

# EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA NUBOSIDAD EN EL SECTOR COSTERO CATALÁN DESDE PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

Arturo SÁNCHEZ LORENZO\*; Josep CALBÓ\*\*; Javier MARTÍN VIDE\*;  
Marc PROHOM\*\*\*, Magda LLACH\*\*

\* Grupo de Climatología, Universidad de Barcelona

\*\* Grup de Física Ambiental, Dept. de Física i Inst. de Medi Ambient, Universitat de Girona

\*\*\* Servei Meteorològic de Catalunya, Generalitat de Catalunya

## RESUMEN

En la presente comunicación se presentan dos series de nubosidad del nordeste peninsular que arrancan a principios del siglo XX y que en la actualidad son las más largas digitalizadas de España. Después de evaluar su calidad y homogeneidad, se realiza una descripción de sus principales características y evoluciones temporales; para posteriormente elaborar una serie conjunta, que revela una tendencia anual marcadamente ascendente a partir de la segunda mitad del siglo XX, y que tiene su final hacia mediados de los años 80. Se manifiestan diferencias estacionales, destacando claramente el otoño como la estación en que la tendencia ascendente de la nubosidad ha sido más marcada durante dicho periodo.

Palabras clave: Homogeneidad, nubosidad, Observatorio del Ebro, Observatorio Fabra, tendencias.

## ABSTRACT

In this communication, two cloudiness data series from two stations placed on the northeast of the Iberian Peninsula are presented. Both series start at the beginning of the 20th century and they are currently the longest digitalized series in Spain. After evaluating their quality and homogeneity, a description of their main characteristics and temporal evolutions is carried out. Subsequently, a joint series is built, and this series reveals a markedly increasing annual trend from the second half of the 20th century until the middle of the 80s. Seasonal differences are analyzed, showing the autumn as the season in which the positive cloudiness trend has been more noticeable during the latter period.

Key words: Cloudiness, Ebro Observatory, Fabra Observatory, homogeneity, trends.

## 1. INTRODUCCIÓN

La nubosidad, considerada un elemento fundamental en el sistema climático, es una de las variables climáticas que menos se ha estudiado hasta la actualidad. Así, y aun jugando un papel importante en el balance radiativo terrestre, los estudios de variabilidad y cambio climático han dado mayor importancia a otras variables como la temperatura o la precipitación, relegando a la nubosidad a un lugar secundario.

Aunque en la actualidad son numerosos los métodos automáticos que existen para obtener datos de nubosidad (cámaras de vídeo o teledetección, por ejemplo) con una excelente resolución espacial y temporal, las series disponibles de este tipo de datos son demasiado cortas y, por lo tanto, no pueden considerarse aún climáticamente significativas. De esta manera, las tradicionales observaciones desde la superficie terrestre, realizadas por un observador (y por lo tanto, con cierta subjetividad), son las series más largas disponibles hoy en día. Una observación estándar de nubosidad viene expresada por la cantidad de nubes presentes en el cielo, medida en octas o, antiguamente, en décimas de cielo cubierto. Se acompaña por la anotación de los tipos de nubes presentes en el momento de la observación, siguiendo las pautas marcadas en el *Atlas Internacional de Nubes* (WMO, 1975).

El carácter subjetivo de dichas observaciones es uno de los motivos que explican que hasta la actualidad sean escasos los estudios que se han centrado en esta variable. Otra de las limitaciones importantes de las series de nubosidad es su escasez, pues es difícil encontrar series continuas y largas, reduciéndose en el caso de España a las existentes en las estaciones de primer orden del Instituto Nacional de Meteorología (INM), y en pocos lugares más. Igualmente, otro factor que juega en contra es la actual automatización que experimentan muchas estaciones meteorológicas, que comporta la desaparición del observador, y consecuentemente acaba con la continuidad de las series de nubosidad. A pesar de los inconvenientes y limitaciones que presentan las series de nubosidad convencionales, hay que destacar los resultados obtenidos con ellas en diferentes puntos del planeta (MAUGERI *et al.*, 2001; SUN *et al.*, 2001; QIAN *et al.*, 2006; etc.)

El objetivo del presente trabajo es describir las dos series de nubosidad más largas digitalizadas en España hasta la actualidad. Se realiza una descripción de los datos nefológicos disponibles, y se realiza una primera aproximación a su homogeneidad, destacando sus principales singularidades temporales. Debido a la proximidad entre los puntos de observación, a la buena correlación positiva entre ambas series, y a una evolución temporal semejante, se opta por generar una serie conjunta a resolución anual y estacional con la finalidad de minimizar los errores de observación que puntualmente pudiesen afectar a una de las series. Finalmente se evalúa el comportamiento de las series conjuntas resultantes, haciendo especial hincapié en la evolución temporal de las últimas décadas.

