

Pronóstico del desplazamiento de los frentes fríos sobre el Golfo de México, Península de Yucatán y región occidental de Cuba. Campo de Viento y Lluvia asociado

Autores: EUGENIO MOJENA LÓPEZ ¹, LUIS YAÑEZ TRUJILLO ², ANTONIA ORTEGA GONZÁLEZ ³, REYNALDO BÁEZ ALTAMIRANO ³, VÍCTOR HUGO BASTIDA VILLALOBOS ², JULIA LEYVA SANTOS ³, GLORIA RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ ³

1 Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa (México) – Instituto de Meteorología (Cuba).

2 Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa (México).

3 Instituto de Meteorología (Cuba).

Resumen

Los frentes fríos pertenecen a los fenómenos meteorológicos peligrosos, tanto por los vientos, lluvias y campo de olas a ellos asociados como por otros fenómenos como los tornados que aparecen comúnmente vinculados a los mismos (Parke S. Peter 1986), principalmente ante la presencia de fuertes contrastes térmicos y cizalladuras del viento intensas (Mojena 1986).

Ellos representan un serio peligro para la seguridad y la economía del hombre en el mar, y las actividades costeras, ya que los fuertes vientos a ellos asociados, las marejadas y las penetraciones del mar impactan fuertemente estas áreas produciendo verdaderos desastres, estos sistemas afectan también de manera significativa las actividades agrícolas. La zona del Golfo de México se ve seriamente afectada por estos sistemas durante los meses de invierno, por lo que gran parte de las actividades económicas que se realizan en el mismo y en las zonas costeras van estar condicionadas a la presencia de estos sistemas (Mojena 1986)

Es por ello que se toma la información obtenida por los satélites Geoestacionarios dadas sus características orbitales y su alta frecuencia temporal de imágenes, son herramienta fundamental para el seguimiento y evaluación de los fenómenos meteorológicos peligrosos, ya que ellos permiten un geoposicionamiento permanente de los mismos, y una valoración constante de su composición nubosa, estructura, morfología y propiedades radiativas (James F. Purdom. W. (1995)

Este trabajo presenta un método de pronóstico que se desarrolla en cuatro etapas: Llegada o no de los frentes a la región occidental de Cuba y la Península de Yucatán (Técnica de Cluster y Análisis Discriminante), pronóstico de desplazamiento de los frentes fríos sobre el Golfo de México propiamente dicho, las zonas costeras, la Península Yucatán y la región occidental de Cuba, hasta 54 horas (Regresión no Lineal con punto de ruptura), y los pronósticos lluvia y vientos sobre el extremo Sudeste del Golfo de México, la Península de Yucatán y la región occidental de Cuba (Procesamiento Digital de Imágenes, Regresión no Lineal). El que incluye como característica de interés que los frentes se mueven sobre una línea recta que se extiende del extremo Noroeste del golfo al extremo occidental de Cuba, y particularidades de las bandas frontales como el tipo de nube predominante en la banda frontal y su ancho.

Los resultados de este trabajo se implementaron en el Software SPFF (Sistema de Pronóstico de Frente Frío), ya en uso operativo en el grupo de satélites del Centro Nacional de Pronósticos del Instituto de Meteorología.

Palabras claves: frente frío, viento, lluvia, penetración del mar, tornado, olas, satélites geoestacionarios, geoposicionamiento, cluster, punto de ruptura, regresión, spff.

Introducción

Los procesos de interacción entre latitudes bajas y medias pueden jugar un papel importante en el tiempo y el clima de determinadas regiones, llegando a ser una característica esencial de los mismos. Bajo determinadas condiciones la corriente superior del Oeste de latitudes medias puede cambiar de régimen zonal a meridional irrumpiendo en los trópicos, generando una extensa vaguada que puede penetrar profundamente en bajas latitudes (Dvorak.V.F,

Smigielki F 1990). En estas regiones, los frentes fríos incursionan con gran regularidad, principalmente en el invierno o período poco lluvioso de la zona tropical, y en lo referente a la nubosidad, lluvia y viento, estos son de los sistemas más importantes de la zona tropical durante este período (Mojena et al.), de ahí la necesidad de disponer de métodos confiables de pronóstico de su desplazamiento y de las principales variables meteorológicas a ellos asociadas que sean de fácil operatividad, y que a la vez den la mayor cantidad de información posible.

