



<http://www.cioh.org.co>



<http://www.dimar.mil.co>

## Artículo

# ONDAS TROPICALES Y PRONÓSTICO METEOROLÓGICO

**Juan Carlos ANDUCKIA**

*Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas - CIOH. Isla Manzanillo, Cartagena de Indias, AA. 982, D. T. y C., Colombia, E-mail: [janducki@yahoo.com](mailto:janducki@yahoo.com).*

**Resumen** - Con base en el conocimiento actual de la dinámica de la atmósfera tropical se describen, con fines ilustrativos, algunos seguimientos realizados mediante reportes meteorológicos y un modelo de pronóstico a las denominadas ondas tropicales y sus consecuencias para el pronóstico meteorológico.

**Abstract** - Based on today's knowledge of tropical atmospheric dynamics and with illustrative scope some monitoring of tropical waves by means of meteorological reports and a weather forecasting model and its consequences for meteorological forecast are described.

**Palabras clave** - Ondas tropicales, ondas del este, pronóstico meteorológico.

**Key words** - Tropical waves, easterly waves, meteorological forecast.

## INTRODUCCIÓN

Desde la década de los años 1930 se sabe que hay perturbaciones en el flujo de la tropósfera inferior que se extienden desde el océano hasta unos 3 - 5 km. de altitud y a menudo actúan como fuentes de ciclogénesis para una buena parte de los ciclones tropicales que se producen todos los años en el océano Atlántico norte.

En 1945, el meteorólogo H. Riehl estableció que esas perturbaciones, denominadas hoy en día "ondas del este" u ondas tropicales, se originan en el norte de África.

Varios mecanismos fueron propuestos para explicar el origen de estas ondas. En 1972, el meteorólogo R. W. Burpee estableció (Burpee, 1972) que eran generadas por la inestabilidad del *jet* o corriente en chorro africano del este, conocida como inestabilidad baroclínica. Este *jet* se produce como resultado de un gradiente

inverso de temperatura en las capas inferiores de la tropósfera sobre el oriente y centro del norte de África, debido a las temperaturas cálidas extremas que se registran sobre el desierto del Sahara, en contraste con las temperaturas mucho más bajas en la costa del golfo de Guinea. Como consecuencia de dicha inestabilidad, el valor de la vorticidad potencial comienza a disminuir hacia el norte y se forma una corriente en chorro (NOAA/NATIONAL WEATHER SERVICE, 1998).

Las ondas tropicales son "ondas largas" convectivamente activas que se propagan por lo general en los niveles de 850 y 700 mb y hacia el oeste junto con la circulación general, atravesando el océano Atlántico. Hacen su aparición inicial en los meses de abril y mayo y se extienden hasta octubre y noviembre, llegando en algunos casos a manifestarse también en diciembre. Tienen un período de unos 3 a 4 días y una longitud de onda de unos 2000 a 2500 Km., lo que hace posible su

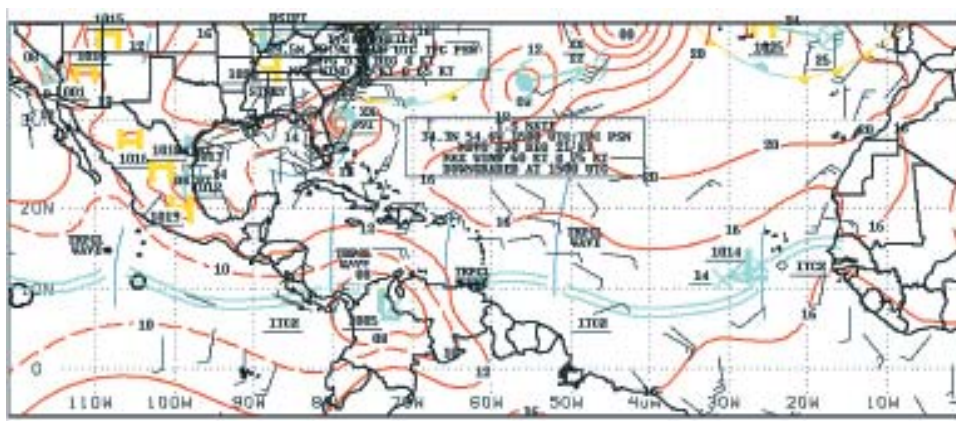
captación a través de modelos numéricos de escala sinóptica.