## 2. DATOS Y METADATA

### 2.1. Observatorio del Ebro, Tortosa (1910-2004).

El Observatorio del Ebro, situado en el municipio de Roquetes, vecino del de Tortosa, a una altitud de 48.5 metros, y con unas coordenadas geográficas de 40° 49' 14''N y 00° 29' 29''E (en las proximidades del Delta del Ebro), se fundó en el año 1904 por la Compañía de Jesús. Desde sus comienzos se midieron diferentes variables meteorológicas, que daban continuidad a las registradas en la estación meteorológica que la misma institución tenía desde 1880 en la Facultad de Filosofía y Teología (cerca de su actual emplazamiento). En la actualidad, la estación meteorológica forma parte de la red del INM con la denominación *Tortosa "Observatorio Meteorológico del Ebro"* (en adelante Tortosa) y con el indicativo 08238. El entorno de la estación es rural y los obstáculos más próximos están constituidos por árboles a una distancia de 10 metros, encontrándose el edificio más próximo a una distancia de unos 100 metros.

Para la mayoría de las variables climáticas, como la temperatura, presión atmosférica, humedad relativa o precipitación, se dispone de series superiores a los 120 años (uniendo los

datos de los dos emplazamientos) con escasas interrupciones, concentradas mayoritariamente durante algunos meses de 1938 y 1939, debido al desmantelamiento del observatorio durante la Guerra Civil. Desde 1910 se edita mensualmente el *Boletín del Observatorio del Ebro*, con el resumen de los registros correspondientes a las diferentes secciones con las que cuenta el observatorio (meteorológicas, geomagnéticas, ionosféricas y sísmicas).

Las observaciones de nubosidad (fracción de cielo cubierto y tipología nubosa) se realizan desde la puesta en funcionamiento del observatorio y se mantienen en la actualidad. En todo el periodo se han realizado tres observaciones diarias, aunque con ligeras modificaciones en el horario. Así, al comienzo se realizaron a las 7, 14 y 21 horas solares, y desde 1920 la observación matutina se pasó a las 8 horas. La nubosidad total se cuantificaba en décimas. Desde 1961 las observaciones se realizan a las 7, 13 y 18 horas, según la información suministrada por el INM, y se pasa a determinar la nubosidad en octas, discriminándose la cobertura de nubes bajas desde 1972. También hay que mencionar que durante algunos años se determinaba la dirección y velocidad de las nubes utilizando la aguja nefoscópica de Besson. De toda la serie, están digitalizados los datos desde 1910 hasta la actualidad. Aun así, hay que mencionar que desde 1910 a 1960 se han digitalizado las medias mensuales de nubosidad total a partir de los resúmenes contenidos en el boletín mensual del observatorio (sin información de los géneros nubosos). Desde 1961 se dispone ya de toda la serie diaria digitalizada, tanto de cobertura nubosa como de tipos de nubes observadas. En la actualidad se está llevando a cabo un esfuerzo importante en la digitalización de los fondos antiguos del observatorio, aunque aún resta por completar las observaciones nefoscópicas diarias desde 1905 a 1960.

## 2.2. Observatorio Fabra, Barcelona (1916-2004).

El Observatorio Fabra de Barcelona fue inaugurado el 4 de abril de 1904 bajo el auspicio de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Situado a 412 metros sobre el nivel del mar, en la sierra de Collserola, frente a la ciudad de Barcelona, y con unas coordenadas geográficas  $41^{\circ}25'05''\text{N}$  y  $02^{\circ}07'27''\text{E}$ , inició su actividad meteorológica sistemática durante el último cuatrimestre de 1913, uniéndose así a las observaciones astronómicas y sísmicas que nacieron con el propio observatorio. Desde entonces y hasta la actualidad se vienen realizando las observaciones sin un solo día de interrupción y sin haber experimentado cambios de emplazamiento.

Las variables meteorológicas con mayor cobertura temporal son las de temperatura y precipitación, que se inician en julio de 1913. Recientemente, se ha podido constatar que estas observaciones se realizaban ya con anterioridad, casi desde la fundación del propio observatorio, pero conservándose únicamente los estadísticos mensuales. Durante un largo período, el comprendido entre 1913 y 1981, se realizaba una observación meteorológica diaria a las 8 horas solares. A partir de entonces, se realizan tres observaciones: a las 7, 13 y 18 horas solares e incluso durante un breve período posterior se añadió la observación de las 0 horas.

