

Pronóstico de la ocurrencia de "brisote sucio" en Cuba.

Autor: MIGUEL A. PORTELA SANTIAGO

Centro de Pronósticos del Tiempo, Instituto de Meteorología. E-mail: portela@mail.met.inf.cu

Resumen.

Se estudia un fenómeno del tiempo que suele ocurrir en el periodo poco lluvioso del año en Cuba, consistente en episodios de chubascos en zonas de la costa norte. Con ayuda del análisis discriminante se obtuvo un método de pronóstico para un plazo de 24 horas de la ocurrencia de este fenómeno que tiene una incidencia importante sobre el estado del tiempo en Cuba.

Introducción

En el periodo poco lluvioso del año fundamentalmente, en zonas de la costa norte de Cuba, en ciertas ocasiones, se producen chubascos desde el final de la noche y la madrugada y hasta horas del mediodía que no responden a un sistema sinóptico definido, ni tampoco a condiciones únicamente locales y que resultan difíciles de pronosticar, por lo que al ocurrir este fenómeno para los habitantes de estas zonas el pronóstico a escala sinóptica resulta ineficaz. En especial, esto afecta las actividades al aire libre de la población y las actividades turísticas que se desarrollan en esa época del año. Este fenómeno se presenta, en la capital del país que cuenta con una gran población, es un polo turístico importante, sede de instituciones oficiales y donde se realizan muchas actividades socioeconómicas, ocurriendo igualmente en zonas de la costa norte de las regiones central y oriental de Cuba. El fenómeno a que hacemos referencia se conoce con el nombre de "brisote sucio". Por estas razones, el Servicio Meteorológico de Cuba recibió la demanda por parte del Gobierno de dar una respuesta rápida y eficaz a la situación descrita. Para ello se encuestó a un numeroso grupo de especialistas con vistas a unificar criterios y reunir los conocimientos y experiencias individuales en aras de crear un método para pronosticar la ocurrencia del brisote sucio.

El grupo de colaboradores estuvo integrado por Armando Caymares, Arnaldo Alfonso, Angel Meulenert, Marina Sosa, Daniela Arcia, Roberto Ortíz, Eduardo González, Héctor Rivero, Rolando Martínez, José Díaz Arias, Susana Grass, Gladys Rubio, Xiomara Díaz, Eliseo Oria, Armando Muñoz, Juan S. Rego y Jesús González Montoto. Miguel A. Portela coordinó las labores investigativas, diseñó la encuesta, el algoritmo y la programación y tuvo a su cargo la redacción del artículo. La extracción de los datos co-

rrió a cuenta de José Díaz Arias y de Evelio García. La Met. Daniela Arcia confeccionó la figura y el Lic. Reinaldo Casals la convirtió en imagen. El grupo de especialistas se reunió en dos ocasiones. En la primera se aprobó el primer borrador que conciliaba los diversos criterios emitidos y se aprobó la lista de predictores. En la segunda reunión se analizaron los resultados obtenidos y se aprobó el segundo borrador que constituye el cuerpo del presente artículo.

El método será válido para el día siguiente en las tres regiones de Cuba que se emplean para la información pública (Instituto de Meteorología, 2000, p. 10) y podrá implementarse a la 1.30 p.m. de cada día, antes de la elaboración del pronóstico.

El más completo estudio sobre los brisotes fue realizado por Millás (1945). El "brisote sucio" se conoce también desde esa época y aún antes. Si bien al definir el "brisote sucio" es necesario tener en cuenta que:

" Pueden ocurrir "brisotes sucios" en cualquier época del año.

" A veces se extienden hasta la costa sur del país. Las lluvias son costeras si la corriente básica es del ENE-E y penetran al interior si el viento es del NE-ENE.

" A veces ocurren desde el final de la noche, principalmente desde la madrugada, y en otros casos se prolongan durante todo el día.

" Ocurren en diferentes regiones, siendo inclusive más intensos en la costa norte de la región oriental, con un máximo entre Moa y Baracoa y se presentan con cierta frecuencia en las provincias centrales.

" Ocurren también lluvias y chubascos matinales con un comportamiento similar al del "brisote sucio" que no responden estrictamente a las características señaladas del brisote.

