

METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CALENDARIO DE NUBOSIDAD. EL CASO DE BARCELONA

Javier Martín Vide

Pere Esteban Veà

Dep.Geografía Física y A.G.R., Universidad de Barcelona

1. Introducción.

Los calendarios de variables climatológicas resultan de notable utilidad para la planificación temporal de actividades socioeconómicas, en especial, las desarrolladas total o parcialmente al aire libre. Tales calendarios, con resolución evidentemente diaria, precisan mucho la distribución temporal que supone el llamado régimen o ritmo mensual, es decir, el reparto medio mensual de la variable considerada. Los calendarios pueden presentarse, en formato numérico o gráfico, como valores medios, valores frecuenciales, probabilidades de ocurrencia, índices, etc.

La nubosidad ha sido un parámetro meteorológico tradicionalmente poco observado y medido de forma sistemática, a pesar de que no requiere instrumento alguno para ello. La cantidad de nubes, o nubosidad en sentido estricto, y sus géneros, o tipos principales, sólo exigen del observador un cierto conocimiento y experiencia personal. Una observación estándar de nubosidad viene expresada, por ejemplo, de la siguiente manera: "3/8 de cielo cubierto con Cirrostratus y Altocumulus". La primera parte del ejemplo, "3/8 de cielo cubierto", alude a la cantidad de nubes presentes en el cielo, lo que se expresa en octavos u octas. Para ello se supone el cielo visible dividido en 8 partes, determinándose a estima cuántas están cubiertas por las nubes en el momento de la observación. Por tanto, existen 9 grados de nubosidad, desde 0 octas, que corresponde al cielo despejado, hasta 8 octas, o cielo cubierto (totalmente). La práctica confirma que dos observadores medianamente experimentados en la observación de la nubosidad no difieren en el valor de sus estimas. Por otra parte, aunque décadas atrás se utilizaron décimas, en lugar de octavos, estos últimos permiten una gradación suficiente y evitan algunas discrepancias que pueden surgir al usar escalas más detalladas. La determinación de la nubosidad en sentido estricto es, pues, un simple ejercicio de

observación. La segunda parte del ejemplo, "Cirrostratus y Altocumulus", indica el tipo de nubes observadas, entre 10 posibles, o géneros, partiendo del principio de que toda nube pertenece a uno y sólo un género. Esta segunda determinación no siempre resulta sencilla, dado que, por ejemplo, los tipos observados a menudo están en fase de transición entre dos géneros. La experiencia del observador es decisiva para el correcto registro de los géneros de nubes.

Muy pocos son los observatorios meteorológicos que registran la nubosidad (cantidad y tipo). Una notable excepción la constituyen los observatorios de los aeropuertos, donde tal registro es obligado en función de la propia seguridad del transporte aéreo. Además, también se anota en los restantes observatorios considerados de primer orden o completos. Esta escasez de datos explica en parte el reducido número de trabajos publicados en España sobre nubosidad (AZCÁRATE, 1998), aun cuando ésta condiciona muchas actividades económicas, desde el turismo al aprovechamiento de la energía solar. A pesar de esto, hay que señalar, aunque sea sólo como nota histórica, las relevantes aportaciones de algunos meteorólogos catalanes durante la primera mitad de siglo en los estudios y los atlas sobre clasificación de nubes (COMITÈ METEOROLÒGIC INTERNACIONAL, 1935), que han inspirado recientemente algunas guías prácticas (MARTÍN VIDE, GRIMALT y MAURI, 1996).

2. Datos y metodología.

La metodología propuesta se aplica al caso del observatorio Fabra, sito en el municipio de Barcelona, cuyas coordenadas geográficas son: $\varphi = 41^{\circ}24'59''N$; $L = 0h\ 8m\ 30s$. E Greenwich; $h = 420,11m$ (cubeta barómetro). El observatorio Fabra posee registros largos, fiables y sistemáticos de nubosidad de las 8 horas, para el período 1951-1980, así como anteriormente (OBSERVATORIO FABRA, varios/años). La elección del treintenio indicado se ha realizado por la homogeneidad del horario de las observaciones, siempre a las 8 horas solares, así como por haber sido realizadas por el mismo observador (Santiago Campo Cunchillos). Hay que indicar, no obstante, que hasta 1976 la nubosidad fue expresada en décimas y, posteriormente, en octas. Se tiene, así, 30 valores de nubosidad para cada fecha del año, excepto para el 29 de febrero, que cuenta con 8.

