UN ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA TERMAL DE LA ESTACIÓN COSTERA "LA LIBERTAD" Y SU RELACIÓN CON LOS EVENTOS ENOS

POR :

EDUARDO ZAMBRANO (1)

ABSTRACT

The Navy Oceanographic Institute maintains since 1990 until this date a shore station 10 nautical miles from the La Libertad port (Santa Elena Peninsula) at the ecuadorian coast. Here a monitoring of the water column from the surface to 100 m. depth each 20 days has effect.

From the preliminary analysis, we observed that distribution of isotherms responds to the presence of the ENSO events. As we know each coast of Ecuador during an ENSO episode is visited for equatorial waves, the transit o motion of this waves produces an elevation of the mean sea level and deepening of isotherms. Reason to consider that the isotherms distribution has relationship with the occurrence of ENSO events in front of our coasts.

On the other hand we determine the relationship between the mean sea level and the depth of the isotherms. For this effect the thermal distribution of the shore station at La Libertad will be simplified by selecting the of 20° C isotherm. It is considered a representative of the thermal distribution in this shore station.

RESUMEN

El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) mantiene desde 1990 hasta la fecha una estación costera a 10 millas náuticas frente a las costas del puerto de La Libertad (Península de Santa Elena), en la que se efectúa un muestreo de toda la columna de agua desde la superficie hasta los 100 m de profundidad, cada 20 días.

Del análisis preliminar se ha podido observar que la distribución de las isotermas responde a la presencia de los eventos ENOS; como se conoce durante un episodio ENOS la costa del Ecuador es visitada por ondas ecuatoriales, las cuales a su paso producen una elevación del nivel medio del mar y una profundización de las isotermas. Por lo que se considera que esta distribución de las isotermas guarda relación con la ocurrencia de los eventos ENOS frente a nuestras costas.

Por otro lado se determina la relación existente entre el nivel del mar y la profundización de las isotermas. Para este efecto se simplificó la distribución térmica de la estación costera de La Libertad seleccionando la isoterma de 20° C, por considerarla representativa de la distribución térmica en esta estación costera.

INTRODUCCIÓN

Varios trabajos relacionados con la ocurrencia de los eventos ENOS frente a las costas del Ecuador manifiestan que, durante el desarrollo de los mismos se incrementa el nivel medio del mar (NMM) al tiempo que en la estructura termal del océano se da una profundización de las isotermas, mientras que el proceso inverso se da durante los años fríos o de anti El Niño; es decir que el nivel del mar desciende y las isotermas se ubican en niveles más superficiales. Aparentemente parece estar relacionado el nivel medio del mar y la temperatura subsuperficial.

Zambrano (1986) manifiesta que durante la ocurrencia de los El Niños se produce un rápido ascenso del nivel del mar frente a las costas del Ecuador; por su parte Wyrtki (1977) señala que las anomalías interanuales de los vientos alisios en el Pacífico ecuatorial central causan la acumulación de agua en las capas superiores en la margen oeste del Pacífico y la subsecuente tendencia de retorno hacia el lado este, durante la época de Alisios débiles, en la forma de una onda ecuatorial, atrapada (onda interna de Kelvin); varios investigadores han mostrado que la perturbación ecuatorial incidente en el borde oriental del Pacífico puede ser parcialmente transmitida hacia los polos como una onda costera de Kelvin.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. Av. 25 de Julio Base Naval Sur, Casilla 5940. Guayaquil-Ecuador. E-mail: inocar@inocar.mil.ec. Fax: (593) 485166

Moreano et.al. (1986) describe el comportamiento del nivel medio del mar y de la temperatura superficial del mar (TSM), que experimentó la estación costera de La Libertad durante El Niño de 1982 - 1983, al paso de las ondas de Kelvin. Espinoza (1996) por su parte señala que las ondas ecuatoriales de baja frecuencia llamadas ondas Kelvin son las responsables de las situaciones anómalas que se dan durante los El Niños frente a la costa del Ecuador como son el incremento del nivel medio del mar y de la temperatura de las aguas oceánicas.

Al describir las fases durante el desarrollo de un episodio ENOS, Zambrano (1996) manifiesta que durante las fases de Inicio y Madura se incrementa el nivel medio del mar y se profundizan las aguas frías superficiales; posteriormente durante la fase de Decaimiento el nivel medio del mar desciende y las aguas frías ascienden a niveles superficiales.

Todo esto parece apuntar en una dirección y es que las anomalías del nivel medio del mar y la variabilidad de la temperatura subsuperficial del mar están relacionadas por las perturbaciones ecuatoriales incidente en el borde oriental del Pacífico.

LA ESTACIÓN COSTERA DE "LA LIBERTAD"

La información de Temperatura Superficial del Mar y del Aire (TSA) así como del nivel medio del mar se tomaron de la estación costera de La Libertad, que se encuentra ubicada al extremo de la Península de Santa Elena en 02°12'S y 80°55'W (Figura #1), y se obtuvieron sus anomalías mensuales. En la Figura #2 se muestran estas anomalías desde 1980 a octubre de 1997, donde se observa el incremento de las anomalías de la TSM, TSA y NMM durante los eventos ENOS de 1982-83, 1986-87, 1992-93 y 1997 y la fase negativa de estas anomalías durante los años 1981, 1985,1990 y 1996. Es de resaltar el similar comportamiento de estos tres parámetros, especialmente durante la ocurrencia de los eventos ENOS.

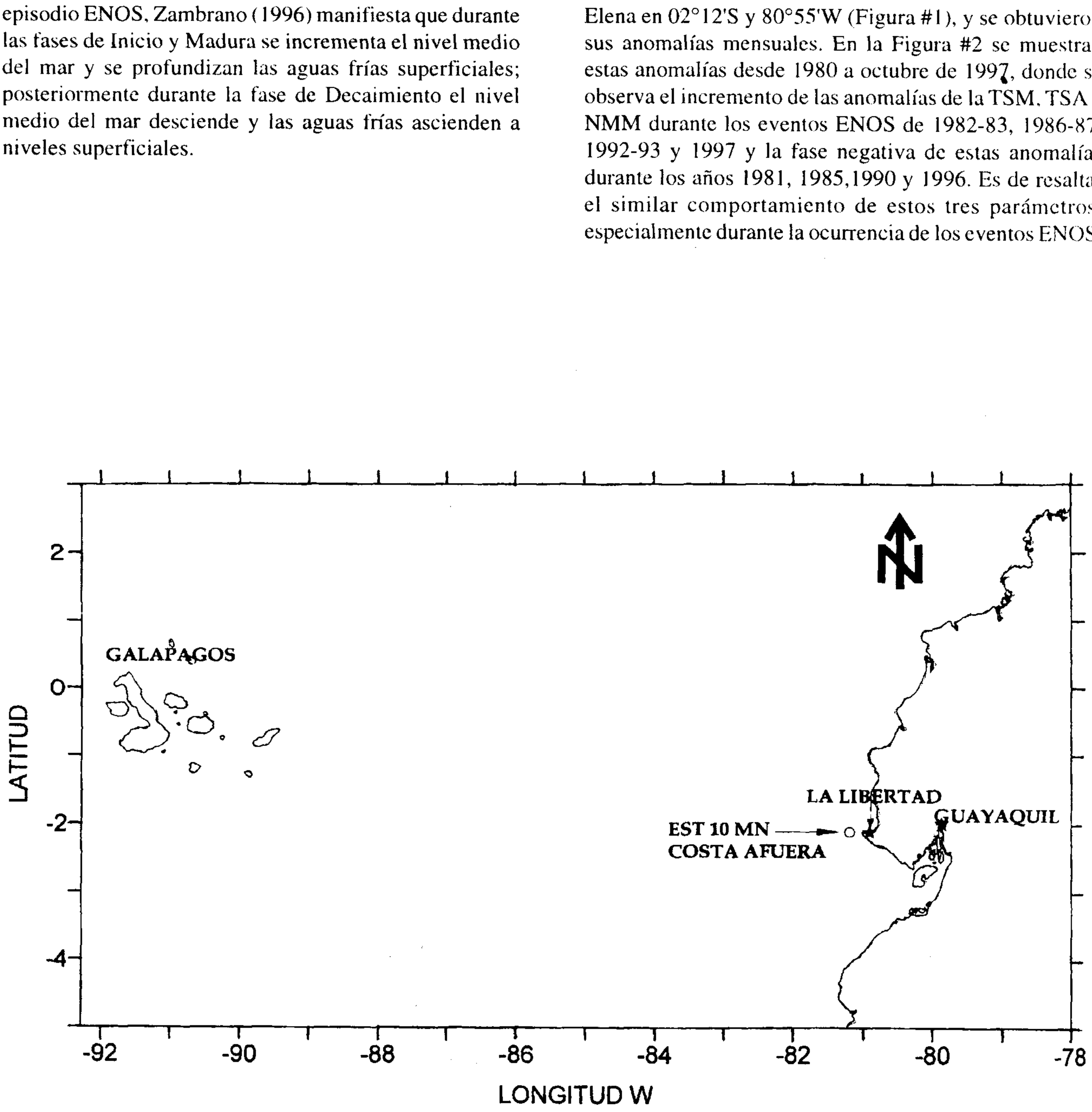


Figura 1. Ubicación de la estación costera de La Libertad y de la estación a 10 millas costa afuera frente al puerto de La Libertad.

Estación La Libertad

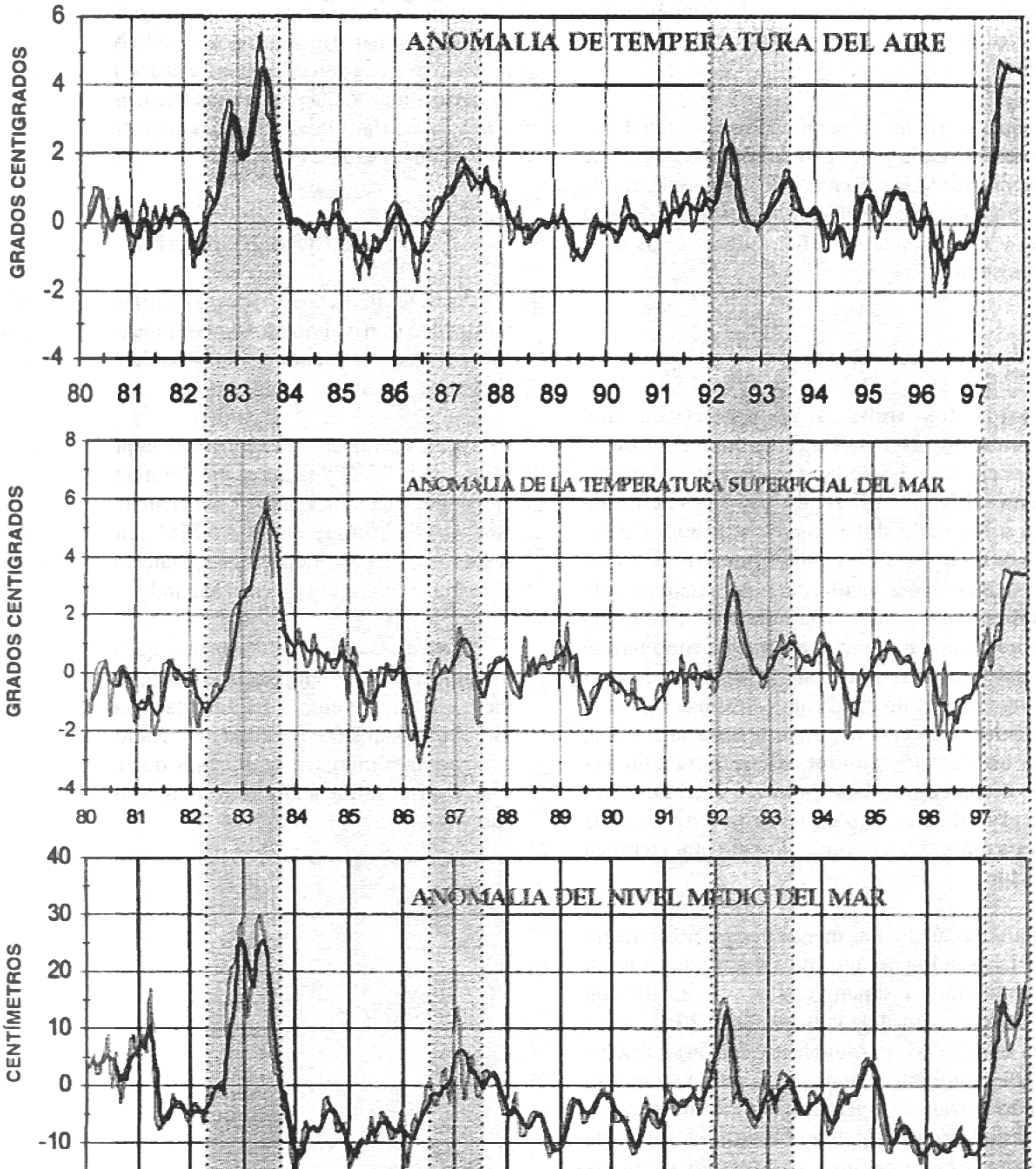


Figura 2. Anomalía de la Temperatura del aire (TSA),panel superior. Anomalía de la Temperatura superficial del mar (TSM), panel central. Anomalía del nivel medio del mar (NMM), panel inferior en la estación de La Libertad. Los años de El Niño se han sombreado.

LA ESTACIÓN 10 MN COSTA AFUERA DE "LA LIBERTAD"

Desde 1990 el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) mantiene una estación costa afuera frente al puerto de La Libertad, aproximadamente a 10 mn del puerto sobre el veril de los 100 m. En esta estación se efectúa un muestreo cada 20 días, en la que por medio de un CTD SeaBird se toma información de Temperatura y Salinidad desde la superficie hasta los 100 m de profundidad.

La distribución de la temperatura subsuperficial con tiempo se presenta en la Figura #3 donde se observa que el comportamiento de las isotermas es coherente con la ocurrencia de los eventos ENOS, profundizándose durante los mismos y siendo mas superficial durante los años considerados como fríos.

ANÁLISIS

Son varios los trabajos que muestran una profundización de las isotermas acompañada de la elevación del nivel medio del mar durante la ocurrencia de los eventos ENOS; utilizando la información de temperatura subsuperficial del mar de la estación 10 mn costa afuera de La Libertad, la cual se obtiene a intervalos de 20 días, se procedió a analizar el comportamiento de las isotermas con tiempo y se determinó que la isoterma de 20°C representaba bastante bien la estructura termal de esta parte del Pacífico, ya que siempre estaba presente tanto en la fase fría como en la cálida, además que se la puede considerar como el límite superior de la termoclina, mostrando un comportamiento coherente con las condiciones oceánicas presente en la costa del Ecuador; motivo por el cual se extrajo de la serie la isoterma de 20°C y de esta manera se simplificó la estructura térmica de esta estación.

Por su parte las anomalías mensuales del nivel medio del mar en la estación costera de La Libertad fueron graficadas con tiempo y superpuesta con la distribución mensual de la profundidad de la isoterma de 20°C, como se aprecia en la Figura #4. Por simple inspección se observa que hay cierta similitud en ambas curvas por lo que se procedió a normalizarlas y a graficarlas nuevamente como se lo muestra en la Figura #5; donde se aprecia que existe un comportamiento bastante similar entre ambas distribuciones, particularmente durante los eventos ENOS de 1991-92 y 1997, así como durante las fases frías de 1990 y 1996.

Efectuado un análisis de regresión entre la profundidad de la isoterma de 20°C y la anomalía del nivel medio del mar, se obtuvo un coeficiente R= 0.67 el cual se lo puede considerar como bueno para este tipo de datos. La recta de regresión que se obtuvo fue la siguiente: Y=0.2224X +251.76 donde "Y" es el nivel medio del mar estimado y "X" es la profundidad de la isoterma de 20°C.

La Figura #6 en la parte superior muestra la variación del nivel medio del mar tanto de valores observados como los calculados donde se observa que los valores calculados describen bastante bien los años considerados como normales o cercanos a estos y algo mayor durante los años fríos y ligeramente menor los años de El Niño. En el panel inferior de este gráfico se muestra la distribución del nivel medio del mar Vs. la profundidad de la isoterma de 20°C donde se ha trazado una recta de regresión que mejor se ajusta a la nube de datos.

CONCLUSIONES

La isoterma de 20°C señala el límite superior de la termoclina y su comportamiento refleja en alguna medida a los procesos oceánicos que se dan en el Pacífico Ecuatorial Central.

Existe una buena relación entre la profundidad de la isoterma de 20°C y la anomalía del nivel medio del mar en la estación de La Libertad, así cuando se profundiza la isoterma de 20°C se eleva el NMM. Ambos parámetros responden al paso ondas ecuatoriales, mecanismo que deprime al primero y eleva al segundo.

Existen además otros elementos que intervienen en la distribución de la temperatura subsuperficial y el nivel medio del mar frente a La Libertad que en el presente estudio no han sido considerados, como son el viento y las corrientes marinas, los mismos que en algunos casos son de gran influencia en el comportamiento de estos parámetros.

Estación La Libertad

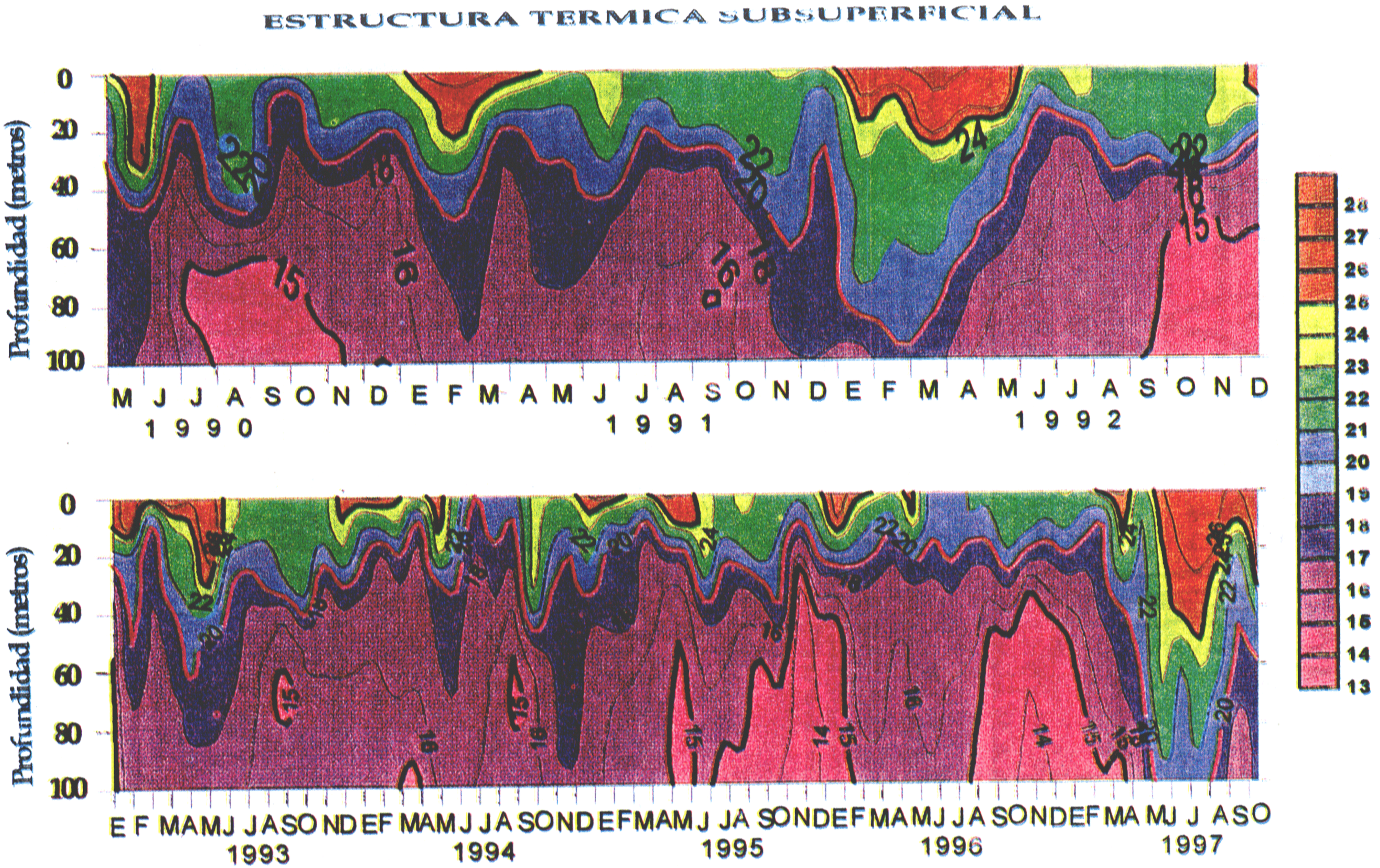


Figura 3. Distribución de la Estructura térmica subsuperficial con tiempo, en la estación a 10 millas costa afuera frente a La Libertad.

Estación La Libertad

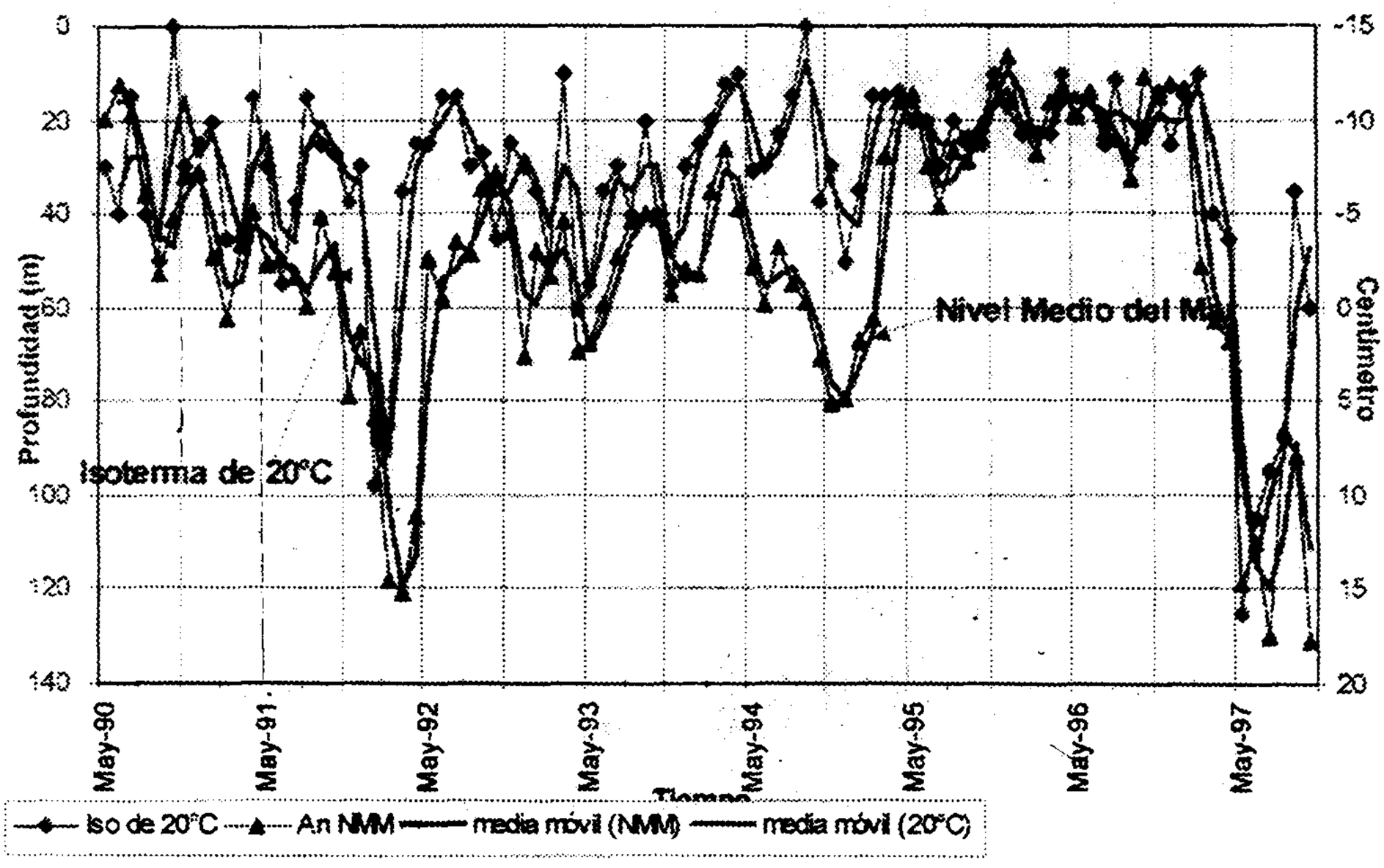


Figura 4. Distribución temporal de la profundidad de la isoterma de 20°C y de la anomalía del nivel medio del mar, en la estación de La Libertad

Estación La Libertad

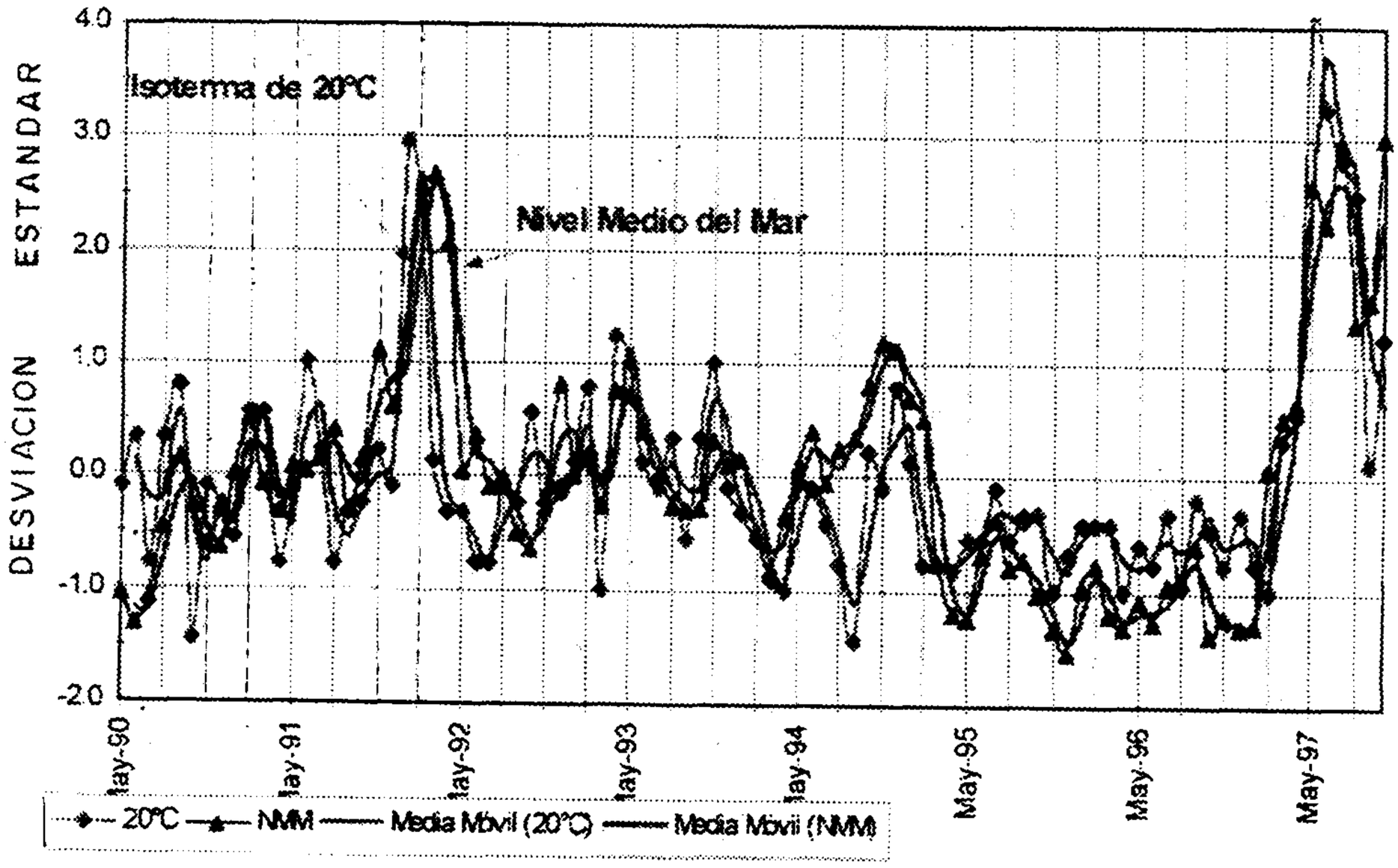
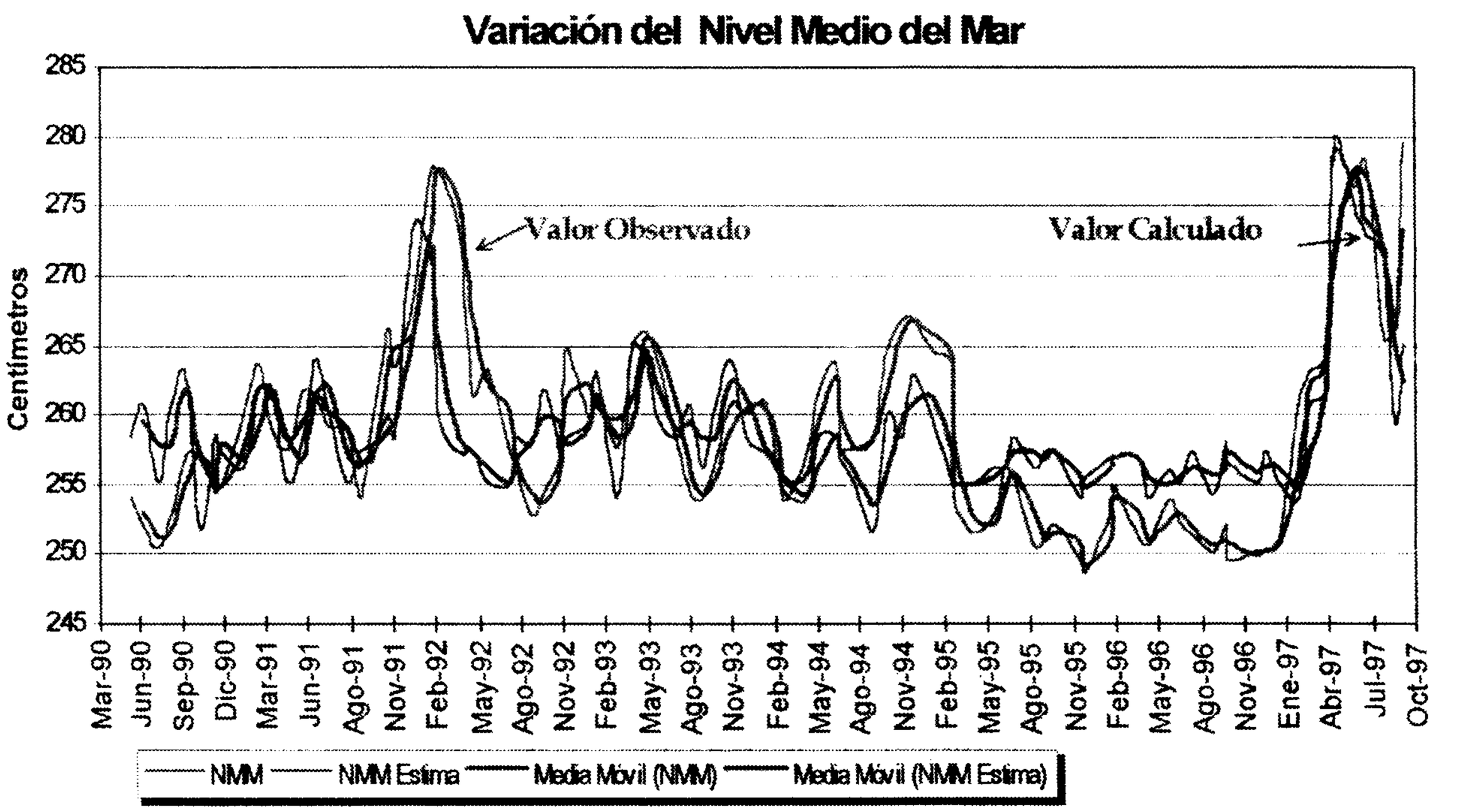


Figura 5. Igual que la figura anterior pero con los valores normalizados

Estación La Libertad



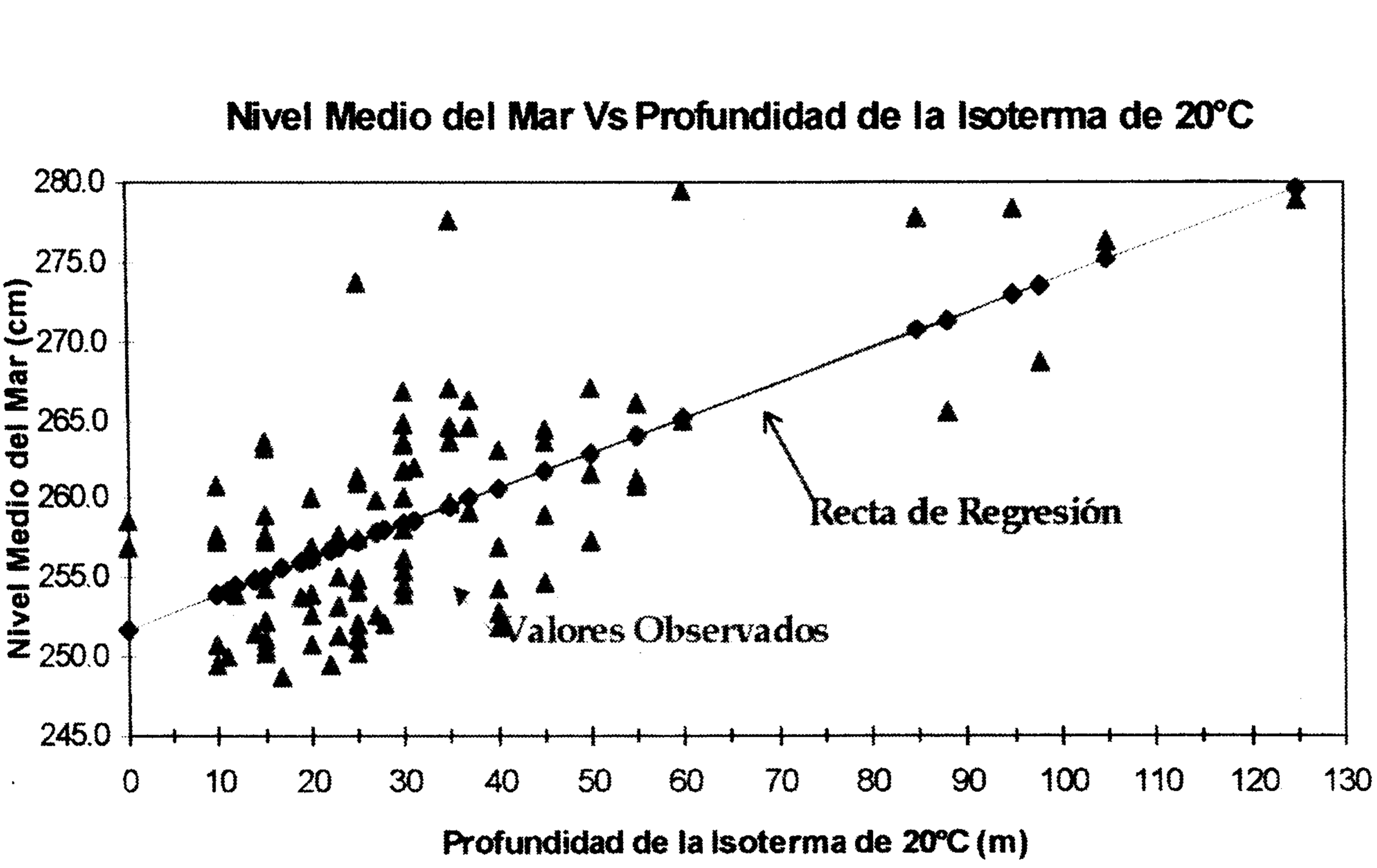


Figura 6. Variación del nivel medio del mar (Panel Superior). Panel inferior nivel medio del mar Vs. Profundidad de la isoterma de 20°C.

BIBLIOGRAFÍA

Enfield D. B., 1989. El Niño, Past and Present, Reviews of Geophysics, 27(1), pp:159 - 187.

Espinoza J., 1996. El Niño y sus implicaciones sobre el medio ambiente. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR - Ecuador. Vol. 8(1), pp: 115 - 134.

Moreano H., E. Zambrano, R. de Suéscum y N. Paredes, 1986. El Niño 1982 - 1983, su Formación, su Desarrollo y sus Manifestaciones en aguas ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR - Ecuador. Vol. 3(1), pp: 1 - 23.

Wyrtki K., 1975. El Niño - The Dynamic Response oh the Equatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing. J. Phys. Oceanography, 5: pp: 572 - 584.

Wyrtki K., 1977. Sea Level during the 1972 El Niño, J. Phys. Oceanography, 7, pp: 779 - 787.

Zambrano E., 1986. El Fenómeno de El Niño y la Oscilación Sur (ENSO). Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR - Ecuador. Vol. 3(1), pp: 195 - 203.

Zambrano E., 1996. El Niño. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR - Ecuador. Vol. 8(1), pp: 109 - 11-4.

CIRCULACIÓN Y ESTRUCTURA TERMOHALINA EN UNA REGIÓN DEL PACÍFICO ORIENTAL (03°16'S-31°23'S) DURANTE UN PERÍODO DE EL NIÑO 1997-1998

POR :

JOSÉ GARCÉS-VARGAS (1)
EDUARDO ZAMBRANO (1)

ABSTRACT

During the VII Ecuadorian Expedition to the Antarctic (December of 1.997) the B/I ORION carried out oceanographic stations and XBT launches in the track Guayaquil-Valparaíso in order to determine the change in circulation and termohaline structure on Southeast Pacific during the development of the ENSO event. By means of Sea Surface Temperature, sections of temperature and salinity, diagrams T/S, were observed, positive surface and subsurface anomalies of subtropical surfaces waters that suggest a reforcement of the Equatorial Undercurrent those feed the Gunther Undercurrent and the Perú-Chile Countercurrent those go toward the south, forcing to turn early toward the west to the Oceanic Current of Humboldt and to fathom the Chile Coastal Current. Measures of direct current even the 100 meters demonstrate the great flow from north.

RESUMEN

Durante el comienzo de la VII Expedición Ecuatoriana a la Antártida (Diciembre de 1.997) el B/I ORION realizó estaciones oceanográficas y lanzamientos XBT en el trayecto Guayaquil-Valparaíso para determinar los cambios en la circulación y en la estructura termohalina del Pacífico Sudeste durante el desarrollo del evento ENOS. Mediante Temperatura Superficial del Mar (TSM), secciones de temperatura y salinidad, diagramas T/S. Se establecen anomalías positivas superficiales y subsuperficiales, invasión de aguas subtropicales superficiales que sugieren un reforzamiento de la Subcorriente Ecuatorial (SCE) la cual alimenta a la Subcorriente de Gunther (SG) y la Contra Corriente Perú - Chile (CCPC) las cuales se dirigen hacia el sur, obligando a girar tempranamente hacia el oeste a la Corriente Oceánica de Humboldt y a profundizar la Corriente Costera Chilena (CCC). Mediciones de corriente directas hasta los 100 metros demuestran el gran flujo proveniente del norte.

INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de un Evento El Niño trae consigo, serias implicaciones a escala mundial en lo que se refiere a cambios en los medios oceánico y terrestre; cambios que se traducen en fuertes anomalías en los océanos del mundo así como implicaciones meteorológicas tales como lluvias intensas o sequías, las que ocasionan indudablemente serios problemas socio - económicos en varias naciones del orbe. En el Ecuador estos problemas se han hecho evidentes siempre que se ha hecho presente el Evento con fuerte intensidad como sucede en la época actual. Se hace necesario realizar estudios de la presente índole que coadyuvarán a expandir el conocimiento de los escenarios y la evolución del Fenómeno para eventualmente obtener información aplicable a modelos de predicción a escala regional

El objetivo del presente trabajo es estudiar la estructura termohalina superficial y subsuperficial de una región del Pacífico Sudeste (Guayaquil - Valparaíso), Fig. 1, durante el término de la primavera austral de 1997 para determinar los posibles cambios en la circulación. Para esta fecha se dio comienzo la VII Expedición Ecuatoriana a la Antártida a bordo del B/I ORION y simultáneamente se estaba desarrollando un evento ENOS de intensidad fuerte.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. Avda. 25 de Julio. Base Naval Sur, Casilla 5940. E-mail: inocar@inocar.mil.ec, jgarces@mixmail.com, eduardozambrano@hotmail.com.

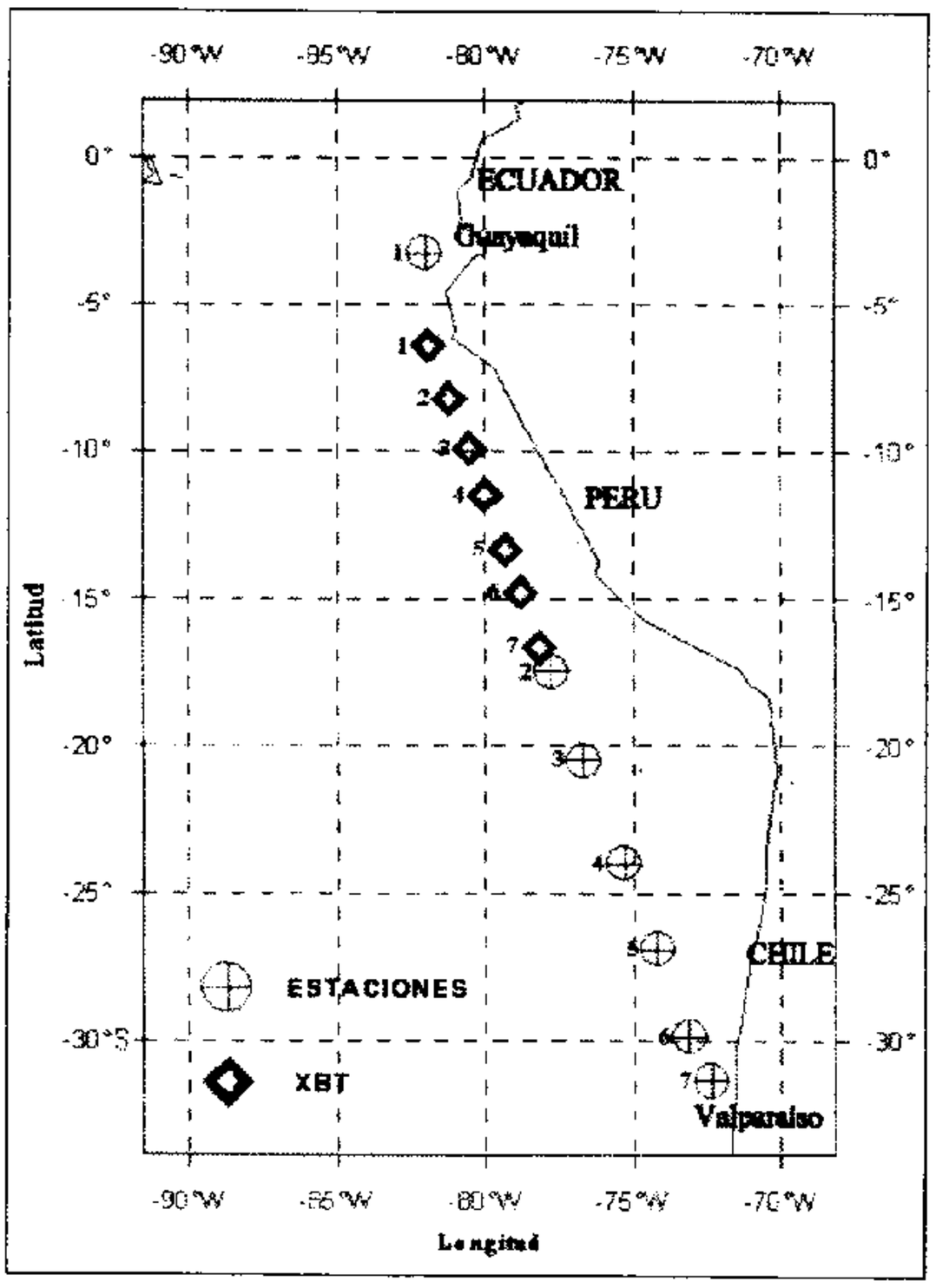


Figura 1. Estaciones oceanográficas y XBT realizados durante el trayecto Guayaquil - Valparaíso.

Los 4 tipos de agua superficiales característicos entre los 15°N y 15°S y al este de los 100°W lo menciona Strub et. al. (1.997) quien cita a Wyrtki (1.966) y Enfield (1.976). El Agua Tropical Superficial (ATS) encontrada al norte del Ecuador, de baja salinidad debido al exceso de la precipitación sobre la evaporación. El Agua Subtropical Superficial (ASS) encontrada al sur de los 4°S formada por la intensa radiación solar y evaporación. El Agua Costera Peruana (ACP) encontrada en una región ancha cerca de las costas de Perú y formada por la mezcla de afloramientos, de la fría y ligeramente dulce ASS. Agua Ecuatorial Superficial (AES) de características intermedias, formada de la mezcla de ACP, ASS y ATS localizada en una banda angosta a lo largo del Ecuador entre los 4°S y 3°N en el invierno austral. (Fig. 2A)

Silva et. al. (1.981), Robles (1.979) y Bernal et. al. (1.982) citados por Strub et. al. (1.997) identifican 3 tipos de agua entre los 18°S y 55°S arriba de los 500 metros en el norte y centro de Chile basados en salinidad. Agua Subtropical Superficial (ASS) menos salina que la encontrada fuera de Perú. Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) encontrada entre los 300 y 350 m. en regiones fuera de la costa. Agua Subantártica (AS) encontrada entre los 20 y 130 m. Debajo entre 500 y 600 m. se encuentra el Agua Antártica Intermedia (AAI) que a veces llega a la superficie en periodos de extremos afloramientos.

La circulación en el Pacífico Sudeste en la primavera y verano austral (Fig. 3A) se caracteriza por un flujo proveniente de la Bahía de Panamá llamado Corriente Anual El Niño, esta lleva agua "caliente y dulce" (ATS) hacia el sur, la cual desplaza el frente ecuatorial, llegando incluso a desaparecerlo, Cucalón (1.987). La SCE (Corriente de Cromwell) localizada entre los 2°N y 2°S entre los 50 y 300 metros de profundidad, Cornejo (1.980), proveniente del oeste llega a las islas Galápagos y se bifurca en dos ramales. Un ramal continúa como subcorriente y alcanza Sudamérica cerca del Ecuador girando al sur para formar la SG, también llamada Subcorriente Perú - Chile, Shaffer et. al. (1.995) y Nuñez (1.996). El otro ramal avanza hacia el sudoeste aproximándose a la costa hasta los 7°S, formando la Contracorriente Perú - Chile, Strub. et. al. (1.997). Transectas hidrográficas usadas por Huyer et. al. (1.991) nombradas en Strub. et. al. (opot.cit.) fuera de la costa en los 10°S muestran que tanto la Contracorriente Perú - Chile (aproximadamente 200 Km. fuera de la costa) como la SG, tienen un máximo entre los 150 - 200 metros de profundidad.