No obstante, tomando en cuenta que la gran mayoría de los casos de lluvias matinales se deben al "brisote sucio", en zonas costeras y en la época poco lluviosa del año, el método de pronóstico desarrollado da respuesta al fenómeno que se describe a continuación. El método fue creado para pronosticar su ocurrencia cuando el fenómeno es una situación lluviosa que se produce principalmente en una franja de unos 15 km de ancho tierra adentro a partir de la costa norte, fundamentalmente desde el final de la madrugada hasta las últimas horas de la mañana, esencialmente en el periodo poco lluvioso del año. Este fenómeno está asociado con la ocurrencia de brisotes del NNE al E con rapidez superior a los 30 km/h en la región, pudiendo llegar hasta 45 km/h en algunas estaciones como Casa Blanca. Estos brisotes tienen que persistir al menos 2 o 3 horas para que puedan derivar en "brisotes sucios". La precipitación usual es en forma de lluvias y chubascos.

El "brisote sucio" se produce bajo convergencia horizontal en flujo paralelo entre 1000 y 500 hPa por la combinación de un anticiclón continental con isobaras casi paralelas, que se desplaza al Atlántico y se sitúa cerca de Cabo Hatteras, extendiendo sus isobaras sobre Cuba (Fig. 1). También puede ocurrir por la prolongación de las isobaras del anticiclón de las Azores-Bermudas sobre Cuba en forma de cuña y presiones bajas en el mar Caribe occidental en ocasiones vinculadas a una vaguada sobre el occidente de Cuba.



Fig.1. Esquema de la situación sinóptica típica para la ocurrencia de "brisote sucio".

El fenómeno suele ocurrir uno o dos días después de salir el anticiclón al océano tras la afectación de una zona frontal, principalmente de frentes

fríos revesinos (Rodríguez et al. ,1984) , o zonas de alta baroclinicidad de frentes en estado de disipación. La mayor precipitación se produce en condiciones de gran inestabilidad con la zona de alta baroclinicidad asociada con una corriente a chorro superior del suroeste, cuando la corriente a chorro subtropical interactúa con un frente viejo y se forma una estrecha banda nubosa desde las latitudes medias hasta la zona tropical. La lluvia es significativa si la masa de aire llega al nivel de 700 hPa. La precipitación mayor suele ocurrir al este del eje de la vaguada de niveles medios o por oleaje de los alisios cuando un anticiclón se intensifica súbitamente generando una onda de presión delante de la cual los vientos son débiles y la vorticidad es positiva. La vieja zona frontal aparece en superficie y en los niveles bajos, como una discontinuidad de la intensidad del viento, que se desplaza al sur con una banda nubosa asociada. El enfriamiento nocturno estabiliza la atmósfera y se impone el terral sobre el país, lo que no ocurre mar afuera, determinando la formación de una asintota de convergencia frente a la costa en la madrugada. En el periodo poco lluvioso las temperaturas del mar en zonas adyacentes a la costa norte de la región occidental de Cuba, se mantienen con valores relativamente altos, incrementados en ocasiones por fluctuaciones de la corriente del Golfo. Durante la noche con el enfriamiento nocturno y ocasionales invasiones de aire frío superior de región norte, se inestabiliza la capa de aire sobre el océano, dando lugar a nubes con desarrollo vertical y lluvias. Estas áreas impulsadas por corrientes del primer cuadrante desfogan desde el final de la noche y hasta las primeras horas de la mañana sobre la costa norte de Cuba.

También existe una asintota de convergencia sobre el canal de la Florida y Cuba. A medida que influye la radiación solar la tierra comienza a calentarse mucho más rápidamente que el mar, se inicia la brisa mar-tierra, se calienta el propio anticiclón y disminuye la diferencia térmica entre el mismo y la superficie subyacente. De ese modo disminuye la inestabilidad, los nublados y las precipitaciones. Cesa así el "brisote sucio", pero el brisote se mantiene y alcanza sus valores mayores entre la 1 p.m. y las 4 p.m. en Casa Blanca, de ahí que las lluvias más fuertes se produzcan con los vientos más débiles. Hay situaciones sinópticas en que se producen lluvias en forma de chubascos con flujo del nordeste pero sin brisotes. Esto podría llamarse tiempo inestable con chubascos del nordeste. En este caso el terral genera una zona de convergencia a mesoescala con el viento del nordeste que puede provocar ascenso dinámico, inestabilidad, y la lluvia puede ser en forma de chubascos y hasta de tormentas eléctricas.

