

MÉTODO PARA EL ANÁLISIS DE LA COBERTURA NUBOSA. APLICACIÓN A GIRONA

David PAGÈS FARRÉ, Josep CALBÓ ANGRILL y Josep-Abel GONZÁLEZ GUTIÉRREZ
Grupo de Física Ambiental. Universitat de Girona

RESUMEN

En el presente estudio proponemos una metodología para el estudio de la nubosidad partiendo del análisis de las distribuciones de frecuencia de octas de la cobertura nubosa total y de nubes bajas, tanto en base mensual, como estacional y anual, a partir de observaciones visuales de la cobertura y del tipo de nube. La elección de este tipo de medidas se ha hecho basándose en la concreción geográfica del estudio, ya que las medidas desde satélite aún no nos ofrecen suficiente resolución. Asimismo, se propone estudiar las evoluciones diarias de la cobertura y la persistencia de una determinada situación. En el caso de los datos utilizados para aplicar esta metodología, que corresponden al Aeropuerto de Girona, las distribuciones de las frecuencias de cobertura total y de nubes bajas son diferentes entre sí, pero existe un buen acuerdo entre las evoluciones anuales de sus promedios. El promedio anual de cobertura total es de 3.7 octas, el número de días despejados, 80, y el de días cubiertos, 55. Los meses más despejados son julio y marzo, y los más cubiertos son diciembre y septiembre. En general existe una ligera evolución diurna con mañanas menos cubiertas. Las nubes bajas representan alrededor del 57% de la cobertura total, aunque casi nunca llegan a cubrir todo el cielo.

Palabras clave: nubes, cobertura, nefología, clima, distribución, persistencia.

ABSTRACT

In this work we present a methodology to study the cloud cover from the analysis of the oktas frequency distributions of both the total cloud cover and the low clouds cover as monthly, seasonally and yearly, from visual observations of cover and type of cloud. Choosing of this kind of measures was done based on the regional focus of our study, since satellite measures don't have enough resolution. Both distributions are different and their variability in shapes also, although there is a good agreement between yearly evolutions of means. The clearest months are july and march, and the cloudiest are december and september. We've found a slight daily evolution increasing from morning. The low cover is near 57% from total cover, although it doesn't use to overcast the sky.

Key words: clouds, clima, cover, nephology, distribution, persistence

1. INTRODUCCIÓN

La nubosidad juega un papel de tal importancia en las predicciones meteorológicas y climáticas, que las incertidumbres existentes sobre su distribución, comportamiento e interacción con la radiación solar y terrestre en la atmósfera determinan de manera decisiva los resultados de los modelos (HOUGHTON *et al.*, 1996). Por ello, han proliferado los estudios para reducir estas incertidumbres a diferentes escalas temporales y espaciales (e.g. HOUGHTON *et al.*, 1996). A escala global ya se han obtenido resultados con distintas metodologías, como en ROSSOW (1993), WARREN *et al.* (1988), NEW *et al.* (1999), para establecer la distribución espacial y temporal de la cobertura de distintos tipos o niveles de nubosidad a bajas resoluciones. A escala regional debemos mejorar igualmente el conocimiento de la cobertura y tipo de nubosidad para poder utilizar modelos climáticos y meteorológicos regionales. En la Península, aunque los estudios sobre la climatología de la cobertura nubosa empezaron ya a finales del siglo XIX (PATXOT, 1908), todavía son pocos (e.g. CAPEL MOLINA, 1981; FONT, 1983) y no lo suficientemente completos, aunque recientemente han aparecido algunas publicaciones novedosas desde el punto de vista metodológico (MARTÍN-VIDE y ESTEBAN, 1998).

