

Bol. Cient. CIOH	Cartagena de Indias (Colombia)	No. 13	Enero 1993	Pág. 33 - 43	ISSN 0120 0542
---------------------	-----------------------------------	--------	---------------	--------------	----------------

ANALISIS DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN EL MAR CARIBE

Por:
CC. Carlos Alberto Andrade A.*



RESUMEN

Se utilizan dos años de datos de velocidad del viento de la Misión de Repetición Exacta del GEOSAT, sobre el mar Caribe, para caracterizar el campo de viento durante 1987-88. Los contornos de la velocidad del viento se hicieron mediante el promedio ponderado de los valores puntuales tomados cada 7kms, en una grilla de un grado de longitud por un grado de latitud. Lecturas contaminadas cerca de tierra fueron removidas, y el ruido de alta frecuencia fue filtrado utilizando un promedio secuencial con resolución de 70 kms. La variación estacional del viento derivado de GEOSAT muestra pequeñas diferencias con los estudios generales anteriores; además, este procedimiento, mostró que la relajación del viento luego de la estación seca y el fuerte gradiente meridional en el centro del Caribe, coincide en la formación de remolinos anticiclónicos reportados en otros estudios. Esto sugiere que el campo de viento influye en la formación de remolinos. Asimismo, la estación de vientos coincide con la más intensa señal de surgencia en el norte de la costa suramericana.

ABSTRACT

Two years of GEOSAT Exact Repeat Mission (ERM) wind speed measurements in the Caribbean Sea are used to characterize the wind stress field during 1987-88 wind speed contours were made by the average from values taken every 7 kms in a grid of one degree of longitude. Biased points near land were removed and high frequency noise was filtered by using a 70 kms spatial running mean wind speed contours were made by. Seasonal wind speed derived from GEOSAT data agrees with previous studies in the area. The relaxation of the wind after the windy season and the strong meridional wind gradient in the center of the Caribbean coincide with the formation of anticyclones. This suggests that the wind field influences eddy formation. Also, the windy season goes along with the strongest upwelling signal reported before in the northern southamerican coast.

* Capitán de Corbeta Armada Nacional. MSc en Oceanografía Física. MSc. en meteorología.

I. INTRODUCCION

tría de GEOSAT.

La percepción remota ha sido recientemente, una herramienta muy útil para describir el comportamiento del Caribe, de manera global. El régimen de vientos en el Caribe es de gran importancia por el papel fundamental que juega en el manejo de las corrientes superficiales, la evolución y disipación de vórtices y meandros (Nystvent y Andrade, 1993) y su influencia en la intensidad de la surgencia en la costa norte suramericana, Aguilera et al., 1986.

En la pasada década, los altímetros de los satélites de GEOS-3 y SEASAT demostraron la habilidad para detectar las características dinámicas del océano. El radar del altímetro más reciente, instalado en GEOSAT, ha detectado características del océano con resoluciones espaciales del orden de 50 Km. p.e. Leben et al., (1990), pero además como un producto colateral se logró calcular la velocidad del viento derivándola de la cantidad de energía que regresa al satélite.

Este estudio se realiza como un paso hacia la caracterización del campo de la velocidad del viento en el mar Caribe, usando la información de altíme-

II. ANTECEDENTES

A. DESCRIPCION DE LA CUENCA

Usando la topografía del lecho marino, la cuenca del Caribe se puede dividir en diferentes regiones, como se muestra en la figura 1. De derecha a izquierda, la cuenca de Granada se encuentra entre el arco de las Antillas Menores y la Elevación de Aves; la cuenca venezolana y la colombiana están separadas por la Cordillera Beata. Entre la cuenca de Colombia y la de Caimán se encuentra la Cordillera de Jamaica que se extiende al suroeste, formando la Elevación Nicaragüense. Finalmente, más hacia el norte se halla la cuenca de Yucatán que está separada de la cuenca Caimán por la Cordillera Caimán y termina en el Estrecho de Yucatán.

La orientación general de las corrientes en superficie y la dirección del viento en el Caribe, es de este a oeste. Esta orientación del viento es responsable de la surgencia que ha sido reportada por varios autores, cerca a la costa de Colombia y Venezuela; p.e. Gordon (1967) y Fajardo (1979); Corredor (1979) y Aguilera et al., (1983). (Figura 1).

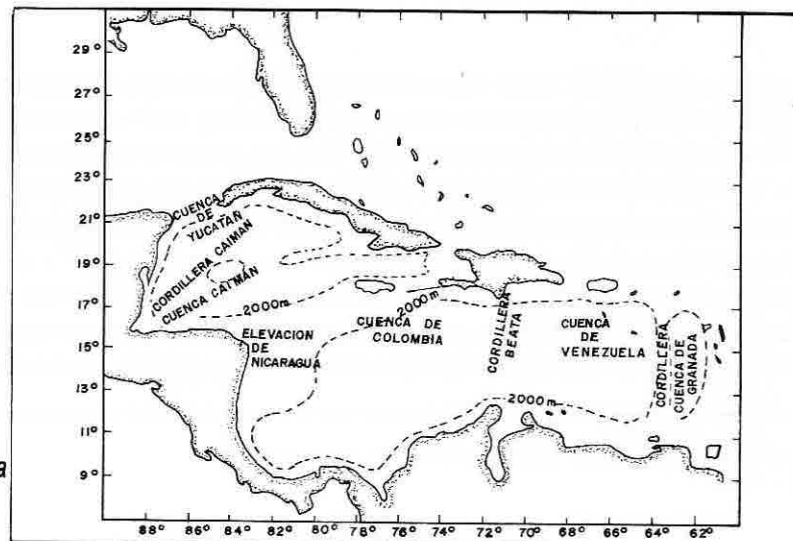


Figura 1. Topografía submarina del Mar Caribe.

