

Evolución regional de la precipitación en España en los últimos 100 años

ANTONIO BARRERA ESCODA (*) y MARÍA DEL CARMEN LLASAT BOTIJA (**)

RESUMEN El presente artículo pretende describir la evolución de la precipitación mensual en España para los últimos 100 años, así como responder a la pregunta de la posible existencia de tendencias en esa evolución. Para poder abordar este tema se han tratado tres periodos de estudio: i) 1940–1996, periodo escogido para la elaboración de la regionalización base (Ministerio de Medio Ambiente, 1998); ii) 1897–1998, periodo escogido para la elaboración de las series areales de cada una de las regiones encontradas y iii) 1859–1997, periodo escogido para el estudio de series individuales de cada región para realizar un análisis a más largo plazo (Capó et al., 1999; Llasat y Quintas, 2003b) y compararlo con el periodo anterior. Para este estudio las series se han sometido al análisis de su homogeneidad y al completado de sus huecos.

REGIONAL EVOLUTION OF THE PRECIPITATION IN SPAIN DURING THE LAST 100 YEARS

ABSTRACT *The present paper tries to describe the evolution of the monthly precipitation in Spain for the last 100 years, as well as trying to answer the possibility of the existence of any trends in that evolution. Three periods of study have been used to carry out this topic: i) 1940–1996, period selected to do the regionalization (Ministerio de Medio Ambiente, 1998); ii) 1897–1998, period selected for the obtention of areal rainfall series in each region and iii) 1859–1997, period selected to do the study of single series for each region to apply an analysis in a long term (Capó et al., 1999; Llasat y Quintas 2003b) and to compare it with the prior period. The series have been submitted to homogeneity analysis and the process of filling their gaps to carry out the present work.*

Palabras clave: Precipitación, España, Homogeneidad, Regionalización, Análisis de tendencias, Completado de datos, Variabilidad climática.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los temas medioambientales más preocupantes en la actualidad es la evolución futura de los recursos hídricos y de su disponibilidad para el consumo humano (Doodge y Kuusisto, 1998; IPCC, 2001). Entre los principales factores a considerar en esta cuestión se halla el posible impacto que el cambio o variabilidad climática tenga sobre la precipitación. A diferencia de la temperatura, la precipitación está notablemente sujeta a la interacción de factores sinópticos, mesoescalares e, incluso, microescalares, por lo que la respuesta a cualquier alteración del clima, ya sea natural o antropogénica, es mucho más complicada y de difícil generalización (Ganoulis et al., 1998; Omar Abel, 1998; Barriendos et al., 1998; Barriendos y Llasat, 2003; Benito et al., 2003). Así pues, la representatividad de una serie local es de muy escaso alcance, siendo necesario recurrir a análisis de carácter regional. Este objetivo se encuentra plenamente integrado en los propios objetivos del Programa Hidrológico Internacional de UNESCO, y, en parti-

cular, dentro de los proyectos FRIEND (Flow Regimes from international Experimental and Network Data). Entre todos estos la zona de estudio aquí considerada se enclava dentro del polo AMHY (Alpine and Mediterranean Hydrology).

El objeto del presente trabajo contempla el análisis regional de las tendencias y anomalías de la precipitación mensual en España, utilizando la información procedente de más de 2000 estaciones pluviométricas pertenecientes al Instituto Nacional de Meteorología. El trabajo contempla esencialmente tres periodos: el periodo de octubre de 1940 a septiembre de 1996 (56 años) utilizado sobre todo para la regionalización y con el que se trabaja con más de 2000 estaciones; el periodo de octubre de 1897 a septiembre de 1998 (101 años), para el que se dispone de 106 series a partir de las cuales se elaboran series representativas para cada región (series de precipitación areal); y, finalmente, el periodo 1859–1997 (139 años), para el que se dispone de la información de 24 estaciones pluviométricas.

El artículo se inicia con la presentación del proceso de regionalización y la explicación del método utilizado para completar las series y analizar su homogeneidad. Una vez indicadas las regiones y las estaciones representativas de cada una y calculadas las series areales, se procede al análisis temporal de las series a largo plazo (evolución, correlaciones, estudio de tendencias y anomalías). El análisis temporal se aborda tanto desde el punto de vista regional como local.

(*) Licenciado en Física. Estudiante de doctorado con una beca FPI del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Departamento de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Barcelona.

(**) Doctora en Física. Profesora titular de universidad. Departamento de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Barcelona.

2. PROCESO DE REGIONALIZACIÓN (1940/41–1995/96)

La regionalización aquí considerada fue presentada en los trabajos del Libro Blanco del Agua en España (Ministerio de Medio Ambiente, 1998). El proceso seguido fue el siguiente: En primer lugar, selección para el periodo de años hidrológicos (de octubre a septiembre) 1940/41–1995/96 de todas las series disponibles con datos en el citado periodo. En segundo lugar, no fue necesario realizar análisis alguno de homogeneidad de las estaciones una a una, para descartar aquellas series heterogéneas que podrían falsear los resultados finales, ya que se puede suponer que los errores se compensan por el gran volumen de datos para este periodo. En tercer lugar, las series de precipitación fueron completadas a partir del método de la correlación múltiple (CORMUL) desarrollado por el propio CEH.

