

## REGIONALIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA DEL NE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA MEDIANTE ANÁLISIS FACTORIAL Y ANÁLISIS ESPECTRAL DE LOS OBSERVATORIOS PRINCIPALES

Carina SERRA DE LARROCHA, Gonçal FERNÁNDEZ MILLS  
y Xavier LANA PONS

*Dpt. Física i Enginyeria Nuclear. ETSEIB. Universitat Politècnica de Catalunya*

### RESUMEN

Se presentan los resultados de la regionalización pluviométrica del NE de la Península Ibérica efectuada a partir de los datos mensuales de precipitación del periodo 1961-1990 recogidos en 207 estaciones de dicha zona. Se describen las características pluviométricas principales de los grupos obtenidos y se analizan los resultados de un análisis espectral efectuado para cada una de las estaciones representativas de dichos grupos.

**Palabras clave:** Nordeste de la Península Ibérica, regionalización pluviométrica, análisis espectral.

### ABSTRACT

The results of a pluviometric regionalization of the NE of the Iberian Peninsula deduced from monthly precipitation totals recorded in 207 stations along the period 1961-1990 are presented. The main pluviometric features of the regions obtained are described and Spectral Analysis have been performed for each one of the representative stations of these regions. Their results are exposed and briefly commented.

**Key words:** Northeast of Iberian Peninsula, pluviometric regionalization, Spectral Analysis.

### 1. INTRODUCCIÓN, BASE DE DATOS Y MÉTODO EMPLEADO

El cuadrante NE de la Península Ibérica presenta un interés innegable desde el punto de vista pluviométrico puesto que, en un espacio de terreno relativamente reducido, coexisten regímenes de precipitación de características bien diferenciadas. Ello se explica por la complejidad orográfica del territorio y por la influencia de dos mares de características muy distintas como son el Atlántico (de aguas más frías) y el Mediterráneo (que presenta en determinadas épocas del año temperaturas no tan alejadas de las de los mares más calientes de la Tierra). Todo ello contribuye a dar cierta prioridad a estudios que contemplen la regionalización pluviométrica de esta parte de España y a conocer los rasgos esenciales del comportamiento de la precipitación dentro de estas regiones.

A estos efectos, hemos trabajado con una base de datos completa que incluye los totales mensuales de precipitación registrados en el periodo 1961-1990 en estaciones del área de estudio. Se han seleccionado las estaciones más completas en las que las faltas de registro en algún mes concreto son escasísimas lo que nos ha conducido a considerar 207 puntos de medida repartidos a lo largo y ancho de la zona. Su ubicación se muestra en la figura 2 en la que se ilustran gráficamente los resultados de la regionalización.

La matriz de correlación de los datos es el punto de partida de un Análisis en Componentes Principales (ACP) que conduce a la obtención de 8 componentes significativas a las que aplicamos posteriormente el algoritmo de rotación Varimax (RICHMAN, 1986,1987) para simplificar la estructura de la solución factorial. Las correlaciones que presenta cada estación con las componentes rotadas constituyen los datos de los que parte el algoritmo de clasificación Average-Linkage + K-means, que es en definitiva el que nos lleva a la regionalización. Algunos detalles de la metodología seguida en la factorización y en la regionalización se presentan más adelante en los párrafos correspondientes.

Para obtener las posibles periodicidades existentes en el comportamiento pluviométrico del NE peninsular se ha efectuado un análisis espectral de los totales mensuales de precipitación en el periodo de estudio para cada una de las capitales regionales. Se ha empleado el algoritmo de la FFT (BÄTH, 1974) a las series de anomalías estandarizadas de 360 meses (30 años) de longitud.

## 2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FACTORIAL

La Tabla I resume los primeros resultados del ACP e incluye las características de las soluciones no rotadas y rotadas. Una solución que incluya las 8 primeras componentes explica una varianza del 77% de la existente en los datos originales y el correspondiente conjunto de factores deducidos después de una rotación Varimax llega a explicar el 76%. Ello nos ha parecido suficiente, teniendo además en cuenta que la octava componente explica la misma varianza que 2,6 estaciones y que este valor aumenta hasta 3,6 en el caso de la solución Varimax. La dimensionalidad del problema se reduce drásticamente si caracterizamos cada una de las estaciones mediante sus correlaciones (cargas) con cada uno de los 8 factores rotados. Ésa será la matriz de entrada de la regionalización que describiremos más adelante.

