

CASO-ESTUDIO DE APLICACIÓN DE DATOS DE PRECIPITACIÓN RADAR A LA ESTIMACIÓN DEL CAMPO DE PRECIPITACIONES CON FINES CLIMATOLÓGICOS

Andrés CHAZARRA BERNABÉ, José A. LÓPEZ DÍAZ y Fernando AGUADO ENCABO

Instituto Nacional de Meteorología

RESUMEN

El objetivo de este caso-estudio estriba en la comparación, a los efectos de la estimación del campo de precipitaciones, de un método tradicional basado en la regresión sobre la altitud e interpolación kriging de las anomalías y de un método nuevo en que se efectúa la regresión sobre el dato radar. Se ha seleccionado para la comparación un área alrededor de Madrid, estimándose el campo de precipitaciones totales mensuales de diciembre de 1996. De los errores cuadráticos medios obtenidos por ambos métodos se deduce que la estimación con datos radar mejora ligeramente el método tradicional, y ambos son claramente superiores al kriging simple de las observaciones.

Palabras clave: campo de precipitaciones, interpolación espacial, kriging, datos radar.

ABSTRACT

The objective of this case-study consists in the comparison, for precipitation field estimation purposes, between a traditional method based on a regression against altitude and kriging interpolation of the resulting anomalies and a new method which regresses against radar data. For the comparison an area around Madrid has been selected, and the total monthly precipitation field corresponding to December 1996 has been estimated. The mean squared errors of both errors show that the estimation based on radar data improves slightly on the traditional method, and both are clearly better than the simple kriging of the observations.

Key words: precipitation field, spatial interpolation, kriging, radar data.

1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas empleadas habitualmente para la estimación del campo de precipitaciones a partir de datos observacionales en un conjunto de puntos se basan en, por una parte, relacionar la variable precipitación con parámetros auxiliares ligados a la orografía (singularmente la altitud) y, por otra, en explotar la variación suave postulada para el propio campo a través de métodos de interpolación como el kriging. Cabe entonces plantearse la cuestión de si no sería posible utilizar información adicional sobre la variable precipitación en términos de su distribución espacial detallada tal como la proporcionan los datos radar. Para poder dar una respuesta fundamentada a esta cuestión es necesario efectuar una comparación entre los valores estimados por los métodos tradicionales y otros que aprovechen de alguna forma los datos radar. El estudio que se presenta aquí constituye un primer paso exploratorio en esta dirección, consistente en comparar el error en las estimaciones bajo los dos enfoques mencionados. Se ha analizado la precipitación total caída en el mes de diciembre de 1996 en el área de Madrid. Se pondrá de manifiesto que, dentro de la zona de aplicabilidad de los datos radar, estos permiten una estimación de error ligeramente inferior a la técnica tradicional.

Estos resultados preliminares esperanzadores abren la posibilidad de utilizar las climatologías de datos radar para sustituir o complementar la estructura auxiliar proporcionada por la orografía en la estimación de campos climatológicos, como medias en 30 años. A medida que se vaya disponiendo de más años de observaciones radar podrá continuarse en esta línea de trabajo.

2. CONSIDERACIONES SOBRE EL DATO DE PRECIPITACIÓN RADAR

Los datos de precipitación calculados por el radar meteorológico están sujetos a una gran variedad de errores debidos a la naturaleza y a las condiciones en las que opera el sistema de observación.

Hay que considerar que la magnitud que se mide es la intensidad del eco de retorno y que de ella se deduce como dato básico Z , el factor de reflectividad para la precipitación, que sólo queda bien determinado para el caso de precipitación en fase líquida.

Z es un parámetro que representa la suma de los diámetros elevados a la sexta potencia de los dispersores (gotitas de agua, por lo general) que existen en la unidad de volumen atmosférico de donde proviene la medida y se expresa en una escala decibélica en la que el cero corresponde a un valor de $1 \text{ mm}^6/\text{m}^3$.

El valor de Z permitiría deducir la intensidad de precipitación R si se conociera en cada punto la distribución de tamaño de las gotas y el espectro de sus velocidades de caída pero, como eso no es posible, el radar meteorológico aplica una relación fija $Z = R^{1,6}$, que elimina la notable variabilidad observada.

