

La estructura termosalina vertical por zonas geográficas, en aguas cubanas

Autores: IDA MITRANI ARENAL, OSCAR DÍAZ RODRÍGUEZ

Centro de Física de la Atmósfera. Instituto de Meteorología. E-mail: finubes@met.inf.cu

Resumen.

Se presentan una caracterización general de la estructura termosalina de la capa activa oceánica por zonas geográfica, a partir de los datos hidrometeorológicos recopilados en 37 cruceros realizados en los mares cercanos a Cuba en 1966-1993, por especialistas del Centro de Investigaciones Pesqueras y del Instituto de Meteorología, a distancias de hasta 200 Km de la línea costera. Las observaciones incluyen datos meteorológicos y oceánicos. Se incorporaron además los datos recopilados en la zona de estudio durante la expedición internacional ECAC-3 del 2001. Se determinaron las siguientes características de la capa activa oceánica: a) Espesor de la capa homogénea c) Máximo de salinidad y profundidad de localización, c) Profundidad de localización de la isoterma de 26 °C, d) Frontera inferior de la capa activa e) Tipo de termoclina, según su gradiente. Los resultados obtenidos se ilustran con figuras y tablas. A modo de conclusión general, se establece que la estructura de la capa activa en los mares cercanos a Cuba responde a los patrones correspondientes a las aguas tropicales, acorde con la bibliografía consultada, pero la capa isotérmica es más profunda sobre todo en la mitad fría del año. La estructura termosalina durante los meses de temporada ciclónica, siempre es favorable el desarrollo de los ciclones tropicales. Por otra parte, las capas isotérmica e isosalina en general presentan características semejantes a las observadas en las aguas superficiales de las corrientes Ecuatoriales del Atlántico.

Introducción

El presente texto muestra una caracterización de la estructura termosalina vertical y las masas de agua en los mares aledaños a Cuba, mediante la utilización de datos hidrometeorológicos obtenidos en expediciones de buques.

La actualidad del tema abordado se refleja no solo en la importancia de la influencia del océano en el estado del tiempo sobre Cuba, sino también en el gran interés que ha despertado entre los científicos los posibles cambios que pueden ocurrir en la temperatura planetaria, debido a las fuerzas de la naturaleza, y a la influencia de la actividad humana (IPCC, 1996). Por tales motivos, se está prestando gran atención a las fluctuaciones a largo plazo de la temperatura de la superficie marina y de aguas profundas, asumiendo otra manera de evaluar el cambio climático apoyado en las mediciones de temperatura en aguas sub - superficiales y profundas para decantar el efecto de las oscilaciones anuales por la interacción del océano y la atmósfera ((Barnett 1980, 1984; Antonov,1990). En estas investigaciones son de gran utilidad todas las observaciones oceánicas disponibles (WMO, 1995a). Por otra parte, para el

estudio de los ciclones tropicales, se incluye entre los temas priorizados la profundización en el conocimiento del estado de la superficie marina y de la capa isotérmica, como uno de los factores decisivos en la existencia de estos organismos (WMO, 1995b).

Existen estudios integrales de capa activa en los mares cercanos a Cuba, elaborados con datos de expediciones oceanográficas. Entre los más importantes se tienen las realizadas por colaboración Cubano - Rusa a bordo de buques de investigación en 1979 y 1981 (Moreno et al. 1982, 1985; Mitrani et al. 1985) y las de colaboración Cubano - Mexicana entre 1989 y 1990 (Gallegos et al. 1998), pero estos trabajos presentan la limitación de que cuentan con datos de uno a tres cruceros, lo cual limita la visión temporal que se pudiera tener del tema tratado. En la presente investigación, se incluyen datos de hasta 38 expediciones entre 1966 y 2001, lo cual permitió abordar el problema de una manera más completa.