B. ANTECEDENTES

El clima de la cuenca del Caribe está caracterizado por dos "estaciones" tropicales: una estación de vientos o seca desde noviembre a marzo y una estación húmeda o lluviosa desde julio a septiembre. El resto del año es considerado como una transición entre estas etapas (Pujos et. al., 1986).

Este patrón de clima está modulado por la presencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

Sadler (1967) manifiesta que durante el mes de agosto la principal zona de bajas presiones de la ZCIT está localizada en el hemisferio norte sobre el Caribe. En áreas donde esta zona de bajas presiones está desplazada de la línea Ecuatorial más o menos 10° N, como en el Caribe, los vientos alisios que cruzan el Ecuador desde el hemisferio sur adquieren un componente hacia el oeste. Esto conduce a la formación de una zona ciclónica a través de la ZCIT que sirve como área génesis para vórtices (Fig. 2 mayo-sep., Pujos et. al., 1986).

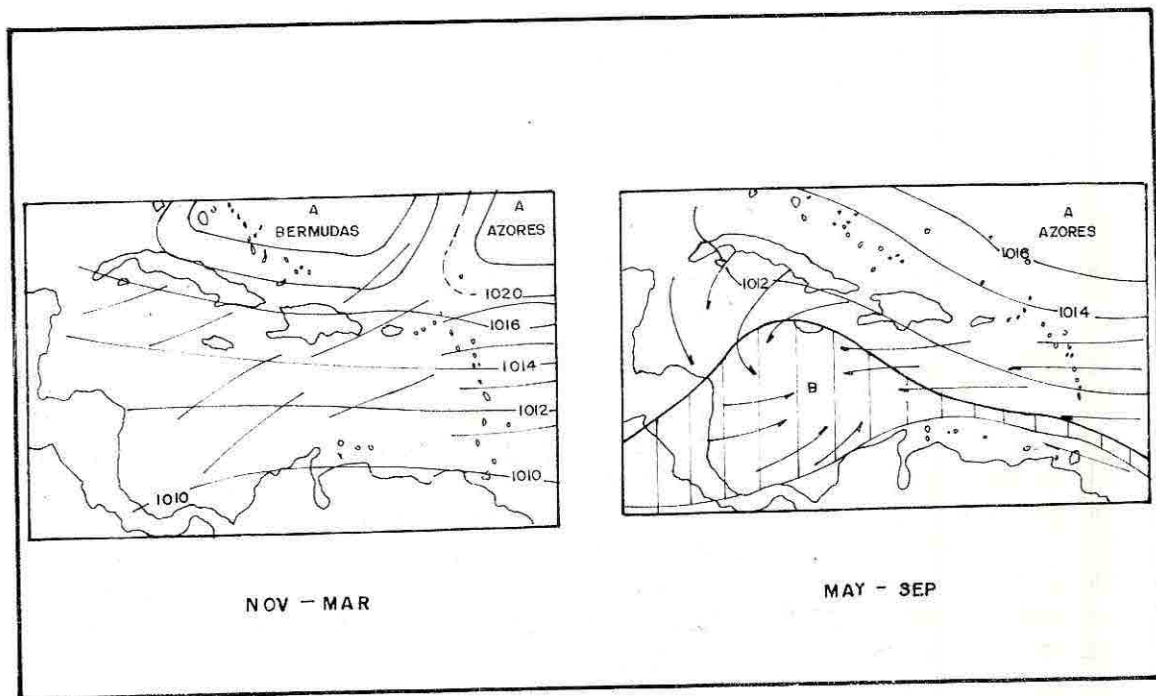


Figura 2. Régimen de viento en el Caribe (de Pujos et al., 1986).

Esta ZCIT sobre la masa de tierra de centro y suramérica, da como resultado una ubicación favorable para las perturbaciones sinópticas y de mesoescala, produciendo normalmente una fuerte precipitación.

En la estación de vientos el carácter de la ZCIT es diferente. A todo lo largo de la longitud del Caribe,

la ZCIT permanece en el hemisferio sur e influye en la región del Caribe al producir una confluencia en el campo de corrientes que conduce a fuertes y uniformes vientos alisios del noreste sobre toda la cuenca (Fig. 2 nov-mar, Pujos et. al. 1986). Al oeste del Caribe hay una zona de transición que está caracterizada principalmente por el cambio lento en la dirección del viento y vientos con menor

