

EL ANÁLISIS DE REGRESIÓN APLICADO A LA PREVISIÓN PLUVIOMÉTRICA

José Manuel SÁNCHEZ MARTÍN
*Investigador en el Dptº Geografía y O. T.
Universidad de Extremadura. Cáceres.*

RESUMEN: El clima mediterráneo posee una gran variabilidad pluviométrica, si bien mediante la utilización de la regresión polinómica es posible obtener períodos de recurrencia. Partiendo de ese hecho hemos desarrollado una metodología que permite realizar previsiones de precipitación para, de ese modo, adecuar la disponibilidad hídrica a los cultivos.

ABSTRACT: The mediterranean climate shows high rainfall variability. Using polynomial regression it is possible to obtain recurrence intervals. On this basis we have developed a methodology, which permits the realisation of rainfall forecasts, especially useful for planning of water resources in agriculture.

INTRODUCCIÓN.

Durante muchos años, el hombre ha intentado obtener una fórmula que le permitiera conocer con antelación la cantidad de lluvia que podía obtener, así como su distribución a lo largo de los diferentes meses del año.

El objetivo de esto era claro, poder adecuar los cultivos, la fecha de la siembra o la recolección al devenir meteorológico, de tal forma que los años de sequía a veces sería preferible no sembrar dada la escasa productividad de la tierra. A ello hay que añadir otros aspectos como son los gastos económicos que supone la labor agrícola, el arado, sembrado, etc..

Por todos estos motivos, pensamos que vale la pena efectuar un esfuerzo considerable para intentar "predecir" la cantidad de precipitación con un año de antelación, así como su distribución mensual, ya que conociendo estos dos parámetros es muy fácil adecuar los cultivos a la disponibilidad hídrica, tanto anual como mensual.

La importancia que tiene la pluviometría de una zona es evidente, debido a que es el parámetro climático más variable y del que depende, en buena medida,

la mayor o menor productividad. Para entender esto, debemos encuadrarnos en una tipología climática como la que posee Extremadura y, en general España, de tipo mediterráneo, aunque con diferentes matices. Es por ello que los aspectos pluviométricos poseen una marcada variabilidad interanual. Mientras tanto, los térmicos se caracterizan por una mayor regularidad, ya sean variables térmicas puras como características térmicas, heladas o días muy calurosos.

Teniendo en cuenta estos aspectos, estaremos de acuerdo en conceder la mayor importancia, desde un punto de vista agropecuario, a la variabilidad pluviométrica, máxime si consideramos que es el parámetro más mutable y que más repercusiones tiene en los cultivos y otras actividades humanas y, por ende, en la sociedad.

Por este motivo nos proponemos efectuar una propuesta metodológica que nos permita aproximarnos, al menos, al cálculo de las precipitaciones previsibles y su distribución mensual con un año de antelación y, por otra parte, que los errores sean asumibles, es decir, suficientemente bajos como para dar validez a dicho método.

De este modo, podemos señalar una serie de aspectos básicos referidos a características pluviométricas. En este sentido, podemos señalar que las precipitaciones son muy variables, a priori, no existe ninguna muestra de regularidad, como puede deducirse del análisis de la serie que utilizamos para realizar los cálculos correspondientes. Esta muestra pluviométrica pertenece al observatorio de Cáceres, del que hemos tomado datos desde 1908 hasta 1990.

La elección de la mencionada estación se ha debido a que contaba con una serie temporal bastante amplia para aplicar diferentes técnicas que nos posibiliten efectuar los cálculos o las previsiones pluviométricas.

Sin embargo, antes de proceder a la descripción del método y a la aplicación del mismo creemos necesario hacer un breve análisis de las características que posee la precipitación en el observatorio de Cáceres. A la vez, pensamos que estos datos pueden ser válidos para cualquier otro punto que se halle inserto en el dominio climático mediterráneo, por lo que sólo será necesario aplicar la metodología propuesta a los datos que tenga la estación deseada.

Debido a ello, podemos señalar la fuerte variabilidad interanual que poseen los registros pluviométricos en Cáceres, ya que cuentan con un mínimo de 276.7 mm. y un máximo de 1008.7 mm., lo que se traduce en la obtención de un rango considerable, cifrado en 732 mm.

