

## **SOBRE EL CLIMA DE LA PROVINCIA DE ALMERIA (SE IBERICO): PRIMER ENSAYO DE CARTOGRAFIA AUTOMATICA DE MEDIAS ANUALES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION**

R. Lázaro\* y J. M. Rey\*\*

\* *Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC). General Segura, 1. 04001-ALMERIA*

\*\* *Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC). Serrano, 115, dupl. 28006-MADRID*

### **RESUMEN**

Un nuevo método de interpolación para cartografía automática del clima, puesto a punto por uno de nosotros (Rey, 1988) se aplica aquí a las temperaturas y precipitaciones medias anuales en la provincia de Almería (SE Ibérico). Se discuten los resultados, principalmente confrontándolos con mapas de otros autores realizados por procedimientos clásicos. En general, las temperaturas en las cumbres de las sierras resultan más bajas que las estimadas por Capel. Las sierras de Las Estancias y Filabres resultan más secas y la de Gádor más húmeda; las isoyetas de 250 y 200 mm. resultan diferentes.

Palabras clave: Cartografía automática, Clima, SE Ibérico, Almería.

### **SUMMARY**

#### **ON THE CLIMATE OF ALMERIA PROVINCE (SE SPAIN): FIRST TEST OF AUTOMATIC CARTOGRAPHY OF ANNUAL MEAN TEMPERATURE AND RAINFALL**

Results of a new method (Rey, 1988) for automatic cartography of climatic data are shown and discussed. This method has been applied to the mean annual rainfall and temperature charts of the Almería province (SE Spain). Generally, temperatures on mountain ridges are lower than those estimated by other methods and authors. The Estancias and Filabres mountain ranges are dryer and the Gádor mountain range is wetter; the 250 and 200 mm isohyets are different.

Key words: Automatic cartography, Climate, SE Spain, Almería.

### **INTRODUCCION**

El interés por conocer lo mejor posible el clima del SE ibérico y, por tanto, el de la provincia de Almería, es doble: La aridez y singularidad de dicho clima, y el ser fundamental para la mayoría de las investigacio-

nes ecológicas que interesan dicha región.

Sobre el clima de Almería hay, principalmente, una monografía bastante completa (Capel, 1986), si bien las observaciones sobre la vege-

tación que venimos haciendo en los últimos años permiten suponer cuestionables algunos aspectos de los mapas que incluye. Sobre el clima del SE ibérico se deben consultar al menos los artículos clásicos, de Neumann (1961) y Geiger (1973), así como el más reciente de Capel (1983) referido a la distribución de la lluvia; además, Capel y Andujar (1978) publicaron un mapa pluviométrico de Andalucía. Capel, en comunicación personal, se mostró interesado en que intentásemos desarrollar técnicas de cartografía automática aplicables a este tema. Diversos autores trabajan sobre esto en los últimos años, (Oliver, 1984) pero, que sepamos, no hay aún mapas climáticos de nuestra región generados por ordenador.

El reciente desarrollo de programas de interpolación para cartografía automática nos animó, ya en 1985, a intentar adaptarlos a nuestros objetivos y fruto de esto ha sido el método puesto a punto por uno de nosotros (Rey, 1988).

Los mapas climáticos son modelos muy convenientes, porque los datos

disponibles son siempre puntuales, y el modelo permite extraer de su conjunto más información al establecer relaciones entre ellos y al suplir, en la medida de lo posible, la ausencia de datos en determinadas áreas. La muy accidentada orografía almeriense, así como la escasez o ausencia de estaciones en las partes altas de las sierras, da más interés al empleo de modelos en nuestro caso. En cuanto al tipo concreto de modelo, programas de ordenador que permitan cartografiar "en continuo" a partir de datos puntuales irregularmente espaciados y obtener estimaciones del clima en las sierras, son interesantes porque, aunque los resultados no sean necesariamente mejores, permiten hablar en el mismo lenguaje y facilitan las comparaciones, al suprimir el componente subjetivo en el trazado de las isolíneas. Por otra parte, el trazado manual de isolíneas presenta a veces problemas de difícil solución, no siendo posible al lector saber el valor del parámetro entre una y otra; la presentación en manchas de color según intervalos resulta, en este sentido, ventajosa.