Los sistemas frontales son muy fácilmente reconocibles en las imágenes de satélites, tanto Circumpolares como Geoestacionarios, sin embargo, dadas las características orbitales y alta frecuencia temporal de transiciones de imágenes de estos últimos, los convierte en elementos clave, para el monitoreo (Parke, S. Peter, 1986) evaluación y desarrollo de métodos de pronóstico de estos sistemas. Los frentes fríos se encuentran a lo largo del segmento exterior, de la banda espiral que forma el vórtice nuboso, en la zona de influencia de la baja, y fuera de la misma permanecen en esta posición o se internan algo más dependiendo de los patrones de nubosidad que forma la espiral nubosa. Estas bandas tienen una longitud de un orden de los 1000 Km y un ancho promedio entre 200 – 300 Km. Observándose que el ancho de estas bandas decrece a medida que se extienden hacia latitudes más bajas. La apariencia brillante o gris de estas bandas en las imágenes de satélite, así como su estructura y morfología depende del tipo y magnitud de los procesos dinámicos y termodinámicos presentes, de aquí que el tipo de nube y su cantidad sean indicativos directos de la magnitud y distribución de los campos de lluvia y viento.

Materiales y Métodos

Para el desarrollo del presente trabajo se emplearon 10 temporadas frontales, en las que fueron incluidos todos los frentes que arribaron al Golfo de México, determinándose para cada uno de ellos la presión y las coordenadas de los centros ciclónicos y anticiclónicos asociados y su posición sobre la recta antes señalada, para periodos de 6 horas (Mapas de superficies e Imágenes de Satélites), desde su arribo al referido golfo hasta su penetración en el Mar Caribe Occidental, y se contó con las secuencias de imágenes de satélites GOES y NOAA Infrarrojas y Visibles correspondientes a cada uno de estos sistemas, para la clasificación de las nubes y el ancho de la banda nubosa (Fig.1). Se hicieron las mediciones in situ correspondientes a los campos de viento y lluvia al arribo de los frentes al extremo Sudeste del golfo, Península de Yucatán y región occidental de Cuba (Mapas Sinópticos del Tiempo). El desarrollo del trabajo estuvo basado en las técnicas del procesamiento digital de imágenes y de la estadística multivariada.

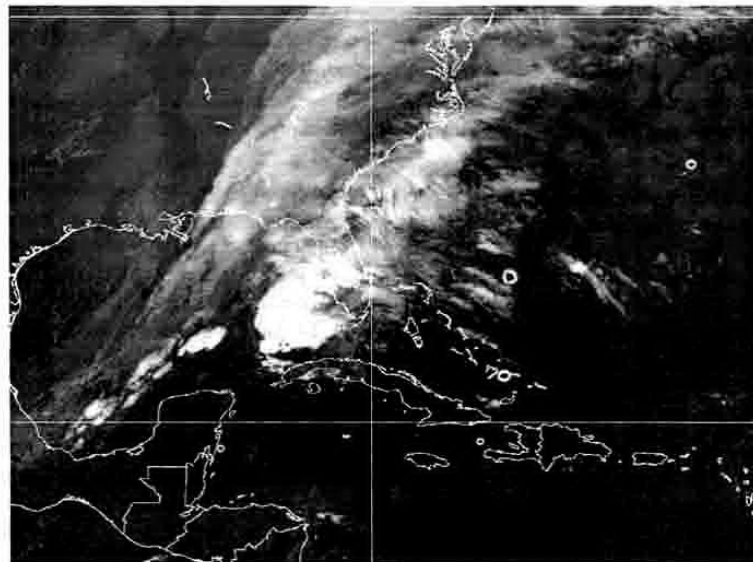


Fig.1. Muestra una imagen IR Térmico del GOES 8 del 16-10-02 a las 1445 UTC, donde aparece una banda frontal extendida sobre la región central del Golfo de México, en ella se observan áreas de actividad convectiva intensa y nubes cúmulos principalmente.

