

Evolución espacio-temporal de variables climáticas en la Cuenca del Río Segura en el periodo 1976-2007

F. Gomariz Castillo, F. Alonso Sarria

Instituto del Agua y Medio Ambiente, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30.001 Murcia (España). E-mail: fgomariz@um.es

ABSTRACT

This work develops a methodology to analyse the spatio-temporal distribution of the most important climatic variables controlling environmental and socioeconomic processes in river Segura basin.

A global multiple regression model is applied to interpolate climatic variables. Using as independent variables distance to sea, height aspect, easting and northing. In cases where it is not possible to use a global model, local interpolation procedure will be used (kriging, IDW or splines).

The methodology has six stages: 1) selection of stations, 2) data filtering and gap filling after an homogeneity test, 3) estimation of parameters for a regression model, 4) interpolation, 5) validation and 6) evolution analysis.

Palabras clave: SIG, interpolación espacial, Modelos de Digitales Climáticos, Cuenca del Segura.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente trabajo propone una metodología para la generación de Modelos Digitales del Terreno (definidos como un conjunto de datos numéricos que describe la distribución espacial de una característica en el territorio, Doyle, 1978) de las principales variables climáticas para la Cuenca del Segura. En España ya son varios los trabajos relacionados con esta temática, entre los que se pueden mencionar el Atlas climático de Extremadura (GIC, 2000), que aplica para las variables climáticas mediante splines, o el Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (Ninyerola et. al. 2005) que utiliza la misma metodología aplicada en este trabajo. No obstante, este trabajo trata de mejorar tres aspectos fundamentales: a) trata de generar datos precisos para la Cuenca del Segura, donde los datos existentes hasta la fecha son distribuciones generadas a partir de interpolación espacial por el Inverso a la Distancia al Cuadrado, b) trata de implementar una metodología de cálculo automática para datos por meses en la serie temporal y demostrar que los métodos

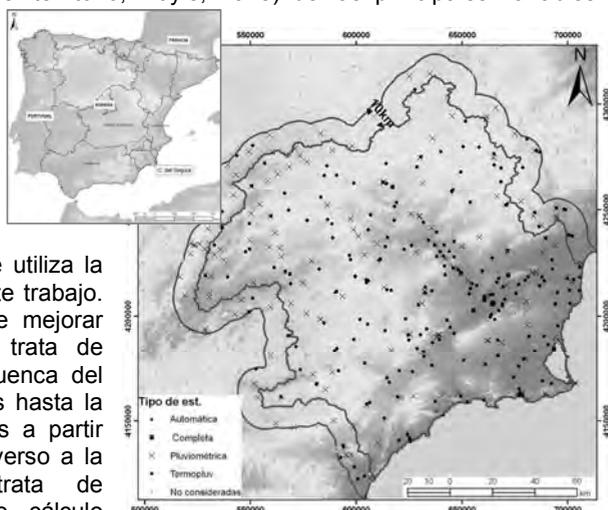


Figura 1. Localización y emplazamiento de las estaciones meteorológicas

globales de interpolación son factibles para la escala mensual no de un año promedio, sino para toda la serie y c) intenta crear una plataforma de trabajo para los investigadores interesados en series climáticas.

LOCALIZACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La Cuenca del Segura, con una extensión de unos 19000km² (el 3,7% del territorio español), se encuentra ubicada en el Sureste de la Península Ibérica, incluyendo totalmente a la Región de Murcia y en parte a Andalucía, Comunidad Valenciana y Castilla-La Mancha. Este territorio presenta grandes contrastes. La distribución de las precipitaciones está fuertemente ligada a los relieves hasta alcanzar unos 1000mm/año en las montañas del noroeste y disminuyen en el eje noroeste-sureste conforme a la disposición del relieve, hasta algo menos de 300mm/año en el litoral. Las temperaturas se encuentran fuertemente relacionadas con los mismos factores, con las temperaturas más bajas en el noroeste hasta los 18 °C de media anual en el litoral.

