

## DEFINICIÓN DE ZONAS CLIMÁTICAS EN CASTILLA-LEÓN MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CLUSTER

SÁNCHEZ, J. M., TOMÁS, C., DE PABLO, F. Y PANERO, C.

**RESUMEN:** Partiendo de los valores medios mensuales (1.941 - 1.970) de la temperatura del aire y la precipitación, se han determinado las zonas climáticamente homogéneas que configuran los 105 observatorios de la región Castellano - Leonesa utilizados. Se ha empleado el Análisis de Componentes Principales (A. C. P.) para conseguir una reducción en la dimensionalidad de la matriz de datos empleada, (105 observatorios x 24 valores climatológicos), obteniendo la rotación de los mismos mediante las técnicas "Varimax" y "Oblimin". Finalmente a partir de dos metodologías diferentes: método de Average Linkage y de Ward, se obtiene el número óptimo de clusters para la zona estudiada, con los coeficientes estandarizados correspondientes y una explicación de la varianza de los datos originales del 95%.

**SUMMARY:** From average monthly values (1.941-1.970) of air temperature and rainfall, it has been determined the coherent regions that configure the 105 used locations in Castilla - Leon. It had been used Principal Component Analysis technique (P. C. A.) to obtain a reduction in the size of the data array (105 observatories x 24 climatological values), obtaining the rotation of the same data with "Varimax" and "Oblimin" techniques. Finally, from two different methods: Average Linkage and Ward's method, we obtain the best number of clusters for the studied zone, with the own standard coefficients and the explanation of the variance for original values of 95%.

**PALABRAS CLAVE:** Análisis de Componentes Principales / Análisis de Cluster / Regiones coherentes.

### 1) INTRODUCCIÓN

Muchos investigadores han utilizado gran variedad de datos para definir tipos de climas y dibujar zonas de climas similares. Los más famosos ejemplos son las

clasificaciones debidas a Koeppen (1.923) y a Thornthwaite (1.931). Si bien dichas clasificaciones han sido motivadas por diferentes razones y usando diferentes datos, ambas imponen a priori la definición de una serie de tipos de climas o reglas que deben utilizarse para clasificar cada área de la Tierra. Los tipos de climas son externamente concretados (precisados) o indirectamente sugeridos a partir de los datos, en lugar de los resultados directos obtenidos a partir de los mismos.

Esta aproximación tan particular es, en general, en promedio, injustificable. Nuestro trabajo, no obstante, presenta una aproximación alternativa, y es el intento de definir zonas climáticas de una manera más directa. Los datos usados son temperatura y precipitación bajo la forma de valores climatológicos mensuales (1.941 - 70) para las provincias de Castilla-León. La idea básica es muy simple: lugares que tengan características similares (incluyendo medias y varianzas) con respecto a esas variables no han de presentar grandes diferencias en sus climas. Otras variables parcialmente importantes o corrientemente usadas en la caracterización del tipo de clima pueden ser, en el futuro, añadidas a nuestra serie de datos, incluyendo aquellas que combinan de forma específica la temperatura y la precipitación (como la evapotranspiración potencial, que forma parte de la base de la clasificación obtenida por Thornthwaite, figura 5).

Como el objetivo es la determinación de zonas climáticas presentes en Castilla-León, hemos empleado una técnica incipiente, conocida como análisis de cluster. Su uso, unido a otras técnicas de regresión multivariante, está, hoy en día, muy difundido en estudios meteorológicos y climatológicos, (Villmot, 1.978; Singleton and Spackman, 1.984 y Stone, 1.989).

Algunas formas del análisis de cluster comienzan con la identificación de una serie de variables tabuladas para cada miembro de una serie de objetos o casos que se han de agrupar, y después se escoge alguna medida de similaridad o disimilaridad entre pares de objetos (el concepto de distancia). El preprocesado de las variables antes de calcular los valores de las distancias es un área de gran interés. Diferentes variables pueden estar medidas en escalas distintas y también contener irrelevante y/o redundante información. Cuando nos enfrentamos a variables de diferente tipo o escala, o simplemente con un elevado número de variables potencialmente importantes, muchos investigadores adoptan estrategias de manipulación y/o reducción como el Análisis de Componentes Principales (Kalstein, 1.981; Stidd, 1.954). Dicho análisis crea nuevas variables ortogonales (variables latentes, las componentes), formadas por combinaciones lineales de las variables originales, cada una de las cuales explica una fracción específica de la varianza total original y que viene indicada por el tamaño del valor propio asociado. La retención de las componentes más significativas lleva consigo una reducción de las variables con una pérdida mínima de información. Estas nuevas variables pueden usarse para generar puntos componentes que pueden ser posteriormente clusterizados en lugar de los datos de las filas de la matriz original.

## 2) METODOLOGÍA

### A) La región geográfica y los datos.

La Comunidad Autónoma de Castilla y León ocupa la zona centro - septentrional de España, de forma casi coextensiva con la Submeseta norte. Es la más extensa de las 17 comunidades españolas, así como la integrada por mayor número de provincias, siendo además la menos densamente poblada del total nacional. Geológicamente la Meseta Central constituye un viejo macizo herciniano vinculado en su tectónica y morfología a los grandes sistemas orográficos de Europa Central. Sin embargo por su unidad estructural, extensión y aridez posee una personalidad geográfica característica. Sometida a intensa glaciación, quedó cubierta de detritos y sedimentos glaciares procedentes de las elevaciones superiores. Que su aridez ha persistido durante mucho tiempo lo demuestran por un lado sus depósitos de grava, de arcilla y yeso y por otro, la presencia en ella de mesas y profundos valles escalonados, formados por el Duero y sus afluentes. La elevación general de la Meseta oscila entre 600 y 1.200 m., pero las montañas alcanzan a menudo los 1.800 y los picachos más de 2.000, como sus puntos culminantes, Plaza del Moro Almanzor (2.661 m.) y Aocalito (2.418 m.), ambos en la Sierra de Gredos. Debido a los repetidos levantamientos y hundimientos registrados en su historia estructural, presenta un aspecto topográfico claramente diferenciado: el relieve frágoso. Éste aparece en las numerosas sierras que accidentan la Comunidad en casi su total periferia: Montes Cantábricos (N), Sierra de La Culebra (NO), Sierra de Gata (O), Sierra de Guadarrama (S) y la Sierra de Gredos (S). La llanura central limitada por dichas formaciones rocosas presenta una suave pendiente hacia el oeste que determina la dirección de los ríos a partir del Sistema Ibérico.

Es el clima factor abiótico condicionante de otros procesos de orden físico y biológico que se producen en el territorio. De él dependen en parte no sólo aprovechamientos agrarios o recursos forestales, sino vegetación natural, modelado del terreno, erosión y actividades industriales de base natural, como la obtención de energía hidroeléctrica. Por su latitud, elevación y cinturón orográfico Castilla y León posee un clima marcadamente continental, con inviernos rigurosos y largos, que en las comarcas de gran elevación se prolongan hasta bien entrada la primavera, y veranos calurosos y cortos. Las figuras 1 y 3 muestran las isolíneas correspondientes a la precipitación anual y temperatura media anual correspondientes a los 105 observatorios estudiados durante el período 1.941 - 1.970.

Dichas figuras pueden compararse con las figuras 2 y 4, las cuales reflejan iguales magnitudes (precipitación anual y temperatura media anual), pero referidas al período 1.956 - 1.985, (Ramírez Estévez, G., 1.995). Los períodos mostrados 1.941 - 1.970 y 1.956 - 1.985 abarcan un número de años que suele ser considerado de suficiente amplitud como para que los valores se correspondan con medias

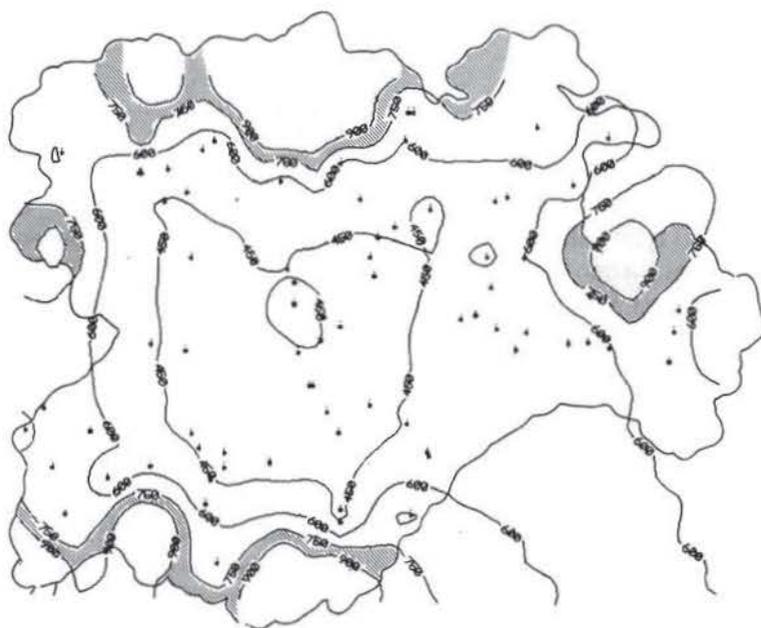


Fig. 1. Isolíneas de precipitación anual. Período 1941-1970

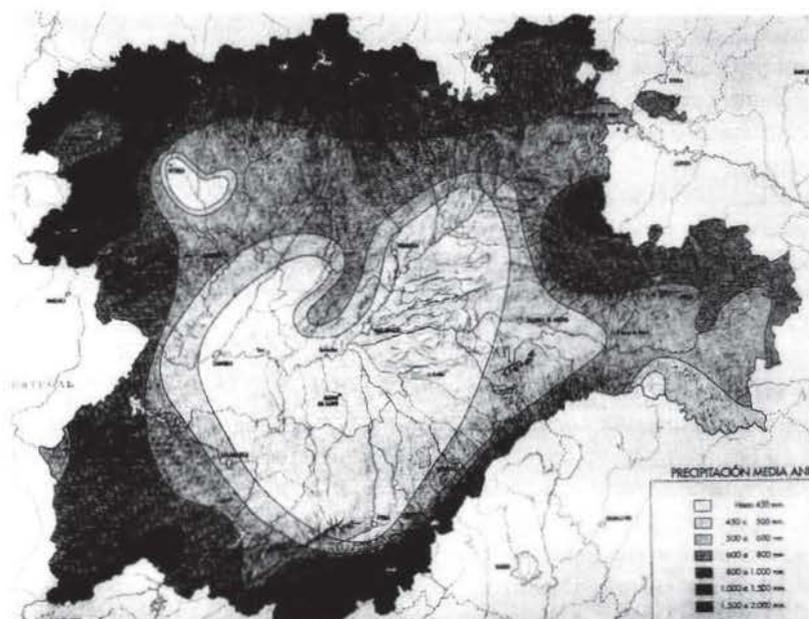


Fig. 2. Distribución por zonas de la precipitación media anual. Período 1956-1985

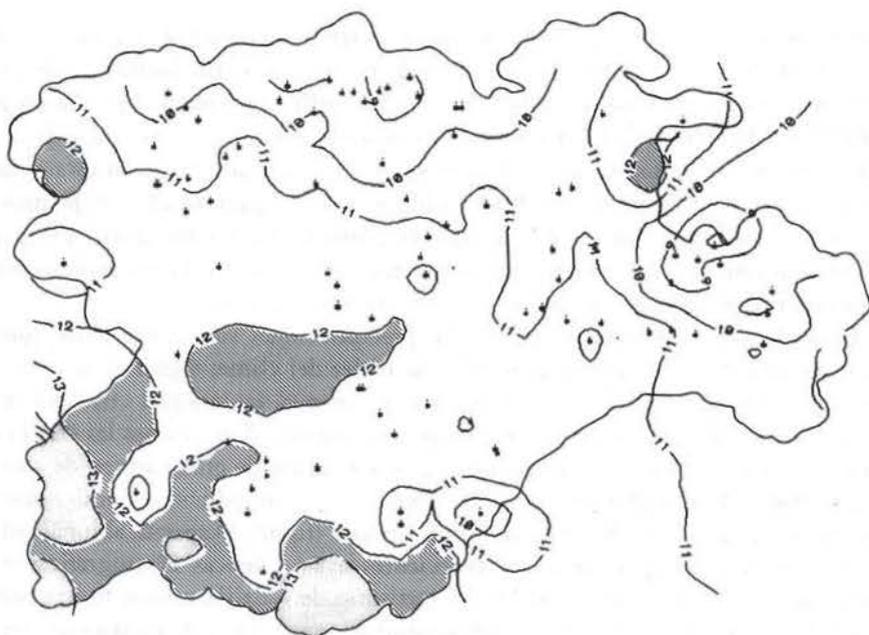


Fig. 3. Isolíneas de temperatura media anual. Período 1941-1970

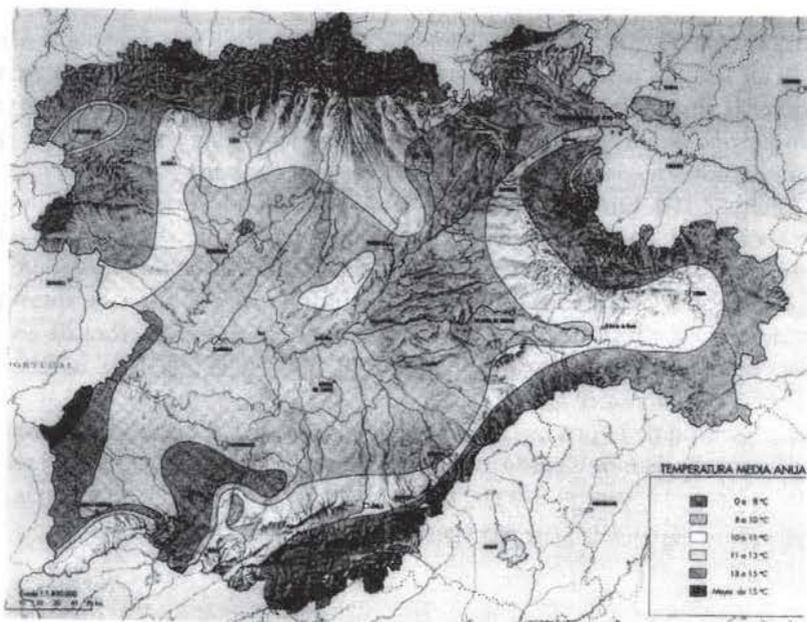


Fig. 4. Distribución por zonas de la temperatura media anual. Período 1956-1985

climáticas significativas. La configuración del territorio de Castilla y León, constituye un factor determinante de cara al análisis del clima. La dualidad existente entre sectores montañosos y sectores de llanura, influye de manera nítida en los elementos y factores del clima regional. Correspondiéndose con un clima de latitudes medias, las precipitaciones anuales siguen un marcado régimen estacional, con un mínimo en verano y una distribución variable, según lugares, en primavera, otoño e invierno. En su abstracción, la temperatura media anual refleja el potencial térmico de las distintas áreas del territorio. Julio y Enero representan, generalmente, los meses más cálido y más frío respectivamente.