El método del CORMUL consiste, para el caso bivariado, en el establecimiento de una ecuación de regresión, a través de la cual se puede expresar la dependencia de los datos de la serie incompleta como una función lineal de los datos de las dos series completas que sirven de referencia. A través de un ajuste lineal por mínimos cuadrados y con los valores de las series normalizados, se encuentran los parámetros de la recta de regresión. Las estaciones utilizadas para el ajuste de la recta de regresión se escogen teniendo en cuenta su correlación y disponibilidad de datos, eligiendo siempre aquel par de estaciones que proporcione el completado más satisfactorio para el mes en cuestión. El criterio de la elección se basa en la formación de la *matriz de priorización* para cada estación a completar, función de los coeficientes de correlación múltiple entre las series normalizadas y del número de datos comunes entre las tres estaciones (la pareja que se utiliza de referencia y la serie incompleta que se quiere rellenar). Esta matriz depende de un parámetro, conocido como *exponente de priorización*. Tal exponente suele ser un dato que se introduce para ponderar la importancia que tiene en el completado el número de datos comunes entre las tres estaciones, aunque se puede determinar experimentalmente bajo el criterio de generar series con mínimo error cuadrático. En principio se esco-

gerá, para cada estación que se quiere completar, la pareja de referencia con un mayor valor de priorización. En el caso de que las propias series de referencia presenten huecos en el mes a completar, se elegirán sucesivas parejas de estaciones de acuerdo a valores decrecientes de priorización hasta un valor mínimo llamado *umbral de priorización*. La elección de este valor depende del tipo de variable. Para el caso de la precipitación, en el que las correlaciones individuales entre series suelen ser bajas (normalmente inferiores a 0,8), el valor más idóneo para tal umbral es entre 0,5 y 0,8. Como la ecuación de regresión se calcula con valores normalizados, los valores que se obtienen hay que desnormalizarlos. Este método está implementado en el software propio del CEDEX llamado CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas; <http://hercules.cedex.es/chac>).

Una vez acabados los procesos anteriores se calcularon las precipitaciones areales anuales de cada una de las grandes cuencas hidrográficas de España y se sometieron al análisis de conglomerados jerárquico para definir grupos de características similares, es decir la regionalización en sí.

El análisis de conglomerados jerárquico permitió definir 7 regiones: cinco grandes regiones peninsulares, una región mixta y una más insular (Figura 1). Estas regiones han sido las utilizadas para la regionalización presentada en el "Libro Blanco del Agua en España" (Ministerio de Medio Ambiente, 1998).

3. SERIES AREALES DE PRECIPITACIÓN (1897/98–1997/98)

Para cada una de las siete regiones definidas en el apartado anterior se ha obtenido la llamada precipitación areal a escala mensual, que da una idea del valor medio de la precipitación en la región considerada, para después elaborar las series anuales. El cálculo de estas series se ha realizado para el periodo de años hidrológicos (de octubre a septiembre) 1897/98–1997/98, a partir de 106 series con más de 60 años de datos (Figura 2). Previamente se ha analizado la homogeneidad de estas series, para el periodo completo, a través del método de las dobles acumulaciones (CEDEX, 2003),

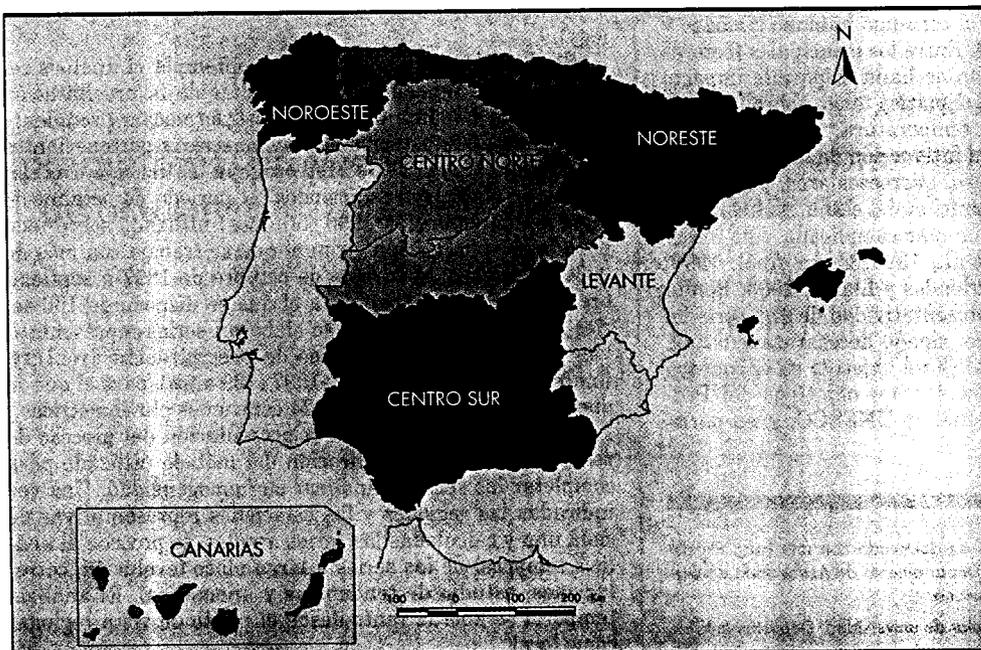


FIGURA 1. Regionalización de las grandes cuencas hidrográficas españolas (Ministerio de Medio Ambiente, 1998 modificado).

