

Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa
Universidad de Zaragoza
1992, Zaragoza

METODOLOGIA DEL ANALISIS TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS ELEMENTOS CLIMATICOS

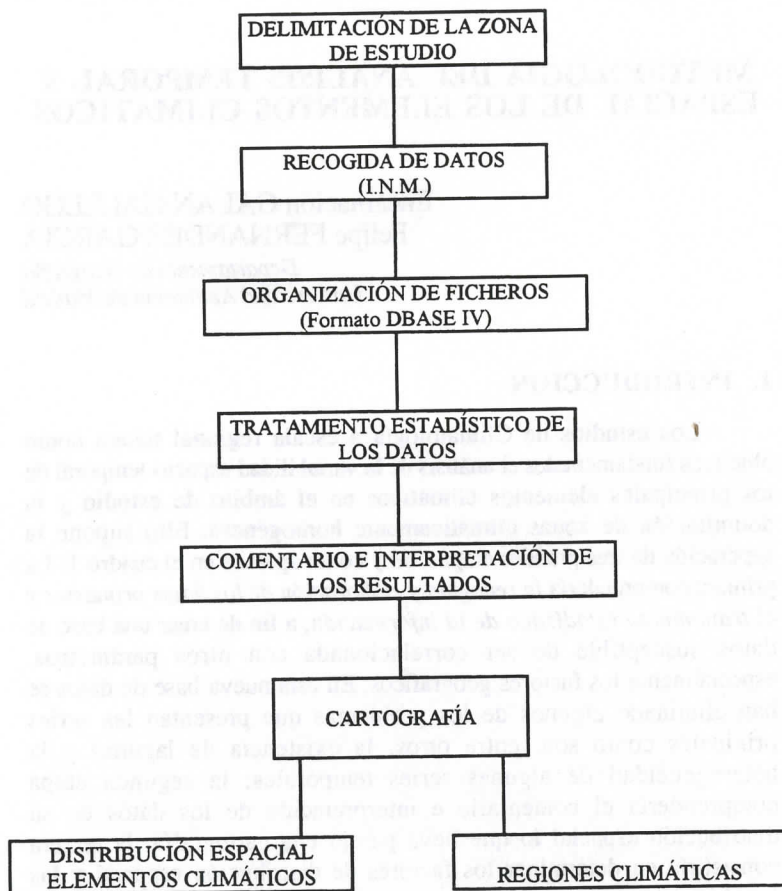
Encarnación GALAN GALLEGO
Felipe FERNANDEZ GARCIA

*Departamento de Geografía
Universidad Autónoma de Madrid*

1. INTRODUCCION

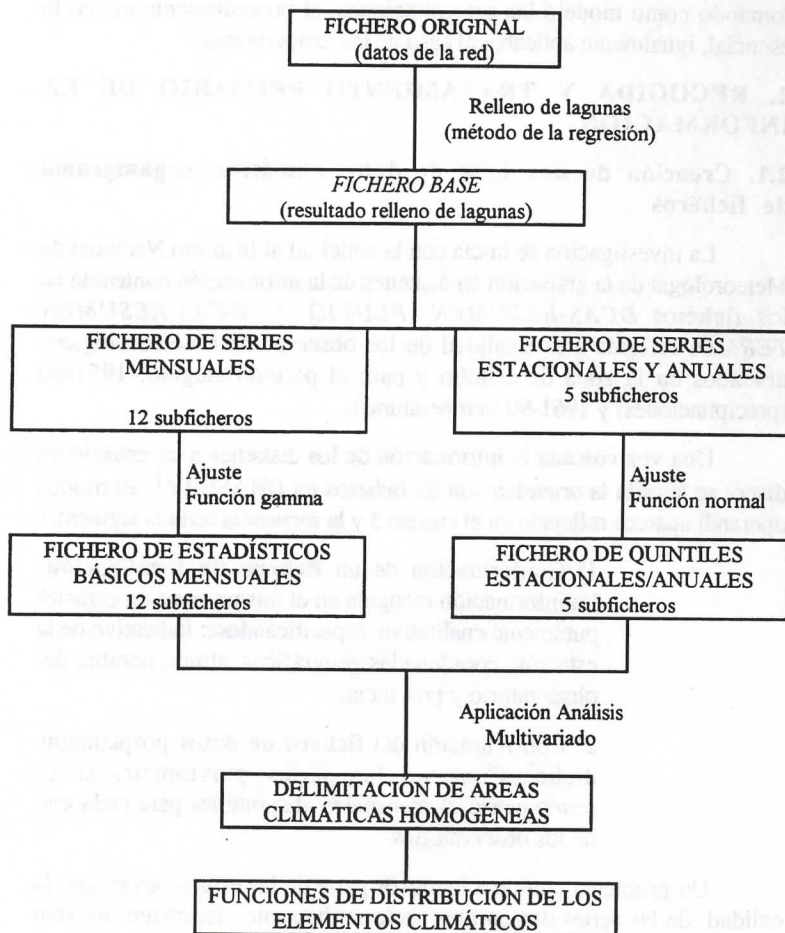
Los estudios de Climatología a escala regional tienen como objetivos fundamentales el análisis de la variabilidad espacio-temporal de los principales elementos climáticos en el ámbito de estudio y la delimitación de zonas climáticamente homogéneas. Ello supone la superación de tres grandes etapas, tal y como aparece en el cuadro 1: La primera comprendería *la recogida y elaboración de los datos primarios y el tratamiento estadístico de la información*, a fin de crear una base de datos susceptible de ser correlacionada con otros parámetros, especialmente los factores geográficos. En esta nueva base de datos se han eliminado algunos de los problemas que presentan las series originales como son, entre otros, la existencia de lagunas y la heterogeneidad de algunas series temporales; la segunda etapa comprendería el comentario e interpretación de los datos en su distribución espacial lo que lleva parejo una cartografía; la tercera consistiría en determinar los factores de distribución espacial y las funciones que correlacionan los diferentes factores de la misma, esenciales para la cuarta y última: -regionalización-.

