

COMUNICACION

**HIDROMETEOROLOGIA DEL GOLFO DE MEXICO Y BANCO
DE CAMPECHE**

J. J. TAPANES*

F. GONZALEZ-COYA**

(Recibido: 25 de noviembre, 1980)

RESUMEN

Se presenta el campo de vientos en el Golfo de México y Banco de Campeche, debido a los frentes fríos ("nortes"), alisios y "sures", así como el oleaje inducido por éstos en las diferentes épocas del año. Finalmente, proponemos una división en zonas y subzonas de la región, basados en las características y resultados hallados en nuestro trabajo.

ABSTRACT

It is presented an analysis of the wind field at the Gulf of Mexico and the Campeche Bank due to cold fronts ("nortes"), trade winds and southers together with the induced wave seas for different year's epochs. Finally, on the basis of the results here reported, we propose a division of the region in zones and subzones.

* *Experto FAO, Oceanógrafo Físico e Ingeniero Industrial, Instituto de Protección del Trabajo, La Habana.*

** *Meteorólogo Sinóptico e Ingeniero Industrial, Centro de Desarrollo de Productos Pesqueros, La Habana.*

INTRODUCCION

Toda actividad económica planificada que requiera estar en contacto con la naturaleza y que de cierta manera dependa de ésta, debe contar con una información lo más general posible - aunque sin perder profundidad por ello - acerca del comportamiento del medio. Es decir, que para planificar con un cierto grado de confianza, es necesario conocer concretamente cómo va a desarrollarse la actividad dentro del contexto natural que le es propio.

Es conocido que la pesca es una de las actividades que más depende de las condiciones externas de trabajo, es decir, del "tiempo", ya que éste afecta directamente toda la actividad, facilitándola en ciertos casos, pero en la mayoría de ellos entorpeciéndola o haciéndola imposible. Por ello, la planificación económica de las actividades pesqueras debe basarse en un conocimiento real de las condiciones meteorológicas y oceanográficas en que cada pesquería se ha de desenvolver.

Con este propósito se ha realizado el presente trabajo, en el cual estudiamos las condiciones hidrometeorológicas del Golfo de México y Sonda de Campeche y creemos que, con la información producida, es posible tomar en cuenta y comprender los factores que puedan influir directamente en las pesquerías.

ANALISIS DEL CAMPO DE VIENTO

Para el estudio de las características hidrometeorológicas del Golfo de México, hemos dividido éste en cuatro zonas (Figura 1). El área estudiada se encuentra entre los 19° y 29° Norte y los 82° y 98° Oeste, o sea, en la zona subtropical, estando ampliamente influenciada por el intercambio de masas de aire frío y seco provenientes del interior del continente (EE.UU. y Canadá) con las masas propias del golfo, de origen marítimo y características tropicales (Panofsky, 1956).

Este intercambio entre masas de aire con características diferentes provoca en ocasiones una fuerte frontogénesis, fundamentalmente entre los meses de octubre a abril. No obstante, durante el verano, las características del golfo se hacen más tropicales con la influencia del régimen de los vientos alisios.

Para el análisis del campo de viento se tomaron las observaciones de reportes de buques de los *Marine Climatological Summaries*, así como la información para el área aparecida en los *Routing Charts* de la Oficina Hidrográfica de la Marina de Guerra de los Estados Unidos de América.

