

ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO POR CALOR LATENTE Y SENSIBLE EN LA PLATAFORMA DE YUCATAN

José Hernández Téllez*

Javier Aldeco R. **

* Estación de Investigación Oceanográfica de Veracruz.

Depto. de Física y Meteorología Marina. D.G.O.N.SECMAR.

C. Colón 43, Fracc. Reforma, C.P. 91919. Veracruz, Ver.

**Dirección actual: Laboratorio Oc.Fis.Inst.Cien.Mar. y Limnol.,
Universidad Nacional Autónoma de México

INTRODUCCION

Justamente debajo de la superficie del mar y hacia arriba ocurren las diferencias de temperatura. Las causas principales son: la radiación de onda larga, el calor latente y sensible (Simpon y Paulson, 1980), la primera y la evaporación causan el enfriamiento en la superficie, dependiendo de la temperatura y la humedad del aire; la última tenderá a enfriar o calentar la superficie a consecuencia de que el aire adyacente esté más frío o caliente que el mar.

La variación diaria de la temperatura en la capa superficial, es producida por el calentamiento diurno de la radiación solar absorbida, su amplitud es comunmente pequeña, debido a que la mezcla turbulenta normalmente prevalece sobre la difusión térmica molecular (Deschamps y Frouin, 1984).

De acuerdo a Bunker (1979), usualmente las tendencias del flujo de calor latente determinan la ganancia de calor oceánico, pero cuando estas tendencias resultan de cambios advectivos o de afloramientos, entonces ocurren relaciones inversas entre la temperatura superficial del mar y la ganancia de calor oceánico.

En el Golfo de México y Mar Caribe, se han realizado notables estudios del balance de calor oceánico (Colón 1963; Hastenrath, 1968; Nowlin y Parker, 1974; Etter, 1976, 1983 y 1987; Hernández-Téllez y Aldeco, 1990 a y b). Etter (1983 y 1987) discutió más en detalle para el Golfo y Caribe, los promedios mensuales del flujo neto de calor turbulento (sensible mas latente), ya obtenidos por: Bunker, Colón, Budyco, Hasteranth y Lamb. Donde lo más relevante y coincidente para todos los investigadores fué que los máximos valores se encuentran a finales de otoño, siendo aún más altos en el Golfo que en el Caribe.

Nowlin y Parver (1974) en su estudio de los efectos de un norte sobre las aguas de la plataforma al NW del Golfo de México, muestran las modificaciones en las masas de agua subsuperficiales y las pérdidas considerables de calor oceánico..

Bunker (1976) en sus cálculo del flujo de energía superficial

del Océano Atlántico-Norte menciona que, al fluir el agua hacia el SW rodeando Yucatán encuentra aire moderadamente húmedo y cálido, por lo tanto gana más calor en verano que el que perdió en invierno. Además los nortes débiles sobre la plataforma de Yucatán, no extraen grandes cantidades de calor del mar. El mismo autor establece el "índice de sugerencias" (alrededor de los 23°N y 88°W), que consiste en las diferencia entre la temperatura superficial de las aguas costeras y las adyacentes en mar abierto.

Hernández Téllez y Aldeco (1990) calcularon el flujo del calor sensible y latente en un punto (22°11' N y 89° 41' W) al norte de la Península de Yucatán, detallando las variaciones en dos períodos, en series de tiempo. En el primero (marzo, 1988) se presentaron dos nortes moderados (separados por tres días), y después de cada norte persistió un enfriamiento superficial; tal pérdida de calor también se observó en el almacenamiento de calor parametrizado de la columna de agua (Aldeco y Hernández-Téllez, 1989). Durante el segundo (mayo-junio, 1988) entre las 12 y 15 horas se mantenía el flujo de aire cálido y húmedo, además un creciente calentamiento superficial y un almacenamiento de calor en la columna de agua. Posteriormente los mismos autores (1990b) calcularon el balance de calor, donde señalan que la masa de agua que fluye hacia el punto de estudio, pierde calor por mezcla con aguas de surgencia (del norte de Cabo Catoche) y por lo tanto, contribuye en el almacenamiento de calor. En forma similar para los dos períodos.

La importancia que tiene la Plataforma de Yucatán, no es sólo por la influencia de aguas del Golfo de Campeche, las corrientes de Yucatán y del Lazo, los efectos causados a la circulación por el forzamiento atmosférico, someridad y fuerte Talud Continental (Aldeco y Sánchez, 1990), sino que también por su gran actividad pesquera en la zona de surgencias a lo largo de la costa de Yucatán, norte de Cabo Catoche y en ocasiones extendiéndose hacia el Arrecife Alacranes. Estos afloramientos tienen influencia sobre los procesos fisicoquímicos y biológicos (González 1975; López-Veneroni

et al, 1984; Espinoza, 1989; García, 1976; Ruíz, 1979; Flores-Téllez et al, 1984).