Las corrientes que se dirigen hacia el norte en Pacífico Sudeste, son descritas por Nuñez (1.996). La Corriente Circumpolar Antártica (CCA), que fluye hacia el este alrededor de los 43°S. La CCA se bifurca en dos ramales: uno fuerte dirigido hacia el norte, conocido como la Corriente de Humboldt (CH) y uno débil hacia el sur, llamado Corriente de Cabo de Hornos.

La CH que fluye hacia el norte a lo largo de las costas chilenas, en donde se divide en dos ramales: uno costero conocido como la Corriente Costera de Humboldt o CCC y Corriente Costera Peruana (CCP) cuando baña las costas chilenas y peruanas respectivamente. La CCH continúa a lo largo de la costa hasta los 8 - 15 ° S. El ramal oceánico conocido como la Corriente Oceánica de Humboldt (COH), deja la costa en dirección noroeste. Ambos ramales se juntan y forman la Corriente Ecuatorial del Sur (CES).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el trayecto Guayaquil - Valparaíso (Fig. 1), a mediados del mes de Diciembre de 1.997 (fin de la primavera austral), a intervalos de 120 millas aproximadamente se realizaron 7 lanzamientos XBT hasta los 450 metros, 5 lanzamientos de la roseta multimuestreadora con 24 botellas Niskin y CTD autocontenido hasta los 500 metros de profundidad tomando muestras de aguas a las profundidades estándares para los análisis químicos y biológicos y 2 lanzamientos de CTD adicionales a 2035 metros (Estación 6) y 1680 metros (Estación 7) de profundidad, complementariamente se lanzó un correntómetro ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), en las mismas estaciones en que se lanzó el CTD a excepción de la primera, para medir corrientes

en los primeros 100 metros.

Conjuntamente, se obtuvo información meteorológica cada hora (dirección y fuerza del viento, temperatura del aire y presión atmosférica), mediante instrumentos meteorológicos clásicos así como TSM horaria mediante un termómetro de balde y salinidad superficial con un salinómetro en los XBT realizados.

Para analizar la información se comparó la TSM con los mapas que muestran los valores numéricos de TSM de la climatología de Reynolds (1.982) en todo el trayecto, una sección de temperatura Guayaquil - Valparaíso y una de salinidad entre las estaciones 2 y 7 debido a que no se hizo lanzamientos de CTD entre las estaciones 1 y 2. Identificación de masas de agua por diagramas T/S en todas las estaciones según los rangos mencionados por Strub et. al. (1.997), Shaffer G. et al. , Patherson S. and H. Sievers (1.979) y promedios de magnitud y dirección de la corriente cada 20 metros de profundidad.

Los datos del CTD fueron procesados mediante el programa Seasoft utilizando filtros para eliminar los valores de las oscilaciones producidas por el movimiento del buque, obteniéndose salinidad, temperatura y sigma-t cada 5 metros. Los datos superficiales provenientes del programa no fueron tomados en cuenta, en su lugar valores del termómetro de balde y salinómetro fueron considerados.

En la graficación de las secciones de salinidad y temperatura se utilizó el programa Surfer. Se aplicó el método de interpolación Kriging ordinario, la grilla aplicada fue de 26 filas por 31 columnas y de 26 filas por 15 columnas para temperatura y salinidad respectivamente, con variograma lineal, anisotropía circular y donde se promedian los datos duplicados. Los diagramas T/S fueron obtenidos por una rutina del programa Seasoft.

RESULTADOS

Las anomalías positivas deTSM se advirtieron en todo el trayecto, entre 5,9 y 1,1 °C en el norte (Guayaquil-límite Perú - Chile) y entre 1,3 y 0,2 °C hacia el sur. Las temperaturas absolutas oscilaron entre 27,7 y 17,8 °C (Fig. 4).

La sección de Temperatura (Fig. 5A) muestra la intrusión en forma de cuña de aguas de mayor temperatura en dirección hacia sur, tómese como referencia el bloque de isotermas entre 20 y 27 °C y la profundidad de las isotermas de 25 y 20 °C, las cuales en la estación 1 se encuentran a 80 y 140 metros de profundidad y afloran en XBT4 y entre las estaciones 3 y 4 respectivamente. Una termoclina bien definida se encuentra a 85 metros de profundidad en el norte. Al sur de la sección se presenta menos profunda (75 metros) y no se evidencia un gradiente considerable.

La sección de salinidad (Fig. 5B) muestra la misma intrusión de aguas provenientes del norte con salinidades superiores a 35,3 U.P.S. que llegan aproximadamente hasta los 23°S. Un núcleo subsuperficial de relativa baja salinidad (34.3 U.P.S.) aparece alrededor de los 125 metros de profundidad proveniente del sur y que parecen dirigirse por debajo del núcleo alta salinidad. En general se observan salinidades más altas en los primeros 90 metros y salinidades uniformes por debajo de los 180 metros y hacia el sur de los 22°S.

Las masas de agua identificadas se muestran en la Fig. 6 y 7.

Las velocidades y direcciones de la corriente se ilustran en la Fig. 8. En general se observa mayores velocidades en la superficie y menores con profundidad, el rango de velocidades promedio es de 0,32 a 0,25 cm/s, la dirección predominante es sudoeste haciéndose más evidente hacia el polo sur.

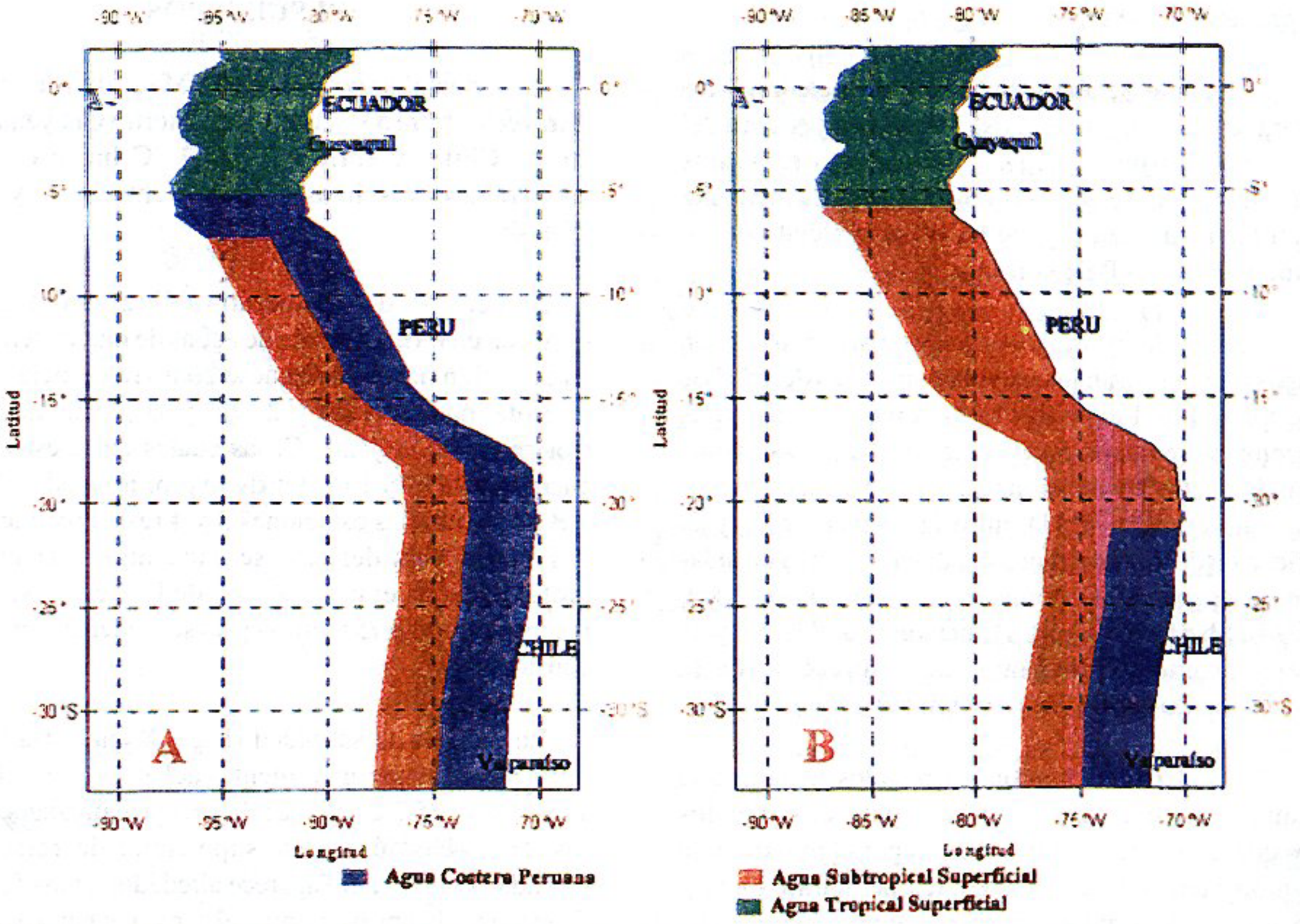


Figura 2. A) Esquema aproximado de la distribución de masas de agua superficiales en el verano austral (condiciones normales) dentro de las 300 millas costeras B) Esquema aproximado en que se encuentran distribuidas las masas de agua en Diciembre de 1997 dentro de las 300 millas costeras (condiciones anómalas).

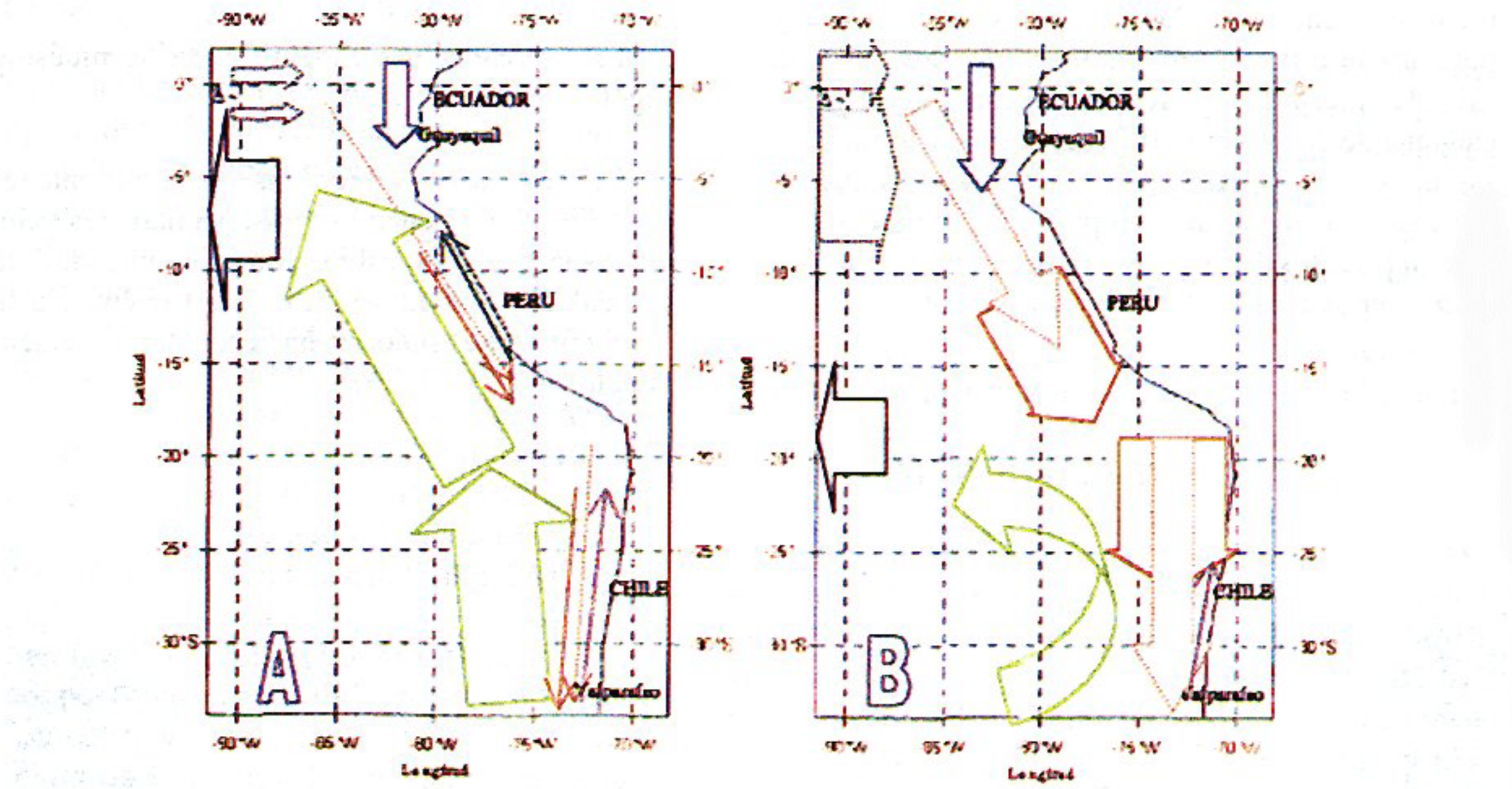


Figura 3. A) Esquema aproximado de las corrientes en años normales
B) Esquema en que se encontrarían las corrientes en Diciembre de 1997

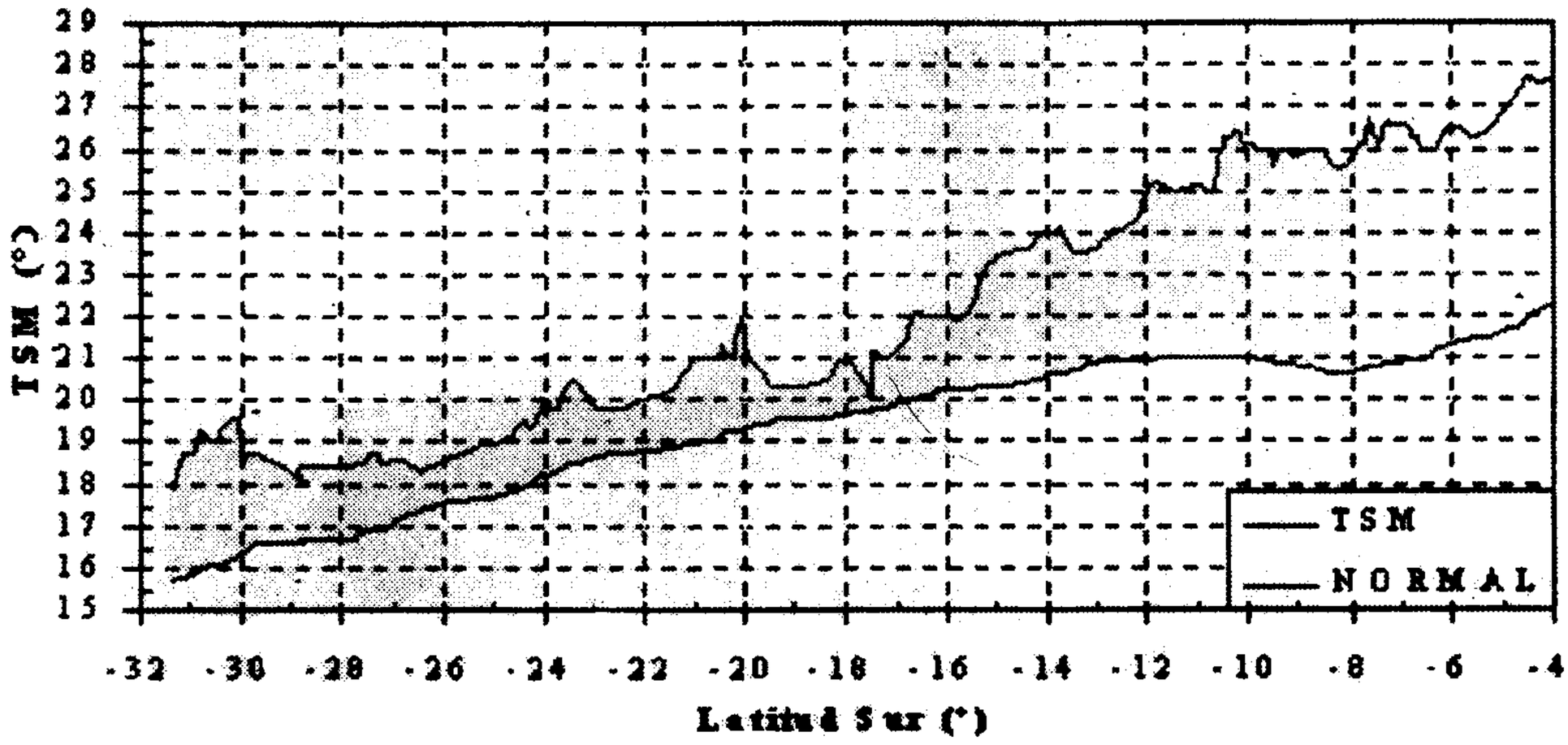


Figura 4. Distribución meridional de TSM (4°S - 32°S, línea azul). El área sombreada, representa la desviación con respecto a la normal de Reynolds (1.982, línea roja).

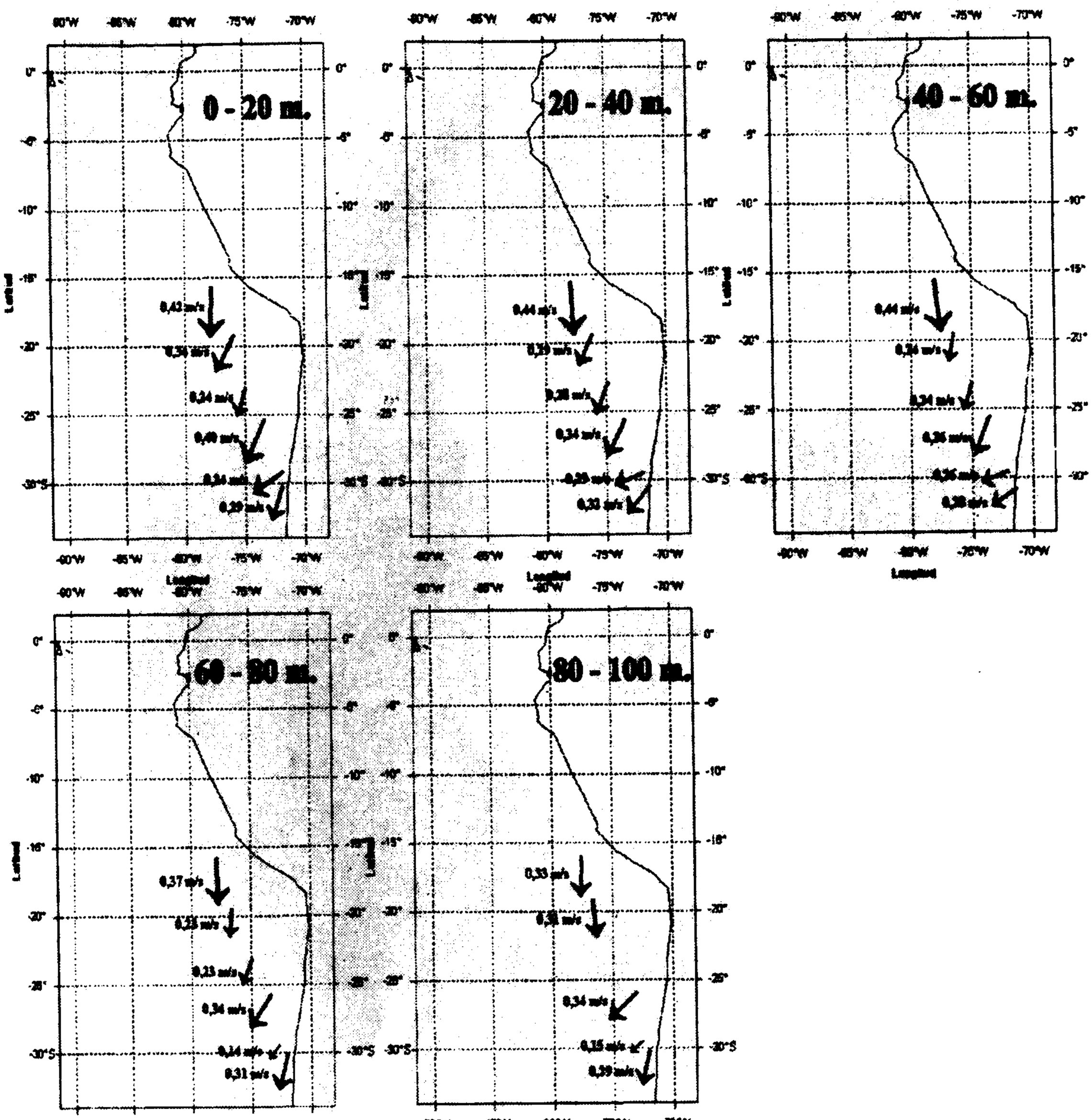


Figura 8. Dirección y magnitud de las corrientes en la sección 17° S - 31° S

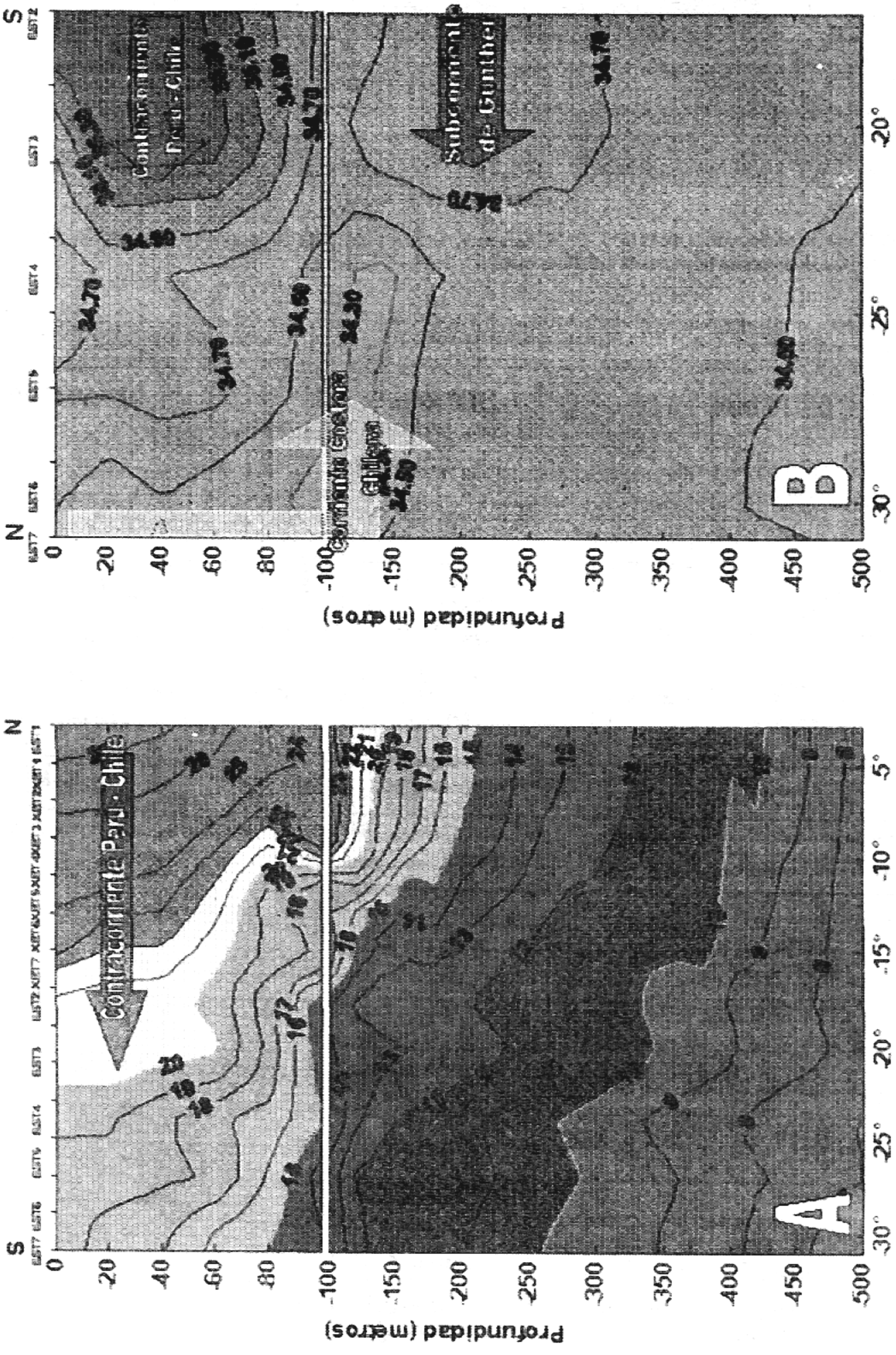


Figura 5. A) Distribución Vertical de Temperatura (Sección 3°S-31°S) Distribución Vertical de Salinidad (Sección 17°S - 31°S). Las flechas muestran la dirección de las corrientes.

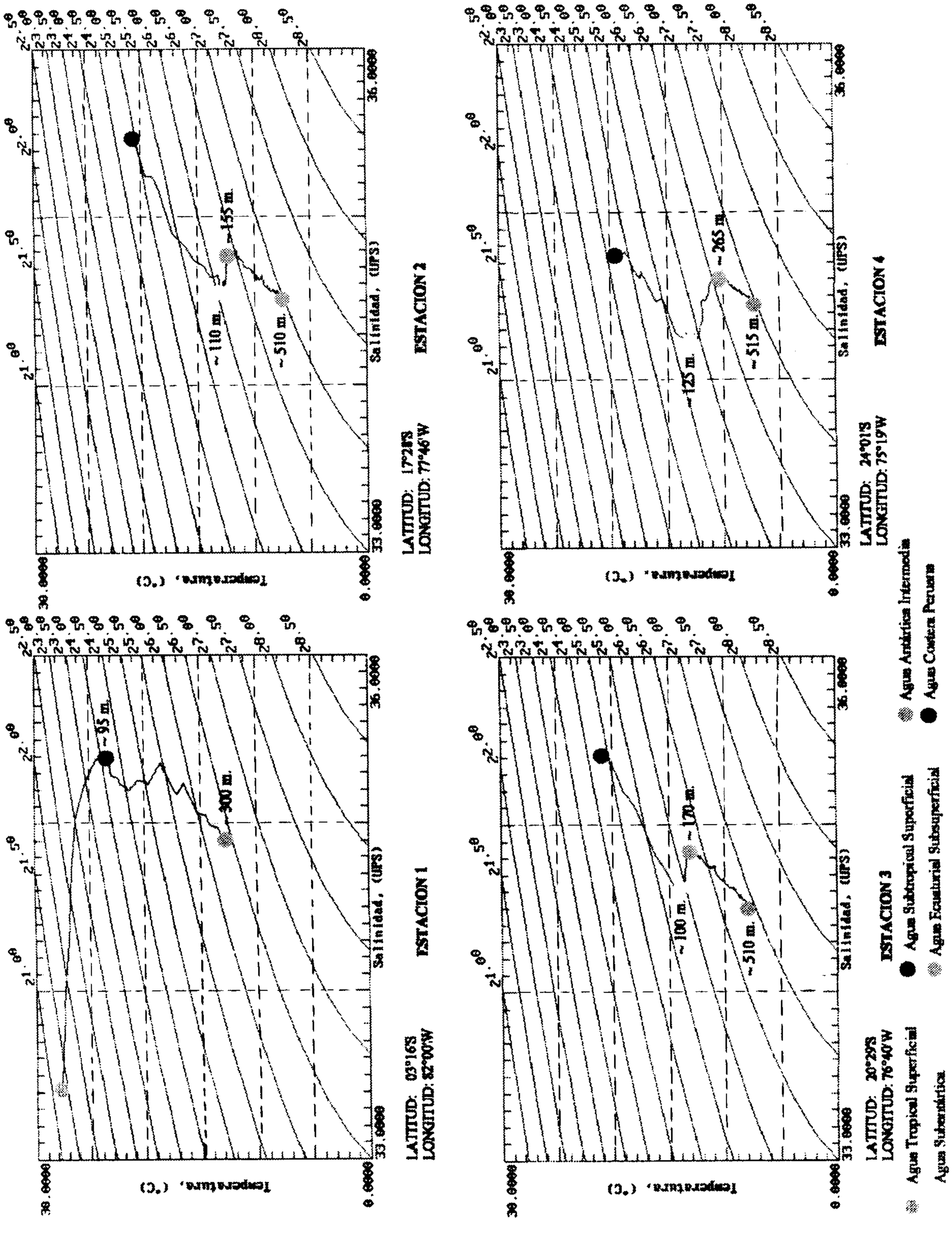


Figura 6. Diagramas T/S. Estaciones 1-4

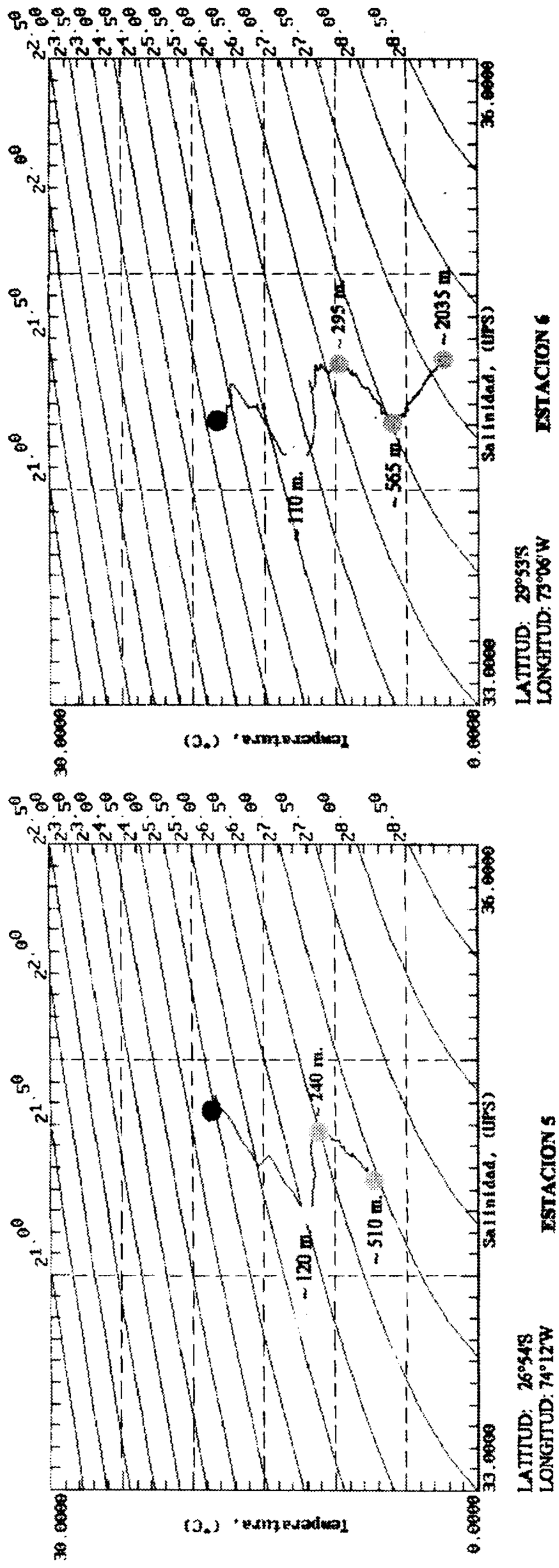


Figura 7. Diagramas T/S. Estaciones 5-7

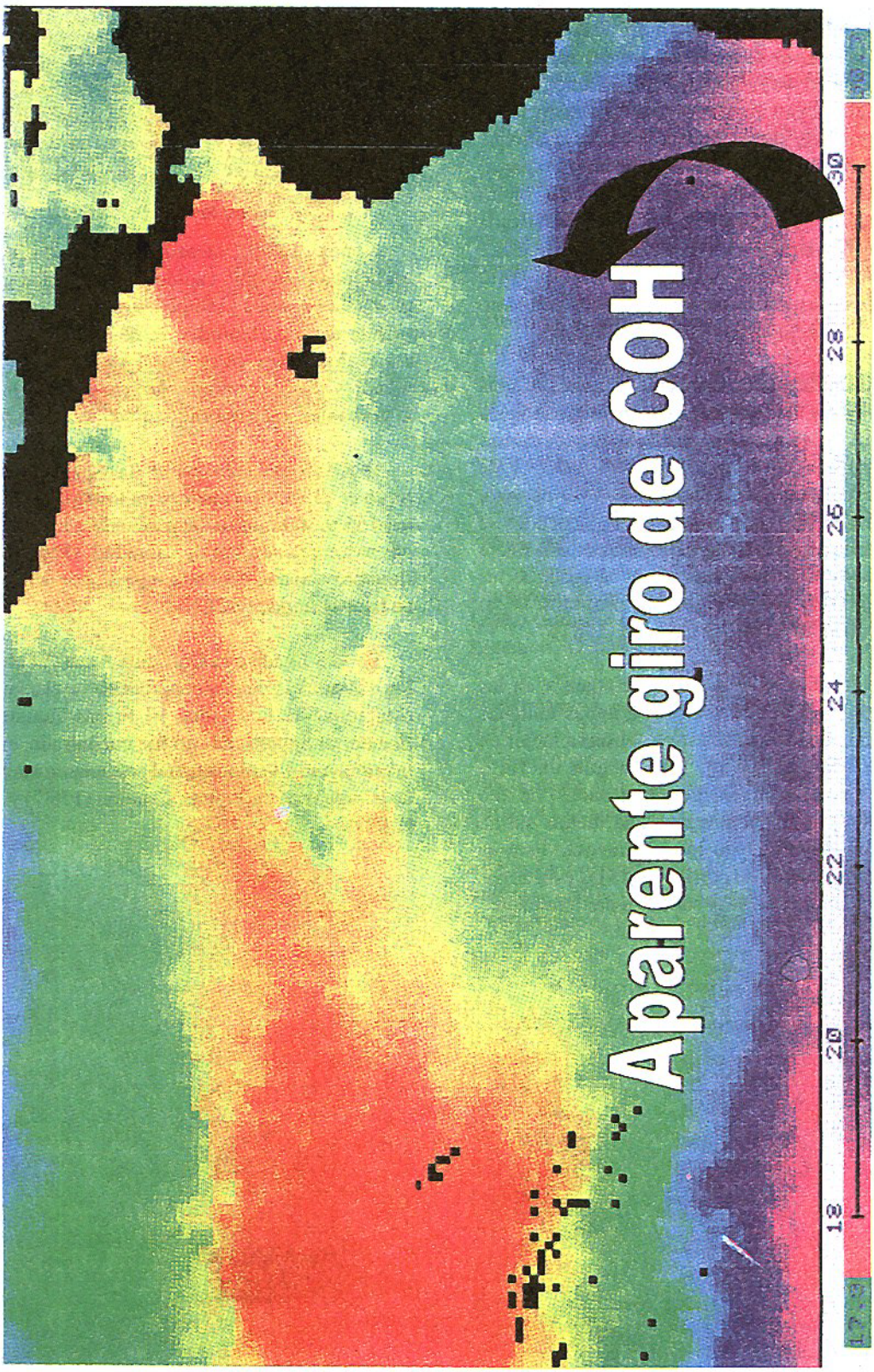


Figura 9. Imagen Satelital NOAA - 14, región comprendida entre 20°N - 35°S y 70°W - 135°W (promedio de la TSM del 30 de Diciembre de 1.997 al 3 de Enero de 1.998).

DISCUSIÓN

Las anomalías positivas de TSM no solamente se hicieron presentes en la superficie sino también a nivel subsuperficial. la estructura termal de la sección (Fig. 5A) confirma los cambios, así por ejemplo la isoterma de 16 °C que usualmente se encuentra a 50 metros de profundidad en 82°30' W para Enero en Ecuador, Cucalón (1987), se la halló ahora en 180 metros (Estación 1), es decir. 130 metros más profundo y 50 metros menos que en Enero de 1983, Cucalón (opot.cit.), y nunca alcanzó los 50 metros incluso en latitudes tan sureñas como 31°23'S (Estacion 7); la isoterma de 25 °C localizada normalmente en Noviembre - Diciembre cerca del Ecuador y al sur de los 3° S en 1.982, Cucalón (1987), afloró al sur de los 11°S, estos son algunos ejemplos del calentamiento subsuperficial acontecidos en el Pacífico Sudeste.

Se evidencia una inusual distribución de masas de agua superficiales (Fig. 6 y 7). Se observa una invasión de aguas tropicales superficiales al sur del Ecuador, de aguas subtropicales superficiales en las aguas peruanas y de aguas costeras peruanas de Antofagasta a Valparaíso. Siendo normal que las aguas tropicales superficiales se encuentren al norte de Ecuador, agua costera peruana frente al Perú y agua subtropicales superficial al oeste de las anteriores (Fig. 6A), Wyrtki (1966) y Enfield (1976) citados por Strub et. al. (1997) y Cucalón (1987)

La CCC asociada con la ACP y que aparece en las estaciones costeras 5, 6 y 7, ingreso a aguas chilenas superficialmente, aunque débil. esto se observa mejor en la sección de salinidad (Fig. 5B) en que un flujo proveniente del norte relacionada con el núcleo de alta salinidad (CCPC) se encuentra con una menos salina (CCC) que se profundiza bajo los 100 metros. Esto es corroborado con los datos de corrientes de las estaciones nombradas que tienen dirección sudoeste predominante.

La Corriente Oceánica de Humboldt pareciera ser que se hizo más oceánica, obligada a girar hacia el oeste. debido al ensanchamiento de la Contra Corriente Perú - Chile (sección de salinidad, núcleo de alta salinidad) ya que los datos de corrientes medidos en las estaciones oceánicas (2-5) muestran el mismo flujo hacia el sudoeste esto también se evidencia con la carta satelital del 3 de Enero de 1.998 (Fig. 9) en que agua de "baja temperatura" (18-20 °C) se dirige hacia el noroeste fuera de las 200 millas costeras.

Nuñez (1.996), identificó por medio de mapas de vorticidad potencial, campos de velocidad geostrófica y mediante salinidad y temperatura, la Contracorriente Perú - Chile entre las latitudes 38°S-47°S, longitud 79°30'W, con velocidades entre 1 y 4 cm/s, es decir 10 veces menores a las encontradas en este estudio, lo que prueba la gran intensidad del flujo proveniente del norte.

El AESS asociada con la SG, Shaffer et. al. (1.995) y Strub et. al. (1.997) aparece en todas las estaciones entre los 155 y 300 metros de profundidad. Claramente se la observa en la sección de salinidad (Fig. 5B) en que un flujo proveniente del norte ingresa por debajo del núcleo de baja salinidad (CCC).

El ATS ligada a la Corriente Anual El Niño (CAEN) llegó al sur del Ecuador congruente con el comportamiento estacional de la misma. El Frente Ecuatorial (Agua Ecuatorial Superficial) no fue encontrado, este frente en la primavera y verano austral se encuentra débil o ausente de las aguas ecuatorianas, Cucalón (1.987) y Strub. et. al. (1.997).

CONCLUSIONES

Los antecedentes expuestos evidencian que existió un calentamiento anómalo tanto superficial como subsuperficial en el Pacífico Sudeste debido al ingreso de aguas provenientes del Pacífico Central llevadas a las costas sudamericanas por un reforzamiento de la SCE que alimento a la CCPC y la SG, las cuales desplazaron los cuerpos de agua hacia el sur induciendo a la CCC a profundizarce y a la COH a girar tempranamente hacia el oeste lo que induce a pensar que la CES se localizó más al sur de lo normal. (Fig. 3). Se evidenció la CAEN al sur del Ecuador, posición normal para el verano austral.

Mediciones de la magnitud y velocidad de las corrientes hechas In Situ prueban el gran flujo proveniente del norte.

Estas características determinarían un gran cambio en la circulación general del Pacífico Sudeste atribuidas a la gran intensidad del evento El Niño 1997-98

REFERENCIAS

Cornejo M., 1.980. Sistemática, Taxonomía y Distribución de los Eufáusidos (Crustácea, Zooplancton del Archipiélago de Colón). Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales. Tesis Doctoral. 8-10

Cucalón E., 1987. Oceanographic Variability off Ecuador Associated with an El Niño Event in 1982-1983. Journal of Geophysical Research. 92:14309-14322.

Nuñez R., 1.996. A Study of the Ocean Circulation off the Coast of Chile. Center for Ocean - Atmospheric Prediction Studies. The Florida State University. Technical Report 96-4. 34-38.

Patherson S. and H. Sievers, 1.979. Mesoscale Thermal Structure of the Polar Front Zone in Drake Passage during the Austral Summer of 1.976. Instituto Antartico Chileno. No 25-26

Reynolds, Richard W., 1.982. A Monthly Average Climatology of Sea Surface Temperature. Technical Report NWS 31, National Meteorological Center, NOAA, Silver Spring, MD. 35 pp.

Shaffer G., S. Salinas, P. Oscar, A. Vega, S. Hormazabal, 1.995. Currents in the deep off Chile (30°S). Deep-Sea Research. 42:425-436.

Shaffer G., O. Pizarro, L. Djurfeldt, S. Salinas and J. Rutllant, 1997. Circulation and Low-Frequency Variability near the Chilean Coast: Remotely Forced Fluctuations during the 1991-92 El Niño. Journal of Physical Oceanography. 27:217-235.

Strub T., J. Mesias, V. Montecino, J. Rutllant, and S. Salinas, 1.997. Coastal Ocean Circulation off Western South America. Deep-Sea Research. 13:1-37.

"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE ONDAS LINEALES BAROTRÓPICAS EN LA ATMÓSFERA TROPICAL Y EL LITORAL ECUATORIANO-COLOMBIANO EN UN PERÍODO DETERMINADO" *

POR :

RODNEY MARTÍNEZ G. (1)

ABSTRACT

Using series of time of daily averages of atmospheric pressure, environmental temperature, superficial temperature and mean sea level during 1994-1995 in five stations of Ecuador , Colombia and one station in the Galápagos Islands (Ecuador), techniques of spectral analysis were applied in order to determine the existent oscillations in the ocean and the atmosphere. They were gotten with tall levels of coherence, five predominant modes in the tropical atmosphere: the oscillation of 37 days, very close to the oscillation of Madden-Julian (1972), a mode of three weeks with characteristics of the "auto oscillation " of 21 days, (Murakami, 1974) of planetary nature, a third oscillation of 17 days, of characteristic very similar to the Kelvin Equatorial wave detected in the central Pacific, (Gill and Wunsh, 1971). The fourth mode is identified as the oscillation of 9 days corresponding to oscillations of the Intertropical Convergence Zone and finally a mixed wave of Rossby of 4 days, (Weisberg et al ., 1976). In the ocean were detected: a Kelvin Equatorial wave of 50 days, an oscillation of 28 days, the signal of 21 days related with the corresponding atmospheric oscillation, a mode of 14.7 days with tall coherence and great energy in the spectra associated to the biweekly moon tidal component. Finally an oscillation of 9 days that suggests characteristic of a Kelvin equatorial wave of the first baroclinic mode of 9 days, (Wallace, 1971). The presence of oscillations was detected with periods of 30, 18.5 and 10 days in the spectra of superficial temperature of the sea that could have nature of internal waves. The most predominant seasonal waves were characterized determining even taller of energy in the humid station with the clear modulation produced by the oscillation of 9 days corresponding to the Intertropical Convergence Zone fluctuations.

RESUMEN

Usando series de tiempo de promedios diarios de presión atmosférica, temperatura ambiental, temperatura superficial y nivel medio del mar en los años 1994-1995 en cinco estaciones costeras de Ecuador y Colombia y una estación en las Islas Galápagos (Ecuador) se aplicaron las técnicas del análisis espectral para determinar las oscilaciones existentes en el océano y la atmósfera. Se obtuvieron con altos niveles de coherencia, cinco modos predominantes en la atmósfera tropical: la oscilación de 37 días, muy próxima a la oscilación de Madden-Julian (1972), un modo de tres semanas con características de la "autooscilación"de 21 días ,Murakami, 1974 y que es de naturaleza planetaria, una tercera oscilación de 17 días, de características muy similares a la onda Kelvin ecuatorial detectada en el Pacífico central, Gill y Wunsh, 1971. El cuarto modo corresponde a la oscilación de 9 días correspondiente a las oscilaciones de la zona de convergencia intertropical y finalmente una onda mixta de Rossby de 4 días, Weisberg et al., 1976. En el océano fueron detectadas una onda Kelvin ecuatorial de 50 días, una oscilación de 28 días, la señal de 21 días my relacionada con la oscilación atmosférica, un modo de 14.7 días con alta coherencia y gran energía en el espectro correspondiente a la componente de mareas lunisolar quincenal. Finalmente una oscilación de 9 días que sugiere características de una onda Kelvin ecuatorial del primer período baroclínico de 9 días, Wallace, 1971. Se detectó en los espectros de temperatura superficial del mar la presencia de oscilaciones que podrían tener naturaleza de ondas internas con períodos de 30, 18,5 y 10 días. Fueron caracterizadas las ondas estacionales más predominantes determinándose los niveles más altos de energía en la estación húmeda con la clara modulación producida por la oscilación de 9 días correspondiente a la zona de convergencia intertropical.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR). Avda. 25 de Julio, Base Naval Sur, Casilla 5940. E-mail: inocar@inocar.mil.ec, Guayaquil, Ecuador
(*) Síntesis Tesis de Grado Escuela Naval Almirante Padilla- Facultad de Oceanografía Física- Cartagena, Colombia

INTRODUCCIÓN

Las definiciones teóricas y analíticas de las ondas tropicales ha sido ampliamente estudiadas, una completa y detallada descripción es dada por Adrian Gill, (1982), en donde se habla de los resultados alcanzados en materia de los trópicos, enfatizando aspectos como los de la guía de onda ecuatorial, las ondas planetarias y el movimiento cuasi-geostrófico, movimientos baroclínicos cercanos al Ecuador, circulación tropical en la atmósfera y corrientes tropicales oceánicas, entre otros.

Para 1989, Stephen Chiswell y Roger Lukas, mediante el experimento NORPAX, efectuado entre Hawai a Tahití, determinaron espectros de nivel del mar y corriente en el Pacífico Central Ecuatorial. Se encontraron picos centrados en períodos aproximados de 10 días. La dispersión zonal mostró que estos picos eran causados por ondas de gravedad de Rossby.

En 1990, Benjamín S. Giese y D.E Harrison, describieron la respuesta al pulso oceánico Kelvin en un evento idealizado de estrés de vientos del oeste, usando resultados de la teoría lineal, tan bien como un modelo de circulación general de 27 niveles.

En 1994 Jiansheng Zou y Mojib Latif publicaron su trabajo, derivado de anomalías de alturas del nivel del mar, obtenidas por satélite (altimetría-GEOSAT). Su trabajo permitió identificar 4 modos (90 días, 6 meses, 1 y 3-4 años) correspondiente este último a un fenómeno ENSO en el Pacífico tropical.

En Junio de 1995, William S. Kessler, Michael Mc Phaden y Klaus Weickmann determinaron ondas Kelvin con un período de 30-90 días. Las ondas Kelvin que fueron observadas fueron forzadas al oeste de la línea internacional de la fecha y se propagaron a velocidad de 2.4 m/s, con alta coherencia zonal sobre unos 10.000 Km.

En Septiembre de 1995, Shoshiro Minobe y Kensuke Takeuchi, publicaron su estudio que analizaba la conducta de ondas ecuatoriales de período anual y su rol en las variaciones oceánicas, es decir el desplazamiento del nivel del mar, corriente zonal y temperatura superficial del mar a lo largo del Ecuador en el Pacífico.

Más recientemente, en Diciembre de 1995, Jean Philippe Boulanger y Christophe Menkes determinaron que un potencialmente importante mecanismo del fenómeno ENSO, comúnmente conocido como un oscilador de acción retardada, involucra ondas Kelvin y Rossby y sus reflexiones en la frontera oeste del Pacífico.