## MATERIAL Y METODOS

Los datos climáticos empleados proceden, para la precipitación media anual (P), de 166 estaciones (147 del Instituto Nacional de Meteorología, 18 del ICONA y 1 del Centro de Experiencias de Michelín) y, para la temperatura media anual (T), de 77 (58 del INM, 18 del ICONA y 1 de Michelín). La distribución geográfica de las estaciones del INM, tanto para P como para T, abarca toda la provincia de Almería y las áreas próximas de las provincias de

Granada y Murcia, para que la cartografía en los límites de nuestra provincia quede menos distorsionada, habida cuenta del efecto oscilante de los valores extremos que producen los programas de interpolación. Las estaciones del ICONA y Michelín son almerienses.

El período de referencia es de 1952 a 1988 para las del INM, diversos para las del ICONA (13 o más años; los máximos, de 1942 a 1985) y, de 1973 a 1987 para Michelín.

Las coordenadas geográficas disponibles de las estaciones se transformaron con toda precisión en coordenadas UTM (Rey, 1984).

La base de datos para cada mapa es una matriz de tantas filas como estaciones y cinco columnas: las de las tres coordenadas del espacio, expresadas en metros, la de los valores de P o de T y la del número de años con datos de la estación, valor que pondera el de P o T.

Como en la provincia de Almería tanto la precipitación como la temperatura dependen estrechamente de la altitud (Lázaro *et al.*, en prensa) a fin de dotar al método de un criterio con el que realizar las interpolaciones, se introdujeron las tres coordenadas de 432 puntos del área (vértices geodésicos, cauces de ríos y otros que parecieron significativos para lograr una mínima representación de la topografía); incluyéndose también, por los motivos expuestos, datos topográficos de las proximidades de la provincia de Almería. Estos puntos se incluyen en una red básica, desconociendo inicialmente los valores de P y T; más pudiendo interpolarlos con precisión al conocer exactamente la altitud.

La técnica de interpolación usada es la propuesta por uno de nosotros (Rey, 1988), en la que se ajusta una superficie a datos tridimensionales distribuidos irregularmente. Se tiene en cuenta la variable altitud además de las usuales longitud y latitud. Para el ajuste mencionado se utiliza un factor de ponderación que es la inversa de la distancia generalizada de Mahalanobis. En las sucesivas aproximaciones para la puesta a punto del método se tuvieron en cuenta los rasgos del clima que pueden ser

deducidos con más seguridad a partir de la distribución de la flora y la vegetación: principalmente presencia o ausencia de especies con particular valor indicador (Lázaro y Mateo, 1988; Rivas-Martínez *et al.*, 1988; Alcaraz y Peinado, 1987; Martínez-Parras y Peinado, 1987).

En el presente ensayo se ha introducido un detalle adicional, ya que las estaciones se ponderaron también en virtud del número de años de funcionamiento. El número de estaciones utilizadas para el cálculo de cualquier punto problema fueron las 77 termométricas y al menos 64 de las 166 pluviométricas. Los puntos calculados en tres dimensiones fueron 432 (aquellos de los que se tomó la altitud), que añadidos a los anteriores constituyen la red básica para los cálculos siguientes.

En una segunda etapa se procede a calcular una red regular de puntos, distantes dos filas y tres columnas, cuya coordenada z se desconoce y por tanto se utiliza la fórmula original de Falconer (1971) ponderada por el inverso del cuadrado de la distancia Euclídea. Para este cálculo sólo se necesitan 16 puntos de la red básica, es decir, de los originales más los calculados en tres dimensiones. Cuando el proceso llega a un punto donde se encuentra un dato, ya sea original o calculado, salta al punto siguiente, con lo que se respetan los valores anteriores.