El área de estudio se localiza entre los 87° y 73°W y entre los 25°y 18°N (Figura 1). Se utilizó la base de datos HIDROMET, conservada en soporte magnético y elaborada en 1994 por los especialistas del Instituto de Meteorología Isidro Salas García, Jesús Dole Chávez e Ida Mitrani Arenal, y por Benigno

Hernández de la Torre, del Centro de Investigaciones Pesqueras. Se recopilaron los datos hidrometeorológicos procedentes de 37 cruceros realizados en los mares cercanos a Cuba desde 1967 hasta 1993, por especialistas del Centro de Investigaciones Pesqueras, del Instituto de Oceanología y del Instituto de Meteorología a distancias de hasta 200 Km de la línea costera, en ocasiones con la colaboración de especialistas de la ex URSS (Hidromet, 1994), incluyéndose además los resultados de la expedición Yuca II y de la multinacional ECAC-3 a bordo del buque mexicano "Justo Sierra", para un total de 38 expediciones. Las observaciones incluyen datos meteorológicos: velocidad y dirección del viento, temperatura del aire, humedad y presión atmosférica y datos oceánicos: Temperatura y salinidad en los horizontes estándar de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000 y 1200 m según lo recomendado por las normas estatales soviéticas para océano abierto y mares profundos (Deriugin y Stepaniuk, 1974).

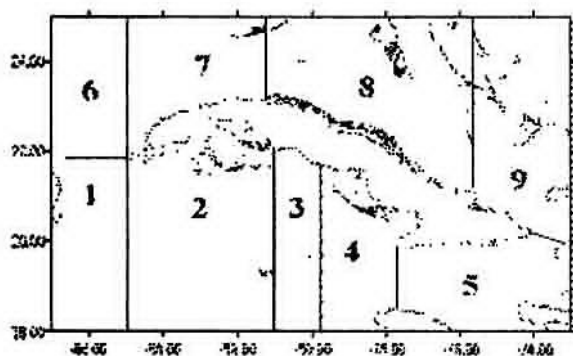


Fig. 1. Área de estudio y zonas de promediación de los perfiles verticales de salinidad y temperatura

1. Estructura Termosalina Vertical Por Zonas

Con el fin de ilustrar las particularidades espaciales y temporales de la estructura vertical termosalina para las aguas que rodean a Cuba, se obtuvieron los perfiles verticales promediados por bimestres y por zonas, cuya clasificación se realizó acorde con las particularidades batimétricas de las aguas que rodean a Cuba. En total se diferenciaron nueve zonas (Figura 1)

Por los datos elaborados, en el área de estudio la temperatura de la superficie marina oscila como promedio durante el año entre 25° y 30°C, con los mínimos en el mes de febrero y los máximos en el mes de septiembre. Los valores extremos de mínimos se aprecian en la zona del Golfo de México con 24°C y de máximos hasta 31°C hacia las costas Caribeñas de Cuba. Se encontraron los máximos sobre aguas

profundas en la zona del Golfo Casilda - Cazonos y sur de Isla de la Juventud, hacia el área central y norte del Caribe en correspondencia con lo señalado anteriormente por Sukhoviei (1980) y con los datos de GOSTA (1990).

La estructura vertical de la capa activa presenta oscilaciones a corto plazo del orden de 6 a 12 horas. Aunque a veces este ritmo se rompe, no se aleja más de dos horas y las oscilaciones se presentan con periodos entre 4 y 10 horas. En este caso, el espesor de la capa mezclada puede presentar amplitudes muy grandes: en pocas horas la capa isotérmica puede disminuir desde 100 m hasta menos de 5 m y viceversa sin ninguna correspondencia aparente con el curso del viento local, la temperatura del aire o de la superficie marina (Figura 2).

La capa isotérmica es menor en verano, con mínimos de profundidad en los meses de junio - agosto (entre 10 y 50 m como promedio). Pero el calentamiento radiativo actúa durante estos meses de verano e incrementa el espesor de esta capa, de manera que en septiembre - octubre se profundiza hasta 80 - 100 m, presentándose las condiciones térmicas más favorables para la formación y desarrollo de los ciclones tropicales. Ya en el mes de diciembre comienza a aparecer la mezcla convectiva; el enfriamiento superficial produce un aumento de la densidad de las aguas, generando la mezcla por convección, con sumersión de las aguas superficiales. Además, se acelera la mezcla por turbulencia con el aumento de la intensidad del viento al paso de los frentes fríos. El máximo espesor se presenta en los bimestres de enero-febrero y marzo-abril (entre 60 y 150 m), al agudizarse las condiciones invernales.