La ausencia de estudios en la región litoral de Ecuador y Colombia motivó caracterizar más focalizadamente la variabilidad atmosférica y oceánica en esta región del Pacífico para correlacionarla con las teorías existentes para el Pacífico Central y Occidental.

ÁREA DE ESTUDIO Y DATOS OBTENIDOS

Se utilizaron series de tiempo con promedios diarios de temperatura superficial del mar, temperatura ambiental, presión atmosférica y nivel medio del mar para los años 1994-1995.

Los datos obtenidos corresponden a 3 estaciones meteorológicas y mareográficas en el litoral ecuatoriano: Esmeraldas (Lat 0° 56,25'N-Long: 79° 56,7'W), Manta (Lat: 0°55,0'S-Long: 80°42,5'W), La Libertad (Lat: 2°15'S-Long:81°27'W); una estación ubicada en la isla Baltra del Archipiélago de Galápagos (Lat: 0°05'S-Long: 90°23,3'W) y dos estaciones ubicadas en Colombia, Tumaco (Lat: 1°45'N-Long: 78°47,5'W) y Buenaventura (Lat: 3°55'N-Long: 77°00'W).

METODOLOGÍA

Las series de tiempo fueron analizadas individualmente, se verificó en primera instancia, los datos faltantes. Por la escasa cantidad de datos inexistentes, fueron interpoladas mediante el polinomio de interpolación cúbica (cubic spline).

El intervalo de muestreo para las series fue de 1 día, la frecuencia de muestreo 1, de tal forma que las frecuencias altas (ondas capilares, de ultragravedad , infragravedad) y marea fueron filtradas en el muestreo.

La frecuencia Nyquist, para todas las series de datos fue de 0.5 ciclos/día (T=2 días).

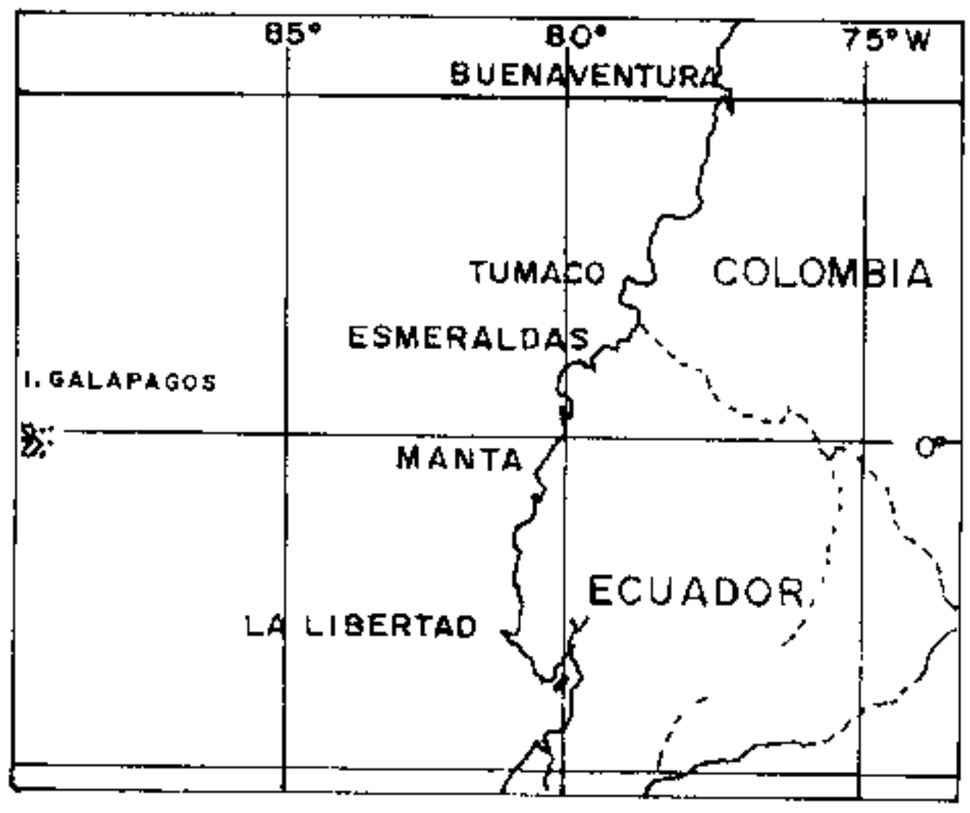


Fig. 1. Ubicación geográfica de estaciones

Las series de datos completas, fueron procesadas estadísticamente, para comprobar su distribución de frecuencias, y tener la referencia de los indicadores estadísticos (media, mediana, desviación standard y varianza).

Los espectros de energía o autoespectros fueron calculados usando el método del periodograma promedio de Welch (1986). La serie de tiempo fue dividida en secciones cada una de la cuales fue normalizada y removida la tendencia lineal, posteriormente se les aplicó una ventana "hanning", del tamaño de las secciones para la eliminación de lóbulos laterales. Las magnitudes elevadas al cuadrado de la transformada discreta de Fourier de las distintas secciones fueron promediadas para formar el autoespectro, el número de secciones traslapadas para el promedio dieron los grados de libertad para establecer un intervalo de confianza de 95%.

Todos los espectros fueron, calculados utilizando 230 grados de libertad, de tal manera de alcanzar la estabilidad estadística , sacrificando al mínimo la resolución de la señal. Las variaciones producidas al variar e incrementar los grados de libertad, fueron evidentes en cuanto a la amplitud de los espectros en tanto que las variaciones en frecuencia fueron imperceptibles. El número de grados de libertad tuvo que ser incrementado en razón de la relativamente pequeña longitud de los registros.

Los espectros cruzados se calcularon utilizando el mismo método antes mencionado para el cálculo de los autoespectros para las dos series de tiempo a relacionar, luego los autoespectros, fueron multiplicados y promediados para formar el espectro cruzado.

Para la coherencia, en base a los autoespectros y el espectro cruzado, se calculó la función de coherencia, dividiendo el cuadrado del espectro cruzado para el producto de los autoespectros.

Posterior a la obtención de todos los espectros, en cada una de las fases de la investigación, se efectuó la selección de los picos de interés, que cumplieron con la estabilidad estadística impuesta (intervalo de confianza del 95%). Estos picos, fueron analizados, sobre los diagramas de densidad espectral, se determinaron, las frecuencias, los períodos y la proporción de energía (varianza en el espectro) que contiene cada una de las frecuencias estadísticamente significativas y que por los procesos anteriores (ventanas espectrales y filtraje en el muestreo). están por sobre la influencia del ruido en los procesos analizados. Fueron analizados los espectros de transferencia en amplitud y fase, para determinar el nivel de respuesta a los impulsos entre señales y con el espectro cruzado, se estableció la correlación estadística de las frecuencias significativas.

Como aspecto adicional de la investigación, se realizó un análisis estacional de las series de tiempo, es decir el procesamiento espectral de los parámetros conformando series sintéticas uniendo los datos solo para la estación húmeda o invernal y lo propio para la estación de verano. Con el estudio espectral de estas series se confrontaron los resultados de las frecuencias y el comportamiento de la onda del Este (fluctuaciones de la zona de convergencia intertropical).

RESULTADOS

Análisis espectral de parámetros atmosféricos.- El procesamiento de las series de tiempo de presión atmosférica y temperatura ambiental, determinó, en los espectros la presencia de picos significativos, con el 95 % de confianza (Fig. 2). Las frecuencias, períodos y coherencias fueron obtenidos de la comparación de los espectros de densidad espectral o autoespectros de las estaciones en estudio. Con los espectros cruzados entre las estaciones, se validaron las frecuencias en las cuales existía correlación entre estaciones. Estas frecuencias luego fueron evaluadas en coherencia para determinar el nivel de correlación en cada banda de frecuencia. Finalmente se fijaron como frecuencias finales, las detalladas en la tabla 1.

TABLA 1

PICO	FRECUENCIA (CICLOS/DIA)	PERIODO (DIAS)	COHERENCIA
1	0.027	37	0.95
2	0.047	21	0.875
3	0.058	17.24	0.9
4	0.110	9	0.875
5	0.225	4	0.7

Para complementar los resultados de los espectros de energía en presión atmosférica, es necesario interrelacionarlos con los espectros obtenidos para la temperatura ambiental mostrados en la Figura. 3

La tabla 2 resume el análisis espectral de las series de tiempo de temperatura ambiental, las estaciones consideradas, amplían el estudio hasta Tumaco y Buenaventura, comparándolas con La Libertad. Se encontraron tres frecuencias significativas con el 95% de confianza, el espectro cruzado entre las estaciones muestra la mayor energía en estas frecuencias, evidenciando correlación estadística, sinembargo la coherencia a diferencia de la presión atmosférica, decrece substancialmente, tomando en cuenta que el ruido en la señal va en perjuicio del nivel de coherencia y la temperatura ambiental está sujeta a fluctuaciones locales y a variaciones de otros parámetros que no estén involucrados en el estudio como son la humedad relativa, radiación solar y el viento. Las tres frecuencias, aparecen también en el espectro de presión atmosférica, evidenciando, que se trata de ondas que se propagan en la atmósfera modulando la presión y la temperatura con las mismas características.

TABLA 2

PICO	FRECUENCIA (CICLOS/DIA)	PERIODO (DIAS)	COHERENCIA
1	0.027	37	0.575
2	0.047	21	0.38
3	0.058	17.24	0.575

Análisis espectral de parámetros oceanográficos

El análisis del nivel medio del mar contempló dos fases, en la primera, se hizo el análisis espectral entre estaciones costeras, con el fin de encontrar las ondas que llegan a todas las estaciones y como difiere su intensidad con la distancia, a fin de poder suponer en primera aproximación, si su propagación es a lo largo de la costa o viene del océano propagándose ecuatorialmente. La segunda fase estableció el análisis espectral, de todas las estaciones costeras comparadas con la estación oceánica , Isla Baltra en el Archipiélago de Las Galápagos con la intención de establecer, la ocurrencia de ondas que son de naturaleza puramente oceánica y que al llegar al continente, empiezan su recorrido paralelo a la costa, a partir de la línea ecuatorial.

Los espectros de nivel medio del mar, se muestran en la Fig. 4, los picos identificados se especifican en la tabla 3.

De entre las frecuencias significativas aunque el comportamiento entre estaciones costeras es muy similar la coherencia de las ondas detectadas fue muy baja excepto en la frecuencia de 0.068 ciclos/día (T=14.7 días) y con menos intensidad en la frecuencia de 0.02 ciclos/día (T= 50 días), en el espectro de energía existe una coincidencia del primer pulso en todas las estaciones, con amplitudes variables, los espectros cruzados indicaron una definida correlación entre estaciones en esta frecuencia y la coherencia es alta (0.73-0.82), tanto para las correlaciones entre estaciones costeras, como para las efectuadas con Baltra. Esto es un indicativo de la presencia predominante de esta onda en toda el área de estudio. El análisis espectral con Baltra, este pulso se mantiene en frecuencia, pero, su amplitud de energía es la menor de todas. Es notoria la gran cantidad de energía en esta frecuencia en la estación de Buenaventura. La segunda frecuencia tiene una coherencia de 0.55 siendo más acentuada entre estaciones costeras y extremadamente baja entre Baltra y el continente, indicando que la influencia de esta señal es mucho menor en esta estación.

Los espectros de energía para temperatura superficial del mar, se muestran en la figura 5, las frecuencias significativas detectadas se detallan en la tabla 4.

El análisis espectral para la temperatura superficial del mar se efectuó entre tres estaciones, Esmeraldas, Manta y La Libertad . El espectro de energía muestra más frecuencias que el de nivel medio del mar, los espectros cruzados entre las estaciones , permitieron seleccionar los picos detallados en la tabla 4. Los niveles de coherencia

TABLA 3

PICO	FRECUENCIA (CICLOS/DIA)	PERIODO (DIAS)	COHERENCIA (EST. COSTA)	COHERENCIA (BALTRA)
1	0.020	50	0.55	0.11
2	0.035	28	0.40	0.37
3	0.0475	21	0.20	0.34
4	0.068	14.7	0.73	0.82
5	0.11	9	0.38	0.45

sinembargo, son bajos, excepto para la frecuencia de T=10.41 días . La temperatura superficial es un parámetro más sensible a la influencia de factores locales externos que introducen ruido al sistema, sinembargo, el pico de los 14.7 días, persiste en el espectro pero con coherencia baja (0.3).

TABLA 4

PICO	FRECUENCIA (CICLOS/DIA)	PERIODO (DIAS)	COHERENCIA
1	0.0325	30	0.5
2	0.054	18.51	0.4
3	0.068	14.7	0.3
4	0.096	10.41	0.66
5	0.275	3.63	0.52

Cabe anotar que aún cuando no haya plena coincidencia de los períodos entre nivel medio y temperatura superficial del mar, es imposible desconocer, la estructura armónica de las señales no coincidentes (T=30 días, T=18.5 días, T=10.41 días, T=3.63 días), lo cual podría sugerir la presencia de ondas internas que se desplazan a esta frecuencia y extienden su influencia a la superficie, la cual se siente térmicamente, pero sin la energía suficiente para alterar la superficie del mar.

CONCLUSIONES

Los espectros de la atmósfera sugieren la presencia de 5 modos predominantes que en su conjunto imprimen al sistema el 23.07% de la energía. Estos fueron identificados mediante la aproximación de los cálculos y estudios comparados como: onda de Kelvin ecuatorial atmosférica de 37 días de período, muy próxima a la oscilación Madden-Julian (1972) 40-50 días detectada en la atmósfera tropical. Se evidenció la presencia de una oscilación de 21 días, que no se ajusta a los patrones de ondas conocidos, esta onda de acuerdo a los estudios de GARP (Global Atmospheric Research Program), 1983 tiene naturaleza planetaria, sus orígenes no son conocidos en la actualidad, se le denomina la autooscilación de 2-3 semanas. Ha sido evidenciada en el Océano Indico y en el Pacífico tropical, toma ese nombre ya que es una onda en la que el sistema océano-atmósfera oscila en esa frecuencia (Murakami,1974), entrega al sistema el 3.7 % de energía. Estas dos oscilaciones, modulan tanto la presión atmosférica como la temperatura ambiental en el área de estudio reforzando el concepto de la influencia de estas señales en el comportamiento atmosférico. La tercera onda se identificó como una onda Kelvin ecuatorial de 17.24 días, los resultados obtenidos coinciden con los estudios hechos por Gill y Wunsch.1971 en el Pacífico central. Esta oscilación al igual que las anteriores es muy coherente con las de temperatura en la atmósfera, aunque para todos los casos los niveles de coherencia en los espectros de temperatura fueron notablemente bajos en comparación a la alta coherencia de la presión atmosférica, lo cual refuerza la idea de que como parámetro integral en la vertical, contiene la información de la atmósfera y tiene menos influencia de factores locales que en cambio afectan considerablemente a los espectros de temperatura.

La cuarta onda detectada es una oscilación de 9 días, que le entrega al sistema el 2.53 % de energía, sinembargo su influencia no llega a incidir en la temperatura, posiblemente por su frecuencia mayor. La última señal detectada fue la onda mezclada Planetaria-Gravedad de 4 días, los parámetros obtenidos coinciden plenamente con los encontrados por Weisberg et al, 1979. Su influencia igualmente se limita a la presión atmosférica y no es evidente en cuanto a la temperatura.

En cuanto a las ondas en el océano fueron identificados mediante los espectros, cinco señales de interés. La primera es una onda Kelvin ecuatorial de 50 días de período que entrega al sistema el 1.9 % de energía. La presencia de esta onda en los espectros de Baltra (islas Galápagos), da consistencia a su naturaleza puramente oceánica, que no es generada por la interacción onda-continente. La segunda onda, fue identificada como una onda de Poincaré ecuatorial u onda de gravedad ecuatorial de modo 1, con período de 28 días aparece en el espectro de Baltra, su aporte de energía es 0.93 % . La tercera señal de 21 días corresponde a una onda Kelvin ecuatorial típica del primer modo Baroclínico (Weisberg,1976), que tiene naturaleza más bien continental y no aparece en el océano abierto pero que de alguna manera podría guardar relación con la onda de 21 días atmosférica con una buena aproximación a la onda Kelvin. Entrega al sistema el 0.5 % de energía. La cuarta onda detectada, es la que más energía le imprime al sistema, 3.8%. Tiene la coherencia más alta de todas y su presencia en los espectros de nivel medio del mar es predominante, se identificó como una onda de Poincaré ecuatorial de modo 1 de período 14.7 días. El comportamiento de la amplitud de la señal entre las estaciones, sugiere, la probable influencia de la batimetría del fondo. La estación de Buenaventura registra, un pico extremadamente grande de energía que rompe con el patrón de decaimiento de la señal por el radio de deformación de Rossby lo cual sugiere la influencia de la componente de mareas lunisolar quincenal.

La quinta señal significativa fue identificada como una onda Kelvin ecuatorial del primer modo baroclínico de período 9 días, de acuerdo a los estudios hechos por Wallace, 1971. Su influencia es perceptible en todas las estaciones, aunque su energía es mínima , 0.42 %.

Los espectros comparados de energía comparados muestran la clara influencia del continente sobre las ondas. Al desplazarse a través de la guía de onda ecuatorial, las

ondas encuentran el continente y su señal es desviada, siguiendo la línea de costa, esto genera una interferencia constructiva en los espectros de nivel del mar entre las ondas incidentes y las refractadas que viajan transversalmente. Las señales que no alcanzan a figurar en los espectros de Baltra sugieren la idea de que en el continente, por la interacción de las ondas incidentes y la plataforma, se produzcan señales que modulen las originales y formen ondas continentales con características propias, que se propaguen a lo largo de la costa.

El análisis de los espectros de temperatura superficial del mar, ayuda a validar la existencia de las señales de 28 días, la de 14.7 días, pero permite observar la presencia de señales importantes que no aparecen en los espectros de nivel medio del mar, como son la onda Kelvin ecuatorial, de 30 días, la oscilación de 18.51 días, la onda Rossby de gravedad de 10.41 días y finalmente la onda de Rossby del modo baroclínico 2. La no aparición de estas ondas en los espectros de nivel del mar sugieren la posibilidad de que la fuente de propagación de estas ondas, no es la variabilidad de la superficie del mar por forzantes típicos de la atmósfera como el viento, sino más bien la relación que podrían tener con ondas internas que viajan ecuatorialmente en las inmediaciones de la termoclina.

AGRADECIMIENTOS

Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador
Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (Armada de Colombia)
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (República de Colombia)
Facultad de Oceanografía Física (Escuela Naval "Almirante Padilla")
Serguei Anatolievich Lonin, Ingeniero Oceanólogo PhD y Director de la Investigación.
Orlando Malaver Calderón, Capitán de Fragata, Oceanógrafo Físico, Decano de la Facultad de Oceanografía Física de la Escuela Naval "Almirante Padilla"
Carlos Andrade Amaya, Capitán de Fragata, Oceanógrafo Físico MS, Subdirector científico CIOH.
Alfonso Mascarenhas Jr.,Oceanógrafo Físico PhD, Instituto de Investigaciones Oceanológicas Universidad Autónoma de Baja California.
Luiz Bruner de Miranda, Oceanógrafo Físico PhD, Instituto Oceanográfico de la USP (Brasil).
Carlos Torres G. , Oceanógrafo Físico MS, Instituto de Investigaciones Oceanológicas de Ensenada-Nuevo México.
Oficina de Internet Escuela Naval "Almirante Padilla"

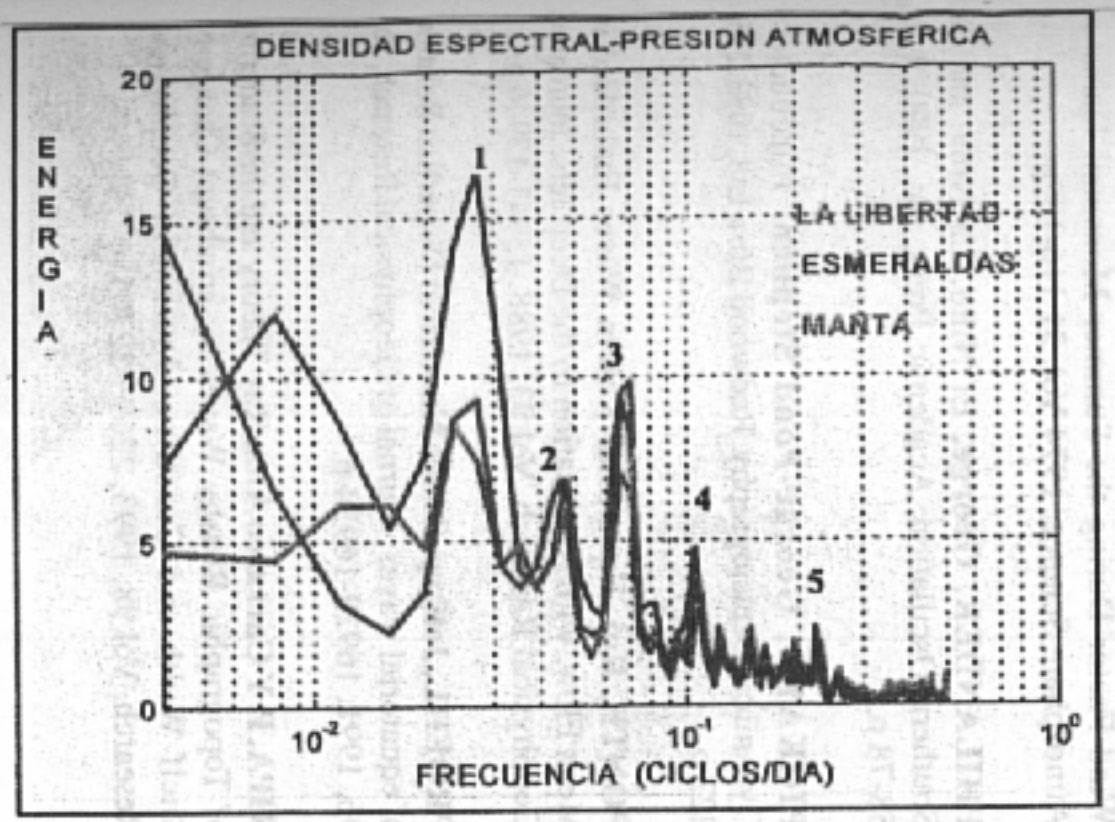


Fig. 2 (Energía en mb² x día)

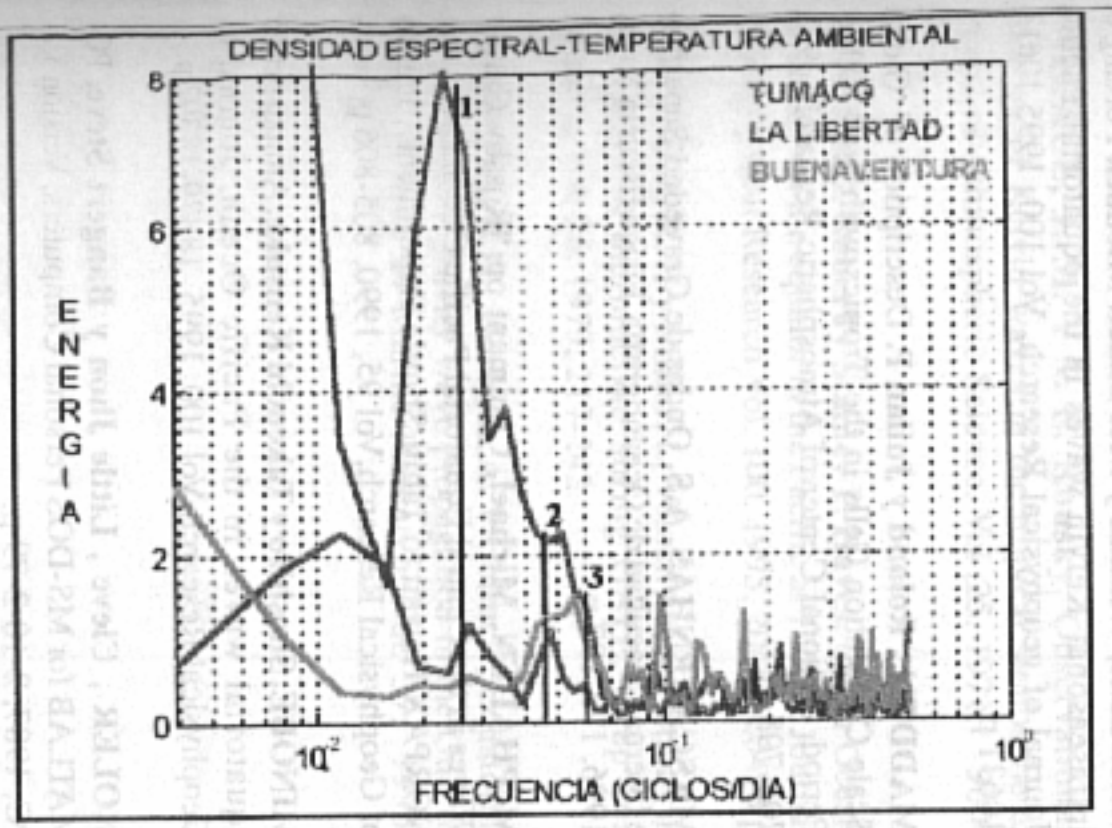


Fig. 3 (Energía en °C² x día)

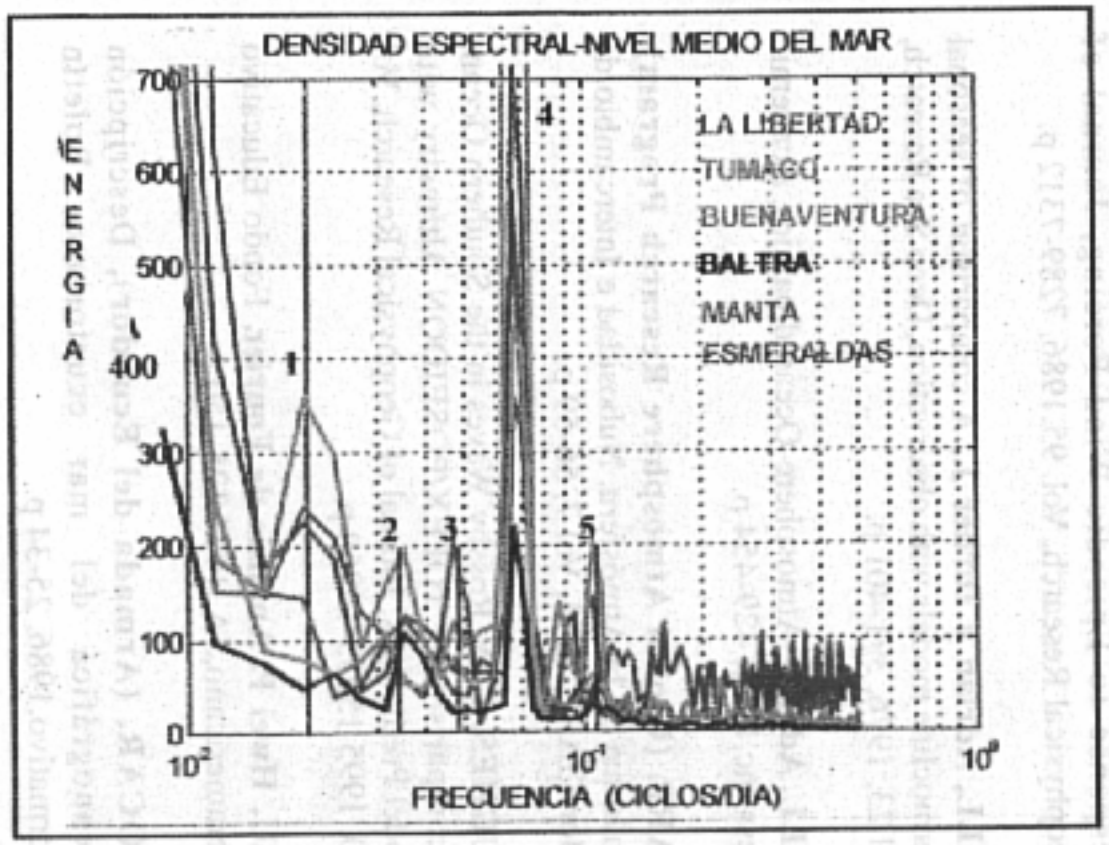


Fig. 4 (Energía en cm² x día)

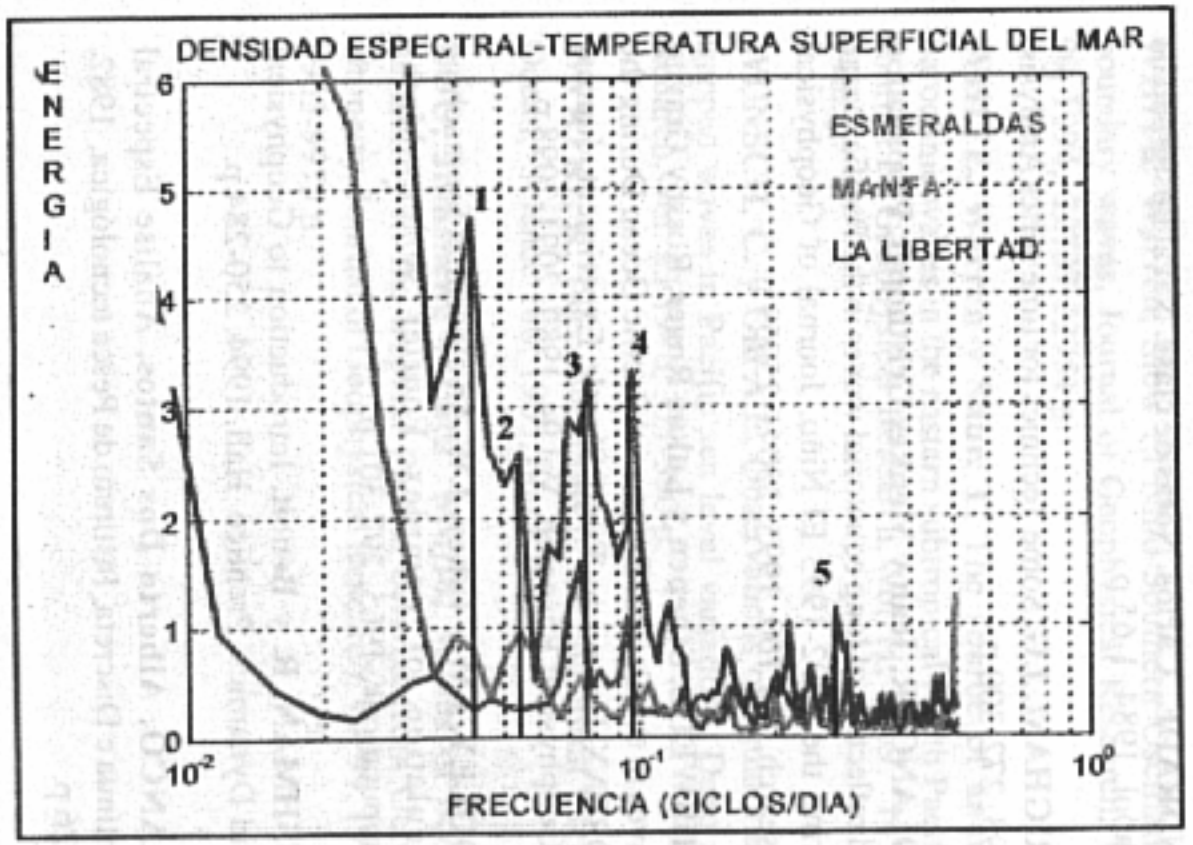


Fig. 5 (Energía en °C² x día)

BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE, Carlos. Notas de clase. Naval Postgraduate School, 1984, 1-65 p.

BRIGHAM, J.G, Some Technics for time series Analysis, 1993, 272-300 p.

BOLANGER, Jean y Menkes Cristhoper. Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992-1993 El Niño, Journal of Geophysical Research, Vol 100, 1995, 25041-25059 p.

CHISWELL, Sthepen y Lukas Roger, Rossby Gravity Waves in the Central Equatorial Pacific Ocean During the NORPAX Hawaii to Tahiti Shuttle Experiment, Journal of Geophysical Research, Vol 94, 1989, 2091-2098 p.

COOLEY, J.W y Tukey, J.W, An algorithm for machine calculation of complex Fourier series, Maths Computations, 1965, 297-301 p.

CUSHMAN, R. y Benoit. Introduction to Geophysical Fluid Dynamics, Prentice Hall, 1994, 250-284 p.

FRANCO, Alberto Dos Santos. Análise Espectral Contínua e Discreta. Instituto de Pesca tecnológica, 1982, 1-126 p.

GIESE, Benjamín y Harrison D. Aspects of the Kelvin Response to Episodic Wind Forcing, Journal of Geophysical Research, Vol. 95,1986, 7289-7312 p.

GILL, Adrian y Turner J., A comparison of seasonal thermocline models with observation. Deep Sea Research, Vol 23, 1976, 391-401 p.

GILL, Adrian. Atmosphere-Ocean dinamics, Academic Press,Inc,1982, 429-454 p.

GARP, (Global Atmosphere Research Program), Dinámica de la Atmósfera, Nubosidad e Intercambio de Calor, GARP, 1983, Vol 7, 56-59 p.

HUGHES, C.W. Rossby Waves in the Southern Ocean: A comparison of TOPEX/POSEIDON Altimetry with Model Predictions, Journal of Geophysical Research, Vol 100, 1995 15933-15950 p.

HSU, Hwei P. Análisis de Fourier. Fondo Educativo Interamericano,SA, 1974,125-150 p.

INOCAR, (Armada del Ecuador), Descripción Oceanográfica del mar ecuatoriano, Boletín Informativo,1986, 25-34 p.

KESSLER, William y McPhaden Michael. Forcing of intraseasonal Kelvin waves in the equatorial Pacific, Journal of geophysical Research, Vol 100, 1995,10613-10631 p.

MADDEN , Roland y Julian P. Description of Global Scale Circulation Cells in the Tropics with a 40-50 Day Period. National Center of Atmospheric Research, 1972, 702-708 p.

MASCARENHAS, A.S. Ondas de Gravedad Superficie e Internas. Facultad de Oceanografía Física Escuela Naval, 1996, 172-197 p.

McPHADEN, Michael, Comment on "Rossby Gravity Waves in the Central Equatorial Pacific Ocean During the NORPAX Hawaii to Tahiti Shuttle Experiment", Journal of Geophysical Research,Vol 95, 1990, 805-806 p.

MINOBE, Shoshiro y Takeuchi Kensuke. Annual period equatorial waves in the Pacific Ocean, Journal of Geophysical Research,Vol 100, 1995, 18379-18392 p.

MOLER , Cleve , Little Jhon y Bangert Steve, PC-MATLAB for MS-DOS Personal Computers, Version 3.1-PC, 1987, 2-10-2-79 p.

MURAKAMI, T, Ho, F, On the Prepared Period of Upper Wind Factor During the Summer Monsoon, Journal of Atmosphere Science, 1974 Vol. 31 116-132p.

PHILANDER, George, El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation, Academic Press, Inc, 1990, 9-56, 58-78 p.

PICKARD, George-Pond Stephen. Introductory Dynamical Oceanography. Redwood Burn Ltd, 1983, 215-223 p.

PONTE, Rui, Equatorial Kelvin Waves Embedded in Mean Flow, with Application to the Deep Jets, Journal of Geophysical Research, Vol 93, 1988, 13941-13946 p.

PROEHL, Jeffrey. On the Numerical Dispertion Relation of equatorial waves, Journal of Geophysical Research, Vol 96, 1991, 16929-16934 p.

RIPA, P. Y Carrasco Ana, Ray Theory and the Scattering of Topographic Rossby Waves by an abrupt Change of Shelf Width and Coastline, Journal of Geophysical Research, Vol 98, 1993, 22693-22705 p.

THORNTON, E.B . Analysis of Air Ocean Time Series. Naval Postgraduate School Monterey, California, 1984, 1-65 p.

WALLACE, J. M. Y V. E. Kousky, Observational evidence of Kelvin waves in the tropical stratosphere, Journal of Athmospheric Science, Vol ,25, 1971, 900-907 p.

WEISBERG, Robert y Stanley P. Hayes. Upper Ocean Variability on the equator in the Pacific at 170(W. Journal of Geophysical Research Vol. 100. 1995, 20485-20498 p

WEISBERG, R. H y Miller, L. Velocity observations in the equatorial thermocline during GATE, Deep Sea Research, Vol. 26, 1979, 217-242.

WEISBERG, R.H., Horigan, A. Y Colin, C. Equatorial trapped Rossby-gravity wave propagation in the Gulf of Guinea. Journal of Marine Research, Vol. 37, 1995, 67-86 p.

WELCH, H, Averaged Periodogram method, Matlab user's Manual, 1986, 125-129p.

WHITE, Warren, Slow El Niño-Southern Oscillation boundary waves, Journal of Geophysical Research, Vol 99, 1994, 22737-22751 p.

WHITE, Warren y Saur, T, The source of annual baroclinic waves in the eastern subtropical North Pacific, Journal of Geophysical Research, Vol 11, 1969, 1452-1462 p.

WUNSCH, C. y Gill A.E, Observations of equatorially trapped waves in Pacific sea level variations. Deep sea Reearch, Vol. 23 1976, 371-390 p.

WYRTKI, K, Teleconnections in the equatorial Pacific Ocean, Science 180, 1963, 66-68 p.

ZOU, Jiansheng y Latif Mojib, Modes of ocean variability in the tropical Pacific derived from Geosat altimetry, Journal of Geophysical Research, Vol 99, 1994, 9963-9975 p.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS MASAS DE AGUAS COSTERAS ECUATORIANAS DURANTE LOS EVENTOS ENSO DE 1993-1998

POR :

MANUEL VALENCIA T. (1)
ANA R. DE MORÁN (1)
CARMEN P . DE ORDÓÑEZ (1)

ABSTRACT

The objective of this paper is to cooperate to obtain knowledge about the effect of "El Niño" phenomenon on the chemical characteristics of marine water masses in Ecuador.

The location of the different water masses in water column , as well as, their characteristics in relation to temperature, salinity, and inorganic nutrients, nitrite, nitrate, fosfate and silicate on 1994, considered as a normal year, 1993, considered as a medium intensity "El Niño" year, as well as 1998 which is considered a high intensity "El Niño Year", is presented.

Presence of ATS, AES, ACP, AESS and AEP water masses is established on studied years, except on 1994 , year in which ATS were absent.

Higher temperature on ATS during "El Niño" 1998 than on "El Niño" 1993 is established. However this water mass was not detected in 1994 considered as a normal year.

It is corroborated that, in general sense, the ATS contains higher concentration of dissolved oxygen than deeper water masses, as well as, ATS possesses lower concentration of dissolved nutrients, which is related to the apparent oxygen utilization (AOU). Higher concentration of nutrients is detected during the occurrence of "El Niño" phenomenon, in relation to the normal year,

It 's also concluded that "El Niño" Phenomenon had preferible influence on ATS than on deeper water masses which retain their own physical and chemical characteristics.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es coadyuvar al conocimiento de los efectos que sobre las características químicas de las diferentes masas de agua del mar ecuatoriano ocurren durante la aparición del Evento ENSO.

Se realiza la ubicación de las diferentes masas en la columna de agua, así como la caracterización de las mismas desde el punto de vista de los parámetros, temperatura, salinidad oxigeno y micronutrientes inorgánicos (nitrito, nitrato, fosfato y silicato) en un año considerado como normal , 1994 y en los años ENSO, 1993, determinado cono año Niño de intensidad moderada y 1998 Niño de fuerte intensidad.

Se establece la presencia de las masas de agua ATS, AES, ACP, AESS y AEP durante los años de estudio, excepto en 1994, año en el cual las ATS están ausentes.

Se establece que la temperatura es mayor en las ATS durante el niño 1998 que en el "Niño" de 1993, no habiéndose detectado esta masa de agua en 1994, año considerado como normal.

Se corrobora que en forma general, las ATS son más oxigenadas que las masas más profundas y que poseen menor concentración de micronutrientes inorgánicos lo que está relacionado con la Utilización Aparente de Oxígeno (AOU) negativa, habiéndose observado además que la concentración de estos parámetros es superior en estas aguas durante la ocurrencia del fenómeno El Niño en comparación con el año normal.

Se concluye además que el Evento el Niño influyó preferentemente en las aguas superficiales, manteniendo las masas más profundas sus propias características

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) Av. 25 de Julio Base Naval Sur, Casilla 5940. E-mail: inocar@inocar.mil.ec. Guayaquil-Ecuador

INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años se conoce que en algunos eventos anómalos, en su comportamiento oceanográfico y meteorológico las aguas cálidas llegan mucho más al sur de su normal posición, originando efectos catastróficos sobre la ictiofauna y avifauna marinas, poblaciones ribereñas y en el clima especialmente costero de los países ubicados en la franja litoral.

Siendo evidente la importancia que el estudio de el Fenómeno El Niño tiene por sus connotaciones ambientales, y socioeconómicas sobre el mundo entero y, concomitante con ello para los países de la región del Pacífico Sudeste, y por lo tanto para el Ecuador, se ha realizado numerosos estudios acerca del comportamiento, de los parámetros físicos, biológicos, químicos y meteorológicos del mar ecuatoriano durante la ocurrencia de el Fenómeno y en años en los cuales éste no se presenta, mediante los que se ha determinado las condiciones termohalinas, así como las variaciones meteorológicas y algunos efectos sobre las características biológicas y químicas del mar, ocasionadas por los eventos de diferente intensidad que se han manifestado durante los años ; por otra parte, de acuerdo a OKUDA et -al 1983, tomando en consideración la descripción de las masas de agua en el Pacífico oriental por Wyrtki, 1967, Zuta y Guillen en Perú, 1970 y Enfield 1976, en la región norte del Frente ecuatorial 1976, se determinó la distribución de nutrientes en las aguas frente a Ecuador para la época entre 1975 y 1980; Rodríguez de Morán, 1990, realiza un estudio de las características de la aguas ecuatorianas mediante el análisis químico de muestras obtenidas mediante los cruceros I y II realizados a bordo de B/I ORION en los meses de Agosto y Diciembre de 1988; por otra parte, Valencia y Morán 1996, determinan las características químicas de las masas de aguas costeras ecuatorianas en estaciones fijas de la Península de Santa Elena y el Puerto de Manta durante el lapso entre 1990 y 1995.

El objetivo del presente trabajo es coadyuvar al conocimiento de la génesis y evolución del evento El Niño mediante la determinación de las características hidroquímicas de las masas de agua presentes en los eventos de 1993, considerado de moderada intensidad, de 1998, de gran intensidad; comparándolas con 1994, año considerado normal, utilizando para ello la información obtenida en cruceros del B/ORION realizados en los meses de Marzo de los años citados y tomando como área de estudio, por su coincidencia espacio- temporal las transectas comprendidas entre los meridianos 82 y 83°30' de longitud oeste.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área para el presente estudio se encuentra ubicada para el año 1993 entre 1°0.01' N a 3°22.35' S y 83°30' de longitud oeste, mientras que para el año 1994 entre 1°30.4' N a 3°30' S y 83°05' W, y para 1998 entre 0°00 a 3°24' S y 82° W.

Los niveles de muestreo en cada estación fueron los estándar hasta los 500m. de profundidad Fig. 1.

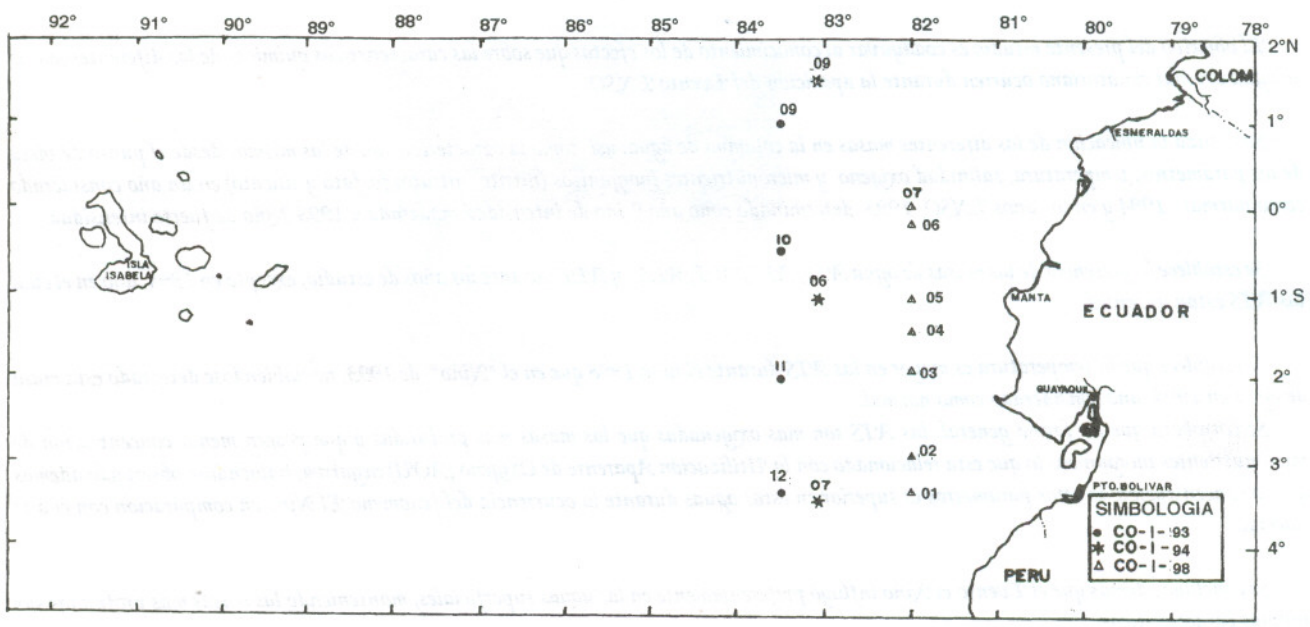


Figura 1. Ubicación del área de estudio

FUENTES DE DATOS Y MÉTODOS APLICADOS

Para analizar las características químicas de las masas de agua se han utilizado los datos físicos y químicos obtenidos en tres cruceros oceanográficos 1993, 1994 y 1998 efectuados por el Instituto Oceanográfico de la Armada CO-I-93 (Marzo de 1993 en las estaciones 12, 11, 10 y 9); CO-I-94 (Marzo de 1994 en las estaciones 7, 8 y 9); y, CO-I-98 (Marzo de 1998 en las 7 estaciones).

Se realizó un estudio frente a la costa del Ecuador, en el meridiano 83°30' W para el mes de Marzo del año 1993, año de ocurrencia de un evento ENSO de intensidad moderada, en el meridiano 83° 05' W del año 1994, tomado como patrón de comparación de condiciones normales y el meridiano 82°W del año 1998, año afectado por un Niño de fuerte intensidad, estableciéndose la presencia y ubicación de las siguientes masas de agua, cuya determinación se basó en especificaciones convencionales, OKUDA et-al 1983, en la forma siguiente :

1. Aguas Tropicales Superficiales (ATS) : Temperaturas por encima de 25°C y salinidades por debajo de 33.8 ‰ .
2. Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) : Temperaturas de 25-19°C y salinidades de 33.8-35.1‰.
3. Aguas Costeras Peruanas (ACP) : Temperaturas de 19 -15°C y salinidades de 35.1-34.8‰.
4. Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS): Temperaturas de 15-13°C y salinidades de 35.1-34.9 ‰.
5. Aguas Ecuatoriales Profundas (AEP): Temperaturas de 13- 7°C y salinidades de 34.9-34.6 ‰.

