

# Determinación del movimiento de los frentes fríos en el Atlántico, el Mar Caribe y el Golfo de Méjico, mediante el empleo de los satélites meteorológicos

ELISEO ORIA GARCÍA

## RESUMEN

Se hace un estudio de los frentes fríos y de las características que presentan en su movimiento al cruzar el Golfo de Méjico, el Mar Caribe, y el Atlántico.

Considerando el flujo de arrastre de los 700 mb, se ha utilizado el método de transporte de la partícula ( $C = KV$ ), para estimar la variación del valor promedio que toma el factor de proporcionalidad  $K$ , en el movimiento de los frentes en superficie durante los meses de octubre a marzo.

Para este estudio se han utilizado los archivos de fotos del satélite meteorológico ESSA-8 y de mapas de superficie y aire superior, del Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencias de Cuba, correspondientes a los meses de octubre 1969-marzo 1970 y octubre 1970-marzo 1971.

## 1. INTRODUCCIÓN

En las latitudes medias se observan durante el año cuatro estaciones bien definidas, las cuales presentan características peculiares por las que pueden diferenciarse entre sí.

En Cuba, dada su posición geográfica, ese ciclo es casi imperceptible, estableciéndose en su lugar dos épocas o períodos bien marcados, el período lluvioso (mayo-octubre) y el poco lluvioso (noviembre-abril).

Es en la época poco lluviosa cuando los frentes fríos que avanzan desde el continente penetran en el Golfo de Méjico, llegando en su mayoría a nuestro territorio, donde causan descensos en las temperaturas, marejadas en la costa *N*, principalmente, y los correspondientes cambios en el estado del tiempo. Las lluvias provocadas por estos sistemas pueden llegar a ser intensas en determinadas ocasiones.

---

Manuscrito aprobado el 7 de julio de 1981.

E. Oria García pertenece al Instituto de Meteorología, de la Academia de Ciencias de Cuba.

Los frentes, por ser uno de los fenómenos meteorológicos que más persisten en el estado general de la atmósfera, han sido estudiados por varios autores, quienes han analizado características inherentes a los mismos, como son su naturaleza y movimiento (BYERS, 1944) y las superficies de discontinuidad (HALTINER y MARTIN, 1957). Los frentes también han sido estudiados por ANDERSON *et al.* (1969, 1973), empleando las nuevas técnicas que brindan los satélites meteorológicos.

En los últimos tiempos se han llevado a cabo estudios sobre la formación y evolución de los organismos en la zona tropical, pero muy poco se ha realizado en cuanto al estudio del movimiento de los frentes fríos en esta zona.

En la zona tropical, y, en particular, al avanzar sobre las aguas del Golfo de Méjico y acercarse a la porción occidental de Cuba, los frentes adquieren algunas características que hacen que se aparten del comportamiento habitual de los mismos en latitudes medias.

Los frentes fríos se suceden con cierta regularidad en nuestro país, y tenemos como promedio 19 frentes en una temporada invernal. Debido al número de ellos que nos afectan cada año y a la importancia que esto tiene para nuestra economía, sobre todo en la creciente rama de las actividades pesqueras, el pronóstico del movimiento de los frentes ha sido objeto de atención por parte de nuestro servicio meteorológico, aplicándose distintas técnicas con el fin de lograr un mejoramiento en los pronósticos de los mismos.

Es por todo lo expuesto anteriormente que se pensó en la realización de este trabajo, con la posibilidad de hallar algunas relaciones entre los distintos factores que intervienen en el movimiento de los frentes.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Uno de los métodos de extrapolación física (SOROCHINSKI, 1972) es el del transporte de la partícula por el flujo de arrastre de un nivel medio ( $C = KV$ ), donde  $C$  es la distancia a recorrer por la partícula,  $K$  el factor de proporcionalidad y  $V$  la velocidad del viento en el nivel considerado.

Este método empezó a ser utilizado en forma experimental por varios técnicos del Instituto de Meteorología, para hacer pronósticos del desplazamiento de los frentes en 12 horas. Indistintamente, se empleó el flujo de arrastre de los 500 y los 700 mb, debido a que el método para algunos casos daba resultados aceptables y en otros; los mismos se apartaban del valor real en forma considerable. También se varió el factor de proporcionalidad  $K$ , el cual, al igual que para el nivel de flujo de arrastre, se le dio valores tales como: 0,8; 0,9; 1,0 y 1,1.

