

Pronóstico a corto plazo para determinar la entrada de los frentes fríos en la región occidental de Cuba

ROBERTO ORTIZ HÉCTOR y DANIELA ARCIA LLERENA

RESUMEN

Considerando el elevado número de frentes fríos que suelen afectar a Cuba, y su influencia sobre distintos aspectos de la vida nacional, se presenta este método sinóptico-estadístico para conocer las posibilidades de entrada de los frentes en la región occidental del País y su velocidad de traslación. Para su logro se emplearon programas computacionales con el propósito de seleccionar los mejores predictores y coeficientes de las ecuaciones de pronóstico. La muestra dependiente fue de 417 casos y resultaron seleccionados 11 predictores de 26 potenciales. Finalmente, el error que se obtuvo de una muestra independiente de 68 casos arrojó resultados positivos.

1. INTRODUCCIÓN

Los frentes fríos probablemente constituyen el fenómeno meteorológico más importante de nuestro invierno semitropical, al ocasionar vientos de región *N*, con aumento en fuerza que llega en casos extremos a velocidades próximas a las de huracán, levantando grandes marejadas en la costa *N* de la región occidental de Cuba, y penetraciones del mar en lugares bajos del litoral. De aquí que el conocimiento anticipado de la entrada de los frentes, de modo especial cuando sus vientos exceden los 35 km/hora, es de gran importancia para la navegación, principalmente de embarcaciones menores (pesca, intereses costeros, recreación y turismo), así como para la agricultura, por los daños que ocasionan a ésta el viento y la lluvia.

En Cuba, la temporada de los frentes fríos se inicia en octubre y termina en abril, aunque se conocen años en que se han registrado frentes fuera de este período. El promedio de frentes durante el lapso señalado (1983-1984) es de 19,8 (G. Rubio, inédito).¹ Considerando su elevado número, y la necesidad del Departamento de Pronóstico

Manuscrito aprobado el 30 de agosto de 1985.

R. Ortiz Héctor y D. Arcia Llerena pertenecen al Instituto de Meteorología, de la Academia de Ciencias de Cuba.

del Instituto de Meteorología (Academia de Ciencias de Cuba), de elevar aun más la eficiencia de los informes a corto plazo, se desarrolla este método de pronóstico sinóptico-estadístico, para cubrir, aunque sea en parte, las demandas apuntadas. Su diferencia fundamental con otros métodos radica en su fácil aplicación, así como en el hecho de estar concebido precisamente para la región occidental de Cuba.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Basado en la experiencia de muchos años de observación del desplazamiento de los frentes fríos en nuestra área de interés, se seleccionaron 26 variables como predictores potenciales, de una muestra de 417 frentes, del archivo de mapas del Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencias de Cuba.

Como predictandos, se ha considerado la entrada o no del frente en nuestro país (Y_1) —excepto aquéllos que llegaron en estado de disipación— y de ahí las probabilidades de entrada. Igualmente, la velocidad de traslación que presentará la línea frontal, con el propósito de determinar la hora de llegada (Y_2).

Atendiendo a la orientación general *NE-SW* y *ENE-WSW* que muestran los frentes fríos al hacer contacto con la región occidental de Cuba, se ha determinado como zona de primer contacto la costa *N* de la Provincia de Pinar del Río, y en ella un punto situado en los 22,6° de latitud *N* y los 84,2° de longitud *W*, o sea, el lugar geográfico conocido como Punta Tabaco.

Haciendo centro en el punto de acercamiento, se traza un sector circular con radio de 430 km, desde el *W* hasta el *ENE*, que comprende la porción *SE* del Golfo de Méjico y *S* de la Florida, y delimita un área que puede considerarse como la antesala de la penetración de los frentes fríos en Cuba, ya que, una vez dentro de ella con una velocidad promedio calculada de 27 a 36 km/hora, demoraría de 16 a 12 horas en tocar la costa *N* de la región occidental de Cuba. Este lapso es suficiente para un pronóstico a corto plazo y, a su vez, no es excesivo para que se operen normalmente durante ese tiempo cambios de gran significación en los sistemas atmosféricos.