En referencia a las medidas de nubosidad, éstas se inician el 1 de enero de 1916 con la observación de las 8 horas. A partir del 1 de enero de 1982 y hasta el presente, pasan a realizarse las referidas observaciones a las 7, 13 y 18 horas. Las observaciones de nubosidad se efectuaron inicialmente en décimas de cielo cubierto, para pasar, a partir del 1 de enero de 1977, a octas u octavos de cielo cubierto. Por su parte, la tipología de nubosidad también se indica durante todo el periodo de observaciones, pero no es hasta 1982 cuando se diferencia la fracción cubierta de nubes bajas del resto. Como curiosidad, a partir de esa fecha, y dentro del

tipo de nubes bajas, se diferencia el género “grandes cúmulos” para designar a los *Cumulus congestus* y diferenciarlos así del resto de especies de cúmulos. Al igual que en Tortosa, el observatorio Fabra también dispuso desde 1915 de un nefoscopio cenital de Besson para la determinación de la velocidad y dirección que tomaban las nubes en la vertical del observatorio.

### 3. CONTROL DE CALIDAD Y HOMOGENEIDAD DE LAS SERIES DE NUBOSIDAD TOTAL

#### 3.1. Control de calidad.

Con anterioridad al análisis de las series climáticas, es esencial realizar un control de calidad de los datos y evaluar su homogeneidad. Aunque existen excelentes ejemplos y guías para realizar estas tareas (AGUILAR *et al.*, 2003), son escasos los ejemplos donde se trabaje con series de nubosidad (MAUGERI *et al.*, 2001), lo cual contrasta de nuevo con los innumerables métodos y técnicas aplicadas a otras variables climáticas.

El primer control de calidad que se ha realizado sobre las series de nubosidad total a resolución diaria ha sido la detección y corrección de valores anómalos que no se ajustasen a la escala de la observación, es decir, *outliers*, o valores no numéricos, o negativos o superiores a 8 ó 10 (si se cuantifica en octas o décimas, respectivamente). Los datos en décimas se han convertido a octas mediante un factor de conversión de 0.8, y posteriormente se han promediado a resolución mensual. Aunque en la serie del Fabra no existían huecos mensuales, sí que había 9 meses consecutivos sin observación en el Observatorio del Ebro (desde abril a diciembre de 1938). Se ha optado por rellenarlos mediante el promedio mensual de los 5 años anteriores y posteriores.

Con el fin de evaluar si han podido existir cambios importantes en la cuantificación de la nubosidad por parte de los observadores, se han comparado las medias mensuales en octas con el denominado parámetro de nubosidad (LLACH y CALBÓ, 2004) en los años donde ha sido posible su cálculo (toda la serie del Fabra, y desde 1961 al 2004 en Tortosa). El parámetro de nubosidad se calcula a partir del número de días despejados y cubiertos, que son las situaciones en las que existen menores incertidumbres a la hora de catalogar el total de nubosidad (QIAN *et al.*, 2006). Los resultados obtenidos muestran cómo el coeficiente de correlación entre la nubosidad anual en octas y la estimada por el parámetro de nubosidad es de 0.98 y 0.94 en Tortosa y Fabra, respectivamente, lo cual avala que no debe de existir grandes diferencias en las medias en octas por cambios asociados a la subjetividad del observador.

#### 3.2. Homogeneidad.

Debido a que se desea comprobar la homogeneidad de dos series únicas, se ha descartado la utilización de pruebas de carácter relativo, por no existir series que puedan servir de referencia (AGUILAR *et al.*, 2003), y se ha optado por aplicar dos métodos de homogeneidad absoluta de amplia difusión y utilización: el *Von Neumann Ratio test* (BUISHAND, 1982) y el *Standard Normal Homogeneity Test for a single break –SNHT test–* (ALEXANDERSSON, 1986). Con el primero de ellos se intenta evaluar si el conjunto de la serie puede considerarse homogéneo, pero no proporciona información sobre los posibles puntos de ruptura (*break points*). Para solventar este hecho se ha aplicado el segundo test, que detectaría el momento donde se produce el principal cambio o ruptura en la serie.

La aplicación del test de Von Neumann a las series de nubosidad total, media anual y estacional, en Tortosa (1910-2004) y Fabra (1916-2004) nos indica que las series presentan un comportamiento no homogéneo al nivel de confianza del 95%, excepto el verano de ésta última. El SNHT ha sido aplicado igualmente a las series anuales y estacionales. A resolución anual en Tortosa se detecta el punto de ruptura en 1961, que coincide con el año a partir del cual se dispone de valores diarios y se pasa a cuantificar la nubosidad en octas. En el observatorio Fabra el año que marca la ruptura más brusca es 1958, que no coincide con ningún cambio documentado en los criterios de observación u observadores. Debido a la cercanía de los años de ruptura en ambas series a resolución anual, se ha aplicado a las series estacionales, obteniendo resultados igualmente llamativos. En invierno y primavera coinciden los años (1958 y 1967 respectivamente). En verano se marca una ligera diferencia temporal, aunque sigue siendo próxima, al ser 1962 el año del cambio en Tortosa, y 1959 en el observatorio barcelonés (homogénea según el test de Von Neumann). Finalmente, en otoño vuelve a destacarse el mismo año en ambas series, y se corresponde con 1957.