En una tercera etapa los puntos no calculados se obtienen por simple interpolación lineal.

En la etapa final se realiza un suavizamiento de la superficie mediante la utilización de promedios móviles bidimensionales (Monmonier, 1984) por aplicación de un simple operador

local, que calcula la media aritmética del punto cuyo valor se desea suavizar y los cuatro inmediatos que le rodean en la dirección de ambos ejes de coordenadas. El operador se aplica en filas y columnas alternas y el resto de los puntos se calculan a su vez por media aritmética de los dos más próximos. En aquellos casos donde se encuentra un dato original no se realiza ningún cálculo; con lo que la superficie obtenida pasa por los puntos originales.

El procedimiento fue escrito en BASIC Avanzado de Hewlett-Packard en un computador personal

HP-9020—A con una memoria RAM libre de 256 Kb y un disco duro de 10 Mb. El sistema incluye un Plotter HP-7225-B para graficación a tamaño DIN A-4. Una característica importante del BASIC señalado es que incluye las instrucciones propias del Algebra matricial, lo que permite implementar fácil y rápidamente las ecuaciones necesarias para la resolución del método indicado (Rey, 1988). También incluye la instrucción SORT, lo que facilita la selección de los puntos más cercanos al punto problema.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En las Figs. 1 y 2 se muestran los mapas finales del ensayo. Los números del marco corresponden a las coordenadas UTM e igual el retículo sobreimpreso, cuyas cuadrículas son de 10 x 10 Km.

En las varias aproximaciones para poner a punto el método se evidenció sucesivamente muy importante introducir la altitud de las estaciones, introducir datos de las provincias de Granada y Murcia e introducir datos topográficos, mejorando sensiblemente los mapas resultantes en los sucesivos pasos.

Si confrontamos la Fig. 1 con el mapa correspondiente de Capel (1986) encontramos similitud a grandes rasgos, aunque hay interesantes diferencias. El trazado más prolijo de nuestras isotermas creemos que puede ser más acorde con la realidad. Llama la atención la elevada termicidad de la vertiente Sur de la Sierra de Lúcar, que suponemos obedece a la falta de estacio-

nes en toda la zona. En las cumbres de las sierras resultan temperaturas algo inferiores a las estimadas por Capel, lo que nos parece mucho más verosímil (Lázaro y Mateo, 1988). Las temperaturas mínimas aparecen algo descolocadas respecto al relieve, yendo de la cumbre hacia el Norte, resultando razonable. Por último, obtenemos un área con temperaturas del intervalo 18 a 19° notablemente menor que la propuesta por Capel; su profundidad hacia el interior está de acuerdo con los datos pero debería llegar por el Oeste hasta más allá de Adra y, por el Este hasta casi el Cabo de Gata.

También el mapa 2, de precipitaciones medias anuales, presenta similitud general con el de Capel (1986). La Sierra de Lúcar (sin estaciones) resulta más seca de lo que corresponde a su altitud y vegetación; aparte de esto, las precipitaciones que resultan en las partes altas de las sierras se avienen con las observacio-

nes realizadas en la vegetación (Lázaro y Mateo, 1988). La Sierra de los Filabres y las cumbres de Gádor resultan algo más secas y, las de Sierra Nevada, algo más húmedas.

La forma del intervalo de 200 a 250 mm en el Sur de la provincia, en nuestro mapa, casan más con los

datos disponibles; pero no así el que dicho intervalo no aparezca en la comarca del bajo Almanzora. En esa zona, la fuerte irregularidad espacial y temporal de las precipitaciones, que guardan débil correlación local con la altitud, y los relieves hacen que resulten varias pequeñas manchas