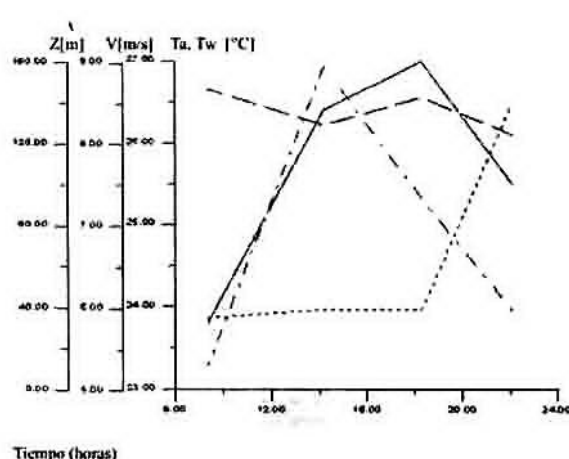


Fig. 2 Ejemplo de variación temporal a corto plazo del espesor de la capa isotérmica (.....), la velocidad del viento (....), la temperatura del aire (___) y de la superficie marina (-.-). Corresponde al 31 de octubre de 1988, con datos tomados en el buque "Ulises" en el Golfo de Casilda - Cazonos

A modo de ejemplo, en las Figuras 3 y 4 se muestran los perfiles característicos para el primer y el tercer bimestre del año. Se han observado los mayores espesores de la capa isotérmica en el sur de la Isla de la Juventud, en el Estrecho de la Florida y en el Canal de Yucatán, es decir hacia el entorno de la mitad occidental de Cuba según se aprecia en estas figuras.

La isoterma de 26°C muestra su mínima profundidad en enero y febrero, respondiendo al curso anual de la temperatura superficial. El máximo de hasta 150 m, se ha observado en octubre, seguido de los meses de septiembre y noviembre. Esto coincide con la intensificación de la actividad ciclónica en esta época del año (ver Figuras 3 y 4).

El perfil de salinidad con alguna frecuencia muestra una capa isosalina de varias decenas de metros y un posterior aumento de salinidad en las aguas subsuperficiales. El máximo de salinidad, con muy poca variación temporal y espacial, presenta valores de 36,7ppt a 36,8ppt y por lo general se localiza entre los 150 y 200 m de profundidad (Figuras 3 y 4). Comparando el estado del tiempo a escala local con las variaciones del espesor de la capa isosalina, se notó que esporádicamente, en presencia de lluvia, la salinidad en la columna disminuye y el máximo emerge hasta 30 - 50 m con valores de 36,3 ppt. En ocasiones, el máximo absoluto de 36,9 ppt se localiza en la propia superficie oceánica. Según se observa en las Figuras 3 y 4, lo más frecuente es que la capa isosalina presente un espesor comparable o menor que el de la capa isotérmica. De hecho, las figuras muestran que la capa isosalina solo es más profunda que la isotérmica sobre el Estrecho de la Florida en los meses invernales. Esto es muy significativo, porque en general el hecho de que la frontera inferior de la capa isotérmica se localice a mayor profundidad, que de la isosalina, solo se planteaba para medias y altas latitudes. Sin embargo, ya la existencia de esta particularidad ha sido demostrada para bajas latitudes del Atlántico, en la zona de confluencia de las corrientes Ecuatoriales que penetran en los mares Interamericanos (Sprintall y Tomczak, 1990). Al parecer, esta característica se transporta por el mar Caribe hasta las costas de Cuba y se pierde en alguna medida en el Estrecho de la Florida, donde la influencia de las corrientes Ecuatoriales disminuye.

A partir de los datos de temperatura, salinidad y profundidad se calculó la densidad convencional por la fórmula de Knudsen. La capa isopícnica presenta una variabilidad parecida a la isotérmica, pero con la salvedad de que su espesor con frecuencia es menor y esta diferencia puede ser de hasta cinco decenas de

metros. Esto indica que la distribución vertical de la temperatura no siempre es la principal determinante en la distribución de la densidad del agua y por tanto, en la intensidad de la mezcla, sino que hay gran influencia de la salinidad, la cual con frecuencia limita el alcance del mezclamiento vertical, al ser la capa isosalina de menor espesor.