Esta metodología, que ampliaremos en las notas que siguen, no pretende ser definitiva, sino una propuesta de trabajo susceptible de modificaciones y mejoras, a partir de la cual sería muy interesante que se fijara una metodología común a los diferentes estudios climáticos. En nuestro caso ha sido aplicada, en todas o parte de sus fases, a la Meseta

CUADRO 1**EL PLAN DE TRABAJO**

CUADRO 2

METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS DATOS CLIMÁTICOS



Meridional en áreas de diferente extensión desde el conjunto meseteño, a cuencas de tamaño medio y en la actualidad estamos aplicándola al conjunto de la cuenca del Tajo. (cuadro 2).

En otro orden de cosas, quisiéramos apuntar que, si bien en este trabajo la descripción de las distintas etapas del método se realizará tomando como modelo las precipitaciones, el procedimiento es, en lo esencial, igualmente aplicable al caso de las temperaturas.

2. RECOGIDA Y TRATAMIENTO PRIMARIO DE LA INFORMACION

2.1. Creación de una base de datos climática: organigrama de ficheros

La investigación se inicia con la solicitud al Instituto Nacional de Meteorología de la grabación en diskettes de la información contenida en los ficheros *DCAS-RESUMEN PLUVIO* y *DCAS-RESUMEN TERMO*, referida a la totalidad de los observatorios meteorológicos ubicados en la zona de estudio y para el período elegido: 1951-90 (precipitaciones) y 1961-90 (temperaturas).

Una vez volcada la información de los diskettes a un espacio en disco, se aborda la organización de ficheros en DBASE IV¹. El modus operandi aparece reflejado en el cuadro 3 y la secuencia sería la siguiente:

1º **Conformación de un fichero de localización:**
La información recogida en el mismo tiene un carácter puramente cualitativo, especificándose: indicativo de la estación, coordenadas geográficas, altura, nombre del observatorio y provincia.

2º **Configuración del fichero de datos** propiamente dicho: Contiene las series pluviométricas (o termométricas) mensuales, disponibles para cada uno de los observatorios.

Un problema común a la mayor parte de las estaciones es que la calidad de las series disponibles suele ser bastante deficiente. Existen

¹ La conversión de formato desde los ficheros DCAS del I.N.M. a DBASE se ha realizado mediante la elaboración de dos programas en FORTRAN: *EXTRPLUV.FOR* y *EXTRTEMP.FOR*

numerosas lagunas y no todos los datos se refieren a un período común. Ello implica, en primer lugar, el *relleno de las lagunas* existentes y la *reducción* de las series a un período común.