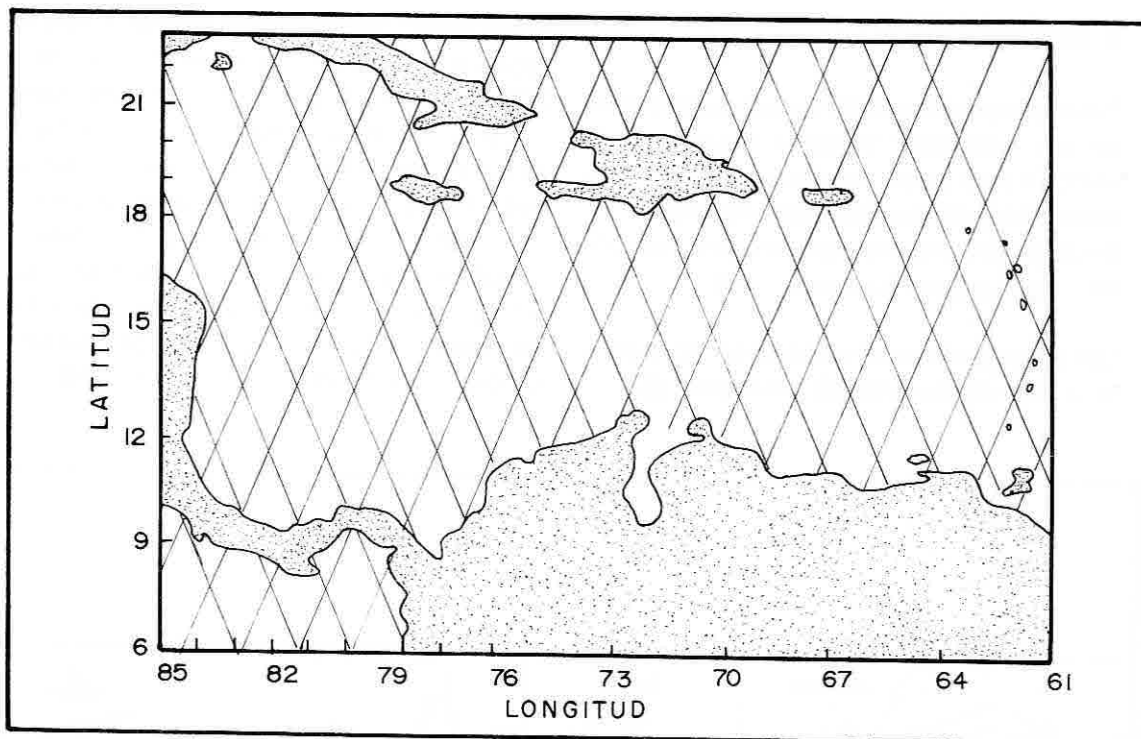


Figura 3. Cobertura de las Orbitas de GEOSAT sobre el Mar Caribe.

velocidad sobre toda la cuenca.

La variación en latitud de la ZCIT durante todo el año, permite que el viento del Este ejerza más o menos influencia en la región. Cuando la ZCIT sale de la cuenca hacia el norte, la aparición de los vientos del Este cambia consecutivamente. Durante la estación húmeda, hay vientos suaves y un desarrollo extenso de convección con severas tormentas al occidente del Caribe.

C. METODOLOGIA

La misión principal del GEOSAT fue mejorar el conocimiento del geoide terrestre; después de alcanzar esta meta, fue operado para que alterara su órbita a una muy cercana a la original de la órbita de SEASAT, con un período de 17 días; esta etapa de la misión es conocida como Misión de Repetición Exacta (MRE).

El altímetro empleó un radar con pulso comprimido, mirando al nadir de 13.5 GHz. Se utilizó un modo de pulso limitado, en el cual la intersección del pulso con la superficie del océano define una región con una extensión lateral pequeña, comparada a la definida por la amplitud de onda en la antena. El tiempo transcurrido entre el envío del pulso y su regreso es convertido en altura del satélite.

Otras medidas geofísicas tales como la Altura significativa de las olas, son posibles a partir de la forma de la cresta de la onda. Además el altímetro emplea un Control Automático de Ganancia (CAG) para normalizar la amplitud de la señal de retorno desde la superficie del océano. Calibrada adecuadamente, la señal de regreso está relacionada con la velocidad del viento. Entre más fuerte sea la velocidad del viento, es más baja la sección de cruce, lo que hace más débil la señal de regreso desde la superficie del mar.

Se utilizó la información de GEOSAT MRE, editado por Zlotnicky et al. (1989), recolectada durante 1987-88, sobre el mar Caribe. Estos datos fueron obtenidos del Sistema de Datos del Océano de la NASA (NODS) en el Jet Propulsion Laboratory.

Los datos se corrigieron para las mareas sólidas en tierra y en el océano, carga de presión atmosférica (el llamado efecto inverso del barómetro), demoras de la distancia por el contenido troposférico seco y húmedo, usando la fórmula de FNOC*, tal como lo describe Cheney et al. (1987), y demoras en el rango ionosférico. Las alturas corregidas se editaron mediante la anulación de datos que estaban por fuera del rango -14000 a 1000 cm; se removieron los picos de los datos usando una serie de ajustes cuadráticos e interpolados a una cuadrícula geográfica fija con un espacio de 7 Km a lo largo de la órbita, (Zlotnicky et al., 1989).

El algoritmo de rastreo automático para la medida de altura con el altímetro falla en la tierra. En un área de estudio restringida, tal como en el mar Caribe con muchas islas y masas continentales de tierra cerca, gran parte de los datos de altura se "contaminaron". Todos los datos "contaminados" fueron eliminados, para disminuir la probabilidad de error en la información.

D. CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO

Como se señaló anteriormente en el antecedente teórico, el CAG es empleado para derivar la velocidad del viento en la superficie del mar usando la sección de cruce de retro-dispersión del pulso de retorno. Esta cantidad es conocida como δ_0 . En este estudio, se empleó el algoritmo de Brown para calcular la velocidad del viento desde una sección de cruce del radar del altímetro, como fue descrito en Dobson et al. (1987).

$$W = \sum_{n=0}^y \partial_n \delta_0^n; \delta_0 < 15 \text{ db}$$

* FNOC. Fleet Naval Oceanographic Center.

donde

$$a_0 = -15.383$$

$$a_1 = 16.077$$

$$a_2 = 2.305$$

$$a_3 = 0.09896$$

$$a_4 = 0.00018$$

$$a_5 = 0.00006414$$

La condición $\delta_0 < 15$ decibeles implica que el algoritmo está restringido a los valores de vientos mayores de 2 m/s. Todos los datos para CAG > 50 db y CAG < 16 db, al igual que los datos con inclinación del satélite mayor, es de 1°, fueron suprimidos del análisis.

La naturaleza de la cobertura orbital de GEOSAT sobre una región, no permite el uso de los datos de la velocidad del viento en una forma sinóptica. Una alternativa es usar los datos para describir las características climáticas con una oscilación mayor de dos veces la frecuencia del muestreo, o sea 34 días. El cálculo del viento se hizo para tener valores representativos que "suavicen" la frecuencia que es detectada por el muestreo de 17 días de GEOSAT.

Los contornos de los campos del viento fueron computados en un intento por observar su estructura horizontal espacial. La naturaleza de la órbita GEOSAT es de una forma tal que dos órbitas ascendentes están separadas por 1°.48 de longitud y por tres días en el tiempo. A medida que el tiempo progresa, las órbitas son llenadas en una dirección hacia el este. La Fig. 3 muestra la cobertura de GEOSAT sobre el mar Caribe.

IV. RESULTADOS

A. ANALISIS DEL VIENTO

Con el fin de observar su variación fueron hechas las series de tiempo de la velocidad del viento, en diferentes ubicaciones, en el mar caribe, Figura 4. La velocidad del viento muestra una variación bimodal estacional a lo largo de toda la cuenca. En general, el viento es fuerte en invierno entre noviembre y marzo, seguido por una rápida disminución de su velocidad entre marzo y mayo. Hay un incremento en la intensidad durante junio

y septiembre, conocido como "veranillo", seguido por una disminución en la intensidad hasta noviembre cuando la estación de vientos comienza nuevamente. El viento es siempre intenso (sobre los 7 m/s) al norte de la costa de América del Sur en el centro de la cuenca, donde ha sido reportada surgencia por varios trabajos mencionados anteriormente. La velocidad del viento durante marzo-mayo de 1987, Figura 5, muestra los valores máximos en el centro del Caribe, con vientos sobre los 7 m/s, dominando el centro y la parte este de la cuenca. La velocidad del viento es algo menor en la parte oeste y hay un máximo localizado al sur de Cuba.