Puesto que los primeros años de las series no nos ofrecen las mismas garantías que los más recientes (Guerra Civil, cambios en el sistema de observación,...) y que los años de ruptura en ambas series se concentran a finales de la década de los 50 o principios de los 60, se ha considerado oportuno aplicar de nuevo los mismos métodos de homogeneidad al periodo temporal comprendido entre 1961 y 2004. Los resultados siguen marcando para Tortosa un comportamiento no homogéneo de la serie anual y del otoño (rupturas en 1980 y 1985, respectivamente), aunque sí que se considera homogénea (al 95%) para el invierno, primavera y verano. Y para el observatorio Fabra, tanto a resolución anual como estacional, se da un aceptable grado de homogeneidad.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Comportamiento temporal de las series originales.

En primer lugar, y siguiendo la metodología explicada en MARTÍN VIDE y ESTEBAN (1998), se han construido los calendarios de nubosidad en octas correspondientes a Tortosa (media de las tres observaciones diarias) y al observatorio Fabra (observación matutina) para el periodo 1961-2004 (Fig. 1). Se aprecia, sobre todo, un comportamiento muy parecido entre ambos observatorios, con un mínimo estival muy marcado a mediados de julio. Los máximos, menos llamativos, tienen lugar en las estaciones equinocciales. Llaman la atención ciertas irregularidades en el ritmo anual, coincidentes en ambos observatorios, como las dos muescas a finales de octubre y mediados de noviembre o la de finales de enero y principios de febrero, que podrían considerarse singularidades climáticas. La similitud de los calendarios incluso al nivel de las singularidades avala la opción de construir una serie conjunta y refuerza las conclusiones sobre su comportamiento temporal. A modo de apunte, destacar que los valores medios (periodo 1961-2004) de nubosidad del observatorio barcelonés (4.31 octas) son ligeramente superiores a los de Tortosa (4.12 octas). Hay que tener en cuenta que el calendario de Fabra corresponde a una única observación diaria (matutina). No obstante, a partir de los 3 datos diarios disponibles desde 1982 se ha constatado la ausencia de diferencias apreciables en los totales de nubosidades diarias o matutinas, o dicho de otra forma, la ausencia de un ciclo diario destacable, al menos una vez efectuadas las medias mensuales. Este resultado ya se apuntaba en LLACH y CALBÓ (2004) para la estación del Prat de Llobregat (aeropuerto de Barcelona) y también para la de Tortosa.

Del análisis de la evolución anual de ambas series se desprenden algunas diferencias apreciables, aunque la evolución es similar entre los años 50 y finales de los 80, con una marcada tendencia ascendente, que supera una octa en Tortosa (Fig. 2a), y un valor cercano en el observatorio Fabra (Fig. 2b). Entre 1985 y 1990 la tendencia ascendente se termina, e incluso en el segundo lugar se detecta una tendencia descendente hasta la actualidad. En cambio, en los años 30 y 40 se aprecian las mayores diferencias entre ambas series. Mientras que en Fabra se advierte una fluctuación bastante marcada, en Tortosa queda menos visible, aunque también se intuyen unos años ligeramente más nubosos que los anteriores y posteriores. Los posibles cambios en los criterios de las observaciones, el presumible impacto de la Guerra Civil en las series (especialmente en Tortosa, donde se constataban huecos de 8 meses en 1938, sin valores mensuales), etc., podría condicionar este comportamiento dispar entre ambas series.

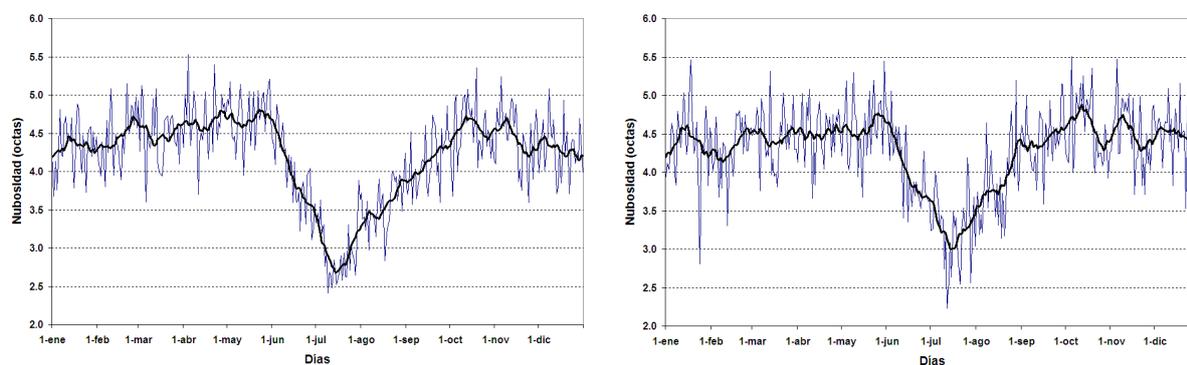


Fig. 1: Calendario de nubosidad total (octas) de Tortosa y Fabra (1961-2004).