Varios meteorólogos del Departamento de Pronósticos, los cuales laboramos en el grupo de trabajo de satélites meteorológicos, experimentamos durante un tiempo con este método, observando que el flujo que daba mejores resultados en nuestra zona era el de 700 mb, y en los casos de frentes del tipo laminar (PORTELA, 1973), el de 850 mb. Además, según avanzaba la temporada, el valor que tomaba  $K$  variaba.

En vista de lo anterior y como un primer intento de ver las características de los frentes y las relaciones que pudieran existir entre ellas, al avanzar los mismos sobre

el Golfo de Méjico hacia nuestro territorio, se procesaron los datos de los meses de octubre 1969-marzo 1970 y octubre 1970-marzo 1971.

En la muestra tomada, se analizó la onda en los 700 mb, considerando su distancia media mínima y máxima con respecto al frente en superficie, el ángulo que formaba la misma, y el formado por la intersección de las isohipsas en ese nivel con el frente. Se tuvo en cuenta, además, la orientación del frente en cada posición y el ancho medio de su banda de nubes.

Utilizando el flujo de arrastre de los 700 mb, y mediante el análisis del movimiento real en 12 horas, se determinaron los valores del factor de proporcionalidad  $K$ . Se consideraron los frentes como estacionarios para ( $K = 0$ ), y cuasi-estacionarios o de poco movimiento para ( $0,1 \leq K \leq 0,4$ ).

Los materiales usados para estos análisis fueron los archivos de fotos del satélite meteorológico ESSA-8 y de mapas de superficie y aire superior, del Instituto o de poco movimiento para ( $0,1 \leq K \leq 0,4$ ) ( $0,1 \leq K \leq 0,4$ ).

### 3. RESULTADOS

Después de procesados los datos de la muestra tomada y obtenidos los resultados de las características observadas, se procedió al análisis de los mismos. A continuación se expone el resultado de dicho análisis para los meses estudiados:

Octubre (1969-1970)

- (a) Orientaciones predominantes de los frentes en superficie : WSW-ENE y SSW-NNE.
- (b) Ancho promedio de la banda de nubes frontal : 194,8 millas.
- (c) En los 700 mb predominaron las ondas, cruzando al frente en superficie y detrás de él.
- (d) Distancia mínima promedio de la onda en 700 mb con respecto al frente en superficie : 70 millas.  
Distancia máxima promedio : 1 020 millas.
- (e) Intersección de las isohipsas en los 700 mb con el frente en superficie ( $21,0^{\circ}N-37,0^{\circ}N$ ).  
Ángulo de intersección promedio :  $55,5^{\circ}$ .  
Velocidad promedio del viento en 700 mb : 20,5 nudos.  
Velocidad promedio del frente en superficie : 17,8 nudos.
- (f) Un frente cuasi-estacionario ( $K = 0,37$ ) en 1969. La onda que lo acompaña tiene un ángulo de  $150^{\circ}$ .
- (g) Valor promedio del factor de proporcionalidad  $K$  : 0,87.

