

DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN EL PACIFICO ECUATORIAL ORIENTAL (1974-1976)



Por:

EDUARDO ZAMBRANO (1)

RESUMEN

Se discute la distribución de la temperatura superficial en el área comprendida entre 10°N y 10°S y desde la costa de América hasta los 107°W , en base de dos años de datos obtenidos por satélites ambientales. Se establecen dos secciones a lo largo de $82,5^{\circ}\text{W}$ y 100°W y se analiza la temperatura superficial en función de tiempo y espacio, observándose claramente un ciclo anual de calentamiento y enfriamiento en ambas secciones. El año 1975 se presentó como un año frío en comparación con el año anterior, mientras que en 1976 hubo claras evidencias de un flujo hacia el sur de aguas cálidas con temperaturas superiores a los 27°C , asociadas con el fenómeno de El Niño.

El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) en virtud de un convenio de trabajo firmado con el Inter-American Geodetic Survey (IAGS), posee desde Mayo de 1974 datos de temperatura superficial del mar tomados por satélites ambientales administrados por el National Environmental Satellite Service (NESS) de los Estados Unidos.

En el presente trabajo no se discute la precisión de los datos obtenidos por satélites, sino que se aprovecha la oportunidad que brinda esta poderosa herramienta de trabajo al poder mapear extensas áreas del Océano de manera casi-sinóptica, lo que hasta hace poco tiempo era algo menos que imposible y la poca información recogida era proporcionada por buques mercantes que ocasionalmente cruzaban la región o por campañas oceanográficas organizadas para el efecto.

Se reportan los resultados de dos años de información Mayo de 1974-Mayo de 1976, de tal manera que se puedan observar los cambios y distribución en tiempo y espacio de las características térmica superficial del océano y comparar su evolución tempor-espacial entre las secciones longitudinales de $82,5^{\circ}\text{W}$ y 100°W y desde los 7°N y 10°N respectivamente hasta 10°S para ambas secciones.

Los datos (en grados centígrados) se reciben semanalmente, con una densidad de nueve (9) datos por cada grado geográfico cuadrado (un dato por cada $1/2$ grado de latitud o longitud). En base de estos datos se han confeccionado gráficos semanales y medias mensuales, en los que se presentan las isotermas trazadas para cada grado centígrado, en el área comprendida entre los 10°N y 10°S y desde la costa occidental de América hasta los 107°W . A fin de evaluar las variaciones en tiempo de la temperatura superficial, se han escogido dos secciones longitudinales a lo largo de $82,5^{\circ}\text{W}$ y 100°W por considerarlas representativas de las variaciones que ocurren frente a las costas de América, como al Oeste de las Islas Galápagos respectivamente; además la sección en $82,5^{\circ}\text{W}$ es una de las secciones que rutinariamente ha sido muestreada durante los cruceros de investigación realizados por INOCAR.

EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA TERMICA SUPERFICIAL

Una de las características más sobresalientes en la región es la presencia del frente ecuatorial, el mismo que durante el verano austral desaparece o se desplaza hacia el sur, siendo la región invadida al norte y al oeste por aguas cálidas orientándose las isotermas en forma de bandas paralelas a la

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. División de Oceanografía Física.

costa. En Mayo de 1974 se presentó en la esquina noroeste aguas con temperaturas superior a los 27°C, mientras al sur frente al Perú la temperatura fue de 22°C (fig. 1). Al final del invierno del hemisferio sur, la distribución de la temperatura superficial es totalmente diferente; la corriente costera del Perú se encuentra bien desarrollada presentándose como una lengua de agua fría frente a Talara, girando luego hacia las islas Galápagos. Durante Octubre de 1974 (fig. 2) la lengua de 18°C cubre toda el área costera al sur del Golfo de Guayaquil; al norte de 0° la temperatura aumenta como es típico en la región hasta alcanzar los 25°C frente a Panamá. Una lengua de 25°C centrada entre los 0° y 3°N penetra en la región al oeste de 100°W, probablemente asociada con la contra corriente ecuatorial. El frente ecuatorial se localizó inmediatamente al sur de 0° bien estructurado y formado hasta por 5 isotermas.