CP	NO ROTACIÓN		ROTACIÓN	
	VP	PVA (%)	VP	PVA (%)
1	107,7	52	44,2	21,2
2	18,8	61	31,6	36,5
3	11,5	66	22,9	47,6
4	8,2	70	20,6	57,5
5	5,2	73	16,9	65,7
6	3,7	74	11,0	71,0
7	3,0	76	6,5	74,1
8	2,6	77	3,6	75,8

Tabla I. Valores propios (VP) y porcentaje de varianza acumulada (PVA) para cada componente principal retenida (CP).

**Interpretación de los factores extraídos**

La Figura 1 muestra la distribución espacial de las cargas de cada factor. Una inspección de las mismas permite localizar las zonas en las que las cargas son máximas. Esto a su vez permite asociar cada uno de los factores deducidos al comportamiento pluviométrico que se registra en esas áreas de carga máxima. La Tabla II resume el conjunto de interpretaciones que hemos dado a la solución factorial rotada después de haber examinado con detenimiento la figura 1.

CPR	CORRELACIÓN MÁXIMA	RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO	OBSERVACIONES
1	Costa central-norte catalana	Bimodal: máximo en septiembre-octubre y máximo secundario en mayo. Mínimo claro en julio.	Son las perturbaciones de origen mediterráneo las que provocan la llegada de masas de aire cálidas y húmedas a la costa catalana y que contribuyen de forma más decisiva a los totales de precipitación.
2	Pirineo Central	Bimodal: máximos en mayo y noviembre y cantidades de precipitación importantes.	Máximo de noviembre imputable al incremento de las circulaciones ciclónicas del SW.
3	Preitoral meridional de Catalunya	Bimodal: máximo en mayo, tan importante o más que el otoñal.	
4	Pirineo y Pre-Pirineo Orientales de Catalunya	Máximo en mayo-junio. Cantidades de precipitación significativas en los meses de verano.	Actividad convectiva en los meses cálidos ligada al ascenso forzado por la orografía de aire cálido y húmedo de origen mediterráneo.
5	Rioja, Baja Navarra y Oeste de Aragón	Bimodal: con máximos en abril-mayo y noviembre. Cantidades de precipitación poco importantes.	Zonas alejadas del Mediterráneo y del Atlántico en situación de abrigo aerológico.
6	Comarcas bajoaragonesas situadas entre la vertiente este de la Sierra de Albarracín y el Maestrazgo.	Bimodal: máximo en mayo (el más importante) y otro secundario en noviembre (apenas perceptible).	Fenómenos de tipo convectivo en primavera. Abrigo aerológico respecto a las perturbaciones atlánticas y mediterráneas. Las circulaciones ciclónicas del SW son menos activas que en las zonas correlacionadas con la componente 5
7	Pirineos Atlánticos y Valle de Arán	Atlántico: máximo en invierno y mínimo en verano, lo que no quiere decir que los meses cálidos sean secos en absoluto.	Afectadas principalmente por la llegada de perturbaciones originadas en el Atlántico Norte.
8	Regiones llanas de la depresión del Ebro situadas al N del Ebro y al S del Pre-Pirineo oscense.	Régimen semiárido con máximos en mayo y otoño	

Tabla II. Resumen de las características principales de cada componente principal rotada (CPR).

