cada observatorio y con la inclinación de  $335^{\circ}$  anotamos la longitud geográfica correspondiente en el paralelo  $43^{\circ} 40' N$ ; este valor de la longitud (medida a  $10^{\circ} W$ ) lo llevamos al eje de abscisas de la citada gráfica; en el punto de corte con la curva allí representada, leemos su correspondiente de la precipitación en el eje de ordenadas. La milésima parte del valor de la precipitación en el eje de ordenadas. La milésima parte del valor de la precipitación media anual, sería el factor corrector. El cociente entre los valores de latitud y el factor corrector, constituye la nueva latitud corregida (NC).

### Resultados obtenidos

Utilizando los promedios anuales de la precipitación y tomando los siguientes factores geometeorológicos, como los responsables de las variaciones de las lluvias en la Cuenca del Duero: altitud (h); laplaciana de la altitud ( $\Delta h$ ); longitud (W) y latitud corregida (NC); aplicamos un análisis de regresión múltiple no-línea (BMDP2R) a los datos obtenidos de los 194 observatorios de la Cuenca, y obtenemos, por una parte, algunos valores estadísticos de los factores mencionados, así como la matriz de correlaciones, y por otra parte, la ecuación de predicción de la precipitación.

En la tabla I, se muestran algunos valores estadísticos de los parámetros geo-climáticos:

TABLA I  
VALORES ESTADISTICOS DE LOS FACTORES GEO-METEOROLOGICOS

Nombre de la variable	Valores medios	Desviación típica	Mínimo absoluto	Máximo absoluto
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
W Distancia al Oeste (min.)	312,16	65,66	188,00	498,00
NC Distancia al paralelo corregida (min.)	84,49	32,30	27,61	145,79

y en la tabla II, la interrelación que existe entre la precipitación y los cuatro factores mencionados:

TABLA II  
MATRIZ DE CORRELACIONES

	R	h	$\Delta h$	W	NC
R	1,000				
h	0,667	1,000			
$\Delta h$	0,467	0,298	1,000		
W	-0,260	0,075	-0,012	1,000	
NC	-0,458	-0,039	-0,268	0,039	1,000

Finalmente, la ecuación obtenida para la estimación de la precipitación es la siguiente:

$$R = 932,19 + 0,81 h + 1,16 \Delta h - 4,89 W + 0,33 NC + 0,01 \Delta h^2 + 5,61 \times 10^{-3} W^2 - 1,92 \times 10^{-2} NC^2$$

**r = 0,8846**

(1)

La evaluación de la significación de la correlación entre la precipitación y el conjunto de los cuatro factores geo-climáticos, arroja un valor del estadístico F de Snedecor de 95,64, resultando por tanto, significativa, para el nivel de 99,5 %.

En el análisis de regresión múltiple no-línea, efectuado entre la precipitación y los parámetros: altitud (h); laplaciana de la altitud ( $\Delta h$ ); longitud (W) y latitud (N) (sin corregir), obtuvimos

la siguiente ecuación para la estimación de la precipitación:

$$R = 1.272,59 + 0,78 h + 0,92 \Delta h - 5,99 W - 2,08 N - 0,26 \times 10^{-4} h^2 + 0,01 \Delta h^2 + 7,40 \times 10^{-3} W^2$$

**r = 0,8768**

(2)

El valor del estadístico F de Snedecor es de 88,38 con un nivel de significación del 99,5 %.

De la comparación de los coeficientes de correlación obtenidos en ambos casos, se deduce, la importancia de tomar una cierta inclinación para la distancia norte (paralelo de referencia), lo que corrobora y ratifica nuestras primeras aportaciones al cálculo de la precipitación.

Veamos a continuación, algunas de las consecuencias que se derivan del análisis de los coeficientes de regresión de la ecuación [1]:

Se observa un aumento de la precipitación con la altitud, al resultar ésta con un coeficiente positivo. Este aumento es de 81 mm al variar 100 m la altitud.

La ecuación, nos muestra igualmente, un coeficiente positivo para la variable laplaciana; por tanto, la precipitación recogida aumenta en 1,17 litros por cada m/Km<sup>2</sup> de variación en la curvatura cóncava de la superficie del terreno.

La influencia de la longitud, supone disminuciones en la precipitación a medida que nos acer-