El desarrollo del trabajo se concibió basándose en las siguientes etapas.

- 1- Elaboración de ficheros y su paso a soportes magnéticos
- 2- Preparación de algoritmos
- 3- Elaboración de software
- 4- Puesta a punto

Con las mediciones antes señaladas, y otras como la inclinación de la banda, la velocidad de desplazamiento etc. Con respecto a una línea recta que une al cabo de San Antonio (Cuba), con el extremo noroeste del Golfo de México (FIG 1) se construyeron un conjunto de ficheros, que sirvieron de base para el desarrollo del método. Los que se muestran a continuación.

Frente 1: 278 filas 13 columnas
 Entrada: 118 filas 135 columnas
 Frente 2: 119 filas 55 columnas
 Frente 3: 118 filas 58 columnas
 PR- LLUV1: 114 filas 34 columnas

La asignación del frente a su arribo a la costa NW del Golfo de México a uno de dos grupos vinculado o no a la llegada del frente al extremo sudeste del golfo de México y región occidental de Cuba.

Se trabajó sobre la base del fichero Frente 1 Aplicando la técnica de clasificación de cluster para determinar los grupos correspondientes a frentes que llegan y que no llegan empleándose la distancia Euclidiana tabla 1. Este es el punto de partida, para la aplicación posterior de las técnicas del análisis discriminante. Las variables seleccionadas para la

clasificación aparecen referenciadas en la tabla 2 y representan las coordenadas y la presión central de los centros ciclónicos y anticiclónicos asociados al sistema frontal a su arribo al extremo Noroeste del Golfo de México, estas fueron seleccionadas por su importancia en relación con el fenómeno en estudio. Aunque podían haberse incluido muchas más.

Los resultados obtenidos de este proceso se muestran a continuación:

Cluster 1: Frentes que llegan al extremo Sudeste del Golfo de México, penetran en la región occidental de Cuba y la península de Yucatán.

Cluster 2: Frentes que no llegan.

Cluster 1: 180 casos - (N 1)

Cluster 2: 92 casos - (N 2)

Tabla 1. Muestra las distancias entre los Cluster 1 y 2

Euclidean Distances between clusters (Fronts 1. Sta)		
Distances below diagonal squared distances above diagonal		
Cluster N	N 1	N 2
N 1	0.00000	50.33570
N 2	7.094766	0.00000

Tabla 2. Valores medios de las variables para los Cluster

Cluster Mean (Front 1)		
Variable	Cluster N 1	Cluster N 2
LAT N	38.525	39.612
LON W	88.536	84.603
PBEXT	1002.594	1005.076
LATN 1	39.923	40.250
LONW 1	105.945	102.728
PACONT	1027.078	1029.358
LATN 2	31.079	37.397
LON W 2	74.956	55.793
PAOCEA	1022.311	1029.913

Tabla 3

Euclidean Distances between cluster (fronts. Sta)		
Distances below diagonal squared distances above diagonal		
Cluster N	N 1	N 2
N 1,2	0.000000	51.57702
N 2,2	7.181714	0.00000

Los frentes que no llegan (Cluster 2) fueron divididos en dos nuevos grupos, esto se hizo más por razones de investigación que por necesidades operativas para el desarrollo del método. Tabla 3

Tabla 4. Valores medios de las variables

Cluster means (Fronts.Sta)		
Variable	Cluster N 1	Cluster N 2
LAT N	45.541	41.316
LON W	83.200	87.713
PBEXT	1004.436	1001.812
LATN 1	39.184	39.975
LONW 1	98.511	106.787
PACONT	1026.018	1027.338
LATN 2	30.133	35.831
LONW 2	79.346	62.663
PAOCEA	1020.745	1028.175

