

COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LA NUBOSIDAD EN LA ESPAÑA PENINSULAR DESDE EL ÚLTIMO TERCIO DEL SIGLO XIX (1865-2007)

Josep CALBÓ¹, Arturo SÁNCHEZ-LORENZO^{2,3},
Elena GUINALDO¹, Javier MARTÍN-VIDE³

¹ *Grup de Física Ambiental, Departament de Física, Universitat de Girona*

² *Institute for Atmospheric and Climate Science, ETH Zurich*

³ *Grup de Climatologia, Universitat de Barcelona*

josep.calbo@udg.edu, asanchezlorenzo@ub.edu, jmartinvide@ub.edu, eguinaga@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta una base de datos de observaciones nefológicas para la España peninsular desde el último tercio del siglo XIX hasta la actualidad. El análisis se centra en el llamado parámetro de nubosidad, un valor mensual que se calcula a partir del número de días cubiertos y despejados, y que se correlaciona muy bien con la nubosidad total media mensual. Después de una evaluación de la homogeneidad de las series individuales, se han generado series de nubosidad medias a escalas anual y estacional para el conjunto peninsular y diferentes regiones. La evolución temporal muestra una tendencia general al aumento desde sus inicios hasta la década de los años 1960, momento a partir del cual la tendencia se invierte. Estos resultados se debaten en base a cambios en la circulación atmosférica.

Palabras clave: Nubosidad, España peninsular, Parámetro de nubosidad, Tendencias, Circulación atmosférica.

ABSTRACT

This work shows a database of cloudiness observations in peninsular Spain since the latter third of 19th century to present times. Analyses have been performed on the so-called cloudiness parameter, a monthly value that is calculated from the number of cloudless and overcast days. This parameter is highly correlated with the monthly mean of total cloud cover. After assessing the homogeneity of the single series, mean series for the whole area and for several regions within have been built. These series have annual and seasonal resolution. Temporal evolution of these series shows a general trend to increasing cloudiness from the beginning of the series until the 1960s; at this point, the trend becomes negative. These results are related with changes in the atmospheric circulation patterns.

Key words: Cloudiness, Peninsular Spain, Cloudiness parameter, Trends, Atmospheric circulation.

1. INTRODUCCIÓN

La respuesta de la nubosidad al cambio climático contemporáneo, provocado por el aumento de gases de efecto invernadero, sigue siendo la mayor fuente de incertidumbre presente en las

predicciones de la sensibilidad climática realizadas mediante modelos (RANDALL *et al.*, 2007). Por consiguiente, el conocimiento de las variaciones pasadas de la nubosidad puede contribuir significativamente a mejorar la comprensión de la respuesta de la nubosidad al cambio climático, y a cuantificar correctamente el forzamiento radiativo de los gases de efecto invernadero. Por este motivo, CALBÓ *et al.* (2008) y SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2009) presentaron diversos aspectos climatológicos y la evolución temporal de la nubosidad en la Península Ibérica (PI) para el período 1961-2004. En estos trabajos, que concluían que en ese período la nubosidad tendió a disminuir, se apuntaba el interés de extender el análisis hacia el pasado.

Para España o para la PI, son escasos los trabajos relacionados con la evolución de la nubosidad en el pasado, a diferencia de lo que ocurre con estudios de otras variables, como la temperatura o la precipitación. Es cierto que la nubosidad no es una variable que se mida instrumentalmente, sino que se observa visualmente (al menos, así se ha hecho en el pasado). Ello obliga a una cierta precaución a la hora de analizar los datos correspondientes. No obstante, el uso de técnicas de homogeneización, así como el análisis de variables más robustas (como el parámetro de nubosidad que aquí se usa), pueden hacer viable un estudio de esta índole. Aunque no se focalice la atención en la evolución temporal, cabe destacar algunos trabajos previos sobre la climatología de la nubosidad en la PI. Por ejemplo, CAPEL MOLINA (1981) muestra el mapa de nubosidad media para el período 1931-1960, mientras que en el trabajo de CALBÓ y SANCHEZ-LORENZO (2009) se evalúan las diferencias entre las climatologías de la nubosidad extraídas de diferentes fuentes.

Para otras áreas de Europa y del mundo sí existen varios trabajos sobre la evolución temporal de la nubosidad. La mayor parte de los mismos apuntan a un aumento generalizado de la nubosidad en el transcurso del siglo XX (ver revisión en PALLÉ y BUTLER, 2002). Con todo, el último informe del IPCC también constata la existencia de tendencias opuestas en algunas áreas del planeta, especialmente si los análisis cubren periodos desde la mitad del siglo pasado (TRENBERTH *et al.*, 2007).