De mayor importancia, y ya empleado en un trabajo anterior para conocer la velocidad de los vientos que producen los frentes fríos al entrar en la región occidental de Cuba (ORTIZ y ARCIA, 1984), es otro punto móvil, según el caso, que hemos llamado de control, desde el cual se toman varias medidas de la generalidad de los predictores. Se obtiene trazando una línea desde Punta Tabaco hasta interceptar el frente cuando se halla en el área delimitada por los 430 km en una dirección normal a su orientación.

¹ "Resumen de la temporada invernal de 1983-1984." Instituto de Meteorología, La Habana, 1984.

La modalidad de utilizar el punto de control móvil se debe a que las condiciones que se trasladan sobre la región occidental de Cuba y motivan el desplazamiento del frente son, en su mayoría, las estructuras desde el frente frío hacia su área posterior, criterio que es aplicable a casi todos los predictores.

Luego de obtenidos los datos relacionados con la entrada o no del frente, los mismos se procesaron por métodos computacionales, con vista, en primer término, a determinar los mejores predictores para las ecuaciones discriminantes lineales en el caso de dos grupos, empleando el programa ADIS 1 desarrollado por NARANJO y CÁRDENAS (1980), probado con éxito por sus autores en trabajos anteriores. Con los predictores seleccionados por este método, se obtuvieron los coeficientes de las dos ecuaciones discriminantes lineales, mediante el programa MDISE, de la IBM (1970).

Con el propósito de expresar el pronóstico en términos de probabilidad, se consideró la expresión de probabilidad de LOWE (1980)

$$\text{Prob} = \frac{\exp(Z_1)}{\exp(Z_1) + \exp(Z_2)} \quad (1)$$

donde $\exp(Z) = e^Z$.

En segundo término, se utilizó el programa de filtrado inicialmente elaborado por Nikolskaya y posteriormente aplicado por el LABORATORIO CUBANO-SOVIÉTICO (1980), para la selección de predictores de un archivo de información, con vista a hallar los predictores que mejor se relacionan con la velocidad de traslación de los frentes fríos (Y_2).

Después de seleccionados los predictores, se procesaron los datos para determinar los coeficientes de la recta de regresión de la ecuación de pronóstico del predictando ya citado, mediante el programa REGRE, de la IBM (1970).

3. RESULTADOS

Una inspección de las Tablas 1 y 2 revela que 4 de los predictores seleccionados que aparecen, son los mismos que se encuentran en el método citado de ORTIZ y ARCIA (1984), factor este que denota la gran influencia y relación que existe entre ellos y el comportamiento a corto plazo de los frentes fríos en nuestra área de pronóstico, tanto en lo referente a la fuerza de los vientos como a las posibilidades de entrada.

TABLA 1. Distancias de Mahalanobis (MILLER, 1962) obtenidas como resultado del proceso de filtrado, según el programa de NARANJO y CÁRDENAS (1980). Predictando Y_1 , entrada o no del frente; X_1 , orientación de las isobaras en el punto, sector frío (grados); X_2 , diferencia de presión entre Galveston y el punto (hPa); X_3 , dirección del viento en Galveston (grados); X_4 , dirección de las corrientes en Santa Lucía; X_5 , diferencia de presión entre el centro de alta y el punto (hPa); X_6 , dirección del centro de baja (grados); X_7 , dirección de las corrientes en el punto (grados); X_8 , cambio de presión en Jacksonville (hPa); X_9 , distancia del centro de baja al punto (m.n.); X_{10} , orientación del frente en el punto (grados).

Predictores	Distancias	Predictores	Distancias
X_1	202,87	X_6	646,57
X_2	557,69	X_7	634,00
X_3	472,92	X_8	633,93
X_4	485,79	X_9	212,17
X_5	135,87	X_{10}	704,83

TABLA 2. Coeficientes de correlación múltiple (R) obtenidos como resultado del proceso de filtrado. Predictando Y_2 , velocidad de traslación del frente (m.n.); ΔR , error de R ; $R.V.$, reducción de la varianza; X_1 , orientación de las isobaras en el punto (grados); X_2 , velocidad de las corrientes en el punto (m.n.); X_3 , dirección del viento en Galveston (grados).