Si consideramos esos datos y, tenemos en cuenta que la media se sitúa alrededor de los 509 mm., frente a una desviación estándar superior a los 140, lo que se refleja en el elevado coeficiente de variación obtenido, 27.66%. De este

modo podemos considerar que los valores de precipitación anual que se registran en Cáceres son muy variables, lo que es una muestra más de la heterogeneidad de las mismas, hecho que indudablemente caracteriza a cualquier zona mediterránea.

Es por ello que la elección de una metodología y técnicas adecuadas para efectuar aproximaciones a las previsiones pluviométricas posee un gran interés, ya que si es válido para un observatorio tan variable desde un punto de vista pluviométrico, lo será para otros con esta misma característica, aunque sean precisos algunos pequeños retoques.

Con estas técnicas estadísticas simples es posible observar de forma excelente la enorme variabilidad que posee la pluviometría anual de la zona, al igual que sucedería con cualquier otra encuadrada en un dominio mediterráneo.

Por lo tanto, debemos considerar un aspecto fundamental, para poder realizar previsiones pluviométricas es necesario que existan determinados comportamientos repetitivos, pues de lo contrario sería poco menos que imposible realizar estos cálculos.

En este sentido, es preciso señalar que en un trabajo mucho más amplio, demostramos la existencia de una incipiente ciclicidad en las precipitaciones. Es decir, la pluviometría de una zona experimenta dentro de la indiscutible irregularidad una cierta tendencia repetitiva. Dicho de otro modo, se intuyen secuencias temporales secas y húmedas, debidas a una serie de fluctuaciones más o menos regulares en las mismas, lo que nos induce a pensar que, si esto es cierto, es posible realizar previsiones con un grado de acierto aceptable.

Si eso es factible, también lo será la adecuación de los cultivos a la disponibilidad hídrica anual, o mensual, con un año de antelación. Esto posibilitaría la elaboración y puesta en marcha de una política agraria, ganadera, etc, que intentase adecuar al máximo los cultivos a la cantidad de precipitación prevista para un año. Con ello se conseguirían paliar, en gran medida, las enormes pérdidas económicas que conlleva una sequía de larga duración.

Con la finalidad de detectar la presencia de estos ciclos proponemos la utilización de una técnica estadística bastante compleja, la regresión polinómica del mayor grado posible, ya que de esa forma se consigue el mejor ajuste entre la muestra y la curva descrita al efecto. Para ello hemos utilizado el programa Statview 512+ para entornos Macintosh.

De este modo nos damos cuenta de que al efectuar esta operación, regresión polinómica de noveno grado entre el volumen de precipitaciones que se registra cada año y éstos colocados de forma ordinal, se aprecia cierta periodicidad en la aparición de años secos. Así, cada determinado periodo de tiempo, nos

encontramos irremediablemente ante un periodo de déficit pluviométrico, de sequía en definitiva.

Esta circunstancia se aprecia de forma ejemplar en el gráfico I, realizado al efecto. En él puede observarse una curva de regresión que describe determinadas ondas o ciclos más o menos regulares, tal como refleja la función seno-coseno que se corresponde con la curva de regresión polinómica de noveno grado.

Con ella se obtiene el mejor ajuste posible entre la precipitación que se recoge en los diferentes años y la curva de regresión trazada al efecto, si bien como se observa en el gráfico existen numerosos residuos o ruidos en la variable, lo que implica que pese a la manifiesta ciclicidad existen unos desajustes considerables, tanto por la cantidad como por la entidad de los mismos.

Estos errores son perfectamente comprensibles si tenemos en cuenta que nos encontramos ante un clima muy específico, caracterizado sobre todo por la variabilidad en las precipitaciones.

A pesar de la presencia de unos residuos considerables, no nos resignamos a intentar reducirlos, mediante un tratamiento previo de las precipitaciones anuales. Este procedimiento preliminar consiste en la elaboración de semimodias móviles o, medias modulares si se desea, obtenidas con los datos de quince años, por lo que no cabe ninguna duda sobre la homogeneización de la muestra, pero no los estamos falseando como podría pensarse, sino que tenemos como objetivo principal efectuar previsiones para determinar los próximos periodos de sequía.

De esa forma hemos calculado las semimodias móviles, puesto que conociendo el volumen de precipitación de los años anteriores, se obtiene de una forma muy aproximada el valor que alcanzará ésta en un año futuro, pues teniendo en cuenta la formulación matemática resulta muy fácil obtenerla, aunque no con un 100% de exactitud, pero sí lo suficientemente elevado como para permitir realizar inferencias.