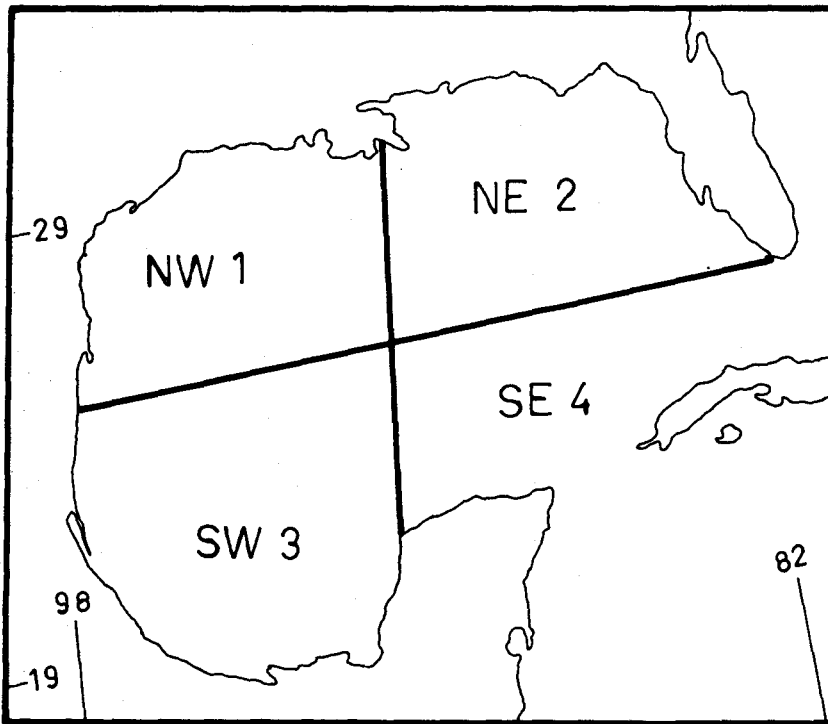


Fig. 1 División del Golfo de México en cuatro zonas de estudio.

Lo anterior nos muestra que el viento prevaeciente para el golfo es de procedencia NE, con una velocidad media de 14.8 km h^{-1} (8 nudos). La procedencia N cubre un 36 % del tiempo anual, principalmente entre los meses de noviembre a marzo y una velocidad media de 20.4 km h^{-1} (11 nudos), figuras 2 y 3. En estos meses el promedio mensual en días, con fuerzas Beaufort mayores o iguales a 4 es de 12.6 días, siendo el mes de diciembre el que presenta una cantidad mayor, 14 días (Tabla 1).

Los meses de abril y mayo presentan vientos del SE, con una velocidad de 14.8 km h^{-1} (8 nudos), afectando como promedio en todo el golfo durante 9.8 días, con fuerzas Beaufort menores o iguales a 4. Desde junio a agosto se presentan vientos del cuadrante E, con una velocidad media de 11 km h^{-1} (6 nudos), mientras que en el período de septiembre-octubre podemos encontrar vientos del NE con una velocidad media de 16.7 km h^{-1} (9 nudos) afectando como promedio mensual un total de 8.5 días con fuerza alrededor de 4 Beaufort. El mayor efecto, pues, es el producido durante los meses de octubre a abril durante la temporada anual de frentes fríos ("nortes").

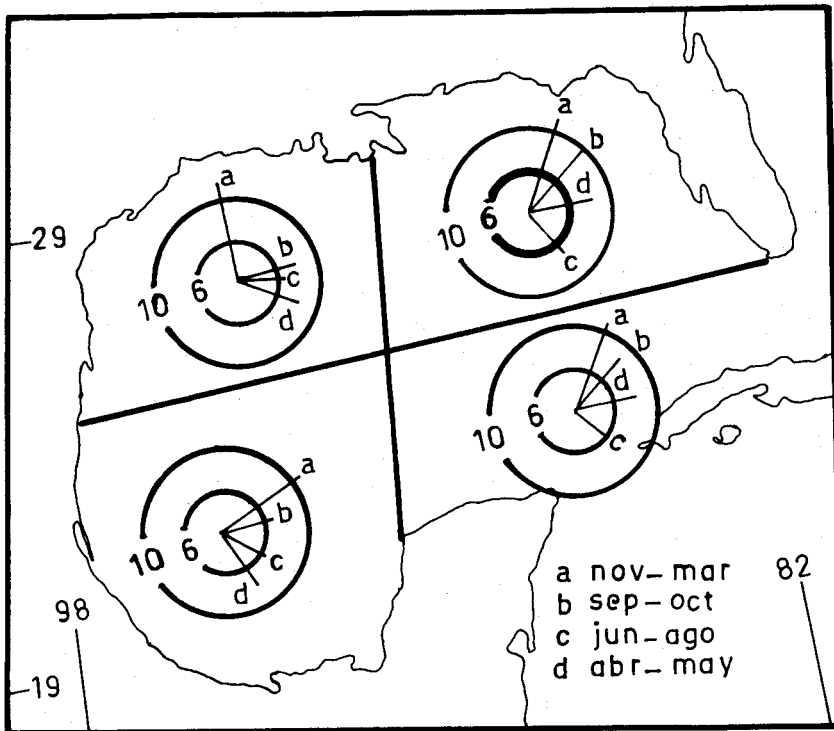


Fig. 2 Vientos prevalecientes para la región. Se dan los rumbos en puntos del compás y la cifra da el porcentaje de tiempo anual que cubre.