El objetivo de este trabajo es el de cuantificar y determinar las zonas de enfriamiento y calentamiento superficial, generadas por el intercambio de calor latente y sensible en la Plataforma de Yucatán, durante enero y mayo de 1990.

AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en la Plataforma Continental de Yucatán, dentro de las latitudes 21.5° N; a los 24.0°N; longitudes 86.5°W a los 91.0°W (Fig 1). El área presenta características peculiares por sus arrecifes, bajos, estrema someridad costera y un fuerte talud al oeste. En la figura 1 se muestran las fechas y los transectos donde se realizaron los cruceros.

METODOLOGIA

La estación de Investigación Oceanográfica-Veracruz, realizó a bordo del B/O Justo Sierra (UNAM) los cruceros Playuc (del 6 al 17 de enero, 1990) y Yucpla (del 25 de mayo al 4 de junio, 1990). En estos se realizaron mediciones de parámetros oceanográficos y meteorológicos durante los transectos preestablecidos.

Como primera medida del intercambio de energía entre el mar y el aire, se calculó la diferencia de sus temperaturas. Para la cuantificación y la determinación de las zonas de calentamiento o enfriamiento se calcularon: El calor latente y sensible con las ecuaciones aerodinámicas para flujo turbulento, propuestas por: Gill, Friehe y Schitt (en Lavin y Organista, 1988).

Calor latente: $Q_e = \rho_a C_e W (q_s - q_a) L_v$

Calor sensible: $Q_t = \delta_a C_p (0.0026 + 0.00086 WAT)$

$Q_t = \delta_a C_p (0.0020 + 0.00097 WAT)$

$Q_t = \delta_a C_p (0.00146 WAT)$

$WAT < 0$

$0 < WAT < 25$

$WAT > 0$

donde: Q_e y Q_t están dados en W/m^2 .

δ_a es la densidad del aire en Kg/m^3 (Blanc, 1985).

C_p es el calor específico del aire a presión constante en $J/kg^{\circ}K$ (Blanc op.cit). W es la velocidad del viento en m/seg . q_s y q_a son las humedades específicas, de saturación al nivel del mar y del aire, respectivamente, (Blanc op. cit.). L_v es el calor latente de vaporización en J/kg (Blanc, 1987) C_e es el coeficiente aerodinámico de transferencia de calor latente y es función de W y $AT (=T_a - T_s)$ la diferencia de temperaturas del aire y el mar en $^{\circ}C$ (Bunker, 1976).

RESULTADOS

De los cruceros Playuc y Yucpla se elaboraron topografías (no se muestran) de la temperatura del mar hasta lo 30 m, las cuales

indicaron un área de surgencias al norte de Cabo Catoche, además

sobre el mismo sitio se observaron nieblas.

Durante Playuc se presentaron dos frentes fríos desplazándose del NW al SE, con nortes moderados sobre el área de estudio. En Yucpla se observó con gran frecuencia, vientos del este con aire cálido y húmedo.

En los dos cruceros el área de estudio estuvo dividida en dos partes por la línea de $T_s = T_a$, es decir, igual temperatura del mar y el aire. En playuc lado oeste ($T_s > T_a$) y este ($T_s < T_a$), en Yucpla diagonalmente desde Puerto Progreso a los 23.5°N y 87.5°W, con la diagonal superior e inferior ($T_s < T_a$).

En la tabla 1 se muestran los promedios del flujo de calor latente (Q_e), sensible (Q_t) y el neto ($Q_e + Q_t$), en W/m^2 . En cada crucero se dan los promedios de positivos (pos), negativos (neg) y el total. Si Q_e es positivo, el flujo es del mar a la atmósfera enfriándose el mar por la pérdida de calor, y negativo cuando se emite calor de consensación (convertido en calor sensible). En Q_t la superficie del mar pierde o gana calor (se enfría o calienta) según el aire adyacente es más frío o caliente

Las figuras 2a, b y c muestran la presencia de intrusiones y áreas concéntricas (núcleos) de mayor o menor valor de ($T_s - T_a$) en $^{\circ}C$; Q_e y Q_t en W/m^2 durante el crucero Playuc. Análogamente para las figuras 2d, e y f, en Yucpla.

DISCUSIONES

Las topografías de la temperatura del mar indicaron que; durante Playuc las surgencias aún no afloran totalmente, sino que van enfriando gradualmente las aguas subsuperficiales. Pero en Yucpla, ya enfriaron las aguas superficiales costeras.