En el presente trabajo se muestra un análisis de una base de datos de observaciones nefológicas de la España peninsular desde 1865 hasta 2007. El análisis se ha llevado a cabo después de un importante esfuerzo de recolección y digitalización de datos, y se centra en el ya mencionado parámetro de nubosidad.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

2.1. Origen de los datos, formato y digitalización

En el marco del proyecto NUCLIEREX (<http://copernic.udg.es/gfa/nuclierex/>) se han recopilado series de nubosidad de 39 localidades de la España peninsular (Fig.1a), con un mínimo de 95 años durante el periodo 1865-2007 (Fig.1b, Tabla 1). Para la mayor parte de las localidades se han generado series compuestas a partir de dos o más series derivadas de diferentes emplazamientos de los observatorios existentes en el lugar. Para cubrir el período 1865-1960 se han digitalizado las series mensuales de días despejados, nubosos y cubiertos contenidas en las publicaciones periódicas denominadas “Resumen de las observaciones meteorológicas efectuadas en la Península” (1865-1950) y “Boletín Mensual Climatológico” (1951-1960). A partir de 1961 se ha contado con series diarias en formato digital suministradas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMet), y que contienen 3

observaciones diarias de la nubosidad total expresadas en octas. Estas últimas series han sido analizadas por CALBÓ *et al.* (2008) y SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2009) para el periodo 1961-2004. A partir de esas series diarias se han calculado las series mensuales de días despejados (media diaria de nubosidad inferior a 1,5 octas), nubosos (entre 1,5 y 6,5 octas) y cubiertos (superior a 6,5 octas).

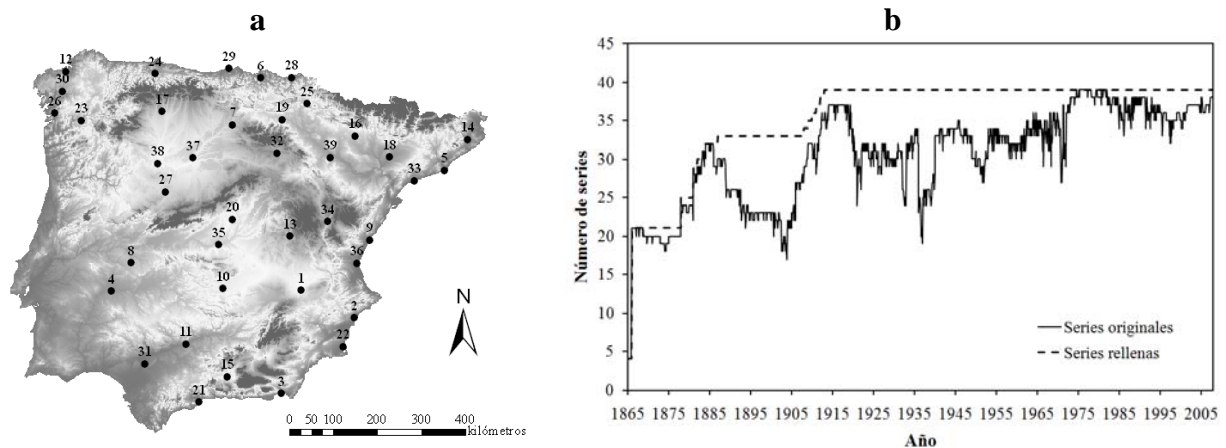


Fig. 1: a) Localización de los 39 observatorios analizados y b) evolución temporal de la registros mensuales disponibles durante el periodo 1865-2007.

2.2. Parámetro de nubosidad

Debido al formato de las variables disponibles para el periodo 1865-1960, se ha calculado el parámetro de nubosidad (PN) (BIEL, 1963; CAPEL MOLINA, 1981) en base mensual. Dicho parámetro utiliza para su formulación el número de días despejados y cubiertos, que son las situaciones en las que existen menores incertidumbres en la definición del estado del cielo por parte de los observadores. Para comprobar que el PN es un buen estimador de la nubosidad total media, para el periodo 1961-2004 se han comparado los valores de nubosidad total en octas (CALBÓ *et al.*, 2008) y el estimado por el PN. El conjunto de datos de las 39 series del PN muestra una elevada y significativa correlación con los valores correspondientes de las series de nubosidad total (Fig. 2a). Igualmente, tampoco se observan diferencias en la serie media de anomalías anuales de las 39 series a lo largo del periodo de estudio (Fig. 2b). Los resultados a resolución estacional son similares (no mostrados).