Cuando aplicamos la regresión polinómica de noveno grado sobre las medias modulares de quince años, apreciamos que los residuos tienen mucha menor entidad que cuando la efectuábamos sobre las precipitaciones, por lo que además los resultados son más fiables, ya que tienden a homogeneizarse los datos y, a la vez, nos permite realizar estimaciones acerca del volumen de precipitaciones que se esperan recoger en un año venidero.

Es por ello que el método que proponemos resulta óptimo para la adecuación entre la pluviosidad y las necesidades hídricas de los cultivos, para de esa forma recomendar el cultivo de una u otra clase de plantas en función lógica de las precipitaciones estimadas.

La afirmación de poder calcular el volumen de precipitaciones que

presuntamente es factible recoger en un año concreto puede parecer un poco presuntuosa, pero si analizamos con detenimiento el método que proponemos, se verá como es posible llegar a efectuar esos cálculos.

PROCEDIMIENTO.

1) Homogeneizamos la muestra mediante la utilización de semimédias móviles (preferentemente de quince años, que es cuando mejor ajuste se obtiene).

2) Aplicamos la técnica estadística de regresión polinómica (del mayor grado posible, en nuestro caso de noveno).

3) Ateniéndonos a la curva descrita y a la fórmula matemática es posible predecir el próximo valor que tomará la semimedia móvil (tenemos en cuenta que la curva sigue una tendencia marcada).

4) Conociendo el valor calculado de la semimedia móvil del año futuro y conociendo la precipitación real de los 14 años anteriores, es posible determinar el volumen real de precipitación que se espera, con un error de unos 25 ó 30 milímetros anuales, valor muy adecuado si tenemos en cuenta el volumen de precipitaciones que se recoge en este observatorio.

SÍNTESIS.

$$\begin{array}{r}
 1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12+13+14+15 \\
 \text{-----} = A \\
 15 \\
 2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12+13+14+15+16 \\
 \text{-----} = B \\
 15 \\
 3+4+5+6+7+8+9+10+11+12+13+14+15+16+17 \\
 \text{-----} = C \\
 15 \\
 4+5+6+7+8+9+10+11+12+13+14+15+16+17+18 \\
 \text{-----} = D \\
 15 \\
 5+6+7+8+9+10+11+12+13+14+15+16+17+18+X \\
 \text{-----} = E \\
 15 \\
 X = E - \text{-----} \\
 14
 \end{array}$$

NOTA: Los números deben sustituirse por el correspondiente valor que alcanza la precipitación en los diferentes años.

El procedimiento descrito antes resulta sumamente fácil de aplicar y, merced a él es posible obtener de una forma muy aproximada el valor de precipitación que se prevé.

RESULTADOS.

En el gráfico 1 se observa de forma excepcional la variabilidad que poseen los registros pluviométricos en la estación de Cáceres, sucediendo lo mismo en la mayor parte de los observatorios existentes en España.