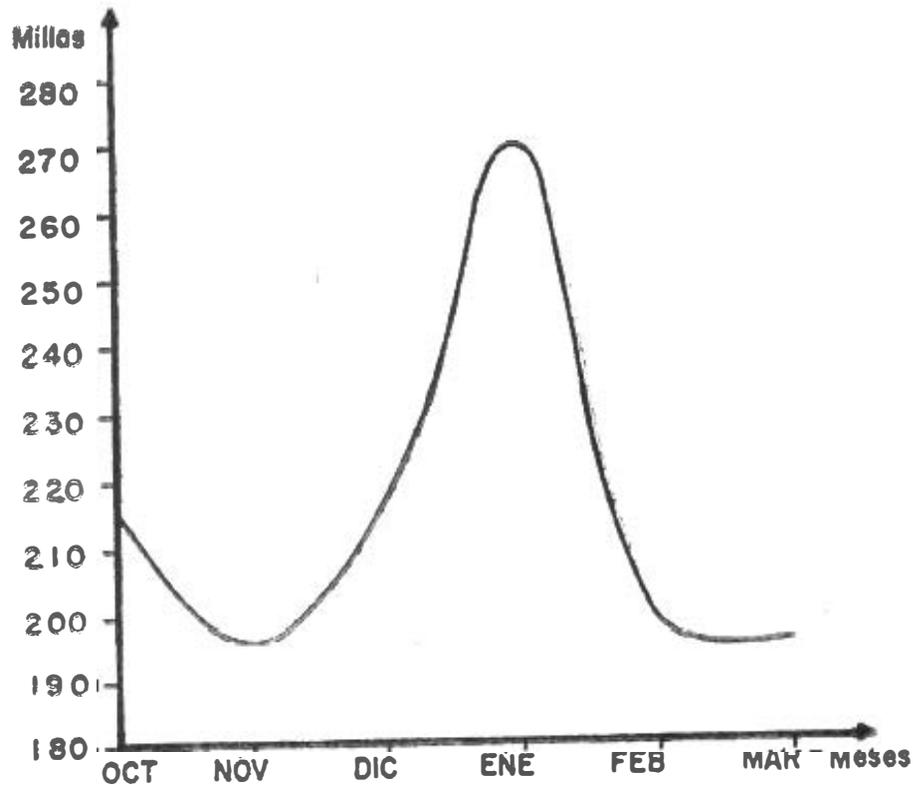


Fig. 1. Ancho promedio de la banda de nubes frontal (octubre 1969-marzo 1970 y octubre 1970-marzo 1971).

Noviembre (1969-1970)

- (a) Orientaciones predominantes de los frentes en superficie : *WSW-ENE* y *SW-NE*.
- (b) Ancho promedio de la banda de nubes frontal : 195,4 millas.
- (c) En los 700 mb predominaron las ondas detrás del frente en superficie.
- (d) Distancia mínima promedio de la onda en 700 mb con respecto al frente en superficie : 60 millas.  
Distancia máxima promedio : 690 millas.
- (e) Intersección de las isohipsas en los 700 mb con respecto al frente en superficie ( $16,0^{\circ}N-35,0^{\circ}N$ ).  
Ángulo de intersección promedio :  $42,3^{\circ}$ .  
Velocidad promedio del viento en 700 mb : 27,0 nudos.  
Velocidad promedio del frente en superficie : 24,2 nudos.