El doble juego de la temperatura y las precipitaciones va a condicionar, junto con otros factores no menos importantes, la aridez del clima; según el modelo de Gaussen (1.963) se considera tradicionalmente un mes árido aquel cuya precipitación total es inferior a dos veces su temperatura media. Son muchas las clasificaciones climáticas existentes, sin embargo la mayor parte de ellas carecen de sentido si se tratan de aplicar a un espacio de dimensiones tan reducidas, como nuestra Región. La clasificación climática de Thornthwaite (figura 5) apunta algunas diferencias relevantes. Con espacios pertenecientes a las Cuencas Hidrográficas del Norte, del Ebro y del Tajo, el 82 % del territorio de Castilla y León forma parte de la Cuenca del Duero. Si bien el área central de esta cuenca no ha sido favorecida con un régimen climático rico en lluvias, la presencia de una orla montañosa con generosas precipitaciones, permite el desarrollo de una red hídrica de notable relevancia.

Estructurada en torno al Duero como eje central, ofrece una apreciable asimetría entre su margen derecha, con una red más potente y jerarquizada que su margen izquierda. Esta diferencia entre norte y sur de la Cuenca queda patente en el régimen hídrico de los ríos. Así, en la margen derecha el Esla y sus afluentes aportan en media anualmente alrededor de 4.552 hm<sup>3</sup>, el Pisuerga y sus tributarios llevan al Duero 2.101 hm<sup>3</sup>. En la margen izquierda sólo el Tormes supera los mil hm<sup>3</sup> de aportación, concretamente vierte al Duero 1.165 hm<sup>3</sup>. Una amplia red de embalses con diferentes funciones y capacidades actuando como reguladores del caudal de los ríos constituyen la base imprescindible para el ulterior aprovechamiento del agua en regadíos, suministro urbano o fuente productora de energía eléctrica. Embalses como la Almendra (2.600 hm<sup>3</sup>) y el del Esla o Ricobayo (1.200 hm<sup>3</sup>), figuran entre los de mayor capacidad de la nación.

Para el estudio de la precipitación y temperatura en la Comunidad Autónoma de Castilla y León hemos elegido 105 observatorios repartidos por toda la región. La figura 6 recoge su localización geográfica. La tabla 1 muestra la relación de estaciones meteorológicas así como sus coordenadas geográficas y altitud.

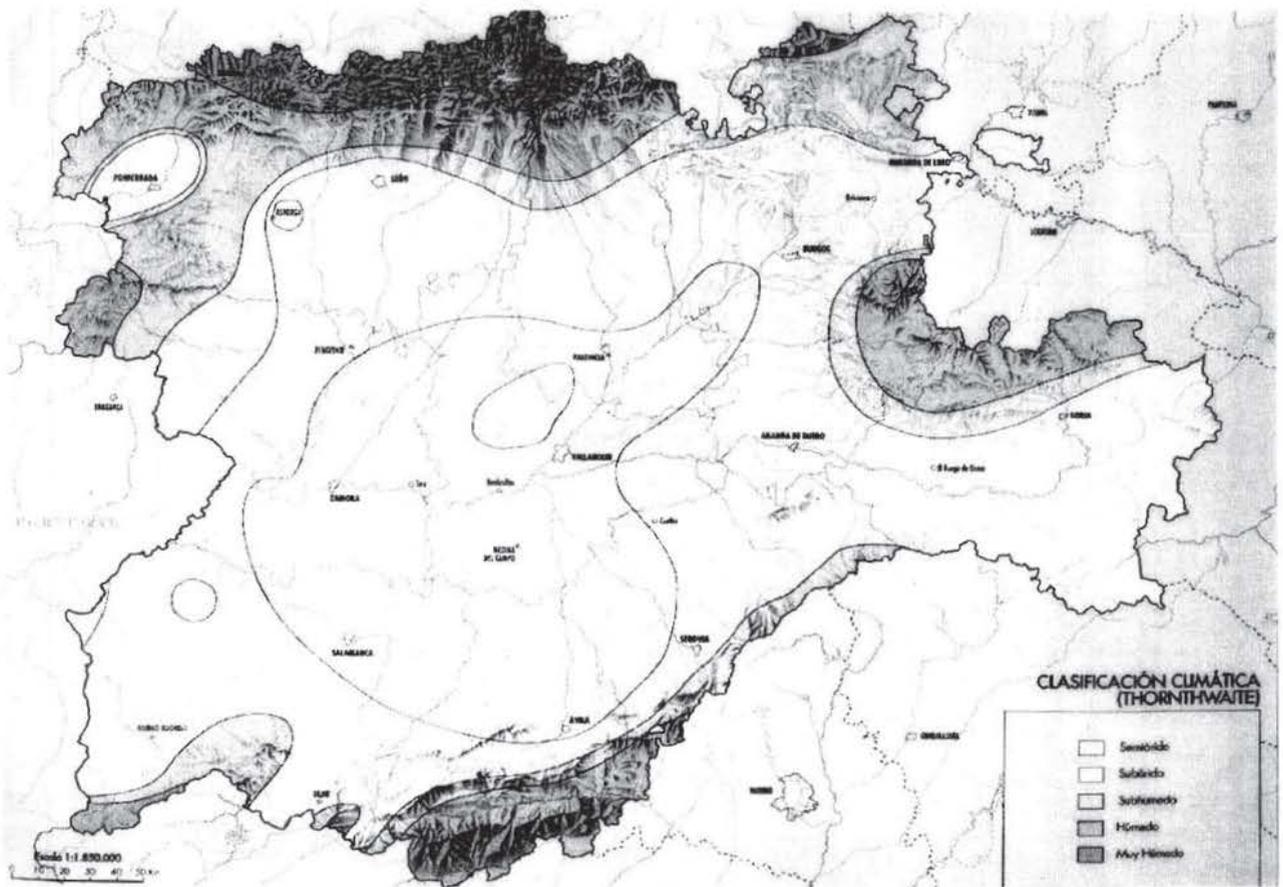


Fig. 5. Clasificación climática de Castilla y León, (Thornthwaite)

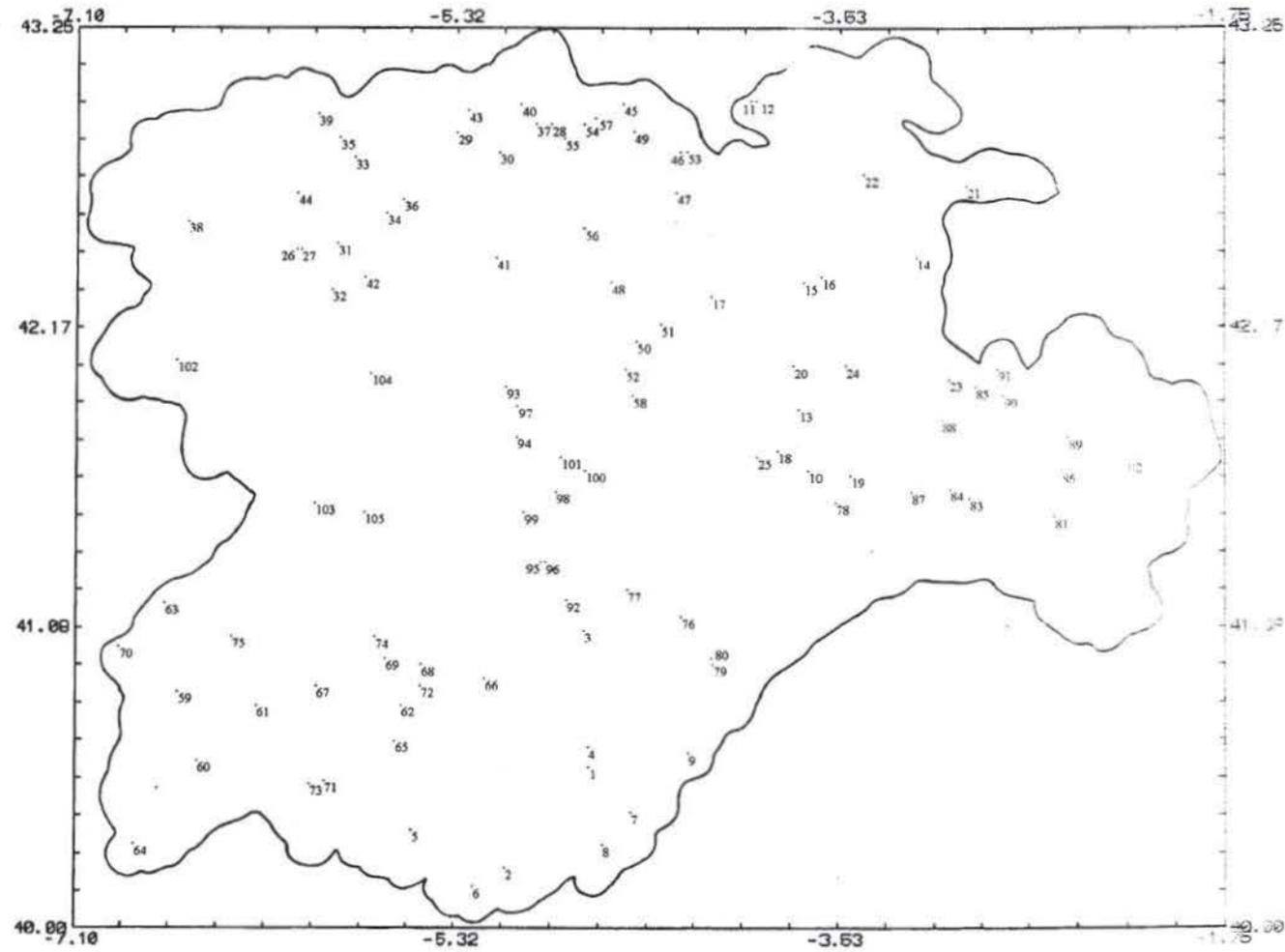


Fig. 6. Localización de los 105 observatorios de Castilla y León

TABLA 1  
COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y ALTITUD DE LOS OBSERVATORIOS

|    | OBSERVATORIO                | LATITUD-N | LONGITUD-W | ALTITUD |
|----|-----------------------------|-----------|------------|---------|
| 1  | Aldea del R. N. (Guterreño) | 40° 35'   | 4° 42'     | 1.160   |
| 2  | Arenas de S. Pedro          | 40° 13'   | 5° 05'     | 510     |
| 3  | Arévalo                     | 41° 04'   | 4° 43'     | 820     |
| 4  | Ávila                       | 40° 39'   | 4° 42'     | 1.131   |
| 5  | Barco de Ávila              | 40° 21'   | 5° 31'     | 1007    |
| 6  | Candeleda                   | 40° 09'   | 5° 14'     | 430     |
| 7  | El Tiemblo                  | 40° 25'   | 4° 30'     | 689     |
| 8  | La Adrada                   | 40° 18'   | 4° 38'     | 1.000   |
| 9  | Peguerinos                  | 40° 38'   | 4° 14'     | 1.351   |
| 10 | Aranda de Duero             | 41° 39'   | 3° 41'     | 798     |
| 11 | Arija (Ayuntamiento)        | 42° 59'   | 3° 57'     | 906     |
| 12 | Arija (Colegio)             | 42° 59'   | 3° 56'     | 906     |
| 13 | Bahabón de Esgueva          | 41° 52'   | 3° 43'     | 923     |
| 14 | Belorado                    | 42° 25'   | 3° 11'     | 770     |
| 15 | Burgos                      | 42° 20'   | 3° 42'     | 929     |
| 16 | Burgos (Villafraja)         | 42° 21'   | 3° 37'     | 887     |
| 17 | Castrogeriz                 | 42° 17'   | 4° 08'     | 808     |
| 18 | Gumiel del M.(Ventosilla)   | 41° 43'   | 3° 49'     | 800     |
| 19 | La Vid de Aranda            | 41° 38'   | 3° 29'     | 832     |
| 20 | Lerma                       | 42° 02'   | 3° 45'     | 849     |
| 21 | Miranda de Ebro             | 42° 41'   | 2° 57'     | 471     |
| 22 | Oña                         | 42° 44'   | 3° 25'     | 598     |
| 23 | Quintanar de la S.          | 41° 59'   | 3° 02'     | 1.113   |
| 24 | Retuerta                    | 42° 02'   | 3° 30'     | 900     |
| 25 | Roa de Duero                | 41° 42'   | 3° 55'     | 810     |
| 26 | Astorga                     | 42° 27'   | 6° 03'     | 868     |
| 27 | Astorga (Reg. de Art.)      | 42° 27'   | 6° 04'     | 868     |
| 28 | Besandre                    | 42° 54'   | 4° 53'     | 1.200   |
| 29 | Boñar                       | 42° 52'   | 5° 19'     | 975     |
| 30 | Cistierna                   | 42° 48'   | 5° 07'     | 951     |
| 31 | Hospital de Órbigo          | 42° 28'   | 5° 53'     | 819     |
| 32 | La Bañeza                   | 42° 18'   | 5° 54'     | 771     |
| 33 | La Magdalena                | 42° 47'   | 5° 48'     | 998     |
| 34 | León (V. del Camino)        | 42° 35'   | 5° 39'     | 920     |
| 35 | Los Barrios de Luna         | 42° 51'   | 5° 52'     | 1.033   |

