ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS Y EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA NUBOSIDAD EN LA PENÍNSULA IBÉRICA (1961-2004)

Josep CALBÓ[1], Arturo SÁNCHEZ-LORENZO[2], Javier MARTÍN-VIDE[2], Michele BRUNETTI[3]

[1] *Grup de Física Ambiental, Dept. de Física i Institut de Medi Ambient, Universitat de Girona*

[2] *Grup Climatologia, Universitat de Barcelona*

[3] *Institute of Atmospheric Sciences and Climate, Bologna*

josep.calbo@udg.edu, asanchezlorenzo@ub.edu, jmartinvide@ub.edu, m.brunetti@isac.cnr.it

RESUMEN

En la esta comunicación se presentan las características climatológicas y las tendencias de la nubosidad en la Península Ibérica (PI) durante el periodo 1961-2004 a partir de 69 series de observaciones convencionales desde superficie. La nubosidad en la PI presenta valores medios anuales comprendidos entre 5.4 y 3.0 octas con un marcado gradiente latitudinal. Estacionalmente el máximo de nubosidad se alcanza en primavera o invierno, mientras que el mínimo es claramente estival. Para cada una de las variables analizadas se ha generado una malla con una resolución espacial de 1º×1º de latitud y longitud. Considerando la nubosidad total, a resolución anual la serie conjunta para el territorio peninsular muestra una tendencia significativa claramente descendente durante el período analizado. Se manifiestan importantes diferencias estacionales, destacando la primavera con una tendencia descendente estadísticamente significativa. Considerando la frecuencia de días despejados y cubiertos, los resultados muestran tendencias ascendentes por lo general no significativas para los primeros, mientras que para los segundos las tendencias son descendentes y significativas, excepto en otoño. Finalmente, de las series de tipología nubosa se constata un aumento significativo de la frecuencia de nubes medias y altas, sin cambios remarcables en las nubes bajas.

Palabras clave: Nubosidad, Península Ibérica, Tendencias, Tipos de nubes.

ABSTRACT

In this work, 69 series of cloudiness as observed from the surface are used to describe the cloud climatology and temporal trends of cloudiness over the Iberian Peninsula (IP), in the 1961-2004 period. Cloudiness in the IP shows annual mean values between 5.4 and 3.0 oktas, with a remarkable latitudinal gradient. Maximum cloud cover is reached in winter or spring, while the minimum is clearly achieved in summer. A gridded database with 1º×1º latitude and longitude resolution has been generated for each of the analyzed variables. Regarding total cloud cover, the mean annual series for the whole IP has a significant decreasing trend. Seasonally, however, some differences appear: spring is the only season showing a statistically significant decreasing trend. Regarding frequencies of cloudless and overcast days, our results show increasing, but in general non significant, trends; and significant decreasing trends respectively. From the cloud type analyses, a significant increase of middle and high level clouds is found, while low level clouds have not experienced notable changes.

Key words: Cloudiness, Cloud Types, Iberian Peninsula, Trends.

1. INTRODUCCIÓN

Las nubes tienen un papel muy importante en la regulación de la radiación que alcanza la cima de la troposfera y la que llega a la superficie terrestre, y por lo tanto, su rol es fundamental en el sistema climático. En concreto, las nubes reflejan radiación solar hacia el espacio (contribuyendo significativamente al albedo planetario y por lo tanto provocando un efecto de enfriamiento) y también absorben radiación infrarroja (provocando efecto invernadero y el consiguiente calentamiento). Aunque actualmente parece ser que el efecto neto global de las nubes es el de enfriamiento (forzamiento negativo), no se conoce cuál puede ser el efecto de las nubes en un clima futuro. En resumen, la respuesta de la nubosidad al cambio climático contemporáneo provocado por el aumento de gases con efecto invernadero sigue siendo la mayor fuente de incertidumbre presente en las predicciones de la sensibilidad climática realizadas mediante modelos (RANDALL *et al.*, 2007).

En consecuencia, el conocimiento de las variaciones de la cubierta total de nubes y de los distintos tipos de nubes 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 con efecto invernadero. La observación de la nubosidad puede hacerse desde la superficie, mediante (habitualmente) observaciones visuales por personal entrenado, o bien mediante el análisis de las imágenes tomadas desde los satélites. Ninguno de los dos sistemas está libre de limitaciones, problemas que se incrementan por la alta variabilidad temporal y espacial de la nubosidad (MARTÍN VIDE y OLCINA, 1996; TRENBERTH *et al.*, 2007). Todo ello explica la escasez de estudios climatológicos de la nubosidad (en particular, sobre sus tendencias), al menos si se compara con la abundancia de trabajos centrados en variables como la temperatura o la precipitación.

