

Aplicación de un método de pronóstico mediante satélites, de la dirección del movimiento de ciclones tropicales

MARITZA BALLESTER PÉREZ y FAUSTINO O. GARCÍA CONCEPCIÓN

RESUMEN. El método de pronóstico de Brand se basa en que los rasgos estructurales principales del sistema nuboso de los ciclones tropicales permanecen por lo menos 24 horas. Los cambios en la ubicación de dicho sistema se correlacionan con el movimiento del centro de la tormenta. Brand utilizó fotografías "infrarrojo estimulada" en una zona del Pacífico. En el presente trabajo se demuestra la aplicabilidad de dicho método utilizando fotos "IR no estimulada", en el Atlántico, Mar Caribe, y Golfo de Méjico. Además, a diferencia de Brand, se efectúa el pronóstico no sólo para 24 horas, sino también para 12. Se evalúa la calidad de los pronósticos.

1. INTRODUCCIÓN

Los ciclones tropicales son fenómenos de escala sinóptica que se caracterizan por la violencia de los vientos que provocan; están acompañados generalmente de áreas extensas de lluvia y traen aparejado toda una serie de fenómenos peligrosos para la población, la seguridad de los bienes materiales, y la economía de los países que azotan.

Por estas razones es obvio que cualquier mejora en el sistema de pronóstico se pueda traducir en un ahorro considerable de pérdidas en recursos económicos y vidas humanas.

Los satélites meteorológicos son la plataforma ideal para el estudio de muchos procesos y sistemas meteorológicos, y muchos han sido los beneficios que de éstos se han obtenido hasta la fecha. Desde la década del 60 se han desarrollado muchos estudios y métodos de pronóstico de movimiento e intensidad de los ciclones tropicales, que se han hecho mediante los satélites, y actualmente los mismos juegan un papel principal, obteniéndose resultados satisfactorios en los pronósticos de intensidad.

Manuscrito aprobado el 22 de marzo de 1979.

M. Ballester Pérez y F. O. García Concepción pertenecen al Instituto de Meteorología, de la Academia de Ciencias de Cuba.

FETT y BRAND (1975) idearon un método de pronóstico de movimiento de los ciclones tropicales a partir de observaciones desde los satélites. Este método se basa en que los principales rasgos de la estructura nubosa tienden a rotar y mantener la misma posición relativa con respecto al centro en movimiento en los ciclones tropicales, por lo cual se establece una correlación entre esta característica y la futura trayectoria del meteoro.

Para llevar a cabo este método de pronóstico (24 horas), FETT y BRAND (1975) utilizaron fotografías Vs (V. H. R.) de una resolución 1/3 milla náutica (bajo el punto), Ir "estimuladas" e Ir de resolución 2 millas náuticas de tifones del Pacífico Noroccidental.

La finalidad del presente trabajo es aplicar y comprobar los resultados de este método de pronóstico para organismos tropicales en el Golfo de Méjico, Atlántico, y Mar Caribe, utilizando fotografías con otras características, que las empleadas por los autores mencionados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se utilizaron fotos infrarrojas (4 millas de resolución bajo el punto) y visibles (2 millas de resolución bajo el punto), de las empleadas por el Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencias. Además, no sólo se pronostica para 24 horas, sino también para 12 horas.

Como existe una serie de países del hemisferio Noroccidental que no cuentan con equipos para obtener fotografías Vs (V. H. R.) ni Ir "estimuladas", se realizaron las siguientes variaciones para poder utilizar esta técnica de pronóstico:

- (a) Se tomó como fuente de información principal las imágenes Ir ya que se harían comparaciones entre fotos diurnas y nocturnas.
- (b) En algunos casos los datos secundarios (cirros estriados y rasgos convectivos adicionales a distancia del centro de la tormenta) fueron tomados como esenciales para poder realizar el "ajuste" entre las dos imágenes.
- (c) En los casos en que la tormenta estaba situada cerca del borde de las fotografías, se realizaron los nefanálisis de las mismas para poder "ajustarlas".

3. RESULTADOS

La introducción de una técnica en el uso sistemático se justifica cuando los resultados que ofrece resultan de buena calidad; por tal motivo se realizó una comparación entre los pronósticos obtenidos mediante esta técnica y los pronósticos emitidos por el Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencias.

Las posiciones utilizadas para la comprobación del método fueron las determinadas por nuestra institución.

En la Tabla 1 se muestran las direcciones reales de los casos evaluados, las direcciones pronosticadas, y los grados de error al aplicar la técnica DAPP (Data Acquisition and Processing Program) y los pronósticos oficiales.

TABLA 1. Pronóstico de 12 horas.