Las metodologías utilizadas hasta el momento para los estudios se basan en general en observaciones visuales obtenidas desde plataformas terrestres o en medidas radiométricas desde satélite. Las observaciones visuales tienen una cobertura espacial deficiente y adolecen de subjetividad, pero tienen una resolución espacial mayor y a menudo periodos de observación más largos. Las medidas desde satélite tienen una cobertura espacial muy buena, pero la resolución espacial o temporal no son suficientes a escala regional, no disponemos de series suficientemente largas y siempre son medidas indirectas. El interés de realizar una climatología basada en observaciones visuales es importante porque, además de realizarse a partir de datos ya disponibles con series largas, servirá para validar las que se realicen con otras medidas, en particular las obtenidas desde satélite.

Por otra parte, tal como se indica en JONES (1992) la forma de la distribución de frecuencias de cobertura anual por octas varía de unas estaciones meteorológicas a otras, hecho que impide utilizar sólo el promedio aritmético de la cobertura para poder realizar comparaciones entre diferentes puntos de observación. Esto puede ocurrir también con las distribuciones mensuales de una misma estación de medida. Por todo ello, parece aconsejable estudiar las distribuciones de frecuencia de la cobertura.

La investigación que se realiza en el Grupo de Física Ambiental de la Universitat de Girona en buena parte versa sobre la transferencia de la radiación solar a través de la atmósfera, campo en el que debemos incluir la interacción con las nubes. El presente estudio nace de la necesidad de establecer las particularidades y posibilidades de caracterización del comportamiento de cada tipo de cobertura, para su utilización en un proyecto de detección automática de la cobertura nubosa.

Los datos utilizados fueron obtenidos en el aeropuerto de Girona entre 1994 y 1997, con tres observaciones visuales al día (7h, 13h y 18h LST) de la cubierta total e inferior, junto al tipo de nubes. La cobertura se mide en octas, aunque sólo se reporta 0 octas si no hay nube alguna y 8 octas en caso de cielos totalmente cubiertos. Se consideraron nubes bajas a los siguientes géneros: St, Sc, Ns y Fg (niebla) además de las nubes de desarrollo vertical Cu y Cb. El resto (Ac, As, Ci,

Cc y Cs) se consideraron como nubes medias y altas. Con los datos de cobertura total e inferior no se puede deducir la cobertura de nubes altas y medias a menos que utilicemos una hipótesis de superposición (*overlap assumption*). A las observaciones visuales de la cobertura nubosa les asignamos un error máximo de 1 octas dado que esta es la resolución de la escala de medida, sin tener en cuenta la subjetividad asociada al criterio y experiencia del observador (HUGHES, 1984).

Dado que la serie es demasiado corta para asignarle representatividad climática, la utilidad de este trabajo es ilustrar la metodología que proponemos para el estudio de la cobertura nubosa (basada en el análisis de las distribuciones de frecuencia de base mensual, estacional y anual, de los promedios y de las evoluciones temporales), siempre distinguiendo la cobertura total de la cobertura de nubes bajas y de desarrollo vertical para destacar su diferente comportamiento.

2. ESTUDIO EN BASE MENSUAL

2.1. Distribución de las frecuencias de cobertura nubosa

Proponemos analizar las distribuciones de frecuencia de octas en base mensual para tener una descripción más completa del tipo de cobertura y poder realizar comparaciones intermensuales con mayor precisión.