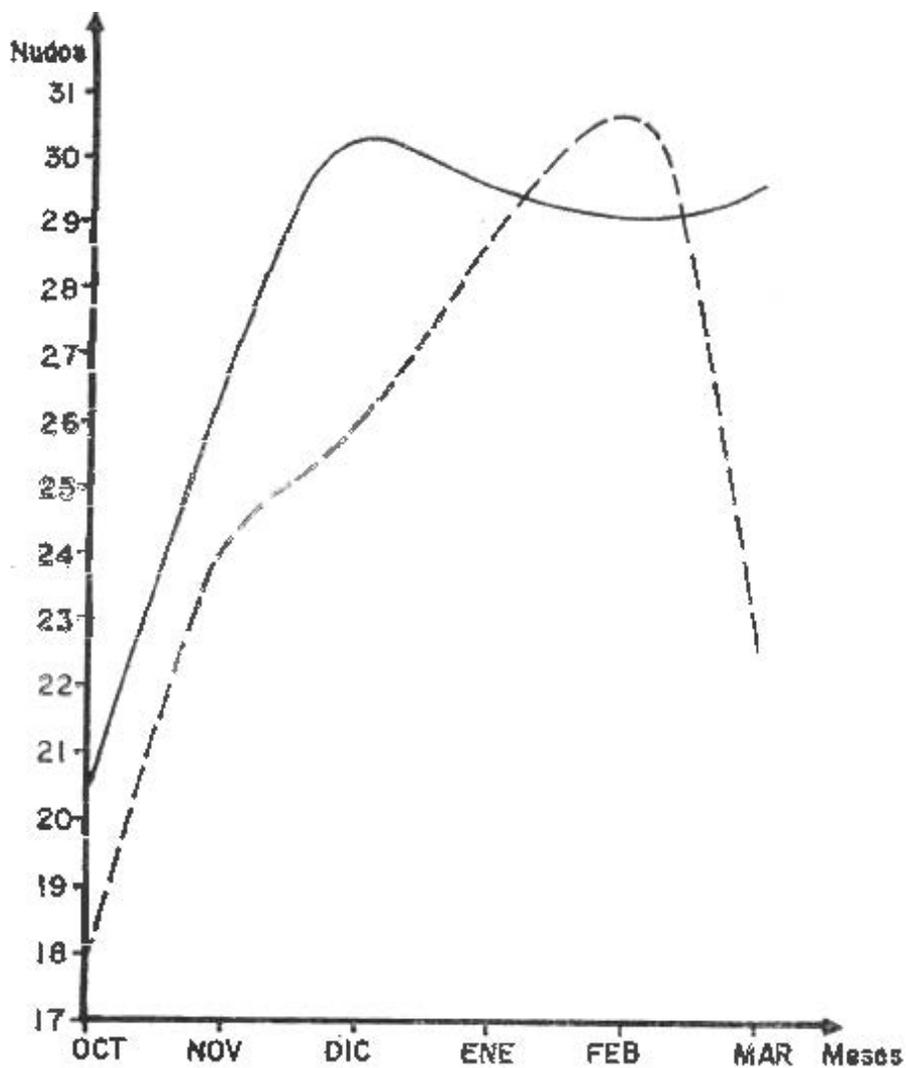


FIG. 2. Relación entre la velocidad promedio del viento en 700 mb (—) y la de los frentes en superficie (— —) (octubre 1969-marzo 1970 y octubre 1970-marzo 1971).

(f) Un frente estacionario ( $K = 0$ ) en 1970. La onda que lo acompaña tiene un ángulo de  $110^\circ$ .

Dos frentes cuasi-estacionarios ( $K = 0,31$  ;  $K = 0,33$ ) en 1969 y 1970.

Las ondas que los acompañan tienen ángulos de  $110^\circ$  y  $125^\circ$ , respectivamente.

(g) Valor promedio del factor de proporcionalidad  $K$  : 0,89.

Diciembre (1969-1970)

- (a) Orientaciones predominantes de los frentes en superficie : *SW-NNE* y *SW-NE*.
- (b) Ancho promedio de la banda de nubes frontal : 215,9 millas.
- (c) En los 700 mb predominaron las ondas detrás del frente en superficie.
- (d) Distancia mínima promedio de la onda en 700 mb con respecto al frente en superficie : 60 millas.  
Distancia máxima promedio : 765 millas.
- (e) Intersección de las isohipsas en los 700 mb con el frente en superficie ( $20,0^{\circ}N-35,0^{\circ}N$ ).  
Ángulo de intersección promedio :  $48,0^{\circ}$ .

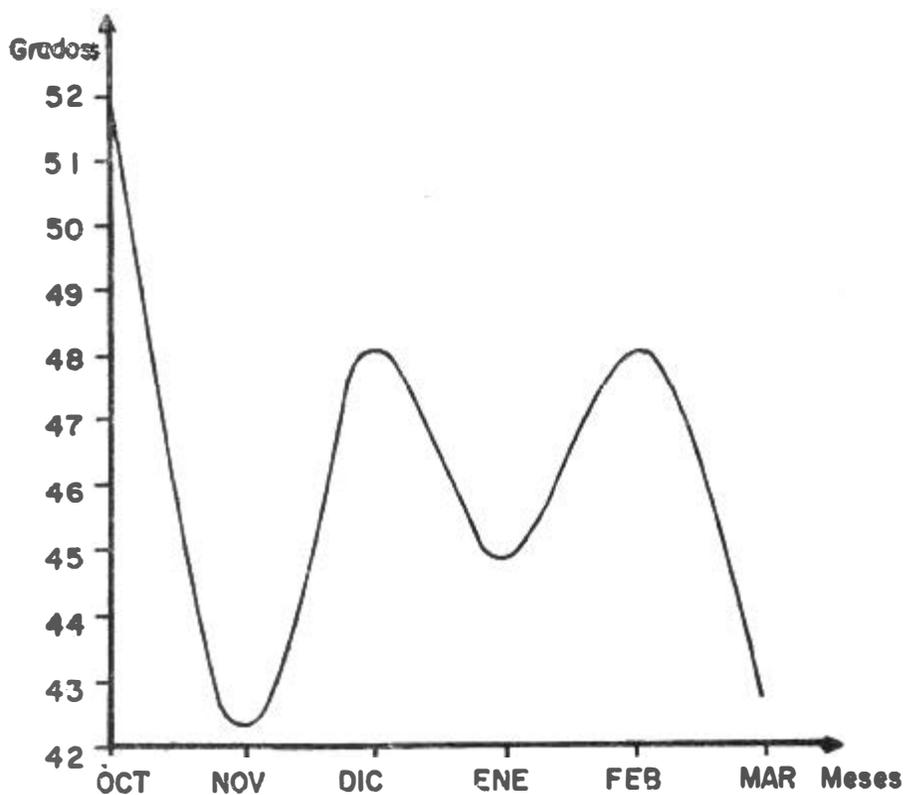


FIG. 3. Valor promedio del ángulo formado por la intersección entre las isohipsas en 700 mb y los frentes en superficie (octubre 1969-marzo 1970 y octubre 1970-marzo 1971).