No. Casos	Nombre	Fecha	y Hora	Dirección real	Pron. DAPP	Pron. Ins-tituto	Error DAPP	Error Inst.
	Carmen	31. 8. 74	00-Z	270	250	270	20	0
2	Carmen	31. 8. 74	12-Z	275	270	281	5	6
3	Carmen	1. 9. 74	00-Z	275	275	270	0	5
4	Carmen	1. 9. 74	12-Z	272	285	303	13	31
5	Carmen	2. 9. 74	00-Z	289	282	270	7	19
6	Carmen	2. 9. 74	12-Z	300	309	286	9	14
7	Carmen	3. 9. 74	00-Z	330	300	292	30	38
8	Carmen	6. 9. 74	00-Z	350	20	11	30	21
9	Carmen	6. 9. 74	12-Z	8	10	11	2	3
10	Carmen	7. 9. 74	00-Z	355	8	33	13	38
11	Carmen	7. 9. 74	12-Z	350	347	11	3	21
12	Carmen	8. 9. 74	00-Z	330	338	360	8	30
13	Fifi	17. 9. 74	00-Z	230	248	292	18	62
14	Fifi	17. 9. 74	12-Z	260	255	225	5	35
15	Fifi	18. 9. 74	00-Z	283	260	270	23	13
16	Fifi	18. 9. 74	12-Z	265	308	303	43	38
17	Fifi	19. 9. 74	00-Z	265	265	270	0	5
18	Fifi	19. 9. 74	12-Z	285	275	270	10	15
19	Fifi	20. 9. 74	00-Z	290	285	315	5	25
20	Caroline	30. 8. 75	12-Z	290	270	286	20	4
21	Caroline	31. 8. 75	00-Z	280	280	270	0	20
22	Caroline	31. 8. 75	12-Z	290	290	270	0	20
23	Eloise	22. 9. 75	00-Z	30	40	38	10	8
24	Gladys	28. 9. 75	12-Z	290	300	270	10	20
25	Gladys	30. 9. 75	00-Z	295	305	292	10	3
26	Gladys	30. 9. 75	12-Z	287	300	292	13	5
27	Gladys	1.10.75	00-Z	318	312	270	6	48
28	Gladys	1.10.75	12-Z	345	328	315	17	30
29	Gladys	2.10.75	00-Z	30	345	348	45	42
30	Gladys	2.10.75	12-Z	47	60	33	13	14
31	Anita	30. 8. 77	12-Z	250	220	258	30	8
32	Anita	31. 8. 77	00-Z	255	235	270	20	15
33	Anita	31. 8. 77	12-Z	240	245	270	5	30
34	Anita	1. 9. 77	00-Z	258	240	247	18	11
35	Anita	1. 9. 77	12-Z	240	248	247	8	7
36	Anita	2. 9. 77	00-Z	240	220	237	20	3

Como puede verse sobre la base de los 36 grados evaluados y comparados (pronóstico de 12) el método DAPP produjo mejores resultados en un 62 % de los casos que los pronósticos oficiales (error promedio: $13 \pm 11,4$ en el método DAPP, y $19 \pm 14,8$ en el pronóstico oficial).

La Tabla 2 contiene las direcciones reales de los casos evaluados, la dirección pronosticada y los grados de error al aplicar la técnica DAPP

TABLA 2. Pronósticos de 24 horas (técnica DAPP).

No. Casos	Nombre	Fecha	y	hora	Dirección real	D. Pro- noscada	Error
1	Carmen	31. 8. 74		12-Z	275	247	28
2	Carmen	1. 9. 74		00-Z	275	265	10
3	Carmen	1. 9. 74		12-Z	282	280	2
4	Carmen	2. 9. 74		00-Z	294	290	4
5	Carmen	2. 9. 74		12-Z	305	309	4
6	Carmen	3. 9. 74		00-Z	300	274	26
7	Carmen	6. 9. 74		12-Z	5	10	5
8	Carmen	7. 9. 74		00-Z	352	345	7
9	Carmen	7. 9. 74		12-Z	340	5	25
10	Carmen	8. 9. 74		00-Z	305	321	16
11	Fifi	17. 9. 74		12-Z	275	250	25
12	Fifi	18. 9. 74		00-Z	270	220	50
13	Fifi	18. 9. 74		12-Z	235	265	30
14	Fifi	19. 9. 74		00-Z	279	293	14
15	Fifi	19. 9. 74		12-Z	287	265	22
16	Fifi	20. 9. 74		00-Z	287	285	2
17	Caroline	31. 8. 75		00-Z	287	280	7
18	Caroline	31. 8. 75		12-Z	290	287	3
19	Eloise	20. 9. 75		12-Z	288	280	8
20	Gladys	29. 9. 75		12-Z	300	305	5
21	Gladys	30. 9. 75		12-Z	304	315	9
22	Gladys	1.10.75		12-Z	15	349	26
23	Gladys	1.10.75		00-Z	335	330	5
24	Gladys	2.10.75		00-Z	40	355	45
25	Anita	31. 8. 77		00-Z	245	225	20
26	Anita	31. 8. 77		12-Z	255	255	0
27	Anita	1. 9. 77		00-Z	245	240	5
28	Anita	1. 9. 77		12-Z	240	240	0

para pronósticos de 24 horas. En la misma también se observa que los resultados fueron halagadores (error promedio $14 \pm 13,2$).