Considerando la intensidad de los frentes, éstos pueden clasificarse (Rodríguez *et al.*, 1975) en:

- a) *débiles*: con velocidades del viento menores de 35 km h^{-1} (19 nudos).
- b) *moderados*: con velocidades del viento entre 35 y 55 km h^{-1} (19 y 30 nudos), y
- c) *fuertes*: con velocidades del viento superiores a los 55 km h^{-1} (30 nudos),

pero considerando la variación de la dirección del viento al paso del frente, se han propuesto tres tipos de frentes fríos (Rodríguez *et al.*, 1973), para la isla de Cuba y cercanías:

Tabla 1

Número de días mensuales con intensidades del viento mayores o iguales a fuerza 4 Beaufort, sin tener en cuenta el rumbo

ZONA	1	2	3	4	Total mensual	Promedio
MES						
ENE	14	15	10	15	54	13.5
FEB	10	13	11	12	46	11.5
MAR	12	13	12	9	46	11.5
ABR	15	14	10	10	49	12.2
MAY	13	4	4	9	30	7.5
JUN	7	9	9	7	32	8.0
JUL	2	5	5	3	15	3.8
AGO	3	6	4	4	17	4.2
SEP	6	7	6	8	27	6.8
OCT	14	15	10	9	48	12.0
NOV	15	15	10	15	55	13.8
DIC	15	15	12	14	56	14.0
TOTAL						
días/año	126	131	103	113	475	9.9

viento superiores a los 35.2 km h^{-1} (19 nudos) (González-Coya y Tápanes, 1974). En la tabla 2 presentamos el número de días que, como promedio, se afecta cada zona del golfo con fuerzas mayores de 6 Beaufort. Se desprende de esto que la región oriental del golfo se ve más afectada que la occidental.

Tabla 2

Días del mes con fuerza superior a 6 Beaufort, sin incluir huracanes, por zonas del Golfo de México.

MES	ZONA 1	2	3	4	Total
ENE	2	3	2	1	8
FEB	1	2	1	2	6
MAR	2	1	0	0	3
ABR	2	1	1	1	5
MAY	0	0	0	1	1
JUN	0	0	0	0	0
JUL	0	0	0	0	0
AGO	0	2	0	1	3
SEP	0	2	0	0	2
OCT	2	3	1	2	8
NOV	2	3	3	3	11
DIC	8	5	3	4	20
Total	19	22	11	15	67

Las zonas del golfo también se ven afectadas por las tormentas tropicales; siendo ésta una de las regiones de nuestro planeta más afectada por los huracanes (Dunn y Miller, 1969; Bretschneider, 1967). Aunque la variabilidad de año en año es considerable, la incidencia de las tormentas tropicales es verdaderamente notable, pudiéndose observar ciclos de máxima intensidad cada diez años (Jordan, 1957).

La temporada ciclónica comienza en la segunda decena de mayo y se extiende hasta finales de noviembre, aunque se ha reportado el paso de estos organismos por la región en diferentes meses, como en febrero de 1951, por ejemplo (Instituto de Meteorología de Cuba, 1973).

El análisis de los datos de 50 años, hecho por el Instituto de Meteorología de Cuba, indica que el mes de septiembre conlleva el mayor peligro, fundamentalmente en sus últimos diez días. El mes de agosto y la primera quincena de octubre, así como la segunda decena de junio, presentan máximo peligro para el Golfo de México.

Actualmente, la región se ve afectada por dos perturbaciones ciclónicas (velocidad máxima del viento inferior a los 114 km h^{-1} ; o sea 61.6 nudos) y un huracán (con vientos de velocidades superiores a las planteadas anteriormente). La región oriental del golfo es la más afectada (Figura 4), siendo el porcentaje de frecuencia anual de cruce de huracanes por la misma, de 1.6 (Gentry, 1969). Para la zona 3 (Sonda de Campeche) la temporada comienza en mayo, con frecuencias mínimas en julio, aumentando desde agosto y con un máximo en septiembre. El paso de dichas tormentas tropicales afecta la totalidad del golfo, debido al gran radio de acción de sus vientos máximos (González-Coya y Tápanes, 1974).