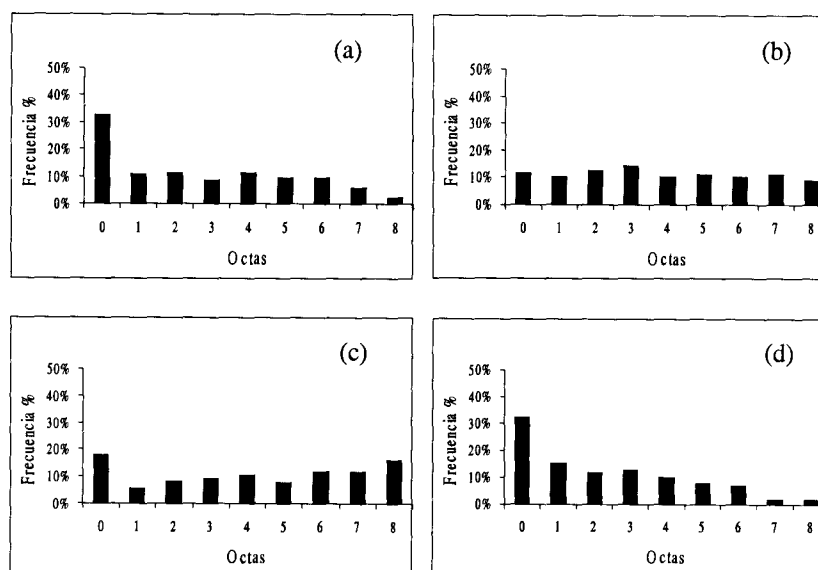


Fig. 1: Distribución de frecuencias por octas de cobertura total en julio (a), septiembre (b), diciembre (c). Cobertura de nubes bajas y de desarrollo vertical durante el mes de diciembre (d).

En el caso de la estación de Girona, la cobertura nubosa total presenta, según los meses, tres formas diferentes que en ningún caso son gaussianas: distribuciones de forma unimodal con clara predominancia de los cielos totalmente despejados en los meses de febrero a agosto (Fig. 1a), distribuciones bimodales con máximos en los cielos cubiertos y en los despejados de octubre a enero (Fig. 1c), y una distribución bastante homogénea con un máximo poco destacado en las 3 octas en septiembre (Fig. 1b).

Por el contrario, la cobertura de la familia de nubes bajas y de desarrollo vertical presenta en todos los meses excepto en septiembre una distribución unimodal con máximo destacado en las 0 octas (cielos sin nubes bajas) y frecuencias casi inapreciables de cielos totalmente cubiertos de nubes bajas (Fig. 1d). En septiembre el máximo de la distribución se sitúa en 2 octas. Esta homogeneidad temporal en la forma de la distribución distingue este tipo de cobertura respecto a la cobertura total.

2.2. Promedios mensuales de la cobertura nubosa

Aunque los datos de cobertura presentan desviaciones estándar altas (del orden del promedio) debido a las formas de la distribución de frecuencias por octas que se han comentado en el apartado anterior, incluimos el estudio del promedio como parte de la metodología, por ser un parámetro útil para la comparación intermensual de la cobertura y por ser la variable de uso más corriente.

En el caso de la estación de Girona, la cobertura total evoluciona suavemente de un mes a otro y presenta dos mínimos en julio y marzo y dos máximos en diciembre y mayo, evolución que no concuerda con la dada en CAPEL MOLINA (1981), donde no aparece el mínimo de marzo aunque se indica un posible mínimo secundario invernal. Respecto a la cobertura de la familia de nubes bajas y de desarrollo vertical, la evolución de los promedios es muy parecida a la de cobertura total, tal como se puede observar en la figura 2. Una alternativa a la evolución mensual aquí presentada es la obtención de un calendario de nubosidad en la manera que proponen MARTÍN-VIDE y ESTEBAN (1998), aunque para ello es conveniente disponer de una serie más larga. En todo caso, el calendario que estos autores presentan para observaciones realizadas en Barcelona a las 8h entre 1951 y 1980 muestra también un mínimo claro en verano y un máximo en las estaciones equinocciales, aunque no se registra el mínimo de marzo.