La tabla 4 muestra los valores medios de las variables para los cluster 1 y 2 pertenecientes a los frentes que no arriban al extremo sudeste del golfo y la región occidental de Cuba (Cluster 2)

Estimación de la entrada de los frentes. Empleo del Análisis discriminante

Una vez determinados los 3 grupos de trabajo (cluster 1 frentes que llegan y cluster 2 y 3 frentes que no llegan), se aplicaron las técnicas de análisis

discriminantes con el objetivo de obtener las ecuaciones que permitan la asignación de un nuevo frente que arriba a la costa del extremo Noroeste del Golfo de México a uno de los tres grupos previamente determinados. La tabla 5 muestra la distancia de Mahalanovičh entre grupos.

Tabla 5 distancia de Mahalanovich

Cuadrado de la distancia de Mahalanovich			
Clust	G 1:2	G 2:3	G 1:3
G 1:2	0.000000	4.889550	1.345706
G 2:3	4.889550	0.000000	5.582157
G 1:3	1.345706	5.582157	0.000000

-Funciones de clasificación.

$G1 = -42390.3 + (19.9) LB0 + (18.7) LOB0 + (6.3) PB0 - (18.1) LAC0 - (5.7) LOAC0 + (22.3) PAC0 - (39.3) LAO0 + (4.0) LOAO0 + (54.2) PAO0$

$G2 = -42349.5 + (20.2) LB0 + (18.6) LOB0 + (6.4) PB0 - (18.0) LAC0 - (5.9) LOAC0 + (22.1) PAC0 - (39.4) LAO0 + (4.2) LOAO0 + (54.2) PAO0$

$G3 = -42486.7 + (20.1) LB0 + (18.7) LOB0 + (6.3) PB0 - (18.1) LAC0 - (5.7) LOAC0 + (22.2) PAC0 - (3.9) LAO0 + (4.0) LOAO0 + (54.3) PAO0$

La evaluación de estas ecuaciones con los datos correspondientes al nuevo frente que arriba al Noroeste del Golfo de México, permiten determinar si el nuevo frente pertenece al grupo de los que llegan al extremo Sudeste del citado golfo y la región occidental de Cuba o a los que se disipan en su recorrido sobre el referido golfo.

Para el pronóstico del desplazamiento se utilizan como predictores, la latitud inicial del frente sobre la costa del NW del Golfo de México, la latitud y la presión central de la baja y de los centros anticiclónicos que acompañan al frente, además del desplazamiento del frente sobre el Golfo de México para las primeras 12 horas.

Los pronósticos para 24,36,42 y 54 horas se producen sobre una línea que se extiende desde el NW del Golfo de México hasta el Cabo de San Antonio. Fig. 2

Pronóstico de desplazamiento de los frentes fríos sobre el Golfo de México.

Pronóstico del desplazamiento para 24 horas.
 $R=0.87$

$Es = 0.4 \text{ gr,}$

$$\text{Lat24} = 47.49 + 0.08\text{LAT0} - 0.01\text{LB0} - 0.01\text{PB0} - 0.02\text{LAC0} + 0.02\text{PAC0} + 0.01\text{LAO0} - 0.02\text{PAO0}$$

$$\text{Lat 24} = 46.87 + 0.11\text{LAT0} + 0.02\text{LB0} + 0.01\text{PB0} + 0.05\text{LAC0} - 0.03\text{PAC0} + 0.01\text{LAO0} - 0.007\text{PAO0}$$

Pronóstico de desplazamiento para 36 horas
R = 0.83

Es = 0.3 gr.