Se analizó parámetros tales como: temperatura , salinidad, oxígeno disuelto, micronutrientes inorgánicos (nitrito, nitrato, fosfato y silicato) . Temperatura y salinidad mediante la utilización de un CTD autocontenido SEA BIRD, mientras que para oxígeno disuelto se aplicó el método de Winkler y para micronutrientes inorgánicos la metodología espectrofotométrica enunciada por Strickland y Parsons.

RESULTADOS OBTENIDOS

AÑO 1993.

En 1993, año en que se presentó un Evento ENSO de intensidad moderada pudo detectarse ATS, en la capa superficial, hasta los 30 m, en la zona sur del área de estudio, estaciones 11 y 12 ., con temperatura y salinidad comprendidas entre 28.2°C- 34.8 UPS, 26.0°C -34.3 UPS y promedio de 27.1°C - 34.60 UPS.

Tabla. 1 Concentración promedio de los parámetros químicos de las masas de agua determinadas

AÑO 1993

ATS	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	27.1	34.614	5.359	0.0494	8.6485	0.0718	2.5705
MAXIMO	28.2	34.800	5.636	0.2156	12.6696	0.1231	5.1713
MINIMO	26.0	34.291	5.073	0.0001	3.9742	0.0001	0.0720

AES	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	22.0	35.017	3.983	0.1425	11.1135	0.1114	8.9499
MAXIMO	25.9	35.503	4.901	0.4311	18.3805	0.1641	18.7125
MINIMO	19.2	34.131	3.213	0.0001	3.5767	0.0205	2.1334

ACP	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	16.4	35.090	2.198	0.7076	20.1057	0.2293	18.6152
MAXIMO	18.7	35.228	2.705	1.1317	25.2360	0.4307	23.4188
MINIMO	15.0	35.001	1.184	0.4011	13.5122	0.1436	13.4807

AESS	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	13.8	34.984	1.256	1.3173	23.7125	0.3760	24.8977
MAXIMO	14.7	35.047	2.193	1.7245	33.1843	0.6564	31.0005
MINIMO	13.1	34.935	0.485	0.8083	16.7908	0.1641	20.7639

AEP	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	9.9	34.773	0.598	1.8403	38.9610	0.3458	31.5976
MAXIMO	12.7	34.948	0.986	2.4250	50.0745	0.7384	37.5191
MINIMO	7.5	34.614	0.282	1.3472	28.0179	0.0410	26.4309

AÑO 1994

AES	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	21.67	34.80	3.905	0.463	5.342	0.012	8.568
MAXIMO	22.45	34.97	4.359	0.772	8.878	0.080	14.162
MINIMO	19.45	34.60	2.599	0.086	3.591	0.001	5.897

ACP	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	16.02	35.03	2.220	0.675	9.825	0.046	14.477
MAXIMO	18.85	35.13	3.073	1.291	12.868	0.180	18.566
MINIMO	15.00	34.95	1.648	0.114	8.279	0.001	8.947

AESS	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	14.27	35.01	1.355	1.196	13.902	0.209	17.244
MAXIMO	14.89	35.06	1.956	1.731	19.651	0.330	22.256
MINIMO	13.06	34.96	0.670	0.645	10.374	0.100	14.527

AEP	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	9.87	34.78	0.436	1.687	23.732	0.319	27.044
MAXIMO	12.58	34.91	0.670	2.378	43.591	0.541	35.245
MINIMO	7.87	34.62	0.279	0.860	15.162	0.180	19.728

AÑO 1998

ATS	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	28.8	33.41	4.641	0.082	4.412	0.050	1.986
MAXIMO	29.8	35.34	5.292	0.203	13.580	0.162	7.532
MINIMO	25.7	31.19	3.289	0.001	0.003	0.001	0.001

AES	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	23.6	35.183	2.929	0.244	11.194	0.105	10.173
MAXIMO	25.0	35.570	3.870	0.406	17.848	0.162	14.944
MINIMO	21.1	34.869	1.952	0.203	6.014	0.040	5.867

ACP	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	16.6	35.19	1.920	0.393	14.046	0.123	14.690
MAXIMO	18.1	35.4	3.013	0.609	21.728	0.182	18.736
MINIMO	14.7	35.0	1.247	0.152	6.305	0.040	10.406

AESS	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	13.5	34.972	1.019	0.643	19.893	0.153	19.500
MAXIMO	14.5	35.068	1.501	1.270	26.675	0.242	26.086
MINIMO	12.9	34.902	0.446	0.406	15.423	0.121	14.906

AEP	TEMPERATURA °c	SALINIDAD UPS	OXIGENO ml/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l	NITRITO ugat/l	NITRATO ugat/l
PROMEDIO	9.8	34.738	0.504	1.232	33.900	0.173	24.823
MAXIMO	12.6	34.947	0.835	2.438	62.177	0.646	35.452
MINIMO	7.5	34.597	0.226	0.508	18.430	0.000	17.322

El oxígeno disuelto, presenta concentraciones comprendidas entre 5.64 - 5.07 y promedio de 5.36 ml/l.

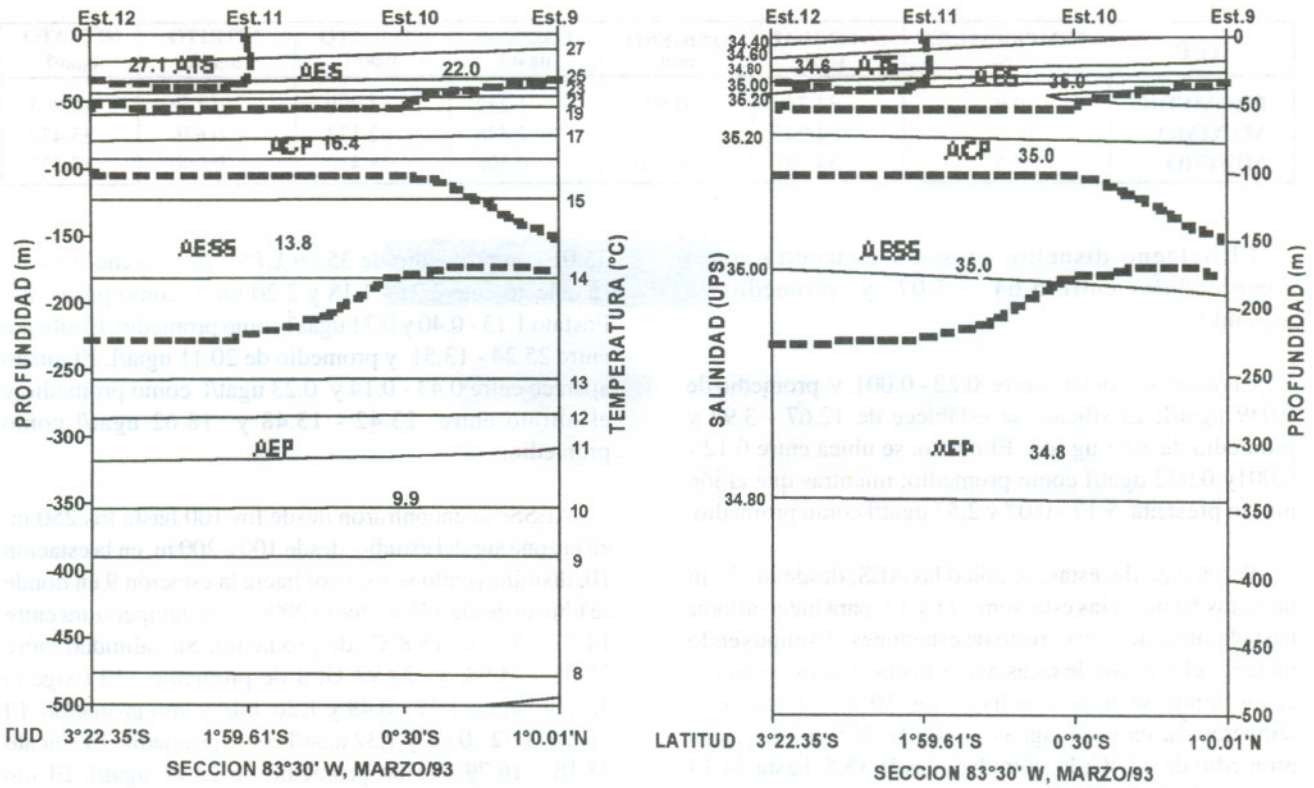
El rango de fosfato entre 0.22 - 0.001 y promedio de 0.049 ugat/l; El silicato se establece de 12.67 - 3.97 y promedio de 8.65 ug-at/l. El nitrito, se ubica entre 0.12 - 0.001y 0.072 ugat/l como promedio; mientras que el ión nitrato presenta 5.17 - 0.07 y 2.57 ugat/l como promedio.

Por debajo de éstas, se ubicó las AES, desde los 30 m hasta los 50 m. en las estaciones 11 y 12; para luego aflorar hasta la superficie en el resto de estaciones, disminuyendo un tanto el espesor de estas aguas hacia el norte, estación 9, en donde se localizan hasta los 30 m. El rango de temperatura, en estas aguas va desde 25.9 a 19.2 , con promedio de 22 °C; la salinidad, desde 35.5 hasta 34.13 y promedio de 35.02 UPS; con oxígeno disuelto entre 4.90 y 3.21 con promedio de 3.98 ml/l. Los valores de los micronutrientes inorgánicos fluctúan: el fosfato entre 0.43 -0.001 con promedio de 0.14 ugat/l . El silicato entre 18.39 - 3.58 y promedio de 11.11 ugat/l ; el nitrito de 0.16 - 0.03, con promedio de 0.11 ugat/l y el nitrato con 18.71 - 2.13 con promedio de 8.95 ugat/l.

Las ACP, se localizan a continuación de las anteriores hasta los 100 m. en el área de las estaciones 10, 11 y 12 profundizándose hasta los 150 m. en la estación 9. las mismas que presentan temperaturas entre 18.7 - 15.0 , con promedio de 16.4°C; su salinidad fluctúa entre 35.23 - 35.01 con promedio de 35.09 UPS . El oxígeno disuelto se detectó ente 2.71 - 1.18 y 2.20 ml /l como promedio. Fosfato 1.13 - 0.40 y 0.71 ugat/l como promedio. El silicato entre 25.24 - 13.51 y promedio de 20.11 ugat/l. El nitrito aparece entre 0.43 - 0.14 y 0.23 ugat/l como promedio y el nitrato entre 23.42 - 13.48 y 18.62 ugat/l como promedio.

AESS, se encontraron desde los 100 hasta los 250 m. en la zona sur del estudio, desde 100 a 200 m. en la estación 10, disminuyendo su espesor hacia la estación 9 en donde se ubican desde 150 m. hasta 200m. con temperatura entre 14.7 - 13.1 y 13.8°C de promedio. Su salinidad entre 35.05 - 34.94 y 34.98 UPS de promedio . El oxígeno disuelto entre 2.19 - 0.49 y 1.26 ml/l como promedio. El fosfato 1.72 - 0.81 y 1.32 ugat/l como promedio. El silicato 33.18 - 16.79 con un promedio de 23.71 ugat/l. El ión nitrito entre 0.66 - 0.16 y promedio de 0.38 ugat/l. y el nitrato entre 31.00 - 20.76 y 24.90 ugat/l como promedio.

Por debajo de estas aguas, y hasta los 500 m. se detectó AEP. con temperaturas entre 12.7 - 7.5 con un promedio de 9.9 °C. La salinidad entre 34.95 - 34.61 y 34.77 UPS de promedio. El oxígeno disuelto entre 0.99 - 0.28 con 0.60 ml/l de promedio. El fosfato entre 2.43 - 1.35 con 1.84 ugat/l de promedio. El silicato entre 50.07 - 28.02 con 38.96 ugat/l como promedio. El ión nitrito se ubica entre 0.74 - 0.04 y 0.35 ugat/l de promedio. El nitrato entre 37.52 - 26.43 , y 31.60 ugat/l de promedio. Figs. 2 a 8.



Figs. 2 y 3.- Distribución vertical de Temperatura y Salinidad en las masas de agua determinadas

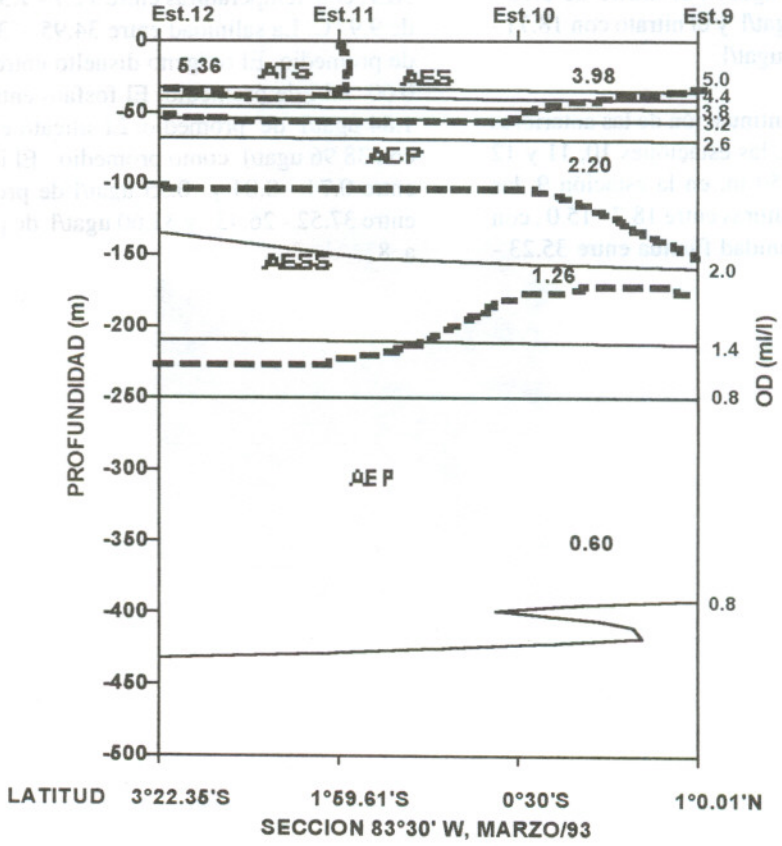


Fig. 4.- Distribución vertical de Oxígeno Disuelto en las masas de agua determinadas

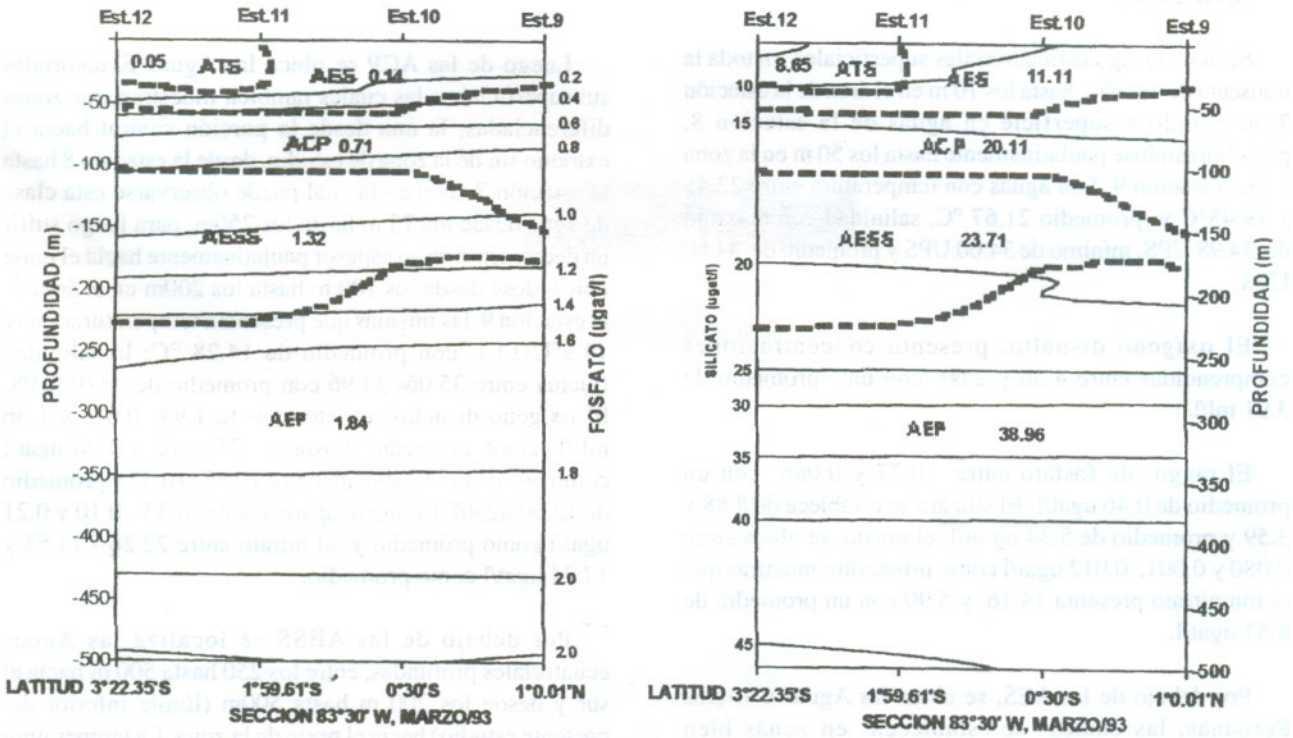


Fig. 5 y 6 .- Distribución vertical de Fosfato y Silicato en las masas de agua determinadas

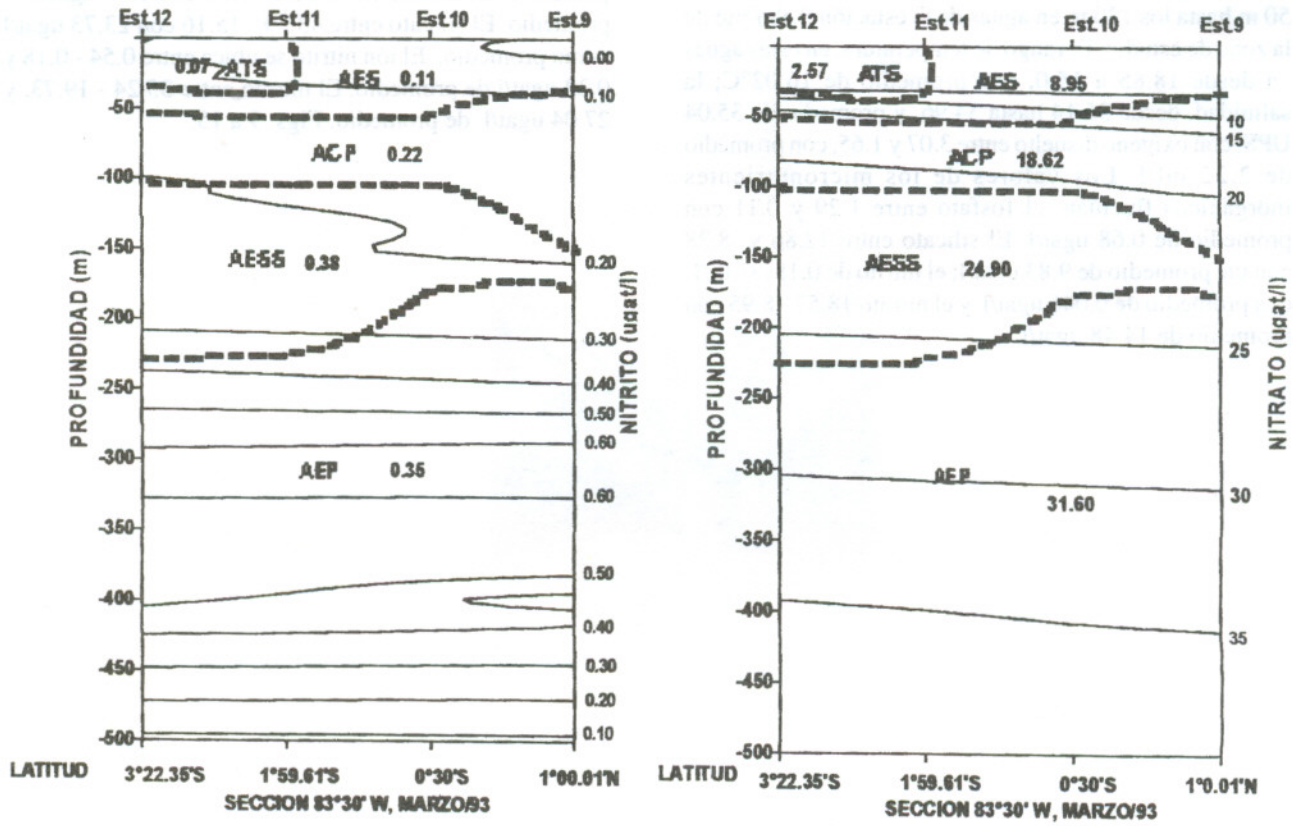


Fig. 7 y 8 .- Distribución vertical de Nitrito y Nitrato en las masas de agua determinadas

AÑO 1994

Se detecta Aguas Ecuatoriales superficiales en toda la transecta de estudio, hasta los 10 m en el área de la estación 7, aflorando a superficie en aguas de la estación 8, profundizándose paulatinamente hasta los 50 m en la zona norte, estación 9. Son aguas con temperatura entre 22.45 y 19.45°C y promedio 21.67 °C, salinidad con máximo de 34.98 UPS, mínimo de 34.60 UPS y promedio de 34.80 UPS.

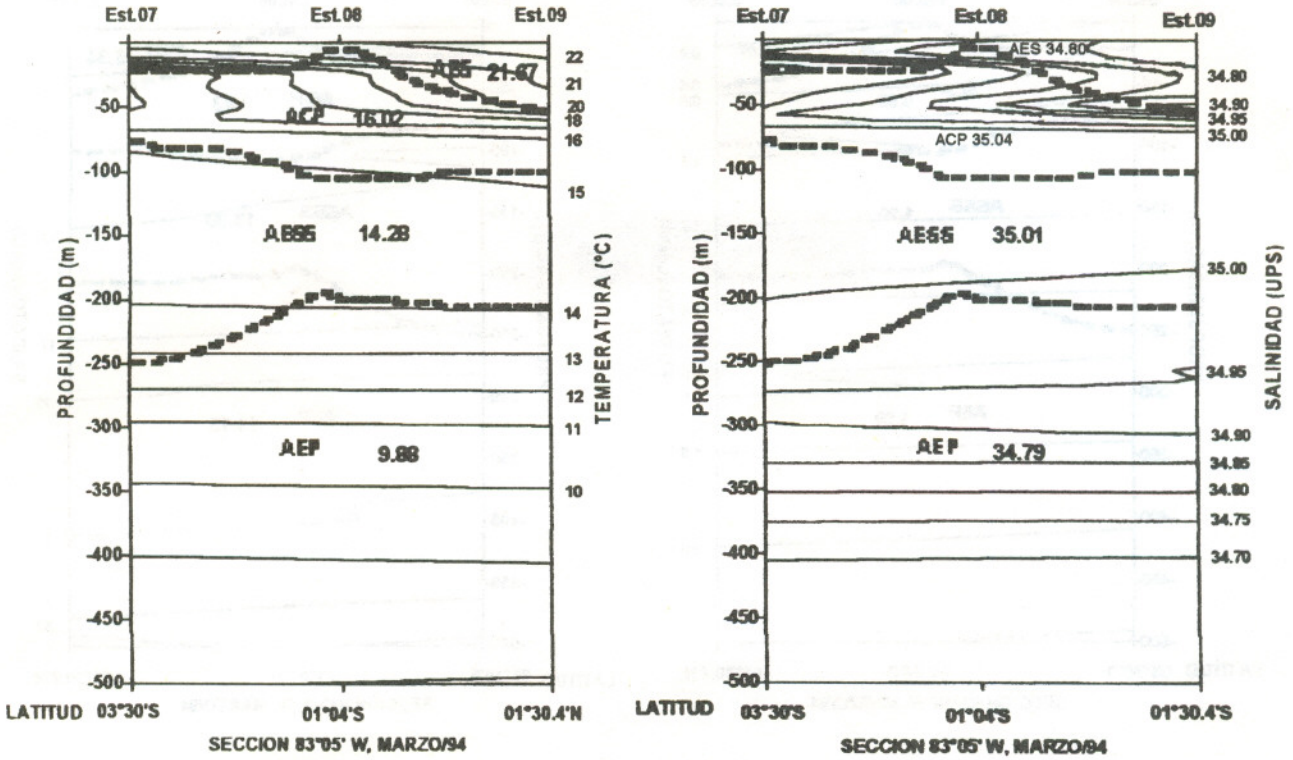
El oxígeno disuelto, presenta concentraciones comprendidas entre 4.36 y 2.60 con un promedio de 3.91 ml/l.

El rango de fosfato entre 0.77 y 0.086 con un promedio de 0.46 ugat/l; El silicato se establece de 8.88 y 3.59 y promedio de 5.34 ug-at/l; el nitrito, se ubica entre 0.080 y 0.001, 0.012 ugat/l como promedio; mientras que el ión nitrato presenta 14.16 y 5.90 con un promedio de 8.57 ugat/l.

Por debajo de las AES, se ubica las Aguas Costeras Peruanas, las cuales se establecen en zonas bien diferenciadas la una hacia el sur en aguas relativamente someras, desde los 10 m hasta los 75 m , aflorando hasta superficie en la estación 8, en donde su espesor se incrementa hasta los 100, para luego ubicarse desde los 50 m hasta los 120 m en aguas de la estación 9 al norte de la zona de estudio. El rango de temperatura, en estas aguas va desde 18.85 a 15.0, con promedio de 16.02°C; la salinidad, desde 35.14 hasta 34.96, y promedio de 35.04 UPS; con oxígeno disuelto entre 3.07 y 1.65, con promedio de 2.22 ml/l. Los valores de los micronutrientes inorgánicos fluctúan: el fosfato entre 1.29 y 0.11 con promedio de 0.68 ugat/l. El silicato entre 12.86 y 8.28 con un promedio de 9.83 ugat/l; el nitrito de 0.18y 0 .001, con promedio de 0.046 ugat/l y el nitrato 18.57- 8.95 con promedio de 14.48 ugat/l.

Luego de las ACP se ubica las Aguas Ecuatoriales subsuperficiales, las cuales también muestran dos zonas diferenciadas; la una desde la porción central hacia el extremo sur de la zona de estudio, desde la estación 8 hasta la estación 7 zona en la cual puede observarse esta clase de agua desde los 75 m hasta los 250m, para luego sufrir un decremento en su espesor paulatinamente hacia el norte ubicándose desde los 100 m hasta los 200m en el área de la estación 9 las mismas que presentan temperaturas entre 14.9°C-13.1, con promedio de 14.28 °C; la salinidad fluctúa entre 35.06- 34.96 con promedio de 35.01 UPS. El oxígeno disuelto se detectó ente 1.95- 0.67 y 1.36 ml /l como promedio. Fosfato 1.73 -0.65 y 1.20 ugat/l como promedio. El silicato entre 19.65 -10.37 y promedio de 13.90 ugat/l. El nitrito aparece entre 0.33 - 0.10 y 0.21 ugat/l como promedio y el nitrato entre 22.26 - 14.53 y 17.24 ugat/l como promedio.

Por debajo de las AESS se localiza las Aguas ecuatoriales profundas, entre los 250 hasta 500 m hacia el sur y desde los 200 m hasta 500m (límite inferior del presente estudio) hacia el norte de la zona. La temperatura se detectó entre 12.58 - 7.88 con un promedio de 9.9 °C. La salinidad entre 34.91 - 34.62 y 34.79 UPS de promedio. El oxígeno disuelto entre 0.67 - 0.28 con 0.44 ml/l de promedio. El fosfato entre 2.38 - 0.86 con 1.69 ugat/l de promedio. El silicato entre 43.59 - 15.16 con 23.73 ugat/l como promedio. El ión nitrito se ubica entre 0.54 - 0.18 y 0.32 ugat/l de promedio. El nitrato entre 35.24 - 19.73, y 27.04 ugat/l de promedio. Figs. 9 a 15.



Figs. 9 y 10.- Distribución vertical de Temperatura y Salinidad en las masas de agua determinadas

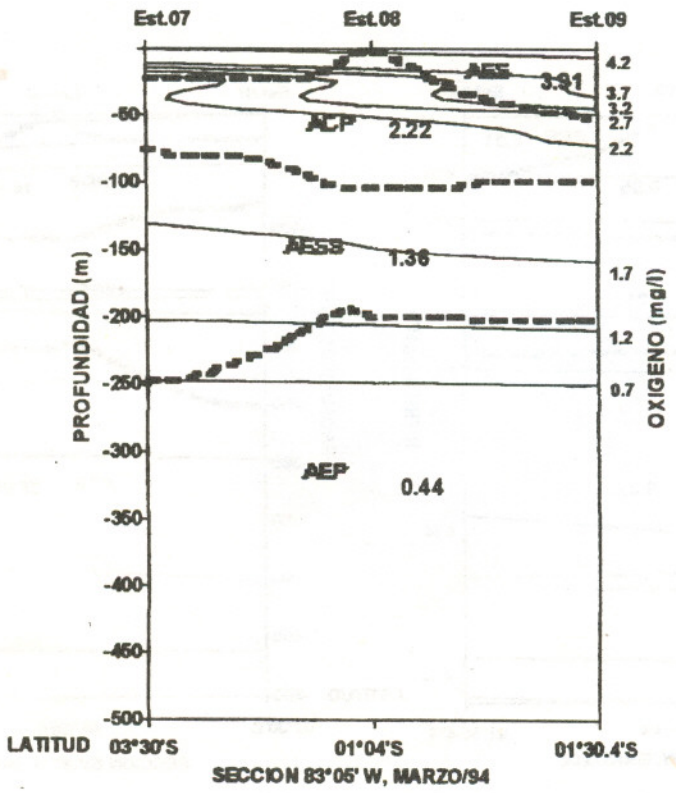
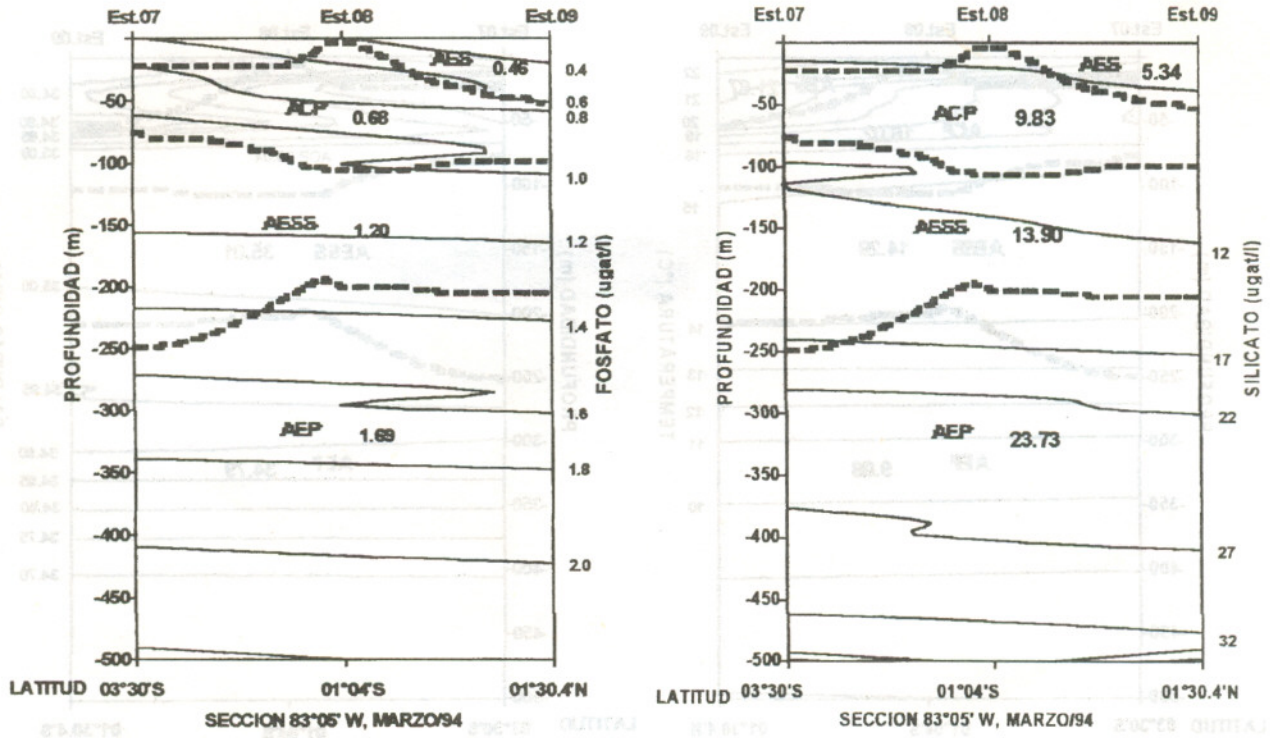
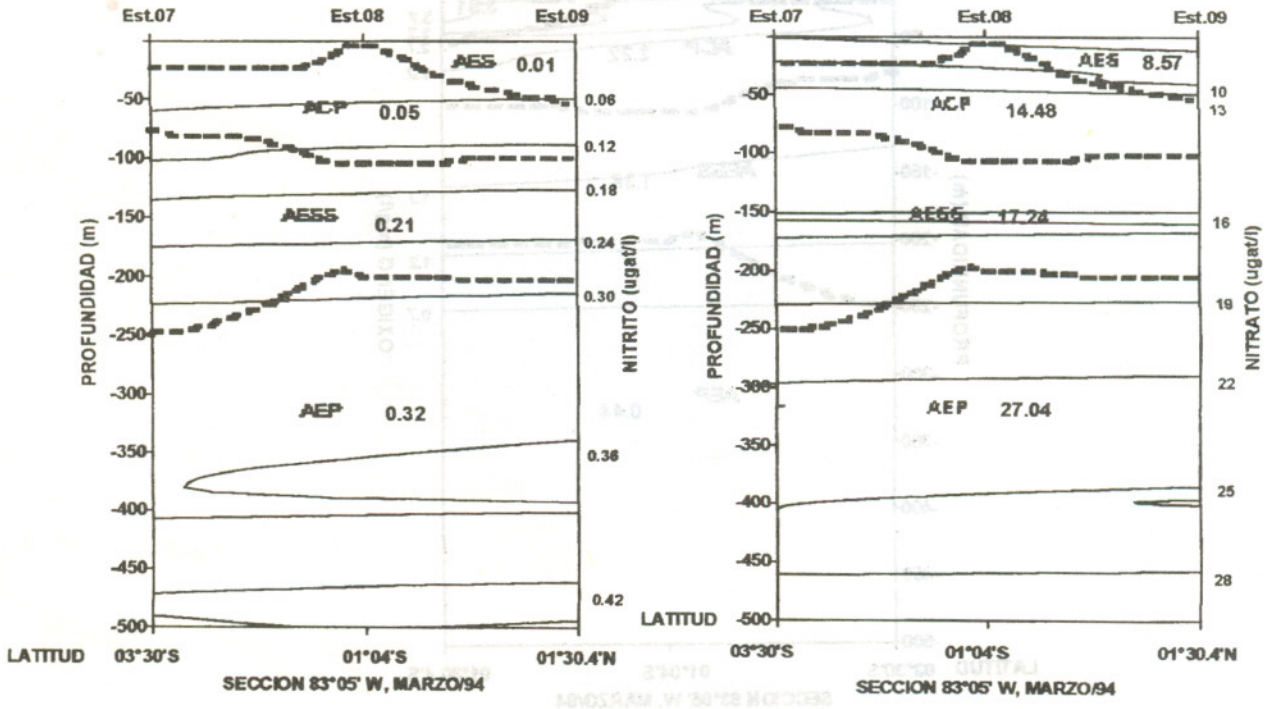


Fig. 11.- Distribución vertical de Oxígeno Disuelto en las masas de agua determinadas



Figs. 12 y 13.- Distribución vertical de Fosfato y Silicato en las masas de agua determinadas



Figs. 14 y 15.- Distribución vertical de Nitrito y Nitrato en las masas de agua determinadas

AÑO 1998.

En el año 1998, en el perfil ubicado en el meridiano 82° 00 W, coincidiendo con el criterio de la presencia de un evento de intensidad fuerte, las ATS dominan toda la capa superficial del área de estudio hasta los 50 m. a excepción de la estación 3 donde se ubican hasta aproximadamente los 35 m. con temperaturas y salinidades comprendidas entre 29.8°C- 35.35 UPS, 25.7 °C - 31.19 UPS y promedio de 28.8 °C - 33.41 UPS. Cabe anotar que, a pesar de que el máximo detectado de salinidad, es superior al límite convencional de las ATS el promedio se encuentra dentro de lo esperado. Por otra parte el mencionado alto valor se ubica en la zona de mezcla de las ATS y AES.

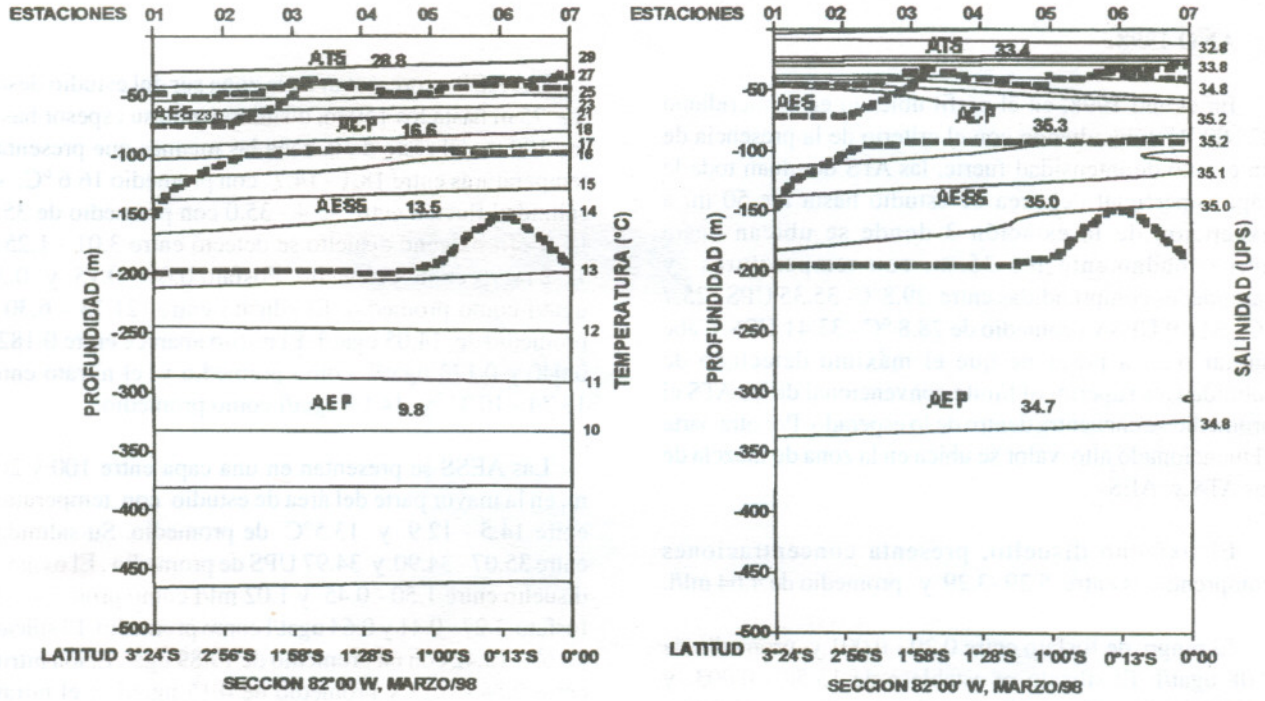
El oxígeno disuelto, presenta concentraciones comprendidas entre 5.29 -3.29 y promedio de 4.64 ml/l.

El rango de fosfato entre 0.20 - 0.001 y promedio de 0.08 ugat/l; El silicato se establece de 13.58 - 0.003 y promedio de 4.41 ug-at/l; el nitrito, se ubica entre 0.16 - 0.001 y 0.05 ugat/l como promedio; mientras que el ión nitrato presenta 7.53 - 0.001 y 1.99 ugat/l como promedio

La capa de AES disminuye ostensiblemente, detectándose dos parches uno hacia el sur con un espesor no homogéneo de 25 m. y solamente insinuándose hacia el área norte de la zona. El rango de temperatura, en estas aguas va desde 25.0 - 21.1 , con promedio de 23.6 °C; la salinidad, desde 35.57 hasta 34.87 y promedio de 35.18 UPS; con oxígeno disuelto entre 3.88 - 1.95 y con promedio de 2.93 ml/l . Los valores de los micronutrientes inorgánicos fluctúan: el fosfato entre 0.41 - 0.20 con promedio de 0.24 ugat/l . El silicato entre 17.85 - 6.01 y promedio de 11.19 ugat/l ; el nitrito de 0.16 - 0.04 , con promedio de 0.11 ugat/l y el nitrato con 14.94 - 5.87 con promedio de 10.17 ugat/l.

Las ACP se presentan en la zona sur del estudio desde los 75 m hasta los 150 m, disminuyendo su espesor hasta los 100 m del resto de la zona las mismas que presentan temperaturas entre 18.1 - 14.7 con promedio 16.6 °C; su salinidad fluctúa entre 35.4 - 35.0 con promedio de 35.2 UPS . El oxígeno disuelto se detectó entre 3.01 - 1.25 y 1.92 ml /l como promedio. Fosfato 0.61 - 0.15 y 0.39 ugat/l como promedio. El silicato entre 21.73 - 6.30 y promedio de 14.05 ugat/l. El nitrito aparece entre 0.182 - 0.040 y 0.123 ugat/l como promedio y el nitrato entre 18.74 - 10.41 y 14.69 ugat/l como promedio.

Las AESS se presentan en una capa entre 100 y 200 m, en la mayor parte del área de estudio con temperatura entre 14.5 - 12.9 y 13.5°C de promedio. Su salinidad entre 35.07 - 34.90 y 34.97 UPS de promedio . El oxígeno disuelto entre 1.50 - 0.45 y 1.02 ml/l como promedio. El fosfato 1.27 - 0.41 y 0.64 ugat/l como promedio. El silicato 26.67 - 15.42 con un promedio de 19.89 ugat. El ión nitrito entre 0.24 - 0.12 y promedio de 0.15 ugat/l. y el nitrato entre 26.09 - 14.91 y 19.50 ugat/l como promedio mientras que por debajo de éstas, y hasta los 500 m se detectó AEP. con temperaturas entre 12.6 - 7.5 con un promedio de 9.8°C. La salinidad entre 34.95 - 34.60 y 34.74 UPS de promedio. El oxígeno disuelto entre 0.83 - 0.23, y 0.50 ml/l de promedio. El fosfato entre 2.44 - 0.51 con 1.23 ugat/l de promedio. El silicato entre 62.18 - 18.43 con 33.90 ugat/l como promedio. El ión nitrito se ubica entre 0.65 - 0.000 y 0.173 ugat/l de promedio. El nitrato entre 35.45 - 17.32 , y 24.82 ugat/l de promedio. Figs.16 a 22.