En cualquier caso, según el último informe del Intergovernmental Panel on Climate Change (TRENBERTH *et al.*, 2007), y en base a las observaciones desde la superficie, ha habido un aumento de la nubosidad total sobre muchas zonas continentales, incluyendo Europa occidental, desde la mitad del siglo pasado. No obstante, se reconoce que hay estudios que contradicen esta tendencia. En particular, los trabajos de MAUGERI *et al.* (2001) y de AUER *et al.* (2007) muestran nubosidad decreciente para Italia y para Europa Central respectivamente. Los análisis realizados con datos satelitarios (y en concreto del proyecto International Satellite Cloud Climatology Project, ISCCP), aunque son, lógicamente, mucho más limitados en el tiempo, muestran por lo general un descenso global de la nubosidad, en el período 1987-2001.

En el presente trabajo, se muestran las características de la climatología de la nubosidad en la Península Ibérica (PI), a partir de las observaciones tomadas desde la superficie, durante el período 1961-2004. Se hace especial énfasis en los cambios de la nubosidad en este período, y se analiza no sólo la nubosidad (cubierta) total, sino también los tipos de nubes, agrupados en familias.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

Se han recopilado, para la PI, 83 series de nubosidad, con un mínimo de 30 años durante el periodo 1961-2004. Dichas series se han obtenido a partir del Instituto Nacional de Meteorología (80) y del Instituto de Meteorologia de Portugal (3). Un total de 22 son series compuestas a partir de dos o más series derivadas de diferentes emplazamientos de los

observatorios existentes en una localidad. Las variables obtenidas son nubosidad total, expresada en octas, y tipología nubosa, y siempre en base a 3 observaciones diarias. A la base de datos generada se han aplicado diferentes controles de calidad, siguiendo las recomendaciones de AGUILAR *et al.* (2003), y posteriormente se han hallado los valores mensuales. Todos los meses con más de 6 días ausentes en los registros se han considerado sin dato, y los meses con un menor número de huecos se han corregido proporcionalmente.

A las series de nubosidad total se les ha aplicado el test de homogeneidad de Craddock, siguiendo la metodología descrita en SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2007). Para algunas series, se han eliminado subperiodos (de pocos años) que presentaban inhomogeneidades; también se han rechazado 14 series completas, con lo que la base de datos final a analizar ha quedado compuesta por 69 series (Fig. 1). A continuación, para estas 69 series, se han generado las series mensuales de días despejados (media diaria de nubosidad inferior a 1.5 octas) y días cubiertos (> 6.5 octas), que son las situaciones en las que existen menores incertidumbres en la definición del estado del cielo por parte de los observadores. A partir de estas últimas series, se ha calculado el parámetro de nubosidad (CAPEL MOLINA, 1981), y se ha comparado con las medias mensuales de nubosidad total en octas. La correlación entre ambas formas de cuantificar la nubosidad resulta siempre muy importante y significativa; para el conjunto de las series medias anuales y estacionales el coeficiente de correlación supera siempre el valor de 0.95, y tampoco se observen diferencias en las tendencias. Por último, para 64 observatorios se han generado las series de frecuencias de los diferentes tipos de nubes agrupadas en 4 familias: nubes estratiformes (St, Sc y Ns), nubes con desarrollo vertical (Cu y Cb), nubes medias (Ac y As) y nubes altas (Ci, Cs y Cc). A posteriori, para todas las series y variables consideradas, se han rellenado, a partir de regresiones lineales con la serie mejor correlacionada, los huecos existentes entre 1961 y 2004.