$$\text{Lat 36} = 10.91 - 0.02\text{LAT0} + 0.0009\text{LB0} + 0.01\text{PB0} - 0.004\text{LAC0} - 0.002\text{PAC0} - 0.01\text{LAO0} + 0.001\text{PAO0}$$

$$\text{Lat 36} = 75.13 + 0.10\text{LAT0} + 0.03\text{LB0} + 0.01\text{PB0} + 0.09\text{LAC0} - 0.09\text{PAC0} - 0.01\text{LAO0} + 0.02\text{PAO0}$$

Pronóstico de desplazamiento para 42 horas
R = 0.80

Es = 0.7 gr.

$$\text{Lat42} = 43.49 + 0.02\text{LAT0} - 0.007\text{LB0} - 0.01\text{PB0} + 0.008\text{LAC0} + 0.001\text{PAC0} + 0.01\text{LAO0} - 0.01\text{PAO0} - 0.01\text{D12}$$

$$\text{Lat42} = 240.19 + 0.051\text{LAT0} - 0.10\text{LB0} - 0.05\text{PB0} + 0.17\text{LAC0} + 0.03\text{PAC0} + 0.05\text{LAO0} - 0.21\text{PAO0} + 1.04\text{D12}$$

Pronóstico de desplazamiento para 54 horas
R = 0.9

Es = ---

$$\text{Lat54} = -105.65 - 0.23\text{LAT0} - 0.008\text{LB0} + 0.008\text{PB0} - 0.05\text{LAC0} + 0.07\text{PAC0} - 0.021\text{LAO0} + 0.04\text{PAO0} + 0.34\text{D12}$$

$$\text{Lat54} = -0.06 - 3.46\text{LAT0} - 2.12\text{LB0} - 0.69\text{PB0} - 0.71\text{LAC0} + 3.16\text{PAC0} - 0.38\text{LAO0}$$

$$- 2.25\text{PAO0} + 0.96\text{D12}$$

Donde LAT0: Latitud inicial del frente

LB0 : Latitud inicial de la baja

LOB0 : Longitud inicial de la baja

PB0 : Presión inicial de la baja

LAC0 : Latitud inicial del anticiclón continental

LOAC0 : Longitud inicial del anticiclón continental

PAC0 : Presión inicial del anticiclón continental

LAO0 : Latitud inicial del anticiclón oceánico

LOAO0 : Longitud del anticiclón oceánico

PAO0 : Presión inicial del anticiclón oceánico

D12 : Distancia recorrida por el frente en las primeras 12 horas en grados

Siendo los puntos de ruptura respectivamente:
Lat24 = 23.8°, Lat36 = 22.8° , Lat42 = 22.1° y Lat54 = 21.0°.



Fig.2. Muestra una carta del tiempo, en la que aparece representado el pronóstico de un frente frío sobre el Golfo de México, La Península de Yucatán y la región occidental de Cuba, a partir de los algoritmos desarrollados en el presente trabajo.

Para la determinación de los errores de estimación de los pronósticos de desplazamiento de los frentes fríos, lluvia y viento se empleó una muestra independiente de 10 frentes fríos, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla No 6 para el

pronóstico de desplazamiento, donde se compara con los errores obtenidos por el método de Pronóstico Sinóptico Estadístico de uso oficial en el Instituto de Meteorología de Cuba.

Tabla 6. Muestra los errores de estimación obtenidos de la muestra independiente, y su comparación con el método Sinóptico Estadístico, de uso operativo en el centro de pronóstico del Instituto de Meteorología Cuba

Pronóstico de desplazamiento		
Tiempo en horas	Es. En grados de Lat.	Es. Pro. Sinop. Est.
24	0.3	1.1
36	0.4	1.5
42	0.6	1.6
54	---	--

Pronóstico de Lluvia para la región occidental.