Por tratarse de un calendario medio, el procedimiento metodológico comienza hallando para cada fecha el promedio, expresado en octas, de sus 30 valores (8 para el 29 de febrero), una vez convertidas las décimas, si las hubiera, en octas. De esta manera se dispone de la nubosidad media por fecha. Los dientes de sierra de la gráfica suelen ser numerosos, traduciendo en muchos casos pequeñas irregularidades fruto del azar, sin significación climática. Para eliminar estas irregularidades pueden hallarse medias móviles centradas de cada fecha con diferentes intervalos, de 5 en 5, de 11 en 11, de 15 en 15, etc. Las medias móviles de las primeras y de las últimas fechas del calendario se calculan suponiendo que el calendario es cíclico, de modo que el valor que sigue al del 31 de diciembre es el del 1 de enero, etc.

Una vez calculadas las medias móviles de 15 en 15 (M), que para el caso de estudio se ha revelado como la media móvil que provee el suavizado más conveniente, suficientemente fino como para eliminar las irregularidades no significativas, pero sin ocultar las que reflejan comportamientos climáticos, se clasifican las fechas en los siguientes tres grupos:

- fecha con mucha nubosidad: $3C < M$
- fecha normal en nubosidad: $1C \leq M \leq 3C$
- fecha con poca nubosidad: $M < 1C$

siendo M la media móvil centrada de 15 en 15 y 1C y 3C el primer y el tercer cuartil, respectivamente, de la distribución muestral de las citadas medias móviles. Por tanto, un 50% de las fechas son consideradas como normales y el resto, repartido en dos grupos, con el 25% cada uno, son fechas con mucha y con poca nubosidad.

Se define, entonces,

- período con mucha nubosidad: conjunto de tres o más fechas con mucha nubosidad sucesivas, separadas como máximo por dos fechas de otro tipo.
- período con poca nubosidad: conjunto de tres o más fechas con poca nubosidad sucesivas, separadas como máximo por dos fechas de otro tipo.

Estos criterios, ya desarrollados y aplicados para la frecuencia y la cantidad de la precipitación por MARTÍN VIDE (1987), van encaminados a eliminar las irregularidades menos significativas y a aminorar la imprecisión astronómica que concurre en cada fecha. Por esto no se consideran que constituyan período, con mucha o con poca nubosidad, una o dos fechas separadas de otras del mismo tipo por más de dos fechas diferentes.



3. Resultados: el calendario de nubosidad

La nubosidad media por fecha, a las 8 horas, del caso de estudio se representa en la figura 1. El valor medio global es de 4,2 octas. Se aprecian en la gráfica, a pesar de las irregularidades que dibujan numerosos dientes de sierra, las pautas principales de su variación a lo largo del año. La nubosidad es más abundante en las estaciones equinocciales que en el resto del año. Se observa un mínimo acusado en verano, cuyos valores más bajos se registran hacia mediados de julio. Aplicando el procedimiento expuesto en el apartado anterior, se halla la media móvil de 15 en 15 de cada fecha, representada también en la figura 1. Nótese que el comportamiento bastante regular a lo largo del año de esta media pone en evidencia las variaciones más significativas del calendario de nubosidad. La caída del número medio de octas desde la última decena de mayo hasta mediados de julio, por ejemplo, es sostenida, casi sin irregularidades, lo que refleja con fidelidad el final de la primavera y la entrada de la temporada estival. Los valores más bajos de la media móvil de 15 en 15 corresponden al 14 y al 17 de julio, con 2,9 octas; el más alto, al 27 de septiembre, con 4,8 octas. Finalmente, se han obtenido los períodos con mucha y con poca nubosidad, a partir de los cuartiles primero (4,1) y tercero (4,5) de las medias móviles de 15 en 15, que recoge la tabla 1.