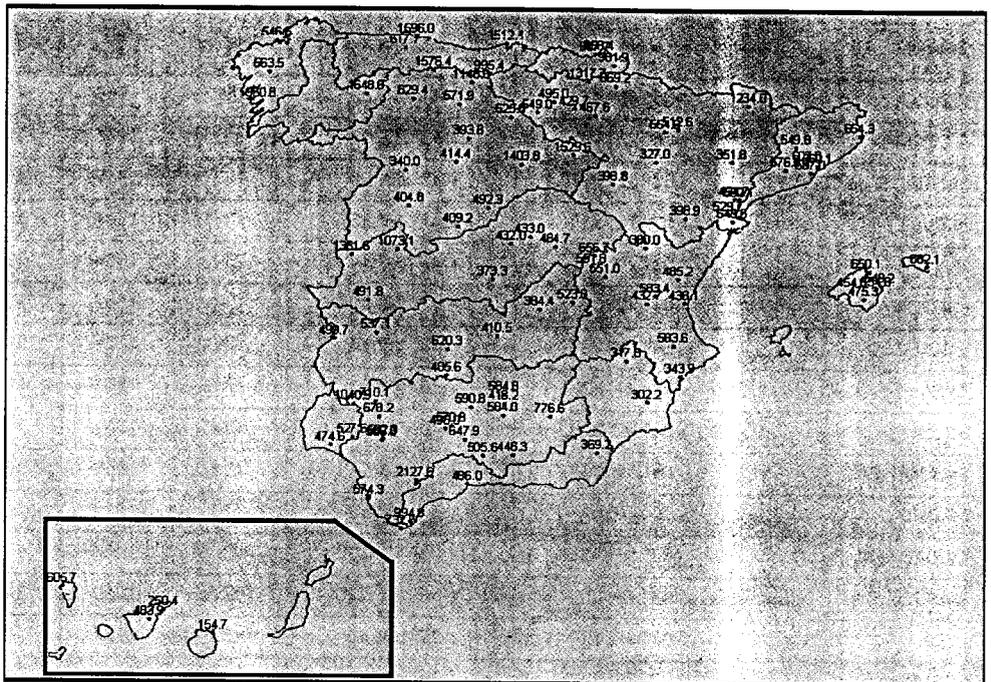


FIGURA 2. Localización de las series utilizadas para la elaboración de las precipitaciones areales de cada región y valor de precipitación media anual para el periodo 1897/98-1997/98 en cada una de ellas.

no encontrándose heterogeneidades importantes. Después de este análisis se han completado las lagunas en las series con el método del CORMUL y con un umbral de priorización de 0,6 (véase apartado 2). Aunque no se han podido completar los 33.092 huecos, el porcentaje de completado obtenido ha sido elevado, rellenándose el 81% de los huecos iniciales para el periodo 1897/98-1997/98. Los datos sin completar al final (6.200) representan el 5% de los datos totales del periodo de estudio (128.472).

Todas las series areales anuales calculadas presentan una gran variabilidad y dispersión de los datos, como es habitual en series pluviométricas de un país de latitudes medias y en gran parte mediterráneo, tal como es España, teniendo todas ellas desviaciones estándares del orden de magnitud de la media aritmética.

4. SERIES INDIVIDUALES REPRESENTATIVAS (1859-1997)

La metodología seguida para la elección de las estaciones individuales más largas representativas de cada una de las 7 regiones encontradas ha contemplado lo siguiente: Primero, estudio de las correlaciones entre las 24 series disponibles para el periodo 1859-1997 (Tabla 1), realizando la correlación mensual por parejas de todas las series pertenecientes a una misma región, previa normalización de las mismas. El criterio de normalización utilizado ha sido la tipificación mensual, como es habitual en series de precipitación (Rodríguez et al., 1999). Posteriormente, los criterios básicos que se han tenido en cuenta a la hora de escoger una serie representativa de cada región han sido su continuidad y una buena correlación con el resto de series de su misma región. En todos los casos se ha exigido un coeficiente de correlación superior a 0,6 entre la estación seleccionada y las restantes series de la región (en general se obtienen coeficientes superiores a 0,8). Son excepciones las zonas Norte y Canarias, para las que sólo se dispone de una estación, así como la zona Noreste (NE) en donde por no haber ningún coeficiente de correlación superior a 0,5 para ninguno de los meses del año se ha optado por mantener

las tres series. Este resultado es coherente con la gran extensión cubierta por la región NE y con la necesidad de discriminar la potencial diferencia en la respuesta climática, de las regiones mediterránea y continental. Por lo tanto de las 24 series iniciales se han escogido 9 series como representativas de sus respectivas regiones. Las series seleccionadas aparecen resaltadas en la Tabla 1.

5. ANÁLISIS TEMPORAL

El análisis temporal se ha centrado en el estudio de la evolución temporal, de las anomalías y de la posible existencia de tendencias de las series areales (1897/98-1997/98) e individuales representativas (1859-1997) de cada región. El análisis de las tendencias se ha realizado siguiendo la metodología propuesta por el comité científico del *World Climatic Program-Water (WMO-UNESCO)* y apoyada por la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2000) en la que se hace hincapié en el uso de diferentes tests, ya que el patrón de variabilidad no se conoce de antemano. Algunos tests son muy buenos para detectar un tipo de cambio muy específico; otros, por ejemplo, son buenos para seleccionar un tipo de entre una multitud de posibles cambios. Los métodos escogidos para tal análisis han sido los tests de los rangos de Spearman y de Mann-Kendall y los métodos de las pendientes o tendencias acumuladas (Lasat et al., 2003a) y de la regresión lineal. A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los periodos de estudio.