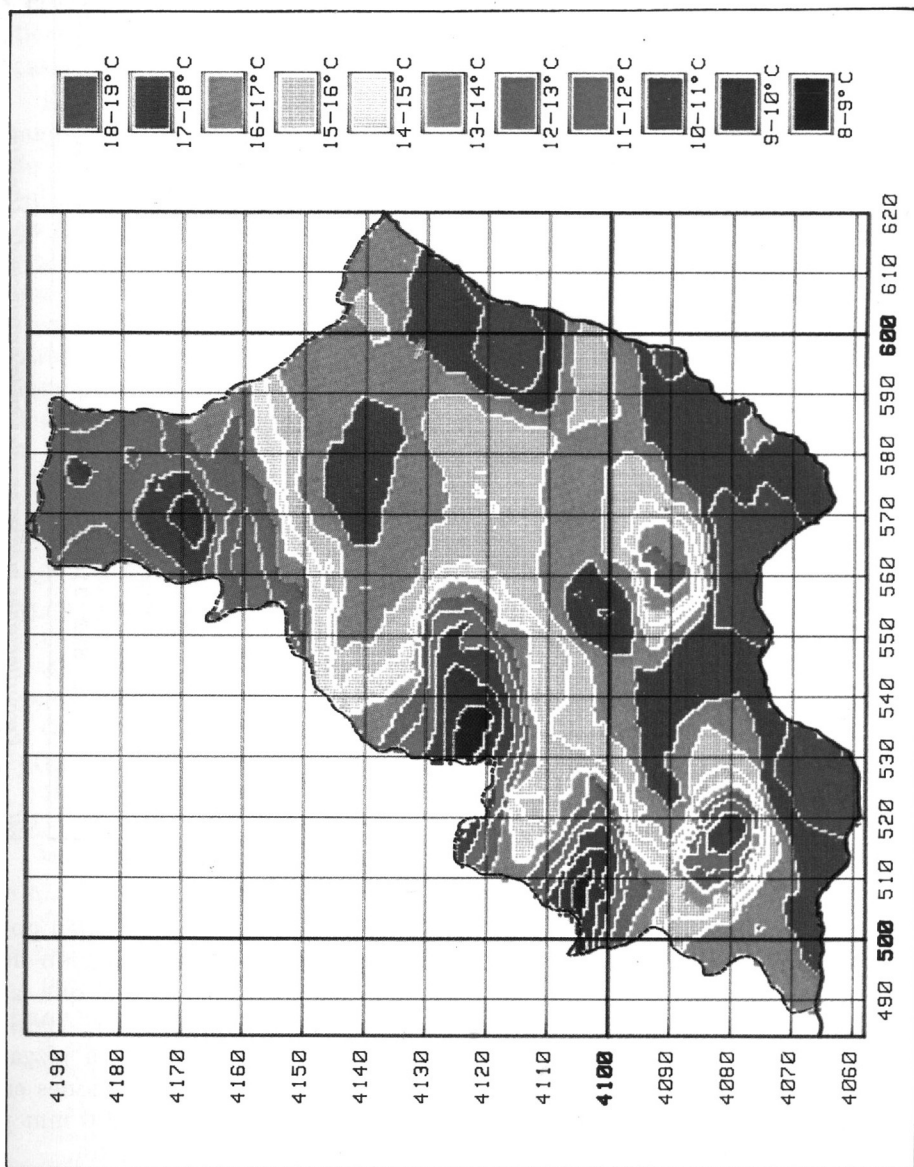


FIG. 1.—Temperaturas medias anuales en la provincia de Almería.