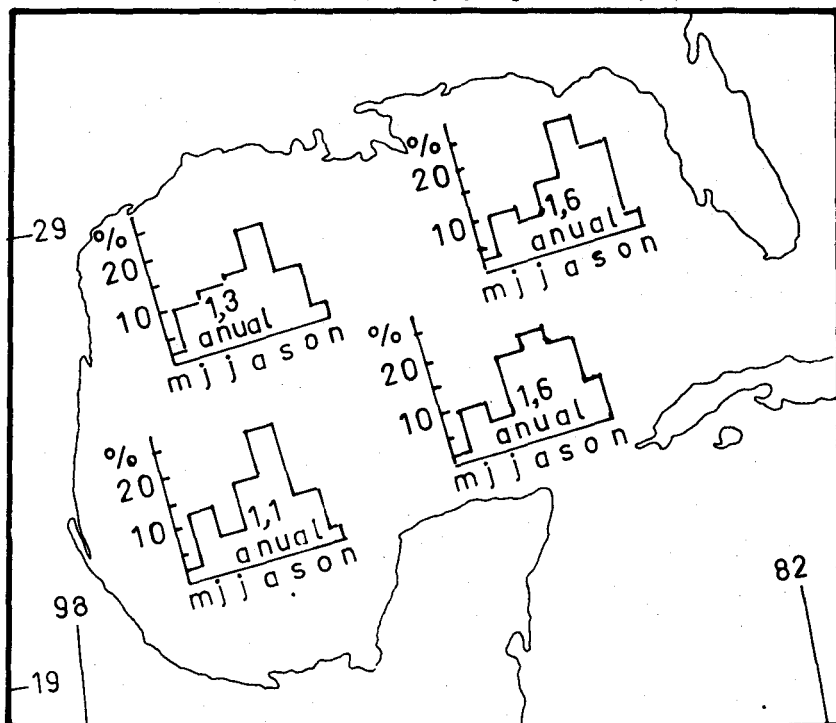


Fig. 4 Frecuencia anual del cruce de huracanes por la región, por zonas, basada en datos originales de Gentry (1969).

Casi el 60 % de las tormentas tropicales llega a tener intensidad de huracán (Gentry *et al.*, 1950); luego, se ha considerado el caso de un huracán de poca intensidad, siendo por tanto las condiciones extremas para todo el golfo al paso de un huracán de gran intensidad. Los estudios realizados sobre el tema son tan abundantes, que no creemos necesario dar una bibliografía al respecto.

GENERACION Y PRONOSTICO DEL OLEAJE

Está perfectamente determinado que, para aguas profundas, la altura de las olas generadas por el viento es función de la velocidad del mismo (U), de su duración total (t), así como del recorrido o "fetch" (F) para una zona considerada (Bretschneider, 1967; Ewing, 1971). Podremos pues, pronosticar las características más importantes de las olas, tales como sus alturas promedio (H_{prom}), máxima ($H_{\text{máx}}$), (Snodgrass, 1951), altura significativa (H_s) (Wilson, 1958), sus períodos significativos (T_s) así como su longitud de onda (λ). Las alturas y períodos significativos son los promedios del tercio mayor de alturas y períodos, en un transcurso de tiempo considerado como representativo del evento, 20 minutos, por ejemplo.

Presentamos a continuación una división de las zonas consideradas anteriormente en siete subzonas (Figura 5), dando para ellas los días del mes con fuerzas iguales o mayores (o menores, según el caso) de 3 y 5 Escala Douglas, Tabla 3, Apéndice "A". En la figura 6 presentamos en forma esquemática los vientos que actúan sobre toda la masa de agua del golfo, dando el rumbo de procedencia así como el recorrido (fetch) en millas náuticas.

Basados en los nomogramas de Bretschneider (1967) hemos calculado las Tablas 4 a 6 para olas de alta mar, y donde es posible hallar las alturas significativas, máxima y promedio para un mar completamente arbolado, en pies, según la velocidad del viento (U) expresada en nudos.

Para hallar $H_{\text{máx}}$ y H_{prom} hemos usado las relaciones (Snodgrass, 1951):

$$H_{\text{máx}} = 1.87H (\pm 20\%) \quad (1)$$

$$H_{\text{prom}} = 0.65H (\pm 10\%) \quad (2)$$

habiendo tomado los límites inferiores (-20% y -10%) en cada caso, así como también un valor de -10% para el cálculo de las alturas significativas (H_s).

Sobre la plataforma de la Sonda de Campeche, por ejemplo, las características del oleaje están determinadas, en parte, por la escasa profundidad, por lo que nos vemos obligados a calcular los coeficientes K_r , K_s y K_f . En su avance hacia la costa,

Tabla 3

Días del mes con fuerzas iguales o mayores a las indicadas (escala Douglas), por zonas y subzonas, para el año 1973.

Zona	SubZ	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN	
		3	≥5	≥3	≥5	≥3	≥5	≥3	≥5	≥3	≥5	≥3	≥5
NW	1	9	2	6	1	12	2	13	-	13	-	7	-
	2	14	3	13	2	15	1	8	-	9	-	7	-
NE	3	8	1	11	-	12	-	10	-	4	-	9	-
	4	4	-	-	-	15	1	9	-	-	-	3	2
SW	5	7	1	11	-	6	-	12	-	-	-	10	2
	6	15	-	13	-	11	0	11	1	18	1	13	1
SE	7	16	1	12	2	14	-	10	1	9	1	14	1
		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC	
	1	5	-	3	-	1	-	15	2	12	2	15	8
	2	3	-	9	2	8	2	11	-	21	3	14	-
	3	5	-	4	3	6	-	13	3	18	2	16	1
	4	-	-	2	-	2	-	-	-	12	1	9	3
	5	-	5	4	9	-	13	2	-	-	-	-	-
	6	3	-	5	1	6	1	10	2	16	2	11	2
	7	8	-	5	3	10	-	10	-	14	3	13	4

el tren de olas recibe una serie de modificaciones debidas a la atenuación por fricción con el fondo (K_f), a la refracción (K_r) y al crecimiento por encuentro con profundidades someras o efecto "shoaling" (K_s), que modifican sustancialmente su altura.