Predictores	X_1	X_2	X_3
R	0,29	0,31	0,33
ΔR	0,05	0,05	0,05
$R.V.$	0,085	0,10	0,11

3.1 Ecuaciones obtenidas

Para el predictando Y_1

$$Z_1 = 0,071 X_1 + 2,299 X_2 + 0,010 X_3 - 0,025 X_4 - 0,253 X_5 + 0,049 X_6 + 0,042 X_7 - 2,303 X_8 - 0,020 X_9 + 1,854 X_{10} - 409,967 \quad (2)$$

$$Z_2 = 0,101 X_1 + 1,918 X_2 + 0,018 X_3 - 0,020 X_4 - 0,221 X_5 + 0,045 X_6 + 0,041 X_7 - 2,249 X_8 - 0,019 X_9 + 1,823 X_{10} - 410,961 \quad (3)$$

Si $Z_1 \geq Z_2$, el pronóstico es que el frente entra
Si $Z_1 < Z_2$, el pronóstico es que el frente no entra

Para el predictando Y_2

$$Y_2 = -0,068 X_1 + 0,139 X_2 - 0,007 X_3 + 38,43 \quad (4)$$

3.2 Prueba con una muestra independiente

Al aplicar el método categórico de pronóstico a una muestra independiente de 68 casos, el porcentaje de cumplimiento de entrada o no del frente fue de 93%, y con el empleo de la expresión de probabilidad (1) se concluye que la probabilidad de ocurrencia que se presenta con mayor frecuencia en los frentes que no entran es de 10 a 30%, mientras que en los que entran es de 90 a 99%. Por último, el error medio de la velocidad de traslación, para conocer aproximadamente la hora de llegada, resultó de 9 km/hora.

RECONOCIMIENTO

Deseamos manifestar nuestro profundo agradecimiento al Lic. Lino Naranjo por su importante ayuda en el proceso de computación, y a los auxiliares Herminio Hernández y Miguel Naranjo por la asistencia en la extracción de los datos. Asimismo, a la compañera Mayra Bustillo del Archivo de Mapas del Instituto de Meteorología, y a todos aquellos compañeros que prestaron incidentalmente su concurso en esa área, cuya enumeración sería muy extensa.

REFERENCIAS

- IBM; INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION (1970): *IBM GH 20-0166-5*. Technical Publication Department, White Plains, Nueva York, 17 pp.
- LABORATORIO CONJUNTO CUBANO-SOVIÉTICO (1980): Realización del análisis físico-estadístico de los parámetros del movimiento de los C. T. y condiciones de fondo en el Océano Atlántico, Mar Caribe, Golfo de Méjico, y parte noroccidental del Océano Pacífico. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 87 pp.
- LOWE, R. (1980): *Predicting tropical storm formation in the Western Pacific*. Pubs. W. M. O. Symposium on probabilities and statistical methods in weather forecasting, Liza.
- MILLER, R. G. (1962): Statistical prediction by discriminant analysis. *Meteorol. Monogr.*, 4(25):1-54.
- NARANJO, L., y CÁRDENAS, P. A. (1980): Un método numérico para la solución de pronósticos del tiempo de variables discretas por análisis discriminante. *Cien. Tierra Espacio*, 2:83-110.
- ORTIZ, R., y ARCIA, D. (1984): Pronóstico de la velocidad de los vientos que producen los frentes fríos al entrar en la región occidental de Cuba. *Cien. Tierra Espacio*, 8:117-121.

SHORT-RANGE FORECAST OF THE ARRIVAL OF COLD FRONTS IN WESTERN CUBA

ABSTRACT

Considering the high number of cold fronts that affect Cuba, and their influence on several aspects of national activity, a synoptic-statistical method is presented for the determination of the possibilities of arrival of cold fronts in western Cuba and rate of movement. For its attainment, computational programs are presented with the purpose of selecting the best predictors and coefficients from forecast equations. The dependent sample was of 417 cases, and 11 predictors were selected of 26 potential ones. Finally, the resulting error from an independent sample of 68 cases showed satisfactory results.