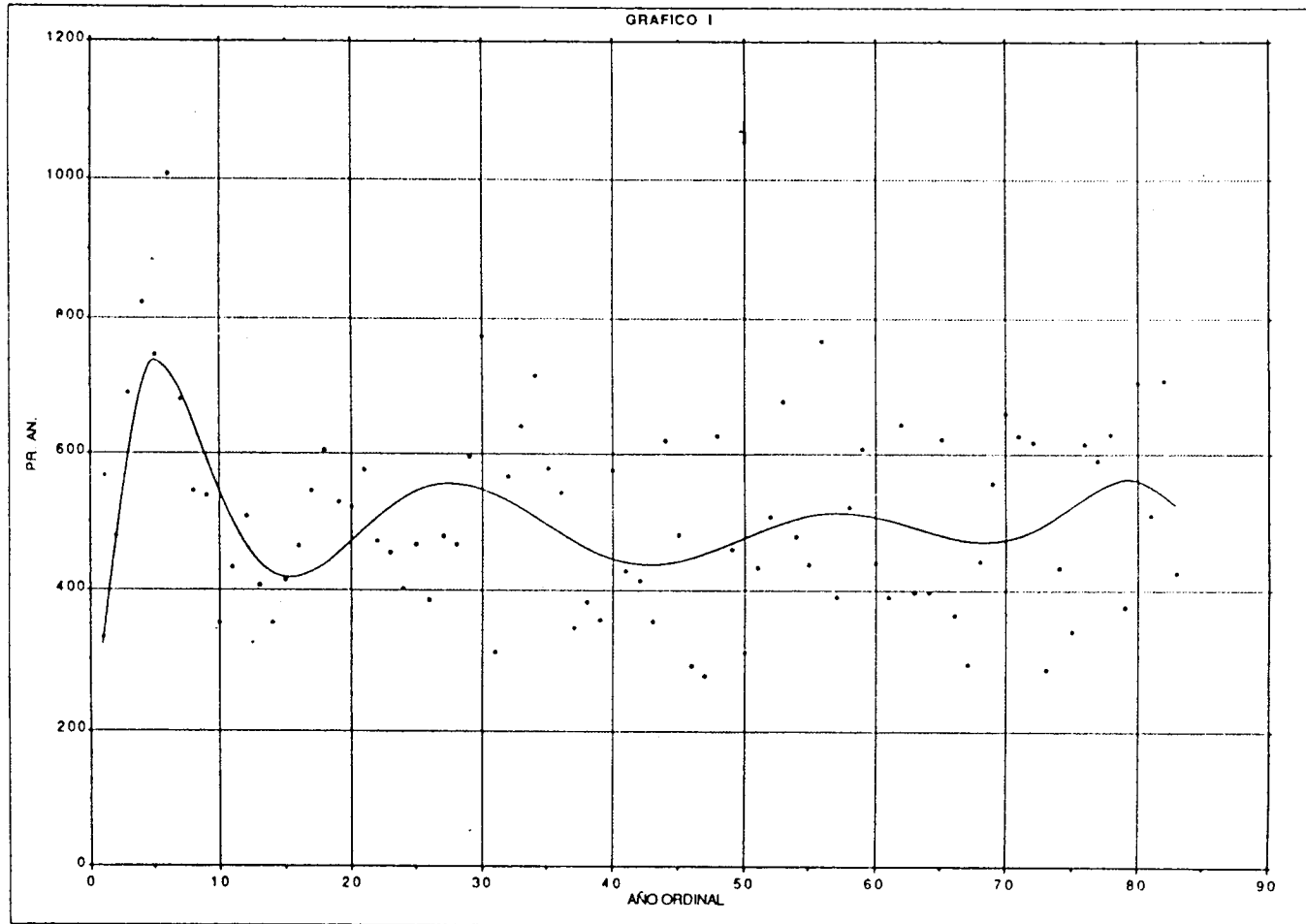
Al mismo tiempo se detecta una determinada ciclicidad en la curva de regresión trazada mediante el polinomio obtenido, con ciclos muy marcados, cada determinado número de años, detectándose períodos de sequía con una duración muy similar, si bien apreciamos que hacia los noventa, se reduce sensiblemente la longitud de onda descrita, pudiendo estar motivada esta aparente anomalía porque no poseemos más años con datos.

A pesar de todo ello, lo que nos interesa destacar es la repetición con la que irremediablemente se producen períodos secos a lo largo del tiempo en que contamos con datos cuantificados, lo que se interpreta, sin lugar a dudas, como un ciclo de sequía cada cierto número de años normales o húmedos.

Sin embargo, observamos que en Extremadura y otras Comunidades Autónomas de España, la sequía es un fenómeno que viene repitiéndose cada diez años aproximadamente, mientras que nosotros obtenemos ciclos de unos veinticinco.

No obstante, debemos tener presente que lo que pretendemos demostrar es la existencia de una ciclicidad en la sequía de magnitud muy elevada, por lo que podría hablarse de dos ciclos bien diferenciados. Por una parte, tendríamos los años secos, que se producen de forma inexorable cada diez años como término medio, mientras que se detecta la presencia de ciclos mayores de sequía cada veinticinco años, que se manifiestan con especial virulencia, tanto por su duración temporal como por la intensidad de las mismas.