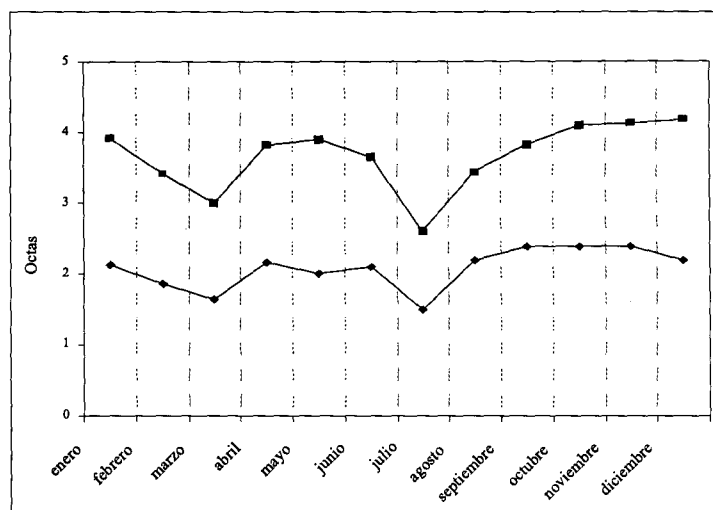


Fig. 2: Evolución anual del promedio mensual de la cobertura total (cuadros) y cobertura de nubes bajas y de desarrollo vertical (diamantes).

De la comparación de los valores mensuales de cobertura de nubes bajas respecto a la cobertura total, observamos que la primera suele ser una parte importante de la cobertura total (promedio de 57%), aunque en agosto y septiembre es claramente superior (63%), mientras que en mayo ocurre lo contrario (52%). Este hecho debe estar relacionado con el distinto origen dinámico de estas coberturas.

2.3. Evolución diurna de la cobertura nubosa

La evolución diurna puede dar información acerca del origen de la nubosidad y es una variable importante para caracterizar su comportamiento. Aquí se estudia la evolución diaria de la cobertura en base a los tres datos disponibles (mañana, mediodía y tarde). Para ello se han obtenido los promedios de cobertura (total y de nubes bajas) para cada una de las horas.

En el caso de la serie analizada, encontramos que en todos los meses la cobertura matutina (7h) es inferior a la del resto del día y que julio es el mes menos cubierto a cualquier hora del día. Los máximos y mínimos de la comparación intermensual se sitúan de forma parecida para cualquier hora del día. A las 13h y las 18h la moda de las distribuciones dentro de cada mes ya no se sitúa en las 0 octas y en algunos meses llega a ser de 8 octas.

La cobertura de nubes bajas y de desarrollo vertical no presenta evolución diurna definida de octubre a marzo. En cambio de abril a septiembre el máximo se registra al mediodía, hecho que se puede atribuir a procesos de convección, sobre todo durante el verano, cuando la cobertura del mediodía aumenta considerablemente respecto a la de la mañana (con incrementos máximos del 74% en julio y del 45% en junio).

3. ESTUDIO EN BASE ESTACIONAL

3.1. Distribución de frecuencias y promedios de cobertura nubosa

Incluimos el análisis de los promedios y de las distribuciones de frecuencia en base estacional como parte de la metodología. Para ello hemos agrupado los meses del modo habitual: invierno (diciembre, enero y febrero), primavera (marzo, abril y mayo), verano (junio, julio y agosto) y otoño (septiembre, octubre y noviembre).

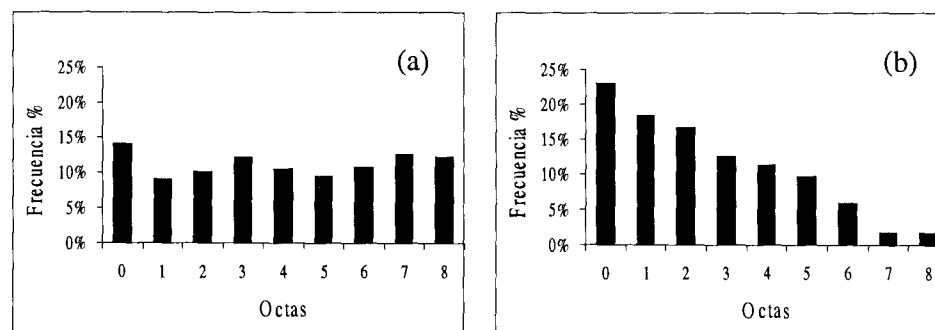


Fig. 3: Distribución de frecuencias de octas de cobertura total a) y de cobertura de nubes bajas y de desarrollo vertical b) durante el otoño.