En Abril del año siguiente (fig. 3) la distribución de la temperatura superficial fue muy distinta a la observada en Mayo de 1974, y así tenemos que con relación a Mayo último, la temperatura en la esquina noroeste fue 1.5°C más alta mientras que al sur de los 0° frente a las costas ecuatorianas las aguas fueron hasta 2°C más frías como consecuencia de un débil flujo hacia el norte de las aguas de la corriente costera del Perú. Entre las islas Galápagos y Esmeraldas se proyectó un flujo de aguas cálidas hacia el sur representada por el plegamiento de la isoterma de 25°C que sin embargo no afectaron las costas peruanas donde la temperatura fue algo menor que 22°C, mientras que al oeste de 85°W se ubicó una lengua de agua con temperatura superior a los 26°C provenientes del sur. A partir de este mes se inicia un acelerado proceso de enfriamiento en toda la región, retirándose las aguas cálidas y frente al Perú se observa un descenso de la temperatura como consecuencia de los afloramientos costeros, al igual que se restablece el frente ecuatorial. Este enfriamiento es máximo en Octubre (fig. 4) presentándose frente a Talara un gran núcleo menor de 17°C encontrándose toda la costa peruana cubierta por la isoterma de 18°C mostrando evidencia de un fuerte flujo hacia el noroeste de la corriente costera del Perú. Al norte del frente ecuatorial la temperatura se incrementa hasta alcanzar los 26°C al noroeste. El avance hacia el este de la lengua de agua centrada entre los 0,5°S y 1,5°N rebasa los 90°W donde parte de esta se dirige al sur hasta los 4°S, manifestándose este flujo mucho más intenso ahora que en Octubre de 1974 además la temperatura en toda la región es 1°C menor que en Octubre anterior.

En Abril de 1976 (fig. 5) ocurren cambios drásticos en la distribución térmica superficial, pues ahora no se observan las aguas con temperatura relativamente baja como fue observado en Mayo de 1975 frente a las costas de Ecuador, además toda la región estuvo ocupada por aguas muy cálidas notándose claramente el avance de aguas cálidas con temperaturas superiores a los 27°C hacia el sur de 0°, algo que en los años 1974 y 1975 no se había mostrado tan evidente como ahora; también al sur se observó un avance hacia el norte de aguas con igual temperaturas, replegando a las isotermas en forma de bandas paralelas a la costa. Toda la región exhibió temperaturas alrededor de 2°C más alta que Abril de 1975, mostrando esta estructura están relacionado con la ocurrencia de "El Niño", sin embargo junto a la costa se ubicó una angosta franja de agua con temperatura inferior a los 24°C lo que muestra que probablemente "El Niño" de 1976 no ejerció mayor influencia en las aguas próximas a la costa, esta distribución permaneció igual hasta fines de Mayo que cubre el presente trabajo.

VARIACIONES LATITUDINALES DE LAS TEMPERATURAS

La distribución de la temperatura en función del tiempo a lo largo de las secciones de 82,5°W y 100°W (figs. 6 y 7) muestra claramente y de acuerdo a lo expresado por Wyrski (1977) la presencia de un ciclo anual, de calentamiento de Noviembre a Abril de enfriamiento de Junio a Septiembre. En la presente distribución estos rangos se cumplen para las latitudes al sur del Ecuador, pues hacia el norte el ciclo anual de calentamiento es de Diciembre a Abril y la de enfriamiento de Mayo a Septiembre, lo que pone de manifiesto que al sur del Ecuador la estación de calentamiento se inició un mes antes que en el lado norte, mientras que la época de enfriamiento se inicia un mes después. Al sur del Ecuador en ambas secciones se producen las mayores variaciones térmicas de hasta