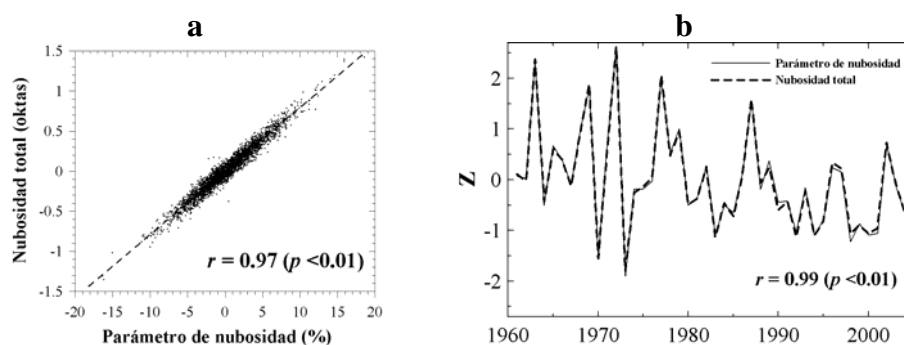


Fig. 2: Comparación entre la nubosidad total (oktas) y el PN. Los valores son anomalías respecto al período 1971-2000. (a) Diagrama de dispersión; (b) Evolución temporal de la media anual para el conjunto de la España peninsular.

ID	Localidad	Longitud (°)	Latitud (°)	Periodo	Huecos (%)	Región
1	Albacete	-1.86	38.95	1866-2007	7.7	CS
2	Alicante	-0.49	38.37	1866-2007	0.9	CS
3	Almería	-2.39	36.84	1884-2007	20.0	CS
4	Badajoz	-6.83	38.88	1886-2007	2.6	CO
5	Barcelona	2.08	41.30	1886-2007	0.5	NE
6	Bilbao	-2.91	43.30	1886-2007	27.3	N
7	Burgos	-3.70	42.34	1886-2007	11.6	CO
8	Cáceres	-6.34	39.47	1882-2007	17.3	CO
9	Castellón	-0.02	39.95	1911-2007	10.0	CS
10	Ciudad Real	-3.92	38.99	1866-2007	20.2	CS
11	Córdoba	-4.85	37.84	1912-2007	9.2	CS
12	Coruña, La	-8.38	43.30	1866-2007	1.9	CO
13	Cuenca	-2.14	40.07	1908-2007	14.3	CS
14	Gerona	2.76	41.90	1884-2007	29.2	NE
15	Granada	-3.78	37.19	1866-2007	13.8	CS
16	Huesca	-0.33	42.08	1866-2007	20.7	CO
17	León	-5.65	42.59	1866-2007	28.6	CO
18	Lérida	0.60	41.63	1881-2007	46.0	NE
19	Logroño	-2.33	42.45	1881-2007	21.7	N
20	Madrid	-3.68	40.41	1866-2007	2.3	CO
21	Málaga	-4.49	36.67	1878-2007	6.6	CS
22	Murcia	-0.80	37.79	1865-2007	7.1	CS
23	Orense	-7.86	42.33	1887-2007	40.8	CO
24	Oviedo	-5.87	43.35	1865-2007	22.4	N
25	Pamplona	-1.64	42.77	1881-2007	7.3	N
26	Pontevedra	-8.62	42.44	1881-2007	21.0	CO
27	Salamanca	-5.50	40.95	1866-2007	2.3	CO
28	San Sebastián	-2.04	43.31	1878-2007	21.6	N
29	Santander	-3.80	43.49	1878-2007	14.8	N
30	Santiago de Compostela	-8.43	42.90	1865-2007	8.4	CO
31	Sevilla	-5.90	37.42	1866-2007	3.3	CS
32	Soria	-2.47	41.77	1866-2007	11.4	CO
33	Tarragona	1.24	41.12	1913-2007	16.7	NE
34	Teruel	-1.12	40.35	1878-2007	25.5	CS
35	Toledo	-4.05	39.88	1909-2007	3.2	CS
36	Valencia	-0.38	39.48	1865-2007	2.6	CS
37	Valladolid	-4.77	41.65	1866-2007	0.9	CO
38	Zamora	-5.73	41.52	1910-2007	19.9	CO
39	Zaragoza	-1.01	41.66	1866-2007	8.7	NE

Tabla 1: DETALLE DE LAS 39 SERIES DE NUBOSIDAD ANALIZADAS

2.3. Homogeneización y relleno

Para evaluar la homogeneidad de las series mensuales del PN se ha aplicado el *Standard Normal Homogeneity Test* (SNHT, ALEXANDERSSON y MOBERG, 1997) mediante el programa AnClim (Version 4.98, STEPÁNEK, 2006). La homogeneidad de cada una de las 39 series originales se ha evaluado respecto a una serie de referencia, construida a partir de la media aritmética sin ponderar de las 10 series de anomalías mejor correlacionadas durante el periodo 1961-2004, período para el cual se dispone de una base de datos completa y de mayor fiabilidad. Sólo 8 series (20,5% del total) han resultado completamente homogéneas, y en el resto se han detectado inhomogeneidades, que han tenido que ser ajustadas.