En Playuc los nortes moderados, las temperaturas del mar y el aire frío, dividieron en dos partes (oeste y este) el área de estudio con la línea $T_s = T_a$. Obteniéndose valores de ($T_s - T_a$) de 1 a 4°C, en el área oeste; y de 1 a 3°C en la parte superior este. En el área de surgencias de -1 a -3°C y al NW de éstas de -1 a un poco más de -2°C (Fig. 2a). La pérdida de calor (enfriamiento) por Q_e y Q_t en la parte oeste fué de 160 a 260 W/m^2 y de 10 a 60 W/m^2 (Fig. 2b y c). En el este se observa más el contraste diurno en tres áreas reducidas (Fig. 2b) con Q_e de 120 a 200 W/m^2 (en la noche), 100 a 140 W/m^2 y 100 a 120 W/m^2 (en el día). En la zona de surgencias y niebla se presentó una disminución en la pérdida de calor por Q_e de 30 a menos de 10 W/m^2 ; y una ganancia de calor por Q_t de -5 a -6 W/m^2 (Fig 2 c). Por otro lado, la tabla 1 muestra que casi todos los valores de Q_e y Q_t fueron positivos (excepto 3 en Q_t para el área de surgencias), pero el promedio total para cada uno fué de 140.92 y 14.86 W/m^2 .

En Yucpla, aún primavera, se observaron con frecuencia

vientos del este con aire cálido y húmedo. En la diagonal superior e inferior se observaron valores de $(T_s - T_a)$ de -1 a 0 y de 0 a -4°C siendo mayor el contraste en el área de surgencias (Fig 2d). La figura 2e muestra una notable disminución en la pérdida de calor por Q_e en la diagonal superior, comparándola con el lado oeste de Playuc (Fig 2b). En la diagonal superior se observaron dos intrusiones de Q_e (al oeste del Arrecife Alacranes) una hacia la costa y la otra alejándose de ésta, además al este de alacranes dos áreas de 100 a 40 W/m^2 y de 120 a un poco mas de 140 W/m^2 . También en la diagonal inferior se obsrva una intrusión de norte a sur (Fig. 2e). Similarmente a Playuc, el área de surgencias indicó una ganancia de calor por Q_t de -5 a más de -9 W/m^2 y de Q_e de condensación con $Q_e < 0\text{ W/m}^2$ (figs. 2e y f). Sobre tres áreas de la diagonal superior se marcaron más las variaciones diurnas de Q_t (Fig.2f). Por otro lado, en la tabal 1 se muestra en los valores negativos (Q_e y Q_t) la influencia de las surgencias y niebla, además de una gran disminución en los positivos en comparación a Playuc. También es interesante el balance que hay en Q_t . El promedio total de Q_e fué de 66.63 W/m^2 y de Q_t de 0.36 Wm^2 .

CONCLUSIONES

Durante Playuc los nortes moderados y las aguas superficiales dividieron el área de estudios en dos partes, este y oeste, marcadas principalmente por la línea $T_s = T_a$. El aire frío influyó más en el lado oeste y el superior este. En consecuencia

la pérdida de calor oceánico (enfriamientos) por Q_e y Q_t fué mucho mayor al oeste que en el este. El contraste diurno de Q_e se marcó más en tres áreas reducidas del lado este, con valores más altos durante la noche. En el área de las débiles surgencias y niebla se observó aire cálido y húmedo, reduciéndose la pérdida de calor por Q_e y una pequeña ganancia de calor Q_t de condensación. El promedio total de Q_e y Q_t fueron de 140.92 y 14.86 Wm^2 .

En Yucpla se observó la influencia de los vientos del este con aire cálido y húmedo. Dos líneas de $T_s = T_a$ dividieron diagonalmente el área de estudio, siendo en la mayor parte $T_s < T_a$. En la diagonal superior se observaron dos intrusiones de Q_e , una hacia la costa y otra alejándose; también en la inferior una de norte a sur. El área de surgencias y hacia la costa indicaron una ganancia de calor por Q_t y Q_e de condensación. En la diagonal superior se marcaron aún más los procesos diurnos de enfriamiento y calentamiento (pérdida y ganancia de calor), siendo notable la disminución del enfriamiento (Fig. 2f). Los promedios totales de Q_e y Q_t (66.63 y 0.36 Wm^2) fueron mucho menores que en Playuc.

