

Pronóstico a largo y mediano plazos de las turbonadas en la Ciudad de La Habana

ARNALDO P. ALFONSO

RESUMEN

Los datos de ocurrencia de turbonadas en Casa Blanca, Ciudad de La Habana, se procesaron estadísticamente para obtener diversos resultados que permiten confeccionar pronósticos de probabilidad de ocurrencia para diferentes plazos de tiempo. También se discuten algunos aspectos físicos del problema, derivados de los resultados.

1. INTRODUCCIÓN

Hasta el presente, no se han desarrollado en Cuba métodos que permitan brindar información sobre las condiciones meteorológicas que pueden producirse más allá de las 36 horas inmediatas a la confección de los pronósticos. Tampoco se ha trabajado en una presentación adecuada de los datos climatológicos, que permita utilizarlos para preparar pronósticos a largo plazo. Sin embargo, la planificación de actividades que tengan una duración del orden de días y que sean susceptibles de ser afectadas por determinados fenómenos meteorológicos, requiere de estimados, a largo plazo, de la posibilidad de ocurrencia de tales fenómenos y, en la mayoría de los casos, de una idea de las horas de aparición más probables, intensidad, etc. También pueden ser necesarios los intervalos en que se encontrarán los valores de elementos tales como la temperatura, el viento, y otros.

A solicitud del Departamento de Pronósticos del Instituto de Meteorología y para uso experimental, el autor confeccionó un pronóstico de las condiciones meteorológicas más probables que podían esperarse durante la celebración del "Onceno Festival de la Juventud y los Estudiantes", celebrado en la Ciudad de La Habana, en el verano de 1979. El éxito general de este intento motivó que se ampliaran los objetivos del estudio de la actividad de turbonadas en la Ciudad,

Manuscrito aprobado el 20 de octubre de 1985.

Arnaldo Alfonso pertenece al Instituto de Meteorología, de la Academia de Ciencias de Cuba.

para incluir algunos resultados que permitieran preparar pronósticos de este tipo, específicamente sobre la ocurrencia de turbonadas.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en este aspecto, que si bien son preliminares y se apoyan en las técnicas desarrolladas en regiones de clima parecido al nuestro, pueden servir de base para el trabajo operativo y el avance ulterior en este campo.

2. PROBABILIDADES NO CONDICIONALES DE OCURRENCIA DE TURBONADAS

Los datos básicos utilizados aquí corresponden a la estación meteorológica de Casa Blanca, y a los años 1963-1976, con las mismas condiciones discutidas por ALFONSO (en prensa).

Utilizaremos probabilidades empíricas derivadas de las frecuencias relativas calculadas con datos suavizados (NEUMANN, 1971). Las medias móviles se calcularon sobre períodos de 7, 15, y 31 días. La suavización para 15 días condujo a los resultados más satisfactorios, por lo que no hay diferencias con el resultado de NEUMANN (1971).

La Tabla 1 muestra que la actividad de turbonadas varía de una manera simple a lo largo del año, aunque hay un aumento abrupto en mayo y junio, y una disminución también pronunciada en octubre. Hay un largo período, 8 de junio a 24 de septiembre, con probabilidad de ocurrencia igual o superior a 0,50. En la primera quincena de febrero se produce un máximo relativo, poco importante, pero bien definido, que está relacionado con la actividad de turbonadas prefrontales.

Todas las distribuciones suavizadas muestran pequeñas irregularidades, lo que parece indicar que se necesita de una serie más larga para obtener resultados estables.

3. PROBABILIDADES CONDICIONALES

La probabilidad condicional tiene valores muy próximos a cero desde noviembre a abril, lo que indica que en esos meses no deben esperarse períodos de días consecutivos con turbonadas. Éstas ocurren casi siempre asociadas a sistemas sinópticos de movimiento relativamente rápido hacia el E.

La probabilidad condicional es un instrumento de pronóstico valioso sólo en mayo y octubre. Si se comparan los resultados que se muestran en la Tabla 2 con aquéllos de la Tabla 1 se observa que las probabilidades condicionales son de dos a tres veces mayores que las no condicionales en los meses antes citados, pero difieren entre sí

TABLA 1. Probabilidad empírica de ocurrencia de una turbonada en cada día del año, en Casa Blanca, Ciudad de La Habana.