Figs. 16 y 17.- Distribución vertical de Temperatura y Salinidad en las masas de agua determinadas

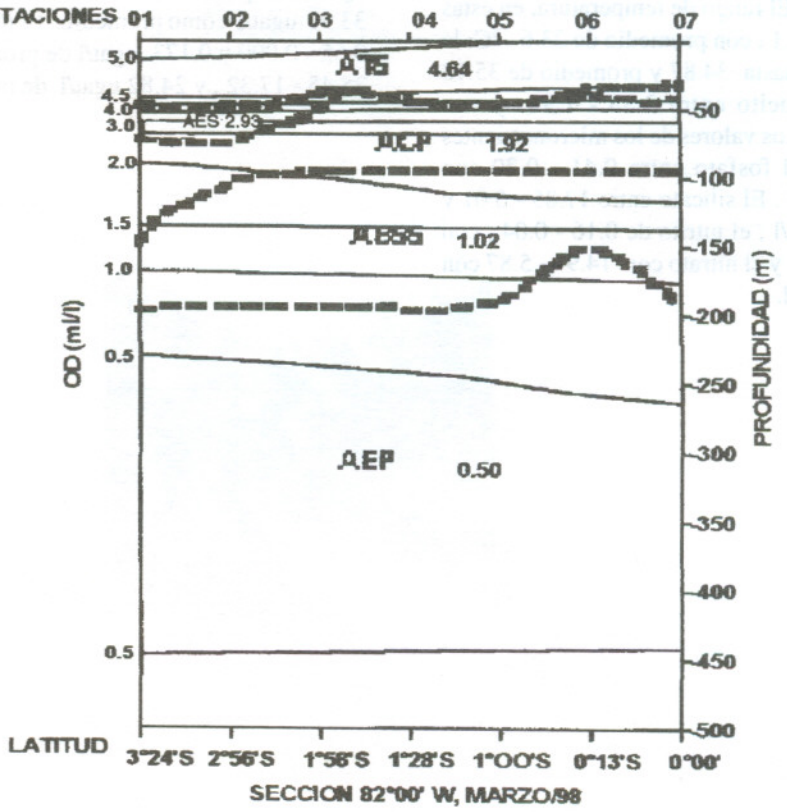
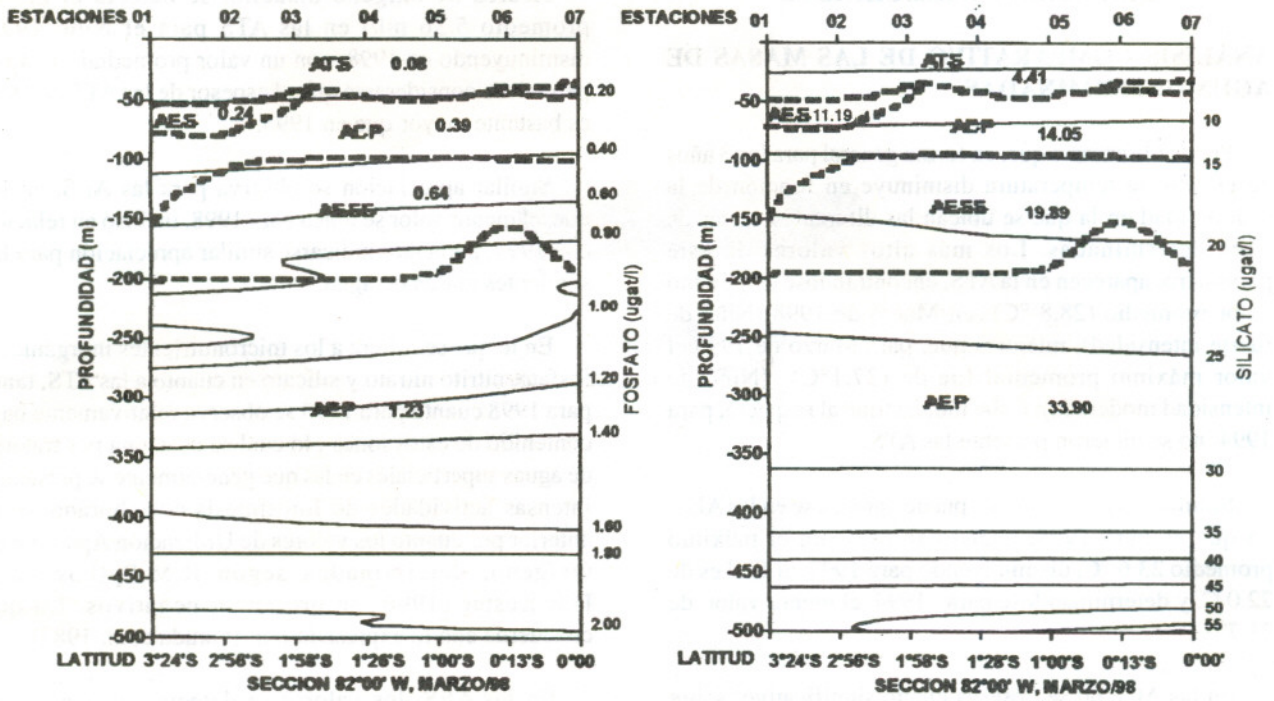
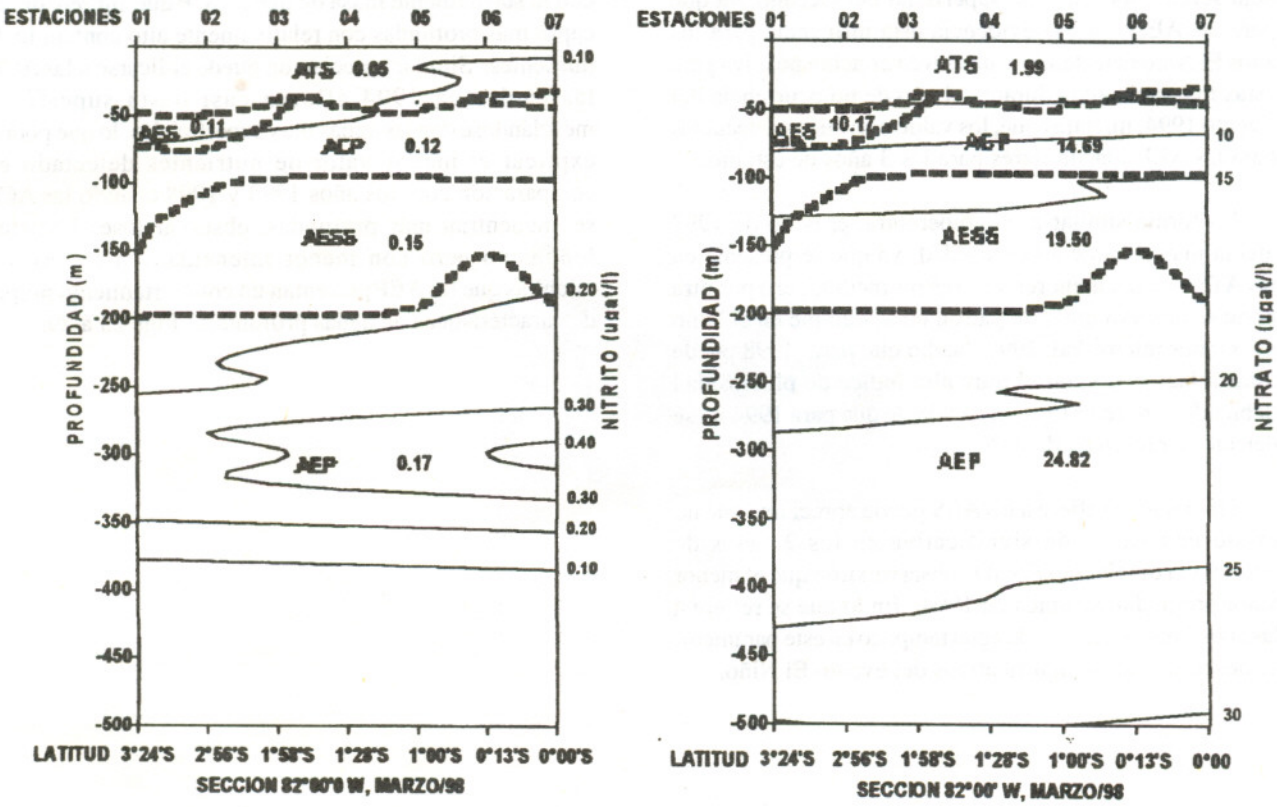


Fig. 18.- Distribución vertical de Oxígeno Disuelto en las masas de agua determinadas



Figs. 19 y 20.- Distribución vertical de Fosfato y Silicato en las masas de agua determinadas



Figs. 21 y 22.- Distribución vertical de Nitrito y Nitrato en las masas de agua determinadas

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS MASAS DE AGUA DETERMINADAS

Puede observarse que, en forma general para los 3 años de estudio la temperatura disminuye en función de la profundidad en la que se ubican las diferentes masas de agua determinadas. Los más altos valores de este parámetro, aparecen en la ATS, encontrándose el máximo valor promedio (28.8 °C) en Marzo de 1998 (Niño de fuerte intensidad); mientras que, para Marzo de 1993 el valor máximo promedial fue de (27.1°C) (Niño de intensidad moderada); Cabe indicar, que al respecto, para 1994, no se hicieron presente las ATS.

Similar comportamiento puede apreciarse en las AES, ya que es para 1998, cuando se presenta el máximo promedio 23.6 °C, disminuyendo para 1993, el cual es de 22.0 C, y determinándose para 1994, el menor valor de 21.7° C.

En las ACP no se observa efecto significativo sobre la temperatura de esta masa de agua durante los años El Niño, ya que, en 1998, su promedio de 16.6 es similar a 1993, pero para el año 1994 , la temperatura es inferior, ya que se ubica con un promedio de 16.02 ° C. que corrobora el hecho de que el mayor efecto del El Niño se deja sentir sobre la capa superficial del Océano, ya que para las AESS, no se evidencia esta influencia para los años El Niño detectándose una leve variación positiva para estás masas de agua durante el año de no ocurrencia del Evento 1994; mientras que, los valores térmicos detectados para las AEP son similares para los 3 años de estudio.

En forma similar a la temperatura, el Niño de 1998 afecta mayormente a la salinidad ya que se presenta en las ATS con los menores valores promedio; pero por otra parte se observa que este patrón no se cumple en el Niño de menor intensidad, 1993, hecho que para 1998 puede estar relacionado con el muy alto índice de pluviosidad debiéndose reiterar la observación de que para 1994 no se detectó la presencia de ATS.

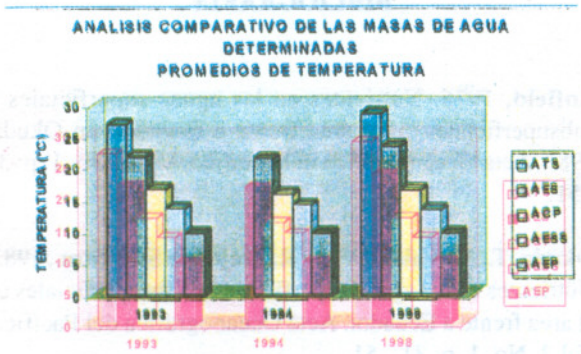
En lo que se refiere a las AES puede apreciarse que no existe una variación significativa en los 2 años de ocurrencia del Evento ENSO, observándose que el menor valor promedial se ubica en 1994 . En lo que se refiere a las subsiguientes masas de agua tampoco en este parámetro se observa efectos significativos del evento El Niño.

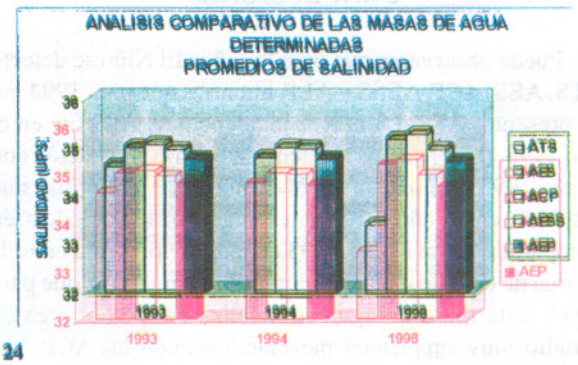
Acerca de oxígeno disuelto, se detecta el mayor promedio 5.36 ml/l en las ATS para el Niño 1993, disminuyendo en 1998, con un valor promedial de 4.64, pero debe considerarse que el espesor de las ATS en 1998 es bastante mayor que en 1993.

Similar apreciación se observa para las AES, en las que, el menor valor se ubica para 1998, incluso en relación con 1994, pudiendo indicarse similar apreciación para las siguientes masas de agua.

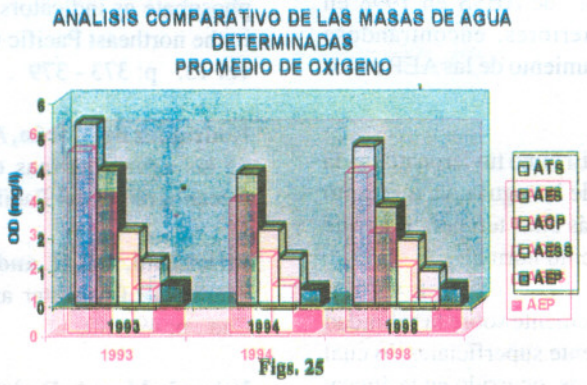
En lo que se refiere a los micronutrientes inorgánicos, fosfato, nitrito nitrato y silicato en cuanto a las ATS, tanto para 1998 cuanto para 1993 se observa relativamente bajo contenido de estos iones , lo cual se ocasiona por tratarse de aguas superficiales en las que generalmente se presentan intensas actividades de fotosíntesis corroborándose lo anterior por cuanto los valores de Utilización Aparente de Oxígeno, determinados según R.M.Pytkowicz y D.R.Kester (1996) se presentan negativos. Lo que concuerda con lo expresado por (Okuda et al, 1983).

En las AES, los valores se detectan un tanto más elevados, especialmente en 1998 y 1993 en comparación con el año 1994, lo cual se explica por que en el año 1994 no aparecen las ATS y las AES se ubican en la capa muy superficial; y por otra parte la concentración relativamente elevada de nutrientes puede explicarse debido a la mezcla con la subsiguiente masa de agua ACP que surgen de las capas más profundas con relativamente alto contenido de nutrientes. Similar apreciación puede aplicarse a las ACP, las cuales en 1994 afloran casi hasta superficie, mezclándose con las aguas muy superficiales, lo que podría explicar el menor valor de nutrientes detectado en comparación con los años 1993 y 1998 cuando las ACP se encuentran más profundas, observándose el mismo fenómeno pero con menor intensidad en las AESS, mientras que las AEP presentan un comportamiento propio de características de aguas profundas. Figs 23 a 29.





Figs. 23 y 24

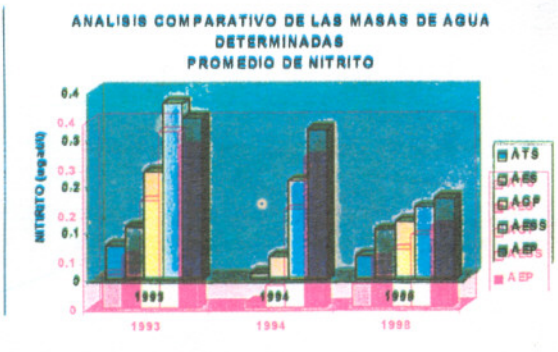


Figs. 25





Figs. 26 y 27





Figs. 28 y 29

CONCLUSIONES

Puede observarse que para los años El Niño se detectó ATS, AES, ACP, AESS y AEP. mientras que para 1994, no se presentó ATS. La mayor incidencia de ATS fue en el año 1998, (Niño de fuerte intensidad), en comparación con el año 1993 (Niño de intensidad moderada). Mientras que las AES en el año 1998, presentan poca incidencia en comparación con el año 1993 cuando se presenta en toda el área de estudio en la capa superficial, mientras que para 1994 esta masa de agua se localiza en toda el área de estudio muy superficial mezclándose, con las ACP. Las ACP se profundizan un tanto en los años El Niño, mientras que el año 1994 se observan más superficiales, apreciándose un menor espesor de AESS en 1998 en comparación con los años anteriores, encontrándose bastante similitud en el comportamiento de las AEP en los años de estudio.

Se determinó que los eventos El Niño tuvieron marcada influencia sobre la temperatura de las aguas, ya que tanto para 1993 y 1998, se observó más altas temperaturas que para el año 1994, considerado como normal.

El Niño 1998 influyó evidentemente sobre la salinidad de las masas de agua, especialmente superficiales, lo cual se atribuye al gran aporte de lluvias, ocurrido en la época.

El oxígeno disuelto presentó más altas concentraciones promediales en las ATS durante el evento de 1993 en comparación con 1998, lo que es atribuible al menor espesor de esta agua en 1993.

En forma general se puede indicar que, el análisis de la concentración de micronutrientes inorgánicos en las diferentes masas de agua determinadas en los tres años de estudio, arroja evidencia que los eventos El Niño de 1993 y 1998 aportaron hacia el Ecuador aguas con más alto contenido de micronutrientes inorgánicos, en comparación con 1994, año considerado como normal, pudiendo observarse, además que, acerca de la capacidad nutricia de las aguas tropicales superficiales, en relación a los compuestos de nitrógeno los mínimos detectados son sumamente bajos sugiriendo un casi agotamiento de estos iones en la masa de agua especialmente en la capa muy superficial; pudiendo expresarse similar apreciación en lo que corresponde a los micronutrientes de las AES .

AGRADECIMIENTO

Los autores dejan constancia de su agradecimiento a los Sres. Directores del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, cuyo decidido apoyo hizo posible la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Enfield, 1976. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente a Ecuador, en Okuda. 1983. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol 2, No. 1, p: 31 - 51.

Okuda, T., M. Valencia T. y R. Trejos de Suéscum., 1983. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente a Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol 2, No. 1, p: 31 - 51.

Pytkowicz R.M. and D.R. Kester, 1966. Oxygen and phosphate as indicators for the deep intermediate waters in the northeast Pacific Ocean. 1966. Deep Sea Research. vol 13, p: 373 - 379 .

Rodríguez de Morán, A., 1990. Características Químicas de las aguas marinas ecuatorianas durante 1988. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol 6 , No. 1, p: 41 - 57.

Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons, 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fisheries Res. Board Can., p: 49 - 80.

Valencia M., y A. Rodríguez de M., 1996. Características químicas de las masas de agua costeras ecuatorianas en estaciones fijas Península de Santa Elena y Puerto de Manta - Ecuador. 1990 - 1995. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol 8, No. 1, p: 29 -38.

Wyrtki, 1967. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente a Ecuador, en Okuda, 1983. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol 2, No. 1, p: 31 - 51.

Zuta, S. y O. Guillén. 1970. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente a Ecuador. en Okuda, 1983. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol 2, No. 1, p: 31 - 51.

ESTUDIO QUÍMICO DE LAS MASAS DE AGUAS DEL PACÍFICO SUDESTE (RUTA GUAYAQUIL-VALPARAÍSO), DURANTE UN PERÍODO DEL EVENTO "EL NIÑO" 1997-1998

POR :

LUIS BURGOS (1)

ABSTRACT

During the seventh Antarctic Ecuadorian Expedition from December 10, 1997 to March 20, 1998, aboard of B/I "ORION", oceanographic investigation was carried out along track Guayaquil – Valparaiso, between December 11th to 19th. Water samples from 14 stations for the analisys of nutrients, oxygen, temperature, salinity, biological parameters and metereological data were gotten.

The chemical information obtained from nutrients (Nitrate, silicate and fosfate) and dissolved oxygen were related with the temperature and co-related wich T/S diagrams in the research area.

Nutrient and oxygen graphics with water masses were elaborated, establishing associated ranges for each water mass. Those waters were: Surface (Tropical Surface Water - TSW, Subtropical Surface Water - SSW and Perú Coastal Water - PCW) and subsurface (Subantartic Water - SAW, Ecuatorial Subsurface Water - ESSW and Antartic Intermediate Water - AIW).

This work determines that Subtropical surface water characterized by high concentration of nutrients and oxygen, presents low concentrations, probably associatted with decreased upwelling of peruvian regions. The Tropical Surface Water found in the research area showed inusual high concentrations of nutrients, presenting river influence and scorrentias due to the precipitations in the coast, more definited in the inmediations of the Gulf of Guayaquil. The Perú Coastal Water showed decreased nutrient concetrations, that may be related with the decreased upwelling in this region as a result of the Niño Soudth Oscollation (ENSO), of strong characteristics as the present one. The base of the oxycline and nutricline were deeper than the normal values as a result of the presence of warm waters from the Central Pacific.

Under 175 meters, the distribution of chemical parameters didn't show variability with the ENSO event 1997-1998.

The chemical parameter to identify this kind of water masses in the research region were nitrate, silicate and disolved oxygen.

RESUMEN

Durante la Séptima Expedición Ecuatoriana a la Antártida (Diciembre,1997 y Marzo,1998), a bordo del B/I ORION, se realizó investigación oceanográfica en el trayecto Guayaquil - Valparaíso los día 11 al 19 de diciembre, se colectaron muestras de agua en 14 estaciones para el análisis de nutriente, oxígeno, temperatura, salinidad, y parámetros biológicos a demás se recolecto información meteorológica

La información química obtenida de nutriente (Nitrato, silicato y fosfato) y oxígeno disuelto fue relacionada con la temperatura y correlacionada con los diagramas T/S en el ámbito de estudio

Se elaboraron gráficos de nutriente y oxígeno con las masas de agua, estableciendo rangos asociados a cada masa de agua previamente identificada en los diagramas T/S. Estas masas de agua fueron: Superficial (Aguas Tropicales Superficiales -ATS, Aguas Suptropicales Superficiales -ASS y Aguas Costera Peruana - ACP) y subsuperficial (Agua Subantártica - ASA, Agua Ecuatorial Subsuperficial – AESS y Agua Antártica Intermedia – AAI).

El estudio permite determinar que: Las Aguas Subtropicales Superficiales, caracterizada por valores altos de nutrientes y oxígeno, experimenta valores bajos asociados probablemente al debilitamiento de los afloramientos frente a las Costas Peruanas. Las aguas Tropicales Superficiales encontradas en el área de estudio mostraron valores inusualmente altos de nutriente que evidencian influencia de ríos y escorrentías provocadas por los excesos de precipitaciones en la faja costera, más definida aún en las inmediaciones del área del Golfo de Guayaquil. Las Aguas Costeras Peruanas mostraron un descenso en los valores de nutriente que estarían relacionados con el debilitamiento de los afloramientos de esta región como consecuencia del evento ENSO de características muy fuerte como el presente y por la intrusión de aguas provenientes del Pacífico Central.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. Av. 25 de Julio Base Naval Sur, Casilla 5940. Guayaquil-Ecuador. E-mail: inocar@inocar.mil.ec. Fax: (593) 485166

La base de la oxiclina y nutriclina en el área de estudio se profundizaron respecto a sus valores normales en respuesta probablemente a l intrusión da aguas cálidas del Pacífica Central.

Por debajo de los 175 metros, la distribución de los parámetros químicos no experimentó con el evento ENSO 1997-1998 variabilida significativa.

Los parámetros químicos más apropiados para identificar este tipo de masa de agua en la región de estudio fueron el nitrato, silicato y oxígeno disuelto.

INTRODUCCIÓN

El evento El Niño 97/98, es considerado probablemente el más fuerte del siglo. Se hace necesario analizar el comportamiento químico de las aguas, a fin de obtener mayores conocimientos orientando los resultados hacia una mejor comprensión del evento que se encuentra en evolución.

Conociendo que los parámetros químicos (Nitrato, Fosfato, Silicato y Oxígeno) no son conservativos y que están relacionados a los procesos físicos y biológicos, se pretende establecer, mediante la información cuantitativa, variabilidad latitudinal, secciones verticales y diagramas T/S, la identificación de las masas de agua, así como también, contribuir al conocimiento de su valor nutritivo como parte del equilibrio en la cadena alimenticia.

Con el conocimiento de la calidad nutritiva de las masas de agua que se encuentran presentes y objeto de este estudio, se pueden evaluar las concentración de los nutrientes y aplicar estos niveles de concentración como trazadores de masas de agua. De esta forma, las sales nutritivas y el oxígeno se convierten en herramientas importantes para comprender el descenso de la productividad biológica.

La utilización de los elementos químicos para entender estos procesos no es nueva, investigadores las han aplicado en otras regiones, tal es el caso de, Gordon y Nowlin (1978) quienes emplearon el elemento químico Tritio para confirmar la presencia de procesos convectivos en el estrecho Bransfield, Sievers y Nowlin (1984) caracterizaron el agua Circumpolar Profunda Superior en el Paso Drake por un máximo de temperatura, además de un máximo de fosfato y nitrato y un mínimo en el contenido de oxígeno (Citados por Silva, 1985).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está localizada en aguas del Pacífico Sudeste en la ruta del viaje del B/I ORION, desde Guayaquil a Valparaíso, comprendida entre 3°18'S – 82°00'W hasta 31°23'S – 72°22'W, en los tramos correspondientes a las aguas de los países de Ecuador y Chile. Fig # 1.

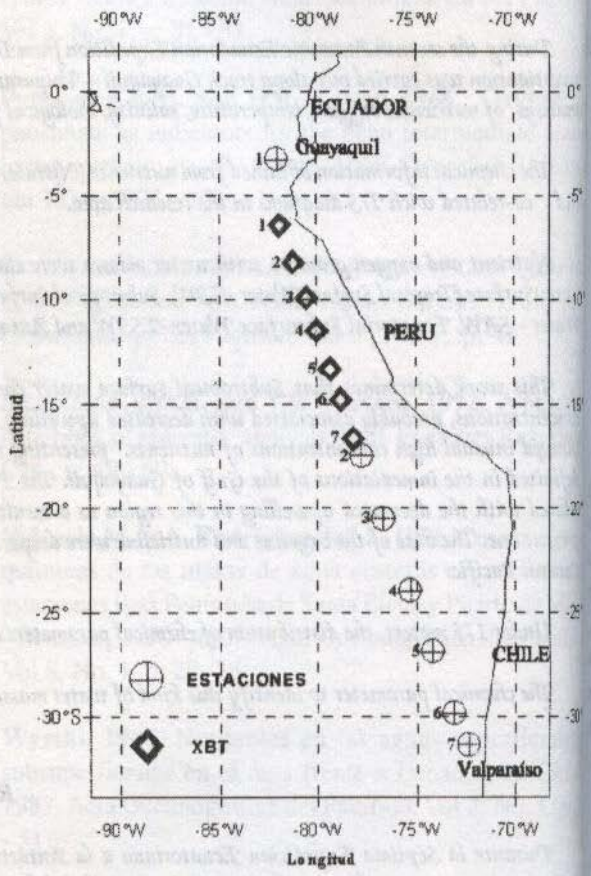


Figura 1.- Ubicación de las Estaciones Oceanográficas y XBT Trayecto Guayaquil - Valparaíso. Diciembre 1997

Las muestras de agua para análisis de micronutriente inorgánicos y oxígeno de las estaciones 2, 3, 4, y 5 fueron obtenidas mediante la utilización de una roseta multimuestreadora, con 24 botellas Niskin de 1.2 litros CTD autocontenido Sea - Bird Electronic a niveles estándar, desde la superficie hasta una profundidad máxima de 500 m, mientras que en las estaciones 1 y 6, se tomó muestras, en forma manual hasta 20 m y 100m respectivamente y en superficie en la estación 7. Además se recolectó muestras de agua en el ámbito superficial de las 7 estaciones de XBT.

La obtención de la información de temperatura y salinidad se realizó mediante la utilización de un CTD

autocontenido SEA BIRD; el análisis de oxígeno disuelto, aplicando el método de Winkler, las muestras para análisis de nutrientes fueron previamente filtradas con filtros 0.45 micras y analizadas inmediatamente mediante un espectrofotómetro Spectronic 501 y aplicando la metodología sugerida en el Manual de procedimientos oceanográficos (Strickland y Parsons,1972).

Para el análisis de masas de agua se utilizaron diagramas T/S utilizando el programa SEASOFT. En el caso de la distribución vertical se analizó la información de 6 estaciones oceanográficas localizadas en el tramo correspondiente a aguas Chilenas, en tanto que, para el análisis superficial (0m) se tomaron en cuenta también las 7 estaciones de XBT.

La información fue digitada y procesada mediante los programas Microsoft Excel97 y Winsurf 5.03 utilizando el método de interpolación kriging.

RESULTADOS

DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL

El oxígeno y los nutrientes a este nivel (0m.), presentaron tendencia de distribución latitudinal, ilustrados con las líneas de tendencia polinómica. Mientras el oxígeno tiende a incrementarse, los nutrientes decrecen con la latitud. Esta inversión es coherente con los procesos naturales. Fig. 2, 3, 4 y 5.

El oxígeno disuelto presentó 7.01mg/l en 3°sur y de 8.23mg/l en 31°sur. En las primeras latitudes (3°S – 10°S) se incrementó gradualmente, para luego decrecer bruscamente entre 13°S y 18°S. A partir de l8°S, vuelve a incrementarse paulatinamente. Fig.2

El nitrato, el silicato y el fosfato, mostraron en 3°sur valor de 6.54 umol/l, 5.50 umol/l y 1.52 umol/l y en 30°S fueron de 0.20 umol/l. 1.57 umol/l y 0.46 umol/l respectivamente. Fig. 2, 3 y 4. Existen dos zonas de alta concentración de estos parámetros, la una a 3°sur en aguas del Golfo de Guayaquil de alta productividad y la otra entre 13° y 18°sur con los máximos en 17°sur en aguas peruanas Fig. 3, 4 y 5.

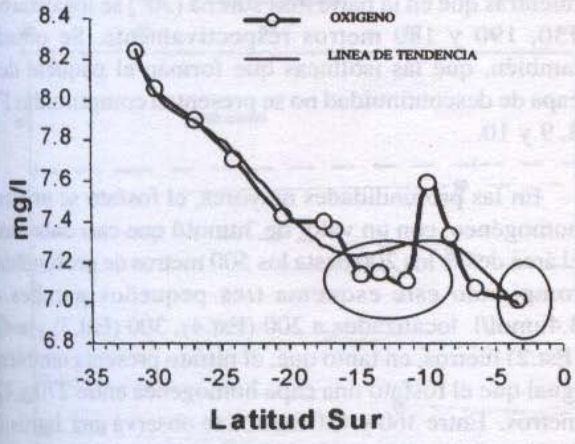


Figura 2.- Distribución latitudinal de Oxígeno (mg/l-Om)

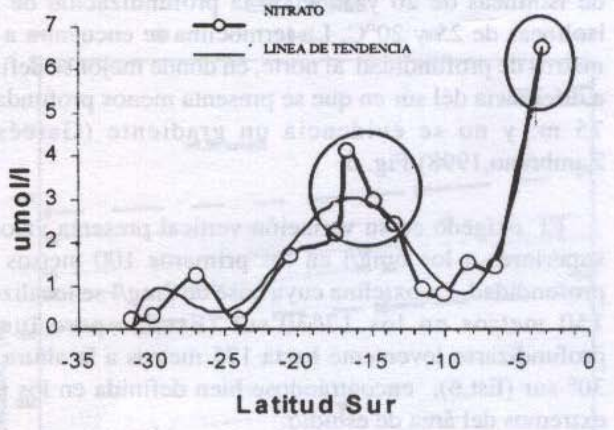


Figura 3.- Distribución latitudinal de Nitrato (um ol/l-Om)

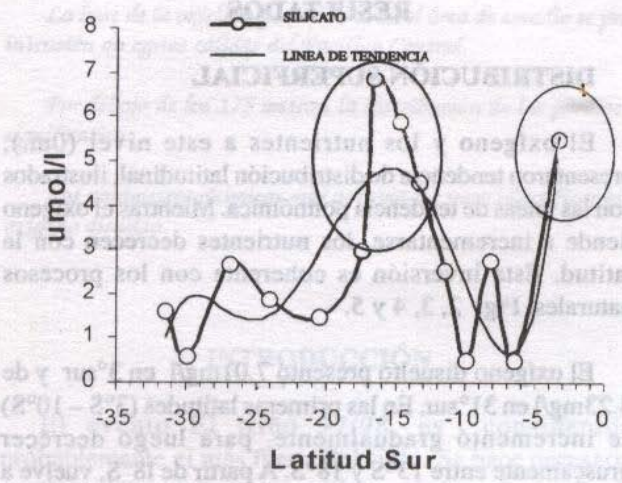


Figura 4.- Distribución latitudinal de Silicato (um ol/l-Om)

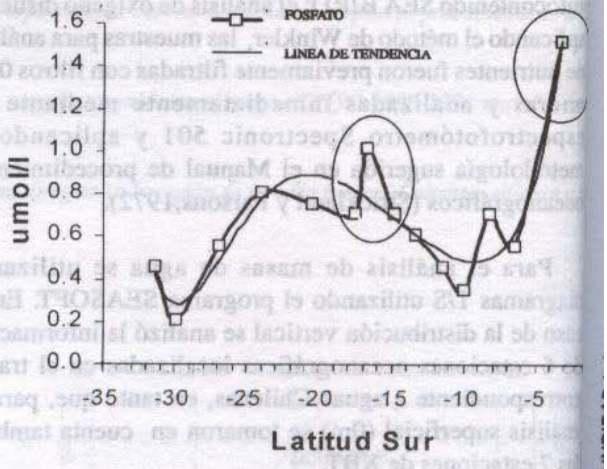


Figura 5.- Distribución latitudinal de Fosfato (um ol/l-Om)

DISTRIBUCIÓN SUBSUPERFICIAL

La transecta de la temperatura, muestra entre 13°S y 18°S la existencia de un afloramiento, representado por el agrupamiento y ascenso de las isolíneas de 21, 22 y 23°C. Se evidencia la intrusión de aguas de mayor temperatura en forma de lengua hacia el sur, ilustradas por el paquete de isolíneas de 20 y 27°C y la profundización de las isolíneas de 25 y 20°C. La termoclina se encuentra a 85 metros de profundidad al norte, en donde mejor se define, a diferencia del sur en que se presenta menos profunda, a 75 m. y no se evidencia un gradiente (Garcés y Zambrano,1998) Fig. 6.

El oxígeno en su variación vertical presenta valores superiores a los 6mg/l en los primeros 100 metros de profundidad. La oxiclina cuya base de 2mg/l se localizó a 150 metros en los 17°30'sur (Est.2) para luego profundizarse levemente hasta 175 metros a la altura de 30° sur (Est.6), encontrándose bien definida en los dos extremos del área de estudio.

En la capa más profunda, este elemento, presenta una gran lengua de 1 mg/l que penetra en dirección sur, entre 175 y 425 metros de profundidad a los 17°30'sur. y entre 225 y 350 metros a 30° sur, a partir de los 400 metros el oxígeno aumenta su concentración Fig.7.

El nitrato y el silicato se presentaron bie estratificados, con valores inferiores a 5 umol/l y el fosfa con valores inferiores a la unidad sobre los 85 metr profundidad. La nutriclina de nitrato, silicato y fosfato s ubicó en 3°sur a 165, 180 y 150 metros respectivament mientras que en la parte más sureña (30°) se localizaron 130, 190 y 180 metros respectivamente. Se observ también, que las isolíneas que forman el paquete de capa de descontinuidad no se presentan comprimidas Fi 8, 9 y 10.

En las profundidades mayores, el fosfato se presen homogéneo, con un valor de 3umol/l que casi cubre to el área desde los 200 hasta los 500 metros de profundida rompiendo este esquema tres pequeños parches 3.4umol/l localizados a 200 (Est.4), 300 (Est.3) y a 40 (Est.2) metros, en tanto que, el nitrato presenta también igual que el fosfato una capa homogénea entre 270 y 4 metros. Entre 360 y 420 metros se observa una intrusi de 30umol/l en dirección sur llegando hasta los 24°s (Est.4). El silicato, exhibe dos cuñas con direcció contraria, mientras la de 35umol/l a 300 metros se diri al sur hasta los 23°, la otra de 30umol/l se dirige al nor hasta los 24° a la altura de los 400metros. Fig. 8, 9 y 1

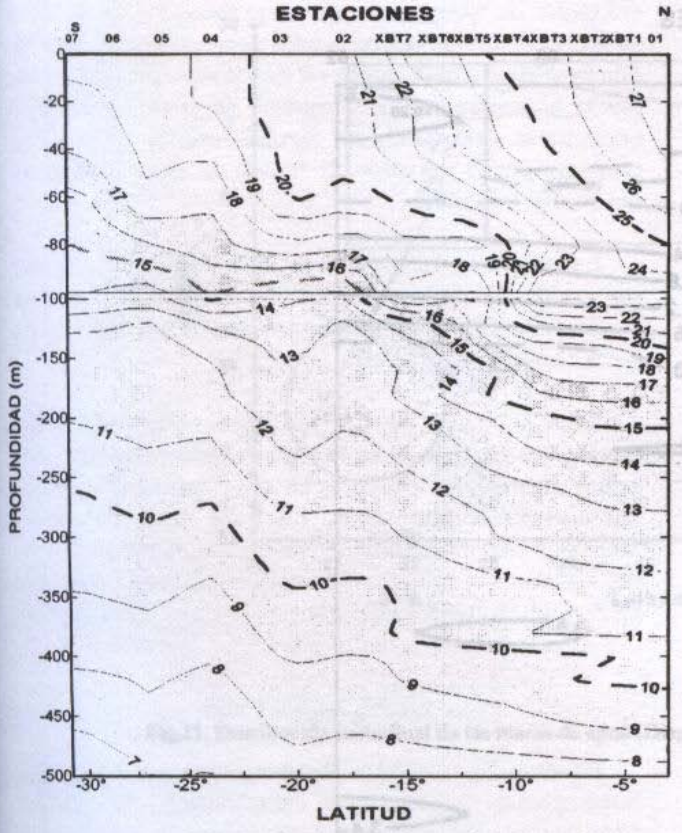


Figura 6.- Sección de temperatura (°C) Guayaquil Valparaíso. Diciembre

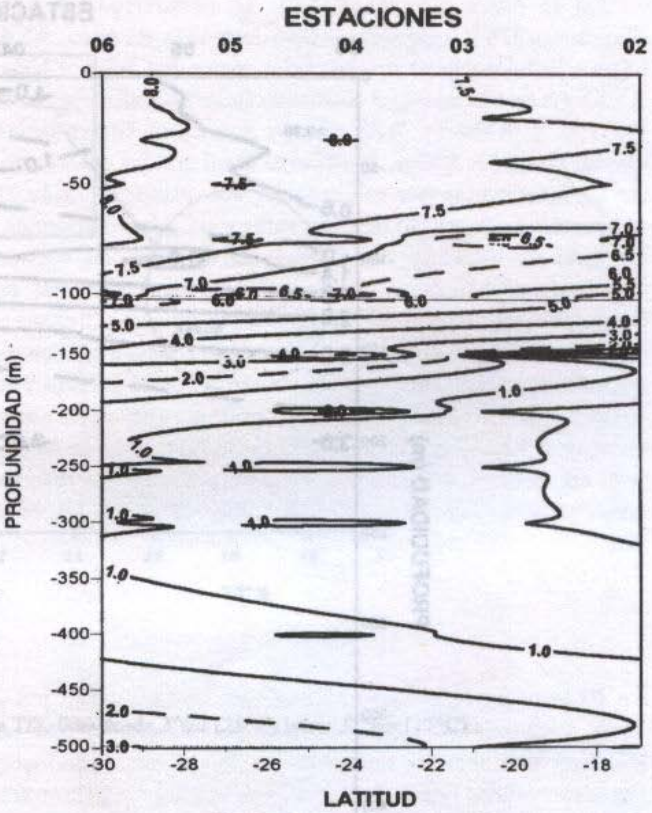


Figura 7.- Sección Guayaquil - Valparaíso. Oxígeno (mg/l). Dic.97

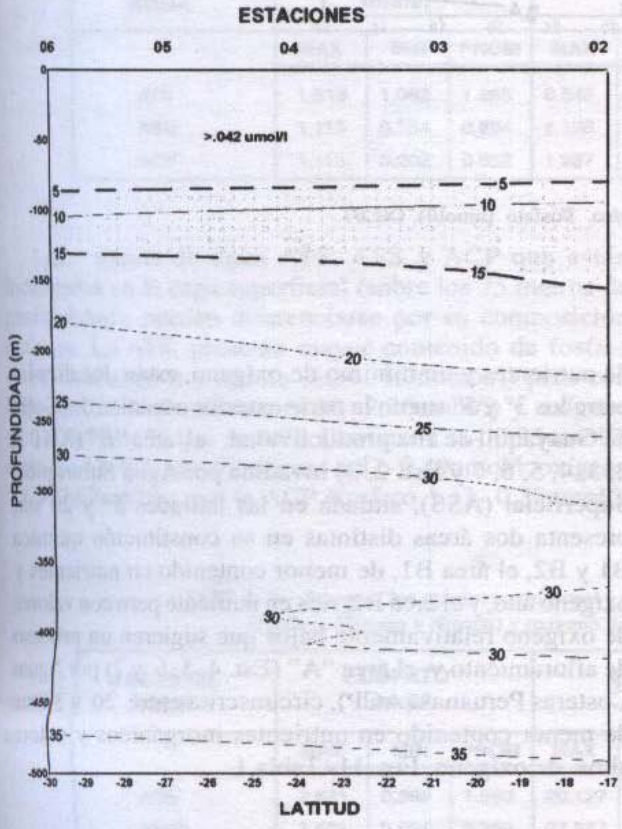


Figura 8.- Sección Guayaquil - Valparaíso. Nitrato (umol/l). Dic./97

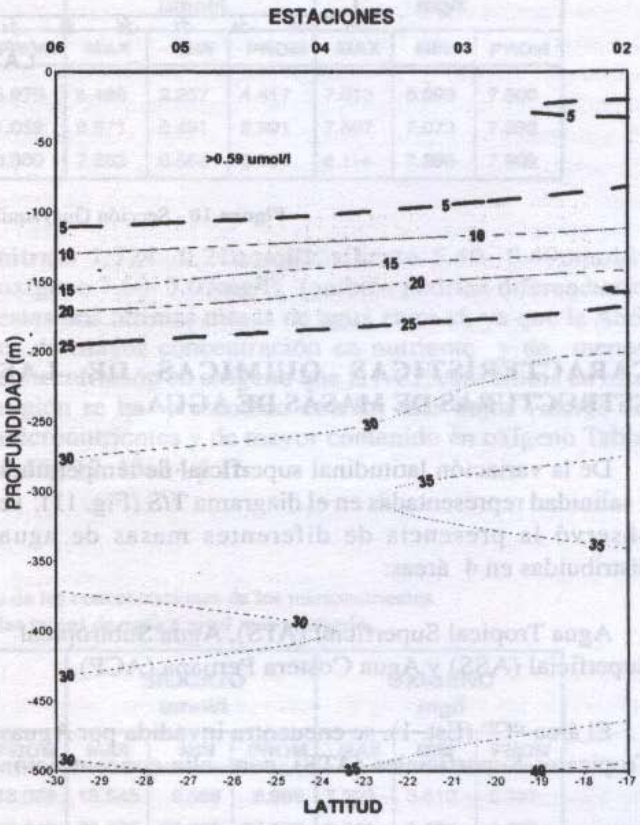


Figura 9.- Sección Guayaquil - Valparaíso. Silicato (umol/l). Dic.97

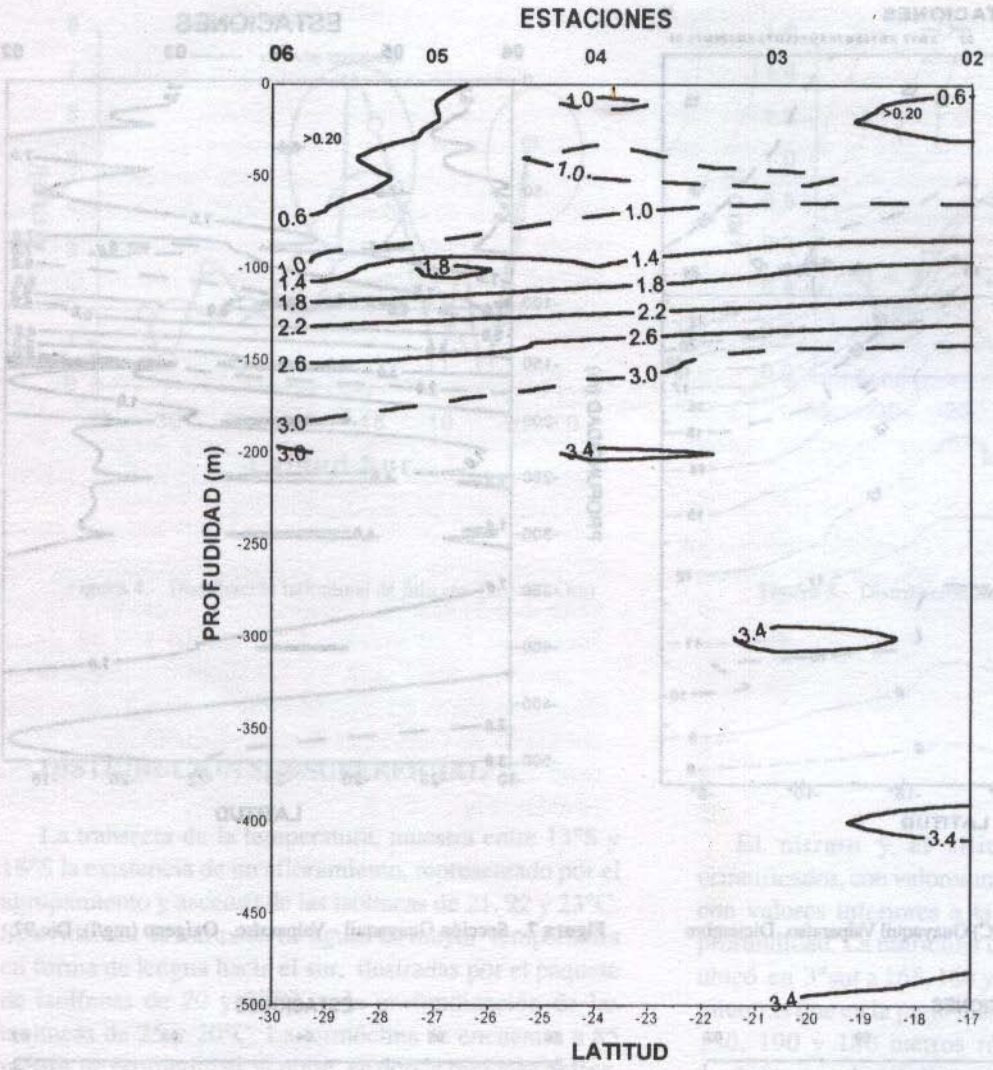


Figura 10.- Sección Guayaquil - Valparaíso. Fosfato (umol/l). Dic.97

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS ESTRUCTURAS DE MASAS DE AGUA.

De la variación latitudinal superficial de temperatura y salinidad representadas en el diagrama T/S (Fig. 11), se observó la presencia de diferentes masas de agua distribuidas en 4 áreas:

Agua Tropical Superficial (ATS), Agua Subtropical Superficial (ASS) y Agua Costera Peruana (ACP).

El área "C" (Est. 1), se encuentra invadida por Aguas Tropicales Superficiales (ATS), con alta concentración de nutrientes y un mínimo de oxígeno, están localizada entre los 3° y 5° sur en la parte exterior oceánica del Golf de Guayaquil de alta productividad, el área "B" (XBT 2, 3, 4, 5, 6, 7 y Est. 2, 3) invadida por Agua Subtropica Superficial (ASS), situada en las latitudes 5° y 20 su presenta dos áreas distintas en su constitución químic B1 y B2, el área B1, de menor contenido en nutrientes oxígeno alto, y el área B2, rica en nutriente pero con valor de oxígeno relativamente bajos que sugieren un proces de afloramiento y el área "A" (Est. 4, 5, 6 y 7) por Agua Costeras Peruanas (ACP), circunscrita entre 20 y 32° su de menor contenido en nutrientes inorgánicos y valore altos de oxígeno. Fig. 11- Tabla 1.

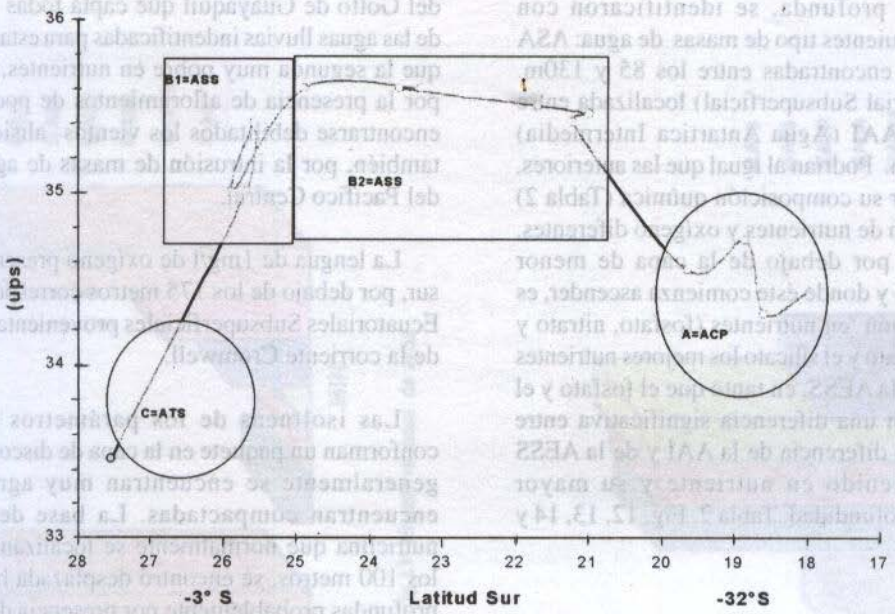


Fig.11. Distribución latitudinal da las masas de agua (Diagrama T/S. 0m) desde 3°sur (28°C) hasta 32°sur (17°C) :

TABLA 1.- Presenta los máximos, mínimos y promedios de las concentraciones de los micronutrientes (Fosfato, Silicato y Nitrato) y oxígeno disuelto de las masas de agua en superficie (0 - 50 m)

MASAS DE AGUA	FOSFATO umol/l			NITRATO umol/l			SILICATO umol/l			OXIGENO mg/l		
	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM
ATS	1.518	1.062	1.265	6.543	1.758	3.970	5.496	2.257	4.417	7.013	6.993	7.000
ASS	1.113	0.354	0.684	4.126	0.213	1.059	6.871	0.491	2.991	7.597	7.073	7.392
ACP	1.113	0.202	0.652	1.237	0.042	0.300	7.263	0.589	3.097	8.114	7.393	7.909

Las masas de agua ATS, ASS y ACP que están localizadas en la capa superficial (sobre los 75 metros de profundidad), pueden diferenciarse por su composición química. La ATS, presenta mayor contenido de fosfato (1.52- 1.06umol/l) y nitrato (6.54- 1.76umol/l) pero con bajo contenido de silicato (5.50- 2.26umol/l) y oxígeno (7.01- 6.99mg/l) que la ASS (fosfato 1.11- 0.35umol/l; nitrato 4.13- 0.21umol/l; silicato 6.87- 0.49umol/l; oxígeno 7.60- 7.07mg/l) y que la ACP (fosfato 1.13- 0.35umol/l; nitrato 1,724- 0.21umol/l; silicato 5.40- 0.49umol/l; oxígeno 7.60- 7.07mg/l). También podrían diferenciarse estas dos últimas masas de agua entre sí, ya que la ASS es de mayor concentración en nutriente y de menor concentración en oxígeno que la ACP, esta última en esta región se ha presentado con los más bajos valores de micronutrientes y de mayor contenido en oxígeno Tabla 1. Fig 12, 13, 14 y 15

TABLA 2.- Presenta los máximos, mínimos y promedios de las concentraciones de los micronutrientes (Fosfato, Silicato y Nitrato) y oxígeno disuelto de las masas de agua a nivel más profundo

MASAS DE AGUA	FOSFATO umol/l			NITRATO umol/l			SILICATO umol/l			OXIGENO mg/l		
	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM
ASA	2.631	0.809	1.963	20.127	7.245	13.028	13.545	0.589	6.988	7.782	3.510	5.321
AESS	3.501	3.035	3.289	27.577	13.407	19.343	35.825	23.065	27.570	2.341	0.186	0.752
AAI	3.592	3.004	3.268	38.359	28.326	34.980	42.695	27.678	35.457	2.983	0.985	2.015

En la capa más profunda, se identificaron con diagramas T/S los siguientes tipo de masas de agua: ASA (Agua Subantartica) encontradas entre los 85 y 130m, AESS (Agua Ecuatorial Subsuperficial) localizada entre los 155 y 300m, y AAI (Agua Antartica Intermedia) ubicada bajo los 500m. Podrían al igual que las anteriores, ser caracterizadas por su composición química (Tabla 2) al presentar contenido de nutrientes y oxígeno diferentes. La AAI se localizó por debajo de la capa de menor contenido de oxígeno y donde éste comienza ascender, es de mayor concentración en nutrientes (fosfato, nitrato y silicato) siendo, el nitrato y el silicato los mejores nutrientes para diferenciarla de la AESS, en tanto que el fosfato y el oxígeno no presentan una diferencia significativa entre estas dos. La ASA se diferencia de la AAI y de la AESS por su menor contenido en nutriente y su mayor oxigenación a esta profundidad. Tabla 2, Fig. 12, 13, 14 y 15.