Agradecimientos. A. Julián Méndez Martínez por los dibujos. A . José, A. Rivera Prieto y Oscar Güido Rodríguez en el procesamiento de datos. A la Dirección General de Oceanografía Naval por los recursos . Nuestro más sincero agradecimiento a la tripulación del buque oceanográfico Justo Sierra de la UNAM

LITERATURA CITADA

- Aldeco, J. y J. Hernández-Téllez, 1989. Estudio térmico de la columna de agua en un punto al norte de la Península de Yucatán a partir de tres períodos de muestreo durante 1988. Memorias de la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana. Cuernavaca, Mor., del 3 al 7 de noviembre de 1989.
- Aldeco J. y J. Ma. Sánchez-Juárez A., 1990. Detección de variaciones en la salinidad de un punto localizado al norte de Puerto Progreso, Yuc., a partir del análisis de Cluster de fito y de zooplankton. Memorias del VIII Congreso Nacional de Oceanografía. Mazatlán Sin., (21 al 23 de noviembre de 1990).
- Bunker, A. F., 1976. Computations of surface energy fluxes and annual air-sea interaction cycles of the North Atlantic Ocean. Mon. Wea. Rev. Vol 104: 1122-1140.
- Bunker A. F. 1979. trend of variables and energy fluxes over the Atlantic Ocean from 11948 to 1972. Mon.Wea. Rev. Vol. 108: 720-732.
- Blanc, T. V., 1985. Variations of bulk-derived surface flux, stability, and roughness results due to the use of different transfer coefficient schemes. Jour. Phys. Ocean. 15 (june): 650-669.
- Blanc T. V., 1987 Accuracy of bulk-method-determined flux, establiity and sea surface roughness. Jour. Geophys. Res. Vol. 92, No.C4, 3867-3876.
- Colón, J. A., 1963. Seasonal variations in heat flux from the sea surface to the atmosphere over the Caribbean Sea. Jour. Geophys. Res. Vol. 68 No. 5 (march): 1421-1430
- Deschamps, P. Y., and R. Frouin, 1984. Large diurnal heating of the sea surface observed by the HCMR experiment. Jour. Phys. Ocean. Vol. 14 (january): 177-184
- Espinoza, C.T.L., 1989. Biomasa fitoplanctónica y afloramiento en el Caribe Mexicano y la porción oriental de Banco de Campeche. Tesis Prof. en Biol. Esc. Nac. de Est. Prof. Ixtacala. UNAM, 121 Pag.
- Etter, C.P., 1976. A climatic heat budget study of the Gulf of México. ICCRA-II. Simposio sobre adelantos en las investigaciones marinas en el Caribe y regiones adyacentes. Caracas, Ve., del 12 al 16 de julio de 1976: 643-478.
- Etter C. P. 1983. Heat and freshwater budgets of the Gulf of México. Reprinted from Jour. Phys Ocean. Vo. 13, No. 11 (november): 2058-2069.

- Etter C. P. 1987. Heat and freshwater budgets of the Caribbean Sea with revised estimates for the Central American Seas. Reprinted from Jour. Phys. Ocean. Vol. 17, No. 8 (august): 1232-1248.
- Flores-Téllez, M.L.; y V. Villa Aguilar, 1984. Estimación de la productividad primaria en la plariforma de la Península de Yucatán (julio de 1984). Inv. Ocen./ F.Q., 3(3):156-194.
- Secretaría de Marina. D. G. O. N.
- González, C.O., 1975. Dependencia afloramiento y capturas y pronósticos a corto plazo en la región oriental del Banco de Campeche. Rev. Invest., INP. Vol. 1 (1); 3-35. Cuba.
- García C., 1976. Utilización del pronóstico de temperatura para las operaciones pesqueras en el norte del Banco de Campeche. Rev. Invest., INP. 2 (2): 126-132. Cuba
- Hastenrath, L. S., 1968. Estimates of the latent and sensible heat flux for the Caribbean Sea and the Gulf of México. Limnology Oceanographic, Vol. 13. 322-331.
- Hernández-Téllez y J. Aldeco, 1990a. Flujo superficial de calor latente y sensible en un punto al norte de la Península de Yucatán a partir de dos períodos de muestreo durante 1988. Memorias del VIII Congreso Nacional de Oceanografía. Mazatlán Sinaloa., del 21 al 23 de noviembre de 1990.
- Hernández-Téllez y Aldeco 1990b. Balance de calor en un punto al norte de la Península de Yucatán a partir de dos períodos de muestreo durante 1988. Memorias de la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana. Monterrey, N.L., del 12 al 15 de noviembre de 1990.
- Lavin, M. F. and S. Organista, 1988. Surface heat in the northern Gulf of California. Jour. Geophys. Res. Vol. 93, No. C11 (november): 14033-14038.
- López-Veneroni, D.F. Ramón Durón, y G. Aguilera Lozano, 1984. Condiciones hidrológicas en el norte de la Península de Yucatán en julio de 1984. Inv.: Ocean./F.Q., 3(3): 120-125.
- Secretaría de Marina, D. G. O. N.
- Nowlin, Jr. W. D., and C. A. Parker, 1974. Effects of a cold-air outbreak on shelf waters of the Gulf of México Jour. Phys. Ocean. Vol. 4 (july): 467-480.
- Ruiz R. F. G. 1979. Upwelling north of the Yucatán Peninsula. M. Sc. Thesis. Dept. of Oceanogr. Texas A & M. 85 pag.
- Simpon J. J., and C. A. Paulson., 1980. Small-scale sea surface temperature structure. Jour. Phys. Ocean. Vol. 10, March 399-410.