Pese a ello, es preciso señalar que para el observatorio que analizamos se pueden considerar años muy secos aquéllos en los que la precipitación no alcanza los 387,6 milímetros anuales, mientras que son años secos los que registran un volumen pluviométrico comprendido entre 387,6 y 451,9 milímetros, que se corresponden con el primer y segundo quintil. Por el contrario, se consideran



años normales, los que cuentan con una pluviometría cifrada entre los 451,9 y los 538,9 litros anuales. En cambio, son húmedos los que tienen una precipitación comprendida entre 538,9 y 624,9 milímetros, mientras que los que superan este último valor se consideran muy húmedos, correspondiéndose con el cuarto y quinto quintil.

Como puede deducirse de lo anterior, para establecer estos umbrales categóricos nos hemos basado en la utilización de quintiles, tal como recomienda la Organización Meteorológica Mundial.

El gráfico 2, basado en las semimedias móviles de quince años, presenta unos rasgos muy similares al anterior, es decir, la presencia de una ciclicidad manifiesta en los períodos de sequía, observándose igualmente una función de tipo sinusoidal.

En él, es posible comprobar que los residuos son mucho más reducidos que en el caso anterior, debido a la homogeneización efectuada con las precipitaciones, al aplicarles una media modular. Ello nos permite calcular las precipitaciones que se esperan en un determinado año, aplicando la síntesis matemática que figura en páginas precedentes.

CONCLUSIONES.

De los dos gráficos que se incluyen en este artículo se deduce que la sequía tiene un carácter cíclico, ya sea de larga duración (cada veinticinco años y reduciéndose paulatinamente) o de corta (cada diez años).

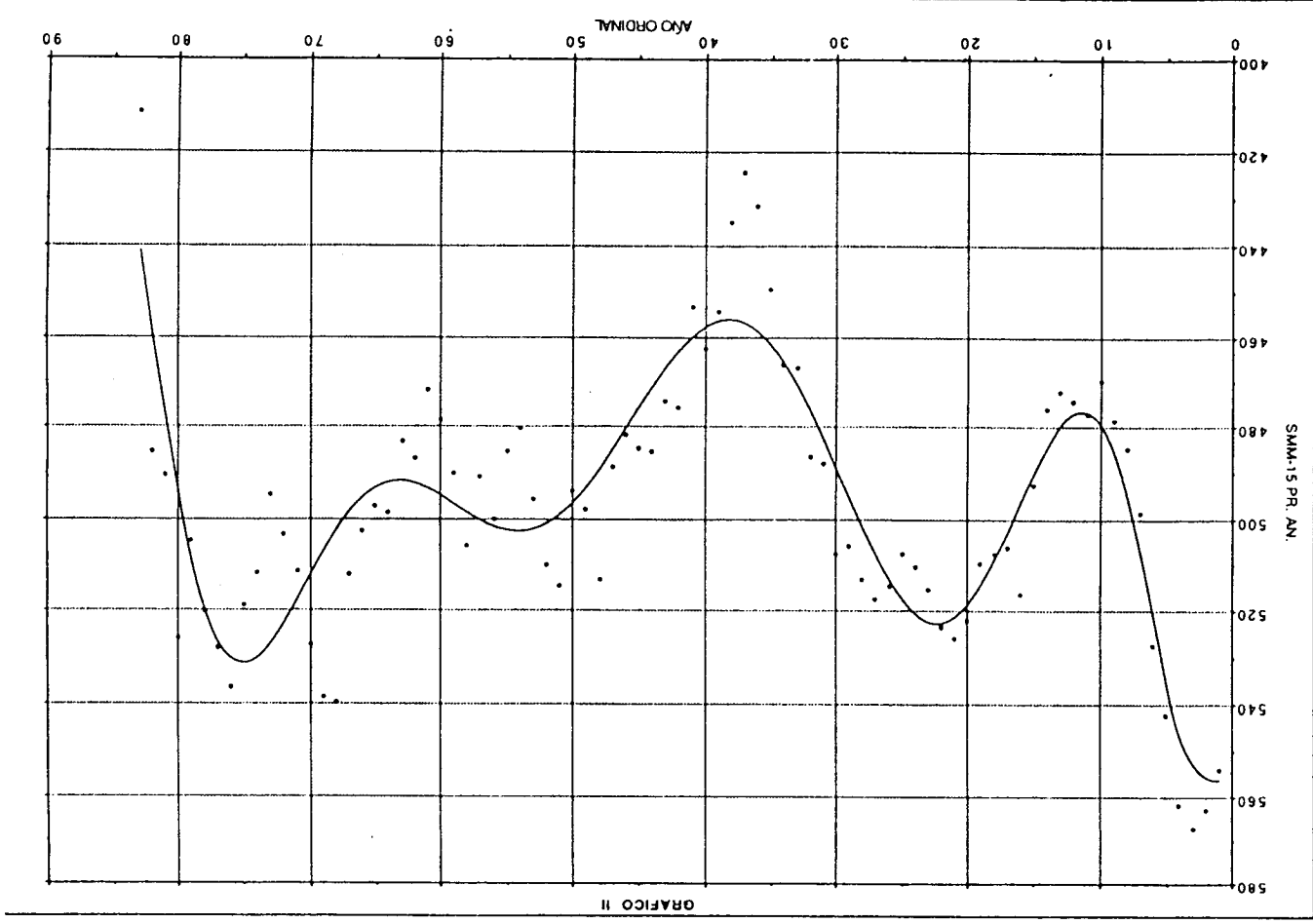
Teniendo en cuenta esta situación repetitiva, no podemos definir la sequía como un fenómeno excepcional, sino que lejos de ello, es inherente al devenir de cualquier clima que se inserte en el dominio climático mediterráneo, caracterizado por una variabilidad pluviométrica muy marcada.