Materiales y métodos

Los datos son de las 1200 UTC del día en que se efectúa el pronóstico y la imagen de satélite de esa mañana, así como datos de las 0000 UTC del día anterior. La información es de superficie sobre presión, dirección y rapidez del viento y temperatura del aire y de los niveles de 1000, 850, 700 y 200 hPa la relativa a dirección y rapidez del viento, temperatura, depresión del punto de rocío y geopotencial. En los datos al norte de Cuba se tomaron las sumas, proporcionales a los promedios, de las observaciones de las estaciones 72201, 72203 y 78073 y al sur de Cuba de las estaciones 78367, 78384 y 76644. Además, se extrajo información de la estación 78325 para la región occidental, de la estación 78348 para la región central y de la estación 78365 para la región oriental, del centro del anticiclón e información sobre el área comprendida entre 23 °N - 28 °N y 77 °W - 82 °W para la región occidental, el área comprendida entre 22 °N - 27 °N y 75 °W - 80 °W para la región central y el área comprendida entre 21 °N - 26 °N y 72 °W - 77 °W para la región oriental. Con estos datos se calcularon un total de 34 predictores potenciales, a partir de 82 datos iniciales, los que mencionamos a continuación:

Diferencia de temperatura al norte entre 1000-850 hPa (1200UTC). Fecha. Latitud y Longitud del centro del anticiclón. Presión central del anticiclón. Giro del viento en 850 hPa entre las 0000UTC y las 1200 UTC al norte. Depresión del punto de rocío a las 1200 UTC al norte. Temperatura del aire a las 1200 UTC al norte. Convergencia horizontal en el área señalada según la región a las 1200 UTC. Vorticidad en el área señalada según la región a las 1200 UTC. Cambio de presión al norte entre las 0000 UTC y las 1200 UTC. Cambio de presión al sur entre las 0000 UTC y las 1200 UTC. Existencia de Cu o Scu en el área señalada según la región a partir de la imagen de satélite de la mañana. Dirección del viento a las 1200UTC en la Estación Meteorológica 78325 para la región occidental, 78348 para la región central y 78365 para la región oriental.. Tiempo transcurrido desde el paso de un frente frío por la longitud de 80°W (horas). Si no pasó el valor es 0. Tiempo transcurrido desde que el centro del anticiclón migratorio se sitúe sobre el océano (horas). Si está en el continente el valor es 0. Diferencia de presión entre el centro del anticiclón y la estación 78325, 78348 y 78365 según sea para la región occidental, central u oriental a las 1200 UTC. Intensidad del viento a las 1200 UTC al norte. Intensidad del viento a las 1200 UTC al sur. Cambio de presión del anticiclón entre las 0000 UTC y las 1200 UTC. Cambio de temperatura (850 hPa) entre las 0000 UTC y las 1200 UTC al norte. Gradiente del viento en superficie a las 1200 UTC entre las estaciones al norte y la estación 78325,

78348 o 78365 según la región de Cuba. Espesor de la capa entre 1000 y 700 hPa a las 1200 UTC al norte. Distancia entre el anticiclón y la estación 78325, 78348 o 78365 según la región a las 1200 UTC. Intensidad del viento en la última isobara cerrada del anticiclón en la dirección anticiclón-estación 78325, 78348 o 78365 según la región (antes o después de esta última coordenada) a las 1200 UTC. Potencia de la influencia anticiclonica dada por la multiplicación de los dos predictores anteriores. Advección térmica en 850 hPa a las 1200 UTC en el área señalada según la región de Cuba. Shear horizontal a las 1200 UTC en superficie entre las estaciones 72203 y 78073. Gradiente de presión a las 1200 UTC entre las estaciones del norte y del sur. Acimut del anticiclón y la estación 78325, 78348 o 78365 según la región a las 1200 UTC. Dirección del viento a las 1200 UTC al norte en 850 hPa. Intensidad del viento en 200 hPa al norte a las 1200 UTC. Geopotencial de 200 hPa al norte a las 1200 UTC. Geopotencial de 850 hPa al norte a las 1200 UTC.