DISCUSIÓN

Es importante establecer que entre las latitudes 13°S y 18°S invadidas por aguas subtropicales superficiales, se localizó una área de surgencia de poca intensidad que registra valores bajos de nutrientes (nitrato 3.19 umol/l, silicato 5.76 umol/l, fosfato 0.77 umol/l y oxígeno 7.21 mg/l), en comparación con otras surgencias encontradas en esta misma zona por otros investigadores. Solís et.al (1996), en su estudio de las condiciones hidroquímicas del mar peruano, durante agosto y septiembre de 1995, asocia valores de nutrientes y oxígeno disuelto (oxígeno 5.71mg/l y 7.1 mg/l, fosfato 1 y 1.5umol/l, silicato 5 a 10 umol/l y nitrato < 10umol/l) con aguas subtropicales superficiales, estos mismos autores registran altos valores de nutrientes y oxígeno (fosfato 1 – 2 umol/l, silicato 10 – 20 umol/l, nitrato 10 – 20 umol/l y oxígeno 2.86 – 5.71 mg/l) que los asocian con aguas de surgencia en áreas más costeras frente a Paita. Rojas de Mendiola (1981), identificó para el verano austral cuatro principales centros de surgencia frente a las costas del Perú (6°S, 9°S, 12°S y 15°S). Richard (1981), también identificó en noviembre cuatro centros en Perú (4°S, 6°S, 10°S y 15°S), por otro lado, Strub y Mesias (1997) expresan que frente a las costas de Chile se presenta un sistema de afloramiento de mayor variabilidad, citados por Strub et al (1997).

El área correspondiente a la estación 1. Presentó valores altos en nutrientes, probablemente por estar influenciada por aguas del Golfo de Guayaquil de alta productividad.

Las ATS que normalmente se presentan pobres en nutrientes (fosfato 0.35 – 0.29 umol/l y nitrato 0.6 – 0.1 umol/l) y las ACP ricas en nutrientes en años normales (fosfato 1.2 – 0.96 umol/l y nitrato 16.1 – 10.7 umol/l) descritras por Okuda et al (1983) y Valencia y Rodríguez de Morán (1996), se presentaron en este estudio con un patrón diferente, la primera con alta concentración de nutrientes como resultado de la influencia de las aguas del Golfo de Guayaquil que capta todas las escorrentías de las aguas lluvias indentificadas para esta época, mientras que la segunda muy pobre en nutrientes, probablemente por la presencia de afloramientos de poca intensidad al encontrarse debilitados los vientos alisios del sureste y también, por la intrusión de masas de agua proveniente del Pacífico Central.

La lengua de 1mg/l de oxígeno presente en dirección sur, por debajo de los 175 metros correspondería a Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales proveniente de la extensión de la corriente Cromwell.

Las isolíneas de los parámetros químicos que conforman un paquete en la capa de discontinuidad y que generalmente se encuentran muy agrupadas, no se encuentran compactadas. La base de la oxiclina y nutriclina que normalmente se localizan por encima de los 100 metros, se encontró desplazada hacia aguas más profundas probablemente por presencia de aguas cálidas.

CONCLUSIONES

El estudio permite determinar que las Aguas Subtropicales Superficiales, caracterizadas por valores altos de nutrientes y oxígeno, experimentan valores bajos asociados probablemente al debilitamiento de los afloramientos frente a las Costas Peruanas.

Las aguas Tropicales Superficiales encontradas en el área de estudio mostraron valores inusualmente altos de nutrientes que evidencian influencia de ríos y escorrentías provocadas por los excesos de precipitaciones en la faja costera, más definida aún en las inmediaciones del área del Golfo de Guayaquil.

Las Aguas Costeras Peruanas mostraron un descenso en los valores de nutrientes que estarían relacionados con el debilitamiento de los afloramientos de esta región como consecuencia del evento ENSO y por la intrusión de aguas provenientes del Pacífico Central.

La base de la oxiclina y nutriclina en el área de estudio se profundizaron respecto a sus valores normales en respuesta probablemente a la intrusión da aguas cálidas del Pacífica Central.

Por debajo de los 175 metros, la distribución de los parámetros químicos no experimentó con el evento ENSO 1997-1998 variabilidad significativa.

Se podría indicar que los parámetros químicos más apropiados para ser utilizados como complemento en la identificación de masas de agua son los nitratos, silicatos y oxígeno disuelto aunque no son conservativos y están relacionados con procesos físicos y biológicos.

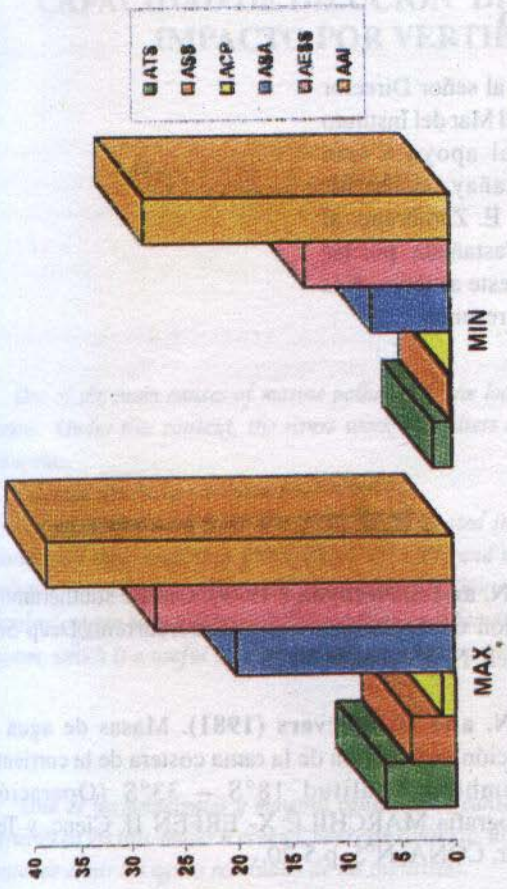


Fig.13. Nitrato vs masa de agua

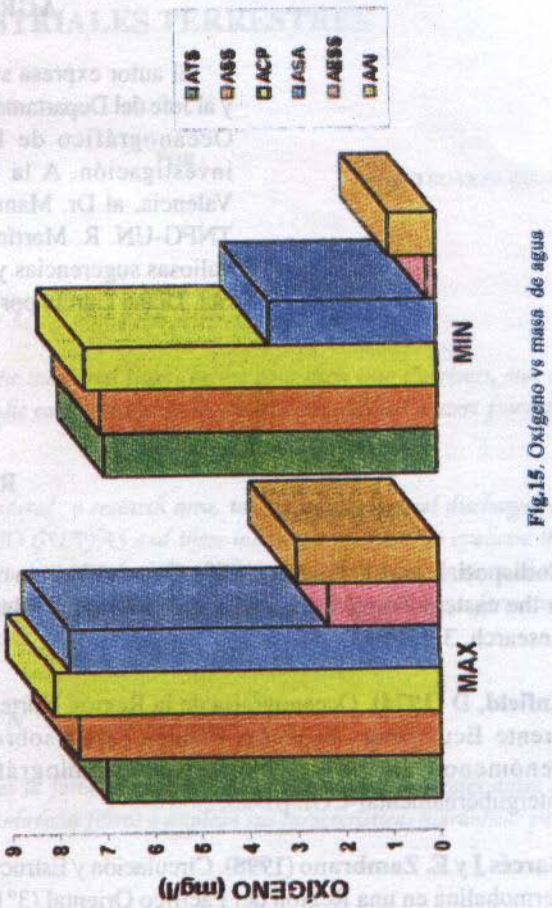


Fig.15. Oxigeno vs masa de agua

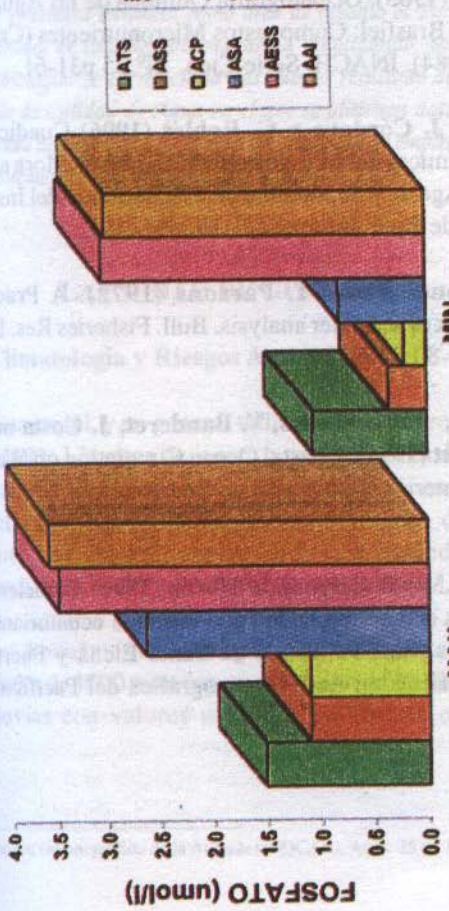


Fig.12. Fosfato vs masa de agua

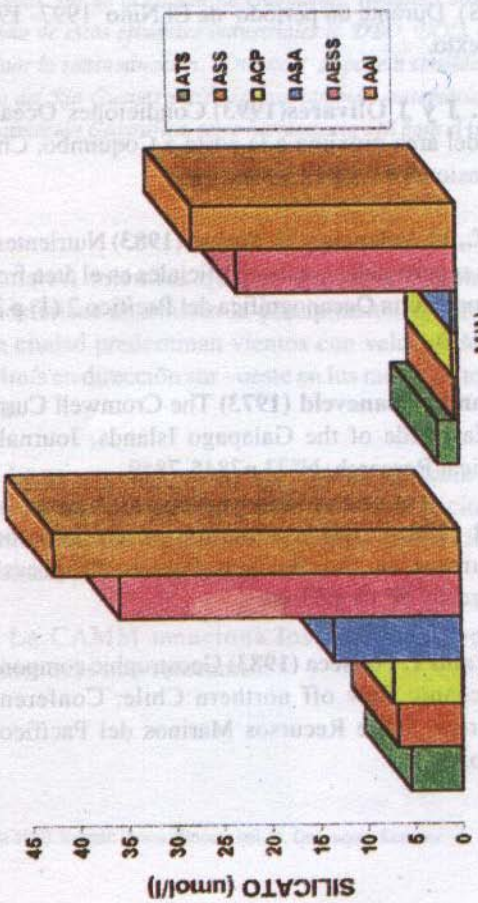


Fig.14. Silicato vs masa de agua

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento al señor Director y al Jefe del Departamento de Ciencias del Mar del Instituto Oceanográfico de la Armada por el apoyo a esta investigación. A la Dra. E. Gualancañay, al Dr. M. Valencia, al Dr. Manuel Cruz, al Biol. E. Zambrano, al TNFG-UN. R. Martínez y al Biol. P. Castañeda por las valiosas sugerencias y correcciones de este artículo. A la Sta. Diana García por la traducción del resumen.

REFERENCIAS

Codispoti. L and T. Pacific (1980). Desnitrification rates in the eastern Tropical South Pacific. Journal of Marine Research, 38(3) p453-447.

Enfield, D (1974). Oceanografía de la Región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Físicos.Taller sobre el Fenómeno "El Niño" Comisión Oceanográfica Intergubernamental-COI. p1-35.

Garcés J y E. Zambrano (1998). Circulación y Estructura Termohalina en una Región del Pacífico Oriental (3°16'S – 31°23'S). Durante un período de El Niño 1997- 1998. En este texto.

Morgan. J y J Olivares(1993). Condiciones Oceanográficas del área próxima a la costa a Coquimbo, Chile. Serie Ocasional N°. 2p125-140.

Okuda T., M. Valencia y R. Trejos (1983) Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico 2 (1) p 31–51.

Pak. H and J. Zaneveld (1973) The Cromwell Current on the East Side of the Galapago Islands. Journal of Geophysical Research N°33 p7845-7859.

Lukas.R (1986). The termination of the Ecuatorial Undercurrent in the Eastern Pacific.Progress in Oceanography N°16. p63-90.

Silva, N. and T. Fonseca (1983) Geostrophic component of the oceanic flow off northern Chile. Conferencia Internacional Sobre Recursos Marinos del Pacífico, P Arena. p59-70.

Silva, N. and S. Neshyba (1979). On the southernmos extensión of the Perú – Chile Undercurrent. Deep Se Research, N° 26ª, p1387-1393.

Silva,N. and H. Siervers (1981). Masas de agua circulación en la región de la rama costera de la corrien de Humboldt. Latitud 18°S – 33°S (Operació Oceanografía MARCHILE X- ERFEN I). Cienc. y Te del Mar, CONA, N°5, p 5-20.

Silva. N (1985). Oceanografía Química de las Aguas d Estrecho Brasfiel: Compuestos Micronutrientes (Crucer Sibex-1984). INACH, Serie Cien. N° 35 p31-61.

Solís J., J. Córdova y C. Robles (1996) Condicion Hidroquímicas del Mar de Perú de Tambo de Mora a Pa durante Agosto y Septiembre de 1995. Revista del Institu del Mar de Perú. Informe N°119, p91–101.

Strickland. J and T. Parsons (1972). A Practic Handbook of seawater analysis. Bull. Fisheries Res. Boa Can. p49-80

Strub P., J. M. Mesias, V. Banderet, J. Costa and Marchant (1997). Coastal Ocean Circulation off Weste South America. Revista Deep Sea Reserch. N°13. p2 45.

Valencia.M y Rodríguez de Morán (1996). Caracterís Químicas de las masas da agua costeras ecuatorianas estaciones fijas: Península de Santa Elena y Puerto Manta – Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico 8 p29–38.

CAPACIDAD DE DILUCIÓN DEL RÍO GUAYAS PARA CONTRARRESTAR EL IMPACTO POR VERTIENTES INDUSTRIALES TERRESTRES

POR :

PABLO SUÁREZ CH.(1)

ABSTRACT

One of the main causes of marine pollution is the lack of treatment for the industrial fluent before pour them into the rivers, seas or oceans. Under this context, the rivers work like filters and use their hydraulic caracteristics to try to dissolve residual waters from the industries.

The industrial park RIO GUAYAS SUR located in Guayaquil, is considered a research area, taking two industrial discharges of considerable size, analizing DBO, DQO, OD, PH and microbiology from RIO GUAYAS and these industrial fluents. To evaluate the pollution, we correlate the results from the tests. We considerate a water quality model with which one we obtain information about dissolved oxygen from RIO GUAYAS, verifying mathematically the dilution capacity. The results are present using a Geographic Information System, which is a useful tool for the treatment of environmental order problems.

RESUMEN

Una de las principales y mayores causas de la contaminación marina, es la falta de tratamiento de efluentes industriales antes de verterlos en los rios, mares u oceano, bajo este contexto, los ríos operan como verdaderos filtros y emplean sus características hidráulicas para tratar de diluir las aguas residuales de las industrias.

Se considera entonces como área de estudio el Parque industrial Río Guayas Sur de la ciudad de Guayaquil, tomando dos descargas industriales de considerable magnitud analizando tanto del Río Guayas como de estos efluentes industriales la DBO, DQO, OD, pH y Microbiología. Se correlaciona los valores resultado de los ensayos para evaluar la contaminación. Entonces se pone a consideración un Modelo de Calidad de Agua en el que se obtienen datos de Oxigeno Disuelto del Río Guayas verificándose también matemáticamente su capacidad de dilución. Los resultados se presentan empleando un Sistema de Información Geográfica, como herramienta útil para el tratamiento de problemas de orden ambiental.

LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Climatología y Riesgos Ambientales

Guayaquil y en general todo el Ecuador, presenta dos estaciones; Lluviosa de enero a mayo y Seca de junio a diciembre. En la ciudad de Guayaquil el clima es cálido húmedo con temperaturas promedio mínima de 21°C y máxima de 30.4°C, presentando una humedad anual promedio del 76%.

Anualmente se registran precipitaciones de alrededor de 1000 mm, con un promedio de 38 días anuales de lluvias con valores máximos de 70 mm en épocas normales, mientras que en épocas con condiciones atmosféricas anormales la precipitación es variable. En esta ciudad predominan vientos con velocidades medias de 4m/s en dirección sur - oeste en los meses de temporada seca.

La migración numerosa de habitantes hacia la ciudad de Guayaquil, el crecimiento acelerado de la ciudad y los asentamientos humanos no organizados dan como resultado problemas ambientales.

La CAMM menciona los siguientes problemas ambientales más relevantes:

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR). Avda. 25 de Julio, Base Naval Sur, Casilla 5940. E-mail: inocar@inocar.mil.ec, Guayaquil, Ecuador

- Inundaciones
- Deslaves
- Asentamientos cerca de las riberas del estero Salado, Río Guayas y contaminación.
- Obras en áreas de asentamientos informales sin control.
- Sismos

RÍO GUAYAS

El Guayas geográficamente es una ría, es decir un río sujeto a la acción de las mareas. En el presente estudio se lo tratara indistintamente de las dos formas. El Río Guayas nace a la altura de "La Puntilla", como producto de la confluencia de los Ríos Daule y Babahoyo, es la vertiente terminal de la Cuenca que lleva su nombre, tiene una extensión aproximada de más de 50 Kilómetros, geológicamente se lo puede considerar como un río terminal, es decir poco profundo con respecto a su ancho que es en promedio de 2 Kilómetros, excepto frente a la ciudad de Guayaquil donde el río bordea a la Isla Santay.

Con respecto al caudal o gasto, no se tiene datos actualizados, pues han existido a lo largo de los últimos años a más de las variables características como las mareas, diversos factores que varían su caudal, como el represamiento del Río Daule (Presa Daule Peripa, y estaciones anómalas que alteran la hidráulica de la cuenca del Guayas).

Con certeza se puede afirmar que el Río tiene un gasto mayor a 3000 m^3/s en época seca.

CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL

Se calcula que existen 150 industrias mayores en Guayaquil, entre textiles, metalúrgicas, alimenticias, fábricas de gaseosas y empacadora de mariscos, etc. de las 740 industrias catastradas entre pequeñas, medianas y grandes, de todas estas alrededor del 2 a 3 % evacuan sus efluentes después de un sistema de tratamiento.

En el cálculo de los caudales de las aguas residuales industriales que descargan sobre el Río Guayas y el Estero Salado hay más presunciones que certezas. EFFICACITAS es una empresa guayaquileña que realizó una evaluación preliminar sobre el cálculo de las descargas industriales en julio de 1.996, con el apoyo del INEN. Se estimó que este caudal rebasa los 9'300.000 metros cúbicos por año, es decir aproximadamente un promedio de 25.480 metros cúbicos diario.

Para el cálculo de las descargas industriales se evaluaron 451 industrias, sin tomar en cuenta las asentadas en Durán, que también contribuyen al deterioro del sistema hídrico de Guayaquil. Las industrias alimenticias, bebidas y tabaco son los principales contribuyentes y como segundo nivel las industrias de sustancias químicas y derivados del petróleo, carbón, caucho y plástico.

El cálculo de estos caudales generadas en las diferentes sectores industrializados dependen del tipo y tamaño del centro industrial, el grado de reutilización del agua, y el pretratamiento que se de al agua utilizada, en caso de que existiera.

DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS CRITICOS DE CONTAMINACION EN LA GRILLA

Localización de puntos de monitoreo piloto.

Grilla: Area de Estudio

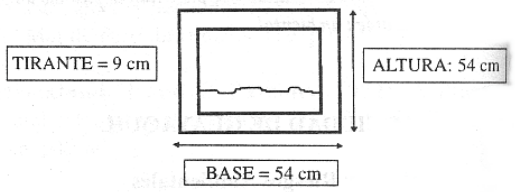
Entre 02° 12" Latitud Norte y 02° 14" Latitud Norte y Ribera de la Ciudad de Guayaquil e Isla Santay.

Descarga Estación 1.

La tubería, de descarga que se proyecta sobre el río, es de forma rectangular tiene una longitud de 80 centímetros, es de hormigón armado, y se encuentra en buenas condiciones.

DIRECCION: Parque Industrial Río Guayas Sur.

Tubería de Descarga de Estación 1



Flujo	= 2.51	m/s
Area Mojada	= 0.0486	m^3/s
Caudal	= 0.122	m^3/s

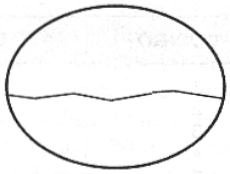
Descarga grande de Estación 2.

La tubería, de descarga en esta estación es una de las más evidentes a lo largo de todo el cauce del Río Guayas, en los primeros meses de 1997 no existía el enlucido y mampostería, sino solamente un enrocado por el cual se podía ver filtraciones desde la planta, para el mes de Junio ya aparece el muro. La tubería que sale al momento 30 centímetros es de hormigón simple, y se encuentra en buenas condiciones.

Tubería Grande Estación 2

Diámetro = 60 cm

Tirante = 20 cm



Flujo = 2.2 m/s
Caudal = 0.1896 m³/s

Tubería Descarga Pequeña Estación 2

Diámetro = 29 cm

Tirante = 12 cm



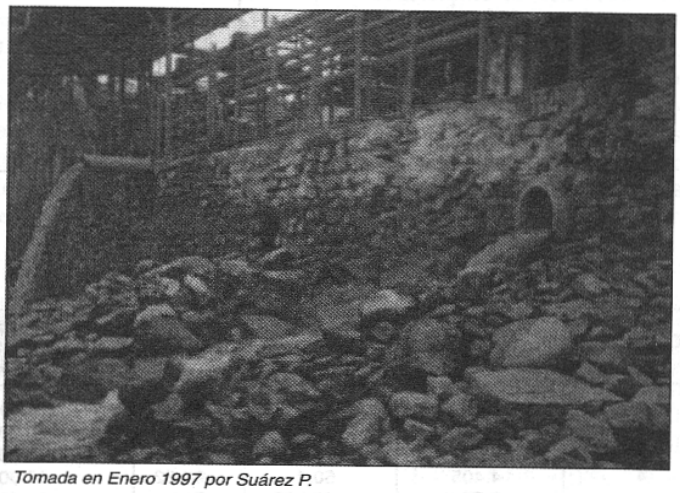
Flujo = 1.57 m/s
Caudal = 0.039 m³/s
DIRECCION: Parque Industrial Río Guayas Sur:

Descarga Pequeña de Estación 2.

La tubería de descarga en esta estación está sobre la tubería grande y se proyecta sobre el río dos metros, es de hormigón simple y se encuentra en buenas condiciones.

FOTOGRAFIA 1

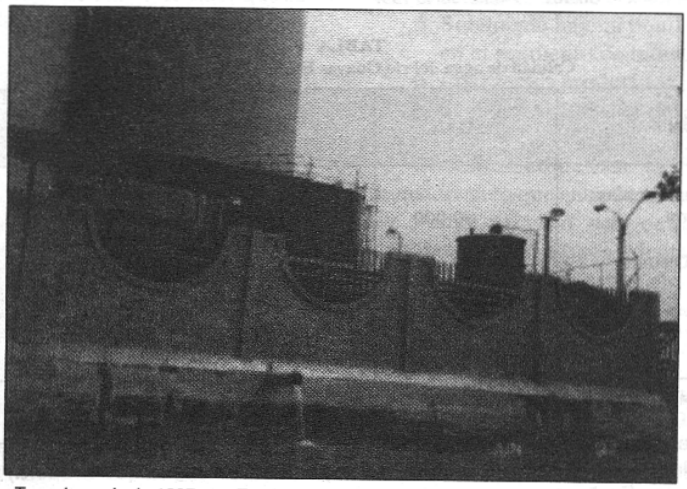
Tuberías Estación 2 (Enero 1997)



Tomada en Enero 1997 por Suárez P.

FOTOGRAFIA 2

Tuberías Estación 2 (Junio 1997)



Tomada en Junio 1997 por Zambrano I.C

TABLA 1
Codificación de las Estaciones y Distancia

ESTACION	LUGAR	CODIGO	DISTANCIA Km.
INICIO GRILLA	RIO	1	-0.205
ANTES DE LA DESCARGA E1	RIO	2	-0.034
DESCARGA E1	ESTACION 1	3	0.0
ANTES DE LA DESCARGA E2	RIO	4	3.38
DESCARGA GRANDE E2	ESTACION 2	5	3.41
DESCARGA PEQUEÑA E2	ESTACION 2	6	3.41
FIN GRILLA	RIO	7	3.75
ESCLUSAS	RIO	8	6.92

Elaborado por Suárez

TABLA 2
Valores de Temperaturas y PH medidos in situ (Junio 1997)

CODIGO	PH	TEMPERATURA ºC
1	6.7	28
2	6.77	28
3	7.23	36.5
4	6.78	29
5	6.0	32
6	6.85	34
7	6.84	28

Elaborado por : Suárez Fecha: Junio 1997

TABLA 3
Parámetros Ensayados en el Laboratorio (Junio 1997)

CODIGO	DQO mg/l	DBO_5 mg/l	OD mg/l	COLIFORMES FECALES NPM/100 ml
1	4.108	5.35	12.32	110.000
2	4.485	38.13	102.4	120.000
3	2.501	61.62	117.62	20.000
4	4.405	50.4	90.62	46.000
5	2.678	428.32	712	10.000
6	5.77	126	142.72	8.000
7	4.12	6.66	11.56	110.000

Ensayados por : Suárez Fecha: Junio 1997

TABLA 4
Calidad de agua del río Guayas ECAPAG (Agosto 1997)

ESTACION	G4A	SEG11	SEG23	SEG29
Coliformes Fecales NMP/100ml	90.000	53.000	93.000	70.000
Oxígeno Disuelto mg/l	4.1	4.0	3.8	3.4
DBO_5 mg/l	1.3	2.0	2.1	1.7

***Fuente:** ECAPAG Fecha: 20 de Agosto de 1997*

NOTA: La Estación G4A corresponde a La Alborada, La estación SEG11 a la altura de la Planta de El Progreso, SEG23 a la planta El Guasmo (La Pradera) y SEG 29 al sur de las Esclusas.

Los resultados de los ensayos resumidos en las tablas 2 y 3, son coherentes, con el lugar y la hora a la que se realizó la toma de muestras, esto se verifica comparando los valores con los datos de otras instituciones como la ECAPAG tabla 4. Por ejemplo en lo que a oxígeno disuelto se refiere, El Universo publica los parámetros de calidad de agua para el Río Guayas (20 de Agosto de 1997), valores entre 3.4 y 5.4 mg/l, los parámetros obtenidos en los puntos uno, dos, cuatro y siete están en ese rango.

Lo mismo ocurre con los coliformes fecales, la ECAPAG reporta una existencia de entre 93000 NMP/ 100ml, en la estación SEG 23 del Guasmo Pradera, en el presente estudio el punto más cercano, es el punto siete aproximadamente a dos kilómetros de SEG 23, se obtiene valores de coliformes fecales de 110000 NMP/100 ml.

En lo que a DBO se refiere los valores de la ECAPAG están en un rango de entre 1.7 y 2.5, en la estación uno y siete de esta investigación se presentan valores de 5.55 mg/l y 6.66 mg/ l, es probable que esta pequeña diferencia se deba a la hora del muestreo y las condiciones del lugar. No se toma en cuenta para esta comparación a los valores antes de la descarga, pues el DBO de los puntos dos y cuatro es alto debido a que ya recibe influencia de las descargas sujetas a estudio.

Nótese además el elevado valor de DBO_5 de la descarga número cinco, reporta un valor de 428.32 mg/l. Se verificó este valor a partir de los datos obtenidos en el Centro de Estudios del Medio Ambiente (CEMA-ESPOL), y se reportó en la misma estación un valor de 465 mg/l. (La muestra del CEMA se obtuvo el martes 21 de Enero de 1997).

A la altura de Las Esclusas, no se realizaron muestreos, sin embargo de acuerdo a ensayos realizados por el INOCAR en ese punto, en Mayo de 1997, el valor que se registra de Oxígeno disuelto en condiciones de reflujo del río, es de 5.2 mg/l

Datos de DBO5 para el cálculo de la constante de oxigenación
Demanda Bioquímica de Oxígeno por día

TABLA 5

DBO2 = 20.97 mg/l
DBO3 = 26.69 mg/l
DBO4 = 34.31 mg/l
DBO5 = 38.31 mg/l
DBO6 = 40.25 mg/l
DBO7 = 42.73 mg/l
Ensayados por: Suárez

El punto de muestreo se encuentra aproximadamente en el centro del área de estudio.

DESARROLLO, EXPLICACIÓN Y ALCANCES DEL MODELO ELEMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS

Para proveer facilidad de entendimiento en la formulación de un modelo de calidad del agua, se debe considerar un problema sencillo que involucra la descarga de desperdicios hacia una vertiente receptora y el impacto de éste en los niveles de OD (oxígeno disuelto) en una localidad aguas abajo de la vertiente.

El caudal q de desperdicio de una ciudad tiene un nivel de oxígeno disuelto (OD) de cero y un valor de DBO último igual a DBO_{UW}. Éste caudal está siendo descargado a una vertiente que tiene un caudal propio de Q, un nivel de oxígeno disuelto de OD_V y un DBO último de DBO_{UV}. Asumamos que la constante de la tasa de DBO (K_1) y el coeficiente de reaereación de la vertiente (K_2) son conocidos. El problema es formular un modelo que pueda predecir el nivel de oxígeno disuelto en el punto C de la figura, usando la información arriba suministrada. Las fuentes de suministro de oxígeno podrían incluir la fotosíntesis, reaereación y el suministro disponible en la vertiente. Los consumos de oxígeno serían el DBO en los caudales y podrían incluir los depósitos de lodo en el fondo de la vertiente así como también la respiración de las algas presentes.

Para propósitos ilustrativos, se deben tomar las siguientes consideraciones:

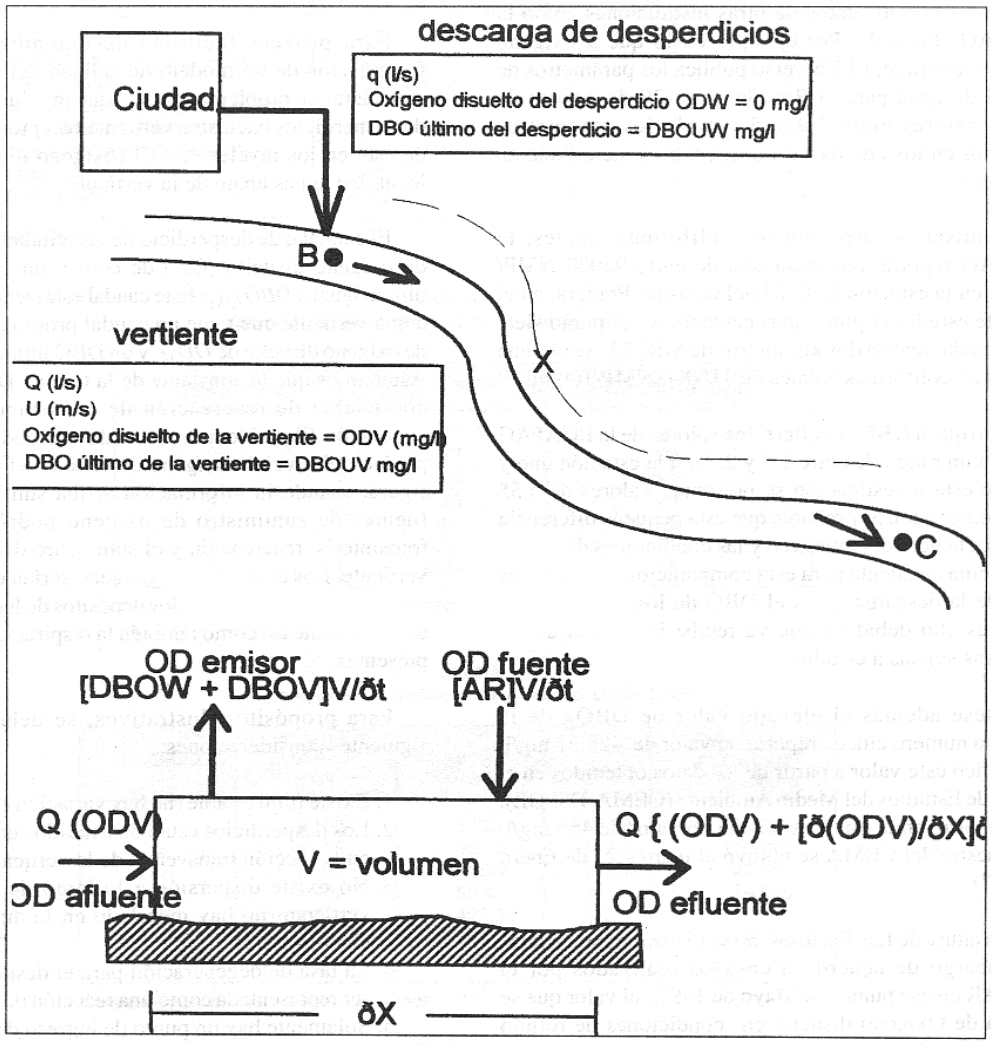
1. Existe flujo estable (no hay variación con el tiempo).
2. Los desperdicios están distribuidos uniformemente en la sección transversal de la vertiente.
3. No existe dispersión a lo largo de la ruta de la vertiente (no hay mezclado en la dirección aguas abajo).
4. La tasa de degeneración para el desperdicio puede ser representada como una reacción de primer orden.
5. Solamente hay un punto de ingreso del desperdicio en el segmento de interés de la vertiente.
6. Los efectos producidos por las algas y los depósitos de lodos pueden ser despreciados.

Podemos comenzar la formulación del modelo considerando que entre las secciones B y C de la vertiente, se puede escribir una ecuación de la continuidad involucrando el oxígeno disuelto OD.

$$OD_{afluente} + OD_{fuentes} - (OD_{efluente} + OD_{emitido}) = DOD_{segmento}$$
$$Q(OD_V) + g(AR)\,V - [Q\,[OD_V + (\partial OD/\partial x)\,DX] + f(DBO_W + DBO_V)\,V] = V\,D(OD_V)/Dt$$

Donde $g(AR)$ es una función que representa a la reaereación y $f(DBO_W + DBO_V)$ es una función que representa al DBO ejercido por el desperdicio en el segmento de vertiente por unidad de tiempo. Después del

Modelo Elemental de Calidad del Agua
Descripción Gráfica del Modelo Elemental de Calidad de Agua



Fuente: *Página 815 "Water Supply and Pollution control" Viessman Jr. - Hammer 1993*

correspondiente despeje de términos, la ecuación queda como

$$\Delta (OD_v) / \Delta t = - U (\partial OD / x \partial) - f(DBO_w + DBO_v) + g(AR)$$

Ya que al inicio, se tomó la consideración de flujo estable entonces el caudal de la vertiente y el caudal de los desperdicios son constantes, y eventualmente la concentración de OD también será constante. Por lo tanto el término a mano izquierda de la ecuación será cero, y la ecuación quedaría

$$U(\partial OD/\partial x) = - f(DBO_W + DBO_V) + g(AR)$$

Ésta ecuación puede ser escrita en términos del déficit de oxígeno disuelto en una localidad dada. Por lo tanto, podemos tratar con la diferencia entre el OD bajo condiciones saturadas y el nivel de OD que realmente existe en una localidad. Si la ecuación es escrita de ésta forma e integrada, el resultado es la ecuación clásica de Streeter-Phelps para el déficit de oxígeno disuelto:

$$D = \frac{K_1 L_0}{K_2 - K_1}\left(e^{-K_1 x/u} - e^{-K_2 x/u}\right) + D_0 e^{-K_2 x/u}$$

Donde L_0 es la carga inicial de DBO ejercida en la vertiente por el desperdicio (DBO_W) y el material orgánico en la vertiente en sí (DBO_V).

D_0 es el déficit inicial de oxígeno disuelto en la vertiente. D es el déficit de oxígeno disuelto en la localidad aguas abajo a una distancia X del punto inicial.

K_1 y K_2 son realmente funciones de la carga contaminante y de la tasa de caudal de la vertiente.

$$D = \frac{k_1' L_0}{k_2' - k_1'}\left(e^{-k_1' t} - e^{-k_2' t}\right) + D_0 e^{-k_2' t}$$

Donde **k'_1 (coeficiente de oxigenación) y k'_2 (coeficiente de reaereación)** son factores de proporcionalidad que dependen de la temperatura y en el caso de k'_2 de la turbulencia.

Existen varias expresiones para el cálculo del coeficiente de reaereación para su aplicación en cuerpos de agua que fluyen, de estas expresiones una de las fórmulas más comúnmente usada es la de O' Connors-Dobson.

$$k_2' = \frac{(D_L U)^{1/2}}{H^{3/2}}$$ **(efecto de la turbulencia en el valor de k'_2)**

Donde k'_2 es el coeficiente de reaereación por hora
D_L es la difusividad del oxígeno en el agua (1.76×10^{-5} m^2/día a 20°C)
U es la velocidad del flujo (m/día)
H es la profundidad del flujo (m)

$$k_{i\text{-}T} = k_{i\text{-}20} \times 1.037^{T-20}$$

(efecto de la temperatura en el valor de k)

Donde $k_{i\text{-}T}$ es el coeficiente de oxigenación (k_1) o el coeficiente de reaereación (k_2) a la temperatura T.

$k_{i\text{-}20}$ es cualquiera de los dos coeficientes a 20°C

Desde un punto de vista de diseño ingenieril, la curva de declive del oxígeno disuelto indica el punto mínimo de OD. Éste punto crítico es el lugar en la vertiente donde la tasa de cambio del déficit es cero, y por lo tanto la tasa de demanda es igual a la tasa de reaereación:

$$k'_2 D_0 = k'_1 L = k'_1 L_0 e^{-k'_1 T_c}$$

$$t_c = \frac{1}{k_2' - k_1'} \ln\left[\frac{k_2'}{k_1'}\left(1 - D_0 \frac{k_2' - k_1'}{k_1' L_0}\right)\right]$$

Las ecuaciones expuestas en ésta sección presentan constantes que deben ser evaluadas cuidadosamente. El término k'_1 refleja la tasa a la cual las bacterias demandan oxígeno para degradar la materia orgánica. Éste valor es calculado a partir del ensayo DBO. El término k_2 es el valor característico de reaereación de la vertiente. La constante k_1 puede ser evaluada en el laboratorio, mientras que la constante k_2 debe ser determinada a partir de estudios de campo.

DESARROLLO, EXPLICACIÓN Y ALCANCES DEL MODELO ELEMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS

Medición de caudales

Osorio (1984) describe ciertos rangos de caudales para todos los meses del año, en condiciones normales. En el presente estudio, se presenta un caudal aproximado para el análisis, pues no se toma en consideración del gasto total, cuanto de caudal es agua dulce proveniente de todos los contribuyentes de la cuenca a la formación del Río Guayas, y cuanto del caudal total es agua salada, proveniente de la intrusión de agua salada a causa de la corriente de marea. Se consultó con personal técnico del INOCAR y la ESPOL sobre el caudal que se obtuvo, y consideraron que el valor era bastante aceptable.

La medida se realizó empleando el correntómetro S4, que es un equipo autocontenido que tiene la capacidad de medir fuerza y dirección de corriente respecto al norte verdadero y también medir la profundidad del fondo del cuerpo de agua, en este caso la profundidad ha sido reducida al nivel medio del mar por el INOCAR.

El principio hidráulico de la continuidad, se aplica para la medición de caudales, Hidrográficamente el Río Guayas que tiene un caudal total Qt, se forma por la contribución del caudal del Río Daule Q_1 y del Río Babahoyo Q_2.

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

Este caudal Q_t, se bifurca en la isla Santay, donde aparecen un caudal que recorre por la orilla de la ciudad Q_1' y el otro que recorre por el otro lado de la isla Q_2':

$$Q_t = Q_1' + Q_2'$$

El sector motivo del estudio es la orilla de la ciudad. es decir el caudal de interés es el Q_1'.

Cálculo del coeficiente de oxigenación:

Para el cálculo del coeficiente de oxigenación se emplean varios métodos, como por ejemplo: Mínimos Cuadrados, Diferencias Diarias, Relación Rápida, Thomas, y el de Fujimoto: El método de mínimos cuadrados y el de Fujimoto son objeto de análisis en este proyecto. Se toma entonces los valores de DBO, analizando la muestra por el lapso de 7 días, y luego calculando los valores, de DBO último, se calculan los valores obteniendo el parámetro requerido.

El método de mínimos cuadrados, ajusta una curva a un grupo de datos experimentales, sumando los cuadrados de los residuos (diferencia entre el valor de datos conocidos y la curva interpolada en cada uno de los puntos bases). Usando este método es posible cuadrar diferentes tipos de gráficas a un mismo cuadro de datos.

En el método de Fujimoto (1991), se estructura una gráfica, obteniéndose así el valor de la constante requerida.

Metcalf y Eddy (1996) indican que el valor de de oxigenacion para un cuerpo de agua como el Guayas, debe estar cercano a 0.30 d^{-1}. El valor obtenido en cálculo para la constante de oxigenación de 0.2855 d^{-1} que es un valor muy fino.

Limitaciones del programa en el modelo elemental de calidad de aguas:

Como se explicó en un inicio, el presente estudio, es de orden académico, y aunque los resultados no dejan de ser válidos, el modelo se ve sujeto a muchas variables, que generan limitaciones, básicamente: La marea y la variabilidad del gasto de los contribuyentes al Río Guayas, son los parámetros que más afectan la condición del río. El proyecto emprendido por lo tanto, es puntual y específico con los siguientes datos:

ALTURA: Previamente se estudió la batimetría del río Guayas, en la Carta Náutica 1OA 1071, Se verificó que para el área de estudio, se toma una profundidad media referida al nivel de las más bajas mareas de sicigia de 10 metros. La variabilidad de la marea, para el día de toma de muestras, estaba entre: 0.5 y 3.7 metros, y la hora de toma de muestras la marea se ubicó en 2.1 metros. Por lo tanto la altura que se consideró, para el Modelo Elemental de Calidad de Agua fue de 12.1 metros.

VELOCIDAD: De Igual forma, se consideró para el programa la velocidad de 3.6 Nudos (1.85 m/sg) que es el rango de velocidad máximo en reflujo en el área de estudio. (INOCAR 1997).

CAUDAL: Como se anotó anteriormente, el valor calculado del caudal reducido al nivel medio del mar de 5538.37 m^3/s, es aceptable.

En la Estación 1, se ingresa los valores en base a la tabla de ensayos. Para la Estación 2, por tratarse de dos descargas muy cercanas, para el modelo se toma los valores críticos de DBO, OD, suma de caudales y promedio de Temperatura.

MODELAJE DE LA GRILLA PROPUESTA EN EL RÍO GUAYAS

Muelle de Multicomercio - Estero Cobina

Primeramente, antes de exponer los resultados, se explicará el comportamiento típico de las curvas de Agotamiento de Oxígeno Disuelto, de la Disminución del DBO, así como el principio de superposición.

Explicación inicial curva de agotamiento de OD.

El comportamiento característico del agotamiento de oxígeno se aplica mediante la ecuación de Streeter-Phelps:

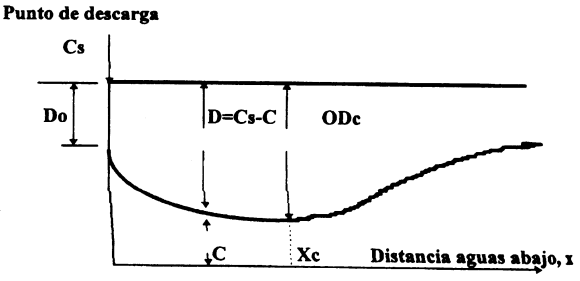
$$D = \frac{K_1 L_0}{K_2 - K_1}\left(e^{-K_1 x/u} - e^{-K_2 x/u}\right) + D_0 e^{-K_2 x/u}$$

Y como ya se indicó:

- **D,** es el déficit de oxígeno disuelto en la localidad aguas abajo a una distancia X del punto inicial
- **L_0,** es la carga inicial de DBO ejercida en la vertiente por el desperdicio (DBO_W) y el material orgánico en la vertiente en sí (DBO_V)
- **D_0,** es el déficit inicial de oxígeno disuelto en la vertiente
- **X/U,** es el tiempo hasta donde se analiza la ecuación, (Distancia sobre Velocidad del Río).
- **K_1 y K_2,** son constante de Oxigenación y constante de Reaereación respectivamente.

En la figura 1 que es la curva característica el déficit de oxígeno disuelto se encuentra por encima de la curva, en cambio por debajo de la curva se representa el oxígeno disuelto aguas abajo del punto de vertido. La reducción química de la DBO da como resultado un descenso del OD. En ese mismo instante a causa de la reaereación superficial el OD se recupera a una velocidad directamente proporcional al de oxígeno disuelto presente en ese instante.

FIGURA 1
Agotamiento de Oxígeno Disuelto



Fuente: Metcalf&Eddy 1996

El máximo valor del déficit Oxígeno Disuelto Dc, es alcanzado cuando el consumo de la DBO, iguala a las contribuciones a causa de la reaereación superficial, el cual se encuentra a una determinada distancia Xc y tiempo Tc del lugar del vertido. Aguas abajo, de este punto el flujo neto de Oxígeno entre la atmósfera y el agua es superior al consumo, lo que implica una reducción del Déficit de Oxígeno disuelto a partir de éste punto Xc.

Explicación inicial curva de disminución del DBO

El DBO, a partir de una descarga y Aguas Abajo, tiene un comportamiento típico, que sigue un proceso de decaimiento de primer orden:

Donde:

- **L,** es la concentración de DBO a una determinada distancia de la fuente
- **L_0** *,es la carga inicial de DBO ejercida en la vertiente* por el desperdicio (DBO_W) y el material orgánico en la vertiente en sí (DBO_V)
- **X/U,** es el tiempo hasta donde se analiza la ecuación (Distancia sobre Velocidad del Río)
- **K,** es la constante de Oxigenación.