A posteriori se han rellenado, a partir de regresiones lineales, los huecos existentes desde el inicio de cada una de las series. Para el relleno de cada una de las series durante el periodo 1865-1960 se ha empleado la serie de referencia construida anteriormente. Los huecos posteriores a 1961 se han completado con la serie mejor correlacionada (SANCHEZ-LORENZO *et al.*, 2009). En la Tabla 1 se detalla el % de huecos rellenados para cada una de las 39 series. Igualmente, en la Fig.1b se observa cómo la base de datos rellena dispone de más del 50% de las series utilizables desde 1866, y el 100% desde 1913. Para los análisis posteriores se ha descartado el año 1865, cuando sólo 4 series presentan datos.

2.4. Regionalización y series medias

Para estudiar las tendencias a nivel regional en la España peninsular, se ha procedido a una regionalización única basada en un análisis en componentes principales (PCA) en ‘modo S’ (SANCHEZ-LORENZO *et al.*, 2007). El análisis se ha limitado al periodo 1913-2007 para el cual todas las series están disponibles. Así, se ha partido de una matriz donde las 39 series son las variables a resumir y las anomalías (respecto al periodo 1971-2000) mensuales son los casos. Se han retenido y rotado (método Varimax) 4 componentes (o *Empirical Orthogonal Functions*, EOF) que explican más del 71% de la varianza total. La representación espacial de las cargas factoriales obtenidas de cada serie en cada uno de los EOF definen las siguientes regiones (Fig. 3): (1) el centro-sur (CS, 24,3% de la varianza total), (2) el centro-oeste (CO, 24,2%), (3) el norte o franja cantábrica (N, 13,3%), y (4) el sector nororiental (NE, 9,7%). Cada serie ha sido asignada a la región donde presentaba la mayor carga factorial (Tabla 1), siendo 14 el número de series comprendidas en las regiones CS y NO, 6 en la N y 5 en la NE.

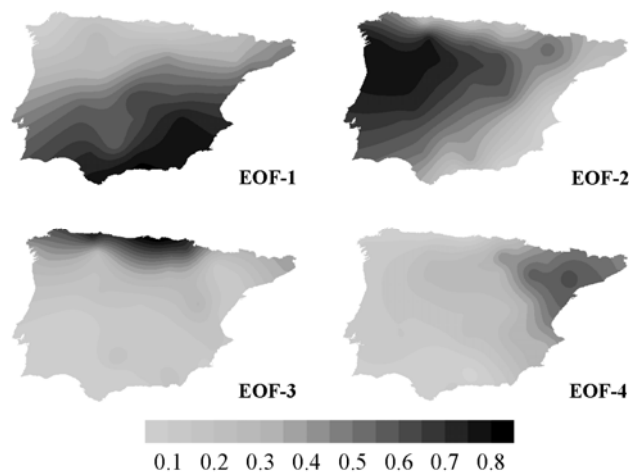


Fig. 3: Distribución espacial de las cargas factoriales de cada uno de los 4 EOF rotados obtenidos con el PCA aplicado a las series mensuales del PN (periodo 1917-2007).

Por otra parte, se han calculado las series de anomalías (respecto al periodo 1971-2000) anuales y estacionales para cada una de las 39 series. Las estaciones se han definido como: invierno (DEF), primavera (MAM), verano (JJA) y otoño (SON). A continuación, se han promediado las series disponibles para el conjunto de la España peninsular y cada una de las regiones para el periodo 1866-2007 y 1913-2007, respectivamente. A estas series medias se les ha aplicado un filtro gaussiano de paso bajo de 23 términos. Igualmente, se han calculado las tendencias lineales para diferentes periodos (Tablas 2 y 3), y se ha evaluado su

significación ($p \leq 0.05$) a partir del estadístico no paramétrico del coeficiente de correlación de Spearman (Rho).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Tendencias de la nubosidad en la España peninsular

En la Fig. 4 se muestra la evolución temporal de la nubosidad media en la España peninsular, estimada mediante el PN, para el periodo 1866-2007 y en base anual y estacional. Destaca claramente la tendencia ascendente de la nubosidad en todas las series, siendo estadísticamente significativa para todo el periodo analizado (Tabla 2).

A resolución anual se aprecia un aumento de la nubosidad hasta mediados del siglo XX, con un posterior descenso hasta la actualidad. No obstante, hay que destacar que la tendencia ascendente de la nubosidad desde mediados del siglo XIX se ve interrumpida por varios, pero cortos, periodos de estabilización o descenso de la nubosidad, como por ejemplo los ocurridos durante las décadas de los años 20 y 40. Con todo, la tendencia es positiva y significativa si se limita el análisis al periodo 1913-2007, que posee una primera (segunda) etapa de aumento (descenso) significativo entre 1913-1960 (1961-2007).