En promedio, se generan alrededor de sesenta sobre África del norte cada año, aunque se cree que su número no tiene relación con la intensidad de la actividad ciclónica en el Atlántico norte. Si bien sólo un 60% de las tormentas tropicales y huracanes menores (de grado 1 y 2 en la escala Saffir-Simpson) se originan a partir de las ondas del este, 85% de los huracanes mayores tiene su origen en ellas (NOAA/NATIONAL WEATHER SERVICE, 1998).

Se conjetura además que casi todos los ciclones que ocurren en el este del océano Pacífico tienen su origen en las ondas del este cuando estas atraviesan el Mar Caribe y Centro América. Se desconoce, sin embargo, cómo cambian año tras año, tanto en intensidad como en ubicación, y cuál es su relación con otros mecanismos de la circulación general.

**Esquema básico de una onda tropical**

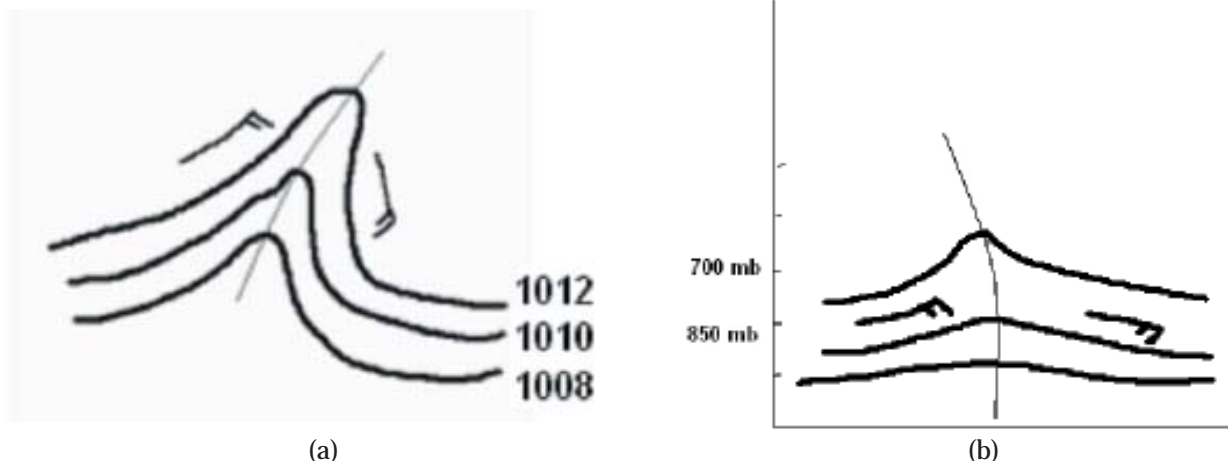
En los mapas sinópticos de superficie, por lo general las ondas tropicales tienen la apariencia que se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Ondas tropicales en los mapas sinópticos de superficie (fuente: NHC/NOAA, sep. 09 2005).

Con base en los cursos de entrenamiento del International Training Desk (NOAA/NATIONAL WEATHER SERVICE, 1998), vista en superficie (en el campo de las

isobaras) la onda tiene el aspecto de una "V" invertida, y vista en altura puede tener una orientación positiva o una orientación negativa, tal como se muestra en la figura 2.

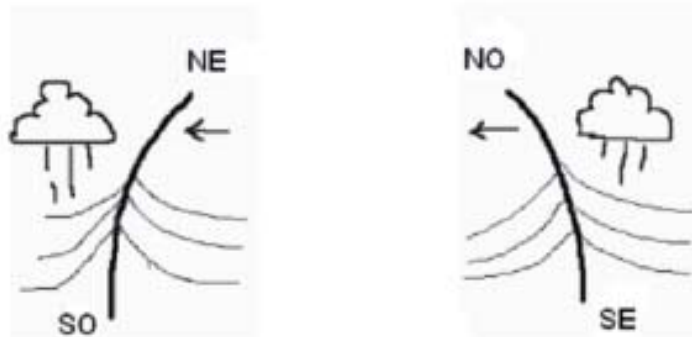


**Figura 2.** (a) Vista en superficie y (b) orientación (positiva) en altura de una onda tropical.

El paso de la onda sobre un lugar determinado puede ser invisible o muy débil, según la amplitud y actividad convectiva de la misma. La orientación o curvatura en altura de la onda puede ser E-O (positiva) u O-E (negativa) y la

determina la cizalladura vertical del viento, que desplaza los centros de convergencia y las celdas de convección a uno y otro lado de la onda. En general, la diferente curvatura en altura determina si el mal tiempo que