Para el pronóstico de lluvia se tomaron los parámetros siguientes:

- 1- Ancho de la banda frontal (en grados de Latitud)
- 2- Tipo de nube (Cb, Ns, Cu) y combinaciones de las mismas
- 3- Velocidad de desplazamiento de la banda (en nudos)
- 4- Lluvia medida para la región occidental - Lln, Lls

Considerándose dos posibles pronósticos, uno el frente por encima de 25° N y dos el frente al S de 25° N, considerándose el segundo pronóstico como una rectificación del primero, ya que elementos claves como el ancho de la banda y el tipo de nube sufren modificaciones sustanciales en su desplazamiento hacia el sur sobre el Golfo de México, lo cual introduce también cambios drásticos en el pronóstico de lluvia. El tipo de nube que se toma para la evaluación de las ecuaciones, es la nube predominante en la banda nubosa.

Pronóstico de lluvia asociada a nubes Cb al Norte de 25° N

$$Lln = 0.141 + 1.18 AB + 0.23 Cb + 1.14 VD$$

R = 0.8

$$Lln = 2.55 + 2.87 AB + 9.87 Cb + 0.77 VD$$

Pronóstico de lluvia asociada a nubes Cb al Sur de 25° N

$$Lls = 0.72 + 1.54 AB + 2.55 Cb - 0.09 VD$$

R = 0.78

$$Lls = 2.93 + 1.73 AB + 11.38 Cb + 0.12 VD$$

Pronóstico de lluvia asociado a nubes Cu al Norte de 25° N

$$Lln = 2 + 0.015 AB + 2 Cu + 0.52 VD$$

R = 0.81

$$Lln = 36.80 - 2.38 AB + 36.80 Cu - 2.45 VD$$

$$52 AB + 19.55 Ns + 0.53 VD$$

Pronóstico de lluvia asociado a nubes Ns al Sur de 25° N

$$Lls = 4.77 - 5.54 AB + 14.11 Ns - 0.68 VD$$

R = 0.82

$$Lls = 8.95 - 0.88 AB + 26.65 Ns - 1.07 VD$$

Siendo AB el ancho de la banda en grados y VD la velocidad de desplazamiento en nudos.

Los puntos de ruptura (BP) respectivamente para las bandas de Cb, Cu y Ns al Norte de 25° N son: Bp = 33.0 mm, Bp = 24.0 mm y Bp = 41.87 y al Sur de 25° N son: Bp = 33.0 mm, Bp = 22.0 mm y Bp = 43.0 mm.

BP : Es el lugar donde la muestra independiente se divide en dos partes.

El Es. = 7.0 mm. para todos los casos en que los anchos de bandas >1 grado se evalúa la segunda ecuación.

Pronóstico de viento

Para el pronóstico de viento se tomaron los parámetros siguientes.

- 1- Ancho de la banda frontal (en grados de Latitud)
- 2- Tipo de nube (Cb, Ns, Cu) y combinaciones de las mismas

3- Velocidad de desplazamiento de la banda (en nudos)

4- Velocidad del viento VD medida sobre el extremo Sudeste del Golfo de México y la región occidental de Cuba.