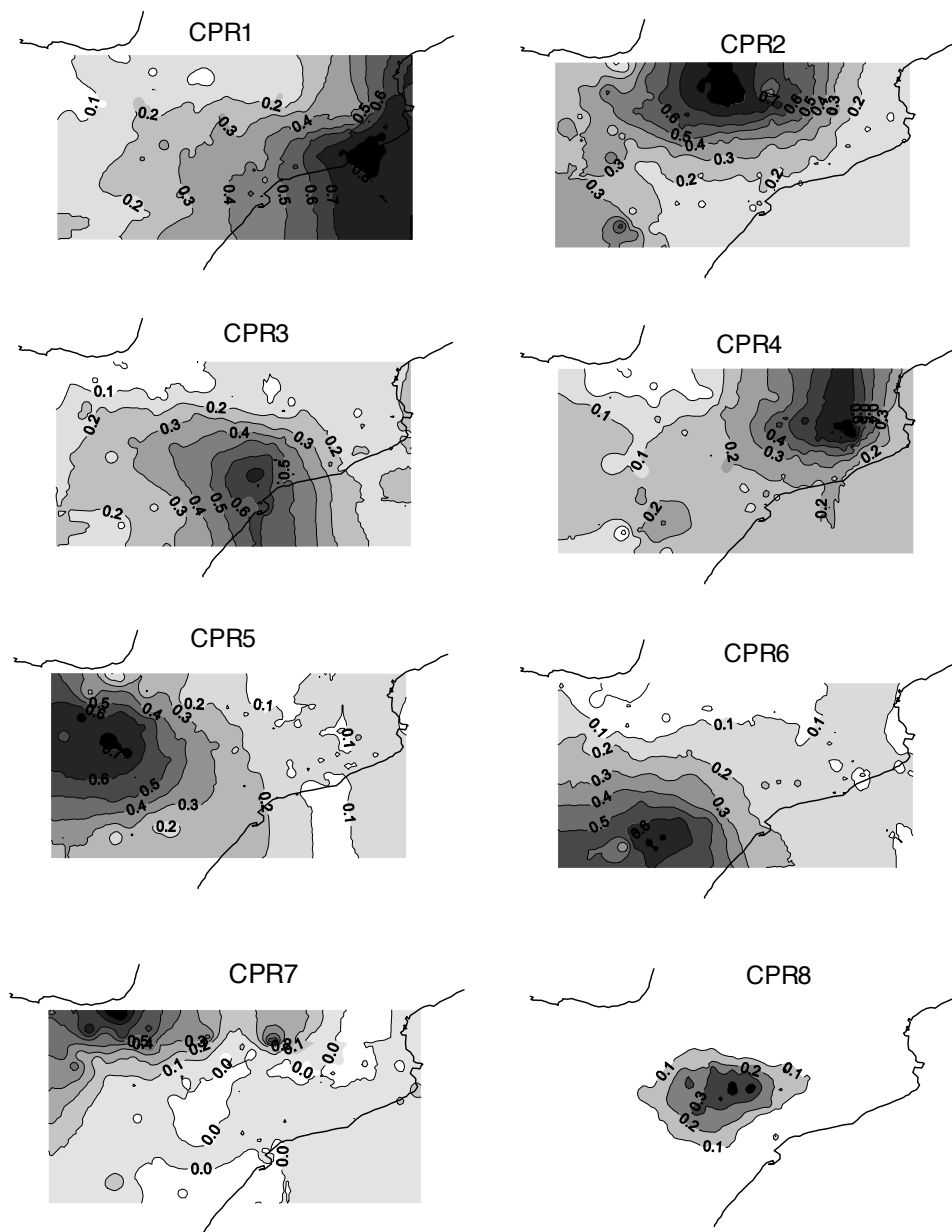


Figura 1. Distribución espacial de las correlaciones máximas para cada CPR.

**3.RESULTADOS DE LA REGIONALIZACIÓN PLUVIOMETRICA**

Para establecer la regionalización de estaciones de la zona NE de la Península, se parte de una matriz inicial de datos en la que cada elemento viene caracterizado por las ocho cargas que presenta con las ocho componentes rotadas significativas que se han considerado. El algoritmo de clasificación empleado es el Average-Linkage + K-Means ( KALKSTEIN *et al.*, 1987; FERNÁNDEZ MILLS *et al.*, 1994; SERRA *et al.*, 1996 ) . De hecho, la parte que es propiamente un Average-Linkage (en lo sucesivo AL) nos va a servir para determinar el número de grupos con el que vamos a trabajar y el método K-Means (KM) reordena los elementos para conseguir una mayor homogeneidad de cada uno de los grupos, obviando los defectos del AL, que tiende siempre a exagerar el tamaño de los grupos grandes en detrimento de los pequeños (DAVIS y KALKSTEIN, 1990). El criterio que nos permite determinar el número de grupos de trabajo se basa en la evolución del índice de similaridad:

$$L_{mn} = D_{mn}^2 + V_n + V_m$$

en la que  $D_{mn}^2$  es la distancia euclídea al cuadrado entre los centroides de los grupos  $m$  y  $n$ , y  $V_m$  y  $V_n$  son las varianzas intra-grupo de los grupos  $m$  y  $n$ . La tabla III muestra la variación del índice a medida que se reduce el número de grupos de la clasificación AL. Un aumento importante del índice representaría una fusión no deseada con lo que debería rechazarse la mencionada fusión. En nuestro caso, el primer salto significativo se produce en la transición de 11 a 10 grupos, con lo que parece lógico construir una regionalización de 11 grupos. En el caso de que se quisiera trabajar con una clasificación más simple se podría obtener una regionalización de 7 grupos ya que también se observa un salto importante en la transición 7-6.