6°C entre estación cálida y fría; hacia el norte de 0° en la sección de 82,5° W esta variación es de 3 a 4°C mientras que en 100°W. Las variaciones es en el orden de 4 a 5°C. En 1974 los meses de Septiembre y Octubre para la sección ubicada en 82,5°W constituyeron los meses de menor temperatura, ubicándose al sur de 2°S un núcleo de aguas frías con temperatura inferior a 18°C, mientras que al norte de 1°N se ubicaron aguas 5°C más cálidas, algo similar ocurrió en la sección ubicada en 100°W pero esta vez el núcleo de agua fría al sur de 0° se presentó 30 días más tarde y fue 2°C más cálida, igualmente en 4°N se presentó un gran núcleo de aguas con temperatura de 24°C. La época de calentamiento en la sección de 82,5°W se inicia lentamente a mediados de Noviembre de 1974 acelerándose a fines del mes siguiente y es a fines de Enero de 1975 que hacen su aparición por el norte aguas con temperatura superior a los 27°C forzando a la isoterma de 26°C en el mes de Marzo a ocupar su posición más sureña (3°N); por el sur también se observa la penetración de aguas cálidas con temperatura superior a 24°C que alcanzan los 8°C.

En lo referente a la sección ubicada en 100°W se presentó básicamente el mismo patrón de distribución térmica, eso si mostrando el ciclo de calentamiento anual desplazado hacia Enero y en términos generales la temperatura fue 2°C más alta que en la otra sección.

Junio de 1975 es para la sección de 82,5°W el inicio de un nuevo ciclo de enfriamiento, siendo esta vez más intenso que el del año anterior culminado a fines de Octubre con la presencia de aguas con temperatura inferior a 17°C en 5°S, al igual que por el norte de 0° estuvo presente un pequeño núcleo de 22°C siendo la temperatura en toda la región 1°C menos que en la época de enfriamiento anterior como consecuencia directa de la intensificación de la corriente costera del Perú. Este período de invasión de aguas frías se prolonga hasta mediados de Diciembre, donde se inicia un rápido proceso de calentamiento en toda la región que culmina en Abril de 1976 con la presencia de aguas con temperatura superior a 25°C tanto al sur de 8°S como también al norte de 4°S, presentando un calentamiento mucho mayor que en años anteriores, pues si seguimos la evolución de la isoterma de 25°C se puede ver que para la sección en 82,5°W para 1974 su posición era en 0° y en 1975 no alcanzaba los 0° para el mes de Abril sin embargo en 1976 se encontraba ubicada a 4°S mostrando un obvio calentamiento relacionado con un "El Niño". Este calentamiento era generalizado para toda la región, presentando la sección ubicada en 100°W una lengua de agua con temperatura mayor de 29°C durante todo el mes de Abril, que alcanzaba los 6°N. Por el sur también se observó una invasión hacia el norte de aguas de 27°C llegando hasta los 2°S. El calentamiento de 1976 fue superior a los observados en años anteriores tal como muestra la figura 8 que presenta la temperatura media mensual para ambas secciones, además en años anteriores la sección en 100°W fue 1,8°C más cálida que la sección de 82,5°W, ahora esta diferencia es mínima lo cual indica que toda la región presentaba un calentamiento más o menos uniforme.

CONCLUSIONES

En relación a lo anteriormente expuesto se llega a concluir de que ambas secciones muestran un ciclo anual de calentamiento y enfriamiento claramente definidos como lo muestra la figura 8 donde se presentan los promedios mensuales para cada sección, notándose que la sección ubicada a lo largo de 100°W fue en términos generales 1,8°C más alta con respecto a la otra. Todos los meses mostraron una diferencia mayor al valor indicado (1,8°C) con excepción de Enero y Febrero de 1975 y de Diciembre de 1976 que estuvieron por debajo de este valor como consecuencia directa de la invasión de aguas cálidas en la región. La distribución de la temperatura superficial en función del tiempo fue muy similar para ambas secciones, aunque la sección en 100°W mostró un desplazamiento en la escala de tiempo (30 días) con respecto a la otra sección.