EFECTOS DEL ADELGAZAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO

Estudios recientes indican que los rayos ultravioleta del sol están empezando a afectar la cadena alimenticia en las inmediaciones del Antártico, pues las algas marinas están siendo particularmente afectadas por dicha radiación.

SISMO DE MAGNITUD 7.4 EN FALLA DE CALIFORNIA

El reciente evento sísmico de Yuca Valley en, California, EUA, que alcanzó una magnitud de 7.4, ocurrió en una falla que no estaba considerada como sísmicamente activa, la falla Emerson. Este aspecto seguramente llevará a replantear los conceptos de "Gap Sísmico" y los modelos estadísticos de estimación de riesgo. De hecho, el pasado diciembre, investigadores americanos publicaron un trabajo donde cuestionan fuertemente el uso de "Gap Sísmico" como elemento para pronóstico de eventos de gran magnitud.

Tabla 1. Resumen de los Flujos de Calor Latente (Q_e) y Sensible (Q_t) en W/m^2 por el Método Aerodinámico.

CRUCERO PLAYUC. 6-17/01/91				CRUCERO YUCPLA. 25/05/91 04/06/91			
FLUJOS (W/m^2)	VALORES 47	PROMEDIO	PROMEDIO TOTAL	FLUJOS (W/m^2)	VALORES 51	PROMEDIO	PROMEDIO TOTAL
Q_e .	47 POS. 0 NEG.	140.92	140.92	Q_e .	47 POS. 4 NEG.	72.79 -5.76	66.83
Q_t .	44 POS. 3 NEG.	15.70 -4.95	14.88	Q_t .	31 POS. 20 NEG.	4.06 -5.14	0.36
Q_e+Q_t			155.78	Q_e+Q_t			66.89