Como método se usa el análisis discriminante de los casos en que al día siguiente ocurrió o no el "brisote sucio" en cada una de las tres regiones. Para detectar los episodios de "Brisote Sucio" se utilizaron la cronología de González (1986), los registros de la estación 78325 para la región occidental, los de la estación 78348 para la región central y los de la estación 78365 para la región oriental, así como el archivo de los estados generales del tiempo. Estos episodios se registraron en el periodo de 15 años comprendidos entre 1970 y 1984. Entonces se tomó una muestra de trabajo constituida de 20 episodios de ocurrencia de "brisote sucio". Cada episodio está formado por todos los días en que ocurrió el "brisote sucio" y el día antes y después en que no ocurrió el mismo. De esta manera se formaron dos grupos, el de ocurrencia de brisote sucio con 23 casos y el de no ocurrencia con 36 casos para la región occidental. Para la región central los grupos tuvieron 18 casos de ocurrencia y 21 de no ocurrencia y para la región oriental fueron de 21 casos de ocurrencia y de 17 casos de no ocurrencia. Dado que el número de casos es reducido se decidió emplear todos los disponibles en la muestra dependiente y usar el método en la práctica operativa a partir del invierno de 1990.

Predictores seleccionados

El primer paso consistió en establecer los predictores reales a partir de los predictores potenciales. Para ello se calculó la informatividad individual de cada predictor potencial. De estos 34 predictores fueron seleccionados los 10 de mayor informatividad pero posteriormente se halló la correlación entre ellos y se eliminó uno que estaba vinculado con otro de mayor informatividad. El predictor

de la Advección térmica, a pesar de ser el de mayor informatividad individual, fue también eliminado por ser de difícil extracción en condiciones de trabajo operativo. Esto, sin embargo, no disminuyó notablemente la calidad del pronóstico. Así, finalmente, fueron seleccionados los ocho predictores siguientes:

1. Estabilidad térmica a las 1200 UTC entre 1000 y 850 hPa.
2. Latitud del centro del anticiclón.
3. Existencia de Cu o Scu en el área señalada según la región de Cuba a partir de la imagen de satélite de la mañana,
4. Intensidad del viento en 850 hPa a las 1200 UTC al norte.
5. Cambio de presión del anticiclón entre las 0000UTC y las 1200 UTC.
6. Cambio de temperatura (850 hPa) entre las 0000 UTC y las 1200 UTC al norte.
7. Intensidad del viento en la última isobara cerrada (antes o después de ella) del anticiclón en la dirección anticiclón-estación 78325, 78348 o 78365 según la región de Cuba a las 1200 UTC.
8. Shear horizontal a las 1200 UTC en superficie.

La estabilidad térmica es la suma de las diferencias de temperatura entre 1000 y 850 hPa en las estaciones al norte. El shear horizontal se calcula por la resta de la rapidez del viento en superficie a las 1200 UTC entre las estaciones 72203 y 78073. Si existen Cu o Scu en el área se codifica 1 y si no hay se codifica 2. Igual criterio se empleó para codificar si el caso pertenecía al grupo 1 en los que ocurre el brisote sucio o al grupo 2 en que no ocurre. El viento aparece en nudos, las presiones en hPa y la temperatura en grados celsius.

Análisis de los resultados

Se calculó la informatividad de todas las combinaciones de los ocho predictores seleccionados y resultó que la mejor combinación es la que involucra al total de los predictores. La informatividad del conjunto de los predictores seleccionados es de 1.9090 para la región occidental, de 2.1791 para la región central y de 0.9240 para la región oriental. En la

muestra dependiente nunca se detectó error en los casos con probabilidad de clasificación correcta de un 85% o más. Con la selección de ocho predictores se calcularon las funciones discriminantes que aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Funciones discriminantes.