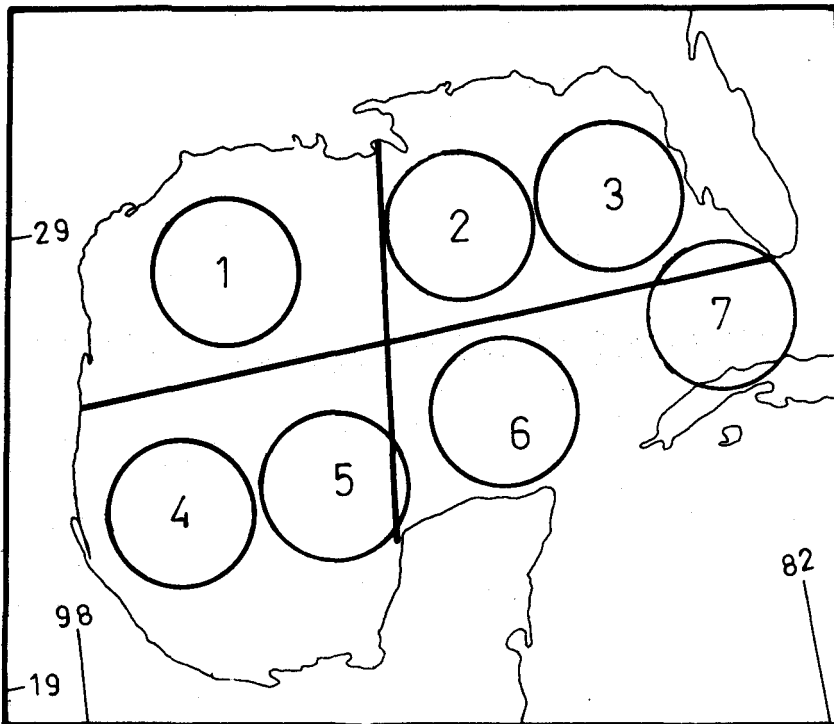


Fig. 5 División de las zonas en subzonas.

Hemos calculado los valores promedio de K_f , K_g y K_r (Tabla 7) hallando que con ellos se logra una exactitud adecuada a nuestros propósitos y, además, calculando las modificaciones subsiguientes que va sufriendo el tren de olas a medida que pasa de una profundidad a otra, por ejemplo, de profundidades superiores a 300 m (1000 pies), a aguas con una profundidad de 80 m y, posteriormente, hasta profundidades de 30 m, 12 m y 10 m.

El análisis de las cartas diarias de oleaje para la región, confeccionadas por el Departamento de Meteorología Marina del Instituto de Meteorología de Cuba, así como los datos de oleaje de los *Marine Meteorological Summaries* de la Oficina Hidrográfica de la Marina de Guerra norteamericana, señalan un máximo desde octubre a abril (Tabla 8), coincidiendo con la temporada de los frentes fríos, siendo máximo el oleaje, lógicamente, al paso de los "nortes", siendo el mes de diciembre el que presenta mayores incidencias.