METODOS

Creación de la base de datos temática y selección de las estaciones

Una de las iniciativas llevadas a cabo para el estudio de procesos físicos relacionados con la erosión, desertificación y recursos hídricos ha sido la puesta en marcha de una plataforma para almacenamiento, gestión y explotación de información, intentando dar solución a las necesidades de los investigadores de una forma integrada mediante el acceso directo a los datos. Así, para el *almacenamiento y gestión* de los datos se ha utilizado el sistema gestor de bases de datos (DBMS) *PostgreSQL*, cuyas ventajas son su gran capacidad de almacenamiento frente a otros DBMS de mayor uso (como Access, que no puede almacenar más de 2Gb de datos), es Open Source, es consultable mediante SQL (Standardized Query Language), interactúa con el resto de aplicaciones utilizadas y de servir los datos a otras máquinas. Como *Sistema de Información Geográfica se a utilizado GRASS* para explotación, análisis y extracción de los resultados de forma gráfica, cuyas funciones principales se pueden consultar en (Neteler & Mitasova, 2007). Para el *tratamiento y análisis de los datos climáticos se ha utilizado R*, programa de tratamiento estadístico y análisis exploratorio, derivado del lenguaje S-PLUS. Para el presente trabajo, se debe destacar de este programa la capacidad de interconexión con los dos anteriores, mediante las librerías de conexión a DBMS o las librerías para su uso con GRASS (Bivand et al, 2008; Hengl, 2007).

Se han seleccionado un total de 392 estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (figura 1, tabla 1), ampliando la muestra a utilizar 10km alrededor de la Cuenca del Segura (24701km²) para eliminar posibles errores en los bordes de los Modelos Digitales derivados de los métodos de interpolación; el periodo temporal considerado ha sido 1975-2007, con registros agregados por mes. Las variables incluidas en el estudio han sido Temp. Media, máxima media y mínima media, Precc. Total y Máxima.

Tabla 1. Resumen de estaciones y datos utilizados.

Dato	Est. Aut.	Est. Comp.	Est Pluv.	Est. Termpluv.	Reg. Precc	Reg. Temp.
Nº	4	9	157	222	72.095	40.140

Depuración y homogeneización de las variables climáticas

Este proceso es uno de los más laboriosos de este tipo de trabajo, dado que las series suelen tener varios tipos de error a corregir de forma iterativa, para no asumir como inhomogeneidad datos particulares locales o tendencias reales. Para este trabajo se ha utilizado Climatol (Guijarro, 2006) es una serie de rutinas programadas para R orientadas a la depuración y homogeneización de variables climáticas mensuales, estacionales o anuales mediante comparación de cada una de las series con una serie de referencia obtenida de las demás, mediante el criterio de correlación de distancia entre estaciones a partir del inverso de la distancia al cuadrado. La normalización elegida en este trabajo ha sido el de las diferencias respecto a la media y se calculan las series de referencia como media ponderada de los datos normalizados en las demás series. Las inhomogeneidades que puede detectar son a) errores puntuales, b) saltos en la media o c) tendencias.

Análisis de la evolución espacial

Para analizar la evolución espacial de las variables climáticas, se ha optado por usar la metodología utilizada en (Ninyerola et. al. 2000) basada en una regresión múltiple entre la variable dependiente (en este caso la variable climática) y variables independientes directamente relacionadas con éstas (se trata de un método de interpolación global que asume la totalidad de datos muestrales y la dependencia de la variable con otras de apoyo). Para este trabajo se ha optado por usar como variables independientes la distancia al mar, altitud, coordenada X y coordenada Y (factores que afectan directamente en el comportamiento del clima, como la dependencia a la latitud, el descenso en el gradiente térmico y aumento de la precipitación por el relieve, etc...). Una vez calculadas las ecuaciones de regresión, éstas se han implementado en el Sistema de Información Geográfica para producir un valor predicho por cada celda de información a partir de la siguiente ecuación:

$$f(x) = b_0 + b_1 * \textit{latitud} + b_2 * \textit{altitud} + b_3 * \textit{distmar} + b_4 * X + b_5 * Y \quad (1)$$

Donde $f(x)$ es el valor predicho y b_i son los coeficientes de la regresión.