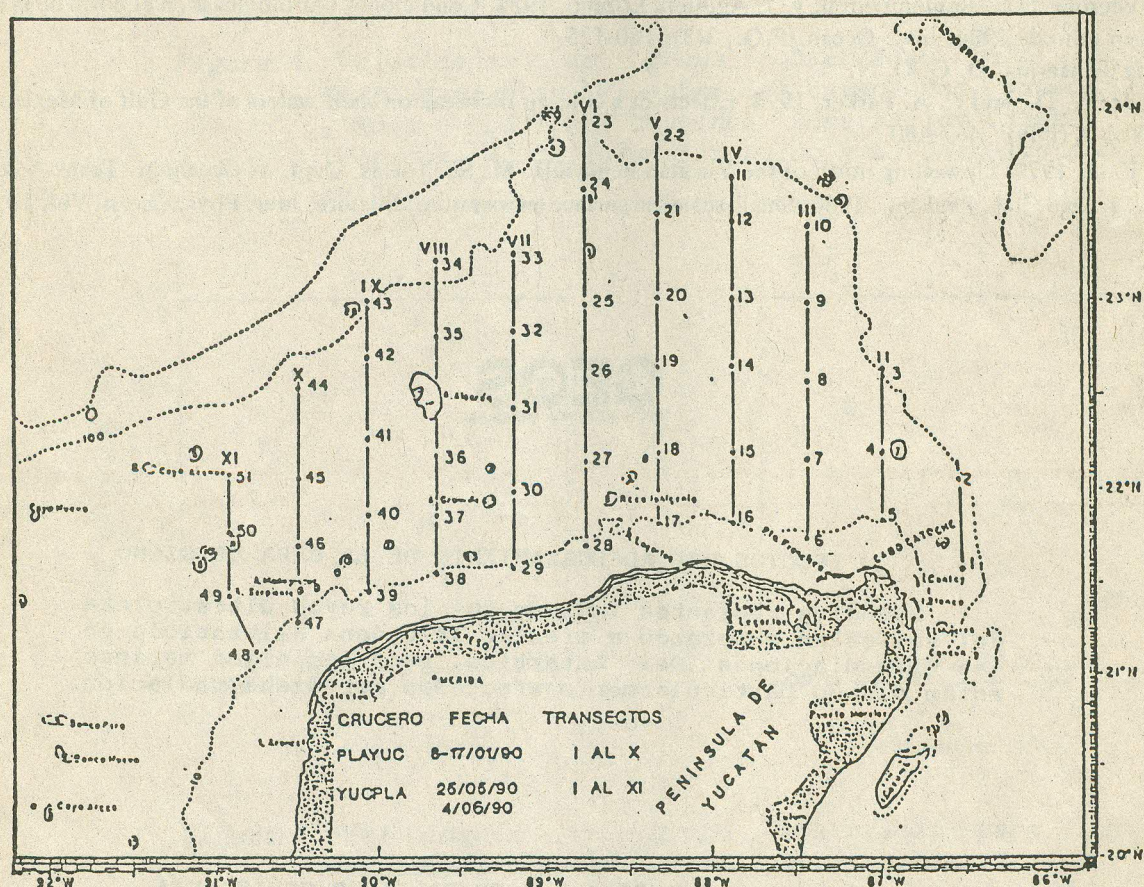


Fig.1 Area de estudio (Plataforma de Yucatán)