## 4.2. Generación de las series conjuntas.

### 4.2.a. Justificación y metodología aplicada.

Es habitual combinar series de observatorios diferentes con el objetivo de generar series regionales representativas de una zona o área que presenten un comportamiento similar en la variable climática estudiada.

En el presente estudio se ha optado por promediar en el periodo común (1916-2004) las dos series estudiadas, con el objetivo de suavizar los posibles errores de observación. Se ha considerado oportuno realizar dicha unión al existir un comportamiento temporal similar entre ambas series (ver 4.1), y por la existencia de unos coeficientes de correlación significativos y positivos a resolución estacional (0.78, 0.69, 0.61 y 0.46 para el invierno, primavera, otoño y verano respectivamente) y anual (0.66). Estas correlaciones no se mantienen constantes en todo el periodo estudiado (son mejores entre los años 40 y 70, e inferiores entre mediados de los años 70 y principios de los 80). Hay que recordar además que en Fabra se trabaja con una serie de nubosidad extraída de una única observación diaria (matutina). No obstante, y por los motivos expuestos anteriormente, esta cuestión no debería causar mayores problemas.

Para la construcción de la serie conjunta se han estandarizado previamente ambas series, en base anual y estacional, respecto al periodo común (1916-2004) y posteriormente se ha promediado entre ellas. Para una mejor visualización de la evolución temporal y tendencias de la serie conjunta, se han calculado medias móviles de 11 en 11 términos (ver Fig. 2c).

### 4.2.b. Evolución temporal y tendencias de las series conjuntas.

## EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA NUBOSIDAD EN EL SECTOR COSTERO CATALÁN DESDE PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

La aplicación del test de Von Neumann a las series conjuntas anuales y estacionales no las considera de nuevo homogéneas. Igualmente, el SNHT nos marca que a finales de los años 50 y principios de los 60 existe un claro punto de ruptura de las series.