Día ,	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1	0,02	0,05	0,04	0,07	0,15	0,43	0,70	0,68	0,65	0,40	0,08	0,02
2	0,02	0,05	0,04	0,08	0,14	0,45	0,72	0,67	0,64	0,36	0,08	0,02
3	0,02	0,05	0,04	0,08	0,14	0,48	0,72	0,68	0,62	0,33	0,10	0,02
4	0,02	0,05	0,04	0,08	0,16	0,49	0,72	0,67	0,62	0,35	0,10	0,02
5	0,03	0,05	0,04	0,08	0,18	0,48	0,72	0,65	0,62	0,32	0,09	0,02
6	0,02	0,05	0,03	0,08	0,21	0,49	0,73	0,67	0,62	0,33	0,09	0,02
7	0,02	0,05	0,02	0,08	0,22	0,49	0,73	0,65	0,62	0,33	0,08	0,02
8	0,02	0,05	0,03	0,06	0,24	0,51	0,73	0,65	0,60	0,30	0,08	0,02
9	0,02	0,05	0,03	0,05	0,25	0,52	0,70	0,65	0,59	0,28	0,08	0,02
10	0,02	0,05	0,03	0,05	0,27	0,53	0,68	0,65	0,58	0,27	0,07	0,02
11	0,02	0,04	0,02	0,06	0,28	0,55	0,65	0,65	0,56	0,25	0,06	0,02
12	0,02	0,05	0,02	0,06	0,30	0,56	0,65	0,64	0,53	0,24	0,05	0,02
13	0,02	0,04	0,02	0,05	0,32	0,57	0,65	0,64	0,53	0,21	0,05	0,02
14	0,02	0,04	0,02	0,05	0,34	0,61	0,62	0,64	0,55	0,20	0,06	0,02
15	0,02	0,03	0,02	0,05	0,35	0,64	0,62	0,64	0,55	0,19	0,05	0,02
16	0,02	0,02	0,02	0,06	0,38	0,64	0,63	0,65	0,57	0,18	0,05	0,02
17	0,03	0,02	0,02	0,07	0,38	0,64	0,63	0,65	0,56	0,18	0,05	0,02
18	0,03	0,02	0,02	0,08	0,39	0,61	0,64	0,67	0,59	0,18	0,04	0,02
19	0,02	0,02	0,02	0,08	0,39	0,62	0,64	0,68	0,57	0,16	0,04	0,02
20	0,02	0,03	0,02	0,08	0,39	0,63	0,64	0,68	0,56	0,16	0,04	0,02
21	0,02	0,03	0,02	0,08	0,39	0,62	0,63	0,67	0,53	0,15	0,04	0,02
22	0,02	0,03	0,02	0,08	0,40	0,65	0,63	0,66	0,51	0,15	0,04	0,02
23	0,02	0,04	0,03	0,09	0,41	0,66	0,62	0,68	0,52	0,14	0,04	0,02
24	0,02	0,04	0,04	0,10	0,38	0,68	0,63	0,68	0,50	0,13	0,03	0,02
25	0,02	0,05	0,04	0,10	0,41	0,70	0,63	0,67	0,49	0,12	0,03	0,02
26	0,02	0,05	0,04	0,12	0,40	0,70	0,65	0,68	0,48	0,12	0,03	0,02
27	0,03	0,04	0,04	0,13	0,41	0,70	0,65	0,70	0,48	0,12	0,03	0,02
28	0,04	0,04	0,04	0,13	0,44	0,72	0,65	0,71	0,47	0,13	0,04	0,02
29	0,03	0,04	0,06	0,15	0,42	0,72	0,67	0,70	0,45	0,13	0,02	0,02
30	0,04	0,06	0,06	0,15	0,42	0,70	0,67	0,68	0,44	0,12	0,02	0,02
31	0,05	0,07	0,07	0,15	0,42	0,70	0,68	0,65	0,44	0,11	0,02	0,02

TABLA 2. Probabilidad condicional de turbonadas en Casa Blanca, calculadas para períodos de 5 días y para la época con gran actividad.

Días	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
1- 5	0,45	0,56	0,82	0,79	0,67	0,60
6-10	0,53	0,64	0,71	0,72	0,65	0,56
11-15	0,60	0,75	0,71	0,60	0,67	0,27
16-20	0,66	0,79	0,71	0,82	0,58	0,26
21-25	0,45	0,72	0,65	0,76	0,75	0,45
26-30	0,45	0,74	0,60	0,66	0,48	0,00

sólo por 0,1 o menos en el resto del período con gran actividad de turbonadas.

Este hecho se explica por el gran número de días con turbonadas en esos meses. Los días sin turbonada muestran poca tendencia a presentarse en períodos, sino que más bien son simples interrupciones de largos períodos de días activos.

4. PERÍODOS DE DÍAS CONSECUTIVOS CON TURBONADAS

Para estimar las posibilidades de ocurrencia de un número dado de días consecutivos con turbonadas en cada mes del año, se presentan las Tablas 3 y 4. La Tabla 4 debe manejarse con cautela al aplicarse a los meses de abril, octubre, y noviembre, en los que el número de casos es pequeño y las altas probabilidades de continuidad no son del todo confiables.