El período de enfriamiento de 1975 fue mucho mayor en la escala de tiempo y espacio en comparación con el período del año anterior, causado este por un fuerte flujo hacia el norte de aguas frías de la corriente costera del Perú; luego el año siguiente la región se presentó anormalmente cálida exhibiendo temperaturas superiores hasta en 2°C en comparación con los años anteriores.

Considero que los datos proporcionados por satélites ambientales son de gran utilidad para el estudio de procesos oceánicos de gran escala como el fenómeno de El Niño; si bien es cierto que los datos obtenidos por satélites no tienen la precisión deseada por el momento, tal como la manifestó Wyrski et-al (1976) al mostrar serias discrepancias entre los datos obtenidos por satélites y los de la expedición El Niño, también es cierto que dada la frecuencia semanal con que se reciben los datos, se puede seguir paso a paso los patrones generales de los cambios en la estructura térmica superficial e intentar efectuar evaluaciones cualitativas de estos cambios.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento al Director del Instituto Oceanográfico de la Armada y en particular a la Jefatura de Ciencias del Mar por haber hecho posible la realización del presente trabajo. También quiero dejar constancia de mi reconocimiento al M.S. Jorge Calderón por sus críticas y sugerencias en la elaboración del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Aldunate, R y H. Sievers, 1977** Comparación de temperatura Superficiales del Mar obtenidos por Sensores Remotos y Observaciones desde buques (Septiembre y Noviembre 1.975) *Cienc. y Tec. del Mar*, CONA 3:43-56.
- Vargas C. y J. Quispe, 1975** Variaciones térmicas Superficiales del Pacífico Sur Oriental (Mayo 74 - Mayo 75). Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina Perú-Callao.
- Vargas, C. y J. Quispe, 1977** Variaciones térmicas Superficiales del Pacífico Sur Oriental (Junio 75 - Septiembre 77). Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina Perú-Callao
- Wyrcki, K. 1964** The termal Structure of the Easter Pacific Ocean. *Deutsches Hydrogra Inst. Erganzungsheft*, A(8), Nr. 6, 84 pp.
- Wyrcki, K., E. Stroup, et Al 1976** Predicting and Observing El Niño. *Science* Vol. 191, No. 4225, No. 4225. 343-346 pp.
- Wyrcki, K., 1977** Advection in the Peru Current as Observed by Satellite. *J. Geophy. Res.*, Vol.82, No.27 pp.3939-3943.
- Wooster W. and H. Sievers 1970** Seasonal Variations of temperature, Drift and Heat exchange in surface waters off the west coast of South America. *Limnol. Oceanogr.* Vol.15, No.4. 595-605 pp.
- Zuta, S. y W. Urquizo, 1972** Temperatura Promedio de la Superficie del Mar Frente a la Costa Peruana, Período 1928-1969. *Inst. Mar Perú- Callao, Bol.*, Vol. 8 No.5, pp. 459-520.