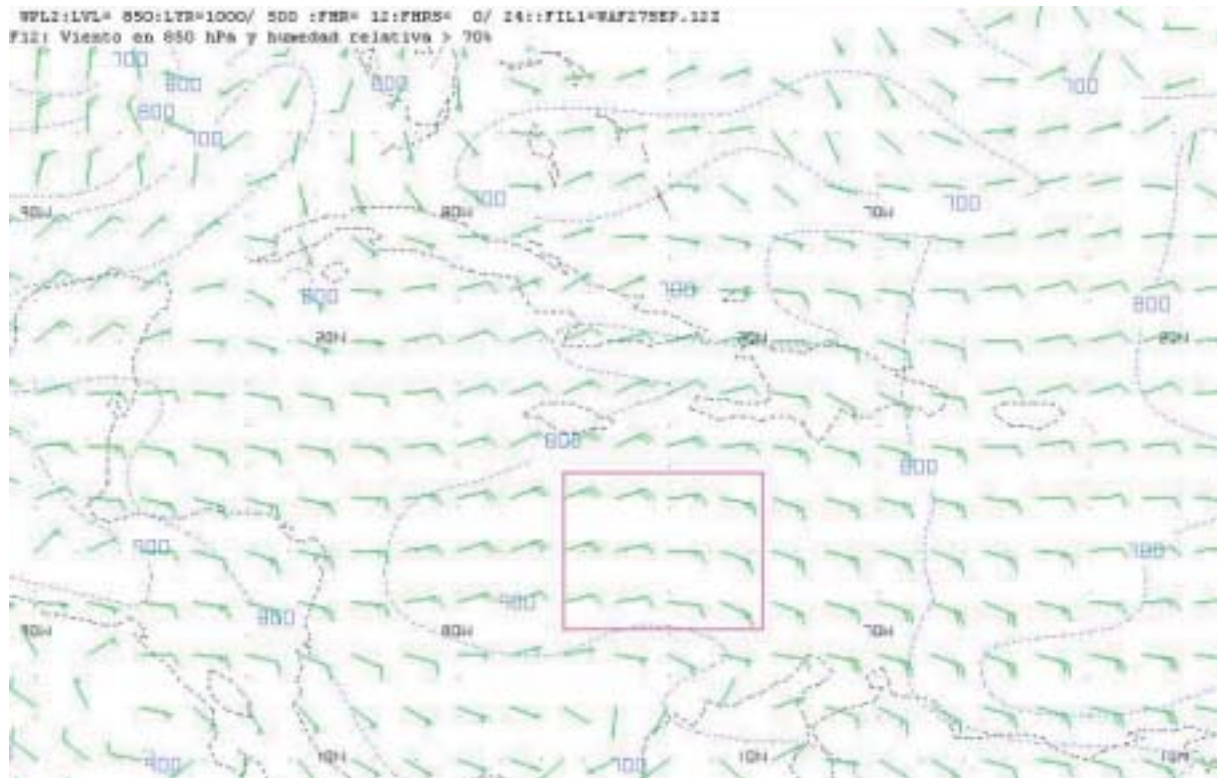
acompaña la onda la antecede (curvatura negativa) o si viene tras de ella (curvatura negativa), como en la figura 3 (NOAA/NATIONAL WEATHER SERVICE, 1998).



**Figura 3.** Esquema básico de las condiciones esperadas del tiempo según la orientación en altura.

Los cambios en la dirección predominante del viento son, a falta de medios tecnológicos más sofisticados, la clave para prever el acercamiento

de una onda tropical, tal como se aprecia en el siguiente mapa del modelo GFS en uso en el CIOH (fecha: 27 sep 12Z, corte a lo largo de 12N).