NG	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Lmn	0,210	0,221	0,237	0,240	0,241	0,271	0,284	0,314	0,355	0,442	0,469	0,479	0,612

Tabla III. Evolución del índice de similaridad en las últimas iteraciones del AL.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTALANUAL
1	26,3	32,6	38,6	41,6	68,6	43,1	20,3	33,6	79,0	76,5	49,0	31,0	540,2
2	23,4	20,3	25,4	39,7	46,8	36,6	12,4	24,3	40,2	40,3	32,1	22,8	324,0
3	49,5	42,7	49,2	76,4	119,8	119,7	103,7	102,9	92,1	82,6	85,3	61,6	985,5
4	61,0	51,5	55,6	67,9	66,8	50,8	31,9	49,6	77,2	98,4	78,9	67,1	756,7
5	104,3	83,4	79,9	127,5	159,5	115,6	83,1	104,8	119,9	148,0	163,2	109,9	1399,1
6	74,3	61,8	62,1	88,7	98,9	77,8	64,8	78,1	74,7	75,2	94,4	96,0	946,8
7	44,9	39,1	36,9	58,9	53,2	42,3	23,7	29,2	35,0	45,1	67,9	36,4	512,6
8	86,2	74,4	68,3	84,3	74,2	53,9	42,7	46,0	51,6	78,3	102,3	79,8	842,0
9	24,9	29,1	31,1	45,5	53,8	46,2	23,7	22,8	36,7	31,3	42,8	27,0	414,9
10	191,1	163,5	150,3	170,2	175,4	123,6	82,5	101,9	117,7	182,4	214,7	203,0	1804,3
11	300,1	254,1	246,4	280,9	214,5	126,9	117,7	157,2	143,2	221,0	283,9	315,2	2661,1

Tabla IV. Totales mensuales y anuales de cada estación capital de región.

		Componentes principales rotadas								REGIMEN
		1	2	3	4	5	6	7	8	
REGIONES	1	x		X						Mediterráneo bimodal (máximos en primavera y otoño)
	2		x			x			X	Mixto con tendencia semiárida
	3		x		X					Mediterráneo de montaña (máximo finales de primavera y principios de verano)
	4	X		x						Mediterráneo septentrional
	5		X							Mediterráneo de montaña con algún rasgo atlántico (segundo máximo en noviembre)
	6							X		Atlántico con algún elemento de régimen mediterráneo de montaña
	7					X				Interior con alguna tendencia atlántica
	8							X		Atlántico con máximo en noviembre
	9						X			Mediterráneo continental
	10		X							Atlántico de montaña (máximo en noviembre)
	11							X		Atlántico típico con precipitaciones extremas en invierno y mínimo profundo en verano

Tabla V. Componentes correlacionadas con cada uno de los grupos. X = componente más correlacionada, x = componentes secundarias significativamente correlacionadas.

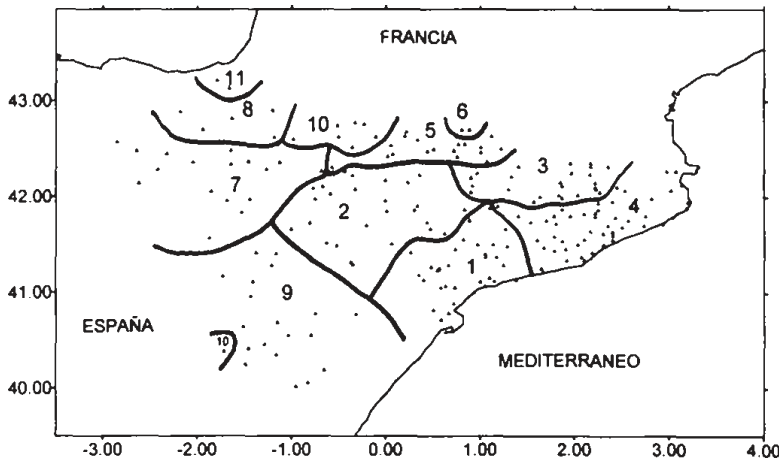


Figura 2. Regionalización pluviométrica del NE de la Península

Con estas consideraciones, en la segunda parte del trabajo (aplicación del algoritmo KM) se fija el número de regiones en 11 y el resultado que se obtiene es el que se resume en la tabla V y el que aparece representado en la figura 2. En la tabla IV aparecen los valores medios mensuales de precipitación de las estaciones capital de cada grupo.