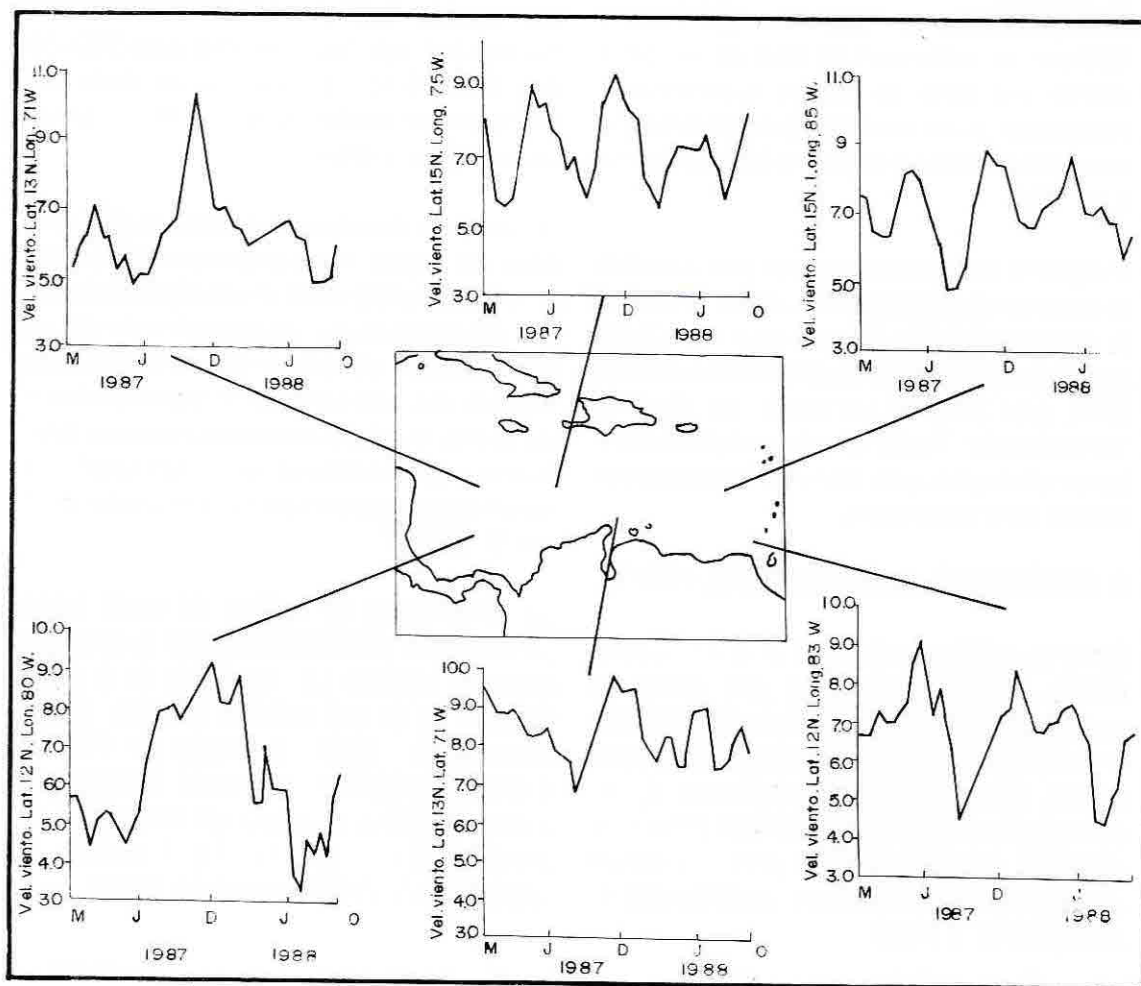


Figura 4. Velocidad del viento superficial en el Caribe durante 1987-88. (en m/s)

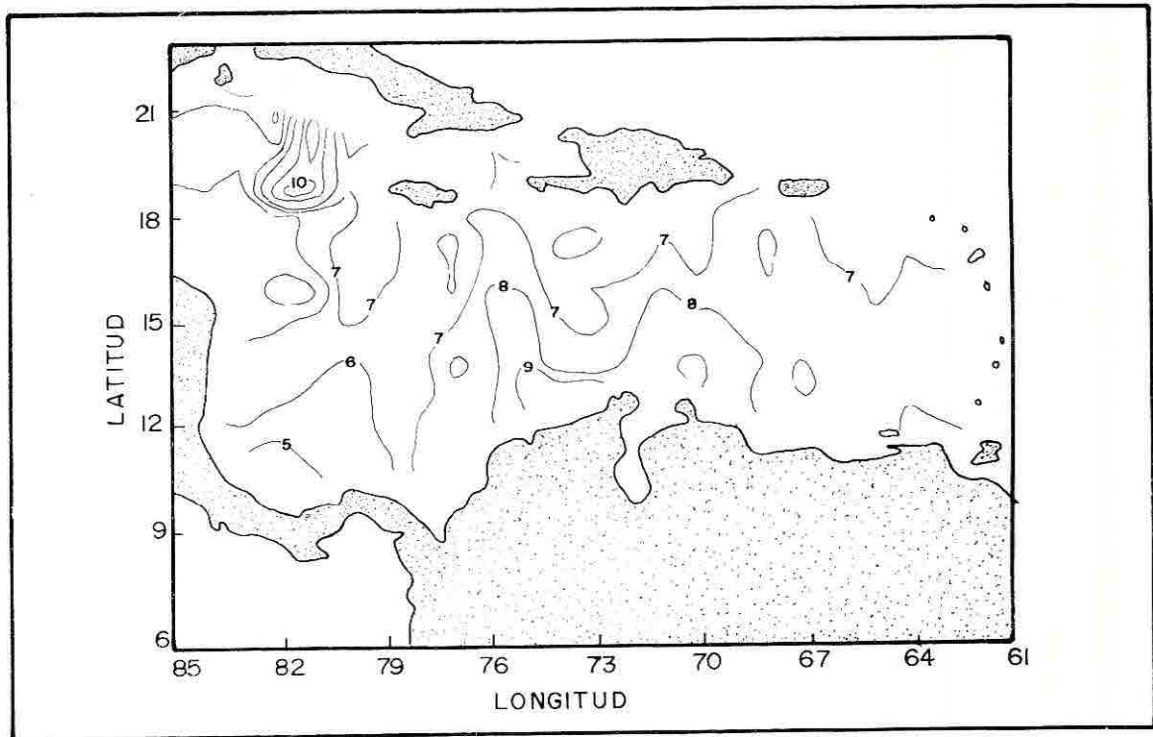


Figura 5. Velocidad del viento en Marzo-Mayo 1987 (intervalo del contorno 1m/s).

La velocidad del viento durante mayo-septiembre de 1987 (Figura 6), muestra un incremento en toda la cuenca a más de 7 m/s, dominando la mayor parte del Caribe.