A esto habría que añadir que el dato se asigna a una altitud y se calcula a partir de ecos correspondientes a volúmenes atmosféricos tanto mayores cuanto más alejados estén de la antena radar y que, además, los valores que usa el sistema para esos parámetros sólo son adecuados para el caso en que la estabilidad de la estratificación se corresponda con la de la atmósfera tipo; el error más llamativo se produce, por ejemplo, cuando la estabilidad induce en la trayectoria del haz radiado un aumento en su curvatura que produce que las medidas aparezcan contaminadas por ecos de tierra.

Como consecuencia de todos esos errores se reconoce que, en lo que respecta a la hidrología, los radares meteorológicos tienen limitado a un máximo de 100 km su límite de utilización y que, aunque no sean muy precisos, son muy útiles para delinear en unos pocos segundos la modulación espacial del campo precipitante o para estimar las cantidades acumuladas en periodos superiores a una hora.

Los datos radar utilizados en este estudio corresponden a diciembre de 1996, un mes bastante lluvioso en el que se produjeron 4 situaciones meteorológicas con precipitación los días 4-9, 10-14, 17-24 y 29-31, la primera y última con flujos del S o SE y las otras dos con flujos del W o SW.

Durante el mes, el radar estuvo funcionando cada diez minutos dentro de los estándares habituales. Tuvo una funcionalidad del 96,5 % aunque, de las 27 horas totales en que falló, 10 corresponden al día 31 en que estaba lloviendo con relativa intensidad. Por otra parte, durante los días 26 y 27 se produjo una fuerte estabilización de la atmósfera que provocó una contaminación por ecos de tierra que afectó sobre todo a los sectores N y NE de la imagen radar.

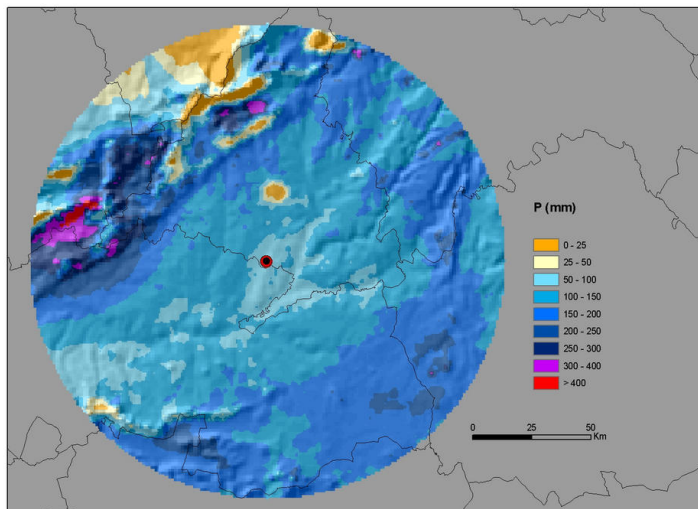


Figura 1: Medida de la precipitación en diciembre de 1996 obtenida con el radar de Madrid en un radio de 100Km

3. METODOLOGÍA

Durante el mes de diciembre de 1996 se registraron precipitaciones superiores a 100 mm en la mayor parte de la zona considerada (135 mm en Madrid-Retiro), llegándose a superar los 400 mm en el Sistema Central (453 mm en el Puerto de Navacerrada, 551 mm en Arenas de San Pedro).

El radar de Madrid se encuentra situado a unos 28 km al sur de la capital. Debido a la disminución de la fiabilidad de los datos radar con la distancia anteriormente comentada, se desecharon los datos fuera de un radio de 100 km alrededor del radar. En la figura 1 está representado el mapa de precipitación obtenido representando la precipitación radar con un sistema de información geográfica.

En esta figura se aprecian claramente algunas zonas en las que el valor de la precipitación es marcadamente bajo: una zona triangular en la provincia de Segovia, unas bandas de dirección SO-NE coincidiendo con las laderas del Sistema Central orientadas hacia el radar, una zona circular al norte del radar correspondiente al casco urbano de Madrid, y una pequeña zona en el SO, en los Montes de Toledo. El primero de estos mínimos se debe al fuerte apantallamiento que las cumbres más elevadas de la Sierra de Guadarrama ejercen sobre la señal del radar, mientras que el resto se originan por la reflexión de la señal en las laderas montañosas y en los edificios de la ciudad, que da lugar a los ecos de tierra que inutilizan la medida de la precipitación en estas zonas.