2.2. Relleno de lagunas: generación del fichero base mediante el método de la regresión

El relleno de lagunas -mediante la regresión- conlleva, a su vez, el planteamiento y resolución de dos cuestiones previas: a) homogeneidad de las series y b) delimitación de criterios básicos para aplicar la regresión.

A) Homogeneidad y heterogeneidad de las series temporales. El método de las secuencias.- El primer problema que se plantea es la homogeneidad de la muestra -requisito básico, puesto que de ello depende la fiabilidad de los resultados-. Por desgracia muchas series climatológicas no satisfacen esta condición esencial, y lo peor es que la mayoría de las veces no consta documentalmente la heterogeneidad. Por eso es necesario aplicar algún criterio práctico para juzgar si la serie es homogénea o no. Una serie se considera homogénea cuando varía según los factores climáticos naturales que afectan a la meteorología de la zona considerada. Consecuentemente la serie se mantendrá homogénea si permanece constante el medio ambiente y los instrumentos de medida.

La OMM recomienda, a este respecto, aplicar el *método de las secuencias*. Se trata de un test no paramétrico -su utilización no exige que las variables introducidas en el análisis presenten una distribución normal- de aplicación sencilla y rápida. Consiste en evaluar el número de secuencias (u) de datos en su orden temporal teniendo como criterio el estar por encima o por debajo de la mediana y confrontar este número con unos límites (*valores críticos*) para ciertos niveles de confianza y para la longitud total de la serie.

Comparando el número de secuencias obtenidas con los valores críticos de la *tabla de distribución muestral de u* puede calificarse una serie como:

- **homogénea:** el número de secuencias registrado debe quedar comprendido entre los valores críticos (límite superior e inferior) de la tabla de distribución muestral de u .

- **heterogénea**: Si u queda por encima del límite superior o por debajo del límite inferior. En el primer caso, la heterogeneidad se debe a la presencia de una de una oscilación de un corto período. En el segundo, la heterogeneidad responde a una deriva en la mediana y revela, por consiguiente, la existencia de una tendencia monótona en la serie original (Jansá Guardiola, 1983)

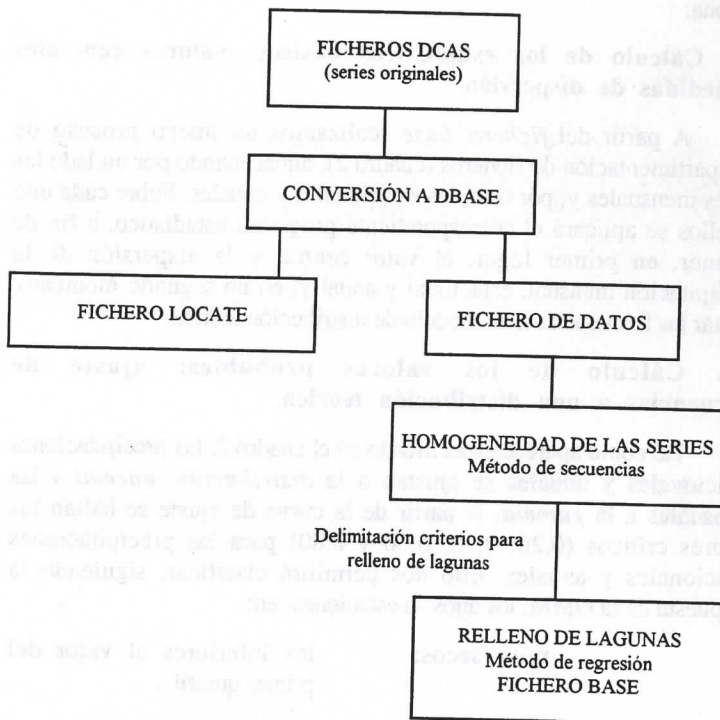
En el caso que nos ocupa -Cuenca del Tajo- se ha aplicado dicho test sobre las series anuales de precipitación, cifrando la longitud mínima de la serie en 30 años (observatorios considerados como principales o completos). En todos ellos la muestra elegida (1951-1990) es calificada como homogénea.