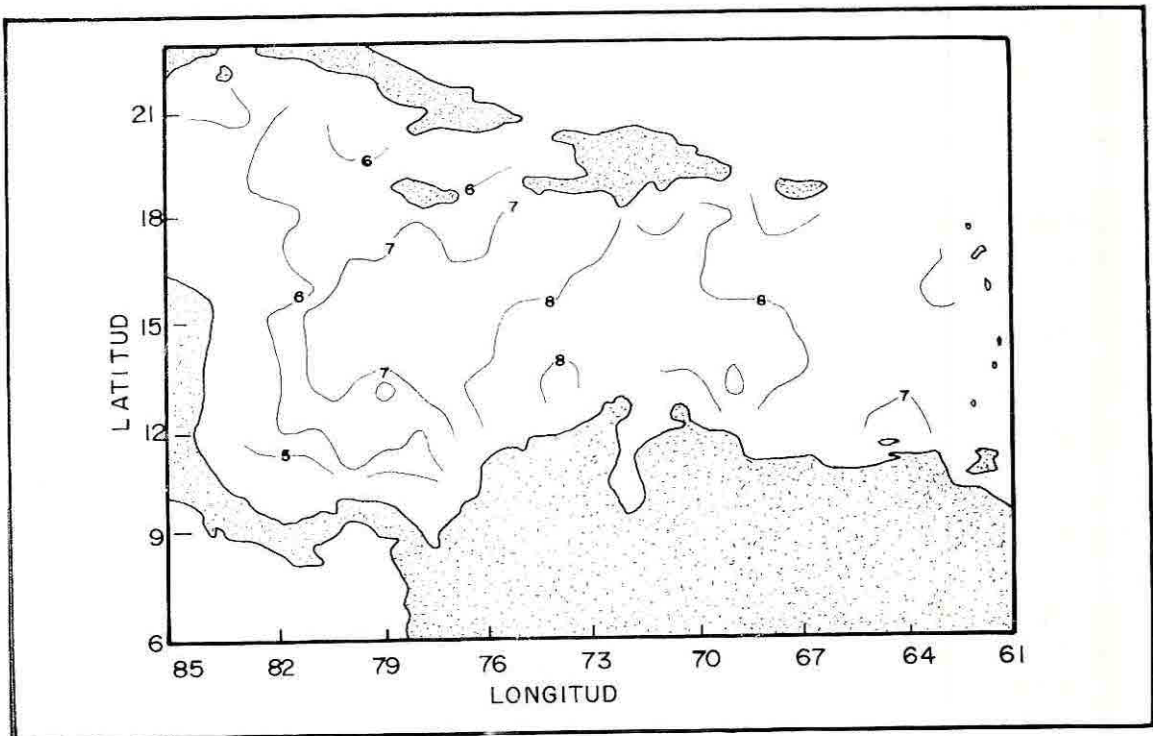


Figura 6. Velocidad del viento en Mayo-Septiembre 1987 (m/s).

La parte central del Caribe presenta vientos de 8 m/s y cerca a la costa de Suramérica se presentan valores máximos sobre 9 m/s.

Durante septiembre y noviembre de 1987, Figura 7, la velocidad del viento ha disminuido en la parte central y en el este del Caribe, pero se encuentra un

máximo en la parte oeste. La estación de vientos durante noviembre de 1987 a marzo de 1988, Figura 8), es caracterizada por un incremento general de su velocidad en la parte central y en el este, con valores mayores de 9 m/s cerca a la costa del Caribe. La parte oeste muestra vientos con velocidades significativamente inferiores.

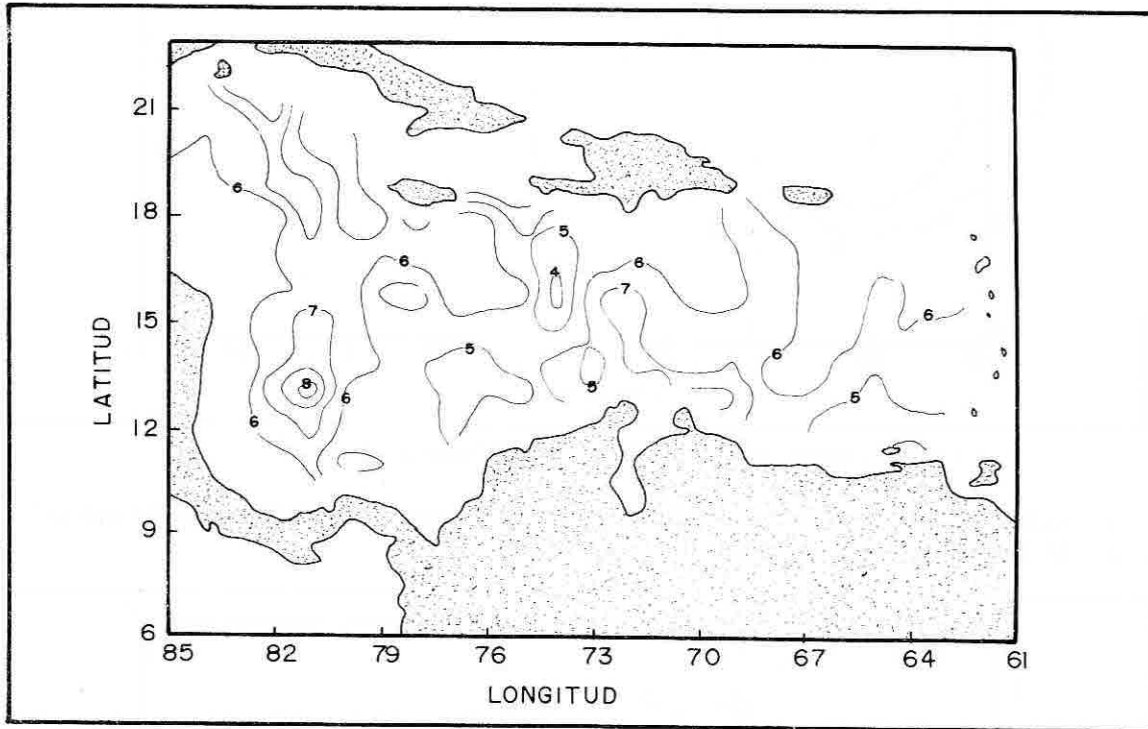


Figura 7. Velocidad del viento en Septiembre-Noviembre 1987 (m/s).