Pronóstico de viento asociado a bandas de Cb al Norte de 25° N

$$Vto = 1.33 - 1.97 AB + 4.96 Cb + 0.01 VD$$

R = 0.89

$$Vto = 1.97 - 1.30 AB + 7.55 Cb + 0.29 VD$$

Pronóstico de viento asociado a bandas de Cb al Sur de 25° N

$$Vto = 1.26 - 1.76 AB + 4.68 Cb + 0.06 VD$$

R = 0.90

$$Vto = 1.61 + 0.32 AB + 6.11 Cb + 0.20 VD$$

Pronóstico de viento asociado a bandas de Cu al Norte de 25° N

$$Vto = 9.25 - 0.91AB + 9.25 Cu + 0.04 VD$$

R = 0.85

$$Vto = 14.38 + 0.46 AB + 14.38 Cu - 0.04 VD$$

Pronóstico de viento asociado a bandas de Cu al Sur de 25° N

$$Vto = 9.23 - 0.87 AB + 9.23 Cu + 0.03 VD$$

R = 0.87

$$Vto = 12.30 + 0.94 AB + 12.30 Cu + 0.13 VD$$

Pronóstico de viento asociado a bandas de Ns al Norte de 25° N

$$Vto = 2.53 - 3.9 AB + 7.33 Ns - 0.04 VD$$

R = 0.90

$$Vto = 3.17 + 0.10 AB + 9.27 Ns - VD$$

Pronóstico de viento asociado a nubes Ns al Sur de 25° N

$$Vto = 2.40 - 3.08 AB + 7 Ns + 0.04 VD$$

R = 0.91

$$Vto = 2.85 + 0.05 AB + 8.36 NS + 0.011 VD$$

Donde AB es el ancho de la banda en grados y VD es la velocidad de desplazamiento del frente, respectivamente al N y al S de los 25 grados de latitud N. Los puntos de ruptura son respectivamente para las bandas de Cb (25 N) 21.9 Kt (39.42 Km) al S de 25 grados N 22 Kt (39.6 Km), para las bandas de Cu (25 N) 22 Kt (39.6 Km), al S de 25 grados N 22.9 Kt (41.2 Km), para las bandas de Ns (25 N) 21.1 Kt (37.98 Km), al S de 25 grados N 22.6 Kt (40.6 Km), los que están asociados a características estructurales de la banda, como pueden ser bandas continuas o fragmentadas etc.

Para todos los casos en que los anchos de bandas > 1 grado, se evalúa la segunda ecuación.

El error de estimación (Es) obtenido para el viento es inferior a los 10 Km./h, y por eso lo enmarca dentro del rango establecido para este parámetro.

Todos los algoritmos desarrollados se implementaron en el sistema SPFF (Sistema de Pronóstico de Frentes Fríos). Este sistema se encuentra operativo en el grupo de satélites del Centro Nacional de Pronóstico del Instituto de Meteorología de Cuba. La Fig. 3 muestra un ejemplo de la salida del sistema para un pronóstico completo de un frente frío.

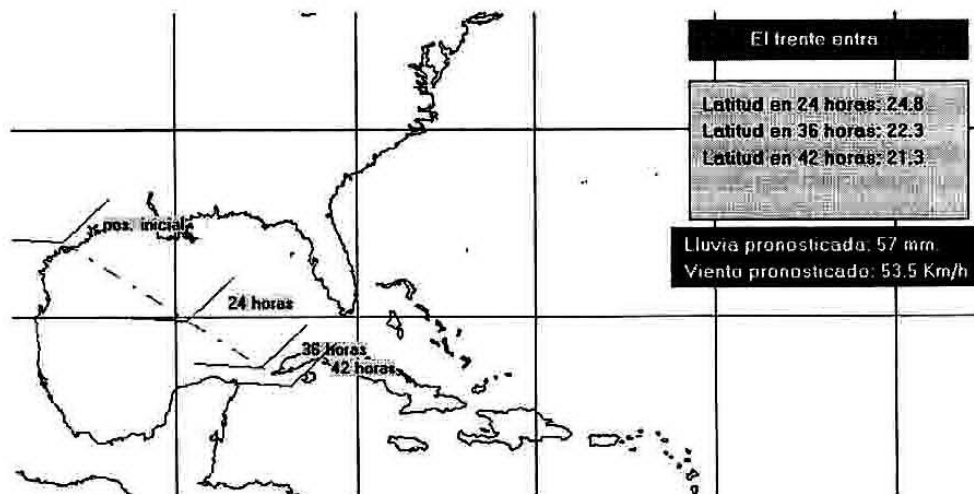


Fig. 3 Muestra un pronóstico completo de un frente Frío que afecta el extremo Sudeste del Golfo de México, Península de Yucatán y penetra en la región occidental de Cuba a las 42 horas de su arribo al extremo noroeste del golfo (Sistema SPFF).

Conclusiones y Recomendaciones

1- Los resultados obtenidos en este trabajo superan a los de otros métodos de pronóstico operativos en el Centro Nacional de Pronóstico del Instituto de Meteorología de Cuba.