Tras calcular los modelos de regresión múltiple, el siguiente paso ha sido la mejora de los resultados mediante la corrección de los errores detectados respecto al valor real de la variable (parte de la variabilidad no explicada por las variables independientes, normalmente atribuibles a variaciones locales). Para ello se han interpolado los residuales generados mediante métodos de interpolación local, que asumen que la única dependencia existente entre las variables es la espacial entre éstas, generando un nuevo MDT de las variables mediante álgebra de mapas. Entre los posibles métodos, se ha seleccionado splines, que consiste en el ajuste local de ecuaciones polinómicas en las que las variables independientes son X e Y, siendo un método ideal para modelizar de forma semiautomática dado que tan solo depende de un parámetro (tensión), modelizar bien los valores máximos y mínimos y ofrece un resultado más continuo que otros métodos.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como resultado de este trabajo se han obtenido una serie de Modelos Digitales del Terreno para las diferentes variables climáticas aceptables, por cuanto este tipo de regresión resulta ser aceptable para la escala temporal mensual en la serie considerada, con un R^2 en torno casi siempre superior a 0.8 en las temperaturas, pero notablemente inferior en las precipitaciones (un R^2 en torno a 0.4), debido a una mayor aleatoriedad de este tipo de variable. En este caso, se debe plantear el uso de otro tipo de regresiones locales dependientes de la localización de la estación, como splines o krigeado, o modelos

estocásticos. No obstante, se debe remarcar que la minimización del error a partir de superficies interpoladas con splines, disminuye sensiblemente el error detectado.

Este trabajo puede mejorar la información que existe hasta ahora en la Cuenca del Segura, ya que además de minimizar el error, se han podido obtener una serie de distribuciones que pueden ayudar a mejorar y comprender mejor al evolución de los últimos años del clima en la Cuenca, relacionarlo con otros procesos (como los usos del suelo, procesos de erosión y desertificación) o para el propio objeto de este estudio: como información base de otros modelos de erosión o de recursos hídricos tipo SWAT.



Figura 2. Ejemplo de superficie interpolada; y evolución entre la distribución del mes de octubre de 1999 y octubre de 2000: Modelos interpolados y diferencias. Para estos meses, la regresión múltiple presenta un coeficiente de determinación de 0.847 y 0.897 para 1999 y 2000. El error medio en la validación cruzada para la interpolación de los residuos ha sido de -0.01 y 0.02 para estos dos meses.

REFERENCIAS

- ❖ Bivand, R.S. Pebesma, E.J. Gómez-Rubio, V. 2008. Applied Spatial Data Analysis with R. Springer, 374pp.
- ❖ Felicísimo, A.M. 1994. Modelos Digitales del Terreno. Introducción y Aplicaciones en las Ciencias Ambientales. Pentalfa Ediciones, 122 pp.
- ❖ Guijarro, J.A. 2006. *Climatol: Free software for error detection and homogenization of climatological data*. 6th European Conference on Applied Climatology. Ljubljana, Slovenia.
- ❖ GIC, 2000. Atlas Climático de España. Universidad de Extremadura. 25pp.
- ❖ Hengl, T. 2007. A Practical Guide to Geostatistical Mapping of Environmental Variables. European Commission Publications Office, 165pp.
- ❖ Neteler, X. Mitasova, X. 2008. Open Source GIS: A GRASS GIS Approach, 3ª Ed. Springer, 406 pp.
- ❖ Ninyerola, M. Pons, X. roure, J.M. 2000. *A methodological approach of climatological modelling of temperature and precipitation through GIS techniques*. In International Journal of Climatology, 20.
- ❖ Ninyerola, M. Pons, X. roure, J.M. 2005. Atlas Climático de la Península Ibérica. Metodología y Aplicaciones en Bioclimatología y Geobotánica. Universidad Autónoma de Barcelona, 45 pp.