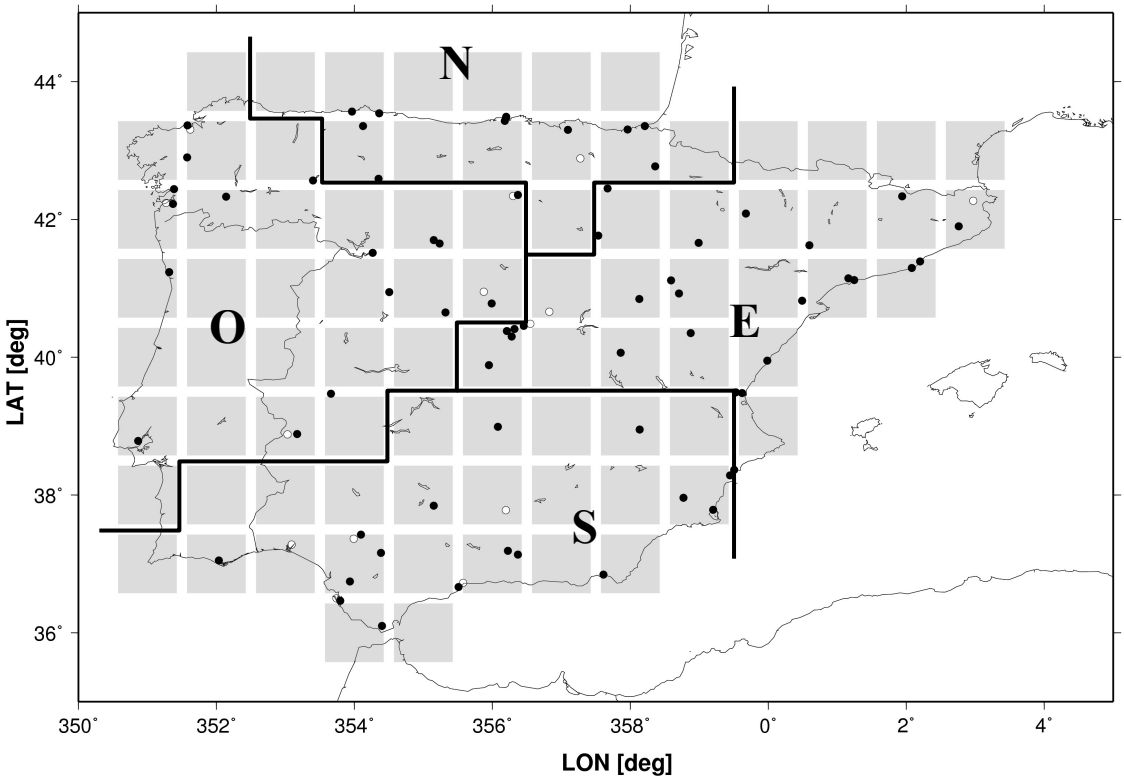

Fig. 1: Ubicación de las estaciones seleccionadas (puntos rellenos) y descartadas (puntos vacíos), y de las celdas de la malla generada. Si indican también las 4 regiones en que se agrupan las celdas mediante el análisis en componentes principales.

El siguiente paso ha sido generar una malla, de 1º×1º de resolución espacial, para cada una de las variables analizadas, con el objetivo de minimizar posibles inhomogeneidades persistentes en algunas series o evitar una potencial distorsión de las series medias derivadas del reparto espacial no homogéneo de las estaciones. Se ha aplicado una técnica de interpolación descrita en SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2007), y se ha calculado a resolución estacional y anual a partir de las series de anomalías. Dichas anomalías se han estimado como ratios (expresados en %) para la nubosidad total y para las diferentes familias de tipos de nube, o como diferencias (expresadas en días) para los días despejados y cubiertos, siempre entre los valores mensuales y la correspondiente media climática del periodo 1971-2000. El resultado final son 84 celdas comprendidas entre los 9ºO y 3ºE de longitud, y entre 36ºN y 44ºN de latitud (Fig. 1). A continuación se han calculado, considerando todos los puntos disponibles de la malla, las series anuales y estacionales medias para cada una de las variables analizadas, a las cuales se les ha aplicado un filtro gaussiano de paso bajo (con una sigma de 3 años) y 11 términos, para una mejor visualización de la variabilidad interdecadal. Igualmente, se han calculado las tendencias lineales para el periodo 1961-2004, y se ha evaluado su significación (≥ 95%) a partir del test no paramétrico de Mann-Kendall.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. 1. Nubosidad total en la Península Ibérica.

La Fig. 2 muestra la nubosidad total media durante el período 1971-2000 para la PI. La nubosidad total media anual varía entre unas 3 y poco más de 5 octas, con un marcado gradiente latitudinal. Concretamente, todo el sur peninsular, exceptuando la zona del estrecho de Gibraltar, presenta menos de 3.5 octas de media anual, mientras que en el Cantábrico, y en particular en Euskadi, la nubosidad media anual supera las 5 octas. Es interesante destacar un mínimo relativo de nubosidad en el extremo nordeste de Cataluña, que refuerza la tendencia general (con la clara excepción del mínimo del Golfo de Cádiz) de que la nubosidad en la costa mediterránea es algo inferior a la de la costa atlántica a igualdad de latitud. Una línea imaginaria entre Lisboa y la Costa Brava divide aproximadamente la PI según la nubosidad media anual (superior a 3.9 octas al norte e inferior al sur). La misma línea podría caracterizar la nubosidad invernal, pero no la del resto de estaciones. El patrón general norte-sur se repite con pocas variaciones durante las cuatro estaciones, destacando quizás que el gradiente es más marcado en verano (entre menos de 2 y más de 4.5 octas).

La distribución espacial de la nubosidad aquí presentada concuerda bastante bien con el mapa de nubosidad de CAPEL MOLINA (1981) en cuanto al gradiente latitudinal y al mínimo suroccidental. En cambio, dicho mapa indica un máximo relativo de nubosidad en el cabo de la Nao, mientras nosotros obtenemos un mínimo relativo en esa zona y la provincia de Alicante en general. Esta diferencia es probablemente debida al uso, en el trabajo citado, de datos de algún observatorio que registra ese máximo como resultado de un fenómeno de escala local. Asimismo, la evolución anual aquí mostrada concuerda adecuadamente con la que, para determinadas ciudades, enseña la anterior referencia. Por otra parte, estos resultados confirman los que se muestran en CALBÓ *et al.* (2006), obtenidos a partir de datos de satélite (ISCCP) para el período 1984-2002. En cambio, los máximos de nubosidad en la costa atlántica y el mínimo estival de la Meseta norte, que se muestran en la misma referencia como resultado de usar la base de datos CRU TS 2.1, parecen no corresponderse con la realidad.