En el caso de la serie de Girona, la estación más cubierta es evidentemente otoño, con una distribución de frecuencias respecto a las octas muy uniforme (Fig. 3a) y la menos cubierta es el verano. El resto de estaciones presentan un máximo destacado en las 0 octas (con frecuencias cercanas al 25%), y frecuencias parecidas para el resto de las octas.

Si definimos el régimen nefológico como la ordenación de las estaciones de mayor a menor cobertura nubosa promedio, encontramos que, en Girona y durante el periodo estudiado, este régimen es OIPV (Otoño, Invierno, Primavera, Verano), lo cual no coincide con el régimen pluviométrico (OPIV según CLAVERO *et al.*, 1996). Ello puede ser debido, o bien a que los periodos de observación son distintos, o bien a que la cobertura nubosa y la pluviometría no están del todo correlacionadas.

En la cobertura de nubes bajas y de crecimiento vertical el régimen coincide con el de cobertura total aunque, lógicamente, con promedios claramente inferiores. Respecto a las distribuciones, estas son unimodales en las 0 octas y disminuyen progresivamente a medida que aumenta la cobertura (lógico, puesto que todos los meses tienen idéntico comportamiento, ver Fig 3b).

3.2. Evolución diurna de la cobertura

En lo que se refiere a la cobertura total, en todas las estaciones se presenta el mínimo por la mañana, y el régimen nefológico persiste para cualquier hora del día. Por otra parte, verano es la estación con una evolución diurna más destacada, pasando de 2.6 octas a las 7h a 3.4 octas a las 13h.

La evolución diurna de la cobertura estacional de nubes bajas y de desarrollo vertical sigue una evolución diferente a la de la cobertura total. El máximo de este tipo de nubes se sitúa claramente al mediodía y sólo hay diferencias claras entre estaciones a las 7h, donde se manifiesta el mismo régimen nefológico que el promedio diurno (OIPV). El invierno se diferencia del resto de estaciones del año en que las nubes bajas no evolucionan apreciablemente a lo largo del día, mientras que el verano es la estación con evolución diurna más acentuada y otoño sigue presentando el máximo de cobertura a cualquier hora.

La evolución de la proporción de cobertura de nubes bajas y de desarrollo vertical respecto a la cobertura total a lo largo del día es marcada y con máximo al mediodía para las estaciones de verano y primavera, mientras que para invierno y otoño decrece ligeramente con la hora, hecho atribuible posiblemente a la disipación de las nieblas matinales.

4. ESTUDIO EN BASE ANUAL

4.1. Análisis estadístico

El análisis de las distribuciones de frecuencia en base anual servirá para la comparación con otros observatorios, así como para una completa caracterización de la nubosidad. Otros valores útiles para esta caracterización serán el promedio de cobertura (en octas), el número de días despejados y de días cubiertos, y la nubosidad en porcentaje. Siguiendo a CAPEL MOLINA (1981) se considera día despejado si el promedio de cobertura durante ese día es inferior a 20%, día cubierto si el promedio de cobertura durante ese día es superior al 80% y día nuboso al resto. En el caso de que la observación se realice en octas, como para nuestros datos, hemos considerado día despejado aquél cuyo promedio de cobertura total (entre los tres datos del día) es inferior a 1.5 octas, y día cubierto aquél cuyo promedio es superior a 6.5 octas. Por otra parte, el mismo autor define la nubosidad, N , en tanto por ciento, como $(50+50(C-D)/n)$ donde C es el número de días cubiertos, D es el número de días despejados y n es el número total de días de los que se dispone de datos.