**Figura 4.** Giro del viento que indica la presencia de la onda tropical en los mapas de superficie.

Sobre el Caribe oriental, los vientos del este predominantes tendrán una componente NE en tanto que la onda se acerca. A medida que el eje de la onda se mueve sobre el área los vientos del este continuarán, pero mientras aquella pasa tendrán una componente ESE, y luego del paso de la onda volverán a ser del ENE (NOAA/NATIONAL WEATHER SERVICE, 1998).

Cuando las ondas son extensas y de gran amplitud pueden influenciar la Zona de Convergencia Intertropical llevándola hacia el norte a lo largo de Panamá y Costa Rica y hacia el sur del Mar Caribe.

**Intensidad de las ondas tropicales**

La intensidad de un sistema tropical se estima de manera cuantitativa con la ayuda de

imágenes satelitales visibles e infrarrojas, que son la herramienta principal para ubicar la posición de las ondas y de los frentes convectivos. La nubosidad en dichas imágenes es por lo general un indicador de ciclogénesis antes que el sistema alcance la intensidad de una tormenta tropical, y su evolución es indicadora de desarrollo y/o de debilitamiento. Con estas ayudas, es posible clasificar las nubes asociadas a un ciclón tropical y su desarrollo esperado en un código de intensidad denominado “clasificación Dvorak”, cuya relación con la denominada escala Saffir-Simpson se detalla en la tabla 1.

### METODOLOGÍA

Los principales mecanismos de detección de

las ondas tropicales son las imágenes de satélite, los reportes meteorológicos y las observaciones de radiosondeos.

El presente seguimiento, realizado en los meses de julio a octubre de 2005, se basó en mediciones de radiosondeos disponibles en el sitio [www.weather.uwyo.edu](http://www.weather.uwyo.edu) para las Antillas, Venezuela, Riohacha y San Andrés, en el *software* PCGRIDS (Petersen, 1997) para la visualización de las salidas del modelo atmosférico GFS (Global Forecast System) cada seis horas; en la información del Centro Nacional de Huracanes, en la que se da la posición de la onda corregida junto con la situación sinóptica del Mar Caribe cada 6 horas; y en los reportes meteorológicos horarios de los principales aeropuertos de la cuenca del Mar Caribe.

**Tabla 1.** Intensidad de las ondas tropicales de acuerdo con la clasificación Dvorak y relación con la escala Saffir-Simpson.

Categoría Dvorak	Viento (Nudos)	Presión (Atlántico)	Presión (Pacífico)	Categoría Saffir-Simpson
1	25 kt			
1.5	25 kt			
2	30 kt	1009 mb	1000 mb	
2.5	35 kt	1005 mb	997 mb	
3	45 kt	1000 mb	991 mb	
3.5	55 kt	994 mb	984 mb	
4	65 kt	987 mb	976 mb	1 (64-83 kt)
4.5	77 kt	979 mb	966 mb	1 (64-83 kt); 2 (84-96 kt)
5	90 kt	970 mb	954 mb	2 (84-96 kt); 3 (97-113 kt)
5.5	102 kt	960 mb	941 mb	3 (97-113 kt)
6	115 kt	948 mb	927 mb	4 (114-135 kt)
6.5	127 kt	935 mb	914 mb	4 (114-135 kt)
7	140 kt	921 mb	898 mb	5 (136+kt)
7.5	155 kt	906 mb	879 mb	5 (136+kt)
8	170 kt	890 mb	858 mb	5 (136+kt)

El radiosondeo es especialmente útil pues proporciona información de los vientos en altura, la cual sirve para el análisis de la capa de 1000 a 700 mb, donde se manifiestan las ondas tropicales.