|    | OBSERVATORIO           | LATITUD-N | LONGITUD-W | ALTITUD |
|----|------------------------|-----------|------------|---------|
| 36 | Navatejera             | 42° 38'   | 5° 34'     | 878     |
| 37 | Priero                 | 42° 54'   | 4° 57'     | 1.123   |
| 38 | Ponferrada             | 42° 33'   | 6° 35'     | 541     |
| 39 | Rabanal de Luna        | 42° 56'   | 5° 58'     | 1.156   |
| 40 | Riaño                  | 42° 58'   | 5° 01'     | 1.048   |
| 41 | Sahagún Valdelocajo    | 42° 25'   | 5° 08'     | 860     |
| 42 | Sant. M. del Páramo    | 42° 21'   | 5° 45'     | 809     |
| 43 | Vegamián               | 42° 57'   | 5° 16'     | 1.048   |
| 44 | Villameca              | 42° 39'   | 6° 04'     | 920     |
| 45 | Abadía de Lebanza      | 42° 58'   | 4° 33'     | 1.340   |
| 46 | Aguilar de Campoo      | 42° 48'   | 4° 15'     | 897     |
| 47 | Alar del Rey           | 42° 39'   | 4° 18'     | 851     |
| 48 | Carrión de los Condes  | 42° 20'   | 4° 36'     | 839     |
| 49 | Cervera de Pisuerga    | 42° 52'   | 4° 30'     | 1.013   |
| 50 | Monzón de los Campos   | 42° 07'   | 4° 29'     | 754     |
| 51 | Palacios del Alcor     | 42° 11'   | 4° 22'     | 833     |
| 52 | Palencia               | 42° 01'   | 4° 32'     | 739     |
| 53 | Pantano de Aguilar     | 42° 48'   | 4° 17'     | 950     |
| 54 | Pantano de Camp.       | 42° 54'   | 4° 44'     | 1.253   |
| 55 | Pantano de Com.        | 42° 51'   | 4° 49'     | 1.160   |
| 56 | Saldaña                | 42° 31'   | 4° 44'     | 912     |
| 57 | Triollo                | 42° 55'   | 4° 41'     | 1.299   |
| 58 | Venta de B.            | 41° 55'   | 4° 30'     | 720     |
| 59 | Bañobárez              | 40° 51'   | 6° 37'     | 730     |
| 60 | Ciudad Rodrigo         | 40° 36'   | 6° 32'     | 653     |
| 61 | Fuente de S. Est.      | 40° 48'   | 6° 15'     | 770     |
| 62 | Martinamor R. De S. P. | 40° 48'   | 5° 34'     | 956     |
| 63 | Mieza                  | 41° 10'   | 6° 41'     | 646     |
| 64 | Navasfrías             | 40° 18'   | 6° 49'     | 902     |
| 65 | Pantano de S. Teresa   | 40° 40'   | 5° 36'     | 840     |
| 66 | Peñaranda de Brac.     | 40° 54'   | 5° 11'     | 899     |
| 67 | Robliza de Cojos       | 40° 52'   | 5° 58'     | 818     |
| 68 | Matacán                | 40° 57'   | 5° 29'     | 789     |
| 69 | Salamanca              | 40° 58'   | 5° 39'     | 797     |
| 70 | Salto de Saucelle      | 41° 03'   | 6° 48'     | 828     |

|     | OBSERVATORIO          | LATITUD-N | LONGITUD-W | ALTITUD |
|-----|-----------------------|-----------|------------|---------|
| 71  | Valero de la Sierra   | 40° 32'   | 5° 56'     | 588     |
| 72  | Villagonzalo de T.    | 40° 52'   | 5° 29'     | 801     |
| 73  | Villanueva del Conde  | 40° 31'   | 6° 00'     | 798     |
| 74  | Villamayor P.         | 41° 03'   | 5° 42'     | 815     |
| 75  | Villarmuerto          | 41° 03'   | 6° 22'     | 767     |
| 76  | Carbonero el M.       | 41° 07'   | 4° 16'     | 912     |
| 77  | Coca                  | 41° 13'   | 4° 31'     | 785     |
| 78  | Linares del Arroyo    | 41° 32'   | 3° 33'     | 911     |
| 79  | Segovia               | 40° 57'   | 4° 07'     | 1.002   |
| 80  | Zamarramala           | 40° 58'   | 4° 08'     | 1.006   |
| 81  | Almazán               | 41° 29'   | 2° 32'     | 938     |
| 82  | Almenar               | 41° 41'   | 2° 12'     | 1.018   |
| 83  | Bayubas de Abajo      | 41° 33'   | 2° 56'     | 1.000   |
| 84  | Burgo de Osma         | 41° 35'   | 3° 04'     | 895     |
| 85  | Covaleda Cast.        | 41° 57'   | 2° 54'     | 1.200   |
| 86  | Lubia                 | 41° 39'   | 2° 30'     | 1.049   |
| 87  | S. Est. de Gormaz     | 41° 34'   | 3° 12'     | 900     |
| 88  | S. Leonardo de Y.     | 41° 50'   | 3° 04'     | 1.081   |
| 89  | Soria                 | 41° 46'   | 2° 28'     | 1.063   |
| 90  | Vinuesa               | 41° 55'   | 2° 46'     | 1.107   |
| 91  | Vinuesa (Sta. Inés)   | 42° 01'   | 2° 48'     | 1.326   |
| 92  | Ataquines             | 41° 11'   | 4° 48'     | 802     |
| 93  | Berrueces de Cam.     | 41° 57'   | 5° 05'     | 772     |
| 94  | Castromonte           | 41° 46'   | 5° 02'     | 841     |
| 95  | Medina del Campo      | 41° 19'   | 4° 55'     | 721     |
| 96  | Medina del Campo (il) | 41° 19'   | 4° 54'     | 721     |
| 97  | Medina de Rioseco     | 41° 53'   | 5° 02'     | 749     |
| 98  | Simancas              | 41° 34'   | 4° 51'     | 680     |
| 99  | Tordesillas           | 41° 30'   | 5° 00'     | 703     |
| 100 | Valladolid            | 41° 39'   | 4° 43'     | 693     |
| 101 | Villanubla            | 41° 42'   | 4° 50'     | 843     |
| 102 | Puebla de San.        | 42° 03'   | 6° 38'     | 960     |
| 103 | Salto del Esla        | 41° 32'   | 5° 59'     | 702     |
| 104 | Sta. Crist. de la P.  | 42° 00'   | 5° 43'     | 720     |
| 105 | Zamora                | 41° 30'   | 5° 45'     | 649     |

El estudio emplea datos corrientemente usados del I. N. M., consistentes en temperaturas medias mensuales y precipitación mensual (24 variables en total) para las provincias de Castilla-León. El campo de estudio está formado por 105 observatorios y la serie de datos se reduce a dos dimensiones mediante la determinación de los valores climatológicos mensuales de las 24 variables. Si bien esto sacrifica alguna información que puede ser importante en el proceso de clusterizar, se debe a que queremos procesar las variables mediante el A. C. P. Es decir, realizar dos análisis: S - Mode y T - Mode (Catell, 1.952).

Muchas de las 24 variables no presentan una distribución normal para los 105 observatorios. No hay una única transformación que fuerce normalidad, ni siquiera para un particular tipo de datos (T o R). El coeficiente de skewness de la distribución de la precipitación mensual para cada lugar pone en evidencia la existencia de un fuerte ciclo estacional, comenzando sustancialmente positivo en invierno hasta llegar a valores poco negativos en verano. El gráfico de kurtosis presenta un comportamiento cualitativo similar. La estacionalidad se presenta también en la distribución de temperaturas, pero con extremos centrados en las estaciones de verano e invierno.

Afortunadamente tanto el A. C. P. como el análisis de cluster no exige, para operar correctamente, que las variables estén normalmente distribuidas, incluso el A. C. P. utiliza correlaciones o covarianzas que implícitamente asumen relaciones lineales entre las variables.

#### B) Análisis de Componentes Principales.

En este trabajo, el A. C. P. se utiliza para reducir el tamaño de la matriz de los datos originales a un pequeño número de coeficientes de las componentes (component scores) antes de utilizar el análisis de cluster. Como los datos de partida contienen diferentes unidades se utiliza la matriz de correlación, como matriz de entrada del A. C. P. (Richman, 1.981; De Gaetano, 1.990; Kalstein et al. 1.987 y 1.990). Los "component scores" se obtienen mediante multiplicación de los datos de la matriz original por la matriz de vectores propios, dividido por la raíz cuadrada de la matriz de valores propios. Los resultados obtenidos "scores estandarizados" son validados siguiendo a Fovell y Fovell (1.993) después de aplicar una serie de tests de sensibilidad. Los cálculos precedentes han sido realizados utilizando el paquete estadístico SPSS. Las gráficas de los componentes resultantes son utilizados sólo para obtener una idea inicial del contorno de las estaciones y nos proporcionan un soporte para la regionalización final.

Existen numerosos criterios relativos al número de componentes a retener. Si se retienen pocas componentes, existe el riesgo de perder información relevante. Alternativamente, la retención de muchas componentes permite la aparición de

redundancia en los datos (ruidos) con la posibilidad de contaminar los subsecuentes análisis (Fovell y Fovell, 1.993). En la bibliografía aparecen muchas reglas de selección de las componentes: El criterio de Guttman (Horel, 1.981), también llamado "regla 1", escoge los factores con valores propios  $\geq 1$ . La "Regla  $1_k$ ", sugerida por Jolliffe (1.986), reduce este valor a 0.7, debido a que arguye que la "regla 1" retiene pocos factores. Los criterios de "ladera" (Rogers, 1.990) y el LEV (Jolliffe, 1.986), representan los valores propios y los logaritmos de los valores propios, respectivamente, frente al número de componentes. El número de puntos que difieren considerablemente del resto (normalmente formando una línea recta) indica el número de factores a retener.

Una etapa importante en este proceso es la que se denomina rotación de las componentes principales. El uso de la rotación es debido a la búsqueda de una mejor interpretación de las componentes retenidas. Después del proceso de rotación, las  $p$  variables iniciales pueden expresarse como combinaciones lineales de  $m$  ( $m < p$ ) factores rotados:

$$x_i = \sum_j \alpha_{ij} F_j \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (1)$$

donde los coeficientes  $\alpha_{ij}$ , denominados factor loadings, son proporcionales a los vectores propios de la matriz de correlación y representan el peso de cada variable en cada una de las componentes.

De igual forma las componentes pueden expresarse a partir de:

$$F_j = \sum_i \beta_{ij} x_i \quad (2)$$

donde  $\beta_{ij}$ , son los denominados factor - scores. La primera componente es aquella combinación lineal que explica la varianza máxima; la segunda aquella que explica el mayor tanto por ciento de la varianza residual, etc.

En este trabajo hemos usado el A. C. P. bajo dos formas diferentes dependiendo del tipo de la matriz inicial de datos: el S - Mode (S para el espacio) y el T - Mode (T para el tiempo). En el S - Mode la matriz a factorizar está formada por 24 variables x 105 observatorios, de esta forma se espera aislar subgrupos de observatorios de covariación similar. El T - Mode provee otro tipo de información, debido a que la matriz a factorizar es la traspuesta de la usada en S - Mode, es decir: 105 x 24. Nos permite aislar subgrupos de meses con formas espaciales similares.

## C) Análisis de Cluster.

El análisis de Cluster intenta dividir en categorías una colección de observaciones con aparente o no estructura de categorías (Anderberg, 1.973). Existen muchos métodos de clusterizar, los cuales proyectan o maximizan la similaridad dentro de los grupos al mismo tiempo que minimizan la similaridad entre grupos (Balling, 1.984). Como indica Villmott (1.978) un diseño jerárquico aglomerativo es el más apropiado cuando la naturaleza y el número de regiones es desconocido. Los métodos jerárquicos producen clusters que no permiten solapamientos, donde los objetos de un nivel son combinados con los objetos de otro nivel. Los aglomerativos comienzan con  $N$  clusters, cada uno conteniendo un objeto, y a continuación juntan los dos objetos que son más "similares". El proceso continúa hasta obtener un sólo cluster que contiene todos los datos. Para medir el grado de proximidad, se utiliza como entrada del análisis de cluster una matriz de similaridades. Siguiendo otros estudios, hemos utilizado la distancia euclídea al cuadrado y los métodos de clusterizar aglomerativos y jerárquicos: Average Linkage y Ward son usados para delinear espacialmente regiones climáticamente homogéneas en la autonomía de Castilla-León.