En Girona y según la serie de 4 años aquí analizada, el promedio anual es de 3.7 octas. Por otro lado, el número medio de días despejados es de 80 y el de cubiertos, 55, dando lugar a una nubosidad del 46.6%. Estos valores, especialmente el de días cubiertos, son distintos a los publicados en CAPEL MOLINA (1981) para Girona: $D=74$, $C=84$, $N=51.3\%$. Las diferencias pueden explicarse por el distinto periodo de datos (del 1931 al 1960 en la citada publicación), el lugar exacto de observación, y la conversión de octas a días cubiertos y despejados. Por ejemplo, si consideramos día cubierto aquél con promedio superior a 6 octas y día despejado, inferior a 2, se obtiene $D=96$, $C=64$, $N=45.7\%$, lo que indica la sensibilidad de D y C a esta conversión pero la robustez de N . Según la climatología del ISCCP (2000) que comprende el periodo julio de 1983 a diciembre de 1993, el píxel en el cual está situada Girona tiene un valor de cobertura total promedio de 54.7%, de nuevo diferente al valor que hemos obtenido, hecho atribuible probablemente a la gran extensión del píxel ($2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$) o, de nuevo, al periodo de observación considerado.

La distribución de frecuencias por octas (Fig. 4) presenta un máximo absoluto en 0 (21%), y frecuencias muy parecidas entre el resto de octas. Esta distribución evidentemente enmascara las distintas distribuciones que se obtienen a lo largo del año (e.g. distribución de septiembre).

En el caso de la cobertura de nubes bajas y de desarrollo vertical, el promedio anual es de 2.1 octas, con 152 días despejados (de nubes bajas) y sólo 5 días cubiertos, lo que resulta en una nubosidad de nubes bajas $N_b=29.8\%$. No disponemos de ninguna referencia para comparar estos valores, excepto el 14.4% de cobertura promedio de nubes bajas (sin contar las de desarrollo vertical) que da la climatología del ISCCP. A diferencia de la cobertura total, la distribución de frecuencia en base anual es representativa de lo que ocurre en todos los meses (excepto septiembre). Cabe destacar que sólo 43 de las 4377 observaciones corresponden a 8 octas de nubes bajas, 31 de las cuales corresponden a niebla o *stratus*. Esto indica la escasez de situaciones con niebla en la estación analizada.

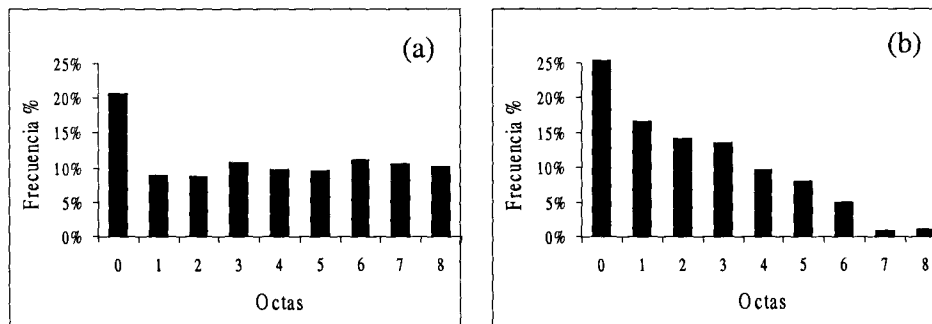


Fig. 4: Distribución de frecuencia anual de octas de cobertura total (a) y de cobertura de nubes bajas y de desarrollo vertical (b).

4.2. Evolución diurna de la cobertura

También consideramos importante incluir este análisis en base anual por el interés que tiene un hipotético ciclo diurno de la cobertura. En nuestro caso de estudio, destacamos que sí existe un ciclo diurno apreciable (Fig. 5), con incremento en ambas coberturas de mañana a mediodía. En cuanto a la distribución de frecuencias por octas, para la cobertura total pasa de tener un máximo destacado en las 0 octas por la mañana, a una distribución muy uniforme durante el resto del día. Para las nubes bajas y de desarrollo vertical, en cambio, la distribución es parecida a cualquier hora, con máximo siempre a 0 octas y disminuyendo al aumentar la cobertura, aunque este máximo sea menos destacado al mediodía y por la tarde. Esto puede ser debido al incremento de la presencia de nubes de origen convectivo en estas horas. Por otro lado, sólo por la mañana hay frecuencia apreciable de 8 octas de cobertura de nubes bajas (de los 43 registros arriba mencionados, 30 corresponden al dato matutino).