Se preparó además un juego de 8 tablas (que no mostramos aquí), una para cada uno de los meses de mayo-octubre y otras dos para fines de abril y comienzos de noviembre, las cuales contienen las probabilidades empíricas, evaluadas para períodos de 5 días, de ocurrencia de al menos uno, al menos dos, etc., días con turbonadas. Las frecuencias relativas iguales o superiores a 0,15 para al menos una turbonada en el período, existen sólo para el intervalo del 21 de abril al 10 de noviembre. La probabilidad de al menos un día es próxima o igual a 1 de junio a septiembre. La probabilidad de que sean activos por lo menos tres días está por encima de 0,60 desde el 11 de junio hasta el 25 de septiembre.

TABLA 3. Días consecutivos con turbonadas. Número promedio de casos por año para diferentes intervalos de tiempo. Datos de Casa Blanca, Ciudad de La Habana.

Intervalos de tiempo	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
3 días o más	0,00	0,00	0,00	0,23	1,23	2,69	3,54	2,85	2,46	0,77	0,08	0,00
4 días o más	0,00	0,00	0,00	0,15	0,69	1,69	2,31	2,00	1,38	0,31	0,08	0,00
5 días o más	0,00	0,00	0,00	0,08	0,54	1,15	1,31	1,54	1,08	0,08	0,00	0,00
6 días o más	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,62	0,92	1,08	0,69	0,08	0,00	0,00
7 días o más	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,46	0,77	0,69	0,38	0,08	0,00	0,00

TABLA 4. Probabilidades condicionales de ocurrencia de un día adicional con turbonada, cuando haya ocurrido en un cierto número de días consecutivos anteriores. Datos de Casa Blanca, Ciudad de La Habana.

Intervalos de tiempo	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
3 días si ya ocurrieron 2 días	0,00	0,00	0,00	0,75	0,57	0,71	0,81	0,69	0,65	0,45	0,66	0,00
4 días si ya ocurrieron 3 días	0,00	0,00	0,00	0,67	0,60	0,63	0,65	0,70	0,56	0,67	1,00	0,00
5 días si ya ocurrieron 4 días	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,68	0,57	0,77	0,78	0,33	0,00	0,00
6 días si ya ocurrieron 5 días	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,53	0,71	0,70	0,64	1,00	0,00	0,00
7 días si ya ocurrieron 6 días	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,75	0,83	0,64	0,56	1,00	0,00	0,00

5. POSIBILIDADES DE MÁS DE UNA TURBONADA EN UN MISMO DÍA

Otro aspecto a considerar es la posibilidad de que se presente una segunda turbonada en un mismo día. La probabilidad empírica de tal suceso es inferior a 0,35 en cualquier mes del año: enero, 0,00; febrero, 0,07; marzo, 0,00; abril, 0,13; mayo, 0,25; junio, 0,34; julio, 0,28; agosto, 0,34; septiembre, 0,33; octubre, 0,29; noviembre, 0,04; diciembre, 0,11. La posibilidad de tres casos en un día es inferior a 0,11 en cualquier mes: enero, 0,00; febrero, 0,00; marzo, 0,00; abril, 0,03; mayo, 0,05; junio, 0,11; julio, 0,05; agosto, 0,09; septiembre, 0,11; octubre, 0,07; noviembre, 0,04; diciembre, 0,11. Pero la probabilidad condicional, luego de haber ocurrido dos, aumenta hasta un máximo de 0,34 en septiembre: enero, 0,00; febrero, 0,00; marzo, 0,00; abril, 0,25; mayo, 0,19; junio, 0,31; julio, 0,17; agosto, 0,26; septiembre, 0,34; octubre, 0,24.

6. USO DE LOS MAPAS SINÓPTICOS

Corrientemente, se dispone en La Habana de información, recibida por facsímil, acerca de las condiciones pronosticadas para períodos de 12, 24, 36, y 48 horas, a varios niveles de la atmósfera. Un método que ha probado su eficacia consiste en relacionar estadísticamente un predictando a variables obtenidas de las condiciones pronosticadas (GLAHN y LOWRY, 1972), pero no se disponía de una serie de mapas-pronóstico suficientemente larga para proceder de esta manera, y por ello utilizamos la información que existe en Casa Blanca sobre sondeos realizados durante los años en que se registró la actividad de turbonadas (1963-1976).