Durante el mes de diciembre, el promedio para el golfo es de 11 días con olas

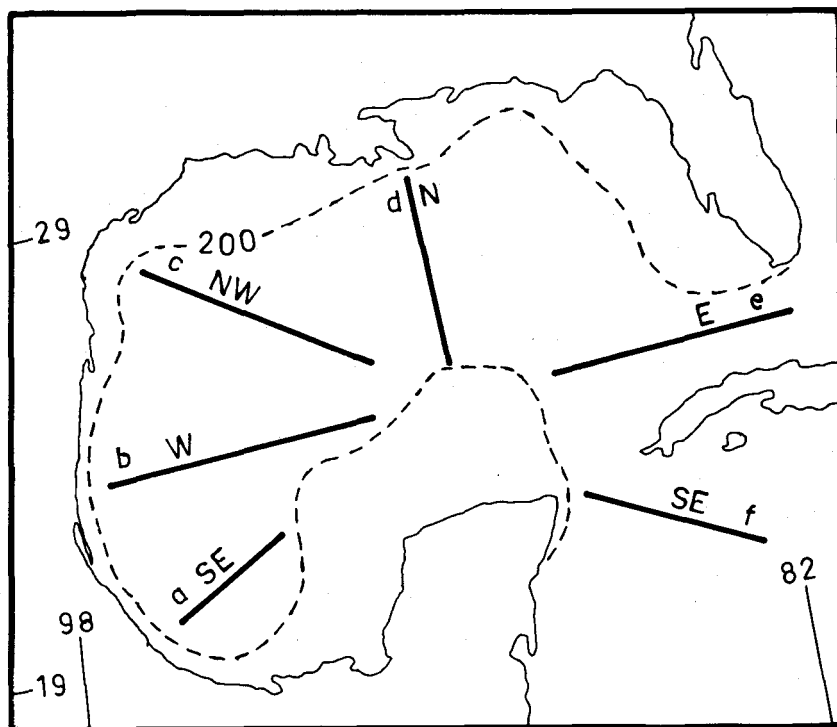


Fig. 6 Rumbo y recorrido ("fetch") de los vientos que actúan sobre la masa de agua del Golfo de México.

reportadas menores o iguales a 1.5 m. Los frentes fríos, a su paso, afectan la casi totalidad de la región, con oleajes superiores a 1.5 m, reportándose en ciertos casos alturas mayores de 4 metros en todas las temporadas analizadas, por ejemplo, Figura 7. La región oriental del golfo es la más afectada y dentro de ésta, la zona 2. En la región occidental, la zona 1 se ve afectada durante un 50% más que la zona 3 (Sonda de Campeche) que se presenta con las mismas características que el resto del golfo (Tabla 8).

En los meses de primavera (principalmente abril), se presenta un aumento en el número de días con oleaje superior a los 1.5 m, afectando principalmente a la región norte (zonas 1 y 2) y como consecuencia del flujo SE que domina el área, así como a la oclusión de los frentes fríos en la región norte del Golfo (Figura 8). Durante el verano, las afectaciones por oleajes superiores a 1.5 m son, como promedio, de 3 días mensuales, presentándose un mínimo en julio para todo el golfo, siendo éste afectado solamente por el paso de las tormentas tropicales propias de la región.

Tabla 4

Alturas y períodos significativos de las olas, en función de la velocidad del viento (U) en nudos. Alcance y recorrido de 120 millas náuticas, tiempo ilimitado y profundidades entre 1000 y 40 pies, período en segundos. Longitud de onda (no significativa) en pies, calculada por la relación teórica $L_0 = 5.13 T^2$.

Prof	U Nudos	H_s	$H_{m\acute{a}x}$	H_{prom}	T_s	L_0
	10	2.0	3.7	1.3	5.0	128
1000	20	5.6	10.5	3.6	7.3	275
	30	9.6	17.9	6.1	9.0	415

	10	1.9	3.5	1.2	3.4	59
260	20	5.2	9.7	3.3	5.3	144
	30	8.9	16.7	5.7	7.2	265

	10	1.6	3.0	1.0	3.1	49
100	20	4.4	8.3	2.8	5.1	133
	30	7.6	14.2	4.9	6.7	230

	10	1.3	2.4	0.8	2.8	40
40	20	3.5	6.7	2.2	4.5	103
	30	6.1	11.4	3.9	6.0	184

Tabla 5

Alcance y recorrido de 300 millas náuticas. Los otros valores permanecen como se describe en la Tabla 4.

Prof.	U	H_s	$H_{m\acute{a}x}$	H_{prom}	T_s	L_o
	10	2.1	3.9	1.3	5.9	142
1000	20	7.1	13.3	4.5	9.0	332
	30	12.8	24.1	8.2	11.2	513
-----	10	1.9	3.6	1.2	3.4	59
260	20	6.6	12.4	4.3	6.2	198
	30	11.9	22.4	7.6	8.4	358
-----	10	1.6	3.1	1.0	3.1	49
100	20	5.6	10.5	3.7	5.7	168
	30	10.1	19.0	6.5	7.2	304
-----	10	1.3	2.5	0.8	2.8	40
40	20	4.5	8.4	3.0	5.1	136
	30	8.0	15.2	5.2	6.9	241

Tabla 6

Alcance y recorrido de 450 millas náuticas. Los otros valores permanecen como se describe en la Tabla 4.