5.1. PERÍODO 1897/98-1997/98

Las evoluciones temporales (Figura 3) de cada una de las 7 series areales calculadas, así como de las evoluciones suavizadas por un filtro gaussiano pasabajo (Stepánek, 2003) de ventanas 5, 10 y 30 años, para ilustrar la variabilidad a escalas temporales mayores, muestran diferencias apreciables entre ellas, aunque también se pueden observar similitudes entre las regiones Norte y Noroeste y entre la Centro Norte y Centro Sur. Esto queda corroborado con el cálculo de los coeficientes

Estación	Latitud	Longitud	Región	Años con datos	Años con datos	Años con datos	Años con datos
LA CORUÑA	43° 23' 10"	8° 22' 02"	NO	1876	1997	136	94
SANTIAGO de C.	-08° 32' 21"	+42° 53' 00"	NO	1859	1994	136	94
SORIA	-02° 28' 55"	+41° 46' 33"	CN	1864	1997	134	129
LA VID	-03° 29' 12"	+41° 37' 44"	CN	1884	1994	111	91
BURGOS	-03° 42' 01"	+42° 20' 29"	CN	1862	1990	129	123
VALLADOLID	-04° 46' 22"	+41° 38' 44"	CN	1859	1997	139	135
ÁVILA	-04° 41' 47"	+40° 39' 25"	CN	1881	1997	117	90
SEGOVIA	-04° 07' 32"	+40° 57' 04"	CN	1881	1997	117	107
SALAMANCA	-05° 39' 36"	+40° 57' 28"	CN	1859	1983	125	113
MADRID	03° 40' 41"	-03° 24' 40"	CN	1859	1997	139	136
CIUDAD REAL	-03° 55' 15"	+38° 59' 20"	CS	1866	1997	132	105
BADAJOS	06° 38' 20"	-08° 52' 42"	CS	1866	1984	118	99
JAEN	-03° 47' 17"	+37° 46' 40"	CS	1867	1984	118	98
GRANADA	-03° 35' 43"	+37° 10' 42"	CS	1860	1997	138	104
SEVILLA	-05° 59' 32"	+37° 23' 30"	CS	1859	1970	112	96
SAN FERNANDO	-06° 12' 17"	+36° 27' 55"	CS	1805	1988	184	126
MÁLAGA	-04° 25' 36"	+36° 43' 28"	LEV	1881	1990	110	89
ALICANTE	-02° 09' 57"	+38° 22' 00"	LEV	1856	1997	142	125
VALENCIA	02° 02' 32"	-05° 08' 08"	LEV	1859	1997	139	130
PAMPONA	01° 38' 11"	-02° 09' 03"	NE	1881	1997	136	106
ZARAGOZA	04° 02' 30"	-01° 10' 30"	NE	1859	1997	139	109
BARCELONA	04° 09' 40"	-01° 24' 30"	NE	1859	1997	139	109
San Cristóbal de N.	28° 55' 00"	-15° 22' 00"	CAN	1865	1997	139	109

TABLA 1. Estaciones pluviométricas. Regiones: N (Norte), NO (Noroeste), CN (Centro Norte), CS (Centro Sur), LEV (Levante), NE (Noreste) y CAN (Canarias). Las estaciones marcadas en gris son las representativas de cada región. Se consideran "años con datos" aquellos que no contienen más de 3 meses vacíos.

de correlación lineal de Pearson (Tabla 2). Las correlaciones entre las diferentes series presentan valores bajos, exceptuando las regiones Centro Norte y Centro Sur que presentan una correlación apreciable entre ellas cercana a 0,85 y las regiones Norte y Noroeste con una correlación cercana a 0,7. Resultados ya esperados dada la compleja orografía y el carácter de la pluviometría española (Capel Molina, 1981; Esteban-Parrá et al., 1998; Romero et al., 1998; Martín Vide y Olcina Cantos, 2001). Es importante también destacar las nulas correlaciones entre la región de Levante y las regiones Norte y Noroeste, regiones de ámbito climático diferente (la primera de influencia mediterránea y las otras dos de influencia atlántica) y, como era de esperar por pertenecer a una zona subtropical, las muy bajas correlaciones de la región de Canarias con las demás regiones. Hay que comentar también, que todas las correlaciones encontradas o son casi nulas o positivas, y no existe entre ningún par de regiones correlación negativa significativa. Ello implica que o no hay simultaneidad o hay una cierta simultaneidad de periodos secos y húmedos. Sin embargo, lo que no hay significativamente es sequía en una zona mientras hay abundancia pluviométrica en otra, y viceversa.

De las evoluciones temporales de cada una de las series hay que destacar también como queda plasmada la gran variabilidad interanual de la precipitación, con años muy húmedos seguidos inmediatamente de años muy secos. También se puede destacar a groso modo la coincidencia en todas las regiones, excepto en Canarias, de la presencia de periodos secos en los años 40 y 50 del siglo XX y máximos de las series entorno a los años 20 y 30 del siglo XX. Es de esperar pues que en el análisis de anomalías queden bien reflejados estos periodos.

El análisis de tendencias no muestra la existencia de tendencias importantes, así como que se pueda deducir de forma clara tal existencia. Los métodos utilizados en este análisis han dado resultados contradictorios para todas las series (Tabla 3). Lo único que se puede afirmar es que se observan ligeras o muy ligeras tendencias en todas las series, exceptuando la región de Canarias donde apenas se observan cambios. Así pues se observa un leve o muy leve aumento de las precipitaciones en las regiones más septentrionales (Noroeste, Norte, Noreste) y una leve o muy leve disminución en las regiones del centro y del sur (Centro Norte, Centro Sur y Levante).