Del análisis de todos los cruceros disponibles, se aprecia un estrato entre los 250 y 300 m de profundidad, con temperatura media de 17°C, que permanece prácticamente invariable durante todo el año. Esto indica que en este entorno debe localizarse la frontera inferior de la capa activa, que es el espesor donde se aprecia un marcado curso anual de los elementos hidrológicos en concordancia con los elementos meteorológicos; este criterio se corresponde con lo planteado por Mitrani et al. (1984), que la sitúa hasta los 250 m, coincidiendo con la frontera inferior de la masa de agua subsuperficial con características subtropicales (Mitrani y Díaz, 2001)

Se calculó el gradiente medio de la termoclina entre la frontera inferior de la capa casi-uniforme y los 500 m de profundidad, presentando el orden de 0,03 a 0,09°C, lo cual se corresponde con el concepto de "termoclina débil", descrito en la bibliografía especializada (Shamraev y Shishkina, 1988). La capa activa oceánica en los mares cercanos a Cuba responde al tipo "tropical", con la particularidad de que la capa uniforme es de mayor espesor como promedio, en discrepancia con lo planteado por otros autores para la zona (Shamraev y Shiskina 1988, Gallegos et al. 1998).

Conclusiones

La estructura termosalina vertical en las aguas adyacentes a Cuba responde al patrón tropical definido en la literatura especializada como "tropical", pero con las particularidades siguientes:

a) La capa isotérmica es más profunda que lo indicado en los patrones que aparecen en la bibliografía consultada y durante toda la temporada ciclónica su espesor y temperatura siempre es favorable al desarrollo de los ciclones tropicales, sobre todo en el entorno de la mitad occidental de Cuba.

b) El espesor de la capa isosalina con frecuencia es menor que el de la capa isotérmica. Esto frena en alguna medida la profundización de la mezcla y es una particularidad observada en la confluencia de las corrientes Ecuatoriales, que al parecer se transporta por el sur de las costas de Cuba. Solo en la mitad fría del año la capa isosalina es más profunda hacia el Estrecho de la Florida, donde el efecto de las corrientes Ecuatoriales se amortigua.

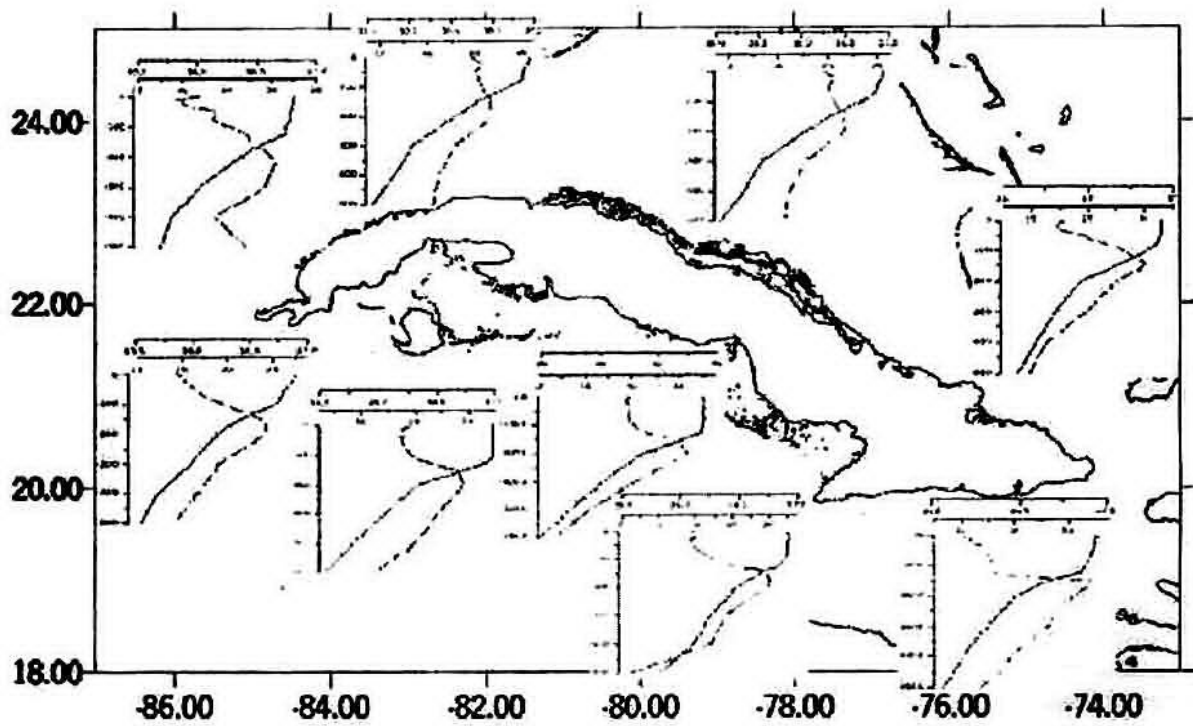


Fig. 3 Distribución vertical de la temperatura T en $^{\circ}\text{C}$ (—) y la salinidad S en ppt (---) en los mares cercanos a Cuba, característica del bimestre enero-febrero