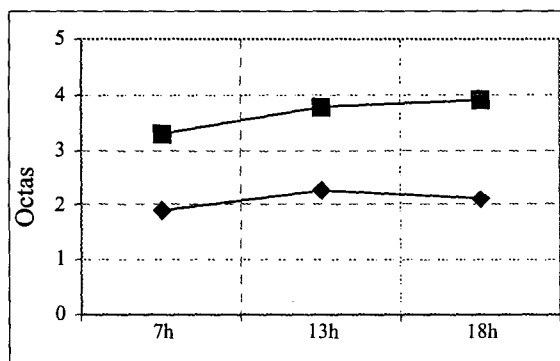


Fig. 5: Evolución horaria del promedio de cobertura total (cuadrados) y cobertura de nubes bajas y de desarrollo vertical (diamantes)

4.3. Persistencias

Otro factor que parece interesante de considerar es la existencia o no de situaciones más o menos persistentes en la cobertura nubosa. Después de algunos análisis previos, hemos decidido agrupar las posibles coberturas en tres grupos: 0-1 octas (podríamos hablar de cielos despejados), 2-6 octas (nuboso, es decir, cielos parcialmente o bastante cubiertos) y 7-8 octas (cielos cubiertos). A continuación, definimos diversos tipos de persistencia. La persistencia MM será la probabilidad de que, dada una determinada observación matutina, la del mediodía coincida con ella. La persistencia MMT será la probabilidad de que además, la observación de la tarde también sea coincidente. La persistencia Pn será la probabilidad de que dada una observación, las siguientes n-1 consecutivas presenten coberturas del mismo grupo. Finalmente, la persistencia Dn es la probabilidad de que si un día es despejado, nuboso, o cubierto, los siguientes n-1 días presenten cobertura del mismo grupo. Todas las persistencias pueden calcularse para la cobertura total y la de nubes bajas.

Los resultados de este análisis para la serie de Girona aquí analizada se resumen en la Tabla 1. La máxima persistencia para la cobertura total suele corresponder a los cielos nubosos, aunque los

Tabla 1: PERSISTENCIAS DE COBERTURA NUBOSA EN GIRONA (%)

Persistencia		MM	MMT	P2	P3	P4	D2	D3
Cobertura total	0-1	51	31	58	38	25	39	17
	2-6	73	58	61	37	23	67	46
	7-8	54	36	54	33	22	41	22
Cobertura nubes bajas	0-1	60	50	70	53	41	59	36
	2-6	82	70	70	50	38	69	48
	7-8	13	7	17	5	0	50	44

tres tipos de cielo son bastante persistentes en general. En particular, MM nos indica que en más del 50% de los casos, la cobertura del mediodía es la misma que por la mañana. También en P2 se observa que más del 50% de las observaciones coinciden con la anterior, porcentaje que disminuye a menos del 40% para la coincidencia entre tres observaciones seguidas (P3). D1 y D2 nos indican que la probabilidad de que se repita una o dos veces seguidas un día nuboso es bastante alta, mientras que no sucede lo mismo para cielos cubiertos y despejados. No obstante, hay que recordar que las situaciones descritas como nuboso incluyen un rango más amplio de posibles coberturas (de 2 a 6 octas).

En el caso de las nubes bajas, debemos destacar que es más persistente que la cobertura total, a excepción de los cielos cubiertos (en realidad, el escaso número de cielos cubiertos registrados impide que los resultados sean fiables). Cabe destacar que la probabilidad de que un cielo sea nuboso al mediodía si lo ha sido por la mañana es del 82%, y que hay una probabilidad cercana al 70% de que se repita un día nuboso.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos visto cómo más allá del promedio de cobertura nubosa en un observatorio, que suele ser el único valor estudiado, conviene analizar otros muchos factores para su completo conocimiento climático. Uno de ellos es la forma de la distribución de frecuencias, elemento fundamental para conocer el comportamiento de la cobertura nubosa y para poder realizar comparaciones intermensuales o entre estaciones. Otro factor que hemos considerado necesario analizar es la evolución y persistencia temporal, tanto en un día, para poder comprobar hipótesis sobre el ciclo diurno de la cobertura relacionado con la formación de las nubes, como a lo largo del año, para definir el régimen nefológico. También hemos comprobado cómo la cobertura de nubes bajas tiene un comportamiento diferente al de cobertura total y que por lo tanto debe estudiarse por separado.