B) Criterios básicos para aplicar la regresión.- Otra de las cuestiones a resolver -para aplicar la regresión- es la elección del observatorio independiente o *estación base*, que sirva de patrón, en otros términos el observatorio completo. En el caso de la Meseta Meridional los criterios que mejor responden a los objetivos propuestos son :

- * Valor del coeficiente de correlación $> 0,70$.
- * Número de años comunes a los observatorios ≥ 15 (precipitación) En temperaturas, dada la escasez de observatorios y su menor dispersión, hemos situado el umbral mínimo en 5 años comunes.
- * Distancia (latitud/longitud) entre ambos ≤ 7 minutos.
- * Aportar información. Es decir, verificar que la muestra completada por regresión da mejor información sobre el fenómeno que la contenida en la muestra original. (Guerra Gómez, 1985).

La utilización del primer criterio de selección, lleva parejo el cálculo de la *matriz de correlación de Pearson* entre los distintos observatorios de la zona de estudio, utilizando como variable los valores de precipitación anual de toda la serie. Las relaciones entre cada par de observaciones (casos u observatorios) objeto de análisis han sido las mostradas por cada uno de los observatorios incompletos con la totalidad de los considerados completos.

CUADRO 3
BASE DE DATOS CLIMÁTICA
(CREACIÓN FICHERO BASE)



Determinado el observatorio independiente para cada uno de los dependientes se procede a la aplicación de la *regresión lineal simple*. El resultado de la misma -valores **predichos**- nos permite configurar el fichero de datos definitivo (*fichero base*) para todos los observatorios de la zona.

2.3. Cálculo de los estadísticos básicos: valores centrales y medidas de dispersión

A partir del *fichero base* realizamos un nuevo proceso de compartimentación de ficheros (cuadro 2), almacenando por un lado las series mensuales y, por otro, las estacionales y anuales. Sobre cada uno de ellos se aplicará el correspondiente programa estadístico, a fin de obtener, en primer lugar, el valor central y la dispersión de la precipitación mensual, estacional y anual y, en un segundo momento, ajustar las frecuencias a un modelo de distribución teórica.

2.4. Cálculo de los valores probables: ajuste de frecuencias a una distribución teórica.

Tal como aparece especificado en el cuadro 2, las precipitaciones estacionales y anuales se ajustan a la *distribución normal* y las mensuales a la *gamma*. A partir de la curva de ajuste se hallan los valores críticos (0.20, 0.40, 0.60 y 0.80) para las precipitaciones estacionales y anuales. Ello nos permitirá clasificar, siguiendo la propuesta de la OMM, los años -o estaciones- en:

- **muy secos:** los inferiores al valor del primer quintil
- **secos:** los comprendidos entre el primer y segundo quintil.
- **normales:** los que se agrupan entre el segundo y el tercer quintil.
- **húmedos:** los que lo hacen entre el tercero y el cuarto
- **muy húmedos:** los que presentan precipitaciones superiores al cuarto quintil.

La conclusión de todo el proceso se plasma en la elaboración de los *ficheros de resultados*:

- mensuales (12), donde aparecen recogidos: valor central, desviación típica y coeficiente de variación de las precipitaciones mensuales.
- estacionales y anuales (5), junto a los estadísticos básicos citados se incluyen también los quintiles (1º, 2º, 3º, 4º).

3. FUNCIONES DE DISTRIBUCION ESPACIO-TEMPORAL DE LAS PRECIPITACIONES. APLICACION DE LA REGRESION MÚLTIPLE

3.1. Variables independientes: criterios de selección

La elección de variables independientes o explicativas en el análisis de la regresión múltiple pasa necesariamente por un estudio previo de los factores climáticos que inciden en la distribución espacial y temporal de las precipitaciones. Los dos aspectos fundamentales a considerar serán:

1º *El marco climático regional* en que se inserta la zona de estudio. Definido fundamentalmente por el **factor dinámico** del clima (mecanismos generales al conjunto de la zona o incluso de la Península).

2º *Factores geográficos: Configuración y relieve*: Determinan los rasgos climáticos específicos y diferenciados de la cuenca. Factores como la altura, la orientación, la pendiente... etc son determinantes en la distribución espacial de las precipitaciones.

El análisis de estos factores nos permitirá observar, y sobre todo explicar, por ejemplo:

- disimetrías pluviométricas entre vertientes, por un lado, comparando con otras cuencas, y disimetrías entre márgenes de una misma cuenca
- Gradientes pluviométricos altitudinales.

-Potencial pluviométrico de los distintos flujos perturbados...etc.