El método Average Linkage actúa imponiendo la condición de varianza máxima en el interior de cada grupo al mismo tiempo que la condición de varianza mínima entre los grupos. Utiliza la función:

$$L_{12} = (N_1 N_2)^{-1} (\sum \sum D_{pq}) \quad (3)$$

donde:  $D_{pq}$  representa el cuadrado de la distancia euclídea del elemento  $p$  escogido entre los  $N_1$  del grupo 1 y el elemento  $q$  perteneciente al grupo 2 que contiene  $N_2$  individuos.

El criterio de Ward utiliza como índice de similaridad:

$$W = \sum \sum \sum (x_{ihk} - x_{bk})^2 = \sum W_e \quad (4)$$

donde  $x_{ihk}$  representa el valor de la variable  $h$  correspondiente a la observación  $i$  de las  $N_k$  observaciones del grupo  $k$  y  $W_e$  designa la suma de los cuadrados de las diferencias en el interior del grupo  $k$ . Un punto indica siempre un valor medio calculado por el índice indicado. Al mezclarse dos grupos para construir uno mayor, el criterio considera que la variación de  $W$  después de la fusión depende exclusivamente de las relaciones existentes entre ambos grupos y ha de ser mínima.

El método de Ward es más popular en climatología, en primer lugar debido a que está basado en subgrupos que se excluyen mutuamente, se usa para muestras que superan los 100 datos asumiendo que no presentan normalidad (Cox, 1.957).

### 3) ANÁLISIS Y RESULTADOS.

#### A) A. C. P.

#### *S - Mode.*

De la observación de la tabla 2, se desprende que un modelo de dos factores es suficiente, (97.9 % de la varianza acumulada), para explicar nuestros datos.

TABLA 2

VALORES PROPIOS, % DE VARIANZA EXPLICADA POR CADA COMPONENTE. S - MODE

|                        | 1 <sup>er</sup> Factor | 2 <sup>o</sup> Factor |
|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Valor propio           | 99.81                  | 2.95                  |
| Varianza (%)           | 95.1                   | 2.8                   |
| Varianza acumulada (%) | 95.1                   | 97.9                  |

Los valores de los dos primeros coeficientes para interpretar cada observatorio, según el modelo elegido, aparecen en la tabla 3. En busca de una mejor interpretabilidad de los factores se han realizado dos tipos de rotaciones: Varimax (FACV) y Oblimín (FACO).

TABLA 3  
 FACTORES ROTADOS: VARIMAX (FACV) Y OBLIMÍN (FACO). S - MODE

| Variables | FACV 1  | FACO 1  | FACV 2  | FACO 2   | Variables | FACV 1  | FACO 1  | FACV 2  | FACO 2   |
|-----------|---------|---------|---------|----------|-----------|---------|---------|---------|----------|
| O1        | 0,74999 | 0,98939 | 0,64804 | -0,0333  | O54       | 0,56292 | 0,97525 | 0,81967 | 0,21971  |
| O2        | 0,40708 | 0,92313 | 0,90486 | 0,38806  | O55       | 0,59077 | 0,98132 | 0,7998  | 0,18622  |
| O3        | 0,84759 | 0,95959 | 0,50522 | -0,20443 | O56       | 0,74328 | 0,99034 | 0,65628 | -0,02269 |
| O4        | 0,93131 | 0,8677  | 0,28772 | -0,42097 | O57       | 0,56053 | 0,97465 | 0,82125 | 0,22249  |
| O5        | 0,6117  | 0,98054 | 0,7772  | 0,15542  | O58       | 0,84951 | 0,96436 | 0,5101  | -0,20215 |
| O6        | 0,45709 | 0,93985 | 0,87751 | 0,33403  | O59       | 0,59333 | 0,97574 | 0,78917 | 0,17668  |
| O7        | 0,51864 | 0,95669 | 0,83849 | 0,26359  | O60       | 0,67577 | 0,9869  | 0,7206  | 0,07036  |
| O8        | 0,58457 | 0,97236 | 0,79333 | 0,18568  | O61       | 0,64791 | 0,98787 | 0,75057 | 0,11128  |
| O9        | 0,68592 | 0,98353 | 0,70537 | 0,05229  | O62       | 0,72883 | 0,98831 | 0,66819 | -0,00414 |
| O10       | 0,84131 | 0,97352 | 0,53162 | -0,18078 | O63       | 0,54678 | 0,9743  | 0,83486 | 0,24183  |
| O11       | 0,55565 | 0,95352 | 0,796   | 0,20727  | O64       | 0,40578 | 0,92172 | 0,90417 | 0,38844  |
| O12       | 0,55556 | 0,95357 | 0,79617 | 0,20746  | O65       | 0,61504 | 0,98186 | 0,77568 | 0,15203  |
| O13       | 0,78955 | 0,98612 | 0,60277 | -0,0934  | O66       | 0,77871 | 0,98364 | 0,61033 | -0,08048 |
| O14       | 0,82249 | 0,96774 | 0,54266 | -0,1599  | O67       | 0,58711 | 0,97403 | 0,79312 | 0,1838   |
| O15       | 0,79203 | 0,98312 | 0,59593 | -0,10011 | O68       | 0,75765 | 0,98176 | 0,62926 | -0,05229 |
| O16       | 0,7812  | 0,98312 | 0,60704 | -0,08459 | O69       | 0,6897  | 0,98882 | 0,70906 | 0,05243  |
| O17       | 0,85434 | 0,96072 | 0,49993 | -0,2129  | O70       | 0,53842 | 0,95348 | 0,81362 | 0,23191  |
| O18       | 0,79614 | 0,98773 | 0,59833 | -0,10113 | O71       | 0,50272 | 0,95633 | 0,85431 | 0,28602  |
| O19       | 0,80921 | 0,98451 | 0,5803  | -0,12324 | O72       | 0,72994 | 0,97906 | 0,65381 | -0,01546 |
| O20       | 0,83049 | 0,96485 | 0,53031 | -0,1744  | O73       | 0,48061 | 0,94849 | 0,86576 | 0,30943  |
| O21       | 0,84413 | 0,94273 | 0,48462 | -0,2172  | O74       | 0,67399 | 0,97917 | 0,71134 | 0,06477  |
| O22       | 0,78057 | 0,96114 | 0,5762  | -0,10681 | O75       | 0,60412 | 0,9834  | 0,78908 | 0,16928  |
| O23       | 0,59752 | 0,97592 | 0,78513 | 0,17087  | O76       | 0,78305 | 0,97663 | 0,59584 | -0,09408 |
| O24       | 0,766   | 0,99047 | 0,63316 | -0,0551  | O77       | 0,80877 | 0,96354 | 0,55071 | -0,14467 |
| O25       | 0,81048 | 0,98479 | 0,57939 | -0,12478 | O78       | 0,81736 | 0,98204 | 0,56841 | -0,13751 |
| O26       | 0,72088 | 0,99567 | 0,68689 | 0,01499  | O79       | 0,79676 | 0,98701 | 0,59665 | -0,10278 |
| O27       | 0,73385 | 0,99087 | 0,66671 | -0,00864 | O80       | 0,78258 | 0,98351 | 0,60619 | -0,08616 |
| O28       | 0,54896 | 0,96413 | 0,81806 | 0,228    | O81       | 0,85461 | 0,95922 | 0,4975  | -0,21486 |
| O29       | 0,61286 | 0,98198 | 0,77809 | 0,15528  | O82       | 0,87611 | 0,9454  | 0,45566 | -0,26018 |
| O30       | 0,62348 | 0,98439 | 0,77063 | 0,1426   | O83       | 0,77947 | 0,98025 | 0,6047  | -0,08514 |
| O31       | 0,73054 | 0,99227 | 0,67211 | -0,00242 | O84       | 0,78985 | 0,98482 | 0,60061 | -0,09519 |
| O32       | 0,75149 | 0,99024 | 0,64772 | -0,03456 | O85       | 0,54608 | 0,96054 | 0,81587 | 0,22836  |
| O33       | 0,65195 | 0,97777 | 0,73196 | 0,09487  | O86       | 0,77956 | 0,97863 | 0,60229 | -0,08697 |
| O34       | 0,66259 | 0,99676 | 0,74825 | 0,09961  | O87       | 0,8184  | 0,98307 | 0,56881 | -0,13792 |
| O35       | 0,55024 | 0,97314 | 0,82966 | 0,23565  | O88       | 0,64783 | 0,98917 | 0,75251 | 0,11276  |
| O36       | 0,71003 | 0,99332 | 0,69465 | 0,02805  | O89       | 0,80986 | 0,97199 | 0,56169 | -0,13735 |
| O37       | 0,5473  | 0,96878 | 0,82642 | 0,23527  | O90       | 0,57126 | 0,9685  | 0,80144 | 0,20066  |
| O38       | 0,53275 | 0,95998 | 0,82875 | 0,24686  | O91       | 0,56919 | 0,97125 | 0,8075  | 0,20652  |
| O39       | 0,53283 | 0,96887 | 0,84139 | 0,25609  | O92       | 0,79752 | 0,96352 | 0,56222 | -0,12859 |
| O40       | 0,56146 | 0,96892 | 0,8121  | 0,21514  | O93       | 0,82683 | 0,97408 | 0,54728 | -0,15945 |
| O41       | 0,75241 | 0,99442 | 0,65276 | -0,03148 | O94       | 0,72844 | 0,99144 | 0,67307 | -0,00029 |
| O42       | 0,78039 | 0,98948 | 0,61699 | -0,07674 | O95       | 0,80124 | 0,98174 | 0,5845  | -0,11475 |
| O43       | 0,54294 | 0,96744 | 0,82898 | 0,24011  | O96       | 0,76249 | 0,98794 | 0,63313 | -0,05274 |
| O44       | 0,57099 | 0,97507 | 0,81114 | 0,20797  | O97       | 0,7743  | 0,98878 | 0,62223 | -0,06876 |
| O45       | 0,52535 | 0,96462 | 0,84298 | 0,26234  | O98       | 0,77626 | 0,99034 | 0,62245 | -0,06993 |
| O46       | 0,67861 | 0,99046 | 0,72279 | 0,07004  | O99       | 0,78041 | 0,98714 | 0,6136  | -0,07924 |
| O47       | 0,72401 | 0,99141 | 0,67758 | 0,00603  | O100      | 0,76634 | 0,98292 | 0,62199 | -0,06353 |
| O48       | 0,76658 | 0,98788 | 0,62886 | -0,05865 | O101      | 0,76597 | 0,99229 | 0,63579 | -0,05315 |
| O49       | 0,57561 | 0,98018 | 0,81372 | 0,20673  | O102      | 0,53966 | 0,97095 | 0,83737 | 0,2485   |
| O50       | 0,7881  | 0,98794 | 0,60687 | -0,08941 | O103      | 0,68617 | 0,98686 | 0,70987 | 0,05542  |
| O51       | 0,81395 | 0,98402 | 0,57474 | -0,13054 | O104      | 0,78229 | 0,97743 | 0,59778 | -0,09213 |
| O52       | 0,88713 | 0,95213 | 0,45398 | -0,2689  | O105      | 0,77621 | 0,97845 | 0,60546 | -0,08237 |
| O53       | 0,65341 | 0,98957 | 0,74735 | 0,10518  |           |         |         |         |          |

Nuestros resultados son comparables a los obtenidos por otros autores, como Serra, (1.991), que para setenta y cinco observatorios de Cataluña, estudiando los valores climatológicos de la precipitación exclusivamente, obtiene, con dos valores propios, una explicación del 86.2 % de la varianza.

Llegados a este punto es conveniente recordar que, a partir de los valores de la tabla 3, cada variable (observatorio), puede describirse en el espacio de las componentes, a partir de expresiones tales como:

$$O_1 = aF_1 + bF_2 \quad (5)$$

Como nuestro objetivo es la regionalización de los observatorios a partir de los datos de temperatura y precipitación, una primera visualización de tales observatorios, en grupos homogéneos, puede hacerse trazando isolíneas en el mapa de Castilla y León, a partir de los valores de la tabla 3.

El análisis de las figuras 7, 8, 9 y 10 se basa en el estudio de las dos primeras componentes extraídas del A. C. P.

#### A.- Primera componente:

Tiene un peso, a nivel general, sobre la varianza total, del 95.7 %, siendo la correlación de los distintos observatorios, con esta componente, de igual signo en todos ellos.

Valores superiores a 0.7 para esta componente (rotación Varimax) aparecen en una enorme zona centro - oriental de la Autonomía. En su interior presenta valores superiores a 0.8 en el centro de la vega del Duero y en el límite sur - oriental de la Autonomía.

Existe, pues, una zona de gran homogeneidad y casi totalmente explicada por la CP1, mientras que en el norte y sur esta componente pierde importancia en su comportamiento termo - pluviométrico.

#### *Probable interpretación meteorológica de la CP1:*

Este factor es debido a la entrada por el occidente de depresiones extratropicales. Estos sistemas, consecuencia de perturbaciones baroclinas de latitudes medias, con sus discontinuidades frontales asociadas, son las principales responsables de generación de precipitaciones en dicha área.

#### B.- Segunda componente:

El peso de la CP2 sobre la varianza total, es del 2.8 % y acumula junto con la CP1, el 97.9 % del total.