Por tanto, resulta necesario delimitar, dentro del radio de 100 km alrededor del radar, la zona en la que los datos de radar proporcionan información útil. Para ello se calculó en cada uno de los

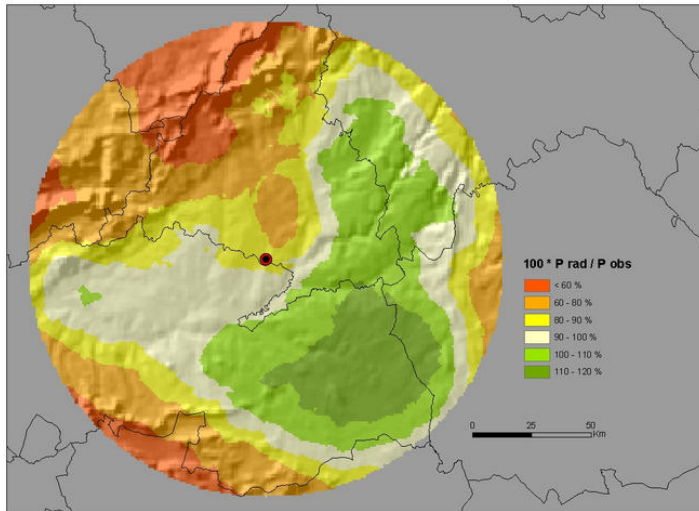


Figura 2: Razón entre la precipitación medida por el radar y la observada

puntos donde existe dato real de precipitación (159 estaciones dentro del radio de 100 km) la razón, en tanto por ciento, entre el valor de precipitación proporcionado por el radar y el valor observado; esta razón se interpoló espacialmente, y se consideró como zona válida para el radar un área continua que coincide aproximadamente con el área en la que la diferencia entre ambas medidas es inferior al 20 %.

En la zona finalmente seleccionada se dispone de 84 estaciones pluviométricas. De ellas, se escogieron al azar 17 estaciones (aproximadamente el 20 %) y se reservaron para efectuar las validaciones, trabajándose únicamente con las restantes.

A continuación, se aplicó una regresión múltiple paso a paso entre la precipitación observada en las estaciones y diversos parámetros fisiográficos (altitud, pendiente, distancia al mar y orientación), siguiendo un método comúnmente empleado (CHAZARRA Y GUTIÉRREZ 2002); el modelo seleccionó únicamente la altitud, obteniéndose una regresión lineal de la forma

$$P = 0,2003Z + 43,27$$

donde P es la precipitación en mm y Z la altitud en metros, y el coeficiente de correlación que se obtuvo fue $R = 0,50$. Calculando en las estaciones las anomalías o residuos (diferencia entre la precipitación observada y la estimada por la recta de regresión), interpolándolas espacialmente y superponiéndolas al campo de precipitación estimada obtenida al aplicar la función anterior a un campo de altitudes, se obtuvo el mapa de precipitación de la figura 4.

Por otra parte, se aplicó una regresión múltiple paso a paso a los valores de precipitación observada en las 67 estaciones frente a la altitud y a la precipitación medida por el radar en estos puntos. El