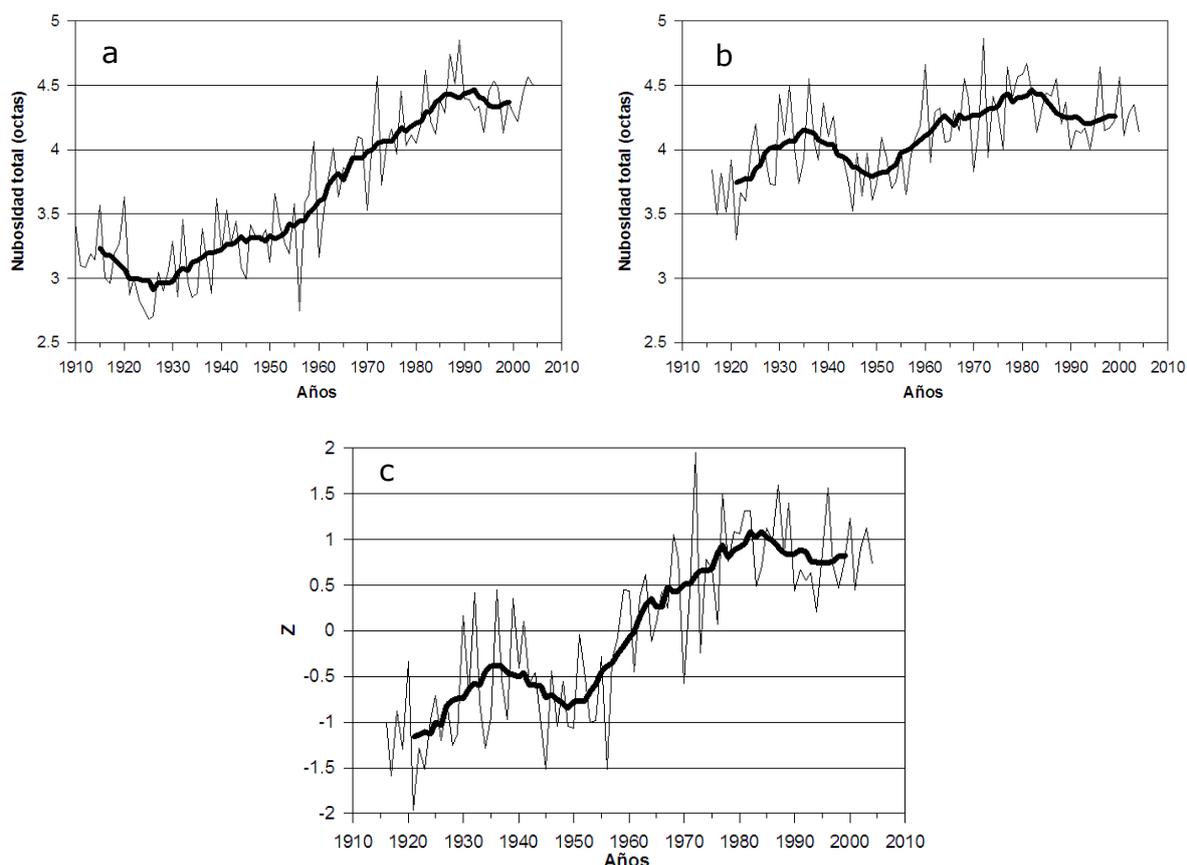


Fig. 2: Evolución temporal de la nubosidad media anual en: a) Tortosa (1910-2004); b) Fabra (1916-2004); c) serie conjunta. Suavizado con una media móvil de 11 en 11 términos.

La representación gráfica de la serie conjunta anual (Fig. 2c) nos muestra unas curvas que representan de forma clara los aspectos generales marcados en las dos series individuales. En primer lugar, y pese a estar analizando una serie media estandarizada, destaca la considerable variabilidad interanual de la nubosidad. Igualmente, se marca claramente un aumento de la nubosidad durante los años 30, un posterior descenso y desde principios de los 50 de nuevo una tendencia ascendente hasta mediados de los años 80. Desde entonces, se ha producido una estabilización, aunque con una muesca importante en los primeros años de la década de los 90. Los resultados anuales y estacionales (no mostrados) ponen de manifiesto un ascenso marcado de la nubosidad en todo el periodo analizado, con unas tendencias significativas al 95%, aunque la posible no homogeneidad de la serie nos aconseja no extraer más comentarios de estas series conjuntas para el conjunto del periodo analizado.

### 4.2.c. Serie conjunta desde 1961 al 2004.

Aunque los resultados mostrados en los apartados anteriores son interesantes por presentar por primera vez una tendencia de la nubosidad total anual desde principios del siglo XX en dos observatorios próximos del nordeste peninsular, son evidentes las deficiencias y limitaciones que presentan. Así, el SNHT indica que a finales de los años 50 y principios de

los años 60 existe un claro punto de ruptura. Aunque dicha discontinuidad se produce en las dos series casi al mismo tiempo, y podría deberse a un cambio natural en la nubosidad, existen dudas razonables que obligan a poner en cuarentena la homogeneidad de los datos anteriores a esas fechas. Así, a continuación se presenta la evolución temporal de la serie conjunta desde 1961 al 2004, tanto en base anual como estacional. Se ha optado en este caso por estandarizar las series originales respecto a un periodo de referencia (1961-1990). Las series conjuntas obtenidas son consideradas homogéneas al 95% según el test de Von Neumann (se recuerda que las series del Fabra ya lo eran entre 1961 y 2004, pero no la serie anual y de otoño para Tortosa para el mismo periodo).

Los resultados (traducidos de nuevo a octas) manifiestan un aumento de la nubosidad total anual de 0.33 octas, lo que supone un +7.91% respecto a la media de 4.22 octas de las dos series, con una tendencia significativa a un nivel de confianza del 95% de acuerdo con el t-test. Este ligero aumento de la nubosidad anual (menor que el mostrado en el conjunto del periodo 1916-2004) se corresponde con tendencias positivas en las diferentes estaciones, aunque ni en invierno, primavera, ni verano se supera el nivel de confianza mencionado. Así, en invierno se constata un aumento del +0.29 octas (+6,63%), en primavera de +0.27 octas (+5.78%), y en verano de +0.32 octas (+8.91%). En cambio, el otoño (estación en la que se producen máximos de nubosidad en Fabra y máximos secundarios en Tortosa) presenta una tendencia ascendente significativa al nivel de confianza del 95%, con un ascenso de +0.65 octas (+14.91%).