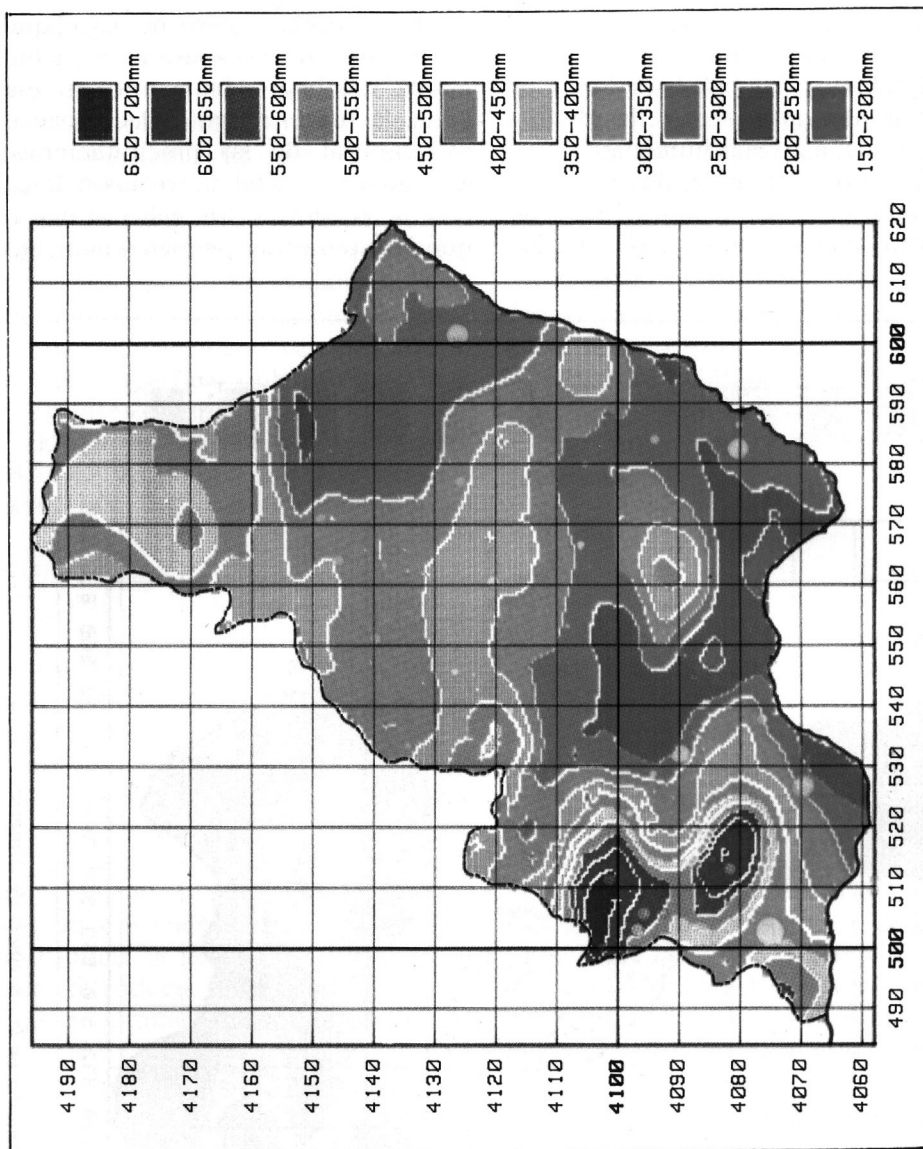


FIG. 2.—Precipitaciones medias anuales en la provincia de Almería.

de dicho intervalo que desaparecen con la rutina final de suavizado.

El área con precipitación inferior a 200 mm queda reducida respecto a lo que cabría esperar de los datos: debería alcanzar el mismo Cabo de Gata y extenderse más en el Desierto de Tabernas (una de nuestras hipóte-

sis de partida, sugerida también por Geiger (1973); pero la situación de las manchas parece más real que las que proponen Capel (1983, 1986) y Capel y Andujar (1978), a juzgar por la situación de las estaciones en que se recogen menos de 200 mm y la distribución de la vegetación.

## CONCLUSIONES

El método de Rey (1988) tiene interés por ser muy adecuado para la cartografía de datos climáticos. Es ventajoso sobre la simple interpolación lineal al tener en cuenta más datos. Según las observaciones sobre la vegetación, estima con bastante verosimilitud las condiciones climáticas en las partes altas de las sierras, casi siempre sin estaciones.