#### 4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESPECTRAL APLICADO A LAS CAPITALES

Hemos intentado eliminar la estacionalidad de la base de datos calculando, para cada capital, anomalías estandarizadas de precipitación mensual dividiendo la diferencia entre el total mensual y el valor medio mensual correspondiente por la desviación típica de la precipitación de ese mes. Las periodicidades que aparezcan no estarán pues ligadas a la simple variación estacional. La figura 3 muestra los espectros de cada capital con los picos significativos al 95% indicando, en cada uno de estos casos la periodicidad expresada en años. Los picos que más aparecen son los de 3, 4 y 5 meses en 6, 6 y 7 capitales respectivamente con regímenes pluviométricos distintos. Ello da cuenta de la variabilidad intraanual de la precipitación y de que, dentro de un mismo año, pueden darse recurrencias. Merece la pena destacar que el pico correspondiente a los 11 meses (0,88 años) se presenta sólo en las estaciones de régimen más puramente atlántico. Por otra parte, la periodicidad de 2,7 años que aparece documentada en trabajos del área mediterránea (GAJIC-CAPKA, 1994; MAHERAS *et al.*, 1992) y europea (NEUBER y SCHÖNWIESE, 1985) se da en 5 capitales correspondientes a regímenes distintos. También es importante observar que periodicidades significativas más largas que esta última sólo se registran en Vielha (3,33 años) y Olite (7,5 años) y ninguna de ellas coincide con las asociadas a los ciclos de las manchas solares. Ello estaría de acuerdo con los trabajos de DEHSARA y CEHAK (1970) que no encontraron evidencias de influencia directa de la actividad solar sobre elementos meteorológicos de estaciones repartidas a lo largo y ancho de nuestro planeta.

#### 5. CONCLUSIONES

Un ACP previo de los datos nos ha conducido a la extracción de ocho componentes rotadas ortogonales que reducen drásticamente la dimensionalidad del problema. Cada una de ellas está relacionada con un comportamiento pluviométrico determinado. Las cargas de cada estación en esas componentes nos han servido para establecer la regionalización que aquí se presenta y en la que aparecen 11 grupos de características pluviométricas bien diferenciadas, algunas propias de climas semi-áridos (región 2), otras de regímenes de montaña o alta montaña con tendencia atlántica (grupos 5, 10), otras claramente ligadas a climas mediterráneos marítimos (grupos 1 y 4) o continentales (grupos 9 y 7). Asimismo, el clima atlántico aparece representado en los grupos 6 y 11, en los que la bimodalidad desaparece del todo. En la región 3 se detecta una peculiaridad inexistente en los demás grupos que es la presencia de un máximo único en los meses de verano.

Los análisis espectrales resaltan la aparición frecuente de periodos cortos de 3, 4 y 5 meses e igualmente la existencia en las regiones típicamente atlánticas (grupos 6 y 11) de una recurrencia de 11 meses. El periodo de 2,7 años, que está bien recogido en trabajos de la zona mediterránea y europea, se registra en 5 estaciones-capital de regímenes pluviométricos diferenciados. Una solu-

ción que se propone para el futuro consiste en analizar también las recurrencias en los parámetros de circulación sinóptica en superficie y en altura. Ello podría ayudarnos a interpretar las recurrencias obtenidas en la precipitación.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÄTH, M. (1974): *Spectral analysis in Geophysics*. Amsterdam. Elsevier Scientific Publishing Co.
- DAVIS, R.E. y KALKSTEIN, L.S. (1990): "Development of an automatic spatial synoptic climatological classification". *Int. J. Climatol.*, **10**, 769-794
- DEHSARA, M. y CEHAK, K. (1970): "A global survey on periodicities in annual mean temperatures and precipitation totals". *Arch. Met. Geoph. Biokl., serie B.* **18**, 253-268.
- FERNÁNDEZ MILLS; G., LANA, X. y SERRA, C. (1994): "Catalonian precipitation patterns: principal component analysis and automated regionalization". *Theor. Appl. Climatol.*, **49**, 201-212.
- GAJIC-CAPKA, M. (1994): "Periodicity of annual precipitation in different climatic regions of Croatia". *Theor. Appl. Climatol.*, **49**, 213-216.
- KALKSTEIN, L.S.; TAN, G. y SKINLOV, J.A. (1987): "An evaluation of three clustering procedures for use in synoptic climatological classification". *J. Climate. Appl. Meteor.*, **26**, 717-730.
- MAHERAS, P.; BALAFOUTIS, CH. y VAFIADOS, M., (1992): "Precipitation in the Central Mediterranean during the last century." *Theor. Appl. Climatol.*, **45**, 209-216.
- NEUBER, E. y SCHÖNWIESE, C.D., (1985): "Spektral-statistische charakteristika europäischer niederschlagsreihen 1874-1980." *Meteorol. Rdsch.*, **38**, 54-62.
- SERRA, C. *et al.* (1996): "Winter and autumn daily precipitation patterns in Catalonia, Spain". *Theor. Appl. Climatol.* **54**, 175-186.