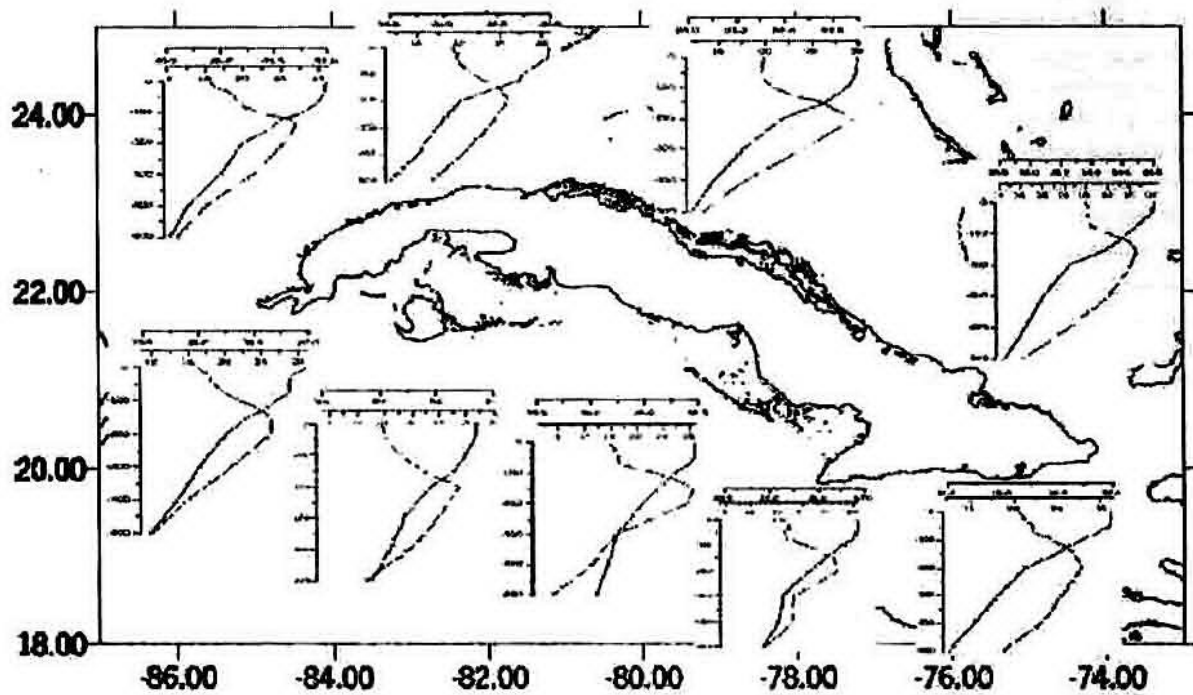


Fig. 4 Distribución vertical de la temperatura T en $^{\circ}\text{C}$ (—) y la salinidad S en ppt (---) en los mares cercanos a Cuba, característica del bimestre septiembre-octubre

Agradecimientos

Los autores del presente trabajo agradecemos el apoyo económico y científico recibido por parte de los proyectos "Experimento Climático en las Albercas de Agua Caliente de Las Américas" y "Aplicación de modelos numéricos de alta resolución en la simulación de la circulación atmosférica a escala local y regional en áreas del Caribe", dentro del PROYECTO CRN-073 : "Variabilidad climática y su impacto en regiones de México, América Central y el Caribe" en el cual obra como Investigador Principal el Dr. Víctor Magaña Rueda, especialista de CCA/UNAM, Mexico DF, así como del PNCT "El Cambio Global y el Medio Ambiente Cubano" y del proyecto "La capa activa oceánica en los mares adyacentes a Cuba y su posible enlace con el estado del tiempo y la variabilidad climática" dentro del PRCT "Análisis y Pronóstico del Tiempo y el Clima y sus implicaciones socio - económicas".