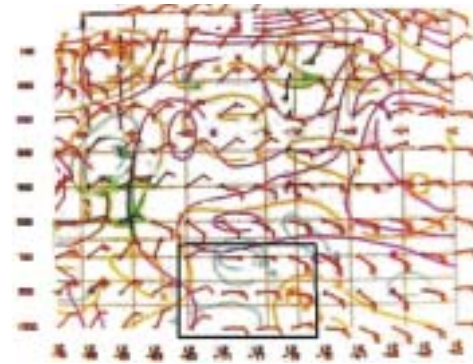
### RESULTADOS

En el seguimiento mediante el modelo de análisis y pronóstico GFS (resolución: 1° x 1°) se puede apreciar la huella de las distintas ondas en varias fechas. Aunque no siempre

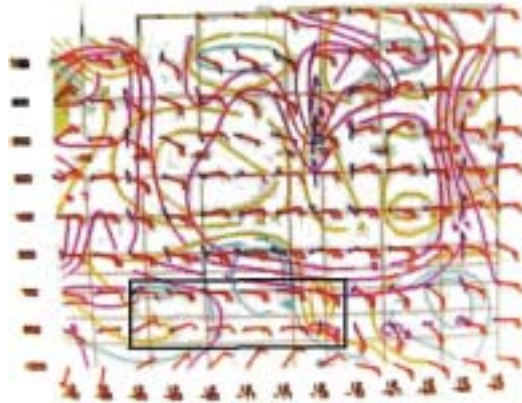
es claro el patrón de convergencia y de los vientos, en algunos casos es posible llegar a discriminar la orientación y en consecuencia estimar, dada la velocidad de desplazamiento de la onda, por lo general de unos 10 a 15 nudos, la llegada de la perturbación que la acompaña. Esta perturbación puede ocurrir sin producir ningún meteoro destacado o, por el contrario, producir tormentas eléctricas, lluvias o ambas. En las figuras 5 a 8 que siguen los recuadros negros sirven para delimitar la apreciación del paso de la onda. Las líneas azules indican las zonas de convergencia; las

verdes zonas de divergencia; las barbelas rojas indican los vientos zonales; las negras el viento vertical; y las líneas violeta la humedad relativa.

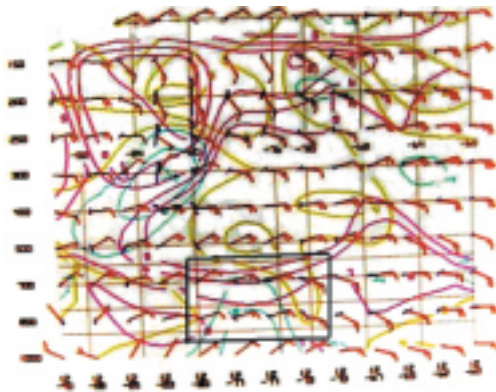
Las inclinaciones del eje influyen en las condiciones esperadas del tiempo tal como se detalló en la figura 3. De hecho, para los episodios de pronóstico de los días asociados con las figuras se obtuvo la tabla 2 para Cartagena.



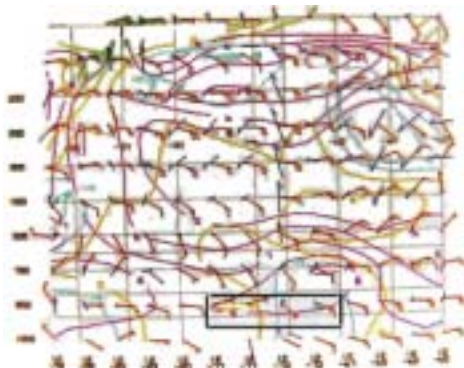
**Figura 8.** Fecha: 2 de noviembre. Onda en 75 W (curvatura negativa).



**Figura 5.** Fecha: 24 agosto. Onda en 77W (curv. positiva).



**Figura 6.** Fecha: 30 de agosto. Onda en 75W (curv.cero).



**Figura 7.** Fecha: 27 de septiembre. Onda en 73 W.

**Tabla 2.** Pronóstico de lluvias y tormentas en Cartagena asociadas con el paso de ondas tropicales (P: pronóstico; O: observación).