El período final de los datos (marzo-junio de 1988, Figura 9) muestra la velocidad del viento con iguales características para la misma estación de 1987; con vientos más fuertes de más o menos 7 m/s en la parte este y central, valores máximos hacia la costa de Suramérica y vientos más lentos en la parte oeste de la cuenca.

B. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Este trabajo muestra los cambios del campo de la velocidad del viento, pero desafortunadamente no hay información de la dirección del mismo en los

datos de GEOSAT. La climatología, en la parte suroeste del Caribe tiene un régimen de velocidad del viento que se comporta de manera opuesta con respecto al resto de la cuenca. Es más fuerte durante las estaciones de "no-viento". Este hecho está de acuerdo con las características típicas de la ZCIT, manifestado por Elsberry et al., (1985) y Pujos et al., (1986). Debido a que GEOSAT toma datos del área cada 17 días, la más alta frecuencia que se puede resolver es de 34 días. Los campos de la velocidad del viento calculados "casi mensualmente" generados aquí, pueden describir los patrones generales de este campo cuando no ocurren eventos sinópticos pequeños e intensos en el "mes".

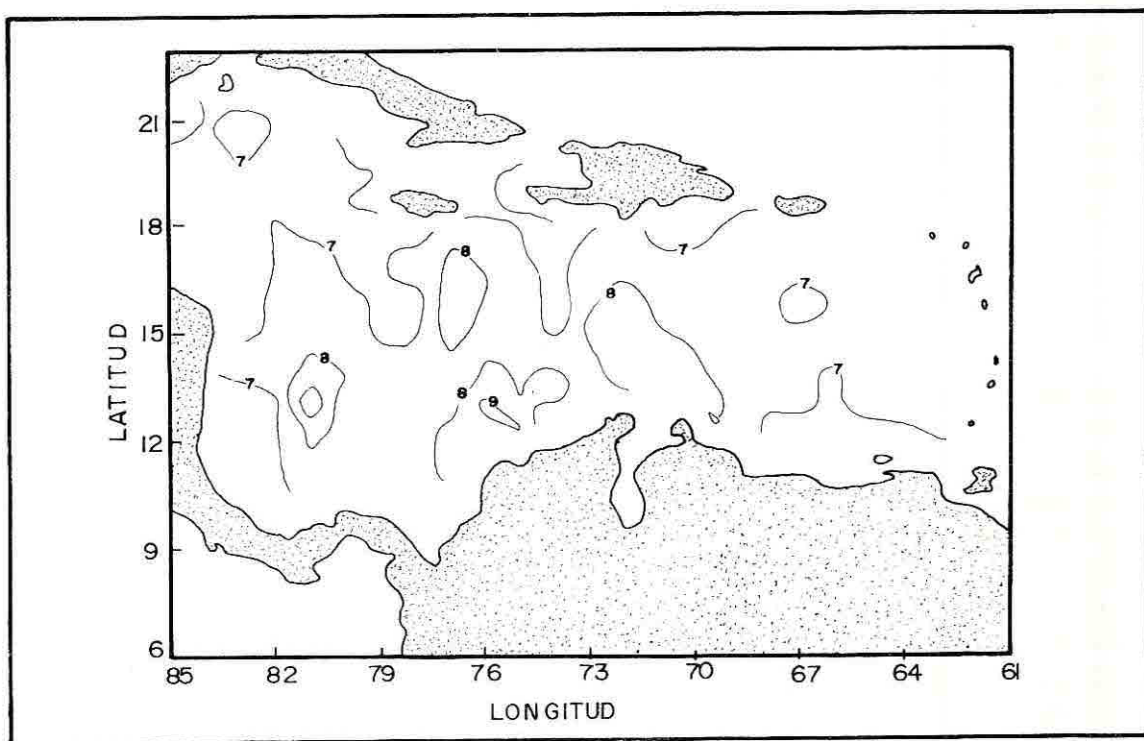


Figura 8. Velocidad del viento en superficie entre Noviembre 1987-Marzo 1988 (m/s).