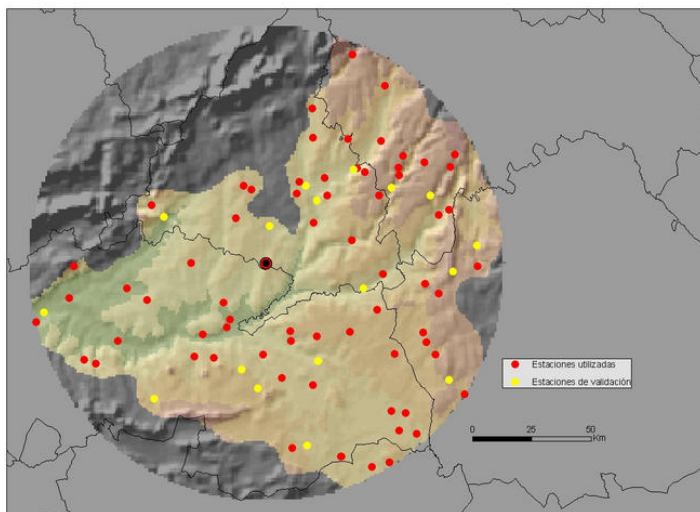


Figura 3: Delimitación de la zona de estudio y localización de las estaciones

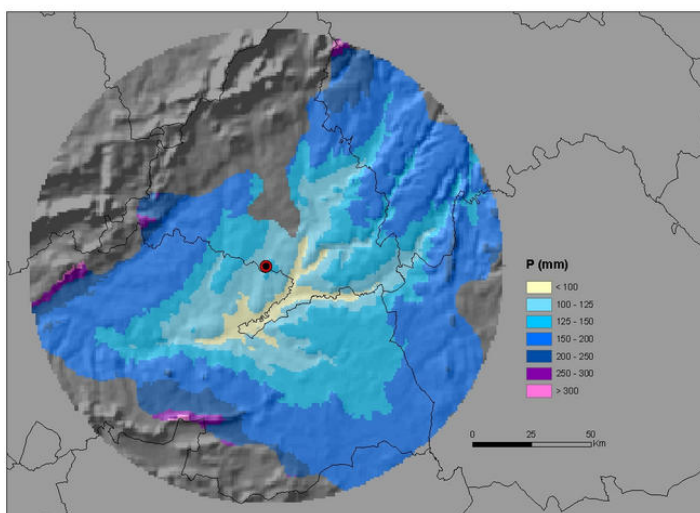


Figura 4: Campo de precipitación obtenida mediante regresión con la altitud con interpolación de los residuos

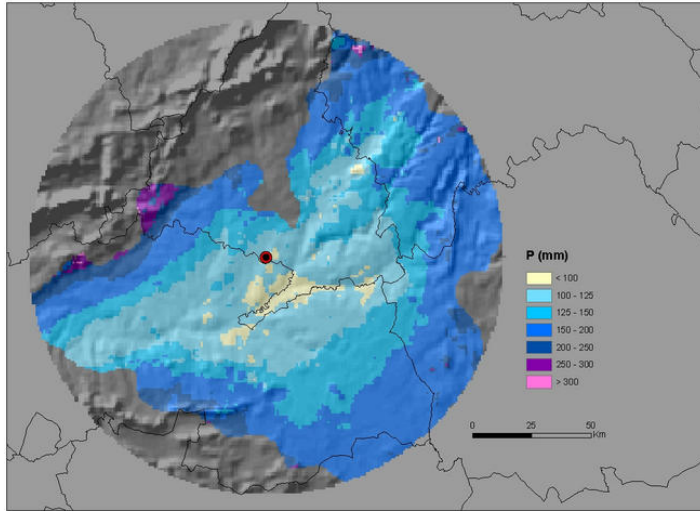


Figura 5: Campo de precipitación obtenida mediante regresión con la precipitación radar con interpolación de los residuos

modelo seleccionó únicamente la precipitación radar, obteniéndose la función matemática

$$P = 0,6531P_{rad} + 45,06$$

donde P es la precipitación observada y P_{rad} la medida por el radar, en mm. El coeficiente de correlación fue $R = 0,83$. Aplicando el método de las anomalías anteriormente descrito se obtuvo el mapa de precipitación de la figura 5.

También se trazó el mapa de precipitación que se obtiene simplemente interpolando por el método de Kriging los valores de precipitación registrados en las estaciones de la zona (sin considerar las reservadas para la validación).

Los campos de precipitación obtenidos por los tres métodos presentan un aspecto general similar. El de trazado más suave es, lógicamente, el obtenido por interpolación de los datos de observación de las estaciones (fig.6). El obtenido por regresión con la altitud (fig. 4) tiende a ceñirse a las curvas de nivel en sus contornos, resultando por tanto *agradable* a la vista y acorde con lo que intuitivamente esperamos de un mapa climatológico, aunque quizás esté demasiado influido por la orografía. Finalmente, el campo de precipitación obtenido por regresión con la precipitación radar (fig. 5) presenta un aspecto intermedio entre los dos anteriores, apreciándose algunos valles y montañas pero de manera más difusa y, seguramente, más realista.