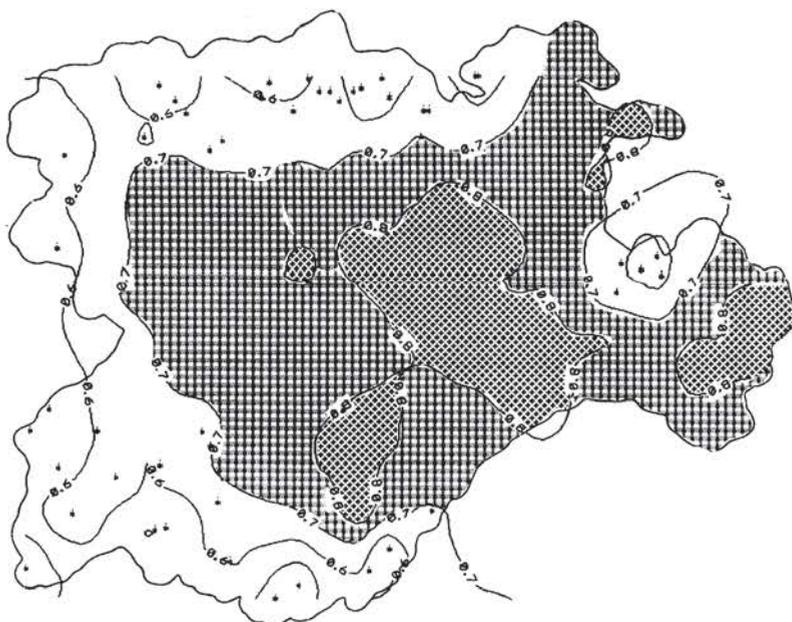


Fig. 7. PC - Loadings (Factor 1), Varimax

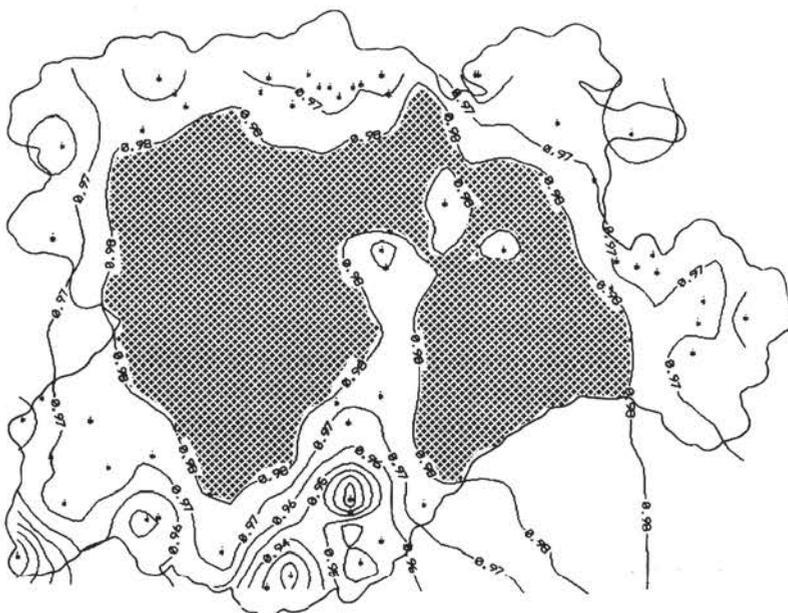


Fig. 8. PC - Loadings (Factor 1), Oblimín.

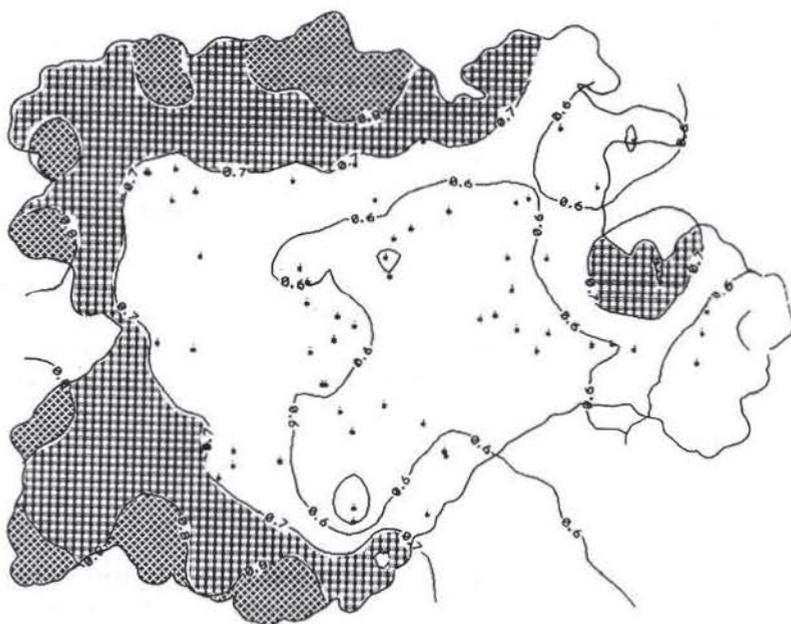


Fig. 9. PC - Loadings (Factor 2), Varimax

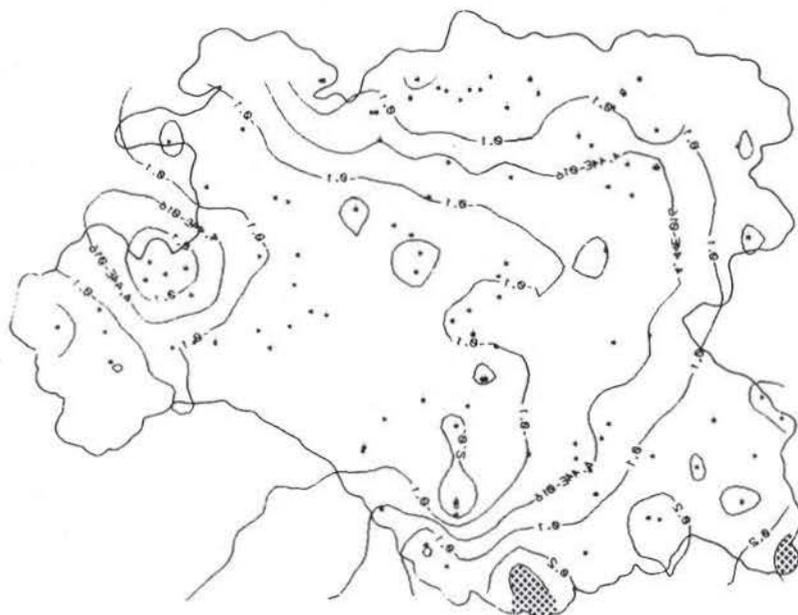


Fig. 10. PC - Loadings (Factor 2), Oblimín

Al igual que la CP1, es un factor monopolar, (rotación Varimax). Los valores significativos ocupan las zonas norte, oeste y sur de la Autonomía, en pequeñas franjas. El gradiente de los valores de la CP2 es bastante acusado en esas tres direcciones.

#### *Probable interpretación meteorológica de la CP2:*

Este factor es claramente orográfico. Es bien conocido que la presencia de sistemas montañosos fuerzan la generación de movimientos ascendentes y son factor crucial en el desencadenamiento de inestabilidades condicional y convectiva. Por ello, la presencia de chubascos convectivos y tormentas es más frecuente en zonas montañosas.

#### *T - Mode.*

Se realiza un Análisis en Componentes Principales sobre la matriz traspuesta de la utilizada en el apartado S - Mode. Finalizado éste, se retienen las tres primeras componentes, que explican el 95.2% de la varianza original de la serie de datos (Tabla 4). Hemos tomado la decisión de retener las tres primeras componentes, utilizando el criterio de Guttman, a partir del cual, los factores elegidos contienen sólo valores propios superiores a la unidad.

La primera componente principal, que explica el 61.7 % de la varianza, está dominada por los valores mensuales de la temperatura. Altos PC - Loadings se obtienen mediante ambas rotaciones.

La segunda componente explica el 28.9 % de la varianza original y presenta altos valores de los PC - Loadings para la precipitación, excepto en los meses de verano (junio, julio y agosto). Los resultados obtenidos de la rotación Oblimín aumentan aún más las diferencias tanto en valores altos como los bajos.

La tercera componente, que explica el 4.6 % de la varianza original, sólo presenta valores altos en los PC - Loadings de la precipitación en los meses de verano.

A la vista de los valores de la Tabla 3, y de las figuras 11 y 12 podemos pensar que los resultados obtenidos después de la rotación "Oblimín" (figura 12), resultan más adecuados para una mejor interpretación física de las componentes retenidas.

Las figuras 13 y 14, (Varimax y Oblimín), muestran las series temporales correspondientes a los tres factores, en T - Mode.

En el modelo de tres factores elegidos, cada variable mensual se interpreta gracias a los coeficientes de la tabla 4.

Los factor - scores estandarizados han sido calculados para las componentes rotadas, (tabla 5), y su distribución espacial se presenta en las figuras 15 y 16.

TABLA 4  
FACTORES ROTADOS: VARIMAX (FACV) Y OBLIMÍN (FACO). VALORES PROPIOS, % DE VARIANZA EXPLICADA POR CADA COMPONENTE Y % DE VARIANZA ACUMULADA. T - MODE

| <i>Variable</i> | <i>FACV 1</i>  | <i>FACO 1</i>  | <i>FACV 2</i>  | <i>FACO 2</i>  | <i>FACV 3</i>  | <i>FACO 3</i>  |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Te              | <u>0.96704</u> | <u>1.00385</u> | -0,03323       | 0,07824        | -0,12913       | 0,02166        |
| Tf              | <u>0.97218</u> | <u>0.99791</u> | -0,06743       | 0,05058        | -0,14778       | 0,00219        |
| Tm              | <u>0.9744</u>  | <u>1.0118</u>  | -0,12185       | -0,02154       | -0,12073       | 0,04892        |
| Tab             | <u>0.97723</u> | <u>1.00227</u> | -0,10624       | 0,00805        | -0,1463        | 0,01145        |
| Tmy             | <u>0.96255</u> | <u>0.97071</u> | -0,16715       | -0,04756       | -0,16912       | -0,01359       |
| Tj              | <u>0.92555</u> | <u>0.89572</u> | -0,20275       | -0,05839       | -0,22981       | -0,09984       |
| Tjl             | <u>0.8891</u>  | <u>0.83826</u> | -0,20839       | -0,05096       | -0,26141       | -0,15029       |
| Tag             | <u>0.89767</u> | <u>0.85419</u> | -0,21077       | -0,05915       | -0,24901       | -0,13093       |
| Ts              | <u>0.93715</u> | <u>0.91945</u> | -0,21104       | -0,07723       | -0,20844       | -0,06645       |
| To              | <u>0.97048</u> | <u>0.98789</u> | -0,14324       | -0,02783       | -0,15564       | 0,00297        |
| Tn              | <u>0.97392</u> | <u>1.00987</u> | -0,07038       | 0,03802        | -0,12849       | 0,02984        |
| Td              | <u>0.96165</u> | <u>1.03873</u> | -0,01662       | 0,05887        | -0,05338       | 0,12328        |
| Re              | -0,14467       | -0,02993       | <u>0.96219</u> | <u>0.96085</u> | 0,15196        | 0,02903        |
| Rf              | -0,08159       | -0,02831       | <u>0.98515</u> | <u>1.05362</u> | 0,02011        | -0,14525       |
| Rm              | -0,03569       | 0,03977        | <u>0.98957</u> | <u>1.04518</u> | 0,05209        | -0,09217       |
| Rab             | -0,09251       | 0,0174         | <u>0.96343</u> | <u>0.97482</u> | 0,1318         | 0,01135        |
| Rmy             | -0,17479       | 0,00768        | <u>0.92162</u> | <u>0.84743</u> | 0,29054        | 0,22214        |
| Rj              | -0,41685       | -0,06392       | 0,51238        | 0,18838        | <u>0.70454</u> | <u>0.81405</u> |
| Rjl             | -0,41953       | -0,04673       | 0,33047        | -0,03648       | <u>0.76079</u> | <u>0.92069</u> |
| Rag             | -0,43747       | -0,06315       | 0,34659        | -0,02241       | <u>0.76582</u> | <u>0.92149</u> |
| Rs              | -0,23818       | -0,00529       | <u>0.83581</u> | <u>0.69368</u> | 0,40778        | 0,38602        |
| Ro              | -0,12134       | 0,00699        | <u>0.95811</u> | <u>0.94724</u> | 0,17323        | 0,06399        |
| Rn              | -0,09518       | 0,00402        | <u>0.97846</u> | <u>1.00137</u> | 0,11057        | -0,02112       |
| Rd              | -0,16525       | -0,0643        | <u>0.95382</u> | <u>0.96098</u> | 0,13097        | -0,00302       |
| Valor propio    |                | 14.81          |                | 6.94           |                | 1.10           |
| Varianza (%)    |                | 61.7           |                | 28.9           |                | 4.6            |
| V. acum. (%)    |                | 61.7           |                | 90.6           |                | 95.2           |