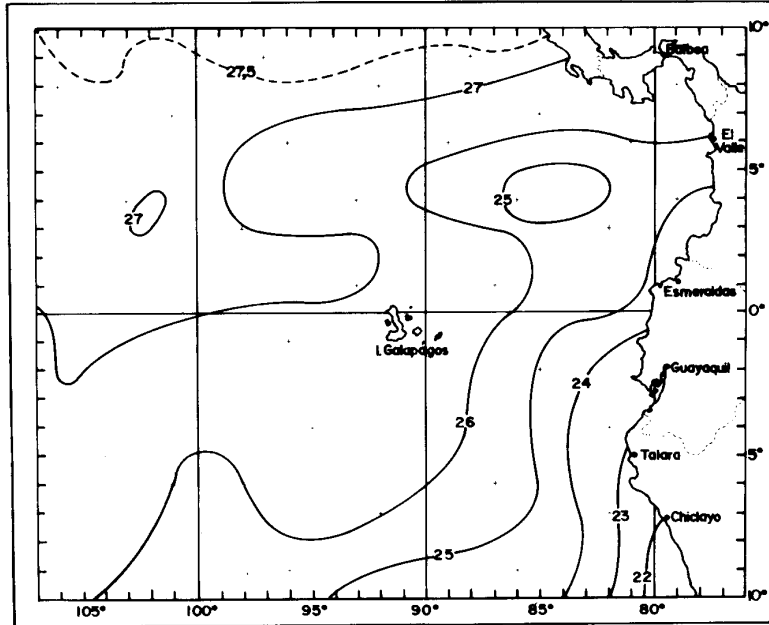


Fig. 1. Temperatura superficial correspondiente a Mayo de 1974

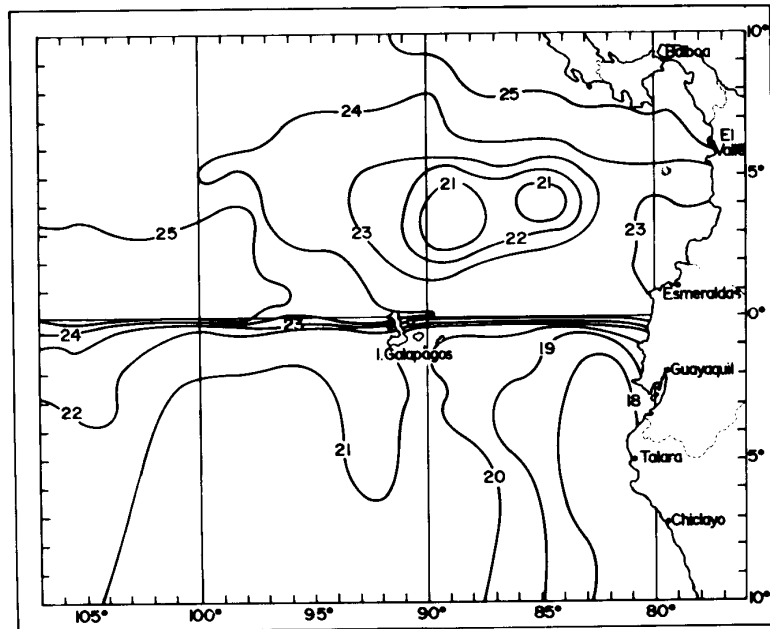


Fig. 2. Temperatura superficial correspondiente a Octubre de 1974

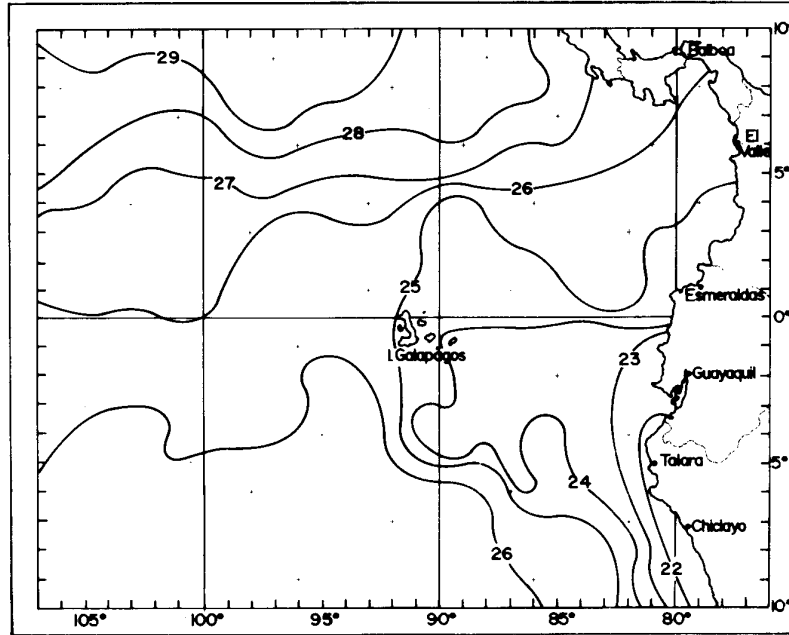


Fig. 3. Temperatura superficial correspondiente a Abril de 1975

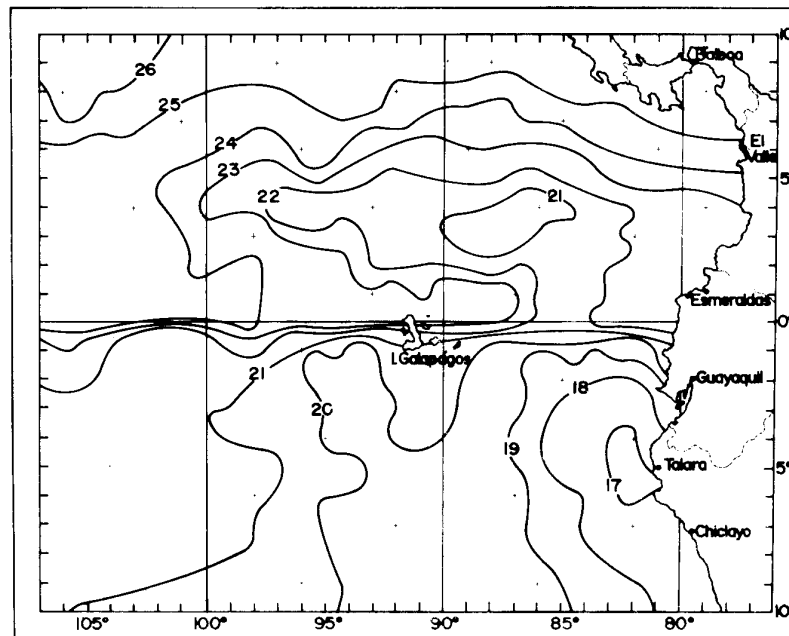