Velocidad promedio del viento en 700 mb : 30,3 nudos.

Velocidad promedio del frente en superficie : 26,0 nudos.

- (f) Un frente cuasi-estacionario ( $K = 0,26$ ) en 1969 y tres ( $K = 0,12$  ;  $K = 0,40$  ;  $K = 0,35$ ) en 1970. Las ondas que los acompañan tienen ángulos de  $145^\circ$ ,  $145^\circ$ ,  $130^\circ$ , y  $130^\circ$ , respectivamente.
- (g) Valor promedio del factor de proporcionalidad  $K$  : 0,92.

Enero (1970-1971)

- (a) Orientaciones predominantes de los frentes en superficie : *WSW-ENE* y *SW-NE*.
- (b) Ancho promedio de la banda de nubes frontal : 270,2 millas.
- (c) En los 700 mb predominaron las ondas cruzando al frente en superficie y detrás de él.
- (d) Distancia mínima promedio de la onda en 700 mb con respecto al frente en superficie : 90 millas.  
Distancia máxima promedio : 1 065 millas.
- (e) Intersección de las isohipsas en los 700 mb con el frente en superficie ( $19,0^\circ N-33,0^\circ N$ ).  
Ángulo de intersección promedio :  $44,8^\circ$ .  
Velocidad promedio del viento en 700 mb : 29,6 nudos.  
Velocidad promedio del frente en superficie : 29,0 nudos.
- (f) Un frente estacionario ( $K = 0$ ) y dos cuasi-estacionarios ( $K = 0,37$  ;  $K = 0,40$ ) en 1970. Las ondas que los acompañan tienen ángulos de  $100^\circ$ ,  $160^\circ$ , y  $150^\circ$ , respectivamente.
- (g) Valor promedio del factor de proporcionalidad : 0,98.

Febrero (1970-1971)

- (a) Orientaciones predominantes de los frentes en superficie : *SSW-NNE* y *WSW-ENE*.
- (b) Ancho promedio de la banda de nubes frontal : 198,1 millas.
- (c) En los 700 mb predominaron las ondas detrás del frente en superficie.