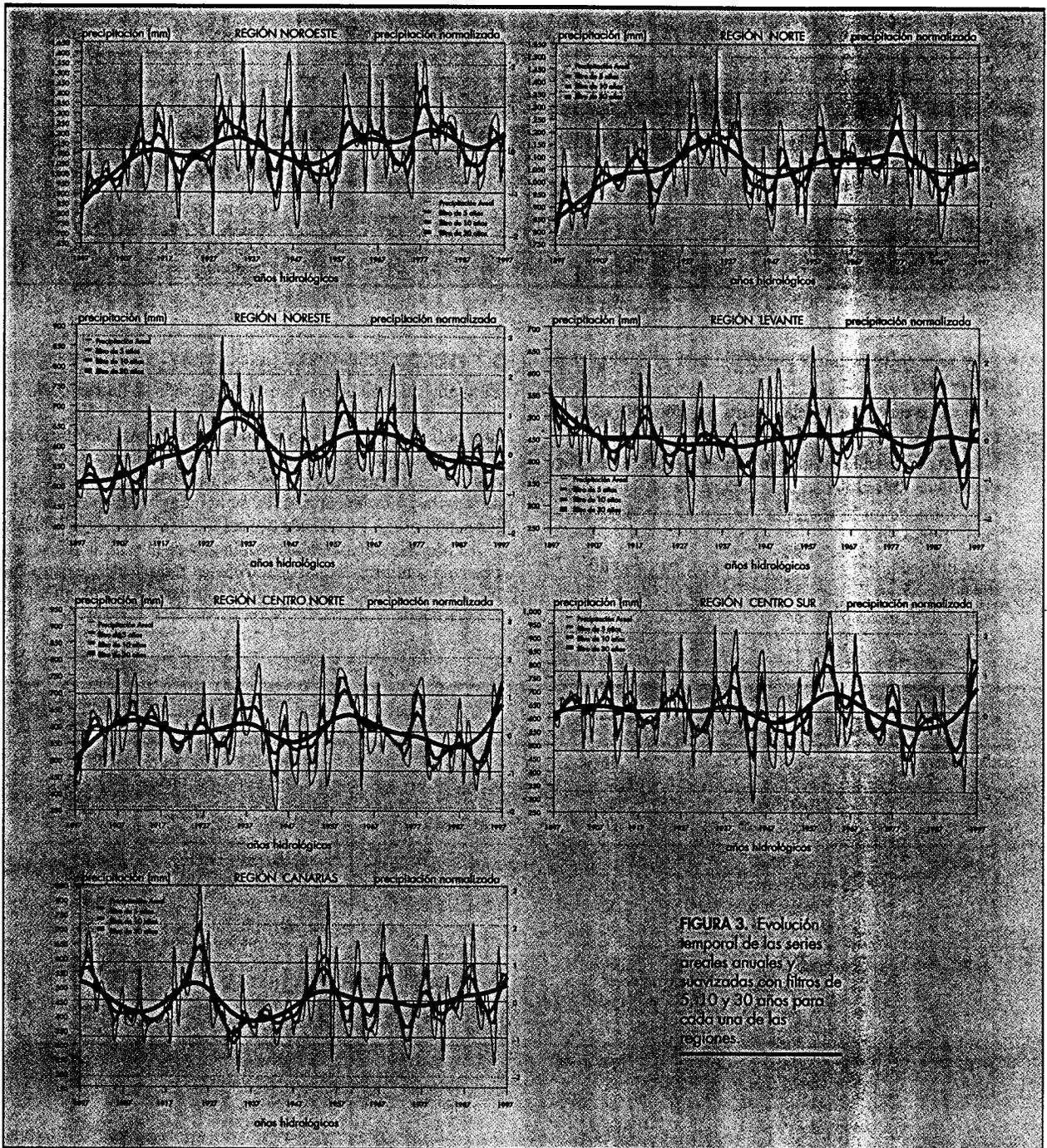


FIGURA 3. Evolución temporal de las series areales anuales y suavizadas con filtros de 5, 10 y 30 años para cada una de las regiones

El análisis de las anomalías se realiza a partir del estudio de las series normalizadas mensualmente, es decir, habiéndoles quitado a cada valor mensual el valor medio del mes en cuestión y dividiendo el resultado entre la desviación estándar de dicho mes. En precipitación se suele considerar como anómalos aquellos valores que distan de la media una desviación estándar por encima o por debajo de ella. Para valores normalizados, esta condición es que sean en valor absoluto más grandes que uno (Rodríguez et al., 1999). Lo siguiente que se hace es estudiar la evolución temporal de los valores mensuales normalizados, representando tal evolución mes a mes en función del año. Con esto se pueden ob-

servar con claridad la concentración de periodos húmedos y secos y la posible existencia de desplazamientos estacionales en la precipitación. Estudiando la evolución de estos valores para cada una de las 7 regiones se encuentra que hay un predominio de los periodos secos (con valores negativos) frente a los húmedos (valores positivos), pero no parece observarse ningún desplazamiento estacional significativo. Por lo que se refiere a los periodos anómalos (Figuras 4 y 5), debido a las bajas correlaciones entre las regiones, no se presentan de la misma manera y época los periodos más secos y húmedos. A grosso modo en todas las regiones se observan los siguientes periodos:

	1	0,69	0,37	-0,05	0,62	0,44	0,09
	0,69	1	0,58	-0,02	0,50	0,29	0,06
	0,37	0,58	1	0,42	0,44	0,38	0,05
	-0,05	-0,02	0,42	1	0,32	0,41	0,12
	0,62	0,50	0,44	0,32	1	0,84	0,31
	0,44	0,29	0,38	0,41	0,84	1	0,41
	0,09	0,06	0,05	0,12	0,31	0,41	1

TABLA 2. Matriz de correlaciones lineales de Pearson entre las regiones: NO (Noroeste), N (Norte), NE (Noreste), LEV (Levante), CN (Centro Norte), CS (Centro Sur) y CAN (Canarias).

- muy seco en la primera mitad del año para el periodo 1987-1997
- algo seco, con alternancias, para los años 40 y 50 del siglo XX.
- bastante seco en las regiones más septentrionales para el periodo 1897-1907.
- muy húmedo en la segunda mitad del año para el periodo 1993-1997.
- algo húmedo, con alternancias, para los años 60 y 70 del siglo XX.
- bastante húmedo para los años 20 y 30 del siglo XX.