Fig. 4. Temperatura superficial correspondiente a Octubre de 1975

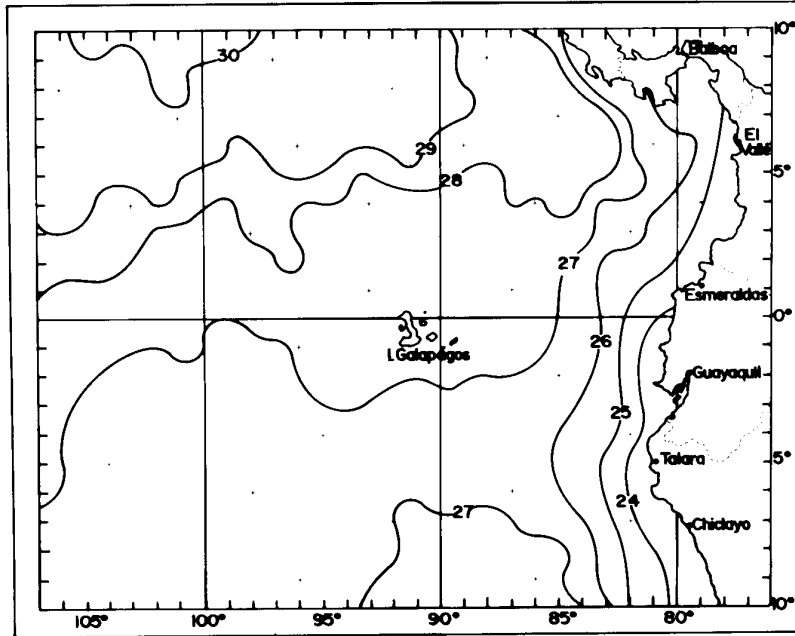


Fig. 5. Temperatura superficial correspondiente a Abril de 1976

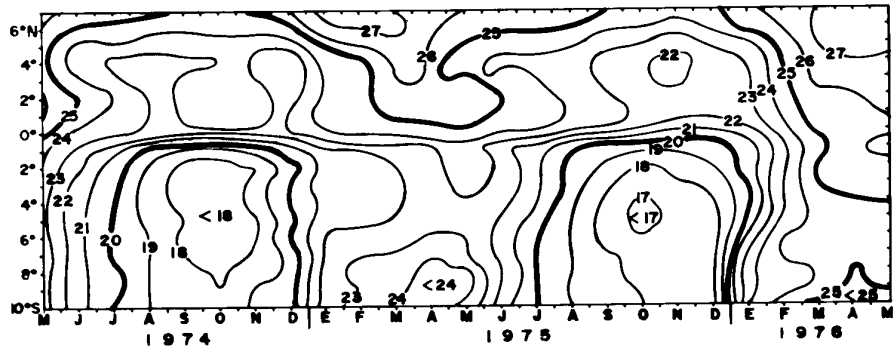


Fig. 6. Evolución del patrón de temperatura superficial a lo largo de 82.5°W en función de espacio y tiempo