Tabla 1: Períodos con mucha y con poca nubosidad en Barcelona, a las 8 horas

<i>Períodos con mucha nubosidad</i>	<i>Períodos con poca nubosidad</i>
14 marzo al 5 de abril (23 días)	10 de febrero al 3 de marzo (23 días)
9 al 15 de abril (7 días)	12 de junio al 21 de agosto (71 días)
21 de mayo al 3 de junio (14 días)	24 al 28 de octubre (5 días)
14 de septiembre al 17 de octubre (34 días)	
3 al 9 de noviembre (7 días)	
9 al 22 de diciembre (14 días)	

En total, 99 días constituyen períodos con mucha nubosidad y otros 99 días, períodos con poca nubosidad. El hecho de que superen ligeramente el 25% de las fechas del año

deriva del procedimiento de definición de los períodos, que pueden englobar una o dos fechas cualesquiera entre dos períodos de un mismo tipo.

El período con poca nubosidad del 24 al 28 de octubre constituye una auténtica singularidad (MARTÍN VIDE, 1979; GÓMEZ NAVARRO, 1994), por la muesca clara que supone entre dos períodos próximos con mucha nubosidad. Su explicación, difícil, puede tener que ver con el inicio del establecimiento de las situaciones anticiclónicas de otoño-invierno, causantes de jornadas de calma en noviembre, que hasta reflejan los calendarios populares (veranillo de San Martín), aunque aquí se presenta francamente adelantado. A mediados de noviembre se dan valores de nubosidad relativamente bajos, acordes con lo anteriormente dicho, aunque sin llegar a constituir un período con poca nubosidad.

4. Otros resultados: la aplicación del análisis armónico y la correlación de la nubosidad con la precipitación

Se ha ensayado el ajuste de los valores medios mensuales de nubosidad mediante el análisis de Fourier. Como el comportamiento de la nubosidad a lo largo del año en Barcelona es bastante complejo, con doble máximo equinoccial, un mínimo acusado en julio y otro secundario en febrero, el citado procedimiento de análisis armónico se ha revelado insatisfactorio, al contrario de lo que ocurre con el ajuste de los valores de temperatura media mensual (MARTÍN VIDE, 1991). En la tabla 2 se presentan los valores mensuales medios observados y los obtenidos considerando hasta cuatro armónicos, según la función:

$$y = 4,2 + 0,22\text{sen}(x+19,6^\circ) + 0,08\text{sen}(2x+115,3^\circ) + 0,15\text{sen}(3x+180^\circ) + 0,31\text{sen}(4x+59,6^\circ)$$

Por otra parte, se ha ensayado la correlación entre los valores de nubosidad media y los correspondientes valores del número de días de precipitación, o frecuencia, de cada fecha, así como las cantidades medias de precipitación por fecha. Los datos de frecuencia y de cantidad de precipitación usados han sido los del período 1941-70 (MARTÍN VIDE, 1987). Los valores del coeficiente de correlación son: 0,42, para la correlación nubosidad/frecuencia de la precipitación, y 0,27, para la correlación nubosidad/cantidad de precipitación. De estos valores se desprenden tres conclusiones.

En primer lugar, la nubosidad está correlacionada positivamente con la precipitación, considérese su frecuencia o su cantidad, cuya explicación resulta obvia. En segundo lugar, la nubosidad por fecha está mejor correlacionada con la frecuencia de la precipitación, es decir, con la ocurrencia o no de lluvia, que con la cantidad registrada, lo que es de esperar, dado que, en general, a mayor nubosidad, mayor probabilidad de precipitación (la lluvia casi siempre se produce con 8 octas), pudiendo, en cambio, ser su cantidad muy dispar. Finalmente, ambas correlaciones son modestas, dado que, por una parte, el dato de nubosidad refiere a una hora determinada, matutina, mientras que los de precipitación reflejan la realidad a lo largo de toda una jornada, y, por otra, un porcentaje notable de la precipitación en Barcelona tiene un carácter convectivo, cuyas nubes suelen desarrollarse a partir del mediodía (aparte de la no coincidencia de los períodos analizados para la nubosidad y la precipitación).