Una vez delimitados los factores que determinan la distribución espacial de cada uno de los elementos climáticos analizados se procede a calcular las *funciones de distribución espacio-temporal*, introduciendo como variables "independientes" a esos factores antes mencionados: **altura, distancia al Atlántico, orientación, pendiente**. Ello nos permitirá determinar la precipitación en los distintos sectores de la zona y en aquellas áreas en las que carecemos de información pluviométrica por la ausencia de observatorios.

El proceso de cálculo se realiza tanto para el valor medio como para los extremos (primer y cuarto quintil) de las precipitaciones anual y estacional.

3.2. Funciones de distribución por áreas climáticamente homogéneas

A) **Delimitación de unidades climáticas: Análisis de Cluster y Análisis Discriminante:** A partir de las diferencias espaciales observadas -signo de los residuos- se procede a determinar áreas con un comportamiento pluviométrico similar frente a los factores climáticos considerados. Para ello, se aplica un *Análisis de Agrupamiento* de observatorios tomando como punto de referencia la distancia entre las medias de cada una de las variables utilizadas en el agrupamiento. Estas han sido:

- * Precipitaciones estacionales y anuales.

- * La altura.

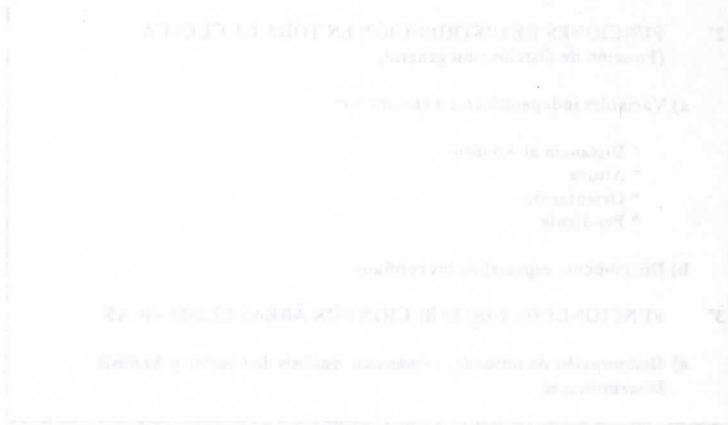
- * Longitud.

- * Valor de los residuos obtenidos con las funciones de distribución del conjunto de la zona. Ello nos permitirá realizar una primera aproximación de regionalización -diferenciando entre zonas con residuos negativos y positivos - formar los cluster-.

Una vez establecidos los clusters, aplicamos el *Análisis Discriminante* con el objetivo de fijar el grado de separación entre cada uno de las regiones -clusters- y buscar lo específico de cada uno de ellas (Galán Gallego, 1991).

B) Cálculo de las funciones de distribución. Definidas las regiones o unidades climáticas, se aborda de nuevo el cálculo de las funciones de distribución en cada una de ellas.

Con ello concluye el tratamiento estadístico de los datos y, en consecuencia, elaborada la capa de información climática -suceptible de integrarla en un SIG-. A partir de la misma se cartografía automáticamente la distribución espacial de los elementos climáticos y las regiones climáticas.



CUADRO 4

**FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN
(Aplicación de la regresión múltiple)****1° CRITERIOS A TENER EN CUENTA PARA LA ELECCIÓN DE
VARIABLES INDEPENDIENTES**

- * El marco climático regional (factor dinámico)
- * Factor geográfico: Configuración y relieve

**2° FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN EN TODA LA CUENCA
(Función de distribución general)****a) Variables independientes a considerar:**

- * Distancia al Atlántico
- * Altura
- * Orientación
- * Pendiente

b) Distribución espacial de los residuos**3° FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN POR ÁREAS CLIMÁTICAS**

- a) Delimitación de unidades climáticas: Análisis de Cluster y Análisis Discriminante**

CUADRO 5
RELACIÓN DE PROGRAMAS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS

| CONCEPTO | PROGRAMA APLICADO | PAQUETE ESTADÍSTICO |
|--|--|---------------------|
| Cálculo de la matriz de Correlación | CORRELATION | SPSS-PC (+) |
| Homogeneidad de series temporales | RUNS | SPSS-PC (+) |
| Relleno de lagunas | REGRESION | SPSS-PC (+) |
| Cálculo de estadísticos básicos | AGGREGATE | SPSS-PC (+) |
| Ajuste de frecuencias estacionales y anuales y cálculo de valores críticos (quintiles) | STATGRAPHICS Curve Fitting a Función normal | STATGRAPHICS |
| Agrupación (Delimitación de áreas de precipitación homogénea) | STATGRAPHICS Multivariate Methods- Cluster Analysis | STATGRAPHICS |
| Discriminación (Regiones pluviométricas) | ANÁLISIS DISCRIMINANTE (7M) | BMDP |
| Función de correlación (función de distribución de la precipitación) | STATGRAPHICS Regresion Analysis Stepwise Variable Selection | STATGRAPHICS |