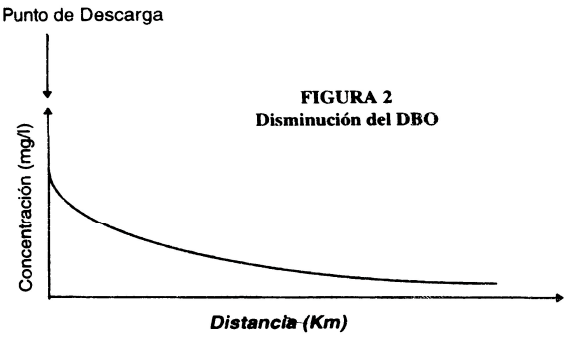


FIGURA 2
Disminución del DBO

Fuente: Metcalf & Eddy 1996

En la figura 2 se demuestra que luego de la descarga del efluente el DBO disminuye su concentración, paulatinamente pues el río a causa de la reaereación produce oxígeno disminuyendo por lo tanto el valor del DBO, esto siempre y cuando no exista otra descarga.

Principio de superposición

Una vez que el río recibe la incidencia de un efluente producto de una descarga, sus propiedades (OD, DBO, PH, etc..) varían. Si existen varias descargas, luego de cada una de ellas las características del río cambian, y toma las propiedades de la mezcla anterior (río+efluente).

En el presente caso de estudio, el Guayas, llega con sus parámetros que han sido cuantificados, al igual que los parámetros de la descarga en la Estación 1. Luego de producirse la mezcla, el río adopta otros valores, que son los nuevos valores del río para la Estación 2.

MODELAJE TRAMO: ESTACION 1: A ESTACION 2

DISTANCIA: 3.4 Kilómetros
DATOS DE ENTRADA DEL RIO ANTES DE LA ESTACION 1:

- Caudal: 5538.37 m^3/sg
- Velocidad del Río: 1.85 m/sg
- Altura Específica del Río: 12.1 m
- Oxígeno Disuelto: 4.48 mg/l
- DBO: 38.13 mg/l
- Temperatura: 28 °C

DATOS DE ENTRADA DE LA DESCARGA ESTACION 1 CODIGO 3:

- Caudal: 0.1220 m^3/sg
- Oxígeno Disuelto: 2.5 mg/l
- DBO: 61.625 mg/l
- Temperatura: 28 °C

Constante de Oxigenación del Río: 0.2855 (1/día)
Difusividad del Río: 0.000176 (m^2/día)
Distancia entre la Estación 1 y la Estación 2: 3.4 Km.

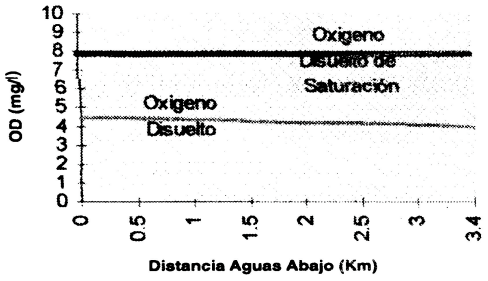
RESULTADOS :

Odm: Oxígeno disuelto de la mezcla: 4.4799 mg/l
Tm: Temperatura de la mezcla: 28 °C
Odsat: Oxígeno disuelto de Saturación: 7.8099 mg/l
Do: Déficit de Oxígeno disuelto inicial: 3.33 mg/l
K1´: Coefieciente de oxigenación corregido: 0.4414 (1/día)
K2´: Constante de reaereación corregido: 0.1685 (1/día)
DBOw: Demanda Bioquímica última del efluente: 81.075 mg/l
DBOr: Demanda Bioquímica última del río: 50.1649 mg/l
Lo: Carga del DBO en el río por el efluente: 50.1656 mg/l

Déficit de Oxígeno en la siguiente estación (E2 : 3.786191 mg/l
Oxígeno Disuelto en la siguiente estación (E2): 4.0238085 mg/l
Disminución del DBO en (E2): 49.69675 mg/l

En la figura 3 se presenta la curva de Agotamiento del Oxígeno Disuelto, que el programa del Modelo de Calidad de Agua genera automáticamente. En él los valores de Oxígeno Disuelto se calculan cada 500 metros.

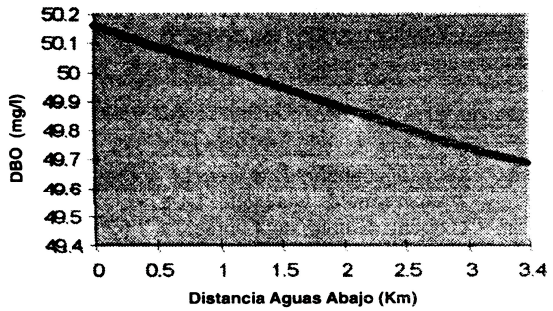
FIGURA 3
Agotamiento del OD



Elaborado por : Suárez 1997

Se presenta en la Figura 4 la curva de Disminución del DBO, que el programa del Modelo de Calidad de Agua genera automáticamente. En él los valores de DBO se calculan cada 500 metros.

FIGURA 4
Variación del DBO



Elaborado por : Suárez 1997

MODELAJE TRAMO:
DESDE LA ESTACION 2 HASTA LAS ESCLUSAS

DISTANCIA: 3.5 Kilómetros
DATOS DE ENTRADA DEL RIO ANTES DE LA ESTACION 2 (superposición):

- Caudal: 5538.37 m^3/sg
- Velocidad del Río: 1.85 m/sg
- Altura Específica del Río: 12.1 m
- Oxígeno Disuelto: 4.0238 mg/l
- DBO: 49.6968 mg/l
- Temperatura: 28 °C

DATOS DE ENTRADA DE LA DESCARGA ESTACION 2 CODIGO 5:

- Caudal: 0.2286 m^3/sg
- Oxígeno Disuelto: 2.6780 mg/l
- DBO: 428.32 mg/l
- Temperatura: 33 °C

Constante de Oxigenación del Río: 0.2855 (1/día)
Difusividad del Río: 0.000176 (m^2/día)
Distancia entre la Estación 2 y la Esclusas: 3.5 Km.

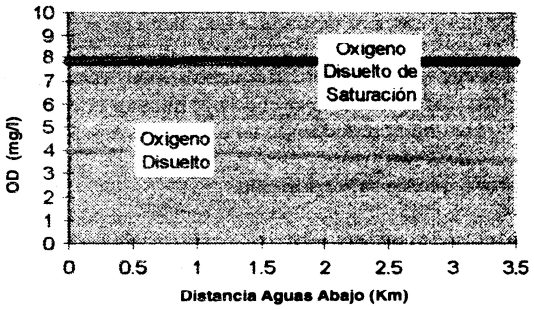
RESULTADOS :

Odm: Oxígeno disuelto de la mezcla: 4.4799 mg/l
Tm: Temperatura de la mezcla: 28 °C
Odsat: Oxígeno disuelto de Saturación: 7.8099 mg/l
Do: Déficit de Oxígeno disuelto inicial: 3.786 mg/l
K1´: Coefieciente de oxigenación corregido: 0.4414 (1/día)
K2´: Constante de reaereación corregido: 0.1685 (1/día)
DBOw: Demanda Bioquímica última del efluente: 563.51 mg/l
DBOr: Demanda Bioquímica última del río: 49.696 mg/l
Lo: Carga del DBO en el río por el efluente: 49.718 mg/l

Déficit de Oxígeno en la siguiente estación (E2) : 4.24947 mg/l
Oxígeno Disuelto en la siguiente estación (E2): 3.5602 mg/l
Disminución del DBO en (E2): 49.2396 mg/l

En la figura 5 se presenta la curva de Agotamiento del Oxígeno Disuelto, que el programa del Modelo de Calidad de Agua genera, de igual forma automáticamente. En él los valores de Oxígeno Disuelto se calculan cada 500 metros.

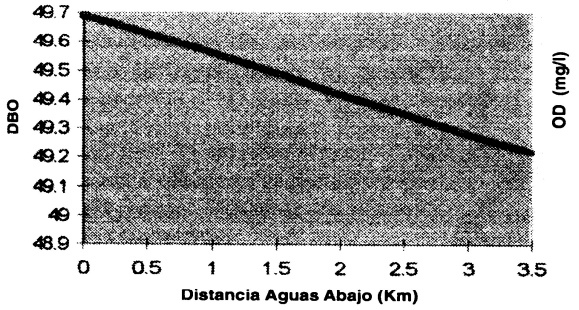
FIGURA 5
Agotamiento del OD



Elaborado por : Suárez 1997

A continuación, en la figura 6 s e presenta la curva de Disminución del DBO, que el programa del Modelo de Calidad de Agua genera, de igual forma automáticamente. En él los valores de DBO se calculan cada 500 metros.

FIGURA 6
Variación del DBO



Elaborado por : Suárez 1997

De las figuras anteriores y empleando el principio de superposición, se obtienen los valores de concentración de Oxígeno Disuelto y los valores de DBO que se utilizan para implementación del SIG, en la grilla de modelaje en el Río Guayas, desde Multicomercio hasta las Esclusas, en la distancia de 7 kilómetros, que el programa también grafica.

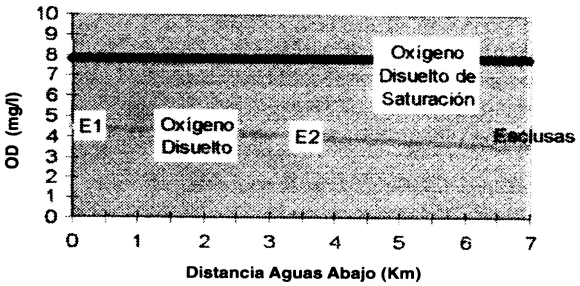
TABLA 6
Resultados del Modelaje

DISTANCIA Km	OXIGENO DISUELTO mg/l	DISMINUCION DE LA DBO mg/l
0	4.48	50.16
0.5	4.41	50.09
1.0	4.34	50.02
1.5	4.27	49.95
2.0	4.21	49.88
2.5	4.14	49.81
3.0	4.07	49.74
3.4	4.02	49.69
4.0	3.95	49.63
4.5	3.89	49.56
5.0	3.82	49.49
5.5	3.75	49.42
6.0	3.69	49.35
6.5	3.62	49.28
7.0	3.56	49.23

Elaborado por : Suárez 1997

A continuación, en la figura 7 se presentan los resultados del Agotamiento del Oxígeno Disuelto, en toda área de estudio. Distancia 7 Km.

FIGURA 7
Variación del OD

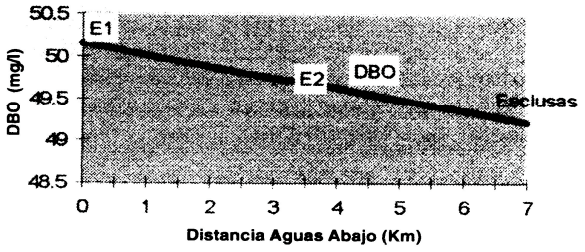


Elaborado por : Suárez 1997

Distancia Aguas Abajo (Km)

Por último, se presentan los resultados de la Disminución del DBO, en el área de estudio en 7 Km.

FIGURA 8
Variación del DBO



Elaborado por : Suárez 1997

Gráfico de OD y DBO en el área de estudio empleando el SIG.

A continuación se presentan los resultados de OD en la figura 9 y DBO en la figura 10 respectivamente, empleando el sistema de información geográfico. El sistema consta de 5 capas georeferenciadas, que son: hidrografía, amanzanamiento de la ciudad en la ribera del área de estudio, los limites del parque industrial Río Guayas Sur (de amarillo), la ubicación de las descargas industriales y las isofletas de OD y DBO obtenidas como resultados del modelaje y el uso del Winsurf.

La figura de O. D. muestran valores entre 4.40 mg/l al norte y 3.80 mg/l al sur del área del proyecto, teniendo un repunte a la altura de las Esclusas con un valor de 5.2 mg/l, este valor se produce por efecto de la turbulencia en la unión del Guayas con el Estero Cobina (considerando las condiciones iniciales del modelo).



FIGURA 9



FIGURA 10

La de DBO, muestra los valores entre 50.10 mg/l al norte y 49.25 mg/l al sur del área de estudio, y representan el efecto de los efluentes considerados sobre el río, en la margen cercana a la orilla.

Aplicabilidad del modelo elemental de calidad de agua en ríos y vertientes de la región interandina.

Para el caso de ríos y vertientes, que posean condiciones hidráulicas más estables, como por ejemplo los ríos de la Región Interandina, la aplicación del Modelo que se presenta es adecuada, ya que se puede trabajar en cualquier tiempo y condición. Inclusive se puede obtener más exactitud con un control estadístico de profundidades tomando en cuenta la variación los períodos de retorno (frecuencias de máximas precipitaciones que ocasionen crecidas en los ríos).

CONCLUSIONES

1.- Los valores de DBO, DQO y OD de las descargas (que son las referencias más claras de contaminación), se encuentran muy por encima de los rangos *ambientales admisibles; de acuerdo a lo establecido* en el Reglamento para la Prevención y Control de Contaminación Ambiental del Recurso Agua.

2.- *Si bien es cierto que en el área de estudio el OD,* no se ve afectado drásticamente por la descarga de AASS, la gran presencia de coliformes fecales es evidente como se demuestra en los ensayos realizados, ya que ciertos organismos patógenos se desarrollan mejor en aguas que tienen un OD por sobre los 4 mg/l, que son valores que se pueden apreciar en el mapa de isofletas de Oxígeno Disuelto de la grilla analizada, figura (Mtecalf & Eddy 1996).

3. El gráfico típico del Agotamiento de Oxígeno Disuelto en un Río al recibir el impacto de un efluente contaminado, se representa en la figura 1, donde se observa que de inmediato, se produce la disminución de Oxígeno hasta el Déficit Crítico. En el Río Guayas, esto no ocurre, pues la disminución de oxígeno es lenta, como se aprecia en la figura 7; asumiendo que no existen contribuciones de ninguna clase al río, el Déficit Crítico se ubicaría a 67 Km. Por lo que se demuestra que el Guayas tiene un gran potencial dinámico de disolución. Sin embargo la nueva tendencia mundial indica que la dilución no es la solución contra la contaminación.

4. *Se comparó la grilla propuesta, entre el gráfico* de las isofletas de OD resultado del presente estudio, con las características de OD establecidas en el Río en la misma área en estudios anteriores con las mismas condiciones, y se verificó que los isolíneas son similares.

REFERENCIAS

METCALF & EDDY 1996, Ingeniería de Agua Residuales 53 - 120, 1353 - 1833 pp.

COMISIÓN ASESORA AMBIENTAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA 1996 Sistemas Biofísicos y Pesquerías en el Golfo de Guayaquil 25 - 38, 59 - 62, 77 - 80 pp.

COMISION ASESORA AMBIENTAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA 1996
Desarrollo y Problemática Ambiental del Area del Golfo de Guayaquil

VEN TE CHOW 1994, Hidráulica de Canales Abiertos.

MATAMOROS DAVID, Notas de Ingeniería Ambiental (Guayaquil 1996)

COMISION DE ESTUDIOS DE DESARROLLO DE LA CUENCA DEL RIO GUAYAS 1994
Apuntes de la Cuenca del Río Guayas.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION 1980
Standar Methods.

EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN CRÓNICA POR HIDROCARBUROS EN EL PUERTO DE MAR DEL PLATA (ARGENTINA), SOBRE UNA COLONIA DE LOBO MARINO DE UN PELO, *Otaria Flavescens*

POR :

MARCELA JUNÍN (1)
HUGO CASTELLO(1)
PATRICIA HOLLMANN (2)

ABSTRACT

Mar del PLata City is the most important fishing harbor in Argentina, from where a total of 400 ships operate.

For entering into the harbor, the ships must pass in front of the sea lions colony, which is protected by a fence from the people.

The colony is composed only by males, during the breeding cycle they swin to the reproductive colonies and return at the end of the breeding period.

A great percentage of the animals, showed skin and mucous diseases with loss of pelage in the 40-95% of the body surface this condition is common in the older animals that every year return to the colony. It has been proved in terrestrial mammals, that skin disease is related to infectious diseases as well as chronic exposure to toxic compounds as oil. Sea lions in this colony are in contact with oil while remaining in water or climbing the rocks.

Necropsies of three animals found dead were done. One of them had been affected in the 95% of the body surface. It showed a thinner epidermis with partial tearing and few folicles with annexial glands atrophy.

Water samples at four diferrent points inside the harbor were taken for analizing. They showed several peaks, in the saturated hydrocarbons fraction.

RESUMEN

La ciudad de Mar de Plata en la Provincia de Buenos Aires, es el Puerto pesquero más importante de la Argentina, desde el cual operan mas de 400 naves. Para entrar al puerto todas las naves pasan frente a una colonia de lobo marino de un pelo Otaria flavescens establecida en uno de los márgenes de la escollera Sur dentro del puerto. Esta colonia está protegida del contacto con el público por un vallado de alambre tejido. Esta compuesta exclusivamente por machos, que descansan durante el invierno.

Durante el periodo reproductor los animales se desplazan hacia las colonias reproductivas, retornando a la loberia a fin del verano. Un alto porcentaje de los animales mostró alteraciones de piel y mucosas al examen visual, con pérdida de pelo abarcando una superficie del 40-95% del cuerpo. Esta condición demostró ser común en animales de mayor edad, los que cada año retornan a la loberia.

Ha sido probado en mamiferos terrestres que las enfermedades de la piel se relacionan tanto con infecciones como con la exposición crónica a los hidrocarburos.

En esta colonia los animales toman contacto con el petróleo en el agua o al trepar las rocas.

Se realizaron necropsias de tres animales hallados muertos en el área. Uno de ellos presentaba peladuras en el 95% del cuerpo.
La histología mostró una epidermis adelgazada con desprendimiento parcial, y atrofia de folículos y glándulas anexas.
Los análisis de agua realizados dentro del puerto demostraron la presencia de compuestos saturados derivados del petróleo.

(1) Museo Argentino de Ciencias Naturales. Av. A. Gallardo 470. CP 1405. Buenos Aires, Argentina
(2) Municipalidad de Gral. Pueyrredon. Div. Veterinaria. Dorrego 1767, CP 7600, Mar del Plata. Pcia. de Buenos Aires

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Mar del Plata, (38° S - 55°31' W) es actualmente el Puerto pesquero de mayor actividad de la Argentina, cuenta con 5 dársenas desde las que operan más de 400 naves.

Se encuentran limitadas por dos escolleras. A lo largo de la escollera Sur corren las tuberías de petróleo para carga de combustible en las embarcaciones. A 1500m del canal de acceso, se encuentra un asentamiento de lobos marino de un pelo *Otaria flavescens* (Shaw, 1800).

Esta reserva fue creada intencionalmente el 1986, con el objetivo de proteger a los lobos marinos que deambulan por el puerto (Fig. 1,superior).



Fig. 1 Superior.- Lobería de *Otaria flavescens* en el puerto de Mar del Plata. Nótese la cercanía de las embarcaciones

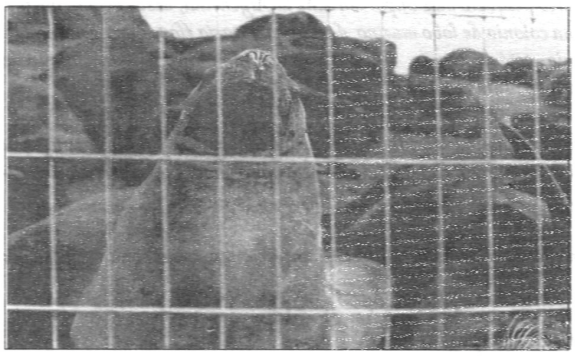


Fig. 1 Inferior.- Lobería de *Otaria flavescens* en el puerto de Mar del Plata. Nótese la cercanía de las embarcaciones

Los pescadores y trabajadores portuarios, molestados por los animales que accedían a las cubiertas de los barcos y a los terraplenes, los agredían en forma rutinaria (Lorenzani et al. 1990).

La presencia de la especie en el área se registra desde el siglo XVI, pero no fue sino hasta 1960 que pequeños grupos se asentaron en forma permanente (Rodríguez et al, 1992). La colonia está formada por ejemplares machos exclusivamente, en número de 600, que se aglomeran en los meses invernales de mayor densidad (Rodríguez et al, 1992). En la estación reproductiva, los ejemplares adultos y subadultos abandonan la lobería para dirigirse a los apostaderos de reproducción de Isla de los Lobos en Uruguay y de la Pta. Valdés, (Lorenzani y Lorenzani 1992). Los animales seniles y los juveniles, permanecen en la colonia y no se desplazan en la estación reproductiva. También permanecen algunos ejemplares adultos atraídos por la gran cantidad de pescado que se desecha en el interior del Puerto (Rodríguez, opus cit).

El Puerto del Mar de Plata demuestra ser el más poluído de la Argentina, al encontrarse entre dos escolleras, en su interior se produce un área de guas quietas en las que son vertidos desechos y contaminantes de diverso origen: la boca de carga de combustible para embarcaciones se encuentra a 250m del asentamiento de *Otaria flavescens*, la falta de control estricto favorece que los barcos realicen limpieza de sentina dentro del Puerto. En la escollera Sur existe también un dique seco que vierte hidrocarburos, pinturas y lacas marinas a las que se suman los desecho de una fábrica de harina de pescado. La pesca se descarga en el mercado acopiador que contribuye con el vertido de desechos orgánicos y basura plástica en abundancia, que flota sobre un film de hidrocarburos, que el viento y las corrientes arrojan hacia las márgenes de la lobería (Fig. 2).

En la última década, e impulsados por la creciente frecuencia de derramamientos de petróleo en zonas Costeras del Hemisferio Norte, se han realizado numerosos trabajos sobre los efectos agudos del contacto de los hidrocarburos en aves y mamíferos, (Beerman et al, 1984; Carpenter et al, 1976; Evans & Rice, 1974; Juck, 1981; Babin & Duguy, 1985; Adler et al, 1976). Sin embargo, poco se han estudiado los efectos crónicos del petróleo y sus derivados en la piel y el pelaje de mamíferos marinos. Ya en 1934, Dutton estudió los efectos de los hidrocarburos en la piel de obreros de la industria del petróleo y lo atribuyó al contenido de Sulfuros, describió dermatitis seca y aún neoplasias por el contacto prolongado.

Otro tipo de dermatitis pustulosa fue descrita en Polonia (Santarius & Kaczur, 1984). Experiencias recientes de laboratorio confirman que la aplicación tópica de querosen causa pérdida de pelo y severas dermatitis en equinos y bovinos, (Juck et al, 1981). Otro efecto descrito es la capacidad que tiene los hidrocarburos de favorecer el desarrollo de neoplasias por contacto crónico con piel y mucosas. La elevada incidencia de distintas neoplasias en trabajadores de la industria del petróleo es

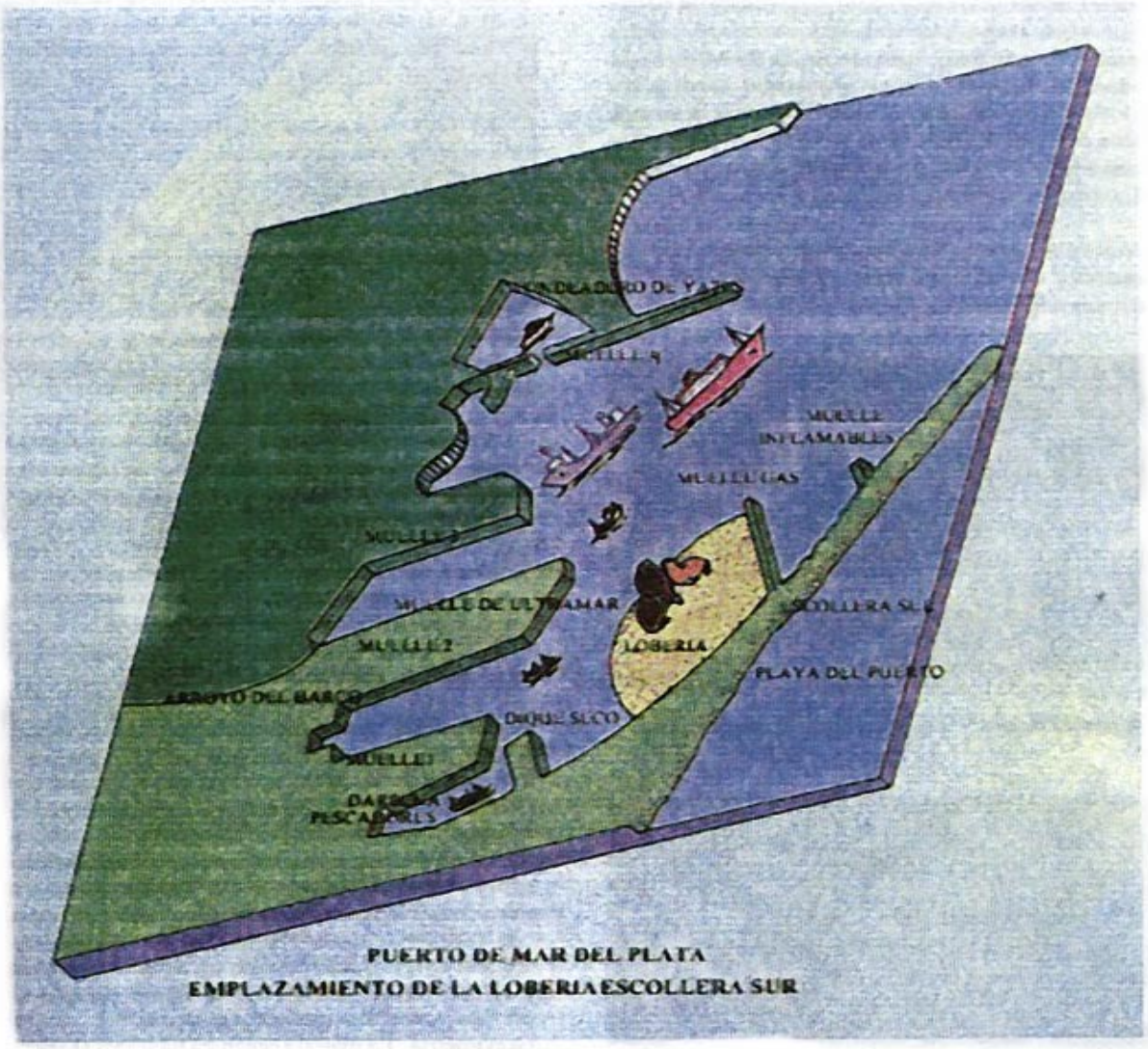


Fig. 2.- Plano del Puerto de Mar del Plata. Se aprecia la situación del asentamiento de *Otaria flavescens* entre los muelles de toma de gas e inflamables y el dique seco.

conocida desde hace tiempo, (Savitz & Moure, 1984), (Thomas et al, 1984), (Mills et al, 1984).

De acuerdo con nuestras observaciones preliminares en la lobería, un porcentaje elevado de los animales presentaba fuera del período de muda alteraciones del pelaje, consistentes en distintos grados de alopecia y dermatitis que embarcan del 40 al 90% de la superficie corporal. Los animales juveniles presentaban un pelaje en mejor estado (Fig 1, inferior); en los adultos y seniles las alteraciones se incrementaban hasta un 95% del pelaje. Los individuos seniles, con mayor cantidad de inviernos en la lobería, presentaban alopecias difusas, con una extensión del 95% al 100% de la superficie corporal, con resecamiento y solución de continuidad de la epidermis (Fig.3, superior e inferior).

Concomitantemente se comprobaron alteraciones de las mucosas: conjutivitis, rinitis, gingivoestomatitis y alteraciones ungueales.

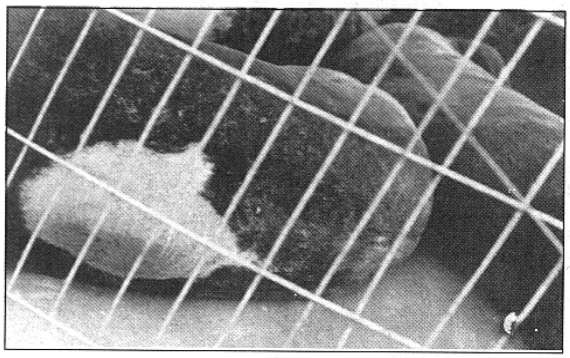


Fig. 3 Superior.- Alopecia areata en el dorso de un ejemplar adulto



Fig. 3 Inferior.- Detalle de alopecia del dorso en un adulto, se observa el engrosamiento de la piel.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizaron dos censos de la población de la lobería, los días 25.05.91 y 27.07.91. El conteo horario del total de animales se hizo a lo largo de un período de nueve horas.

Siguiendo a Vaz Ferrerira (1982) la población se dividió en cutro grupos etarios: crías, juveniles, adultos y seniles, la clasificación se vio facilitada por la natural tendencia de los lobos a agruparse en áreas bien definidas según edad.

El grado de alteración del pelaje se evaluó por observación directa con prismáticos y por fotografía con teleobjetivo.

Se obtuvieron muestras de pelo para bacteriología y micología en individuos sanos y enfermos.

Durante el período de estudio, se hallaron muertos tres individuos en las inmediaciones de la lobería, uno de ellos presentaba pelaje conservado, otro alopecia parcial y un tercero alopecia total.

Se obtuvieron muestras de tejido dermoepidérmico para histología, de los tres animales. Se realizaron cortes para microscopia óptica, con tinciones de hematoxilina-eosina y Masson Fontana.

En mayo de 1991, se obtuvieron muestras de agua del Puerto para determinación de hidrocarburos en tres puntos distintos de la zona portuaria: 1) En el margen de lobería, 2) En la entrada del canal de acceso, a 100m de la lobería y 3) En la dársena de atraque.

Se utilizó la metodología de los manuales de la UNESCO (MARPOL Proceedings 11-13) para la determinación de Hidrocarburos en agua y sedimentos, los dosajes se llevaron a cabo en el laboratorio de Geoquímica de la Empresa de Yacimientos Petrolíferos Fiscales. La técnica analítica empleada fue filtrada en papel Whatman 42, separando una fracción de material retenido por el papel, que fue extraída en forma exhaustiva con diclorometano a ebullición. La materia orgánica soluble (MOS) del retenido en el filtro se cuantificó gravimétricamente. La MOS se separó del agua filtrada por absorción en columna y se determinó también por Gravimetría. La materia orgánica total (MOT) es la suma de ambas. Todas las muestras fueron analizadas por cromatografía gaseosa en columna capilar.

La toma de otra muestra de agua en el margen de la lobería, fue realizada cuatro años mas tarde en abril de 1995, con el objeto de comparar con los valores de 1991. Se utilizó la misma metodología de muestreo. La identificación de hidrocarburos en el sobrenadante se realizó por cromatografía gaseosa con detector selectivo de masas (GC-MS)

RESULTADOS

Se comprobó que un 64% de los animales presentaba áreas de alopecia que abarcaban de 40 a 95% de la superficie corporal y que se encuadraron en tres tipos: 1) Peladuras del 40% o más de la superficie corporal, abarcando extensas áreas. Inicialmente se presentaban como alopecia areata y se extendían (Fig.4,superior e inferior).

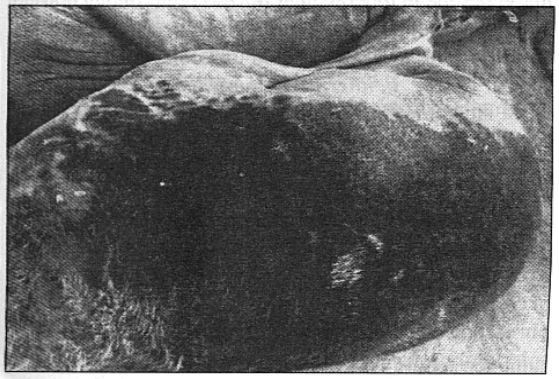


Fig. 4 Superior.- Alopecia de los flancos en un ejemplar adulto



Fig. 4 Inferior.- Detalle de alopecia del dorso en un adulto, se observa el engrosamiento de la piel

2) Alopecias antiguas con resecamiento y resquebrajamiento de la epidermis dejan al descubierto la dermis, se vió en animales seniles.

3) Alopecias difusas sin rescecamiento ni heridas eran comunes en los individuos adultos.

Los animales juveniles presentaban un pelaje clásicamente mas claro y libre de alteraciones (Fig. 1, inferior).

Los cortes de piel de apariencia normal (Fig.5, inferior) muestran la epidermis con sus estratos conservados, con núcleos celulares saludables hasta la capa superficial, y la dermis con folículos pilosos saludables y abundantes, con gran desarrollo de las glándulas sebáceas, la dermis es característicamente gruesa, con gran abundancia de fibras colágenas.

La piel obtenida del animal que presentaba una alopecia total mostró una epidermis adelgazada desprendida en sectores pero que se conserva en los límites de extrusión del folículo piloso. Los folículos eran escasos y con anexos atróficos.

La cantidad de tejido conectivo en la dermis, se encontraba aumentada y se observó un borramiento de papilas dérmicas.

En el interior de los folículos atróficos, se observaron detritus y acúmulos de pigmento melánico (Fig.5, superior).

La histología de la piel de la región del miembro anterior de un animal, normalmente desprovista de pelos, mostraba una gruesa epidermis y dermis, papilas conservadas y una gran cantidad de tejido conectivo, denso, esta característica se considera como inherente a la fricción que soportan los miembros locomotores durante el desplazamiento en tierra del animal, la piel de esta zona, normalmente más gruesa, no mostraba patología visible en ninguno de los individuos.

Buscando la relación, causa efecto entre la patología dérmica y la contaminación por hidrocarburos de las aguas del puerto . se realizaron determinaciones químicas analíticas del agua.

Los resultados del primer muestreo se presentan en la tabla I.

Tabla I- Análisis cuali-cuantitativo de las muestras de agua tomadas en 1991 en la margen de la lobería (1) y en otros puntos del puerto (2 y 3).

MUESTRA	M.O.S. DEL RETENIDO EN FILTRO	M.O.S. ADS	M.O.S. ADS
1	276.2 mg/l	1.7 mg/l	277.9 mg/l
	no determinada	1.5 mg/l	1.5 mg/l
2	0.7 mg/l	2.6 mg/l	3.3 mg/l
3	0.9 mg/l	0.5 mg/l	1.4 mg/l

Hidrocarburos Saturados:	69.9 %
Hidrocarburos Aromáticos:	19.8 %
Compuestos polares:	10.3 %

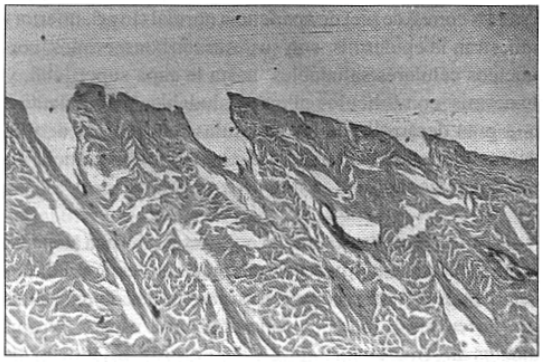


Fig. 5 Superior.- Microscopia óptica de la piel de un ejemplar totalmente carente de pelo, teñida con hematoxilina eosina. Con objetivo de campo se observa ausencia de la epidermis en algunas áreas, adelgazamiento en otras y engrosamiento de la dermis. Los escasos folículos pilosos y glándulas anexas son atróficos.

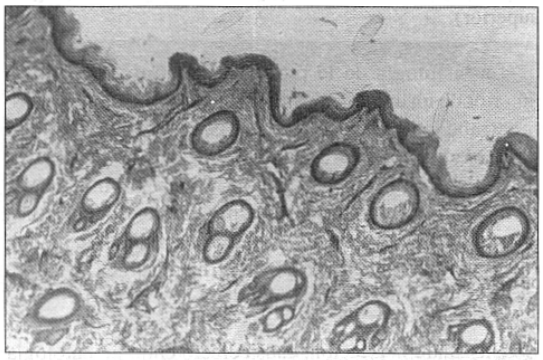


Fig. 5 Inferior.- Microscopia óptica de la piel normal teñida con hematoxilina eosina. Con objetivo de campo se observan epidermis y dermis saludables con gran número de folículos pilosos y glándulas

La muestra No.1 obtenida en los márgenes de la lobería demostró una elevada concentración de compuestos derivados del petróleo.

Un 69% de los hidrocarburos correspondieron a compuestos saturados, 19,8% a aromáticos y 10,3% a compuestos polares.

Las otras dos muestras (2 y 3) se tomaron dentro del puerto a una distancia de 100m y 200m respectivamente del apostadero de lobos marinos, y presentaron escasa cantidad de hidrocarburos.

La cromatografía gaseosa de la fracción de hidrocarburos saturados presentó una distribución típica de petróleo y derivados en la que se distingue la serie homóloga de los normales desde C 13 a C 26 y la serie de Isoprenoides de C 16 a C 21 (Fig. 6, superior), correspondientes a componentes del combustible de lanchas costeras y aceite de motor.

La muestra tomada cuatro años mas tarde en los márgenes de la lobería en el mismo lugar que la muestra 1, mostró resultados análogos a los de la primera muestra, identificando "Diesel oil" con una composición entre C 13 y C 25 (Fig. 6, inferior) demostrando una continuidad de la situación de vertido de hidrocarburos en el área portuaria y la no variación de los componentes a lo largo del tiempo; lo que corrobora el contacto crónico al que se ven sometidos los animales.

Los cultivos que se realizaron para micosis superficiales no mostraron desarrollo de hongos.

No se visualizaron ectoparásitos en piel o pelo y tampoco fueron hallados en los cortes histológicos.

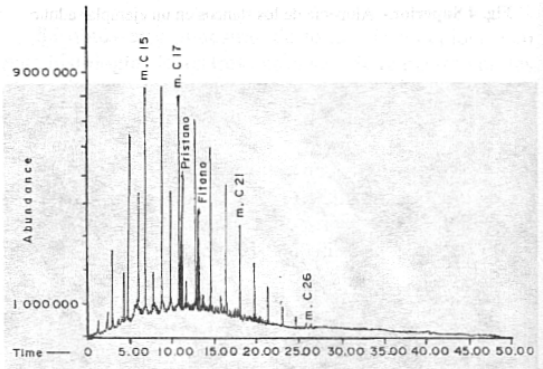


Fig. 6 Superior.- Cromatograma de la muestra de agua tomada en la margen de la loberia, capa superficial, en 1991. Se observan picos del C15 al 26 correspondiente a gas oil.

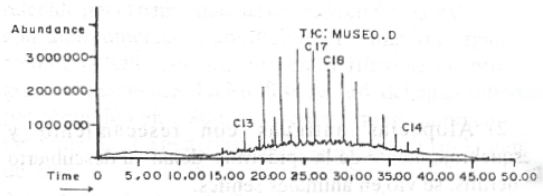


Fig. 6 Inferior.- Cromatograma de la muestra de agua tomada en el mismo lugar de la loberia 4 años mas tarde: 1995. Se observa un patrón análogo. Los compuestos son identificados como "diesel oil".

DISCUSIÓN

Si bien en la mayor parte de las investigaciones realizadas en los últimos años apuntan a determinar los efectos del petróleo en mamíferos marinos, hacen hincapié en los efectos agudos ocasionados por dramáticos accidentes de derrames desde buques, tanques o plataformas petroleras. Poco se ha estudiado sobre los efectos a largo plazo de la contaminación por hidrocarburos. Los pinnípedos, tienen los sentidos visual y olfativo bien desarrollados, pueden detectar el derrame y evitar caer en él, ya que sus ojos adaptados a la oscuridad subacuática detectan las diferencias de intensidad lumínica, producidas por la mancha de petróleo (Jamieson & Fisher, 1972). Otros mamíferos acuáticos como las nutrias no reconocen primariamente el derrame como una amenaza, inhalan los vapores volátiles y mueren por intoxicación aguda, con efectos letales sobre el sistema nervioso central e insuficiencia hepática y renal (Geraci and Williams, 1990).

Las experiencias llevadas a cabo sobre el aumento de la conductividad térmica del pelaje empetrolado, demostraron que las especies menos afectadas son los otáridos y fócidos (Oritsland, 1975; Kooyman et al, 1976, 1977)

Los pinnipedios muestran escasa reacción, ya sea fisiológica o comportamental a los efectos nocivos del petróleo, con excepción de una pérdida de calor por el pelaje e irritación de las mucosas. Los individuos que se encuentran previamente estresados por una enfermedad pre existente o por un habitat desfavorable pueden mostrar mayor vulnerabilidad a los efectos agudos de la exposición a los hidrocarburos (Aubin, 1990).

En esta colonia se han estudiado otras causas de alopecia, como micosis o ectoparásitos, etiologías que han sido descartadas por la negatividad de la bacteriología-micología, y la ausencia de ectoparásitos al examen de la piel y el pelaje y en los cortes histológicos.

CONCLUSIONES

La colonia de *Otaria flavescens* de Mar del Plata, emplazada en un puerto crónicamente contaminado con derivados del petróleo, se ha constituido en un excelente modelo natural para el estudio de las alteraciones relacionadas con el contacto crónico con estos poluentes. Los animales toman contacto con los hidrocarburos durante el tiempo que transcurren en el agua entre las escolleras y al acceder a la lobería por las piedras embadurnadas por el petróleo acumulado por la marea y el viento. Al salir del agua los animales muestran un comportamiento persistente de rascado y su pelaje se ve empastado y oleoso.

Si bien la presencia de la especie en el área, está documentada desde comienzos de siglo, no existen evidencias fotográficas o relatos de esta patología hasta años recientes. Presuntamente el efecto crónico necesita de contacto contínuo y a largo plazo para manifestarse. A diferencia de otros poluentes, como los organoclorados, los hidrocarburos no son acumulativos en los organismos, pero si lo son sus efectos ya que las lesiones no desaparecen por el mero alejamiento del individuo afectado de la fuente contaminante. No han sido observadas lesiones similares en otras loberías, ni en hembras o juveniles.

Según Griffiths (1987) es sorprendente que aún no hayan sido comunicados resultados de los efectos crónicos de los hidrocarburos en pinnípedos, y ello se debería a que no ha existido un contacto prolongado como para causar un efecto visible y cambios histopatológicos como los que aquí se describen. Se considera que la exposición crónica a hidrocarburos produce un rango de patología mucho más amplio del que ha sido descrito hasta el momento en mamíferos marinos.

Griffiths (1987) alerta sobre la necesidad de prestar mayor atención y realizar análisis exhaustivos de hidrocarburos en los cadáveres de mamíferos marinos varados en los cuales sea comprobable el contacto con petróleo.

AGRADECIMIENTOS

Al Capitán Guillermo Tibaldi, de la Base Naval Mar del Plata, por su colaboración en el hallazgo y facilitación del acceso a los lobos marinos muertos.

A Karina Candel y Karina Ocorso, por su valiosa colaboración en el primer censo de las lobería.

A Agustina Piñeiro por su diseño del gráfico del Puerto de Mar del Plata.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adler, R.; Robinson, R.G. and Binkin, N.J. (1976). Intravascular hemolisis: an inusual complication of hydrocarbon ingestion. Jour. Pediatr. 89: 679-691

Aubin, D.J. (1990). Physiologic and Toxic effects on pinnipeds: 103-127. In: **Sea mammals and oil: Confronting the risks.** Academic Press, San Diego, Ca.: 304.

Babin, P and R. Duguy (1985). Intoxication due aux hidrocarbures ingeres par Halychoesrus grypus et Phoca vitulina (Intoxication by hydrocarbons of Halichoerus grypus and Phoca vitulina). Rapp. P. Reum. Cons. Int. Explor. Mer. Com. Mmm. Mar. C.M. 1985 , No. 12: 3p.

Beerman, B.; Christensson, T.; Moller, P. and Stillstromm, A. (1984). Lipoid pneumonia: an occupational hazard of fire eaters, Brit. Med. Journ. 289: 1728-1729

Carpenter, C.P.; Kinkead, E.R.; Geary, D.L.; Sullivan, L.J., and King. I.M. (1976). Petroleum hidrocarbon toxicity studies. XI: Animal and human response to vapours of deodorized kerosene. Toxicol. Appl. Pharmacol. 36: 443-456.

Dutton, W. F. (1934). Petroleum dermatitis. Med. Rec. 140 : 550-552.

Evans, D.R. y Rice, S.D. (1974). Effects of oil on marine ecosystems: a review for administrators and policy makers. Fish. Bull. 72: 625-638

Geraci, J.R. and Williams, T.D. (1990). Physiologic and Toxic effects on sea otters: 211-211. In: **Sea mammals and oil: Confronting the risks.** (1990). Academic Press. Harcourt Brace, Jovanovich Publ. San Diego, Ca. 304 pp.

Griffiths, D.J. (1987) Marine mammals and Petroleum activities in Norwegian watters. Fisken og Habet Serie B, No.: 179 pp.

Juck, F.A. (1980). Crude oil related pathology in polar bears. Rep. To Dept. Of Indian and northern Affairs, Canada, 86 pp.

Jamieson, G.S. and Fisher, H.D. (1972). The pinniped eye: A review. In "Functional anatomy of marien mammals. (R.J. Harrison, De.) Vol. 1 pp. 245-261. Academic Press, London.

Juck, F. A., Hurts, R.I. and Watts, P.D. (1981) Effect of crude oil on polar beras. Environmental studies No. 24, Rep. To the Environm. Prot. Branch, Indian and Northern Affairs, Canada: 167-207.

Kooyman, G.L. Gentry, R.L. and Mc Allister, W.B. (1976). Physiological Impact of oil on Pinnipeds. Rep. N.W. Fish. Cent. Natl. Mar. Fish. Serv., Seattle, Washington.

Kooyman, G.L., Davies, R.W. and Castellini, M.A. (1977). Thermal conductance of inmersed pinnipeds and sea otters before and after oiling with Prudhoe Bay crude. In: **Fate and Effects of Petroleum Hydrocarbons in Marinne Ecosystems and Organisms.** De. D.A. Wolfe: 151-157, Pergamon, New York.

Lorenzani, A.C., Lorenzani, J.A. Lorenzani, J.C., Bo. M.S. y M.I. Inchausti (1990). Construcción de un asentamiento artificial de *Otaria byronia* (Blainville, 1820) en el Puerto de Mar del Plata, Argentina. Res. IV Reun. Trab. Esp. Mam. Acuat. De América del Sur (Nov. 1990), Valdivia, Chile: 41.

Lorenzani, J.A. y J.C. Lorenzani (1992). Resultados Preliminares de marcación de lobos marinos de (*Otaria flavescens*) de la colonia del Puerto de Mar del Plata. Res. De la V. Reun.Trab.Espec. (Oct.92), Buenos Aires : 41

Mills, P.K., Newell, G.R. and D.E. Johnson (1984). Testicular cancer associated with employment in agriculture and oil natural gas extraction. Lancet : 207-210.

Oris Hand, N.A.(1975). Insulation in marine mammals: The effect of crude oil in ringed seal pelts. In: **The Effect of contact and ingestion of crude oil on ringed seals of the Beaufort Sea.** (T.G. Smith and J.R. Geraci, Eds). Beaufort Sea Project Tech. Rep. No. 5: 48-67 .Inst. Ocean. Sci., Sidney, Brit. Columbia, Canada.

Rodríguez, D., Bastida, R. y S. Moron (1992), Estructura social y dinámica de la colonia de los lobos marinos de un pelo, *Otaria flavescens* del puerto de Mar del Plata, Argentina. Res.Va.Reun.Trab.Espec.America del Sur (Oct.92): 57.

Santarius-Kaczur, D. (1984). Wystepowanie tradzika olejewego upracowinink ow zak adu przemys u motoryzacyjnego (Oil induced acne: a cue in workers in the automobile industry). Med. Pr. 35:309-311 .