2- A diferencia de otros métodos que utilizan el desplazamiento de varios puntos, aquí el frente se mueve sobre una línea recta, lo que simplifica el trabajo y hace más precisa la ubicación del mismo.

3- Este método difiere de otros que sólo pronostican el desplazamiento del frente, este incorpora el pronóstico de las variables viento y lluvia, a su arribo al extremo Sudeste del Golfo de México, aspecto este que lo hace mucho más completo, además, brinda la información cuantitativa.

4- Consideramos que puede mejorar notablemente los resultados el incorporar al pronóstico del desplazamiento del Sistema frontal, un conjunto de parámetros extraídos de las imágenes de satélite como son: la inclinación y el ancho de la banda frontal, así como el tipo de nubosidad, que integra dicha banda.

Bibliografía

Bottger (1976) : Forecasting extratropical storm with hurricane intensity using satellite information . J. App . Met . Vol. 14 . pp 1259 .

Coffier. R. (1973): The role of cumulus conv. In development of extratropical cyclones. Mon . Wea . Rev. Vol. 101. No. 7.

James F. Purdom. W. (1995): Advanced Atmospheric Studies Using GOES.

Multichannel Imagery - Regional and Mesoscale Meteorology Branch Office of Research and Applications NOAA / Nesdis. 1995.

Jesús González Montoto (1986): Tesis para la obtención del grado científico de candidato a Dr. en ciencias geográficas. Academia de ciencias de Cuba. INSMET. La Habana 1986.

Mojena E. y otros (1987): Origen y evolución de los ciclones tropicales bajo la influencia de los frentes fríos. Instituto de Hidrología y Meteorología. Bulgaria. (7pag.).

Parke. S. Peter. (1986): Satellite Imagery Interpretation for forecasters. National Weather Service Headquarters office of Meteorology. 1986.

Sander, F. (1986) : Explosive cyclogenesis west - central north Atlantic Ocean . Mon. Wea . Rev . Vol. 114 . No. 10.

Abstract

Cold fronts belong to the dangerous kind of meteorological phenomena, not only due to the winds, rainfall and wave fields associated, but also to other events as tornadoes that usually show along (Parke S. Peter 1986), mainly in presence of strong thermal contrasts and intense wind shear (Mojena 1986).

They represent a serious threat to the security and economy of the man at sea and to coastal activities, since the strong winds, the surges and sea penetrations make great impacts in these areas causing real disasters. These systems also affect agricultural activities significantly. The zone of the Gulf of Mexico is seriously affected in the months of winter so to a great extent the economic activities developed in this zone and in the coastal zones are conditioned by their presence (Mojena 1986).

This is why information from geostationary satellites, given its orbital characteristics and its high temporal frequency of images is an important tool for the follow up and assessment of dangerous meteorological phenomena, since they allow a permanent positioning of them and a constant valuation of its cloud composition, structure, morphology and radiative properties (James F. Purdom. W. (1995)

This paper introduces a forecast method that is developed in four stages: Arrival or not of cold fronts to the West end of Cuba and the Yucatan Peninsula (Discriminant analysis and cluster techniques), Displacement forecast of cold fronts over the Gulf of Mexico, coastal zones, the Yucatan Peninsula and the West end of Cuba, 54 hours in advance (Non lineal regression with break points) and the rainfall and wind forecast over the SouthEast of the Gulf of Mexico, the Yucatan Peninsula and the West end of Cuba (Digital image processing, Non lineal regression). This includes as interesting features that fronts move along a straight line that runs from the NorthWest of the Gulf to the West end of Cuba and particularities of the frontal bands such as the prevailing cloud type and its width.

The outcome of this work was implemented as a software package named SPFF (Sistema de Pronóstico de Frente Frío), which is already operational at the group of Satellite of the Nacional Center of Forecast of the Institute of Meteorology.

Key words: Cold fronts, wind, rainfall, waves, tornadoes, sea penetrations, geostationary satellites, geopositioning, cluster, break point, regression, SPFF.