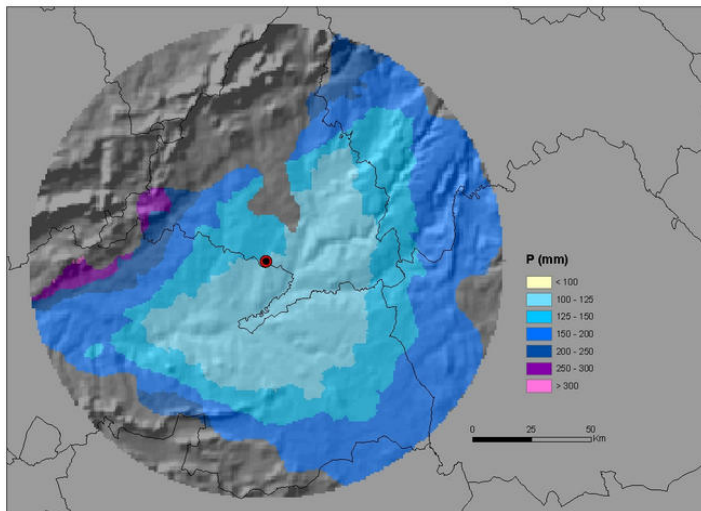


Figura 6: Campo de precipitación obtenida por interpolación de las observaciones en las estaciones empleando el método de *Kriging*

Tabla 1: Errores cuadráticos medios obtenidos con cada uno de los métodos.

	Kriging	Regresión con la altitud + anomalías	Regresión con precipitación radar + anomalías
ECM (mm ²)	1498.6	1052.6	947.7

4. VALIDACIÓN

Se comparó la precipitación observada en las 17 estaciones de referencia con los valores obtenidos por simple interpolación del resto de datos (*Kriging* ordinario), los obtenidos aplicando una regresión con la altitud con interpolación de las anomalías, y los que se obtienen por regresión con la precipitación radar con interpolación de las anomalías. El resultado se resume en la tabla 1.

Se observa que el error cuadrático más bajo corresponde al ajuste precipitación observada- precipitación radar, siendo de 947.7 mm². Para el caso de interpolación considerando la altitud, el error cuadrático medio es ligeramente mayor, mientras que para la interpolación de la precipitación observada por el método de *Kriging* se obtiene un error de 1498.6 mm², claramente superior a los anteriores.

5. CONCLUSIONES

Como resultado de la comparación del método basado en la altitud con el método basado en datos radar para estimar el campo de precipitación total mensual en el área de Madrid en diciembre de 1996 se deduce que el error cuadrático medio es ligeramente inferior (alrededor de un 10 %) para el método que usa datos radar (y ambos claramente mejores que el krigeado simple). Dada la particularidad de la muestra seleccionada hay que tomar este resultado con un valor orientativo solamente. Cabe afirmar entonces que los datos radar son en principio competitivos a la hora de estimar el campo espacial de precipitaciones y que la modulación de la estructura en pequeña escala de este campo que ofrece es potencialmente útil a este efecto.

En trabajos posteriores se intentará probar la utilidad de los datos radar para campos de precipitación climatológicos empleando climatologías radar. Hay que destacar que, desafortunadamente, los datos radar presentan los mayores problemas en cuanto a fiabilidad precisamente en las zonas montañosas, en las que los métodos tradicionales son también más imperfectos. Sin embargo, los previsibles avances de esta tecnología pueden en el futuro mejorar las perspectivas también para este caso.

6. REFERENCIAS

- CHAZARRA, A. y GUTIÉRREZ, E. (2002): Descripción de un Método de Interpolación Espacial de Variables Climatológicas considerando la Influencia de Parámetros Fisiográficos. Aplicación a la Precipitación Mensual. En *3ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica, Valencia 2002*.
- CRESSIE, N.A.C. (1991): *Statistic for spatial data*. Wiley.
- DOVIK, R.J. y ZRNIC, D.S. (1984): *Doppler Radar and Weather Observation*. Academic Press.
- WACKERNAGEL, H. (1995): *Multivariate Geostatistics*. Springer.