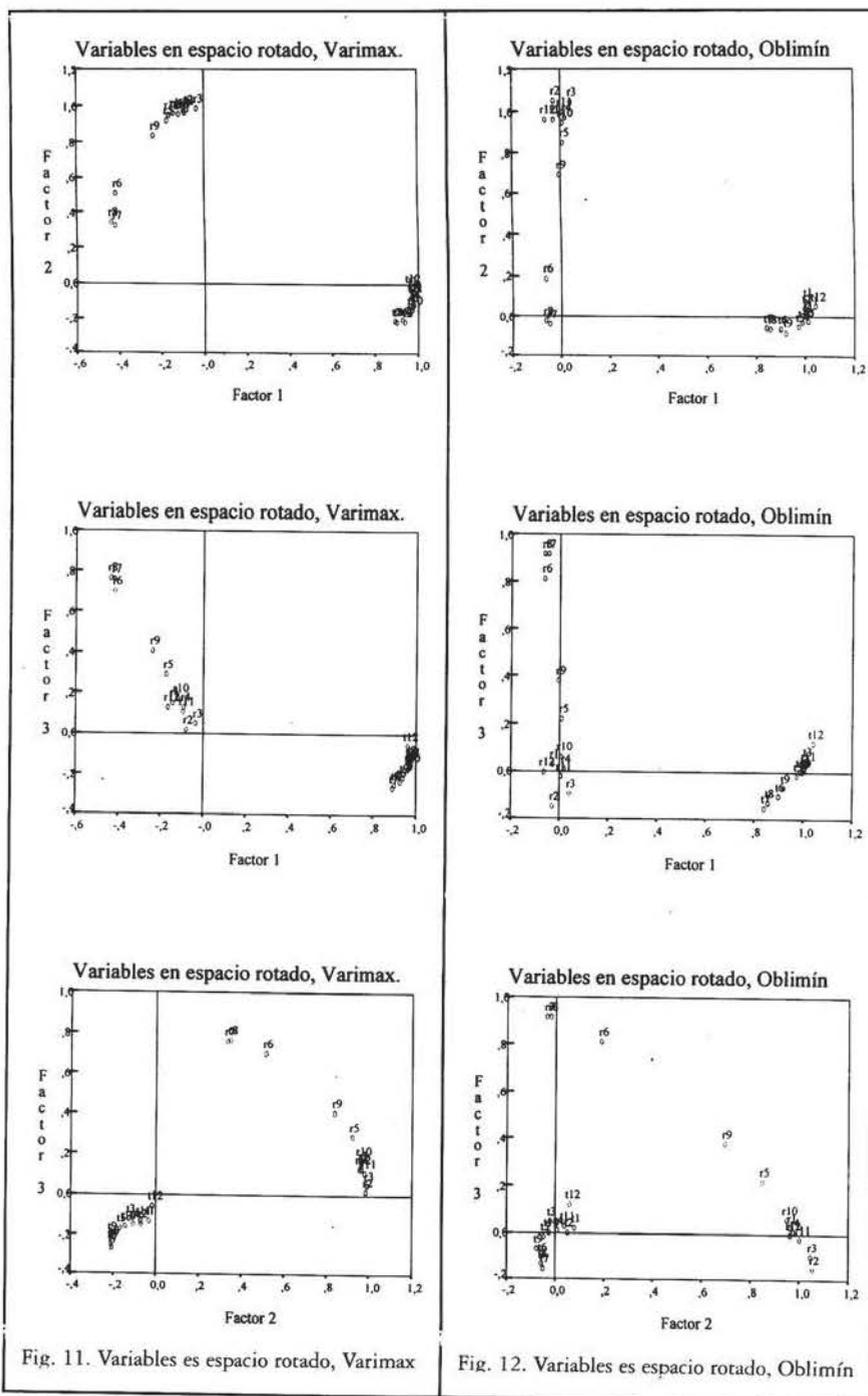


Fig. 11. Variables es espacio rotado, Varimax

Fig. 12. Variables es espacio rotado, Oblimín

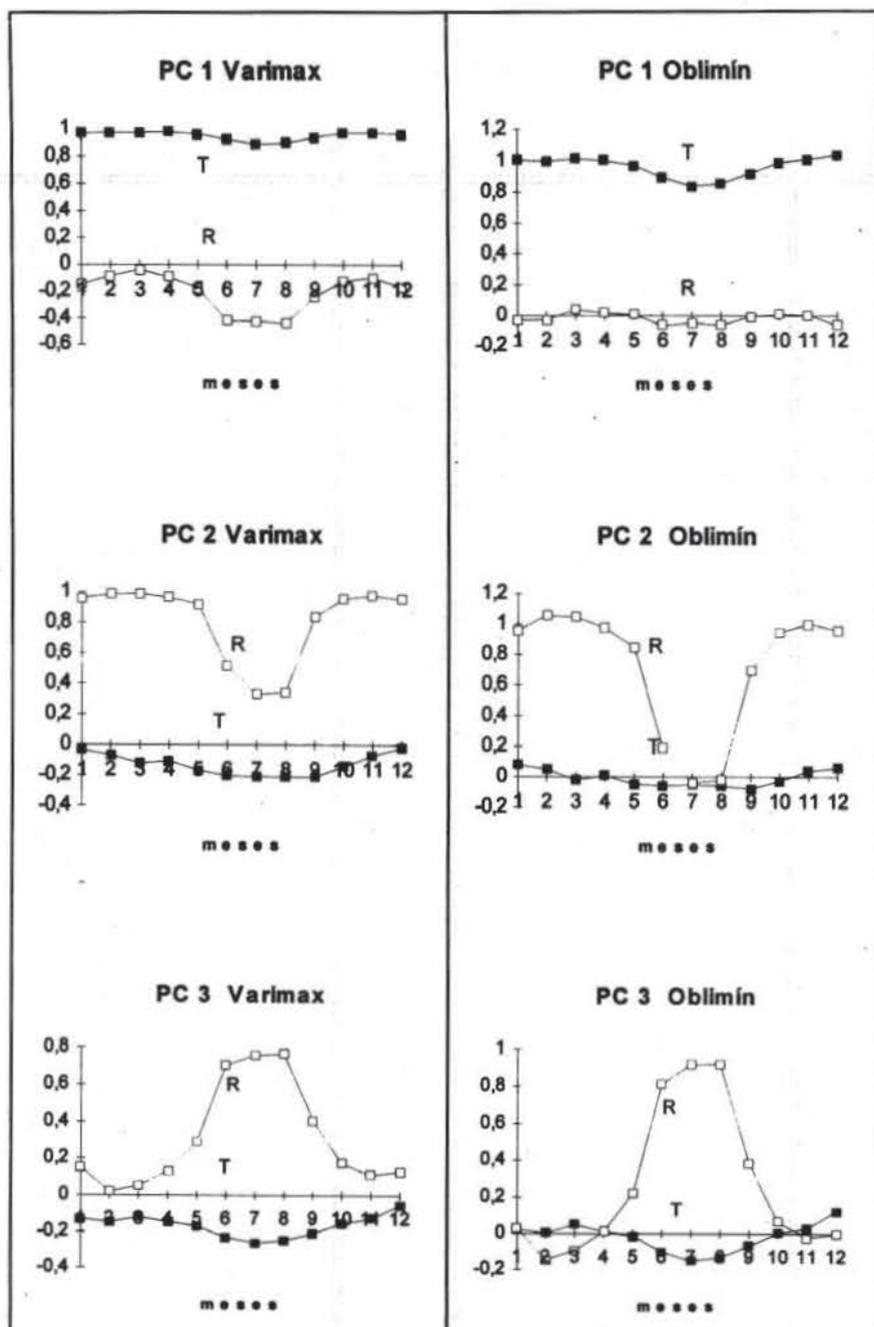


Fig. 13. Series temporales, PC Loadings, (Varimax), T - Mode

Fig. 14. Series temporales, PC Loadings, (Oblimín), T - Mode

TABLA 5  
 FACTOR SCORES (OBLIMÍN), T - MODE

| Variables | FS1      | FS2      | FS3      | Variables | FS1      | FS2      | FS3      |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| O1        | -1,5259  | -0,09931 | -1,1722  | O54       | -1,22995 | 0,83914  | 0,15154  |
| O2        | 1,19058  | 5,08923  | -3,30157 | O55       | -0,36732 | 0,34124  | 0,95877  |
| O3        | -0,14675 | -0,64364 | -0,71817 | O56       | -1,89625 | -0,37975 | -1,05665 |
| O4        | -1,05208 | -0,70358 | -1,14034 | O57       | -0,9201  | 0,95149  | 0,75053  |
| O5        | -0,6462  | 0,6777   | -1,66185 | O58       | 0,88551  | -0,95564 | 0,63538  |
| O6        | 2,93751  | 2,3538   | -0,86382 | O59       | 1,72333  | 0,87945  | -0,4647  |
| O7        | 0,85472  | 1,42565  | -1,3822  | O60       | 1,31209  | 0,08692  | -0,17034 |
| O8        | 1,71672  | 2,1684   | 0,53219  | O61       | -2,17904 | 0,5276   | -2,85022 |
| O9        | -2,50547 | 0,85809  | -1,67628 | O62       | -0,68001 | 0,09713  | -1,6111  |
| O10       | 0,41443  | -0,93952 | 0,54536  | O63       | 0,38986  | 0,97342  | -0,8269  |
| O11       | -0,73646 | 0,28888  | 0,37458  | O64       | -1,36567 | 4,75906  | -4,37888 |
| O12       | -0,26613 | 0,24231  | 0,66763  | O65       | -1,00982 | 0,84167  | -2,09759 |
| O13       | -0,16949 | -0,70423 | 0,40462  | O66       | -0,35272 | -0,24156 | -1,05204 |
| O14       | 3,01763  | -1,69223 | 3,61698  | O67       | -0,08653 | 0,30306  | -1,47425 |
| O15       | 0,47861  | -1,16851 | 1,57607  | O68       | -0,15194 | -0,40065 | -0,94527 |
| O16       | -0,27596 | -0,9982  | 1,06218  | O69       | 0,41124  | -0,28506 | -0,56846 |
| O17       | -0,16307 | -0,82157 | -0,05049 | O70       | 5,38125  | -0,39089 | 2,45036  |
| O18       | 0,2956   | -0,67117 | 0,44823  | O71       | 1,45166  | 2,42808  | -0,89906 |
| O19       | 0,48948  | -0,91546 | 1,03136  | O72       | -0,30038 | -0,30395 | -1,23318 |
| O20       | -0,60488 | -0,91547 | -0,29956 | O73       | 1,05321  | 3,97194  | -2,22185 |
| O21       | 1,98171  | -1,75218 | 2,96122  | O74       | -0,31035 | -0,10431 | -1,24848 |
| O22       | 1,64625  | -1,50215 | 3,31147  | O75       | 0,1488   | 0,58832  | -0,96767 |
| O23       | -0,05172 | 0,12816  | 1,63058  | O76       | 0,37269  | -0,45695 | -0,28906 |
| O24       | 0,57555  | -0,86849 | 1,3654   | O77       | -0,03715 | -0,60506 | -0,16731 |
| O25       | -0,77347 | -0,78311 | -0,17227 | O78       | 1,05014  | -0,84886 | 0,79124  |
| O26       | -0,17984 | -0,73628 | 0,08371  | O79       | 0,25775  | -0,53875 | -0,04939 |
| O27       | 0,03937  | -0,75638 | -0,14654 | O80       | 0,88204  | -0,61403 | 0,84074  |
| O28       | 2,34514  | 1,35294  | 4,29832  | O81       | 1,60244  | -1,45995 | 2,80059  |
| O29       | 0,4465   | 0,23516  | 2,00257  | O82       | -0,08226 | -1,22861 | 0,91948  |
| O30       | 1,15211  | 0,22833  | 2,35834  | O83       | 0,49384  | -1,25013 | 1,84124  |
| O31       | -0,00593 | -0,79946 | 0,62542  | O84       | 0,31078  | -1,10235 | 1,4041   |
| O32       | -0,35169 | -0,44653 | -0,77171 | O85       | -2,88932 | 1,03364  | -1,30215 |
| O33       | -0,81787 | 0,03707  | -0,46623 | O86       | -3,14664 | -0,42085 | -1,02416 |
| O34       | -0,43044 | -0,15957 | -0,59575 | O87       | 0,8911   | -1,09643 | 1,1847   |
| O35       | -0,41192 | 0,91226  | -0,19756 | O88       | -2,95021 | 0,40614  | -2,69276 |
| O36       | 0,23244  | -0,42895 | -0,40055 | O89       | 0,38082  | -1,31201 | 1,83702  |
| O37       | 0,23018  | 1,07761  | 2,02538  | O90       | 0,11688  | 0,18029  | 1,57952  |
| O38       | 1,31724  | -0,04996 | 0,25278  | O91       | -1,92807 | 0,85507  | 0,03818  |
| O39       | -1,75047 | 1,70126  | -0,959   | O92       | -0,73849 | -0,43647 | -1,45754 |
| O40       | -0,28128 | 1,07068  | 1,65557  | O93       | -0,13344 | -0,74041 | 0,01135  |
| O41       | -0,19356 | -0,4288  | -0,24775 | O94       | -0,49088 | -0,11779 | -1,0605  |
| O42       | -0,18412 | -0,75785 | -0,11078 | O95       | 0,44963  | -0,61511 | -0,16979 |
| O43       | -0,58258 | 1,33899  | 1,15756  | O96       | -0,53857 | -0,55311 | -0,77551 |
| O44       | -0,01679 | 0,29366  | 0,43401  | O97       | 0,65181  | -0,67118 | 0,12894  |
| O45       | -1,05404 | 1,52422  | -0,35209 | O98       | 0,8178   | -0,59312 | 0,2936   |
| O46       | -0,3647  | 0,46997  | 0,5492   | O99       | 1,57208  | -0,74143 | 0,85674  |
| O47       | -0,30624 | -0,55533 | 0,31295  | O100      | 0,17235  | -0,51309 | -0,53841 |
| O48       | -0,40306 | -0,70315 | 0,02035  | O101      | -0,28887 | -0,51959 | -0,31963 |
| O49       | -1,32988 | 0,58725  | -0,30697 | O102      | -0,97333 | 1,90236  | -1,76949 |
| O50       | 0,0435   | -0,76888 | 0,17183  | O103      | -0,3547  | 0,00708  | -1,21278 |
| O51       | -0,36225 | -0,75965 | -0,02188 | O104      | -0,35334 | -0,57011 | -0,74359 |
| O52       | 0,52959  | -1,0972  | 0,56752  | O105      | 0,49453  | -0,50232 | -0,40225 |
| O53       | -1,50912 | -0,44177 | -0,46098 |           |          |          |          |