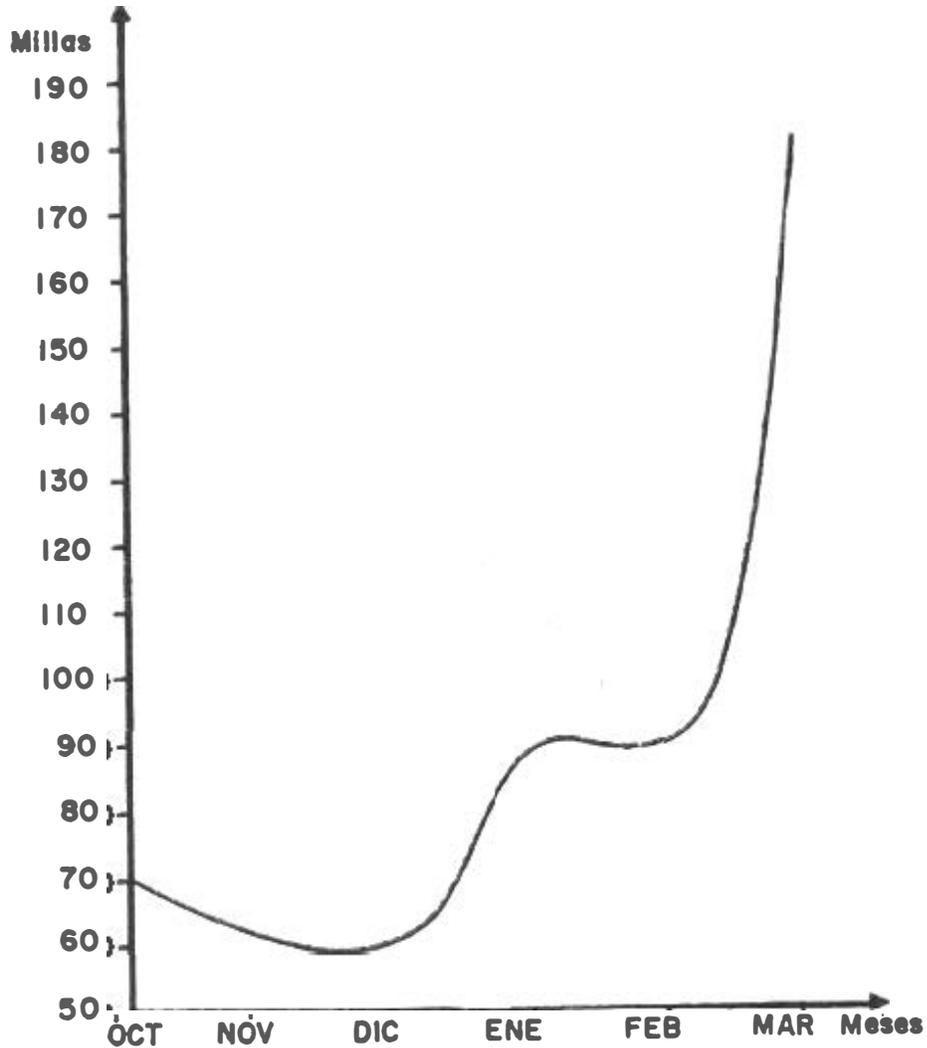


FIG. 4. Distancia mínima promedio de la onda en 700 mb con respecto al frente en superficie (octubre 1969-marzo 1970 y octubre 1970-marzo 1971).

(d) Distancia mínima promedio de la onda en 700 mb con respecto al frente en superficie : 90 millas.

Distancia máxima promedio : 1 260 millas.

(e) Intersección de las isohipsas en los 700 mb con el frente en superficie ( $21,0^{\circ}N-33,0^{\circ}N$ ).

Ángulo de intersección promedio :  $48,1^{\circ}$ .

Velocidad promedio del viento en 700 mb : 29,0 nudos.

Velocidad promedio del frente en superficie : 30,7 nudos.

(f) Dos frentes cuasi-estacionarios ( $K = 0,40$ ;  $K = 0,30$ ) en 1971. Las ondas que los acompañan tienen ángulos de  $160^\circ$  y  $180^\circ$ .

(g) Valor promedio del factor de proporcionalidad  $K$  : 1,06.

Marzo (1970-1971)

(a) Orientaciones predominantes de los frentes en superficie : *WSW-ENE* y *SW-NE*.