Es de señalar que a pesar del buen resultado de esta técnica, en casos aislados el error fue de un valor considerable (mayor-igual de 30°) como se aprecia en las tablas 1 y 2. Un análisis individual de éstos arrojó los siguientes resultados:

PRONÓSTICO DE 12 HORAS

- (a) En el caso 7 el organismo se estaba moviendo sobre tierra; debido a esto su patrón nuboso perdió en organización y, por lo tanto, el "ajuste" de la foto se hizo difícil, perdiendo en calidad. El error en este caso fue de 30° . Es de notar que el pronóstico realizado por el Instituto de Meteorología fue de 38° .
- (b) En el caso 8 el organismo, al abandonar tierra, comienza a ganar de nuevo en organización, haciéndose difícil el "ajuste" entre las fotos a comparar. El error en este caso fue de 30° , mientras que el pronóstico oficial tuvo un error de 21° .
- (c) En el caso 16 no se ha encontrado aún una explicación del error de 43° . Para este caso el error del pronóstico emitido por el Instituto de Meteorología fue de 38° .
- (d) En el caso 29, durante el período del pronóstico, el meteoro efectuó una recurva que no fue pronosticada por el método (debemos aclarar que en otros casos la recurva si ha sido pronosticada). Tanto el pronóstico emitido por la técnica DAPP como por el Instituto de meteorología tuvieron un error grande.
- (e) En el caso 31 el meteoro se encontraba en fase de perturbación con un sistema nuboso poco estructurado.

PRONÓSTICO DE 24 HORAS

- (a) En los casos 12 y 13 fue necesario la construcción de un nefanálisis ya que el organismo estaba muy al borde de la fotografía. Los errores fueron de 50 y 30° , respectivamente.
- (b) En el caso 24 la recurva no fue pronosticada y se obtuvo un error de 45° .

4. CONCLUSIONES

- (a) Los resultados son especialmente exactos cuando el organismo tropical presenta un sistema nuboso bien estructurado, cuestión ésta que por lo general ocurre cuando el meteoro ha alcanzado la categoría de perturbación ciclónica de gran intensidad, o huracán. Aunque pueden existir excepciones, como es el caso del organismo extem-

poráneo de enero de 1978 que sin llegar a la categoría de perturbación ciclónica de gran intensidad en todo momento estaba representado en las imágenes del satélite por un sistema nuboso bien estructurado. Los resultados del pronóstico de ese organismo mediante la técnica DAPP, para 12 y 24 horas, se expresan en las tablas 3 y 4.

- (b) No se recomienda aplicar la técnica DAPP cuando el meteoro está muy al borde de la fotografía del satélite.
- (c) No se incrementa notablemente el error al aumentar el tiempo de pronóstico de 12 a 24 horas.
- (d) La calidad del método depende en gran medida de dos cuestiones: la calidad de la fotografía y la habilidad del especialista que esté aplicando la técnica.
- (e) Un mejor "ajuste" entre las fotografías se lograría utilizando fotos V. H. R. e Ir "estimulados".
- (f) Creemos que un método de pronóstico de movimiento de ciclones tropicales que nos de como resultado sólo la dirección y no la rapidez

TABLA 3. Organismo extemporáneo (enero 1978).

No. Casos	Fecha	y	hora	Dirección real	Pronosticada	Error
	21.1.78		00-Z	260	260	0
2	21.1.78		12-Z	258	260	2
3	22.1.78		00-Z	258	258	0
4	22.1.78		12-Z	255	258	3
5	23.1.78		00-Z	260	255	5
6	23.1.78		12-Z	280	280	0

TABLA 4. Pronósticos de 24 horas.

No. Casos	Fecha	y	hora	Dirección real	Pronosticada	Error
	21.1.78		12-Z	260	260	0
2	21.1.78		00-Z	255	260	5
3	22.1.78		12-Z	260	260	0
4	23.1.78		00-Z	275	265	10

es incompleto. Debido a ello, estamos trabajando para desarrollar un método que, siguiendo las líneas generales de la técnica DAPP, permita pronosticar no sólo dirección sino también rapidez.

5. RECOMENDACIONES

Estimamos que esta técnica puede ponerse en práctica operativa por las secciones de satélites, de aquellos servicios meteorológicos del hemisferio Noroccidental, aunque no posean equipos V. H. R. e Ir "estimulados".

REFERENCIAS

ANÓNIMO (1974-1978): Mapas del tiempo y fotografías de los satélites meteorológicos. Inst. de Meteorología, Academia de Ciencias de Cuba.

FETT, R. y BRAND, S. (1975): Tropical cyclone movement forecasts based on observation from satellites. *J. Appl. Meteorol.*, 14(4):452-465.

ABSTRACT. Brand's prognosis method is based in the fact that the main structural features of the cloud systems of tropical cyclones remain for 24 hours at least. The changes of position of such systems are correlated with the stormcenter movement. Brand made use of "enhanced infraed" in a Pacific Zone. This paper shows the applicability of the mentioned method, using "unenhanced IR photos", in the Atlantic, Caribbean Sea, and Gulf of Mexico. The prognosis is accomplished not only for 24 hours, but for 12 hours also. The quality of the prognosis is evaluated. hg,

CDU 551.515.2:551.508