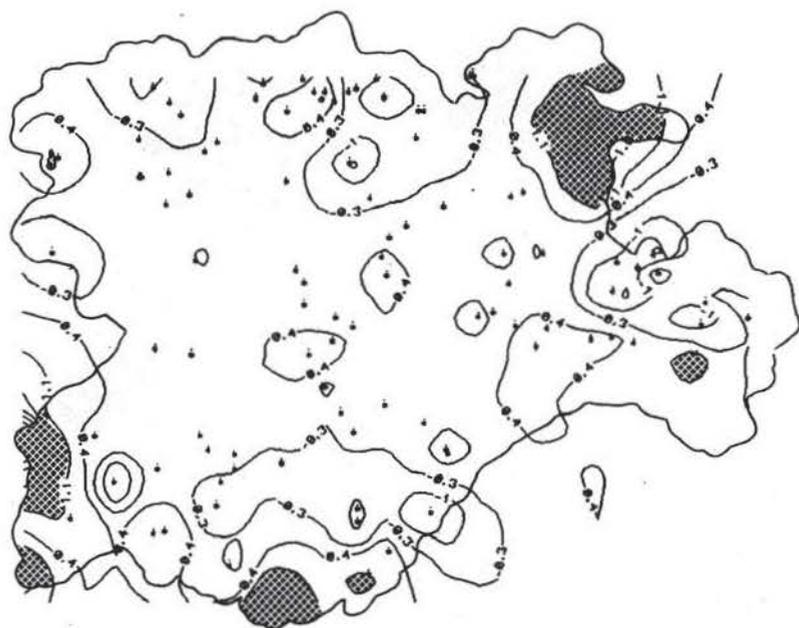


Fig. 15. Factor Score 1 (Oblimín), T - Mode

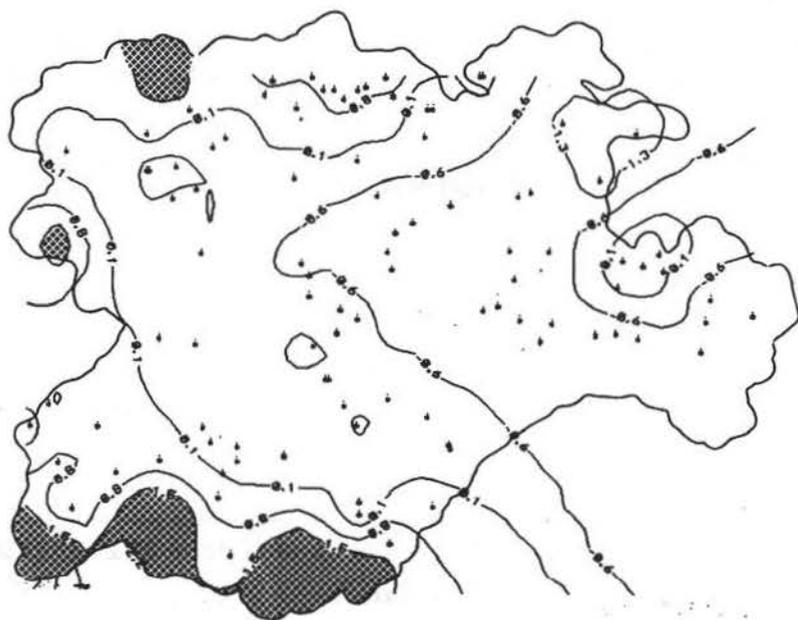


Fig. 16. Factor Score 2 (Oblimín), T - Mode

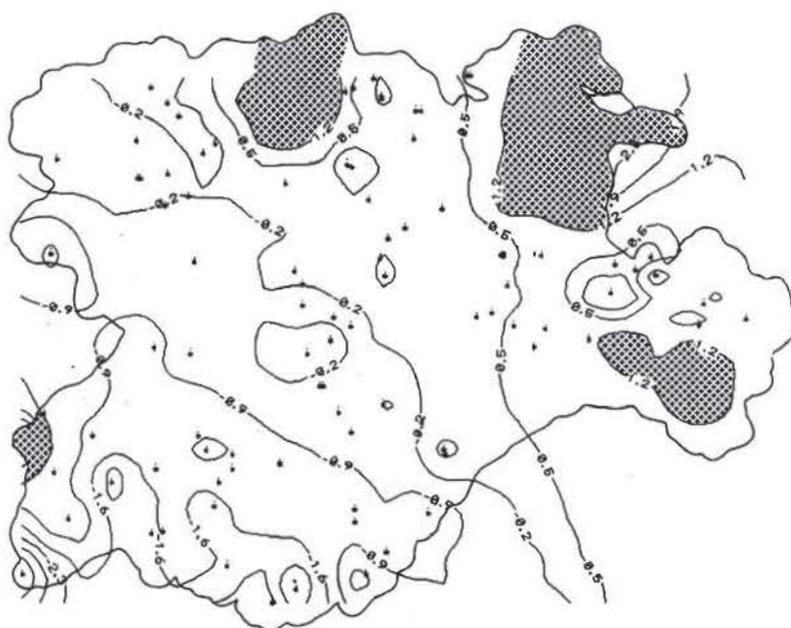


Fig. 17. Factor Score 3 (Oblimín), T - Mode

Los factor - scores en T - Mode, (tabla 5), pueden interpretarse como el peso de la contribución que cada observatorio aporta a cada una de las componentes.

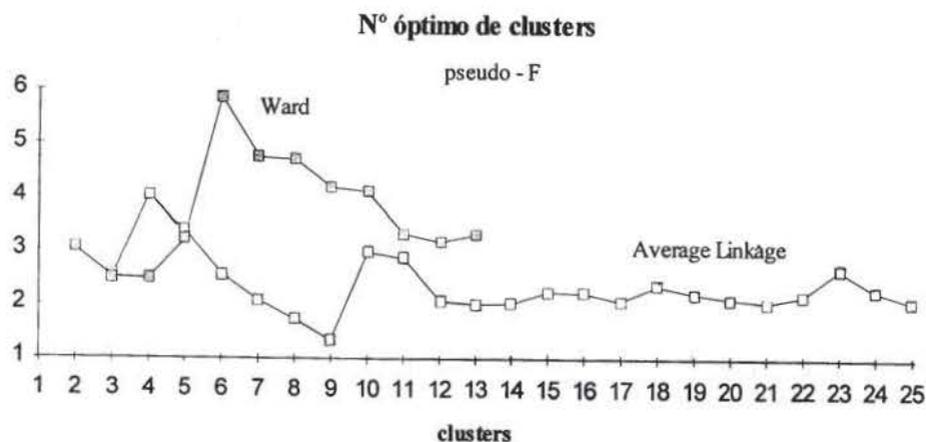


Fig. 18. N.º óptimo de clusters, Pseudo - F, average Linkage y Ward

La tabla 5 es la matriz de entrada para realizar el cluster jerárquico de los observatorios con el objetivo de la regionalización. El número óptimo de clusters se elige a partir de la representación gráfica del estadístico pseudo - F. Los máximos relativos del ploteo resultante serán indicativos del número adecuado de agrupaciones. La figura 18 recoge dicha gráfica e informa de la idoneidad de las soluciones 10 (Average Linkage) y 6 (Ward).

A la vista de los dendogramas de las figuras 19 y 20 puede apreciarse la estructura bien distinta dada por ambos métodos. Bonell (1.992) aconseja el método de Ward para las regionalizaciones, al dar, según él, la mejor estructura de áreas. Nuestro estudio mantiene dicha información, es por ello que adoptamos la solución de 6 grupos como la más idónea.

#### 4) ESTADÍSTICOS DE LOS SEIS CLUSTERS OBTENIDOS SEGÚN EL MÉTODO DE WARD.

A partir de la clusterización Ward en seis grupos, la tabla 6 muestra sus estadísticos, (tanto para las estaciones como para el total anual): media, desviación estandar (D. Est.), máximo (Máx.) y mínimo (Mín.). Los correspondientes a las temperaturas (T) son medias estacionales ( $T_p$ ,  $T_v$ ,  $T_o$ ,  $T_i$ ) y anuales ( $T_{año}$ ). Los referidos a la precipitación (R) son medias estacionales ( $R_p$ ,  $R_v$ ,  $R_o$ ,  $R_i$ ) y total acumulado medio anual ( $R_{total}$ ).

En la figura 21 se muestra el mapa de Castilla y León con la regionalización efectuada según el modelo de Ward (solución 6).

#### 5) COMPARACIÓN CON LAS CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS DE KOEPPEN Y THORNTHWAITE.

Como ya se ha discutido en la Introducción, el sistema Koeppen es una clasificación climática típica que consiste en una serie de reglas que son aplicadas a los datos (en nuestro caso, subseries de temperatura y precipitación), pero que no se construye específicamente a partir de esos datos. Según dicha clasificación la Autonomía de Castilla y León pertenece al grupo C (templado - húmedo) y al sub-tipo  $C_s$  (precipitación mínima en verano), que domina en toda la cuenca del Mediterráneo, por eso adopta su nombre.

La clasificación de Thornthwaite (figura 5) está inspirada en las necesidades hidrológicas y agrícolas. Incluye, además de la temperatura y la precipitación, la evapotranspiración real o efectiva, donde evidentemente entra en juego la capacidad del terreno para retener el agua. Como puede apreciarse según el criterio de Thornthwaite, dentro de la Autonomía de Castilla y León se aprecian cinco zonas bien diferenciadas, la primera, de gran extensión, donde se solapan los tipos semiá-

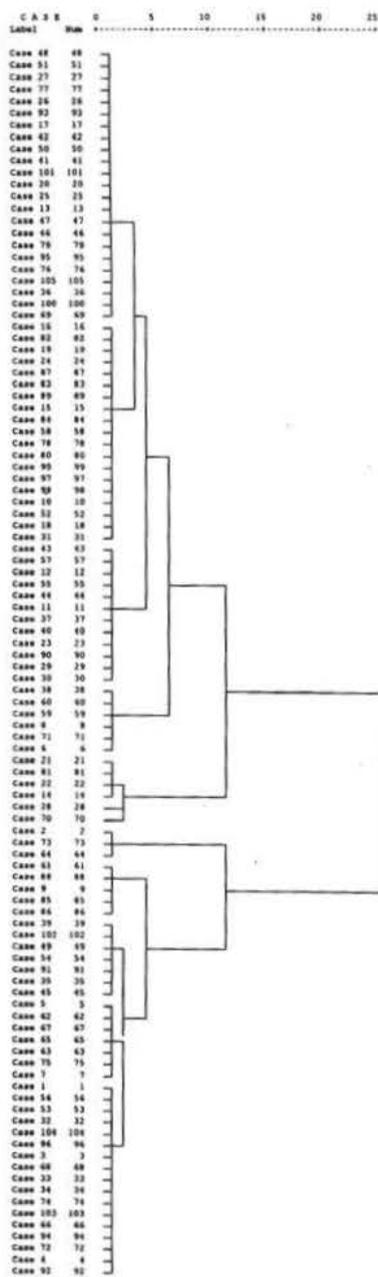
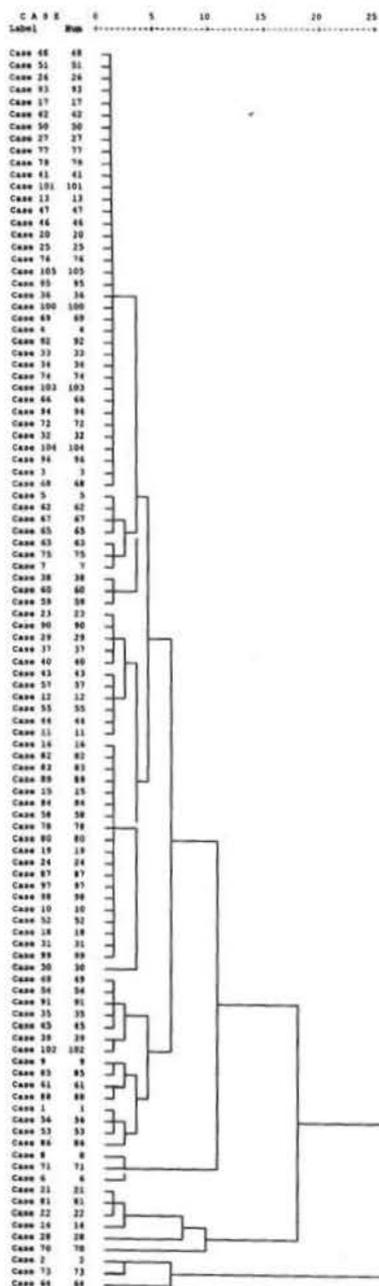


Fig. 19. Dendrograma (Oblimín), Average Linkage.