Desafortunadamente, el número de sondeos es tan reducido que no permite dividir los datos por meses. La inspección de los datos indica que para el elemento viento es preferible utilizar sólo el intervalo mayo-octubre. Se contó con totales de valores entre 240 y 280 de cada una de las variables que se investigaron, que fueron las siguientes: (a) componentes "u" y "v" de los vientos, a 850, 700, 500, y 200 mb; (b) cizalladura de las componentes "u" y "v" para los niveles 200-850 y 500-850 mb.

La Tabla 5 permite estimar las probabilidades de ocurrencia de turbonadas en los días a que se refiere el mapa pronóstico para la 1 200Z que se utilice. Sin embargo, esta tabla sólo puede utilizarse como una guía, y no como las anteriores, para ofrecer valores objetivos de la probabilidad. En efecto, dado que la probabilidad diaria no condicional de ocurrencia varía mucho en el período mayo-octubre, no pueden adjudicarse estos valores a un día particular. Así, por ejemplo, para cualquier día de la primera quincena de mayo la probabilidad mínima que se obtendría de la tabla es tres veces superior

TABLA 5. Frecuencias relativas de ocurrencia de turbonadas en relación con el flujo a diversos niveles de la atmósfera. Datos de Casa Blanca, Ciudad de La Habana.

Intervalos km/h	"u" 850 mb	"u" 700 mb	"u" 500 mb	"v" 850 mb	"v" 700 mb	"v" 500 mb
15,1- 25			0,56			
5,1- 15	0,35	0,39	0,50	0,51	0,65	0,78
- 4,9- 5	0,43	0,50	0,58	0,59	0,58	0,64
-14,9- - 5	0,72	0,61	0,67	0,32	0,34	0,38
-24,9- -15	0,42	0,48	0,56			
Datos de 200 mb						
		"u"			"v"	
30,1- 50		0,41				
10,1- 30		0,42			0,63	
- 9,9- 10		0,54			0,57	
-29,9- -10		0,72			0,48	
-49,9- -30					0,28	

a la probabilidad no condicional (climatológica), mientras que en la mayoría de los días desde el 20 de junio a principios de septiembre los valores máximos de la tabla son inferiores a la probabilidad climatológica. Por ello, el pronosticador debe ofrecer probabilidades estimadas subjetivamente utilizando como guía las probabilidades climatológicas y las frecuencias de la Tabla 5.

Por otra parte, el número de casos fuera de los intervalos que se muestran en la Tabla 5 era muy pequeño para calcular las frecuencias relativas y extender las distribuciones con un mínimo de confianza; pero la poca ocurrencia de los mismos hace que esta sea una limitación poco significativa. A pesar de las limitaciones, algunos aspectos físicos importantes resaltan en la Tabla 5:

- a) En lo que respecta a las componentes "u", se observa que los valores máximos de frecuencia (de 850 a 500 mb) ocurren para componentes del E con rapidez entre -5 y -15 . Este hecho también lo encontró A. Fernández (inédito).¹ A 200 mb la probabilidad aumenta a medida que lo hacen los estes, por lo menos hasta los 30 nudos.

¹ "Los sistemas convectivos en la Ciudad de Cienfuegos." Trabajo propuesto para publicación.

- b) Las frecuencias más altas para la componente "v" corresponden a valores positivos (vientos del S).

Los resultados para los elementos señalados en (b) tienen poca utilidad y no se incluyen en este trabajo, ya que la frecuencia varía poco de un intervalo a otro. No obstante, un resultado físico de interés es el hecho de que las frecuencias aumentan con el aumento de la cizalladura de 200-850 mb (independientemente de su signo) hasta valores de 40 a 50 nudos, y disminuye rápidamente para valores mayores.

7. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten confeccionar pronósticos, expresados en forma de probabilidades, de la ocurrencia de turbonadas en la Ciudad de La Habana, para períodos extendidos, a mediano y largo plazos. Los pronósticos dejan de ser objetivos en los casos en que se preparen teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas esperadas, pero esta deficiencia puede superarse en el futuro cuando se disponga de un volumen suficiente de datos.

REFERENCIAS

- ALFONSO, A. [en prensa]: Aspectos climatológicos de las turbonadas en la Ciudad de La Habana.
- GLAHN, H. R., y LOWRY, D. A. (1972): The use of model output statistics (MOS) in objective weather forecasting. *J. Appl. Meteorol.*, 11:325-332.
- NEUMANN, C. J. (1971): The thunderstorm forecasting system at the Kennedy Space Center. *J. Appl. Meteorol.*, 13:921-936.

LONG- AND MID-TERM PREDICTION OF THUNDERSTORMS AT LA HABANA CITY

ABSTRACT

Thunderstorm occurrence data from Casa Blanca, La Habana City, were elaborated statistically to obtain different results which allow to prepare occurrence probability forecasts for various lapses of time. Certain physical aspects of the problem, derived from the results, are discussed.