Del resto de series estacionales, y limitados al periodo 1913-2007, del cual poseemos una mayor confianza, destaca un comportamiento que a grandes rasgos concuerda con el descrito en la serie anual, aunque la tendencia es sólo positiva y significativa durante el verano, el cual igualmente presenta un primer periodo de aumento (descenso) significativo hasta (desde) mediados del siglo XX.

A nivel regional nos limitaremos a detallar los resultados obtenidos a escala anual para el periodo 1913-2007 (Fig. 5, Tabla 3). La Fig. 5 muestra la evolución temporal de las 4 series, donde se reflejan los mismos aspectos generales detallados en la serie conjunta de toda la España peninsular. Aun así, son las regiones CS y NE las que presentan una mayor similitud con dicha serie media, con tendencias significativas y positivas (negativas) para el conjunto del periodo 1913-2007 y subperiodo 1913-1960 (subperiodo 1961-2007). Con todo, es la serie anual de la región NE la que presenta una mayor tasa de aumento durante el conjunto del periodo analizado, aspecto que concuerda con el claro aumento en la nubosidad total desde principios del siglo XX detectado anteriormente en diferentes puntos de esta región (SÁNCHEZ-LORENZO *et al.*, 2006; CURTO *et al.*, 2009).

	1866-2007	1913-2007	1913-1960	1961-2007
Anual	+0.45	+0.24	+0.89	-0.92
Invierno	+0.41	+	+	-
Primavera	+0.48	+	+	-1.30
Verano	+0.56	+0.30	+1.30	-0.79
Otoño	+0.40	+	+	-

Tabla 2: TENDENCIAS DECADEALES (%/DÉCADA) ANUALES Y ESTACIONALES DEL PARÁMETRO DE NUBOSIDAD EN LA ESPAÑA PENINSULAR. PARA VALORES NO SIGNIFICATIVOS SÓLO SE PRESENTA EL SIGNO DE LAS TENDENCIAS

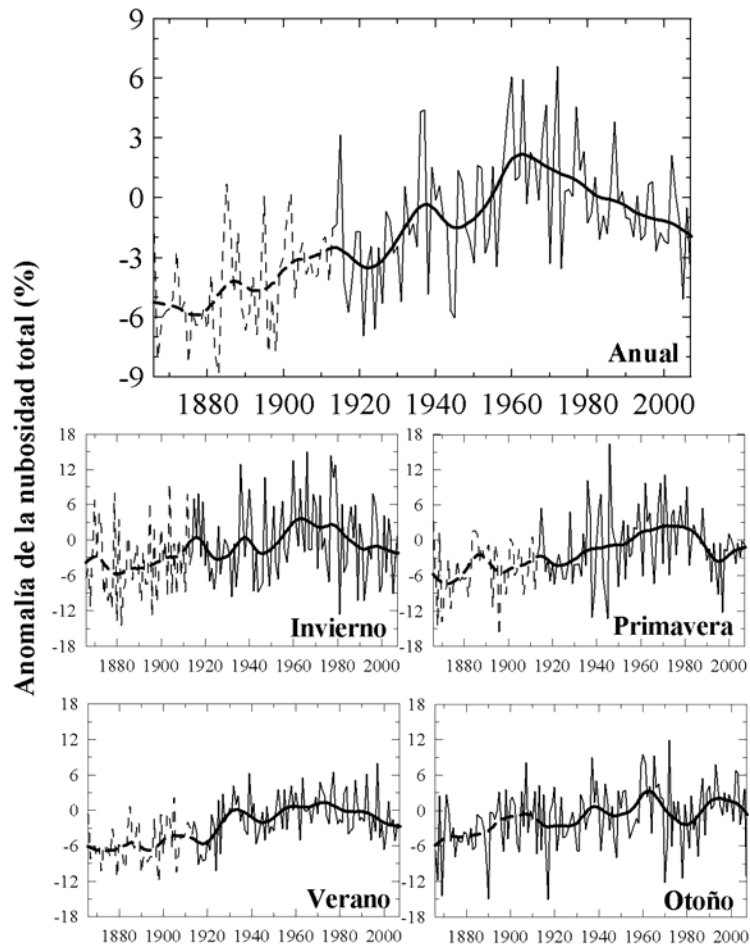


Fig. 4: Evolución de la nubosidad para el conjunto de la España peninsular (1866-2007). La línea fina indica el valor de la anomalía, y la gruesa el valor una vez aplicado el filtro de paso bajo. Se han utilizado líneas discontinuas para los valores anteriores a 1913.