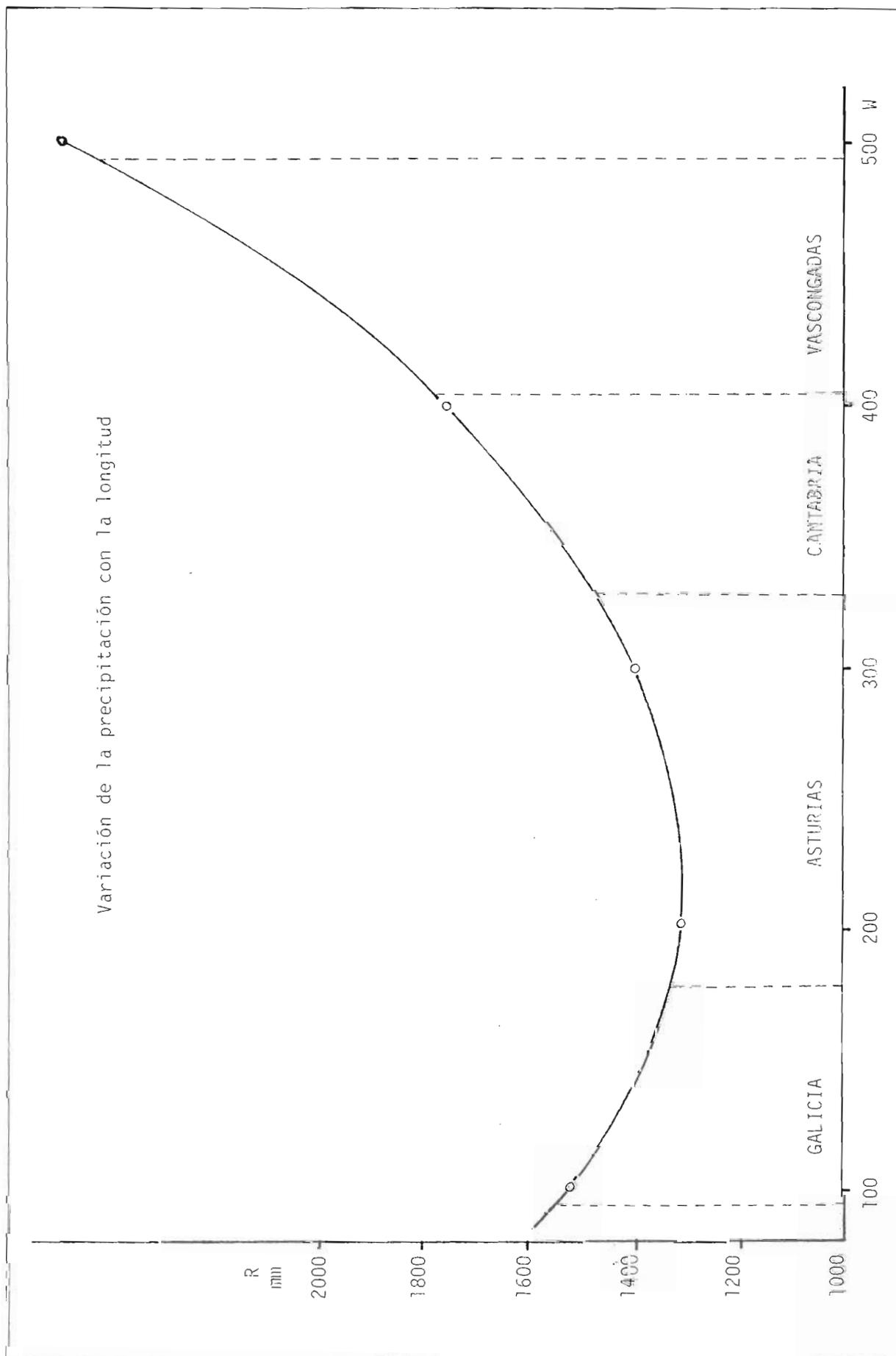


Figura 1.— Distancia a 10° W en minutos de arco.

camos a la parte oriental de la Cuenca del Duero, concretamente hasta 436 minutos de arco, que corresponde a la longitud de  $2^{\circ} 44' W$ , es decir, al meridiano que pasa aproximadamente por la estación de "Almazán" en la provincia de Soria. A partir de ahí la precipitación aumenta. Este hecho, confirma de nuevo la existencia de un valor mínimo en la precipitación (A. Egido y col.; 1987).

Por último, algo semejante ocurre con el efecto de latitud, a mayor distancia al norte, disminuye la precipitación. Ahora bien, hasta un valor de la latitud de 8,59 minutos de arco ( $\simeq 16$  Km) ocurre lo contrario, la precipitación aumentaría con la latitud; este hecho, no afecta a ningún observatorio de la Cuenca del Duero, ya que todos ellos superan esta distancia al paralelo de referencia. A partir de ese valor y a medida que nos adentramos hacia el interior de la Península, la precipitación disminuye. Esta disminución es de 127,5 mm por cada 50 ( $\simeq 92,5$  Km) de alejamiento del mar. Estos cálculos han sido realizados para observatorios situados en un intervalo alrededor del valor medio de la latitud ( $NC=84,49$  minutos de arco), es decir, entre  $NC=50'$  y  $NC=100'$ .

## Conclusiones

Después de una serie de estudios acerca de la elección de los parámetros geo-meteorológicos (altitud, laplaciana de la altitud, longitud y lati-

tud) que mejor definieran la climatología de la Cuenca del Duero, y más concretamente, la distribución de la precipitación en dicha zona; los resultados obtenidos nos confirman la importancia de tomar la distancia al norte (latitud) con una cierta inclinación ( $335^{\circ}$ ), así como la de efectuar una corrección de la misma teniendo en cuenta la distribución de lluvias en la Vertiente Norte de la Península Ibérica.

## Bibliografía

- EGIDO, A.; F. DE PABLO; EGIDO, M. y GARMENDIA, J. (1985): "La precipitación en la Cuenca del Duero, como función de los factores geográficos y topográficos." *Rev. de Geofísica*, 41 (2), pp. 183-190.
- F. DE PABLO; EGIDO, A.; SECO, J. y GARMENDIA, J. (1986): "Nuevas consideraciones y mejoras en la aplicación de la distribución de precipitación en la Cuenca del Río Duero." *Rev. de Meteorología, A.M.E.*, pp. 31-48, junio.
- GARMENDIA, M. I.; PÉREZ, C.; RODRÍGUEZ C. y GARMENDIA, J. (1987): "Estimación cuantitativa de las precipitaciones anuales en la Vertiente Norte de la Península Ibérica." *Rev. de Geofísica*, 43 (1), pp. 93-103.
- EGIDO A.; EGIDO M. y GARMENDIA J. (1986): "Estimación de la precipitación en la Cuenca del Duero en función de factores geo-meteorológicos generales." *Rev. de Meteorología, A.M.E.*, pp.59-62, diciembre.
- EGIDO, A.; EGIDO, M. y GARMENDIA J. (1987): "Distribución estacional de las precipitaciones en la Cuenca del Duero". *Anales de Física* (en prensa).