Por otra parte, la Fig. 3 muestra el régimen mensual de la nubosidad total media para toda la PI. Como era de esperar, destaca el mínimo estival, muy marcado en julio (2.6 octas) y agosto

(2.9 octas). La nubosidad total media peninsular, durante todos los meses entre octubre y mayo es superior a 4 octas, sobresaliendo ligeramente los meses de abril, mayo y diciembre. De todas maneras, este régimen de la nubosidad media no refleja con precisión todos los puntos del territorio, existiendo áreas, como la cornisa cantábrica, donde las diferencias mensuales son claramente menores, y otras donde por el contrario el rango es mayor, como en el sur peninsular. Igualmente, en sectores del nordeste peninsular se detectan claramente unos máximos equinocciales (en particular en el mes de mayo), ya puestos de manifiesto en SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2006).

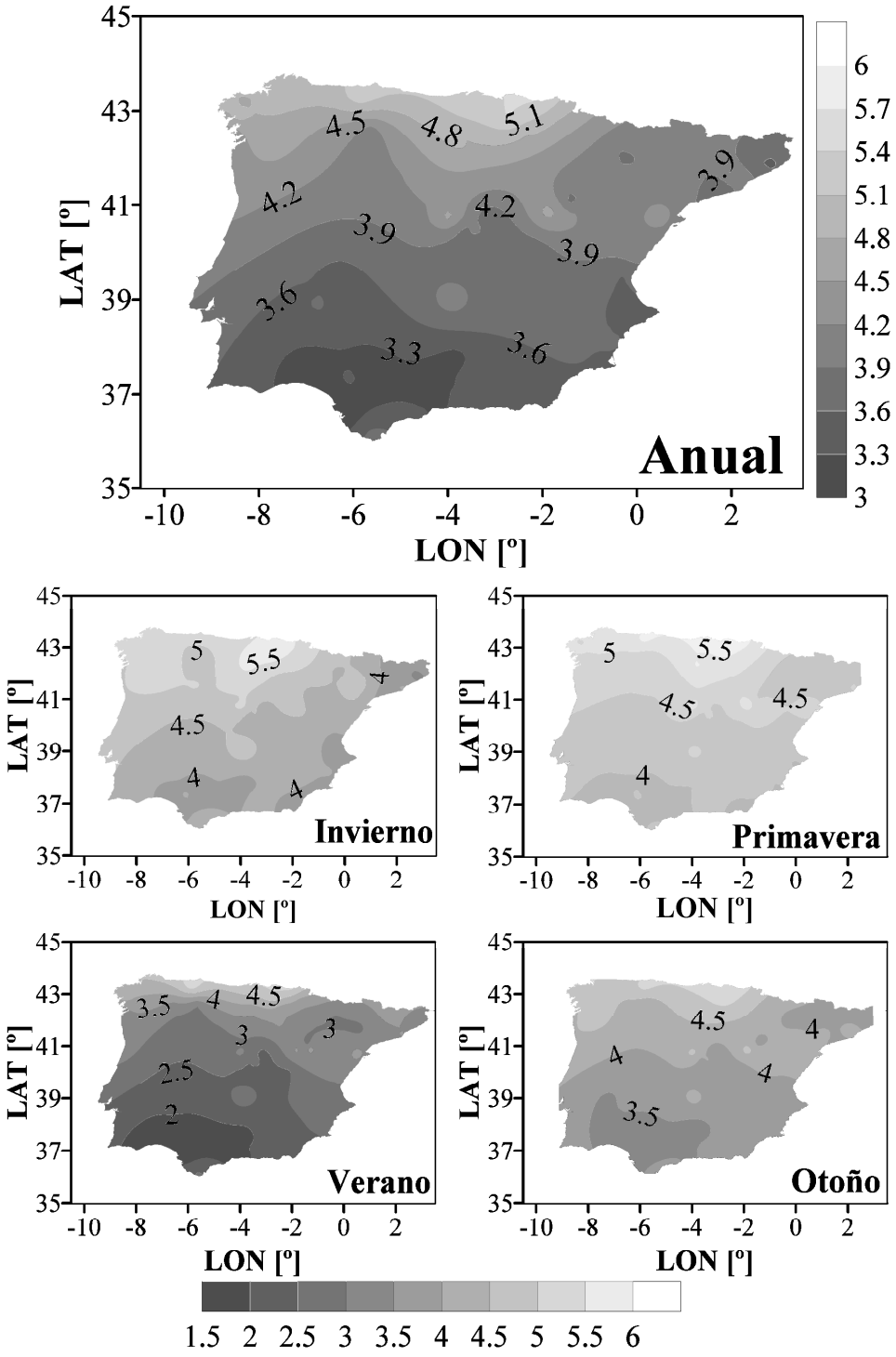

Fig. 2: Nubosidad total media anual y estacional, para el período 1971-2000.