Bibliografía

Antonov D.I. (1990) "Variaciones climáticas actuales en la estructura térmica vertical de la parte norte del Atlántico y del Pacífico" (En ruso) Meteorología y Hidrología, No. 4, Guidrometeoizdat, Leningrado, 78:87

Barnett T. P. (1980) "El papel del océano en el sistema climático global" (En ruso), Izmeneniye Klimata, Guidrometeoizdat, Leningrado, 209:237

Barnett T. P. (1984) "Long-term trends in surface temperature over the oceans" _Mon. Wea. Rev., Vol. 112, N. 2, 303:312

Deriugin K.K y Stepaniuk I.A. (1974) Hidrometría Marina [en ruso] Leningrado, Guidrometeoizdat, 390 pp

Gallegos A., Victoria I., Zavala J., Fernández M., Pené I. (1998) "Hidrología de los estrechos del Mar Caribe Noroccidental" Rev. Inv. Mar. , Vol. 19, No. 1, 1:32

GOSTA (1990) "Global Ocean Surface Temperature Atlas" Joint Project of Braknell Meteorological Office and Massachusetts University" U.S.A., 31 pp.

IPCC (1996) Segunda Evaluación Cambio Climático - 1995. Informe del grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio Climático. OMM, UNEP, PNUMA, 71 pp

Levitus S. (1982) "Climatological Atlas of the World Ocean" National Oceanic and Atmospheric Professional Paper No.13, Rocsvile, Md. 173 pp

Mamaev O. I. (1970) TS - análisis de las aguas del océano mundial. [en ruso] Leningrado, Guidrometeoizdat, 363 pp.

Mitrani I., Moreno A., Padilla O. (1985) "Algunos datos acerca de la capa activa oceánica en la región noroccidental del Caribe" (En ruso), Tropicheskaya Meteorologiya, Guidrometeoizdat, Leningrado, 186:191

Moreno A., Mitrani I., Padilla O. (1985) "Análisis de los flujos de calor y humedad en la capa de interacción océano-atmósfera en la región noroccidental del mar Caribe" (En ruso), Tropicheskaya Meteorologiya, Guidrometeoizdat, 192:196

Mitrani I., O. Díaz (2001) "Estructura termosalina de la capa activa oceánica en los mares cercanos a Cuba y su influencia en la formación de los ciclones tropicales" [en prensa] Revista Cubana de Meteorología, Vol. 8, No.1, La Habana.

Sprintal J., Tomczak M. (1990) "Salinity considerations in the tropical surface mixed layer" Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter, No. 54, 1:5

Sukhoviy V. F. Korotalev G.K., N. B. Shapiro (1980) "Hidrología del Mar Caribe y Golfo de México" [en ruso] Leningrado, Guidrometeoizdat, 181 pp

Tablas Oceanográficas (1974) Leningrado, Guidrometeoizdat, 345 pp

WMO (1995a) WMO statement on the status of the global climate in 1995 WMO No. 838, Geneva, Switzerland, 11 pp

WMO (1995b) "Global perspective on tropical cyclones" WMO/TD No. 693. Geneva, Switzerland

ABSTRACT

A general characterization of the thermohaline structure of the oceanic active layer around Cuba is presented. The investigation was developed, using hydrometeorological data, gathered in 37 cruises during the period 1966-1993 by specialists from the Center of Fishing Investigations and the Institute of Meteorology at distances of until 200 Km from the coastal line.. The observations include meteorological and oceanic data. There were also incorporated the data, gathered in the study area during the international expedition ECAC-3 on 2001. The following characteristics of the oceanic active layer were determined: A) The homogeneous layer thickness B) Depth where the salinity maximum was observed C) Depth where the isotherm of 26 °C was localized, D) The active layer lower boundary E) Thermocline classification, according to its gradient. The final results are illustrated with figures and charts. As a conclusion, it is possible to show that the active layer structure in the seas around Cuba is in correspondence with the tropical water established patterns, according to the consulted bibliography, but the isothermal layer is deeper mainly in the cold half of the year. During the tropical cyclone season, the thermohaline vertical structure is always favorable for cyclogenesis. On the other hand, the isothermal and isohaline layers generally present similar characteristics to the observed in the superficial waters of the Atlantic Equatorial streams.

Palabras clave:

capa activa oceánica, estructura termosalina