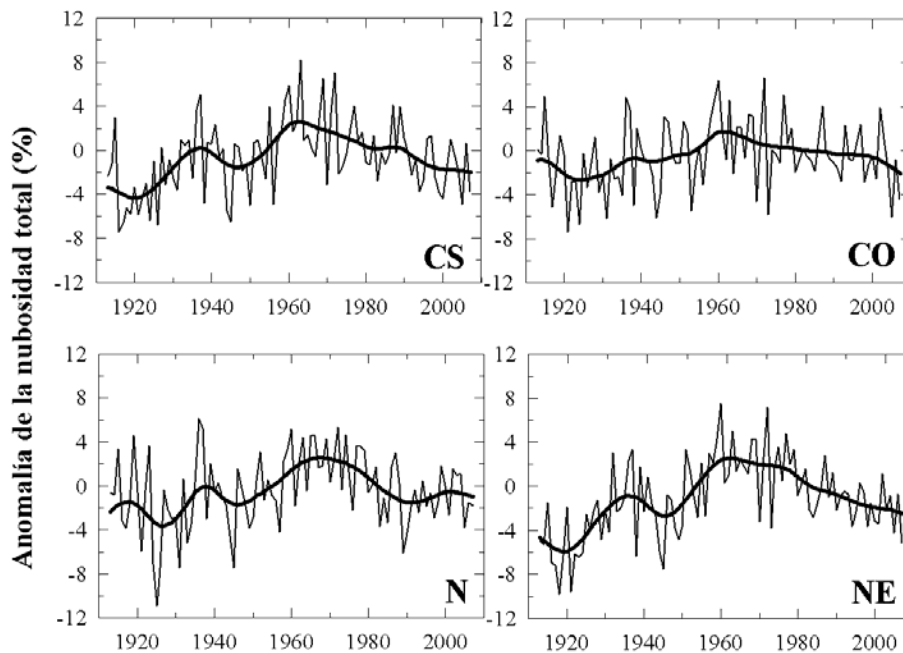


Fig. 5: Ídem que Fig. 3, pero de las series anuales de las regiones en el periodo 1913-2007.

Región	1913-2007	1913-1960	1961-2007
Región CS	+0.27	+1.11	-1.12
Región CO	+	+	-0.60
Región N	+	+	-0.97
Región NE	+0.44	+1.64	-1.23

Tabla 3: ÍDEM TABLA 2, PERO PARA LAS SERIES ANUALES DE LAS 4 REGIONES

3.2. Relación con la circulación atmosférica y temperatura superficial del mar

Con el objetivo de relacionar las tendencias observadas en la nubosidad en la España peninsular con la dinámica atmosférica y oceánica, se ha ensayado un análisis de correlaciones canónicas (CCA) entre las 39 series anuales del PN durante el periodo 1913-2007 y el campo de presión atmosférica en superficie (SLP) y la temperatura de la superficie del mar (SST). El campo anual de SLP se ha extraído del *Hadley Centre Sea Level Pressure dataset* (HadSLP2), que dispone de registros mensuales de $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ de resolución espacial (ALLAN y ASEN, 2006). La SST se ha obtenido de la *NOAA Extended Reconstructed SST V3* (SMITH *et al.*, 2008), que proporciona registros mensuales a una resolución espacial de $2^{\circ} \times 2^{\circ}$. Para las dos variables se han extraído los valores de las celdas comprendidas entre los $100^{\circ}W$ y $40^{\circ}E$ de longitud, y entre $0^{\circ}N$ y $70^{\circ}N$ de latitud.

A cada una de las 39 series anuales del PN y celdas de los predictores (SLP y SST) se le ha abstraído la tendencia lineal, así como estandarizado, siguiendo las recomendaciones de DELLA-MARTA *et al.* (2007). Posteriormente a cada uno de los grupos de datos se les ha aplicado un PCA y a continuación se ha aplicado el CCA siguiendo los criterios definidos por LOLIS (2009). Se han obtenido 3 pares canónicos significativos.

Por razón de espacio, de los resultados obtenidos se detallan los correspondientes al primer par canónico (Fig. 6, 40% de la varianza común). Con todo, los otros dos pares canónicos responden a cambios más locales del PN en la España peninsular. Dicho par evidencia que la variabilidad interanual de la nubosidad anual en la mayor parte de la España peninsular (Fig. 6c) responde principalmente a un patrón de circulación atmosférica (Fig. 6a), constituido por un dipolo con un centro de acción al noroeste de la PI, sobre el océano Atlántico, y otro sobre el norte de los países escandinavos. Las fases positivas (negativas) de este patrón están caracterizadas por bajas (altas) presiones sobre la PI (norte de los países escandinavos), y que estaría asociado a anomalías positivas (negativas) de la nubosidad en buena parte de la PI. El campo de SST (Fig. 6b) evidencia una posible respuesta a los cambios en la SLP. Las series temporales del primer par canónico (Fig. 6d) muestran una correlación significativa ($r = 0.64$, $p < 0.01$). Durante el periodo analizado se aprecia una tendencia al aumento (disminución) de las fases positivas (negativas) del patrón hasta (desde) los años 60. Así, estos cambios en la circulación atmosférica durante parte del siglo XX podrían explicar las tendencias detectadas de la nubosidad en la España peninsular.