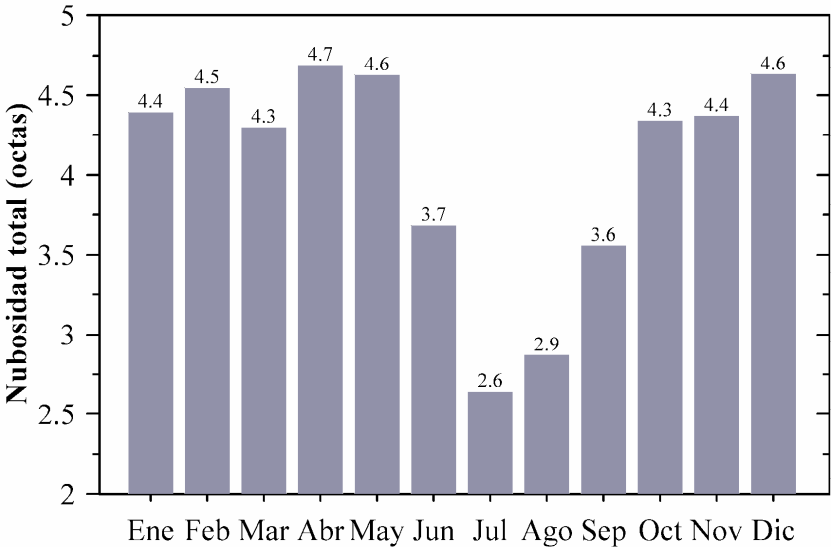

Fig. 3: Nubosidad total media mensual en la Península Ibérica.

3. 2. Cambios y tendencias de la nubosidad en el período 1961-2004.

En la Fig. 4 se muestra la evolución temporal de la nubosidad total media peninsular, para el período 1961-2004 y en base anual y estacional. Destaca claramente la tendencia decreciente de la nubosidad anual, así como la de la primavera. En cambio, en invierno y verano los valores son más estables, mientras que en otoño hubo un período de descenso claro (1960-1980), seguido de un aumento y una estabilización de la nubosidad media. Los valores de las tendencias decadales, cuando son significativas al 95%, se dan en la Tabla 1. Es lógico pensar que dadas las diferencias en el comportamiento de la nubosidad entre distintas áreas de la PI, las tendencias también pueden haber sido distintas según las áreas. Por lo tanto, se ha procedido a una regionalización objetiva, basada en un análisis en componentes principales y siguiendo el mismo procedimiento empleado con series de insolación y descrito en SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2007). Se han obtenido 4 componentes que conjuntamente explican más del 90% de la varianza total, y que presentan unas características espaciales análogas a las obtenidas con las series de insolación. Así, y con el objetivo de facilitar futuras comparaciones, se ha asignado cada una de las 84 celdas a las mismas 4 regiones definidas con la insolación, que delimitan, a grandes rasgos, el este y nordeste (región E), norte (N), oeste (O) y sur (S) de la PI (ver Fig. 1). A continuación, se han calculado las series medias y tendencias en las 4 regiones. Los resultados, que se muestran también en la Tabla 1 (sólo a resolución anual), confirman que existen claras diferencias regionales en las tendencias de la nubosidad, siendo las regiones N y S las que presentan una mayor similitud con la serie media de la PI. En cambio, las regiones O y E no presentan tendencias significativas.

La evolución del número de días cubiertos y de días despejados se muestra en la Fig. 5, mediante la representación de las series medias para la PI, una vez suavizadas con el filtro de paso bajo. En la Tabla 1 se dan los valores de las tendencias de estas variables, siempre que sean significativas. De la figura es destacable la gran disminución de días cubiertos en base anual durante el período estudiado, mientras que los días despejados se han mantenido aproximadamente estables. De ello puede concluirse que la disminución de la nubosidad media se debe a la de días totalmente cubiertos, mientras que deben de haber aumentado las situaciones de cielo parcialmente cubierto. En primavera, el descenso de la nubosidad media se debe tanto al descenso de días cubiertos (especialmente entre los años 1975 y 1995) como

al aumento de los días despejados en el mismo período. En invierno también han disminuido los días cubiertos, pero ello no da una disminución significativa de la nubosidad media. Algo parecido ocurre en verano, mientras que en otoño los días cubiertos y despejados han evolucionado de forma inversa, pero sin mostrar una tendencia única a lo largo del período. Como en el conjunto de la PI, en todas las regiones, excepto la O, se detectan tendencias anuales negativas y significativas en el número de días cubiertos. En cambio, para los días despejados la región S presenta una tendencia positiva significativa, lo que contrasta con la ausencia de significación en las tendencias del resto de regiones y en el conjunto de la PI.