Aunque en base anual se manifiesta un aumento significativo de la nubosidad, y únicamente en el otoño se obtiene la misma significación, hay que destacar que de la representación gráfica de las evoluciones anuales (Fig. 2c) y estacionales (Fig. 3) se desprenden diferencias importantes que deben de tenerse en cuenta antes de extraer conclusiones. En efecto, a nivel anual se evidencia una tendencia ascendente desde 1961 hasta mediados de los años 80, con un posterior descenso paulatino hasta la actualidad. Este mismo patrón temporal se presenta en primavera, y de forma menos marcada en invierno y verano. En cambio, para el otoño se observa una tendencia poco definida hasta mediados de los años 80, y posteriormente es cuando se aprecia un comportamiento ascendente que continúa hasta mediados de los años 90. Esta subida brusca es la que causa una tendencia positiva significativa en el conjunto de la serie otoñal, pues posteriormente se ha producido una estabilización o incluso descenso de la nubosidad total en otoño.

#### 4.3. Discusión de los resultados.

Llaman la atención las tendencias positivas observadas desde finales de los años 50 hasta principios de los años 80, que no han sido detectadas de forma tan marcada en ninguna otra variable analizada en España (CASTRO *et al.*, 2005), aunque no son tan extrañas en estudios similares realizados en otros países. Así, se han constatado aumentos de nubosidad en las últimas décadas en Norte América (ANGELL, 1990), la antigua Unión Soviética (SUN y GROISMAN, 2000), o países de Europa Occidental como Irlanda (PALLÉ y BUTLER, 2001), aunque también existen trabajos que muestran tendencias descendentes en China (QIAN *et al.*, 2006), Polonia (MATUSZKO, 2003) o Italia (MAUGERI *et al.*, 2001). A priori, y aunque las previsiones apuntan a una disminución de la precipitación, y consecuentemente se podría pensar de la nubosidad, en las zonas subtropicales (IPCC, 2001), la propia complejidad climática de la Península Ibérica conlleva que sea difícil detectar dichas tendencias con series pluviométricas centenarias (CASTRO *et al.*, 2005). Igualmente, es previsible la dificultad de generalización para una variable como la nubosidad, por los

## EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA NUBOSIDAD EN EL SECTOR COSTERO CATALÁN DESDE PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

problemas derivados de su cuantificación subjetiva y por la propia complejidad de la variable, que puede verse influida enormemente por factores geográficos locales o regionales.

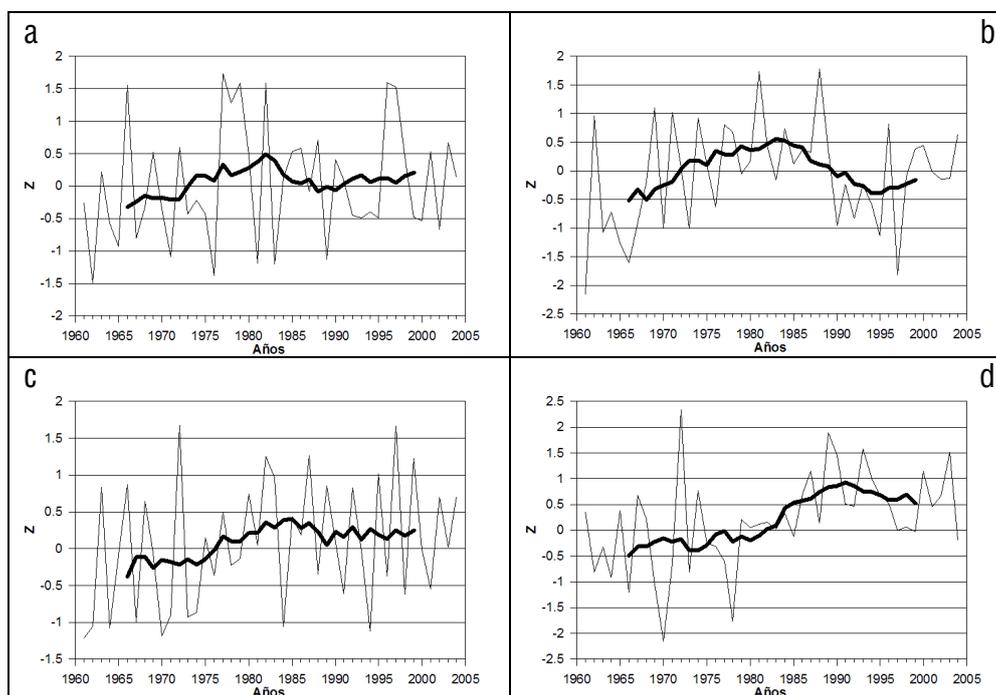


Fig. 3: Evolución temporal de la nubosidad de la serie conjunta (1961-2004) estandarizada respecto al periodo 1961-90. a) Invierno; b) Primavera; c) Verano d) Otoño.

Otro aspecto detectado en la serie conjunta anual es la importante muesca que se marca a principios de los años 90, que tiene su origen en descensos bruscos registrados en invierno y primavera, hasta 1995-96 aproximadamente. Este periodo está caracterizado para buena parte del conjunto peninsular por unas sequías importantes, que por lo visto se detectan claramente en los registros nefoscópicos de la costa catalana, zona poco conectada, a priori, con la fachada atlántica en variables como la precipitación.