Así pues, a pesar de que existe un debate sobre posibles relaciones entre la nubosidad y los ciclos y tendencias de la actividad solar, bien de forma directa o bien a través de un posible impacto de la actividad solar en la dinámica atmosférica (p. ej. PALLÉ y BUTLER, 2002), parece confirmarse que en la España peninsular la principal causa de las tendencias detectadas está ligada a cambios en la circulación atmosférica, aunque no puede descartarse otros factores no considerados en el presente estudio.

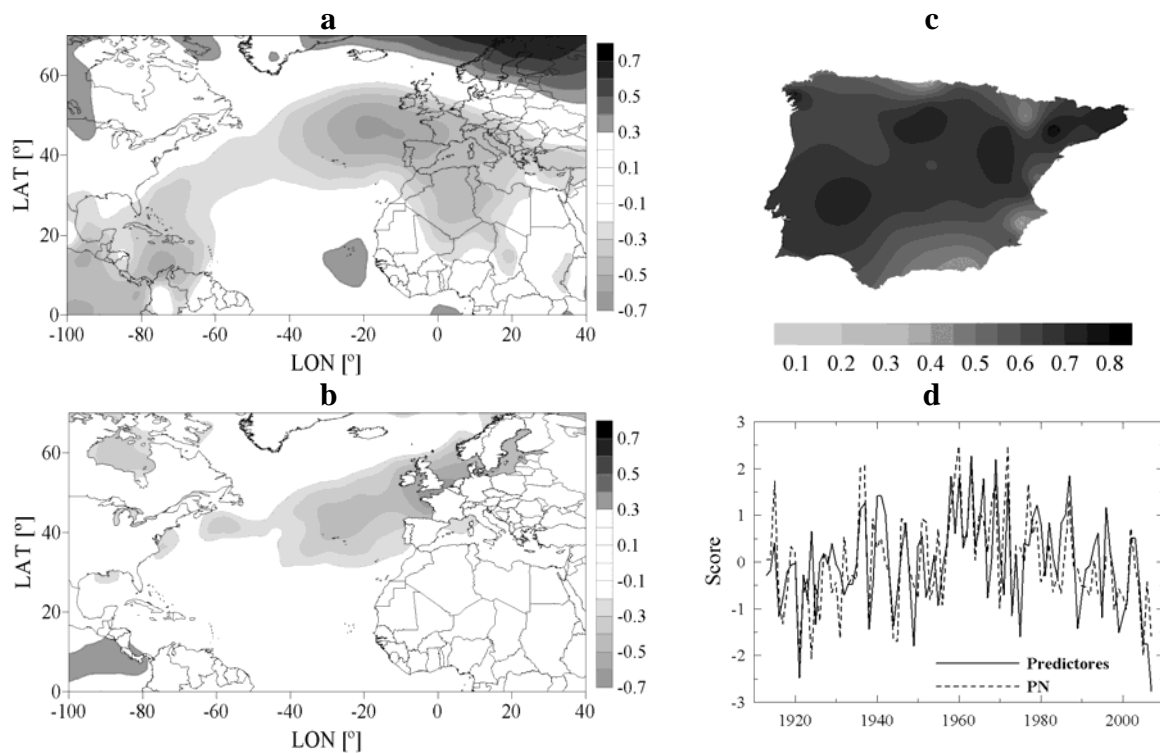


Fig. 6: Patrones espaciales, expresados como coeficientes de correlación, del primer par canónico entre los predictores SLP (a) y SST (b) y series del PN (c) a resolución anual. (d) Series temporales normalizadas del primer par canónico.

4. CONCLUSIONES

El análisis de 142 años de observaciones de nubosidad tomadas desde 39 localidades de la España peninsular ha mostrado que la nubosidad ha presentado tendencias remarcables. Así, para todo el período y para el conjunto de las series, la nubosidad ha aumentado más de un 6%. Este aumento total es el resultado de una tendencia muy positiva antes de los años 1960, mientras que a partir de esa fecha la nubosidad tiende a disminuir (lo ha hecho alrededor de un 4%). Estos cambios son en buena parte debidos a lo que ocurre en verano y primavera, y se destacan más en las regiones centro-sur y nororiental. Además, las tendencias de la nubosidad parecen asociarse a variaciones en la circulación atmosférica. Concretamente, a un patrón constituido por un dipolo con un centro de acción al noroeste de la PI y otro al norte de los países escandinavos. Este patrón ha mostrado una tendencia al aumento de las fases positivas hasta los años 1960, para invertirse en los decenios más próximos al presente.

5. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación, a través del proyecto NUCLIEREX (CGL 2007 – 62664/CLI) y por la Generalitat de Catalunya, mediante una beca postdoctoral Beatriu de Pinós (2009 BP-A 00035) que disfruta el segundo autor. Igualmente, el trabajo se encuadra en los objetivos del Grup de Climatologia (2009 SGR 443) y del Grup de Física Ambiental (2009 SGR 213). Una parte de los datos han sido proporcionados directamente por la AEMet, o digitalizados desde los boletines mensuales consultados desde su Centro Territorial de Cataluña.

6. REFERENCIAS

- ALEXANDERSSON, H. y MOBERG, A. (1997). "Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends". *Int. J. Climatol.*, 13, 191-201.
- ALLAN, R.J. y ANSELL, T.J. (2006). "A new globally complete monthly historical mean sea level pressure data set (HadSLP2): 1850-2004". *J. Climate*, 19, 5816-5842.
- BIEL, A. (1963). "Nubosidad e insolación". *Boletín Mensual Climatológico*, julio, Servicio Meteorológico Nacional, Madrid, 2-9.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1981). *El clima de la península Ibérica*. Editorial Ariel, colección Ariel Geografía. Barcelona, 281 pp.
- CALBÓ, J. y SANCHEZ-LORENZO, A. (2009). "Cloudiness climatology in the Iberian Peninsula from three global gridded datasets (ISCCP, CRU TS 2.1, ERA-40)". *Theor. Appl. Climatol.*, 96, 105-115.
- CALBÓ, J.; SÁNCHEZ-LORENZO, A.; MARTÍN-VIDE, J. y BRUNETTI, M. (2008). Aspectos climatológicos y evolución temporal de la nubosidad en la Península Ibérica (1961-2004). En: SIGRÓ, J. et al. (Eds): *Cambio Climático Regional y sus Impactos*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 6, pp. 57-67.
- CURTO, J.; ALSO, E.; PALLÉ, E. y SOLÉ, G. (2009). "Sunshine and synoptic cloud observations at Ebro Observatory, 1910-2006". *Int. J. Climatol.*, 29, 2183-2190.
- DELLA-MARTA, P.M., et al. (2007). "Summer heat waves over western Europe 1880–2003, their relationship to large-scale forcings and predictability". *Clim. Dyn.*, 29, 251–275.
- LOLIS, C. (2009). "Winter cloudiness variability in the Mediterranean region and its connection to atmospheric circulation features". *Theor. Appl. Climatol.*, 96, 357-373.
- PALLÉ, E. y BUTLER, C.J. (2002). "The proposed connection between clouds and cosmic rays: cloud behaviour during the past 50–120 years". *J. Atm. Sol.-Ter. Phys.*, 64, 327–337.
- RANDALL, D.A., et al (2007). *Climate Models and Their Evaluation*. En: SOLOMON, S., et al. (Eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pp. 589-662.
- SANCHEZ-LORENZO, A.; CALBÓ, J.; MARTÍN-VIDE, J.; PROHOM, M. y LLACH, M. (2006). Evolución temporal de la nubosidad en el sector costero catalán desde principios del siglo XX. En CUADRAT PRATS, J.M., et al. (Eds.). *Clima, sociedad y medio ambiente*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 5, 75-86.
- SANCHEZ-LORENZO, A.; BRUNETTI, M.; CALBÓ, J. y MARTIN-VIDE J. (2007). "Recent spatial and temporal variability and trends of sunshine duration over the Iberian Peninsula from a homogenized dataset". *J. Geophys. Res.*, 112, doi:10.1029/2007JD008677.
- SANCHEZ-LORENZO, A.; CALBÓ, J.; BRUNETTI, M. and DESER, C. (2009). "Dimming/brightening over the Iberian Peninsula: Trends in sunshine duration and cloud cover, and their relations with atmospheric circulation". *J. Geophys. Res.*, 114, doi:10.1029/2008JD011394.
- SMITH, T.M., et al. (2008). "Improvements to NOAA's Historical Merged Land–Ocean Surface Temperature Analysis (1880–2006)". *J. Climate*, 21, 2283-2296.
- STEPÁNEK, P. (2006). AnClim-software for time series analysis. Dept. of Geography, Fac. of Sciences, Masaryk University, Brno, 1.6 MB. <http://www.climahom.eu/>
- TRENBERTH, K.E., et al. (2007). *Observations: Surface and Atmospheric Climate Change*. En: SOLOMON, S., et al. (Eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y Nueva York, USA, 102 pp.