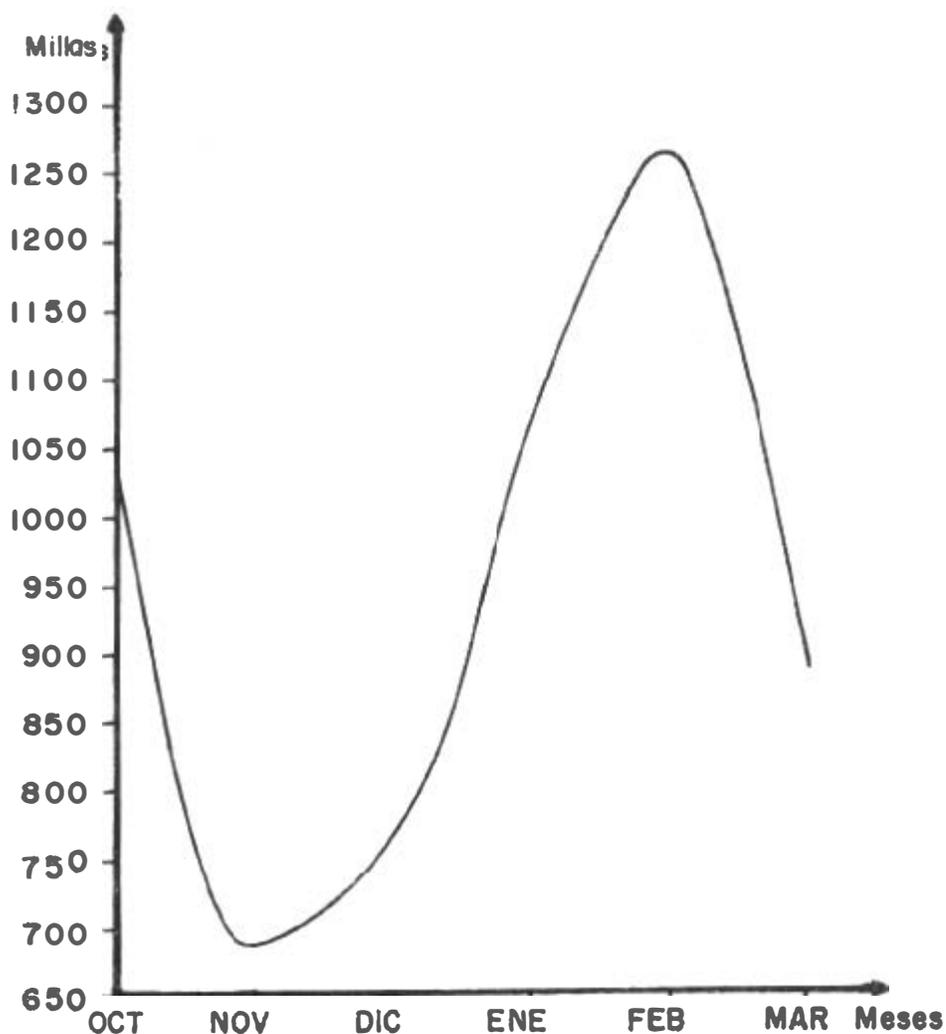


FIG. 5. Distancia máxima promedio de la onda en 700 mb con respecto al frente en superficie (octubre 1969-marzo 1970 y octubre 1970-marzo 1971).

- (b) Ancho promedio de la banda de nubes frontal : 194,9 millas.
- (c) En los 700 mb predominaron las ondas cruzando al frente en superficie y detrás de él.
- (d) Distancia mínima promedio de la onda en 700 mb con respecto al frente en superficie : 180 millas.  
Distancia máxima promedio : 885 millas.
- (e) Intersección de las isohipsas en los 700 mb con el frente en superficie ( $19,0^{\circ}N-35,0^{\circ}N$ ) .  
Ángulo de intersección promedio :  $42,7^{\circ}$ .  
Velocidad promedio del viento en 700 mb : 29,6 nudos.  
Velocidad promedio del frente en superficie : 22,5 nudos.
- (f) Dos frentes estacionarios ( $K = 0$ ) en 1970. Las ondas que los acompañan tienen ángulos de  $160^{\circ}$  y  $150^{\circ}$ .  
Tres cuasi-estacionarios ( $K = 0,36$  ;  $K = 0,40$  ;  $K = 0,25$ ) en 1970 y uno ( $K = 0,25$ ) en 1971. Las ondas que los acompañan tienen ángulos de  $130^{\circ}$ ,  $170^{\circ}$ ,  $120^{\circ}$ , y  $130^{\circ}$ .
- (g) Valor promedio del factor de proporcionalidad  $K$  : 0,76.

#### 4. CONCLUSIONES

- (a) Las orientaciones predominantes de los frentes fueron : *WSW-ENE* y *SW-NE*.
- (b) El ancho promedio de la banda de nubes frontal tuvo un máximo en enero de 270,2 millas y dos mínimos de 194,8 y 194,9 en octubre y marzo (Fig. 1).
- (c) La velocidad promedio del viento en 700 mb y la de los frentes en superficie fue prácticamente igual en enero. En febrero, la velocidad promedio de los frentes fue mayor que la del viento en 700 mb (Fig. 2).
- (d) El valor promedio del ángulo de intersección entre las isohipsas en 700 mb y los frentes en superficie tuvo un máximo de  $55,5^{\circ}$  en octubre y un mínimo de  $42,3^{\circ}$  en noviembre (Fig. 3).
- (e) En los 700 mb predominaron las ondas detrás de los frentes. La distancia mínima promedio con respecto al frente en superficie tuvo dos mínimos de 60 millas en noviembre y diciembre, y un máximo