BIBLIOGRAFIA

- ARLERY, R., GRISOLLET, H. y GUILMET, B.(1973): *Climatologie. Méthodes et pratiques*, París, Gauthier-Villars.
- CAÑADA, R. y GALAN, E.(1987): "Métodos de reducción y discriminación en regionalización climática", *Actas del X Congreso Nacional de Geografía*, Zaragoza, AGE, vol. I, págs. 277-291.
- CLAVERO, P.L., MARTIN VIDE, J., RASO, J.M. (1982): "La Climatología actual: el uso de métodos estadísticos y modelos probabilísticos. Proyecto de un estudio termopluviométrico de Cataluña", *Notes de Geografía Física*, Barcelona, nº 8, diciembre, págs 5-10.
- EBDON, D.(1982): *Estadística para geógrafos*, Barcelona, Oikos-Tau.
- FERNANDEZ GARCIA, F.(1980): "Diferenciación regional en función de las precipitaciones y su dinámica en la Meseta Meridional", *Estudios Geográficos*, Madrid, nº 159, págs. 145-170.
- FERNANDEZ GARCIA, F.(1983): "La disimetría pluviométrica entre las vertientes Norte y Sur del Sistema Central", *Actas del VII Coloquio de Geografía*, Salamanca, 1983, págs.91-98.
- FERNANDEZ GARCIA, F.(1986): *El clima de la Meseta Meridional. Los tipos de tiempo*, Madrid, Universidad Autónoma.
- FERNANDEZ GARCIA, F. (1989): "Regímenes hídricos y pluviometría de la Cuenca del tajo" en *Los Paisajes del Agua*, Libro jubilar dedicado al Prof. A. López Gómez, Universitat de València y Universidad de Alicante.
- FERNANDEZ GARCIA, F. (1992): "Los gradientes pluviométricos en la Meseta Meridional: avance de un modelo de distribución espacial de las precipitaciones", *Alisios*, La Laguna, nº 2 (en prensa).
- FERNANDEZ GARCIA, F., GALAN GALLEGO, E. (1990): "Propuesta de una regionalización pluviométrica de la Meseta Meridional", *Actas del IV Coloquio de Geografía Cuantitativa*, Palma de Mallorca, AGE, págs. 315-333.

FERNANDEZ GARCIA, F. y GALAN GALLEGO, E.(1991): "Las precipitaciones en el valle del Tietar. Aspectos metodológicos", en *Homenaje al Prof. L.M. Albentosa Sánchez*, Tarragona (en prensa).

GALAN GALLEGO, E. (1990): *Tipos de tiempo anticiclónicos invernales en la España Peninsular y Baleares. Ensayo Metodológico*, Madrid, Edicc. U.A.M.

GALAN GALLEGO, E. (1991): "Técnicas de clasificación automática en Climatología. Propuesta metodológica para una tipología de tipos de tiempo invernales en la España peninsular y Baleares", *Alisios*. Revista de Geografía, La Laguna, nº 1, págs. 81-98.

GUERRA GOMEZ, J. (1985): *Estudio de un modelo estocástico de precipitaciones en la Comunidad de Madrid. Aplicaciones hidrogeológicas y geodinámicas*, Madrid, I.N.M., A-109, 81 pp.

JANSA GUARDIOLA, J MTM. (1983): *Curso de Climatología*, Madrid, I.N.M., B-19, 445 págs.

MATHER, P.M. (1976): *Computational Methods of multivariate analysis in Phisical Geography*, Londres, Jhon Wiley and sons.

RASO, J.M., MARTIN VIDE, J. y CLAVERO PARICIO, P.(1987): *Estadística básica para Ciencias Sociales*, Barcelona, Ariel Geografía, 271 págs.

SANCHEZ CARRION, J. (1984): *Introducción a las técnicas de análisis multivariable aplicadas a las ciencias sociales*, Madrid, Centro de Investigaciones Sociológicas.