La metodología aquí presentada es susceptible de ser aplicada a cualquier serie de observaciones de nubosidad que contenga diversas observaciones cada día, y que distinga tanto cobertura como tipo de nubes. Para una descripción climática de la nubosidad debería aplicarse sobre series más largas que la que en el presente trabajo se ha utilizado a modo de ejemplo. También sería interesante aplicar dicha metodología a diversos puntos de observación de un mismo territorio. Con ello, aparte de los factores comentados, podría ser interesante añadir el tiempo característico de variación y la distancia característica de correlación en nuestro territorio.

6. AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha llevado a cabo gracias a un proyecto de colaboración científica entre el Servei de Meteorologia de Catalunya del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya y el Departament de Física de la Universitat de Girona. También debemos agradecer al Instituto Nacional de Meteorología el habernos proporcionado los datos en los cuales se basa este estudio.

7. REFERENCIAS

CAPEL MOLINA, J.J. (1981): “*Los climas de España*”. Ed. Oikos-tau S.A., Vilassar de Mar, 429 pp.

CLAVERO, P., MARTÍN-VIDE, J. y RASO, J.M. (1996): “*Atles Climàtic de Catalunya*”. Institut Cartogràfic de Catalunya, Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, Barcelona.

FONT, I. (1983): “*Climatología de España y Portugal*”. Sección de Publicaciones del Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, 296 pp.

HOUGHTON, J.T., MEIRA FILHO, L.G., CALLENDER, B.A., HARRIS, N., KATTENBERG, A. y MASKELL, K. (Eds.) (1996): “*Climate Change. The Science of Climate Change*”. IPCC, Cambridge University Press, New York, pp. 345-346.

HUGHES N.A. (1984): “Global cloud climatologies: a historical review”. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, 724-751.

ISCCP (2000): “International Satellite Cloud Climatology Project”: <http://isccp.giss.nasa.gov/>

JONES, P.A. (1992): “Cloud cover distributions and correlations”. *Journal of Applied Meteorology*, 31, 732-741.

MARTÍN VIDE, J. y ESTEBAN VEA, P. (1998): “Metodología para la construcción de un calendario de nubosidad. El caso de Barcelona”. En ALEGRE NADAL, P. (Ed.): “Tecnología geográfica para el siglo XXI”, *VII Coloquio del Grupo de Métodos Cuantitativos*, Sistema de Información Geográfica y Teledetección de la Asociación de Geógrafos Españoles, Universitat Autònoma de Barcelona, pp.180-187.

NEW, M., HULME, M. y JONES, P. (1999): “Representing Twentieth-Century Space-Time Climate Variability. Part I: Development of a 1961-90 Mean Monthly Terrestrial Climatology”, *Journal of Climate*, 12, 829-856.

PATXOT, R. (1908): “*Observacions de Sant Feliu de Guíxols: resultats del 1896 (parcial) al 1905*”. Tipografia l’Avenç, Barcelona, 306 pp.

ROSSOW, W.B. (1993): “Solar Irradiance”. En GURREY, R.J. FOSTER, J.L. y PARKINSON C.L. (Eds.): *Atlas of Satellite Observations related to Global Change*, Cambridge University Press, NY.

WARREN, S.G. HAHN, C.J. LONDON, J. CHERVIN, R.M. y JENNE, R.L. (1988): “*Global distribution of total cloud cover and cloud type amounts over land*”. US Department of Energy. Carbon Dioxid Research Division.