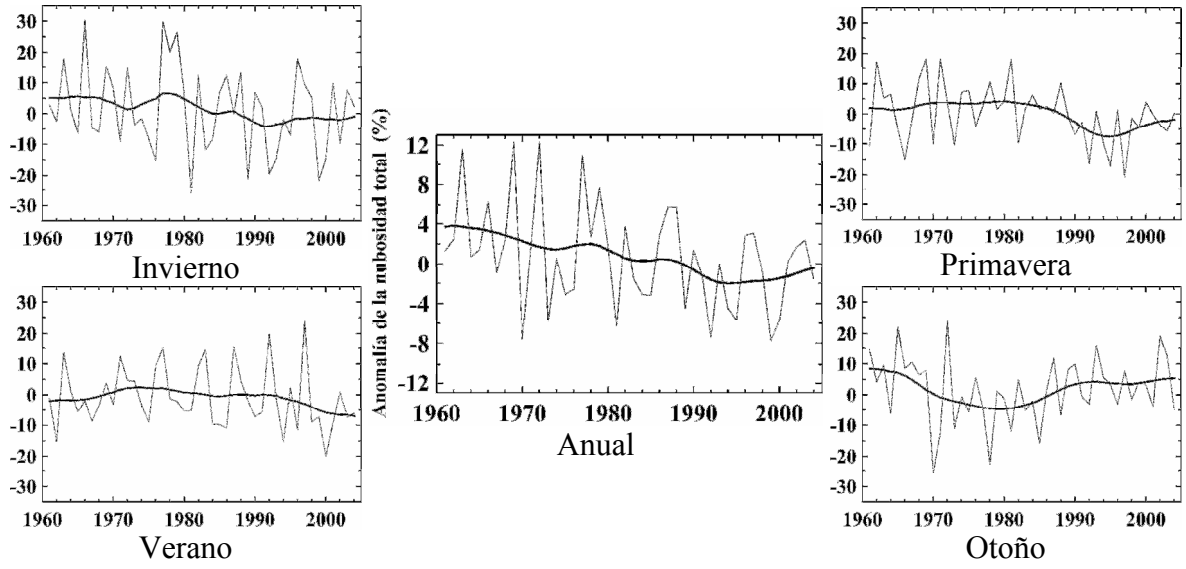

Fig. 4: Evolución estacional y anual de la nubosidad media para la PI, en 1961-2004. La línea fina indica el valor de cada año, la gruesa el valor una vez aplicado el filtro de paso bajo.

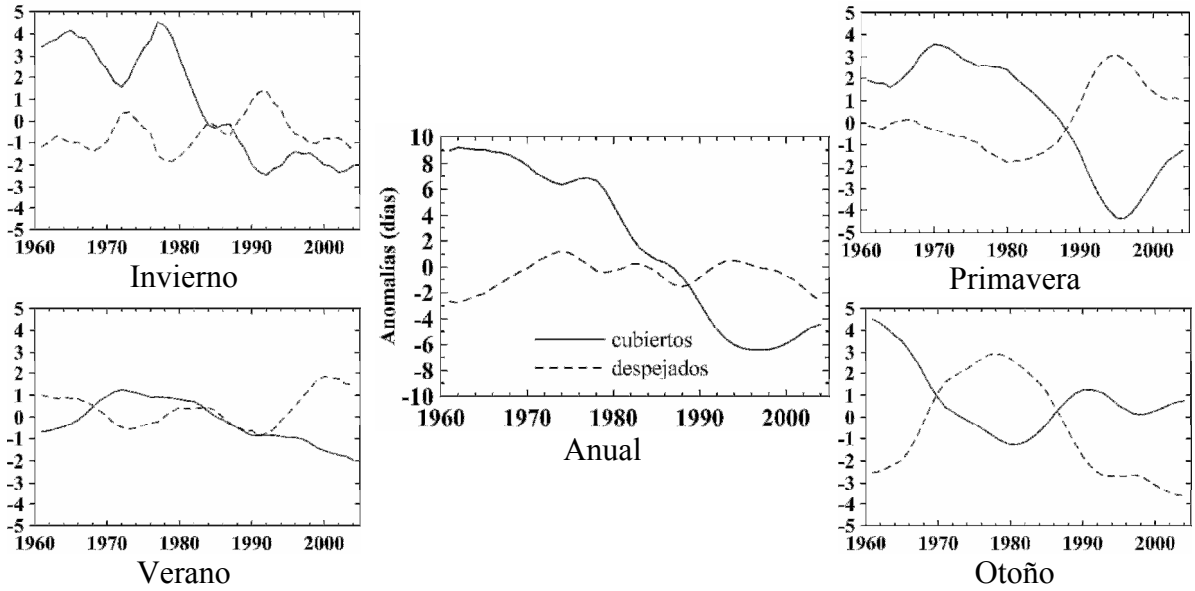

Fig. 5: Evolución estacional y anual del número medio de días cubiertos y despejados para la PI, en 1961-2004. Sólo se muestran los valores ya suavizados por el filtro de paso bajo.