Tabla 2: Valores medios observados y obtenidos mediante análisis de Fourier de nubosidad (en octas).

	<i>Observados</i>	<i>Fourier(1 ar)</i>	<i>Fourier(2 ar)</i>	<i>Fourier(3 ar)</i>	<i>Fourier(4 ar)</i>
Enero	4,2	4,4	4,4	4,3	4,3
Febrero	4,1	4,1	4,0	4,0	3,8
Marzo	4,5	4,0	4,0	4,2	3,9
Abril	4,4	4,3	4,3	4,2	3,9
Mayo	4,4	4,4	4,4	4,3	4,1
Junio	3,9	4,2	4,2	4,4	4,3
Julio	3,2	4,0	3,9	3,8	4,0
Agosto	4,0	4,1	4,2	4,1	4,4
Septiembre	4,5	4,4	4,3	4,5	4,8
Octubre	4,4	4,3	4,4	4,3	4,6
Noviembre	4,4	4,0	4,0	3,9	3,9
Diciembre	4,4	4,0	4,1	4,2	4,1

Conclusiones

Los calendarios de variables climatológicas presentan un notable interés aplicado en cuanto a la planificación temporal de actividades al aire libre. La nubosidad ha sido un elemento climático poco tratado en España, resultando inédito su calendario. Un procedimiento de construcción de éste puede basarse en un treintenio de registros diarios de nubosidad en octas (o en décimas), sobre los cuales se obtienen los promedios y las medias móviles (de 15 en 15, por ejemplo) para cada fecha.

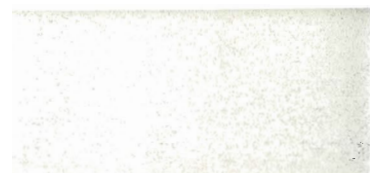
Para el caso de Barcelona, con los registros diarios de nubosidad, a las 8 horas, del período 1951-1980, se ha obtenido, siguiendo el método indicado, el calendario gráfico (figura 1). Éste ha revelado un comportamiento complejo, con máximos equinociales, un mínimo acusado de verano y un mínimo secundario en invierno. Se han detectado, igualmente, algunas singularidades. El citado comportamiento complejo impide que los promedios mensuales de nubosidad sean bien estimados mediante series de Fourier. Por otra parte, la nubosidad media está débil y positivamente correlacionada con la frecuencia y la cantidad medias por fecha.

Bibliografía

- AZCÁRATE, D. (1998): *La evolución de las ciencias atmosféricas en España (1940-1990). Análisis bibliométrico*, Universidad de Barcelona, Tesis doctoral inédita.
- COMITÈ METEOROLÒGIC INTERNACIONAL (1935): *Atlas internacional dels núvols i dels estats del cel*, Barcelona, Patxot.
- GÓMEZ NAVARRO, L. (1994): "Análisis de las singularidades térmicas en Barcelona", en *Perfiles actuales de la Geografía cuantitativa en España*, pp.105-115, Universidad de Málaga, Grupo de Métodos Cuantitativos de la A.G.E.
- MARTÍN VIDE, J. (1979): "Frecuencias diarias de la precipitación en Barcelona. Singularidades". *Notes de Geografia Física*, 1, pp.25-33, Universidad de Barcelona.
- MARTÍN VIDE, J. (1987): *Característiques climatològiques de la precipitació en la franja costera mediterrània de la Península Ibèrica*, Barcelona, Institut Cartogràfic de Catalunya.
- MARTÍN VIDE, J. (1991): "Un exemple d'aplicació pràctica de les sèries de Fourier en climatologia". *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 31, VI, pp. 71-75, Barcelona, Institut d'Estudis Catalans.
- MARTÍN VIDE, J.; GRIMALT, M. y MAURI, F. (1996): *Guía de la atmósfera. Previsión del tiempo a partir de la observación de las nubes*, Tarragona, El Mèdol.
- OBSERVATORIO FABRA (varios/años): *Boletín de la sección meteorológica y sísmica*, Barcelona.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos IMPROVE, ENV4-CT97-0511 (Comisión Europea), CLI95-1928-CO2-02 (CICYT) y Grup de Recerca consolidat GRUP DE CLIMATOLOGIA (Generalitat de Catalunya).