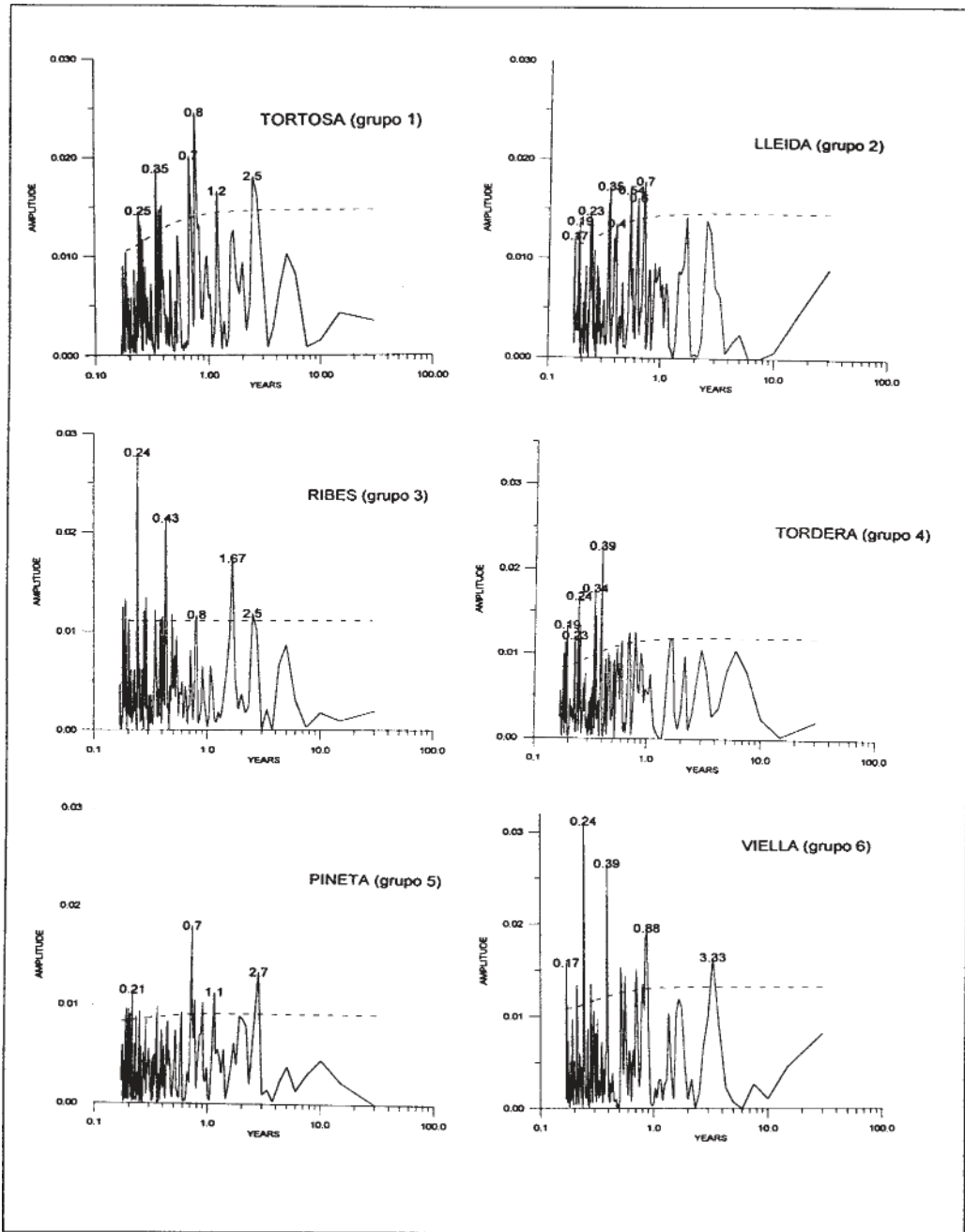


Figura 3. Espectros de potencia de cada estación capital