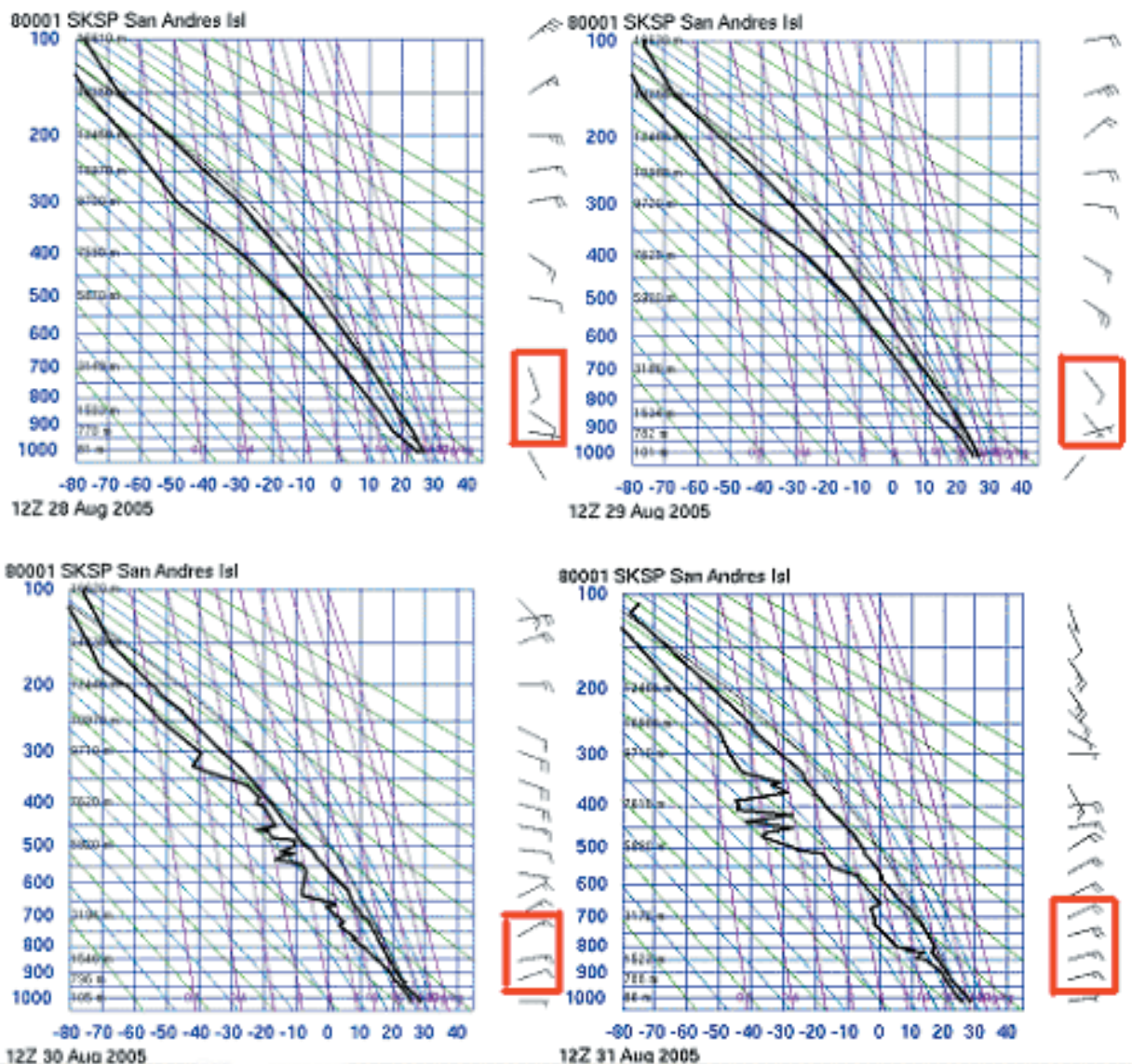
Fecha	Lluvias		Tormentas	
	P	O	P	O
11 Jul	1	0	0	1
24 Ago	1	1	1	1
30 Ago	1	0	0	1
31 Ago	1	0	1	1
09 Sep	1	0	0	0
13 Sep	0	1	0	1
26 Sep	1	1	1	0
27 Sep	1	1	1	0
28 Sep	1	1	1	0
29 Sep	1	1	1	1
16 Oct	1	0	1	0
17 Oct	1	0	1	0
19 Oct	1	0	1	0
20 Oct	1	1	0	1
27 Oct	1	1	1	0
28 Oct	1	1	1	0
01 Nov	0	1	1	1
02 Nov	1	0	1	0