5.2 PERÍODO 1859-1997

El análisis de tendencias para este periodo se ha realizado de manera distinta a la expuesta para el periodo anterior, ya que este periodo se utiliza sólo a modo comparativo. Lo que se ha hecho es considerar las series de precipitación anual construidas mediante una media móvil con una ventana de 10 años de longitud y cadencia anual y se le ha aplicado el método de las pendientes o tendencias acumuladas (Llasat et al., 2003a).

El análisis de anomalías revela que cada una de las series presenta sus propias particularidades temporales, extrapolables a las regiones a las cuales representan. Por ejemplo, mientras que en la región Noroeste destaca el intervalo 1890-

Región	Frecuencia	Tendencia	Signo	Intensidad	Significado
NOROESTE	sin filtro	SI	NO	MUY LEVE	0,50
	filtro 5 años	SI	NO	MUY LEVE	0,51
	filtro 10 años	SI	NO	MUY LEVE	0,50
	filtro 15 años	SI	NO	MUY LEVE	0,46
NORTE	sin filtro	SI	NO	MUY LEVE	0,52
	filtro 5 años	SI	NO	MUY LEVE	0,52
	filtro 10 años	SI	NO	MUY LEVE	0,53
	filtro 15 años	SI	NO	MUY LEVE	0,52
NORESTE	sin filtro	SI	SI	LEVE	0,24
	filtro 5 años	SI	SI	LEVE	0,24
	filtro 10 años	SI	NO	LEVE	0,24
	filtro 15 años	SI	NO	LEVE	0,24
CENTRO NOROESTE	sin filtro	SI	SI	NULA	0,19
	filtro 5 años	SI	SI	NULA	0,19
	filtro 10 años	SI	NO	NULA	0,19
	filtro 15 años	SI	SI	NULA	0,01
CENTRO SUR	sin filtro	SI	SI	NULA	0,10
	filtro 5 años	SI	SI	NULA	0,10
	filtro 10 años	SI	NO	NULA	0,10
	filtro 15 años	SI	NO	NULA	0,22
LEVANTE	sin filtro	SI	SI	NULA	0,08
	filtro 5 años	SI	SI	NULA	0,08
	filtro 10 años	SI	SI	NULA	0,12
	filtro 15 años	SI	SI	NULA	0,19
CANARIAS	sin filtro	SI	SI	NULA	0,02
	filtro 5 años	SI	SI	NULA	0,02
	filtro 10 años	SI	SI	NULA	0,03
	filtro 15 años	SI	SI	NULA	0,11

TABLA 3. Resumen del análisis de tendencias aplicado para cada una de las series de precipitación areal de cada región.

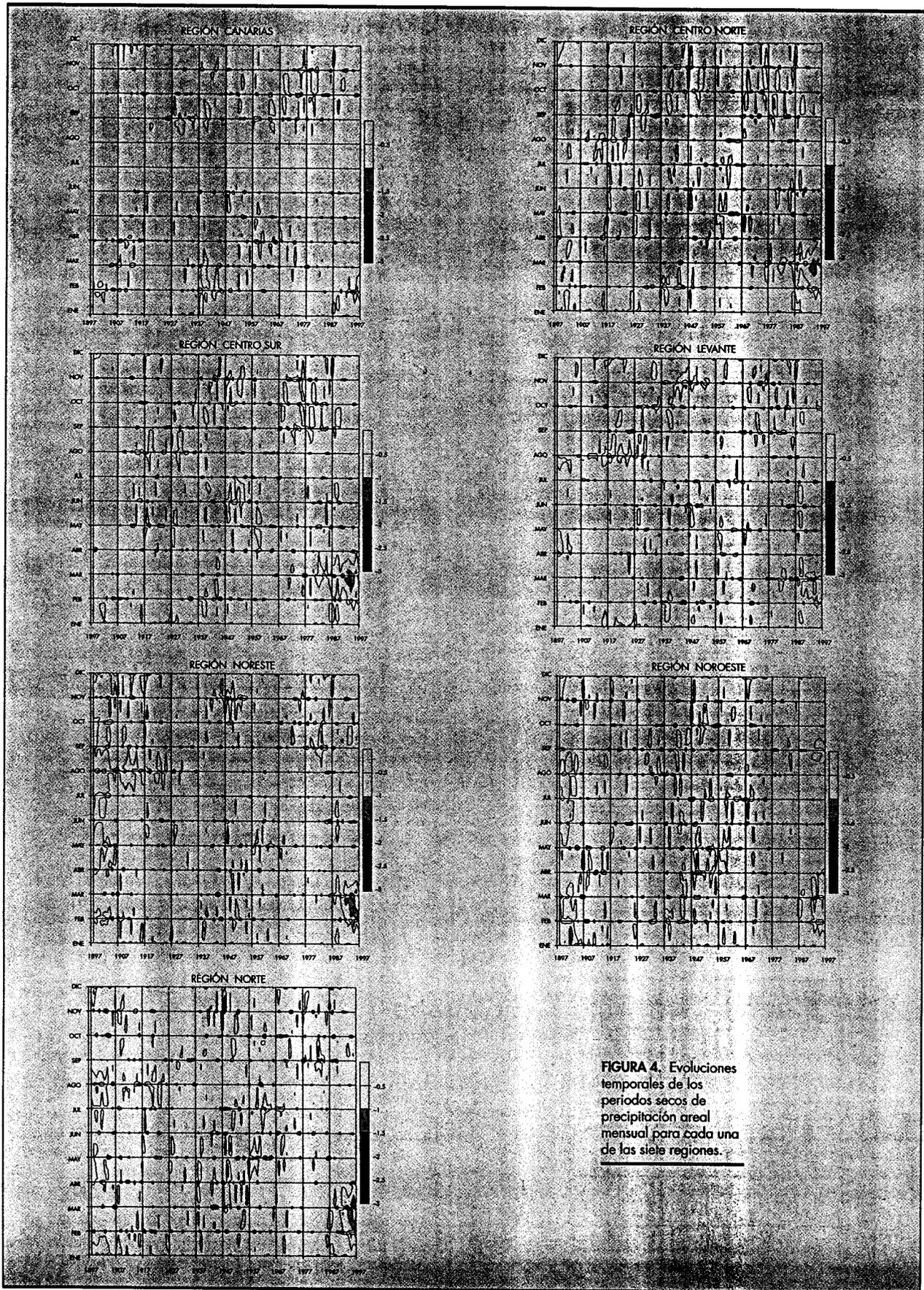


FIGURA 4. Evoluciones temporales de los periodos secos de precipitación areal mensual para cada una de las siete regiones.