	Nubosidad	Días cubiertos	Días despejados
PI Anual	–1.4%	–4.5 días	n.s.
PI Invierno	n.s	–1.7 días	n.s.
PI Primavera	–2.2%	–1.7 días	+0.6 días
PI Verano	n.s.	–0.5 días	n.s.
PI Otoño	n.s.	n.s.	n.s.
Reg. E anual	n.s.	–4.2 días	n.s.
Reg. N anual	–1.0%	–6.4 días	n.s.
Reg. O anual	n.s.	n.s.	n.s.
Reg. S anual	–3.4%	–5.8 días	+3.8 días

Tabla 1: TENDENCIAS DECADALES SIGNIFICATIVAS (≥95%), EN 1961-2004, DE LA NUBOSIDAD TOTAL Y DEL NÚMERO DE DÍAS CUBIERTOS Y DESPEJADOS (n.s.: no significativa)

3. 3. Resultados según los tipos de nubes.

En lo que se refiere a los cambios experimentados por los diferentes tipos de nubes, los resultados más llamativos (Tabla 2) vienen dados por las tendencias positivas claramente significativas en el número de observaciones de nubes medias y altas, que contrastan con la ausencia de significación en las tendencias anuales del conjunto de nubes bajas (estratiformes y nubes de desarrollo vertical). Las tendencias significativas detectadas en base anual para las nubes medias y altas se revelan igualmente en las diferentes estaciones del año, mostrando el invierno las mayores magnitudes. Al igual que en base anual, las nubes estratiformes no presentan tendencias significativas estacionalmente, mientras que las de desarrollo vertical simplemente muestran una tendencia positiva y significativa en invierno.

Estos cambios van asociados a un aumento, también significativo, en el número total de tipos de nubes observados durante el periodo. Así, de los resultados se desprende que durante las últimas décadas ha aumentado el número de tipos de nubes anotados en el conjunto de las tres observaciones diarias, ya sea por cambios reales de nubosidad o por cambios en la precisión de las propias observaciones. En cualquier caso, este incremento se deriva en gran medida del mayor número de observaciones de nubes de tipo medio y alto. Combinando estos resultados con los anteriores sobre nubosidad total, se manifiesta que el descenso de la nubosidad total es fruto de la disminución de días totalmente cubiertos, condiciones donde a menudo no se observa más de un tipo nuboso. En cambio, los días despejados no muestran tendencias ascendentes, lo que lleva a concluir que los días parcialmente cubiertos habrían aumentado durante las últimas décadas. Estas últimas situaciones son las que potencialmente proporcionan al observador (presuponiendo una persona bien instruida) la posibilidad de ver y anotar más géneros nubosos, ya sean altos, medios o bajos. En resumen, los cambios detectados en la frecuencia de aparición de nubes medias y altas podrían perfectamente responder a un aumento real de las posibilidades de observación de este tipo de nubes. Ahora bien, dicho aumento puede deberse a una mayor presencia de dichas nubes sobre la PI o a la menor persistencia de cielos totalmente cubiertos de nubes bajas.

No es la primera vez que se detecta un aumento relativamente reciente de las nubes altas, aunque a nivel global y en base a observaciones satelitarias perecen haber disminuido (TRENBERTH *et al.*, 2007). Por ejemplo, TREPTE y WINKLER (2004), para un lugar de Alemania, encuentran aumentos del 8% por década en la frecuencia de *Cirrus*, desde 1953,

mientras la nubosidad total apenas cambiaba. No debe descartarse, en esta mayor presencia de nubes altas, el posible efecto de las estelas de condensación de los aviones, que deben ser anotadas como *Cirrus* o nubes altas por los observadores meteorológicos (MINNIS *et al.*, 2004).