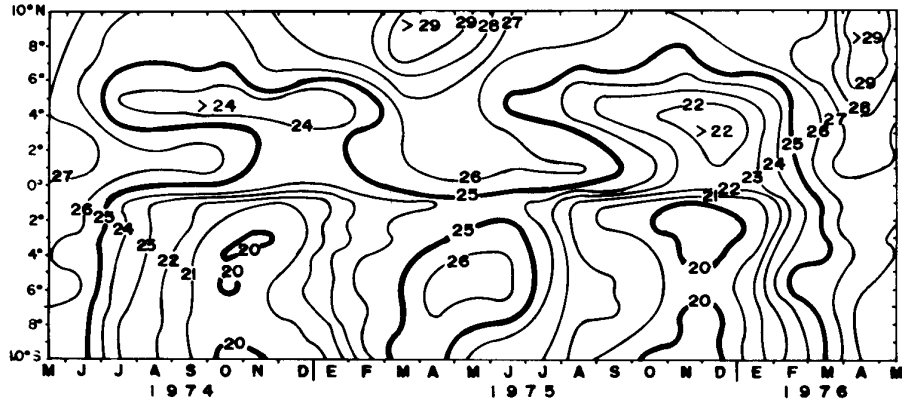


Fig. 7. Evolución del patrón de temperatura superficial a lo largo de 100°W en función de espacio y tiempo

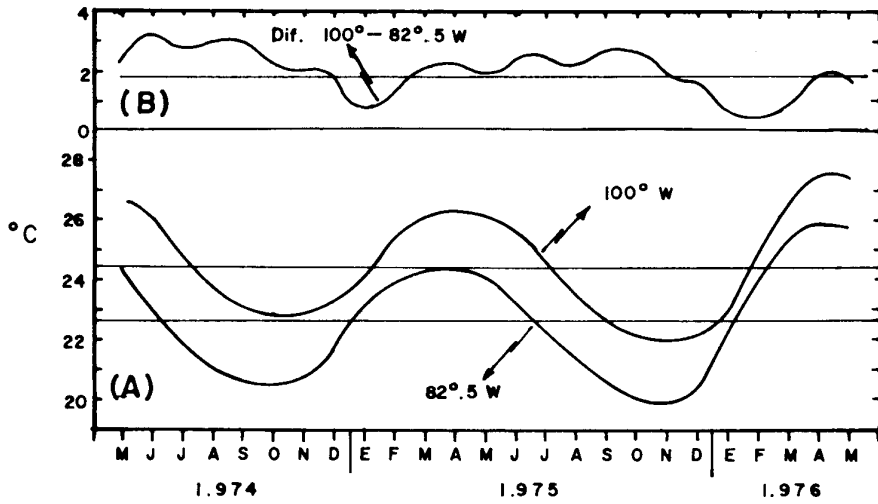


Fig. 8. (A) Media mensual de la temperatura superficial para las secciones ubicadas en 82.5°W y 100°W
(B) Diferencia de la temperatura media mensual entre las dos secciones