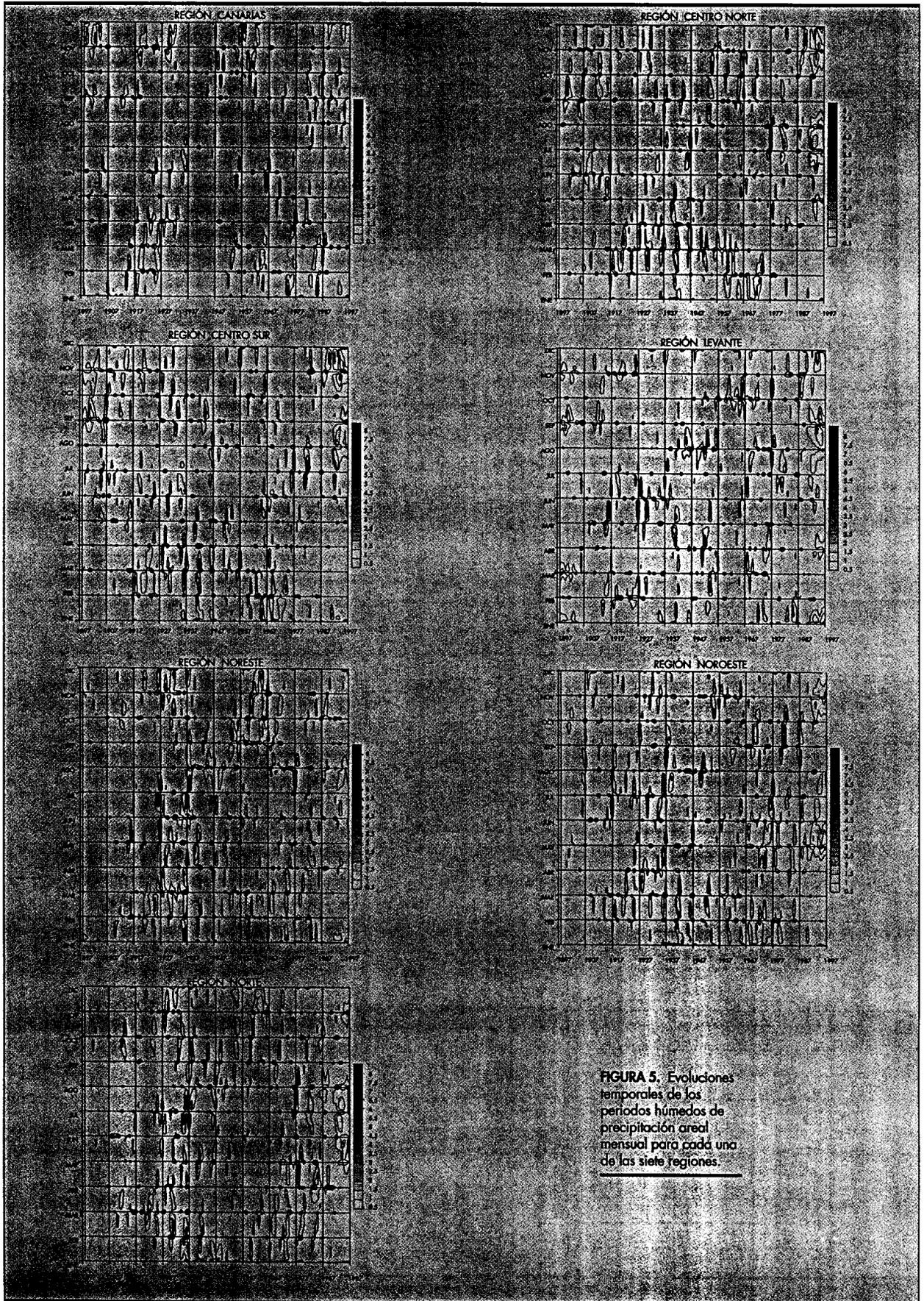


FIGURA 5. Evoluciones temporales de los periodos húmedos de precipitación areal mensual para cada una de las siete regiones.

1915 por su importante déficit pluviométrico, en la región Norte ese déficit se registra entre 1870-1890 y en Barcelona, entre 1880-1900. Atendiendo a otros periodos anómalos se observa que la zona Noroeste revela un comportamiento similar a Barcelona, y Levante a la zona Centro Norte. Para encontrar anomalías comunes a todas las regiones es necesario rebajar el umbral de anomalía, considerando como tal aquella precipitación normalizada que diste del valor medio en más de 0,2 unidades. Bajo este criterio se observa un periodo de déficit común a todas las estaciones comprendido entre 1930 y 1955. Por lo que respecta a la anomalía positiva común a todas, sólo se detecta una comprendida entre los meses de Junio y Julio de 1968. Así pues, a groso modo, se encuentra para las series individuales un comportamiento parecido al de las series areales para el periodo de 100 años. Las diferencias en el acotamiento de los periodos secos y húmedos, no coincidentes del todo, se deben a que en el nuevo periodo se considera la información de unos 38 años más hacia el pasado, con lo que periodos secos o húmedos del intervalo de 100 años pueden haber pasado a ser periodos normales para el periodo de 140 años.