En todos los casos resaltados, correspondientes al paso de las ondas de las figuras 5 a 8, se pronosticaron, por combinación de las salidas de los modelos con la experiencia de los pronosticadores, lluvias o tormentas. En uno de ellos se produjeron ambas, en otros dos una u otra, y en el último caso ninguna de las dos. Analizando esta tabla como una tabla de contingencia se observa para el pronóstico de lluvias un índice de aciertos del 80% pero una tasa de falsas alarmas del 50%, y para el pronóstico de tormentas un índice de aciertos del 50% contra una tasa de falsas alarmas del 69%. Si bien los índices de acierto son aceptables, los elevados índices de falsa alarma (casos en que se

pronosticó la ocurrencia del fenómeno pero este nunca ocurrió) implican la necesidad de un seguimiento más detallado de las ondas y de sus efectos esperados. Este resultado es consistente con el desempeño global del pronóstico visto globalmente (Anduckia, 2005), en el que se observa una tendencia a sobrepronosticar la ocurrencia de lluvias y/o tormentas cuando hay una onda tropical en juego, como se aprecia por inspección en la tabla 2 (89% en el caso de lluvias y 72% en el caso de tormentas).

En cuanto a los radiosondeos, desafortunadamente es un programa que no está disponible de manera continua y que

cuando se realiza es sólo una vez al día, de manera que no es posible hacer un seguimiento sistemático de las ondas. Riohacha, la puerta de entrada, estuvo fuera de operación la mayor parte del período de observación. San Andrés, la puerta de salida, estuvo activo con intermitencias. Por eso sólo mostramos aquí un caso exitoso (insistiendo en que el seguimiento no fue sistemático y que hubo muchos episodios en que el paso de la onda no se pudo discriminar) para San Andrés el 31 de agosto. A partir de las 48 horas anteriores al paso de la onda de la figura 6, se observaba el giro del viento tal como se indica en la secuencia de la figura 9, aunque este giro es más fácil de apreciar con sondeos cada 6 horas.



**Figura 9.** Radiosondeos para San Andrés del 28 al 31 de octubre de 2005, mostrando el giro del viento asociado con el paso de una onda tropical (ENE → ESE → ENE) (Fuente: Universidad de Wyoming).

## CONCLUSIÓN

Si bien las ondas tropicales no siempre se resuelven con claridad en el modelo de pronóstico GFS, de las 51 ondas que se presentaron en el 2005 (CIOH, 2005), en cerca de veinte casos su identificación fue completa y las condiciones del tiempo asociadas fueron consistentes con la idea básica sobre la onda, con un índice de aciertos entre el 70 y el 80% pero con un porcentaje de falsas alarmas cercano al 50%. De acuerdo con el modelo conceptual, cuando la onda tiene su eje inclinado en altura de oeste a este, por lo general el mal tiempo precede el paso de la onda. Cuando la orientación en altura es de este a oeste, por lo general el mal tiempo viene tras la onda. Este conocimiento es básico para el pronóstico meteorológico, como se ha esbozado aquí. Es deseable poder continuar con este seguimiento, de preferencia con un programa continuado de radiosondeos, con registros horarios precisos y con la ayuda de un modelo atmosférico regional de mejor resolución que el GFS.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anduckia J. (2005). Asesoría para el pronóstico meteomarinero del CIOH, Informe Final, CIOH, dic. 2005. Cartagena de Indias, D. T. y C.
- Burpee, R. W. (1972). "The origin and structure of easterly waves in the lower troposphere of North África", *J. Atm. Sci.* 29(1),
- CIOH (2005). Informe Anual de la Central de Pronósticos del CIOH, Cartagena de Indias, D. T. y C.
- NOAA/NATIONAL WEATHER SERVICE (1998). International Desk Training Lectures, [www.hpc.ncep.noaa.gov/international/intl2.shtml](http://www.hpc.ncep.noaa.gov/international/intl2.shtml).
- Petersen R. y Lord J. (1997). Personal Computer based GRidded Interactive Display and Diagnostic System PCGRIDDS v9, <http://home.comcast.net/~jkrob/>, NOAA/NESDIS.