Prof	U	H_s	$H_{m\acute{a}x}$	H_{prom}	T_s	L_o
	10	2.2	4.2	1.4	6.5	216
1000	20	7.8	14.5	4.8	10.1	523
	30	14.7	27.7	9.4	12.5	800
	10	2.1	3.9	1.3	3.5	65
260	20	7.2	13.4	4.6	6.5	217
	30	12.8	24.0	9.0	8.7	386
	10	1.8	3.3	1.1	3.3	54
100	20	6.2	11.8	4.0	6.1	187
	30	11.8	22.0	7.6	8.3	356
	10	1.4	2.7	0.9	2.9	42
40	20	5.0	9.9	3.1	5.4	151
	30	9.5	17.2	5.9	7.5	287

Tabla 7

Valores de los coeficientes K_f , K_s y K_r en función de la profundidad, en pies.

Prof	K_f	K_s	K_r
260	1.0	0.90	1.0
100	1.0	0.94	0.9
40	0.83	1.07	0.9

Tabla 8

Número de días (1975) con altura de olas reportadas mayores o iguales a 1.5 m, por zonas del Golfo de México.

ZONA	1	2	3	4	Total mensual	Promedio
MES						
ENE	9	12	6	9	36	9.0
FEB	13	9	3	8	33	8.2
MAR	12	2	2	11	37	9.2
ABR	10	10	5	10	35	8.8
MAY	9	8	6	7	30	7.5
JUN	5	1	3	0	9	2.2
JUL	0	2	2	1	5	1.2
AGO	3	2	2	4	11	2.8
SEP	3	7	4	7	21	5.2
OCT	5	12	4	13	34	8.5
NOV	12	14	8	10	44	11.0
DIC	12	13	7	11	43	10.8
Total	93	102	52	91	338	7.5

CONCLUSIONES

1. Para el estudio de las características hidrometeorológicas del Golfo de México y Sonda de Campeche proponemos una división de la región en cuatro zonas (NE, NW, SW y SE) y siete subzonas (NE, 2; NW, 1; SW, 2 y SE, 2).
2. Es posible encontrar, totalizando las cuatro zonas, un total anual de 475 días con fuerzas iguales o mayores de 4 Beaufort, así como un total anual de 67 días con fuerzas iguales o superiores a 6 Beaufort (sin incluir huracanes).
3. Es posible encontrar, totalizando las cuatro zonas, un total anual de 338 días con alturas de las olas iguales o mayores de 1.5 m, así como olas hasta de 4 metros o más, al paso de frentes fríos fuertes.
4. La porción oriental del golfo es la más castigada al paso de los vientos, así como de las tormentas tropicales y huracanes.

Apéndice A

Valores y términos de la escala Douglas, según el Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencias de Cuba.

Fuerza	Estado del mar	Altura de la ola (metros)
0	calma	0
1	llana	0 - 0.1
2	rizada	0.1 - 0.5
3	movida	0.5 - 1.25
4	moderada	1.25 - 2.50
5	gruesa	2.50 - 4.0
6	muy gruesa	4.6

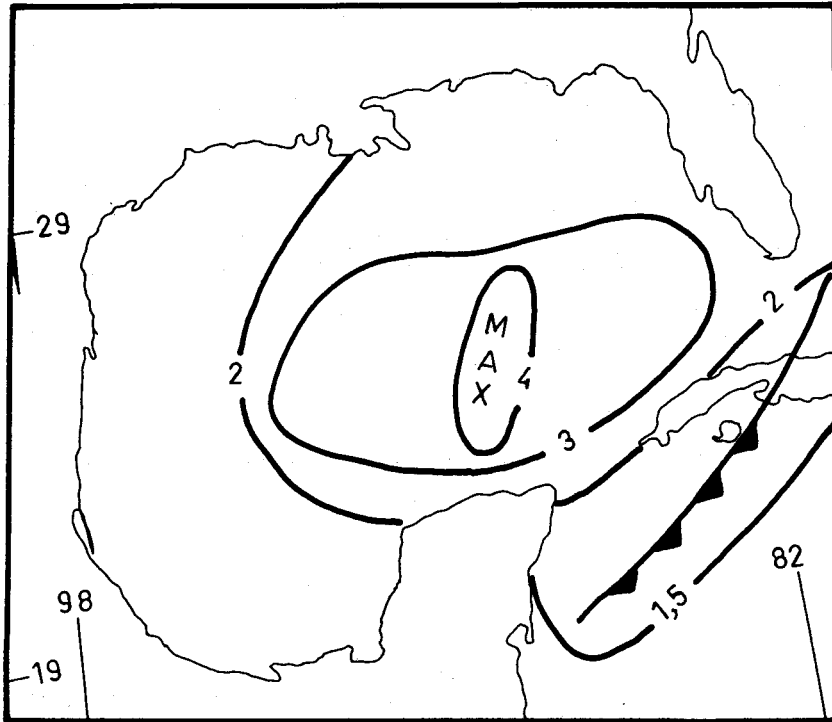


Fig. 7 Altura de las olas (metros) al paso de un frente frío el 17 de diciembre de 1973, a las 18 00 horas (Zona).