	Anual	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Estratiformes	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Desarrollo vertical	n.s.	+5.1%	n.s.	n.s.	n.s
Medias	+7.3%	+8.4%	+7.3%	+3.9%	+8.2%
Altas	+12.9%	+14.6%	+11.6%	+13.3%	+12.9%
Total tipos	+4.5%	+4.7%	+4.1%	+2.9%	+5.8%

Tabla 2: TENDENCIAS DECADALES SIGNIFICATIVAS (≥95%) DE LAS DIFERENTES FAMILIAS DE TIPOS DE NUBES EN BASE ANUAL Y ESTACIONAL PARA LA PI, EN 1961-2004 (n.s.: no significativa)

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se ha obtenido la distribución espacial y la evolución temporal de la nubosidad en la Península Ibérica en décadas recientes, completando y confirmando el conocimiento que hasta la actualidad se tenía. Así, la nubosidad total en la PI muestra un marcado gradiente latitudinal, entre las más de 5 octas de media anual en la costa cantábrica a las cerca de 3.3 octas en la zona suroccidental de la PI. El ciclo anual muestra un mínimo marcado en verano, mientras que durante el resto del año la nubosidad se mantiene cercana a las 4 octas.

La nubosidad media en la PI ha descendido durante el período 1961-2004 a un ritmo del 1.4% por década, lo que implica una disminución media de unas 0.25 octas. Esta reducción se concentra especialmente en la primavera, es probablemente debida a una disminución de los cielos totalmente cubiertos, y se produce simultáneamente a un aumento de las nubes altas y medias. Resultados previos (SANCHEZ-LORENZO *et al.*, 2006) que indicaban aumentos de la nubosidad en Tortosa y Barcelona no pueden considerarse generales para el conjunto de la PI, y ponen de manifiesto las importantes diferencias espaciales de la variable nubosidad. En realidad, la disminución de la nubosidad media peninsular es sobre todo debido a un descenso más marcado en la región Sur, menor en la parte Norte, y no significativo en las regiones Este y Oeste.

La evolución temporal de la nubosidad entra en contradicción con la de la insolación detectada por los mismos autores en SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2007). En efecto, la insolación ha mostrado en el mismo período una época de claro descenso ("dimming") hasta aproximadamente el año 1985, seguida de un ascenso ("brightening") desde entonces. Aunque el último cambio podría relacionarse con la disminución de nubosidad, no ocurre lo mismo con el primer período en que la insolación decreciente no se corresponde con un aumento de nubosidad. Así, deberá explorarse en el futuro cuál podría ser la causa del desacuerdo entre ambas variables, y si existen otros motivos para explicar la reducción de la insolación incluso en un contexto de descenso de la nubosidad. Asimismo, en el futuro se trabajará para aumentar la extensión temporal de la base de datos de nubosidad, para conocer la evolución durante todo el siglo XX; así como su alcance espacial, que se extenderá hacia Europa.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación otorgada por el Ministerio de Educación y Ciencia mediante los proyectos NUCLIER (CGL 2004-02325) y NUCLIEREX (CGL 2007-62664), y la beca FPU de que disfruta el segundo autor. Los datos han sido proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología (actualmente Agencia Estatal de Meteorología) y por el Instituto de Meteorologia de Portugal.

6. REFERENCIAS

AUER, I., *et al.* (2007). "HISTALP–Historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region". *Int. J. Climatol.*, 27, 17-46.

AGUILAR, E.; AUER, M.; BRUNET, M.; PETERSON, T.C. y WIERINGA, J. (2003). *Guidelines on climate metadata and homogenization*. WMO-TD No. 1186, World Meteorol. Org., Geneva, 52 pp.

CALBÓ, J.; SANCHEZ-LORENZO, A. y LLACH, M. (2006). Análisis de dos climatologías de nubosidad globales (ISCCP y CRU TS2.1) a escala de la Península Ibérica. En CUADRAT PRATS, J.M., *et al* (Eds.). *Clima, sociedad y medio ambiente*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 5, pp. 75-86.

CAPEL MOLINA, J.J. (1981). *El clima de la península Ibérica*. Editorial Ariel, colección Ariel Geografía. Barcelona, 281 pp.

MARTÍN VIDE, J. y OLCINA, J. (1996). *Tiempos y climas mundiales. Climatología a través de mapas del tiempo e imágenes de satélite*, Oikos-tau, Barcelona, 308 pp + 8 pp. (láminas).

MAUGERI, M.; BAGNATI, Z.; BRUNETTI, M. y NANNI, T. (2001). "Trends in Italian total cloud amount, 1951-1996". *Geophys. Res. Let.*, 28 (24), pp. 4551-4554.

MINNIS, P.; AYERS, J.K.; PALIKONDA, R. y DUNG, P. (2004). "Contrails, Cirrus Trends, and Climate". *Journal of Climate*, 17, 1671-1684.

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. xx-xx.

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.

TREPTE, S. y WINKLER, P. (2004). "Reconstruction of erythemal UV irradiance and dose at Hohenpeissenberg (1968–2001) considering trends of total ozone, cloudiness and turbidity". *Theor. Appl. Climatol*., 77, 159–171, doi: 10.1007/s00704-004-0034-y.

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, pp. 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*, D20115, doi: 10.1029/2007JD008677.