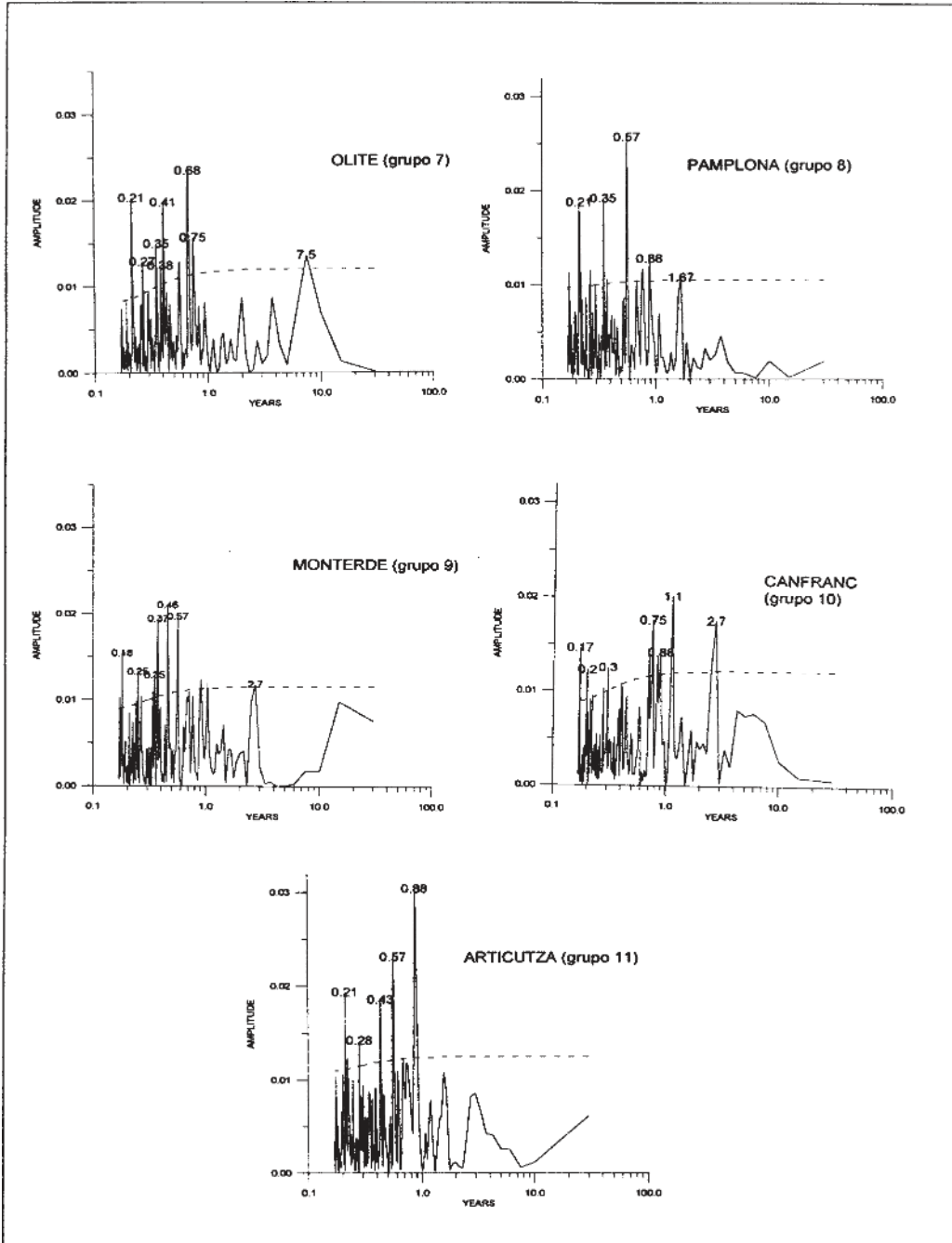


Figura 3. (cont). Espectros de potencia de cada estación capital