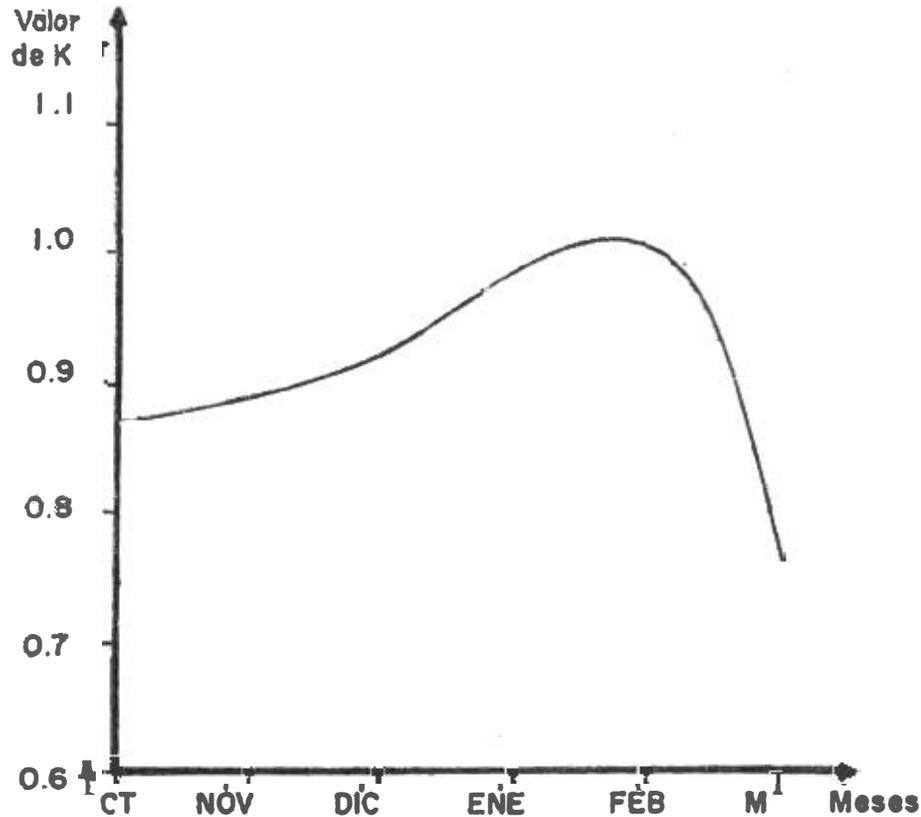


Fig. 6. Valor promedio del coeficiente de proporcionalidad  $K$  (octubre 1969-marzo 1970 y octubre 1970-marzo 1971).

de 180 millas en marzo (Fig. 4). La distancia máxima promedio tuvo un mínimo de 690 millas en noviembre y un máximo de 1 260 millas en febrero (Fig. 5).

- (f) Se observaron 4 casos de frentes estacionarios y 15 cuasi-estacionarios o de poco movimiento, siendo lo más significativo entre los mismos la velocidad del viento en 700 mb y el ángulo formado entre las isohipsas en este nivel y el frente en superficie.

La velocidad en los estacionarios fue de 10-25 nudos y en los cuasi-estacionarios de 20-50 nudos, mientras que el ángulo fue de 10-30° y de 20-90°, respectivamente.

- (g) El factor de proporcionalidad  $K$  tuvo un máximo de 1,06 en febrero y un mínimo de 0,76 en marzo (Fig. 6).

## RECONOCIMIENTO

Se agradece a los compañeros Evidio Linares, Rafael Pérez, Juan S. Rego, y Miguel A. Portela (Instituto de Meteorología), la revisión de este trabajo y las sugerencias brindadas al respecto.

## REFERENCIAS

- ANDERSON, R. K., ASHMAN, J. P., BITTNER, F., FARR, G. R., FERGUSON, E. W., OLIVER, V. J., y SMITH, A. H. (1969): Application of meteorological satellite data in analysis and forecasting. *Air Weather Service (MAC), Tech. Rep.* 212:3B1-3B14.
- ANDERSON, R. K., ASHMAN, J. P., FARR, G. R., FERGUSON, E. W., ISAYEVA, G. N., OLIVER, V. J., PARMENTER, F. C., POPOVA, T. P., SKIDMORE, R. W., SMITH, A. H., y VELTISHCHEV, N. F. (1973): The use of satellite pictures in weather analysis and forecasting. *WMO No. 333, Tech. Note*, 124: 103-116.
- BYERS, H. R. (1944): *General meteorology*. McGraw-Hill, Nueva York, 2da edn., 645 pp.
- HALTNER, G. J., y MARTIN, F. L. (1957): *Dynamical and physical meteorology*. McGraw-Hill, Nueva York, Toronto, Londres, 470 pp.
- PORTELA, M. (1973): *Meteorología tropical*. Instituto de Meteorología, La Habana, 130 pp.
- SOROCHINSKI, M. (1972): *Métodos para pronósticos del tiempo*. Instituto de Meteorología, La Habana, 163 pp.

## ABSTRACT

A study was conducted on cold fronts and their characteristics while they cruise the Gulf of Mexico, the Caribbean Sea, and the Atlantic Ocean.

Considering the 700 mb steering flow, the particle transport method ( $C = KV$ ) is utilized to estimate the variability of the average value that takes the proportionally factor  $K$ , in surface movement of fronts from october to march.

The ESSA-8 meteorological satellite pictures and the surface and upper level synoptic charts of the Institute of Meteorology of the Cuban Academy of Sciences, corresponding to october 1969-march 1970 and to october 1970-march 1971, were used in this study.

**CDU 551.512.3**