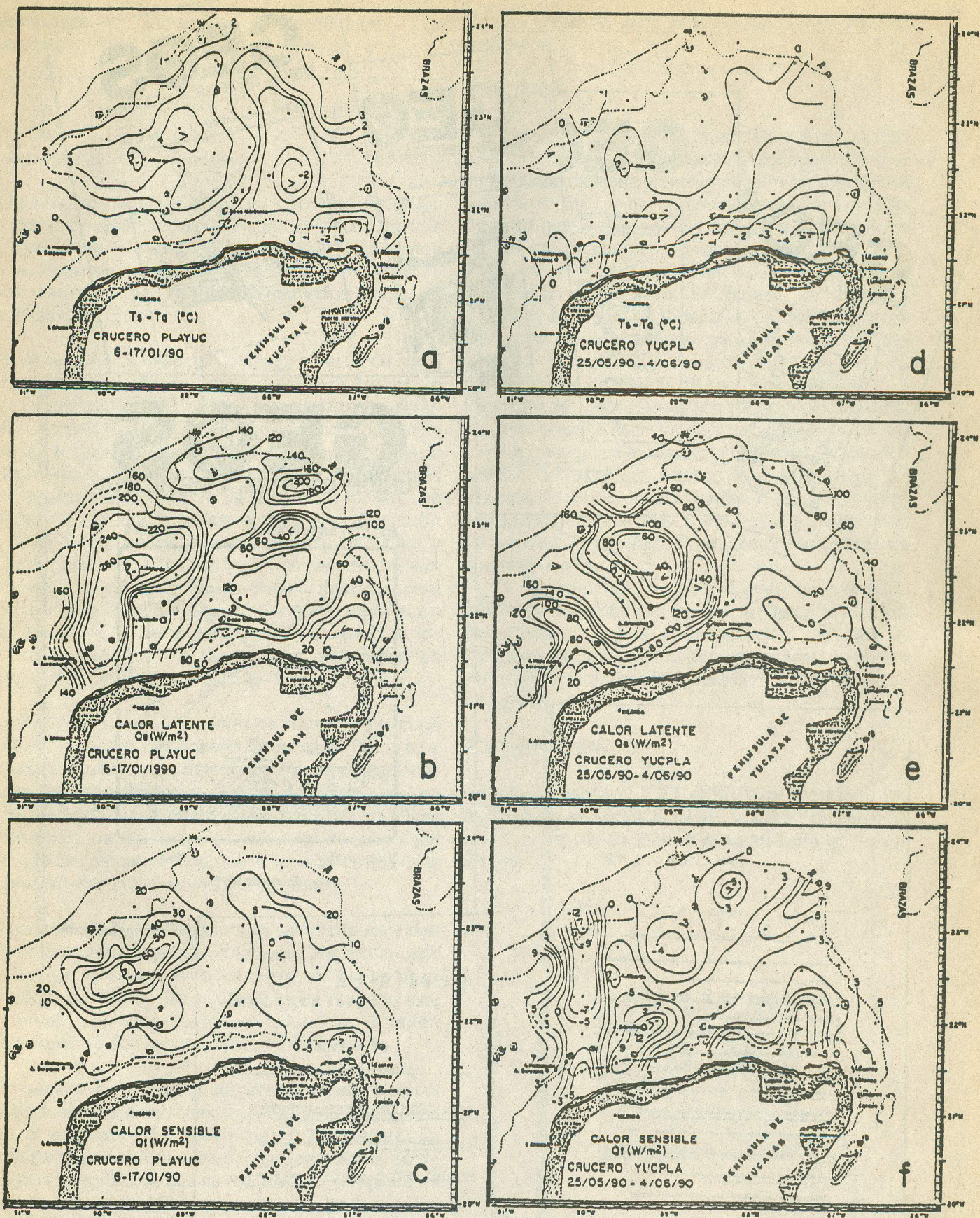
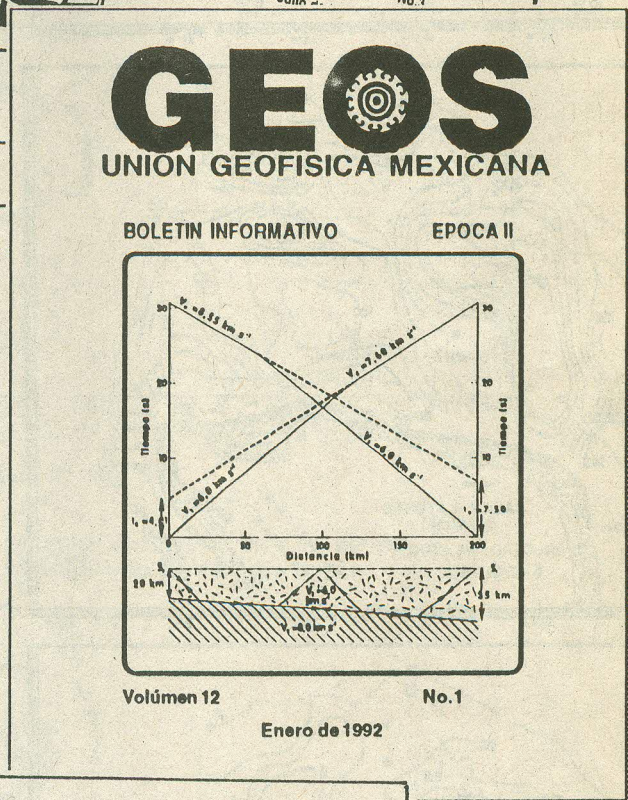
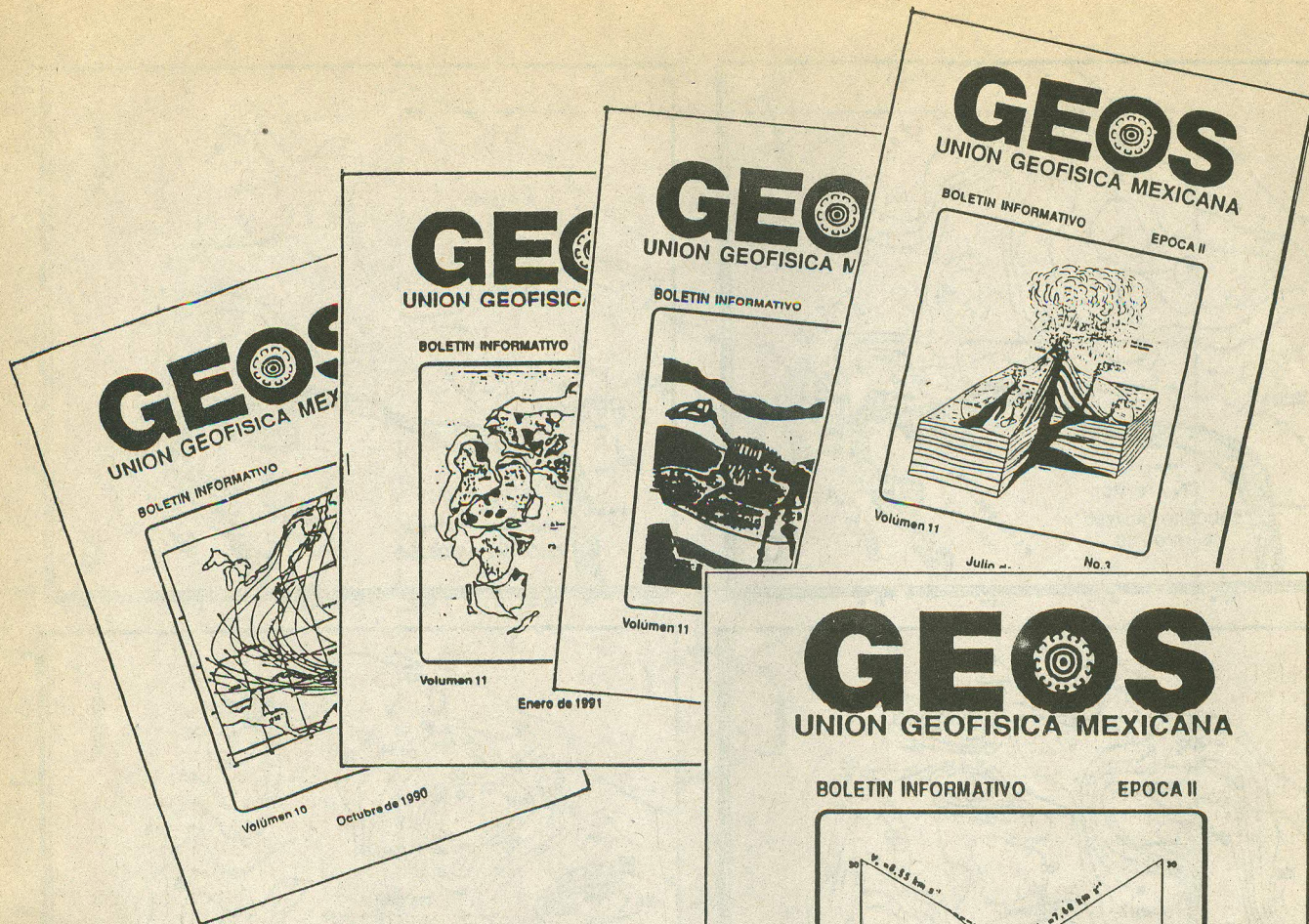