Fig. 20. Dendrograma (Oblimín), Ward

TABLA 6  
ESTADÍSTICOS CORRESPONDIENTES A LOS 6 CLUSTERS OBTENIDOS CON  
EL MODELO WARD

| <i>CLUSTER I (Zona Este, 42 miembros)</i>      |       |       |       |       |           |       |       |       |       |             |
|--|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------------|
|  | $T_p$ | $T_v$ | $T_o$ | $T_i$ | $T_{año}$ | $R_p$ | $R_v$ | $R_o$ | $R_i$ | $R_{total}$ |
| <i>Media</i>                                   | 10.2  | 19.2  | 12.0  | 3.7   | 11.3      | 46.9  | 26.3  | 44.2  | 44    | 161.4       |
| <i>D. Est.</i>                                 | 2.5   | 1.6   | 4.2   | 0.9   | 6.1       | 6.98  | 11.6  | 8.6   | 8.3   | 12.2        |
| <i>Máx.</i>                                    | 15.3  | 22.7  | 18.9  | 6.2   | 22.7      | 66    | 53    | 73    | 79    | 265         |
| <i>Mín.</i>                                    | 6.3   | 15.5  | 5.9   | 2     | 2         | 33    | 10    | 30    | 29    | 102         |
| <i>CLUSTER II (Zona Norte, 12 miembros)</i>    |       |       |       |       |           |       |       |       |       |             |
|  | $T_p$ | $T_v$ | $T_o$ | $T_i$ | $T_{año}$ | $R_p$ | $R_v$ | $R_o$ | $R_i$ | $R_{total}$ |
| <i>Media</i>                                   | 8.2   | 16.5  | 9.9   | 2.1   | 9.2       | 102.3 | 44.8  | 104.4 | 126.1 | 377.6       |
| <i>D. Est.</i>                                 | 2.3   | 1.6   | 4.0   | 0.8   | 5.7       | 22.7  | 15.8  | 39.6  | 25.7  | 40.5        |
| <i>Máx.</i>                                    | 12.7  | 19.3  | 16.1  | 3.9   | 19.3      | 152   | 72    | 191   | 182   | 597         |
| <i>Mín.</i>                                    | 5     | 13.7  | 4.2   | 0.5   | 0.5       | 68    | 28    | 63    | 78    | 237         |
| <i>CLUSTER III (Zona Suroeste, 6 miembros)</i> |       |       |       |       |           |       |       |       |       |             |
|  | $T_p$ | $T_v$ | $T_o$ | $T_i$ | $T_{año}$ | $R_p$ | $R_v$ | $R_o$ | $R_i$ | $R_{total}$ |
| <i>Media</i>                                   | 12.5  | 21.9  | 14.5  | 6.2   | 13.8      | 90.9  | 22.0  | 87.6  | 90.9  | 291.4       |
| <i>D. Est.</i>                                 | 2.7   | 2.1   | 4.5   | 1.1   | 6.3       | 33.0  | 14.8  | 38.6  | 30.9  | 42.8        |
| <i>Máx.</i>                                    | 17.6  | 25.9  | 21.9  | 8.6   | 25.9      | 149   | 58    | 158   | 131   | 496         |
| <i>Mín.</i>                                    | 8.4   | 18.5  | 8     | 4.6   | 4.6       | 50    | 9     | 42    | 50    | 151         |
| <i>CLUSTER IV (Zona Nordeste, 6 miembros)</i>  |       |       |       |       |           |       |       |       |       |             |
|  | $T_p$ | $T_v$ | $T_o$ | $T_i$ | $T_{año}$ | $R_p$ | $R_v$ | $R_o$ | $R_i$ | $R_{total}$ |
| <i>Media</i>                                   | 11.2  | 19.4  | 12.9  | 5     | 12.1      | 51    | 35.9  | 51.1  | 50.8  | 188.8       |
| <i>D. Est.</i>                                 | 2.5   | 1.7   | 4.3   | 0.9   | 5.8       | 8.9   | 14.4  | 7.8   | 13.0  | 12.7        |
| <i>Máx.</i>                                    | 15.3  | 21.9  | 18.7  | 6.3   | 21.9      | 67    | 64    | 66    | 77    | 274         |
| <i>Mín.</i>                                    | 7.7   | 16.6  | 7.2   | 3.4   | 3.4       | 37    | 23    | 43    | 32    | 135         |
| <i>CLUSTER V (Zona Suroeste, 3 miembros)</i>   |       |       |       |       |           |       |       |       |       |             |
|  | $T_p$ | $T_v$ | $T_o$ | $T_i$ | $T_{año}$ | $R_p$ | $R_v$ | $R_o$ | $R_i$ | $R_{total}$ |
| <i>Media</i>                                   | 11.7  | 20.9  | 13.4  | 5.2   | 12.8      | 143.6 | 21.3  | 133.0 | 178.3 | 476.2       |
| <i>D. Est.</i>                                 | 2.9   | 2.6   | 4.6   | 1.0   | 6.4       | 40.2  | 15.3  | 68.9  | 23.0  | 72.1        |
| <i>Máx.</i>                                    | 16.4  | 24.4  | 20.1  | 7     | 24.4      | 209   | 47    | 238   | 215   | 709         |
| <i>Mín.</i>                                    | 7.4   | 16.6  | 7.1   | 3.7   | 3.7       | 109   | 8     | 61    | 150   | 328         |
| <i>CLUSTER VI (Zona Oeste, 36 miembros)</i>    |       |       |       |       |           |       |       |       |       |             |
|  | $T_p$ | $T_v$ | $T_o$ | $T_i$ | $T_{año}$ | $R_p$ | $R_v$ | $R_o$ | $R_i$ | $R_{total}$ |
| <i>Media</i>                                   | 9.2   | 18.2  | 11.1  | 3     | 10.4      | 60.2  | 24.7  | 59.1  | 67.0  | 211.0       |
| <i>D. Est.</i>                                 | 2.8   | 2.4   | 4.4   | 1.5   | 6.2       | 23.7  | 14.0  | 28.6  | 33.1  | 30.6        |
| <i>Máx.</i>                                    | 15    | 22.5  | 18.7  | 6.3   | 22.5      | 26    | 9     | 27    | 19    | 81          |
| <i>Mín.</i>                                    | 3.3   | 12.5  | 2.9   | -0.5  | -0.5      | 134   | 70    | 174   | 151   | 529         |

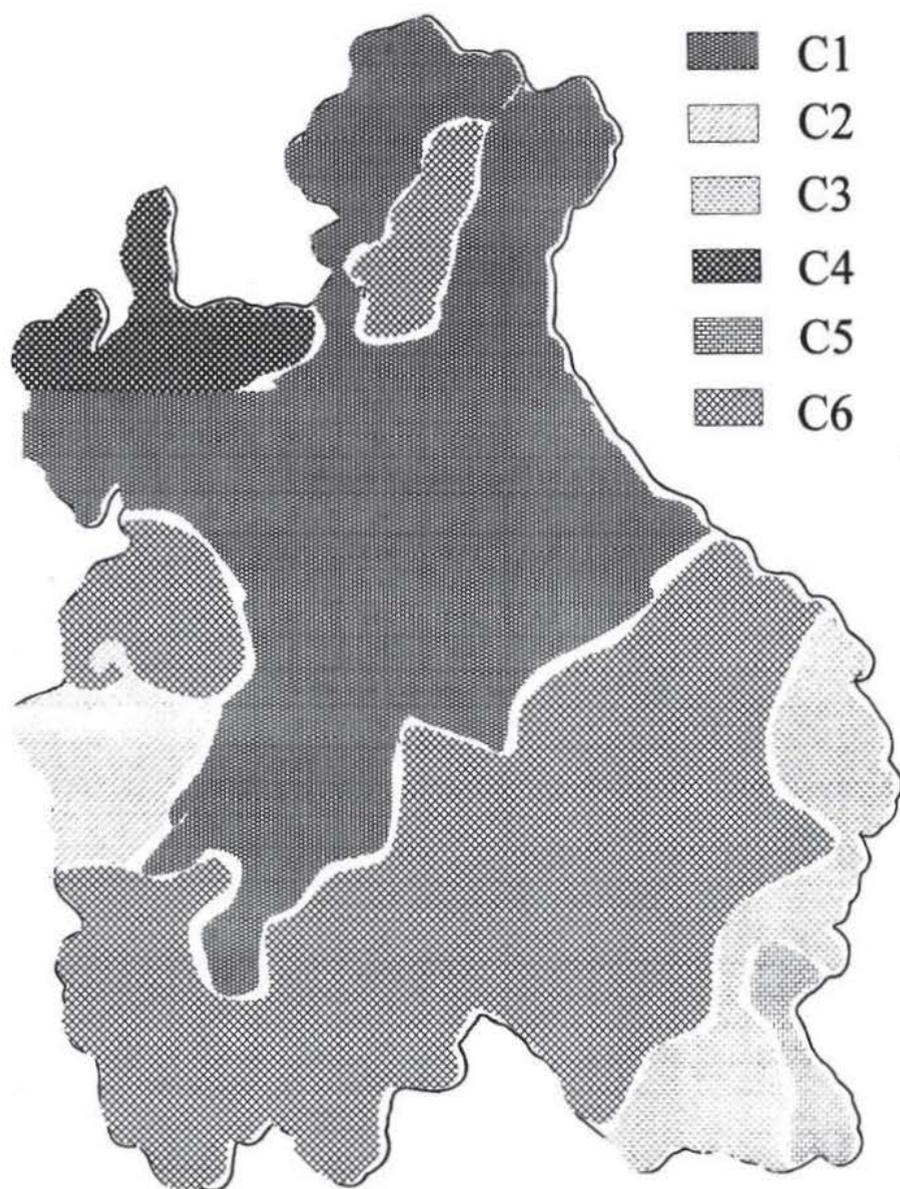


Fig. 21. Mapa de Castilla y León con los 6 clusters determinados por la regionalización Ward.

ridos y subáridos. Concuerta, con gran aproximación con los clusters I y VI que hemos obtenido. Las zonas húmedas y subhúmedas del norte y este de la Autonomía se reflejan en el cluster II y en los subgrupos del cluster I; y los de la zona sur mediante los clusters III y V.

## 6) BIBLIOGRAFÍA:

- ANDERBERG, M. R., "*Cluster Analysis for Applications*". Academic Press, New York, (1.973).
- BALLING, R. C. Jr., "*Classification in climatology*". S. Statistics & Models, pp. 8-108, (1.984).
- BONELL, M. and SUMNER, G., "*Autumn and winter daily precipitation areas in Wales*". International Journal of Climatology, Vol. 12, pp. 77 - 102, (1.992).
- CATELL, R. B., "*Factor Analysis*". Harper and Row, (1.952).
- COX, D. R., "*Note of grouping*". J. Am. Stat. Assoc., Vol.52, pp. 543 - 547, (1.957).
- DE GAETANO, A. T., "*A Climatic classification of plant hardiness in the United States and Canada*". Agric. For. Meteorol., Vol. 51, (3 - 4), pp. 333 - 351, (1.990).
- FOVELL, R. G. and FOVELL, M. C., "*Cluster Analysis of U. S. Temperature and precipitation data: Regionalization and data reduction*". Preprints Eight C. on Applied Climatology, (1.993).
- GAUSSEN, H. et al., "*La délimitation des zones tropicales humides*". Ann. de Géogr., n° 393, pp. 513 - 528, (1.963).
- HOREL, J. D., "*A rotated Principal Component Analysis of the interannual variability of the Northern Hemisphere 500 mb. height field*". Q. J. R. Met. Soc., Vol. 95, pp. 576 - 593. (1.981).
- JOLLIFFE, I. T., "*Principal component analysis*". Springer - Verlag, New York, (1.986).
- KALSTEIN, L. S. G. et al., "*An evaluation of three clustering procedures for use in synoptic climatological classification*". Journal of Applied Meteorology, Vol. 26, pp. 717 - 730, (1.987).
- KALSTEIN, L. S. et al., "*Detection of climatic change in the western North American Arctic using a synoptic climatological approach*". J. Climate, Vol. 3, pp. 1.153 - 1.167, (1.990).
- KOEPPEL, W., "*Die klimate der Erde; Grundriss der Klimakunde*". De Gruyter, (1.923).
- RAMÍREZ ESTÉVEZ, G., "*Atlas del territorio de Castilla y León*". Junta de Castilla y León, Con. de M. A. y Ordenación del Territorio. D. Gral. de Urbanismo y Calidad Ambiental, (1.995).
- RICHMAN, M. B., "*Obliquely rotated Principal Components and improved meteorological map typing technique*". J. Appl. Meteor., Vol. 20, pp. 1.145 - 1.159, (1.981).
- ROGERS, J. C., "*Patterns of low - frequency monthly sea level pressure variability (1.899 - 1.986) and associated wave cyclonefrecuencies*". J. Climate, Vol. 3, pp. 1.364 - 1.379, (1.990).
- SÁNCHEZ, J. M., "*Regionalización Pluviométrica de la España Peninsular a partir de Métodos Multivariantes*". Grado de Salamanca. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca, (1.996).

- SERRA, C. et al., "*Regionalización pluviométrica de Cataluña a partir de valores medios mensuales de precipitación*". Anales de Física, Serie B, Vol. 87, (1.991).
- SINGLETON, F. and SPACKMAN, E. A., "*Climatological network design*". Meteorol. Mag., Vol. 113 (1.341), pp. 77 - 89, (1.984).
- SPSS, "*Reference Guide*". SPSS Inc., Chicago,(1.992).
- STIDD, C. K., "*The use of correlation fields in relating precipitation to circulation*". J. Meteorol., Vol. 11, pp. 202 - 213, (1.954).
- STONE, R. C., "*Weather types at Brisbane, Queensland: an example the use of Principal Components and Cluster Analysis*". Int. J. Climatol., Vol. 9 (1), pp. 3 - 32, (1.989).
- THORNTHWAITE, C. W., "*The climates of North America according to a new classification*". Geog. Rev., Vol. 21, pp. 633 - 655, (1.931).
- VILLMOT, C. J., "*P - Mode Principal Components Analysis, grouping and precipitation regions in California*". Arch Meteorol. Bioklimatol, Ser. B, 26, pág. 277, (1.978).