## 5. CONCLUSIONES

Del análisis de las series casi seculares de dos estaciones cercanas a la costa catalana, se desprende que la nubosidad se comporta de forma parecida en ambos lugares: la media anual de nubosidad en Tortosa y Fabra (1961-2004) es de 4.12 octas y 4.31 octas respectivamente; y los máximos equinociales y el mínimo veraniego se corresponden casi exactamente, como se ha mostrado mediante los calendarios. En cuanto a las tendencias decadales, el resultado más robusto se ha obtenido para la serie conjunta construida a partir de ambas series estandarizadas, y para el período 1961-2004, en que dicha serie conjunta es homogénea. Este resultado indica que la nubosidad media anual ha aumentado en más de 0.3 octas entre 1961 y el 2004, sobre todo debido al rápido aumento que se produjo hasta mediados de los años 80.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Meteorología (INM), Observatori de l'Ebre y Observatori Fabra por cedernos los datos empleados en esta investigación. De estas dos últimas instituciones agradecemos, respectivamente, a Germán Solé y Antoni Gázquez. A Petr Štípánek por proporcionarnos el programa AnClim. La presente investigación se ha realizado en el marco del proyecto NUCLIER (CGL2004-02325), financiado por el MEC. Igualmente, uno de los autores disfruta de una beca predoctoral FPU del mismo ministerio.

## 7. REFERENCIAS

- AGUILAR, E.; AUER, I.; BRUNET, M.; PETERSON, T.C. y WERINGA, J. (2003). *Guidelines on Climate Metadata and Homogenization*. World Climate Programme Data and Monitoring, WMO-TD no. 1186, Geneva, 51 pp.
- ALEXANDERSSON, H. (1986): "A homogeneity test applied to precipitation data". *J. Climatol.*, 6, pp. 661-675.
- ANGELL, J.K. (1990). "Variation in United States cloudiness and sunshine duration between 1950 and the drought year of 1988". *J. Climate*, 3, pp. 296-308.
- BUISHAND, T.A. (1982). "Some methods for testing the homogeneity of rainfall records". *J. Hydrol.*, 58, pp. 11-27.
- CASTRO, M.; MARTÍN-VIDE, J. y ALONSO, S. (2005). El clima de España: pasado, presente y escenarios del clima para el siglo XXI. En MORENO, J.M. (Coord.). *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*, MMA, pp. 1-64.
- IPCC (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- LLACH, M. y CALBÓ, J. (2004). Aproximación a la climatología de la nubosidad en Cataluña. En: GARCÍA CODRÓN, J.C.; DIEGO LIAÑO, C.; FERNÁNDEZ DE ARROYABÉ, P.; GARMENDIA, C. y RASILLA, D. (Eds.). *El Clima, entre el Mar y la Montaña*. Publicaciones de la AEC, Serie A, nº 4, pp. 323-332.
- MARTÍN VIDE, J. y ESTEBAN, P. (1998). Metodología para la construcción de un calendario de nubosidad. El caso de Barcelona. *VIII Coloquio del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*, AGE, Bellaterra, Barcelona, pp.180-187.
- MATUSZKO, D. (2003). "Cloudiness changes in Cracow in the 20th Century". *Int. J. Climatol.*, 23, pp. 975-984.
- MAUGERI, M.; BAGNATI, Z.; BRUNETTI, M. y NANNI, T. (2001). "Trends in Italian total cloud amount, 1951-1996". *Geophys. Res. Lett.*, 28 (24), pp. 4551-4554.
- PALLÉ, E. y BUTLER, C.J. (2001). "Sunshine records from Ireland: cloud factors and possible links to solar activity and cosmic rays". *Int. J. Climatol.*, 21, pp. 709-729.
- QIAN, Y.; KAISER, D.P.; LEUNG, L.R. y XU, M. (2006). "More frequent cloud-free sky and less surface solar radiation in China from 1955 to 2000". *Geophys. Res. Lett.*, 33, L01812, doi:10.1029/2005GL024586.
- SUN, B. y GROISMAN, P.Y. (2000). "Cloudiness variations over the Former Soviet Union". *Int. J. Climatol.*, 20, pp. 1097-1111.
- SUN, B.; GROISMAN, P.Y. y MOKHOV, I.I. (2001). "Recent Changes in Cloud-Type Frequency and Inferred Increases in Convection over the United States and the Former USSR". *J. Climate*, 14, pp. 1864-1880.
- WMO (1975): *Manual on the observation of clouds and others meteors*. WMO, 407, 155 pp.