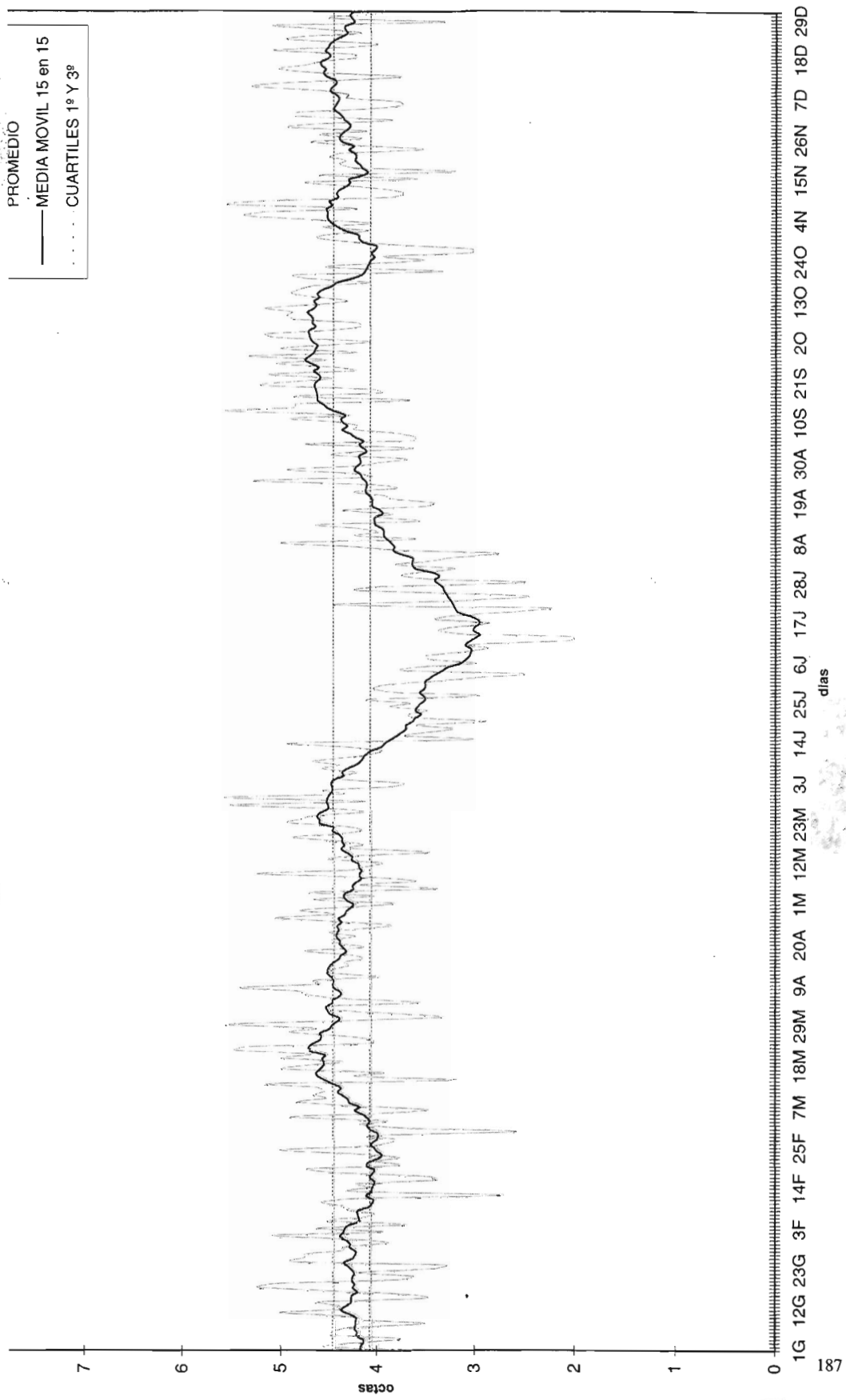


Figura 1: Calendario gráfico de la nubosidad en Barcelona (observatorio Fabra), a las 8 horas (1951-1980)