De esa forma llegamos a la conclusión de que es posible predecir de forma aproximada el volumen de precipitaciones que se recogerán en un año futuro, por lo que adecuando los cultivos a la previsible disponibilidad hídrica se obtendrán unas menores pérdidas al optimizar los recursos.

Para ello, basta efectuar los cálculos correspondientes mediante las siguientes fórmulas polinómicas.

POLINOMIO DESCRITO POR EL GRÁFICO 1.

$$y = 513,169 + 55,214x - 17,427x^2 + 1,949x^3 - 0,107x^4 + 3,243E-3x^5 - 5,6051E-5x^6 + 5,3807E-7x^7 - 2,5475E-9x^8 + 4,1054E-12x^9$$



POLINOMIO DESCRITO POR EL GRÁFICO 2.

$$y = -56,278 + 459,746x - 90,096x^2 + 7,795x^3 - 0,363x^4 + 0,01x^5 - 1,6468E-4x^6 + 1,6201E-6x^7 - 8,7112E-9x^8 + 1,9694E-11x^9$$

REFERENCIAS.

- ANDERSON, T. W. (1984). *An Introduction to Multivariate Statical Analysis*. Wiley. New York.
- ASCASO LIRIA, A. y CASALS MARCEN, M. (1982). "Períodos secos y sequía en la depresión central del Ebro". *Geographalia*, nº 11 y 12. Institución Fernando El Católico. Excelentísima Diputación Provincial. Zaragoza.
- BURGUEÑO, J. (1992). "Caracterizació básica de la irregularitat de les precipitacions a Catalunya". *Notes de Geografia Física*, nº 20-21. Publicacions del departament de geografia física i anàlisi geogràfica regional. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- CLAVERO PARICIO, P. L. et alii. (1983). "La Climatología actual: el uso de métodos estadísticos y modelos probabilísticos". *Notes de Geografia Física*, nº 8. Publicacions del departament de geografia física i anàlisi geogràfica regional. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- CREUS NOVAU, J. et alii. (1981). "Duración de períodos secos en el Alto Aragón". *Actas del VII Coloquio de Geografía*. A.G.E. Pamplona.
- EGIDO, A. et alii (1989). "Análisis de dos métodos estadísticos para el cálculo de la precipitación". *Meteorología y Climatología Ibéricas. Actas de las XVII Jornadas de la A.M.E. Lisboa-Salamanca*. Salamanca.
- MARTÍN VIDE, J. et alii. (1992). "Acerca de la bondad de las cadenas de Markov de primero, segundo y tercer órdenes en el análisis de las sequías del sureste de España". *Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa*. Dptº Geografía y Ordenación del Territorio. Zaragoza.
- SÁNCHEZ MARTÍN, J. M. *El clima de montaña en Extremadura. Delimitación y Análisis Sistémico*. (T. Doct. en elaboración).
- Ibidem. (1994). *Los gradientes climáticos en Extremadura. Método óptimo para la obtención de variables termopluviométricas*. Editores varios. Cáceres.
- Ibidem. *Propuesta metodológica para la previsión pluviométrica*. (En elaboración).