El análisis de tendencias revela un comportamiento similar en todas las series analizadas. Todas las regiones están caracterizadas por un mínimo secular en la tendencia acumulada hacia finales de los años 40, precedido de un notable decrecimiento que se inicia hacia 1920. Desde este mínimo, en todas ellas se tiende hacia una pendiente prácticamente nula, no observándose por lo tanto la existencia a priori de ningún tipo de tendencia importante. La representación de la media móvil de las series de precipitación corrobora los resultados obtenidos mediante el análisis de tendencias acumuladas.

6. CONCLUSIONES

El presente estudio ha permitido caracterizar regionalmente la precipitación en España durante los últimos 100 años. Los resultados más importantes a los que se ha llegado han sido los siguientes:

- Las series regionales de precipitación anual calculadas para el periodo 1897/98-1997/98 no muestran la existencia de tendencias importantes y tampoco de la existencia de desplazamientos estacionales.
- Esas mismas series regionales muestran correlaciones bastante bajas entre sí, resultado de la compleja orografía y del carácter de la pluviometría española.
- Los periodos más secos comunes son, a groso modo, 1897-1907 y primera mitad del año para 1987-1997. Mientras los periodos más húmedos comunes comprenden los años 20 y 30 del siglo XX y la segunda mitad del año para 1993-1997.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al convenio de colaboración entre el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Ministerio de Fomento) y la *Fundació Bosch i Gimpera* (Universidad de Barcelona) (Proyecto 3930) y al proyecto CICYT RAMSHES (REN2002-04584-C04). Nuestro agradecimiento también a los Sres. Javier Álvarez Rodríguez, Manuel Menéndez Prieto y Luis Quintas Ripoll del CEH del CEDEX por su ayuda y colaboración en la elaboración del presente artículo.

8. BIBLIOGRAFÍA

Barriendos, M., Llasat, M. C. y Rodríguez, R. (1998): "Frequency of heavy rains and floods in northeast Spain since the 15th century" en *The Second International Conference on Climate and Water*, Finland, pp. 391-399.

Barriendos, M. y M. C. Llasat (2003): "The case of the 'Maldá' Anomaly in the Western Mediterranean basin (AD 1760-1800): An example of a strong climatic variability". *Climatic Change*, 61(1), pp. 191-216.

Benito, G., A. Díez-Herrero, M. Fernández de Villalta (2003): "Magnitude and Frequency of flooding in the Tagus Basin (central Spain) over the last millennium". *Climatic Change*, 58, pp. 171-192.

Capel Molina, J. J. (1981): *Los climas de España*. Oikos-Tau, Barcelona, 429 pp.

Capó, E., M. C. Llasat y L. Quintas (1999): "Caracterización pluviométrica espacio-temporal de España dentro del proyecto AMHY/FRIEND". En *La Climatología Española en los albores del siglo XXI*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, serie A, no. 1, pp. 123-129.

CEDEX (2003): *Módulo de estadística aplicada a la Hidrología*. Apuntes del Máster de Hidrología Superficial. Publicación interna, 140 pp.

Dooge, J. y Kuusisto, E. (1998): *Report of The Second International Conference on Climate and Water*, Finland, 48 pp.

Esteban-Parra, M. J., F. S. Rodrigo y Y. Castro-Díez (1998): "Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880-1992". *International Journal of Climatology*, 18, pp. 1557-1574.

Ganoulis, J., Vafiadis, M. y Patrikas, I. (1998): "Influence of atmospheric circulation classification schemes on local precipitation under climate change" en *The Second International Conference on Climate and Water*, Finland, pp. 56-65.

IPCC (2001): *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 398 pp.

Llasat, M.C., Barriendos, M., Barrera, A. & Rigo, T. (2003a): "Climatological analysis of flood frequency in Ter, Llobregat and Segre basins from 14th to 20th centuries" in V.R. Thorndycraft, G. Benito, M. Barriendos & M.C. Llasat (eds.): *Palaeofloods, Historical Floods & Climatic Variability: Applications in Flood Risk Assessment* (Proceedings of the PHEFRA Workshop, Barcelona, Spain, 16-19th October, 2002), CSIC, Madrid, pp. 275-280.

Llasat, M.C y L. Quintas (2003b): "Stationarity of monthly rainfall series since the middle of the 19th century. Application to the case of Peninsular Spain". *Natural Hazards*, nº 00, pp. 1-10.

Martín Vide, J. y J. Olcina Cantos (2001): *Climas y tiempos de España*. Historia y Geografía. Alianza Editorial, Madrid, 258 pp.

Ministerio de Medio Ambiente (1998): *Libro Blanco del Agua en España*, Madrid, 855 pp.

Omar Abel, L. (1998): "Invariability of the annual maximum of daily rainfall in a region under a rainfall climate change" en *The Second International Conference on Climate and Water*, Finland, pp. 362-368.

Rodríguez, R., M.C. Llasat y D. Wheeler (1999): "Analysis of the Barcelona precipitation series". *International Journal of Climatology*, 19, pp. 787-801.

Romero, R., J. A. Guijarro, C. Ramis y S. Alonso (1998): "A 30 year (1964-1993) daily rainfall data base for the Spanish Mediterranean regions: First exploratory study". *International Journal of Climatology*, 18, pp. 541-560.

Stepánek, P. (2003): AnClim - software for time series analysis. Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, MU, Brno. 1.47 MB.

WMO (2000): *Detecting trends and others changes in hydrological data*. WCDMP-45, WMO/TD-No. 1013, Geneva, Switzerland, 157 pp.