Fig. 2 Distribución horizontal de la diferencia de temperaturas del mar y el aire en °C, ($T_s - T_a$), calor latente (Q_e) y sensible (Q_t) en W/m² a, b y c para el crucero Playuc d, e y f para el crucero Yucpla



geofísica internacional

CONTENTS

Volume 31, 1, January-March 1992

Proceedings of the 2nd Latin American Conference on Space Geophysics (Caracas)

J. C. BODERER: The Earth's magnetosphere: an introduction	5
W. D. GONZALEZ, A. L. CLAJA DE GONZALEZ and B. T. YSUTAM: Ionospheric irregularities resulting during intense geomagnetic storms at solar minima	11
H. PEREZ DE TEJADA: Structures of the Venus ionosphere	19
J. F. VALDES-GALINDO: Ionospheric magnetic field fluctuations and the propagation of cosmic rays	29
B. MITCHELL and R. PEREZ ENRIQUEZ: Solar activity and "El Niño"	41
R. PEREZ ENRIQUEZ and H. DELBAND: Seismic particle acceleration by a random electric field in coronal loops	47
M. LANZAGORTA and S. BRAVO: Solar microwave bursts in milliseconds: Observations from Mexico City	51
P. MUKHERJEE and M. A. ARDU: Neptunian F-region plasma structure observed by radio in lower Langmuir and high frequency's emission profiles from Hainan, Brazil	59
E. G. COMBARI and M. STORNI: The response of Los Carlinos detectors to the 1990/91 CLE event	61
E. G. COMBARI, F. B. JENNINGS and M. STORNI: A neutron monitor on King George Island	75
L. LUIS MENDOZA, B. LAZO OLASABAL, E. ARAUJO PRADERE, Purificación Méndez Cebal and the electromagnetic core ionospheric drift (B1)	89
P. RIZLAZARA and A. M. PEREZ EZA: Mapping salinity in an oblique-sound coastal lagoon with M35 and TH Landus imagery	91

geofísica internacional

CONTENTS

Volume 32, 1, April-June 1993

G. MORA ALVAREZ, C. CABALLERO MIRANDA, J. URBISTIA FUCUGAL, CH and B. UCHIRAY: Ionospheric irregularities of volcanic activity in the lower of Los Cuervos, basin of Mexico: A preliminary study of the ionospheric study	61
N. F. HERNANDEZ-REYES and E. FERNANDEZ: Un tipo nuevo de actividad solar: la actividad solar de tipo 1.1	71
J. LUTIN-HIPP, A. PEREZ-VEGA, M. RUIZ-SALAS: Formación de plasma en la ionosfera del tipo 1.1 de origen de la actividad de México	87
N. HEDZELSH: Servicio hidrográfico y estado del valle de Chetum, México	97
J. J. CAMPOS-ENRIQUEZ, J. D. CAMPOS-ENRIQUEZ, J. URBISTIA-FUCUGAL, CH and B. UCHIRAY: Variación de la actividad solar: un estudio de los efectos de la actividad solar en la ionosfera	107