El método permite aprovechar mejor los datos, dándonos una idea de qué es lo más probable que ocurra entre las estaciones pero, ciertamente, no puede suplir la falta de estas. Las estaciones aisladas tienden a ejercer una influencia territorial mayor; las áreas sin estaciones, rodeadas de otras secas tenderán a aparecer secas aunque no lo sean. Cuanto más accidentada sea la topografía más proba-

bles serán gradientes fuertes de precipitación y más densa ha de ser la red de estaciones. El método permite también sugerir dónde es más necesario colocarlas.

Aunque el método intenta en todos sus pasos respetar los datos reales disponibles los resultados muestran que no se consigue, probablemente debido al suavizamiento.

Sin embargo, algunos aspectos de los resultados, como la distribución del intervalo de 200 a 250 mm o del de 18 a 19 °C trascienden bastante, a nuestro juicio, la distorsión que puede producir el fenómeno anterior. Es por esto que estamos ensayando métodos diferentes de interpolación; también consideramos conveniente enriquecer la base topográfica.

## BIBLIOGRAFIA

- ALCARAZ, F. y PEINADO, M., 1987. España semiárida: Murcia y Almería. En: Peinado, M. y Rivas-Martínez, S. (eds.) La vegetación de España, 257-281. Univ. de Alcalá de Henares. Madrid.
- CAPEL MOLINA, J. J., 1986. El clima de la provincia de Almería. 2.<sup>a</sup> edición. Public. Caja de Ahorros de Almería. Almería.
- CAPEL MOLINA, J. J., 1983. Distribución de la lluvia en el SE español. Período 1951-1980. Bol. Inst. Estu. Almeri., 3: 27-36.
- CAPEL MOLINA, J. J. y ANDUJAR, F., 1978. Mapa pluviométrico de Andalucía. Paralelo 37, Rev. Estu. Geogr., 2: 197-209.
- FALCONER, K. J., 1971. A general purpose Algorithm for contouring over scattered data points. Report. National Physical Laboratory.
- GEIGER, F., 1973. El SE español y los problemas de la aridez. Rev. Geogr., 7: 166-209. Barcelona.
- LAZARO SUAU, R. y MATEO, G., 1988. Los pisos bioclimáticos y los ombroclimas en la provincia de Almería. Plantas indicadoras. En: Avances sobre la investigación en Bioclimatología. CSIC. Madrid.
- LAZARO, R., VIDAL, S. y CUETO, M. Aproximación al estudio del paisaje vegetal almeriense por medio de la cuantificación fitoclimática, II: Sobre la fragilidad de las comunidades forestales. Acta Botánica Malacitana. Málaga. (En prensa).

- MARTINEZ-PARRAS, J. M. y PEINADO, M., 1987. Andalucía oriental. En: Peinado, M. y Rivas-Martínez, S. (eds.). La vegetación de España, 231-255. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid.
- MONMONIER, M. S., 1982. Computer Assisted Cartography. Principles and Prospects. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J.
- NEUMANN, H., 1961. El clima del Sudeste de España. *Estud. Geogr.* 21: 171-209. Barcelona.
- OLIVER, S., 1984. Climatología. Capítulo 2 de Estudio agrobiológico de la provincia de Toledo, 147-189. Instituto provincial de investigaciones y estudios toledanos. Toledo.
- REY, J. M., 1984. Cartografía automática de especies y el sistema CUTM. *Fontquería* 6: 21-32. Madrid.
- REY, J. M., 1988. Aproximación al Cartografiado Automático de Datos Climáticos. *An. Edafol. Agrobiol.*, 47: 1585-1605.
- RIVAS-MARTINEZ, S., GANDULLO-GUTIERREZ, J. M., ALLUE-ANDRADE, J. L., MONTERO DE BURGOS, J. L. y GONZALEZ-REBOLLAR, J. L., 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España; y Hojas 23 (Jaén), 24 (Murcia) y 27 (Granada) Madrid, ICONA.

Recibido: 8-3-90.  
Aceptado: 6-11-90.