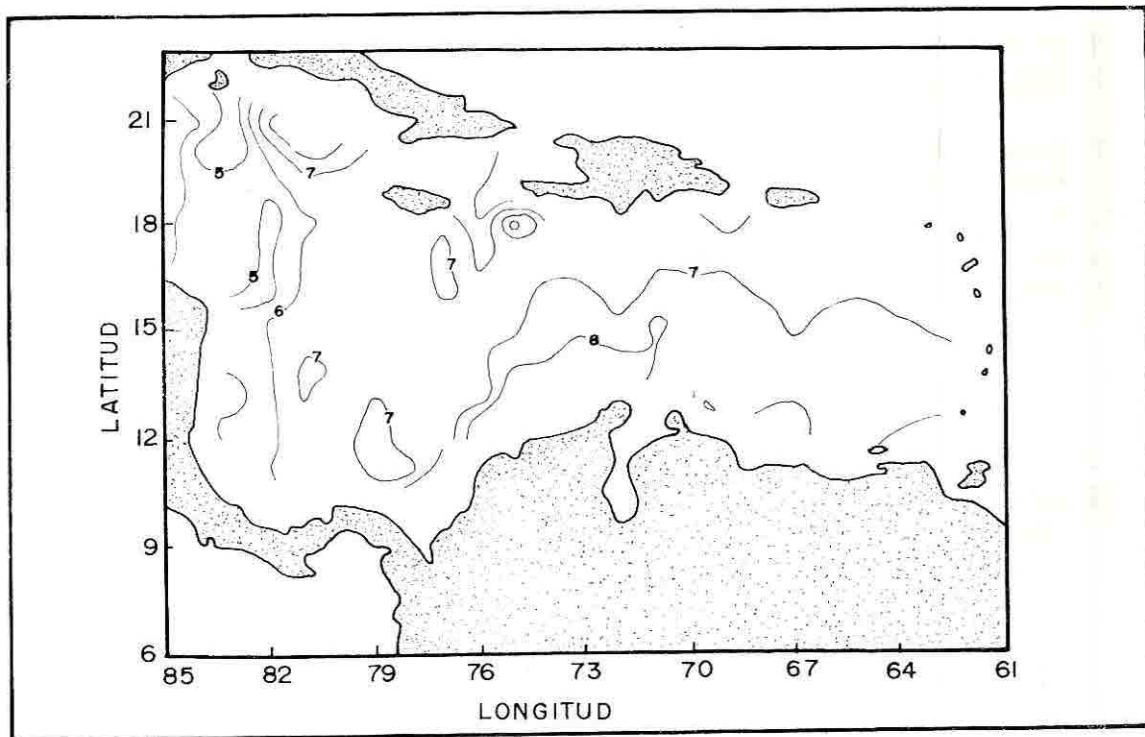


Figura 9. Velocidad del viento superficial Marzo-Junio 1988 (m/s).

Sin embargo, durante las estaciones de huracanes; estos contaminaron el campo del viento aún con el extenso procedimiento de cálculo usado. Esto indica una gran limitación para el empleo del campo del viento generado por GEOSAT.

CONCLUSIONES

El campo estacional del viento detectado por los instrumentos de GEOSAT, mostró su frecuencia de variación, la cual concuerda con los estudios anteriores, p.e. Pujos et al., (1986). Los mapas de cálculo de la velocidad estacional del viento, derivados de los datos de GEOSAT, mostraron valores máximos permanentes en la parte central del Caribe cerca a la costa de América del Sur (costa Guajira); para las épocas donde se reportan las mayores intensidades de la surgencia p.e. Aguilera, et al., (1986), Corredor (1979). Durante las estaciones de "lluvias", ocurre un fuerte gradiente en el campo del viento en el centro de la cuenca junto con una disminución general en la intensidad de los vientos alisios.

La disminución del viento después de la estación de vientos coincidió con la formación de los anticiclones reportados en (Nystven y Andrade, 1986) sugiriendo que el campo del viento influye en la formación de los vórtices.

BIBLIOGRAFIA

- AGULERA, J., and C. Andrade, R. Alvarez, P. Nowak. Análisis retrospectivo de los núcleos de surgencia en el área de la Guajira; memorias V Seminario de Ciencias y Tecnologías del Mar.
- CHENEY, R.E., B.C. Douglas, R.W. Agreen, L.L. Miller, D.L. Porter, GEOSAT Altimeter Geophysical Data Record (GDR) User Handbook. NOAA Technical Memo. NOS-NGS-46, 1987.
- CORREDOR, J.E., Phytoplankton response to low level nutrient enrichment trough upwelling in the Colombian caribbean Sea. Deep-Sea Research, V. 26a, 731-741, 1979.
- DOBSON, E., F. Monaldo, J. Goldhirsh and J. Wilkerson, Validation of GEOSAT Altimeter-derived wind speeds and significant wave heights using buoy data. Johns Hopkins APL Technical Digest. V.8, (7) 222-233, 1987.
- ELSBERRY, R.L., W.M. Frank, G.J. Holland, J.D. Jarell, R.S. Southern, A global view in tropical cyclones. Summary of material prepared for the International Workshop on Tropical Cyclones, Bangkok, Thailand, 1985.
- FAJARDO, G.E., Surgencia costera en las proximidades de la península Colombiana de la Guajira. Boletín Científico CIOH, V.1, 7-19, 1979.
- GORDON, A. Circulation of the Caribbean Sea. Journal of geophysical Research, V.72, 6207-6233, December 1967.
- NYSTVEN, J. and C. Andrade., Tracking mesoscale features in the Caribbean sea from GEOSAT. Journal of geophysical Research, (por publicar).
- SADLER, J.S., On the origin of tropical vortices. proceedings Working Panel on Tropical Dynamical Meteorology. NWRP 12-1167-132, Navy Weather Research Facility: 39-76, 1967.

- LEBEN, R.R., G.H. Born, J.D. Thompson and C.A. Fox, Mean Sea Surface and variability of the Gulf of Mexico using GEOSAT Altimetry data. *Journal of Geophysical Research*, V.95 (C3), 3025-3032, March 1990.
- PUJOS, M., J. Pagliardini, R. Steer, G. Vernet and O. Weber., Influencia de la Contra-corriente norte colombiana para la circulación de las aguas en la plataforma continental: Su acción sobre la dispersión de los efluentes en suspensión del Rio Magdalena. *Bol. Científico CIOH*, V.6, 3-15, Enero 1986.
- ZLOTNICKI, V., A. Hayashi and L. Fu., The JPL-Oceans-8902 version of GEOSAT Altimetry data. JPL Technical Report D-6939, 47 pp., June 1989.