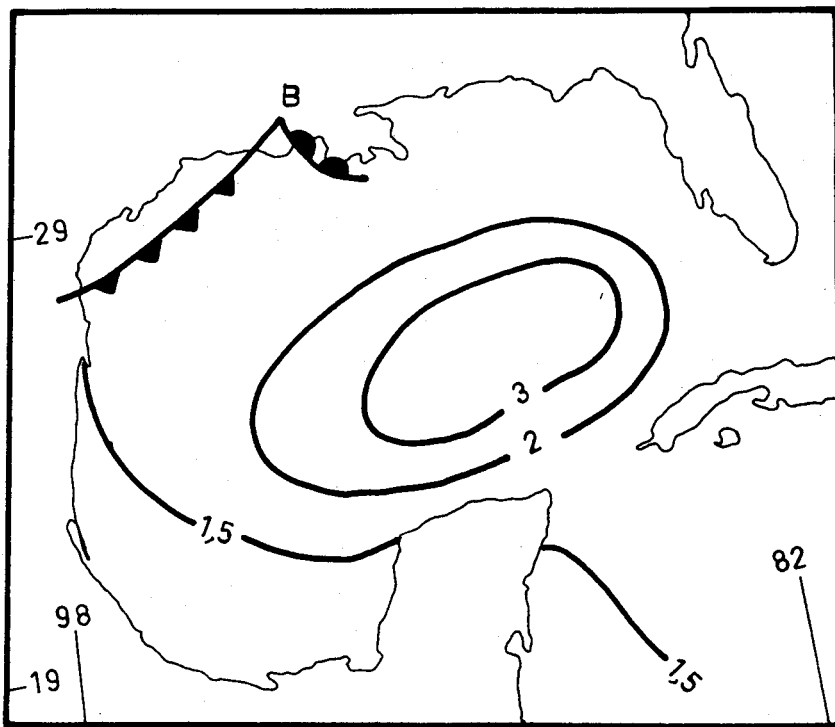


Fig. 8 Altura de las olas (metros) debida a la oclusión de un frente frío, el 18 de abril de 1973, a las 18 00 horas (Zona).

BIBLIOGRAFIA

- BRETSCHNEIDER, Ch. L., 1967. Maximum sea state for North Atlantic hurricane belt. *Ocean Industry*, 43-59.
- DUNN, E. G. y I. B. MILLER, 1969. *Atlantic Hurricanes*. Inst. Libro (Cuba) 326 pp.
- EWING, J. A., 1971. A numerical wave prediction method for the North Atlantic Ocean. *Sonder. Dt. Hydrog. Zeits.*, Bd. 24, Heft 6; 241-261.
- GENTRY, R. C., Pl. L. MOORE y A. M. MARSHALL, 1950. *Hoist Hurricane Warnings*. Weather Vane Pub. (Miami).
- GENTRY, R. C., 1969. Hurricanes, one of the major features of air-sea interaction in the Caribbean Sea. *Symp. Invest. Res. Caribbean Sea and Adjacent Regions*. Prep. CICAR, FAO, FRm 71.1, Curazao (1968), 78-87.
- GONZALEZ-COYA, F. y J. J. TAPANES, 1974. Meteorología pesquera de la plataforma de Cuba. INP-CIP (Cuba), *Res. Invest.*, 1, 22-23.
- INSTITUTO DE METEOROLOGIA DE CUBA, 1973. Cronología clasificada de los huracanes que han afectado a Cuba, 1880 - 1970. *Acad. Ciencias de Cuba*, 6 pp.
- JORDAN, C. L., 1957. Mean soundings for the hurricane eye. *Nat. Hurricane Res. Project*, 13, 10 pp.
- MARINE CLIMATOLOGICAL SUMMARIES, 1974. Vol. 3-7. *US Dept. Commerce*.
- PANOFSKY, H., 1956. *Climatología Física*. Centro Intern. Adiestramiento Aviación Civil (México), 113 pp.
- RODRIGUEZ, R. M., C. GONZALEZ y Q. R. VALDES, 1973. Cronología de los frentes fríos que han entrado en Cuba, 1916-1970. *Inst. Meteorología*, Acad. Ciencias de Cuba, 4 pp.
- SNODGRASS, F. E., 1951. Wave recorders. *Procc. 1est. Conf. Coastal Engineering*, 7, 69-87.
- WILSON, B. W. 1958. How rough are waters of the Gulf? *A. & M. College of Texas, Ocean. and Meteor. Series*, 124, 58-62.