PREDICTOR	REGION OCCIDENTAL		REGION CENTRAL		REGION ORIENTAL	
	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 1	GRUPO 2
1	0.31296	0.23973	2.66961	2.27979	2.11602	2.07355
3	1.72758	1.84785	2.12274	1.79986	1.38740	1.35103
13	8.64205	9.28843	-0.77715	-0.17640	7.88288	8.46867
18	0.21788	0.22101	-0.93484	0.73432	0.06946	0.11341
20	0.06371	-0.00742	-2.14227	-1.85432	-1.46432	-1.48093
21	0.31450	0.40118	2.34278	2.15694	2.25494	2.32134
25	0.30427	0.17802	-0.78232	-0.50657	-0.20076	-0.24407
28	0.14434	0.04768	-0.52082	-0.45400	-1.03204	-1.07419
Const.	-48.96310	-50.66533	-40.75187	-31.87295	-35.87297	-34.51221

De estas funciones discriminantes se halla que la ocurrencia del "brisote sucio" es más probable mientras:

1. Más inestable sea la masa de aire al norte de Cuba
2. Menor sea la latitud del anticiclón
3. Haya Cu o Scu al norte de Cuba
4. Mayor sea la intensidad del viento al norte de Cuba
5. Mayor sea el aumento de la presión central del anticiclón
6. Mayor sea el enfriamiento de la masa de aire al norte de Cuba
7. Mayor sea la intensidad del viento en la última isobara cerrada en dirección a la estación 78325
8. Mayor sea el shear de viento entre las estaciones 72203 y 78073 en superficie

Con los datos de la muestra dependiente se obtiene la tabla de contingencia (Tabla 2), donde Tc y To son los casos de los grupos 1 y 2 calculados y observados respectivamente

Tabla 2. Tabla de Contingencia

REGION OCCIDENTAL			REGION CENTRAL			REGION ORIENTAL					
1	2	TO	1	2	TO	1	2	TO			
1	16	7	23	1	12	6	18	1	12	9	21
2	8	28	36	2	4	17	21	2	7	10	17
TC	24	35	59	TC	16	23	29	TC	19	19	38

De esta tabla se infiere que la probabilidad de pronóstico correcto para la región occidental es de un 74.6%, para la región central de un 74.4% mientras que para la región oriental es de un 58%. Estos resultados son satisfactorios pues mejoran la probabilidad aleatoria del 50%, especialmente en las regiones occidental y central de Cuba. El menor cumplimiento obtenido para la región oriental indica que, en el futuro, deben ser seleccionados nuevos predictores potenciales que reflejen otros factores específicos para dicha región.

Conclusiones

El pronóstico de la ocurrencia de "brisote sucio" es una tarea de una gran complejidad debido a que es un fenómeno que depende de la interacción de un numeroso conjunto de factores, pero de forma tal que es sumamente difícil individualizar su contribución. Esto ha sido posible únicamente mediante el análisis discriminante lo que explica el motivo de la dificultad de pronosticar la ocurrencia del fenómeno por métodos sinópticos o empíricos. El Servicio Meteorológico de Cuba cuenta con un programa para microprocesadores que permite al meteorólogo valorar objetivamente las posibilidades de ocurrencia del "brisote sucio". Esta investigación, sirve además, para ejemplificar las amplias posibilidades que encierra la encuesta para dar respuestas efectivas a demandas que reciba la Institución.

Referencias

González, O. (1986) Estudio sobre los brisotes. Trabajo de Diploma. La Habana. (Inédito) 25 pp.

Instituto de Meteorología. (2000) Manual de Procedimientos. Sistema Nacional de Pronósticos. La Habana. Instituto de Meteorología. 62 pp.

Millás J.C. (1945) Los brisotes en La Habana. Boletín. Observatorio Nacional Epoca IV.Vol.1.No.1. pp.73-83

Rodríguez, M., C. González y J. Valdés (1984) Cronología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde la temporada de 1916-1917 hasta la temporada de 1982-1983 (67 temporadas). Reporte de Investigación del Instituto de Meteorología, 9, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana. 15 pp.

Abstract

A weather phenomenon during the almost-dry period of the year over the northern coastal region of Cuba, consisting of rain shower episodes, is studied. By discriminant analysis a 24-hour forecast method of its occurrence, that have a strong impact on weather conditions on Cuba, was obtained.

Palabras clave:

brisote sucio.