Savitz. D.A. and R. Moure (1984). Cancer risk among oil refinery workers. A review of epidemiological studies. J. Occupat. Med 26: 662-670

Thomas, T.L.; Maxweiller, R.J.; Crandall, M.S.; White, D.W.; Mouse-Eraso, R. and J.F. Fraumeni (1984). Cancer mortality patterns by work category in three oil refineries. Amer. J. Industr. Med. 6 : 3-16.

Vaz Ferreira, R. (1981). South American sea lion *Otaria flavescens* (Shaw, 1800). In: Ridway, S.H. and Harrison R.J. Handbook of marine mammals. AP. Vol. I: The walrus, sea lins, fur seal and sea otter: 228 pp.

DISTRIBUCIÓN DEL PRIMER NIVEL TRÓFICO (FITOPLANCTON) EN EL PACÍFICO ECUATORIANO, PERÍODO 1996-1997 (PRE-EL NIÑO)*

POR :

GLADYS TORRES - ZAMBRANO (1)
MARÍA ELENA TAPIA (1)

ABSTRACT

The condition of the marine fertility, expressed in chlorophyll "a" in concentrations and phytoplankton indicators species of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. Was described. The samples were taken during three oceanographic cruises realized by the oceanographic Institute of Ecuadorian Navy (INOCAR).

In October/96, the biomass of phytoplankton was located westward Galapagos islands, with hight chlorrophyll "a" in about 1.8 mg/m3 and cell counting was 1706000 cel/l. about 10 m of depth, with domination of diatoms small and slow increment of dinoflagellates, were the main component of the upwelling a 0° . Afterwards, in april-may of 1997 is a transition seasonaly between summer and winter, with increase of surface temperature of sea in this area,in response to the anomalous conditions the phytoplankton to decline and depth. In august/97, under anomalous thermal conditions for this month, the phytoplankton increased with different species of ***Rhizosolenias****, was abundant group inner upwelling area in the west of Galapagos, distributed south eastern of all area; the phytoplankton was more abundant in the Gulf of Guayaquil, perhaps due to the influence of the Peruvian upwelling coastal. The dominance of dinoflagellates indicators was registered northward coincidence with the warmer waters. However they are distributed, in all Ecuadorian sea with less concentration, indicating this anomalous conditions registered during this cruise.*

RESUMEN

Se describen las condiciones de la fertilidad marina expresadas en clorofila "a" y especies del fitoplancton cuali-cuantitativamente indicadoras del océano Pacífico ecuatorial, registrados durante tres cruceros oceanográficos en el mar ecuatoriano (octubre/96; abril-mayo y agosto/97), realizados por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

En octubre de 1996 al oeste de Galápagos, la biomasa fitoplanctónica evidenció un núcleo de afloramiento subsuperficial (18.9° C), con una concentración máxima de clorofila "a" de 1.8 mg/m³, correspondiente a un máximo celular de 1706.000 cel/l. a 10m de profundidad, con dominancia de ***Nitzschia pungens, N. delicatissima, N. longissima, Coscinodiscus spp., Rhizosolenia hebetata, Thalassiosira spp.****, y* ***Gymnodinium spp.****, A nivel superficial las especies capturadas en redes fueron Planktoniella sol, Thalassiotrix frauenfeldii, Ceratium azoricum, C. trichoceros, C. trijos, C. declinatum, C. pentagonum, C. furca, C. lunula, Goniodoma polyedricum, Protoperidinium steinii, Ornithocercus magnificus, Dinophysis doriforum y D. caudata, grupo de especies de condiciones cálidas que ya anunciaban la presencia de anomalías térmicas, sin embargo la temperatura máxima superficial fue de 22.71° C.*

En abril-mayo de 1997, época considerada como transicional de invierno a verano, se incrementó la temperatura superficial del mar con un máximo de 29.1° C en la sección 87° W-0°, y la mínima de 23.2° C al oeste de Galápagos, en respuesta a las condiciones cálidas el fitoplancton disminuyó en su concentración clorofílica (<0.2 mg/m³), con un núcleo de 0.92 mg/m3 al oeste de Galápagos, concentraciones relacionadas con la disminución de diatomeas e incremento de dinoflagelados, indicadores del ingreso de aguas cálidas. En agosto 1997, con las condiciones anómalas térmicas para este mes, el fitoplancton se incrementó con varias especies de Rhizosolenias, grupo que fue abundante en el área de afloramiento al oeste de Galápagos y distribuída al sureste de toda el área de estudio; en el Golfo de Guayaquil el fitoplancton fue más abundante, adicionándose algunas especies originadas en los afloramientos costeros peruanos; también se observó la dominancia de dinoflagelados hacia el norte coincidente con las aguas más cálidas, sin embargo estuvieron distribuídos en todo el mar pero en bajas concentraciones, evidenciando las condiciones anómalas registradas durante este crucero.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) Av. 25 de Julio Base Naval Sur, Casilla 5940. E-mail: inocar@inocar.mil.ec. Guayaquil-Ecuador

*Presentado en l as XXI Jornadas Nacionales Biológicas. Guayaquil, noviembre - 1997

INTRODUCCIÓN

El fenómeno oceánico-metereológico, conocido como EL Niño, constituye una de las manisfestaciones naturales más severas. El Pacífico ecuatorial sudamericano presenta gran variación en condiciones de El Niño (EN), de las cuales se han originado varias expediciones como EASTROPAC (octubre-noviembre 1967) y NORPAX (marzo-mayo 1975), han soportado diferentes contribuciones científicas sobre las consecuencias en las costas de Ecuador y Perú (Patzert et al 1978; Owen y Zeitzschel 1970).

Las informaciones básicas sobre la distribución de la biomasa (clorofila, productividad primaria y contajes celulares), e indicadores biológicos del fitoplancton en aguas ecuatorianas, han sido enunciadas por Marshall (1970), Jiménez (1975, 1976, 1977, 1984) ; Jiménez y Pesantes (1978), Jiménez y Bonilla (1980), Pesantes (1983 a, b), han enfocado dos áreas de mayor productividad al oeste de Galápagos y en el Golfo de Guayaquil, asociadas al desplazamiento del Frente Ecuatorial (FE). Okuda et al (1983), observaron una variación considerable en la ubicación del FE, formado por masas de aguas cálidas provenientes del norte, de menor salinidad y bajas concentraciones de nutrientes con masas de aguas frías con altas concentraciones de nutrientes provenientes del sur.

Otro factor que da origen a una mayor productividad (todos los niveles tróficos), es el flujo de la subcorriente ecuatorial o Corriente de Cromwell, que se presenta a lo largo de la franja ecuatorial con dirección hacia el este, aflora al topar con la topografía de las Islas Galápagos y se bifurca con un flujo hacia el norte y otro flujo de mayor magnitud hacia el sureste (Wyrtki, 1967-1975; Maxwell, 1974; Hacker et al 1986).

Durante la ocurrencia de eventos El Niño, el FE es desplazado hacia el sur (costas peruanas), la biomasa fitoplanctónica es disminuída con etapas sucesionales de especies, principalmente con reducción de diatomeas e incremento de dinoflagelados indicadores de aguas cálido-tropicales con menores capturas en el sector pesquero (Pesantes, 1983a).

Zambrano (1980), menciona que la distribución de temperatura superficial en el mar muestra un ciclo anual de calentamiento y enfriamiento con 1.8 °C más alta que la otra. Zambrano (en prensa), en sus análisis de la estructura térmica evidencia una similitud en las fases anuales de condiciones cálidas durante los eventos ENOS de 1991-92 y 1997, y frías como 1990-1996.

Este artículo describe las condiciones bio-oceanográficas del primer nivel trófico, distribución y concentración de la biomasa fitoplanctónica (clorofila "a" y contajes celulares) a nivel superficial y subsuperficial de la capa fótica a los 75m de profundidad, se da la distribución de especies indicadoras del fitoplancton y su relación con las variables de temperatura y nutrientes, registrados en tres cruceros oceanográficos realizados en Octubre/1996, Abril-mayo/1997 y agosto/1997.

METODOLOGÍA Y ÁREA DE ESTUDIO

Se realizaron tres cruceros oceanográficos CO196, CO197 y CO297 a bordo del B/I-ORION del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), con un total de 38 estaciones bio-oceanográficas (Fig. 1). El área de investigaciones comprendió todo el mar ecuatoriano a excepción del CO196 en que se realizó al oeste y sur de Galápagos.

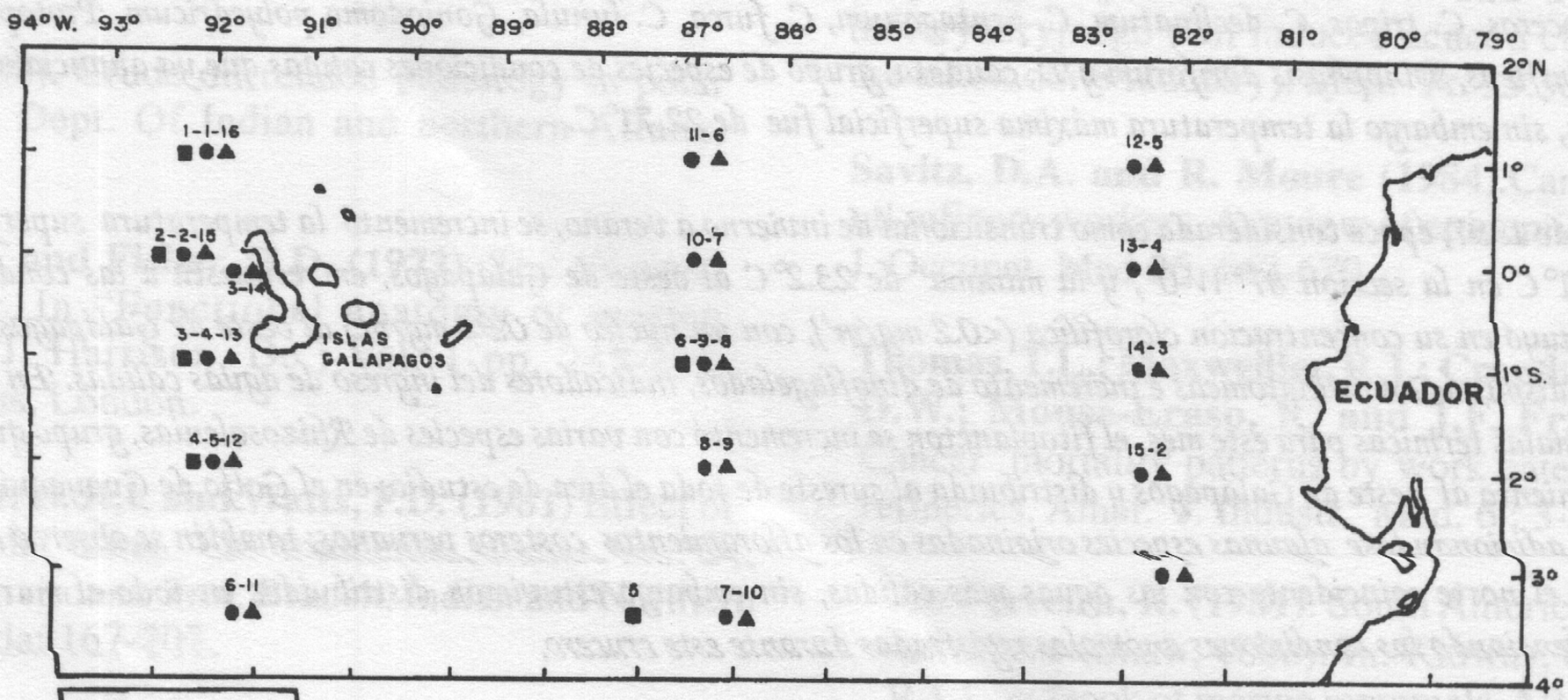


FIGURA 1.- UBICACION DE ESTACIONES. DURANTE LOS TRES CRUCEROS OCEANOGRAFICOS, (CO-I-96) - (CO-I-97) - (CO-II-97).

CRUCERO	FECHA	# ESTACIONES	EPOCA ESTACIONAL
CO196	Octubre 1996	6	Seca-verano
CO197	Abril- Mayo 1997	16	Húmeda-invierno
CO297	Agosto 1997	16	Seca-verano+El Niño

Los muestreos se realizaron en tres transectas meridionales 92° W, 87° W y 82° 3 W. En cada una de las estaciones se tomaron muestras de agua con botellas Niskin (2 l.) sobre una roseta multimuestreadora General Oceanics con un CTD-SEABIRD incorporado a la misma, para análisis químicos (Strickland y Parsons, 1972), pigmentos clorofílicos y recuentos celulares, se realizaron en siete niveles de profundidad 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 75m.

Para los análisis de pigmentos, se filtró un litro de agua de mar de cada nivel de profundidad, con una bomba al vacío a través de filtros de fibra de vidrio de 47mm. Cada filtro es colocado en un frasco de vidrio con 10 ml de acetona al 90% cubiertos con papel aluminio y refrigerados por 24 horas (agitando de vez en cuando). Las muestras son centrifugadas y leídas las densidades ópticas en un Fluorómetro TURNER (10-005-R). Se le adiciona dos gotas de ácido clorhídrico al 5% directamente al tubo de la muestra para la conversión de clorofila a feopigmentos. Para los cálculos de clorofila "a" se emplearon las ecuaciones de SCOR-UNESCO Working Group 17 (1966) en un computador.

Las muestras para recuentos celulares, se efectuaron con el método de Uthermohl en los niveles de profundidad antes enunciados, fueron fijadas con solución de lugol. Las muestras previamente homogenizadas, se colocaron en cámaras de sedimentación de 25ml por un período de 24 horas y examinadas en un microscopio invertido a 400X de magnificación, mediante formulación los datos son convertidos en cel/l.

Para el análisis cualitativo y distribución de especies del fitoplancton, se efectuaron barridos horizontales de 10 minutos con una velocidad del buque de 2 nudos, las muestras fueron fijadas con formol al 3% previamente neutralizado con tetraborato de sodio. Para el análisis de las muestras de redes, se obtuvieron 2 gotas-alícuotas homogenizadas, colocadas en un portaobjeto y sobrepuesto un cubreobjeto de 20x20mm, en un microscopio standard Leitz, recorriendo toda el área del cubreobjeto, los datos son expresados en org/m^3. La taxonomía y ecología del fitoplancton se realizó siguiendo los trabajos de Jiménez (1983 a-b), Pesantes (1983), Cupp (1943), Taylor (1976), Balech (1988), Larsen y Moestrup (1989).

PARÁMETROS AMBIENTALES

El año 1996, fue considerado como un año de condiciones frías para el mar ecuatoriano (Zambrano, 1998), período en que se registraron las mayores concentraciones en el primer nivel trófico en La Libertad y Manta (Torres, 1998), con un significativo aumento en las pesquerías (González y Miranda,1996).

En octubre/96, la temperatura superficial osciló entre un mínimo de 18.6°C. caracterizada por el afloramiento a 1°S con un alto contenido de nutrientes (nitrato 12.2 ug-at/l; silicatos 5.8 ug-at/l 1), y un máximo de 22.71°C a 1°N. La termoclina estuvo profundizada hacia el sur de Galápagos (40-50m), al norte se localizó entre los 10-20m de profundidad.

El Boletín de Alerta climático BAC-CPPS (marzo/97), indicó que durante este mes se observaron ligeras anomalías positivas dando inicio de un ciclo ENOS en toda la región del Pacífico ecuatorial. Durante el crucero de abril-mayo/1997, se detectaron aguas de altas temperaturas (29.1-24.7°C) y bajas salinidades (35.0- 32.2 ppt) provenientes de la cuenca de Panamá, elementos consistentes para el desarrollo de un evento El Niño en las costas de Sudamérica. Los nutrientes disminuyeron a nivel general en relación a octubre/96, localizándose incrementos (silicatos 1.55-4.86 mg-at/l; fosfatos 0.09-4.66 mg-at/l; nitrato (0.14-1.14 mgat/l) localizados a 1°S.

La información obtenida en el crucero de agosto/1997, mostraron que los vientos alisios del sur y el centro de alta presión juegan un papel importante durante ENSO (Informes Internos de Cruceros Oceanográficos de INOCAR), atenuaron las condiciones cálidas con temperaturas superficiales entre 24.3-27.6°C; salinidades 33.67-35.18 ppt; los nutrientes presentaron bajas concentraciones pero con un ligero incremento de nitrato 0.7-6.69 mg-at/l.

RESULTADOS

DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE CLOROFILA "a"

En octubre de 1996, se registró un afloramiento superficial, con una concentración clorofílica de 1.4 mg/m^3 a los 0°, disminuyendo hacía el norte y sur de ésta sección 92°W. En abril-mayo de 1997, época transicional de invierno a verano para la región ecuatoriana, los valores clorofílicos a nivel general presentaron bajas concentraciones (< 0.2 mg/m^3), con un núcleo de 0.92 mg/m^3 al oeste de Galápagos, en la sección 82°3W. la máxima concentración clorofílica de 0.19 mg/m^3 se registró hacia los 0° (Fig. 2). En agost en toda el área de estudio se registró un clorofílico (>0.2 mg/m^3) hacia el sur de la lí con dos núcleos, al oeste de Galápagos (3 en el Golfo de Guayaquil (2.98 mg/ m^3), a un incremento de los nutrientes hacia el s área de estudio. En la Fig. 4, se presenta la superficial registrada durante los tres cruce se registró las mínimas temperaturas a relacionadas con el área de afloramiento Galápagos; las máximas se registraron en a en toda la sección 87°W y al norte de 82°3

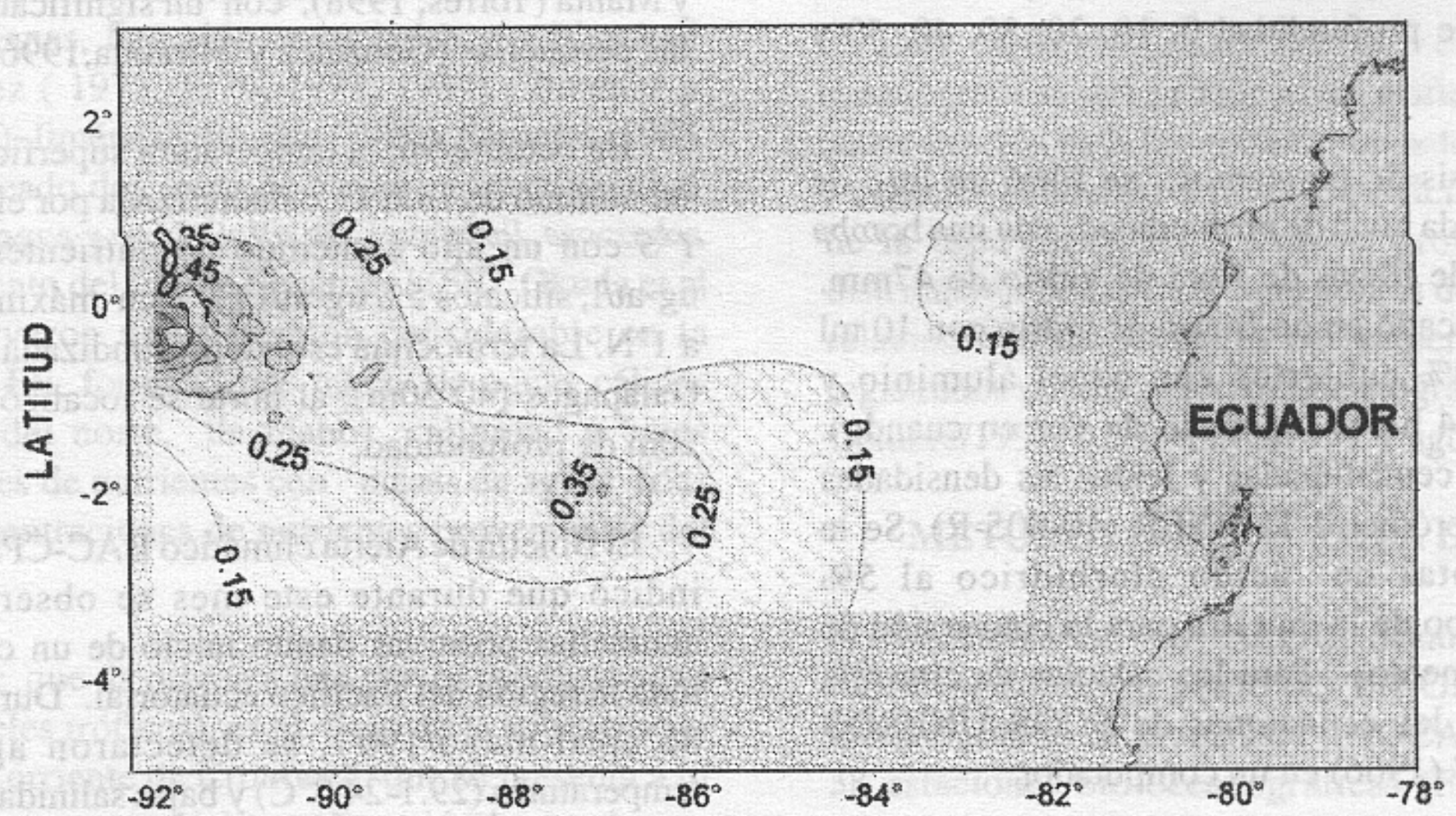


Figura 2. Distribución superficial de Clorofila "a" (mg/m^3), abril-mayo 1997

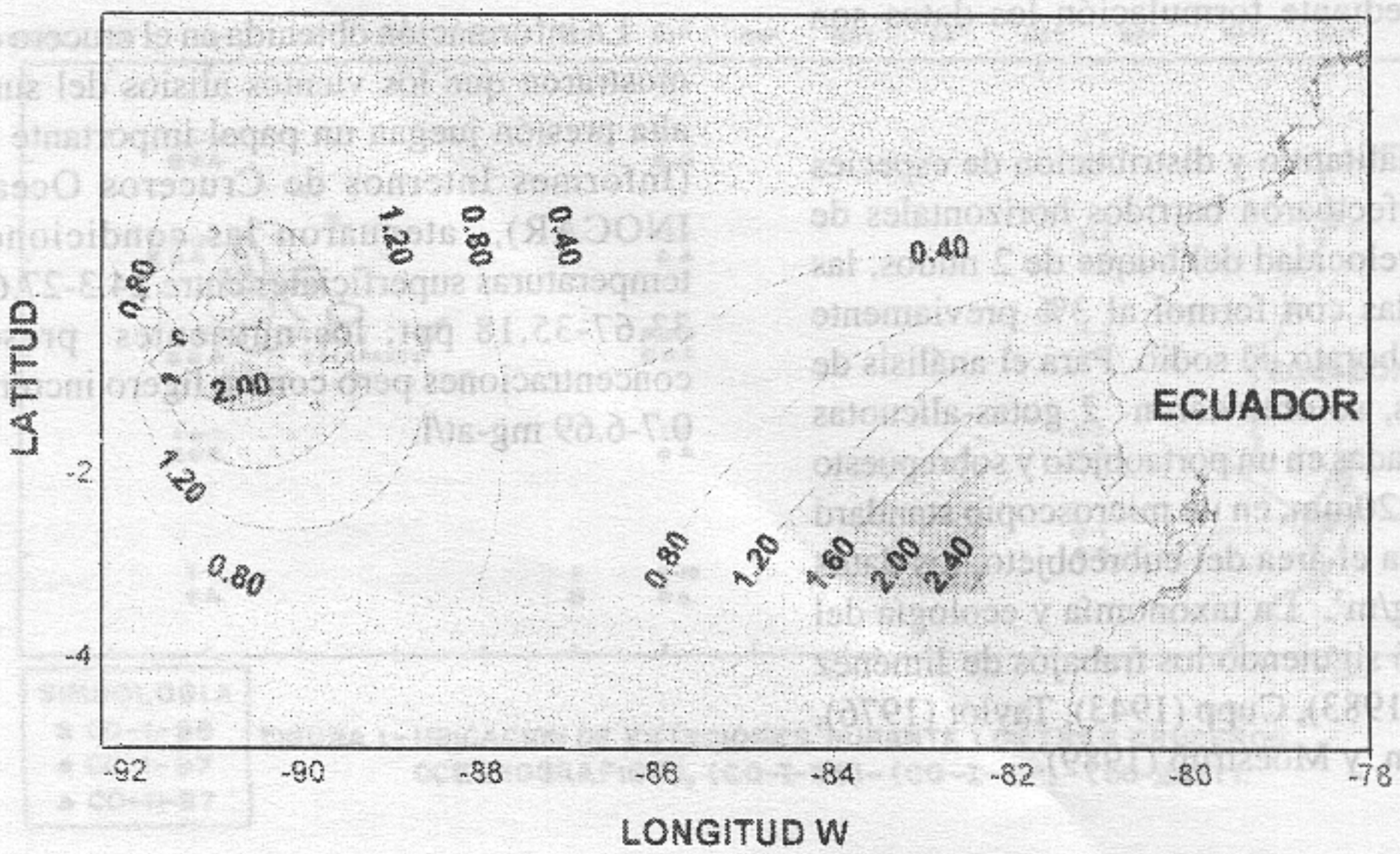


Figura 3. Distribución superficial de Clorofila "a" (mg/m^3), agosto 1997

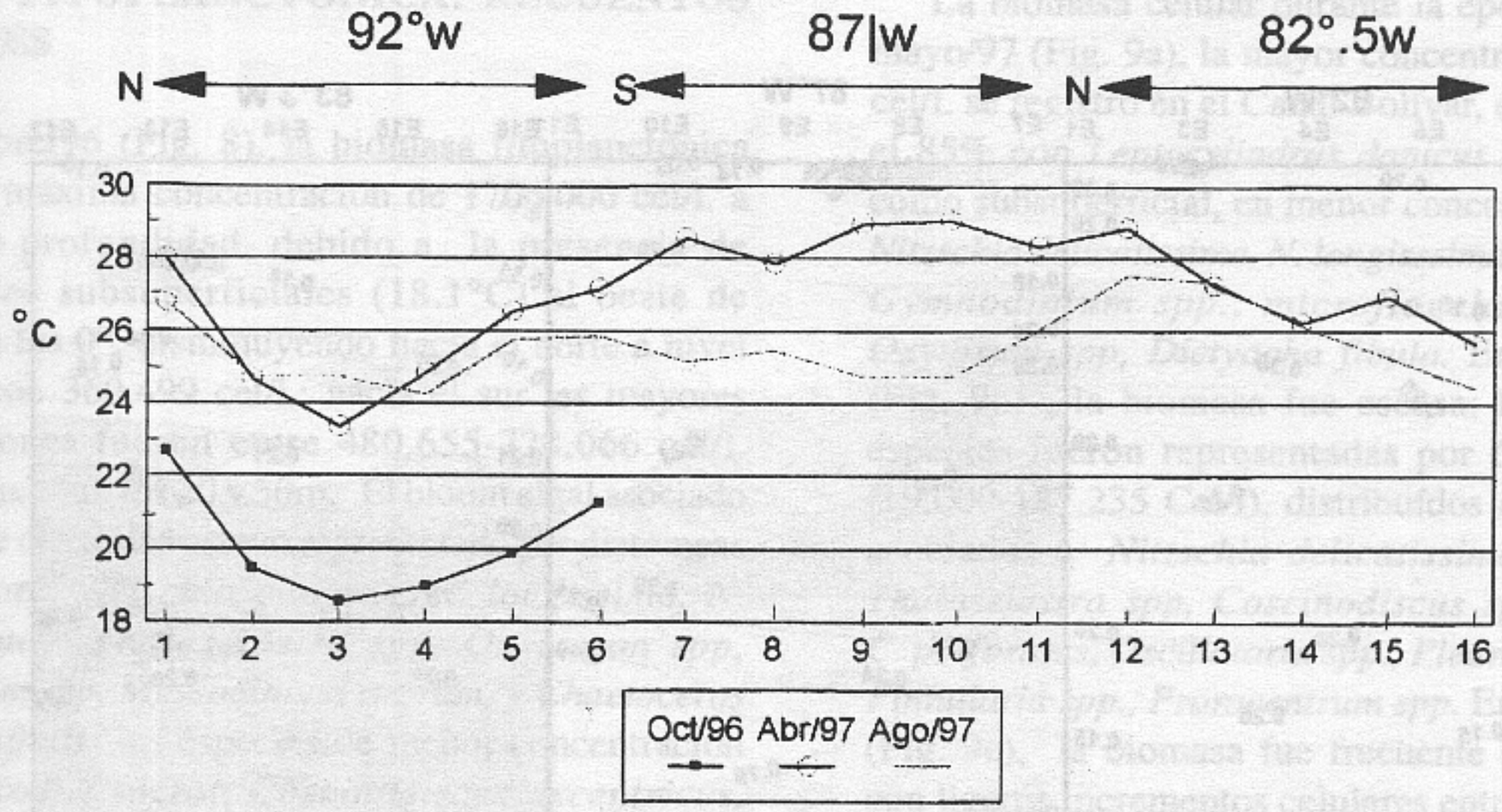


Figura 4. Distribución de temperatura superficial en octubre/96, abril-mayo/97 y agosto/97

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CLOROFILA "a"

En octubre de 1996 (Fig. 5), se registró un afloramiento subsuperficial a los 10 m. de profundidad, con una concentración clorofílica de 1.9 mg/m^3 (0°). La distribución de pigmentos (< 0.5 mg/m^3) se presentaron con dirección hacia el sureste, demostrando que Cromwell se mantiene subsuperficialmente hacia el sur este de las Islas Galápagos (Informes Internos de cruceros INOCAR COI96).

Durante la época cálida de abril-mayo de 1997, las mayores concentraciones clorofílicas de 0.45 mg/m^3 se registraron en pequeños parches profundizados (20m) al oeste de Galápagos (Fig. 6a); al sur de la sección 87°W (Fig. 6b), se evidenciaron parches (0.4-0.42 mg/m^3) entre los 30 y 75m., indicando que la dirección del afloramiento fue hacia el sureste de Galápagos y profundizado debido al flujo de aguas cálidas en las capas superiores con menor contenido clorofílico, en la sección 82.3°W., las concentraciones con valores similares fueron localizadas hacia el norte (1°N) entre los 20 y 40m de profundidad (Fig. 6c).

Durante agosto de 1997, los máximos clorofílicos de 0,39-1.98 mg/m3 se localizaron en el Golfo de Guayaquil distribuídos hasta 1° S de la sección 82°3W (Fig. 7a); al oeste de Galápagos (Fig.7b), los valores clorofílicos fueron entre 1.22-1.35 mg/m^3 hasta los primeros 20m de profundidad, reflejando un afloramiento atípico debido a las condiciones de temperatura entre 23.74- 24.87°C. En la sección 87°W (Fig. 7c), se encontraron las máximas concentraciones de 0.73-0.79 mg/m^3 profundizadas entre 10-40m. Las máximas concentraciones se ubicaron sobre la termoclina (40m) al sur del área investigada, disminuyendo y profundizándose hacia el norte de la línea ecuatorial.

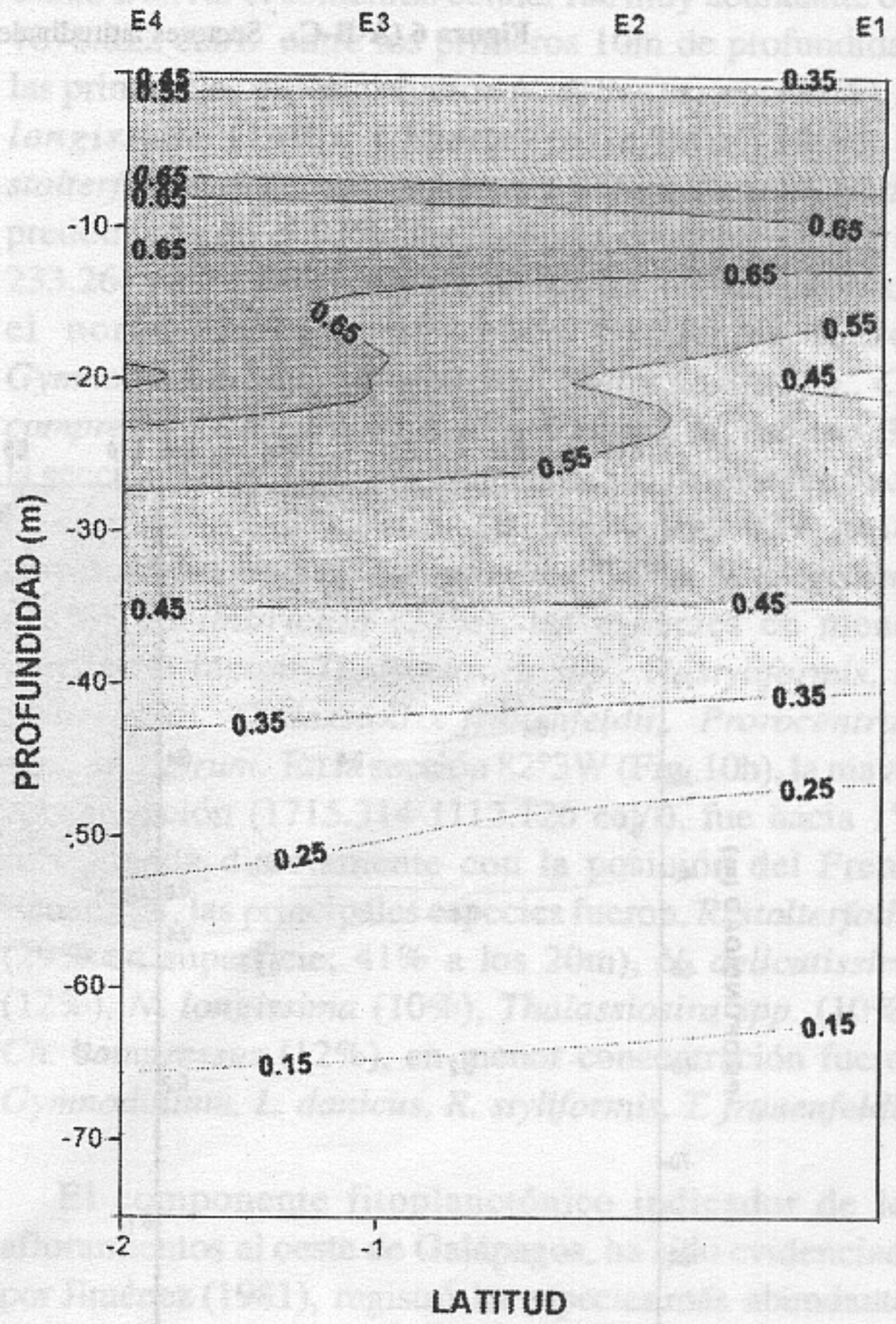


Figura 5. Distribución de Clorofila "a" (mg/m3), sección 92°W-octubre/96

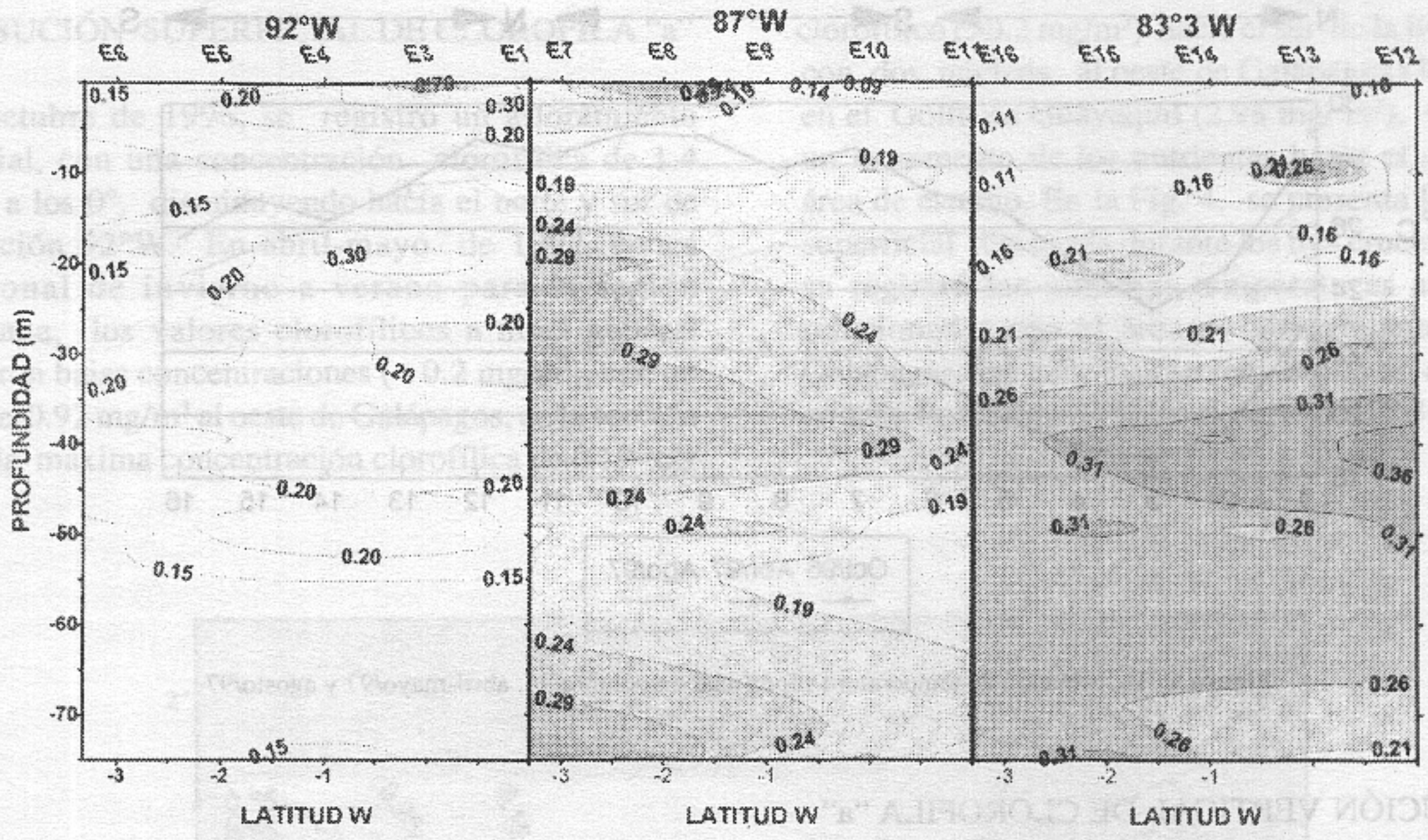


Figura 6 (A-B-C). Sectores latitudinales de Clorofila "a" (mg/m3), abril-mayo de 1997

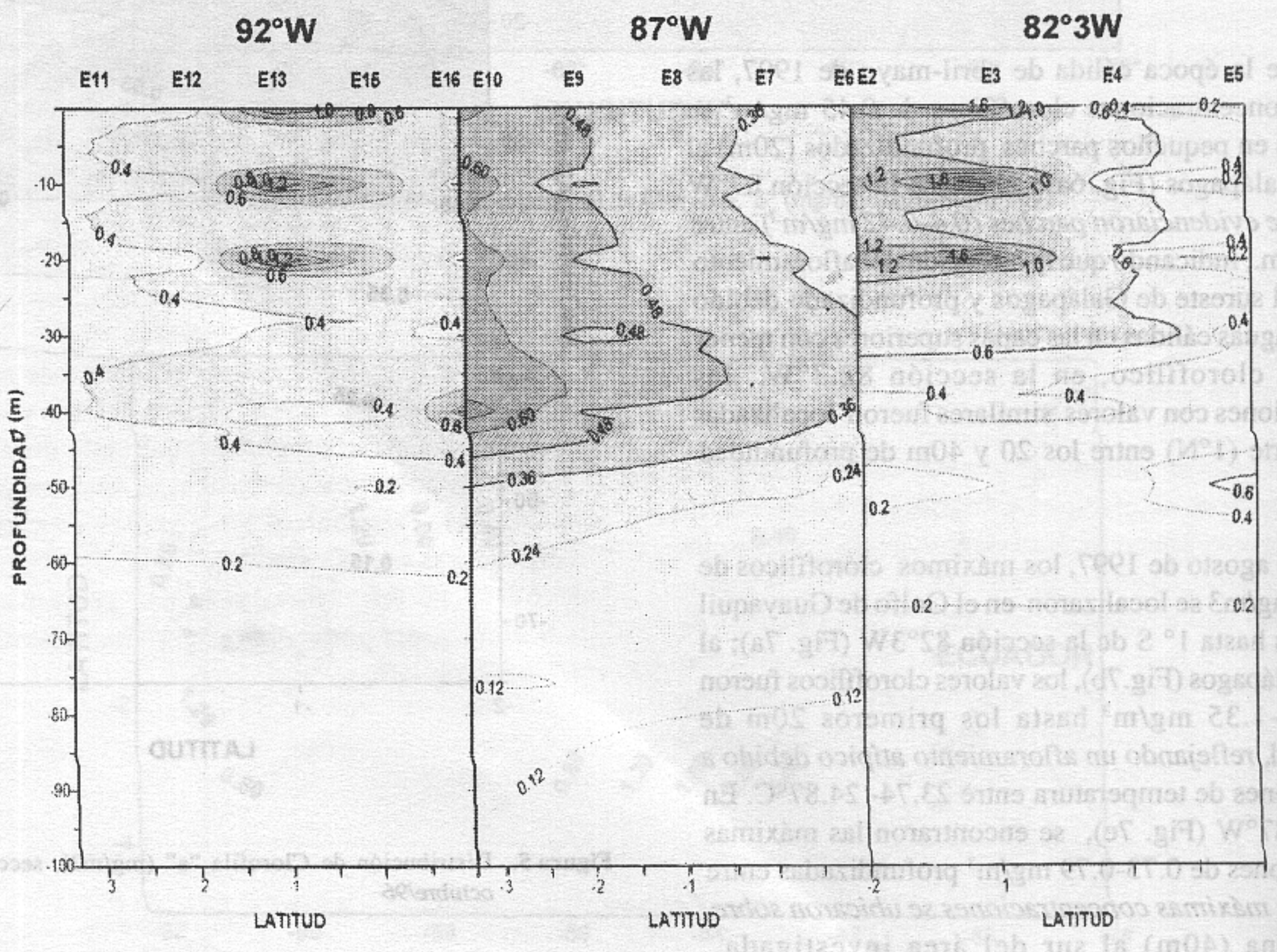


Figura 7 (A-B-C). Distribución de Clorofila "a" (mg/m3) durante agosto 1997

BIOMASA FITOPLANCTÓNICA: RECUENTOS CELULARES

En octubre/96 (Fig. 8), la biomasa fitoplanctónica registró su máxima concentración de 1706.000 cel/l. a los 10m de profundidad, debido a la presencia de afloramientos subsuperficiales (18.1°C) al oeste de Galápagos a los 0°, disminuyendo hacia el norte a nivel superficial con 360.499 cel/l.; hacia el sur las mayores concentraciones fueron entre 480.655-728.066 cel/l. profundizadas entre los 20 y 30m. El bloom algal asociado al máximo de clorofila, estuvo representado por diatomeas pequeñas con *Nitzschia pungens, N. longissima, N. delicatissima, Thalassiosira spp, Oxytoxum spp, Gymnodinium spp, Messodinium rubrum, y Chaetoceros spp, y Ch. Affinis;* las especies de menor concentración (< 23.000 cel/l.) fueron *Coscinodiscus excentricus, Leptocylindrus danicus, Pleurosigma angulatum, Rhizosolenia imbricata, R. acuminata, R. styliformis, R. alata var curvirrostris, R. stolterfothii, R. fragilissima.*

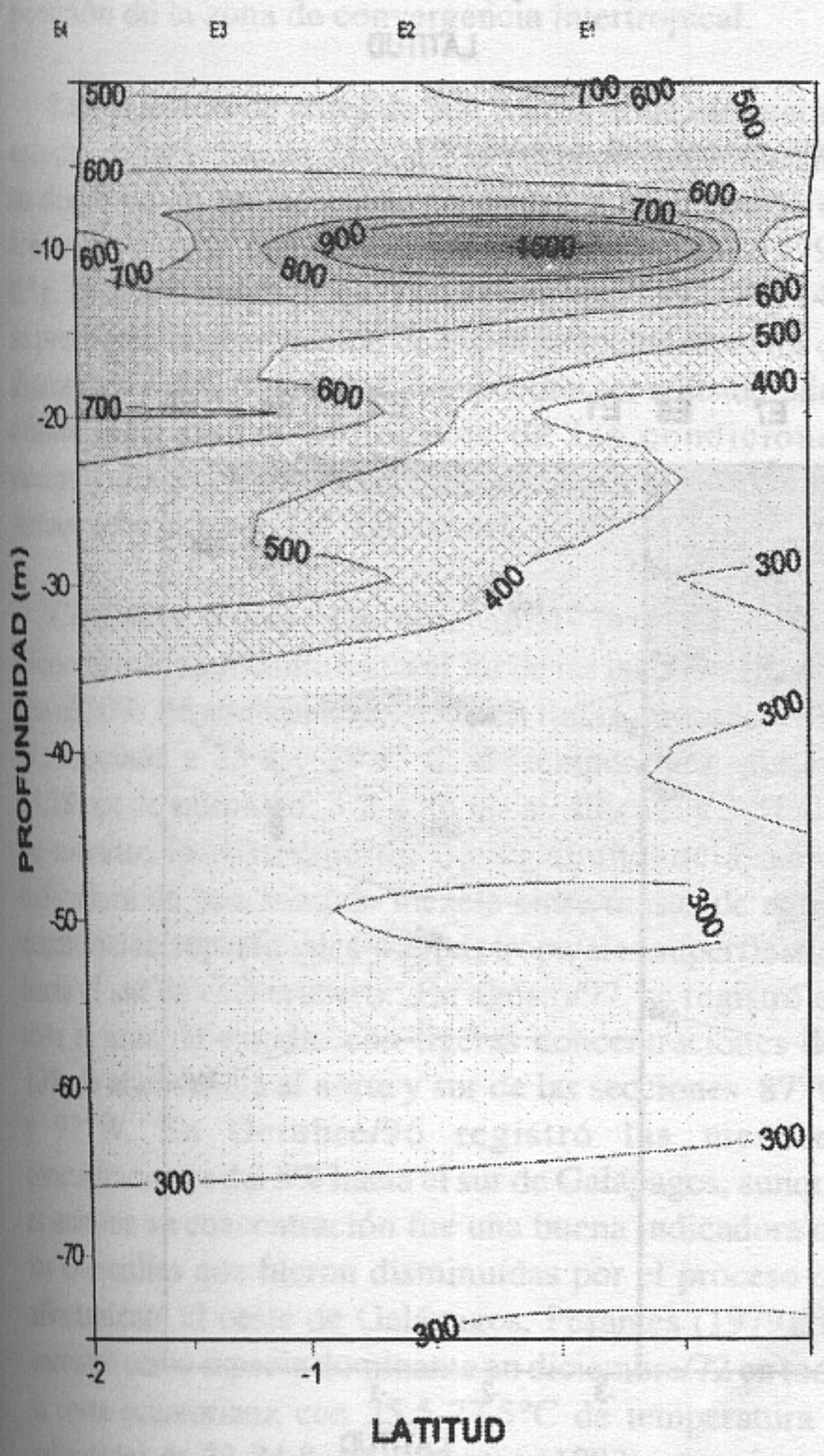


Figura 8. Distribución de la biomasa fitoplanctónica (cel/l), sección 92° W en octubre 1996

La biomasa celular durante la época cálida de abril-mayo/97 (Fig. 9a), la mayor concentración de 1487.622 cel/l. se registró en el Canal Bolívar, estuvo representada el 85% con *Leptocylindrus danicus* tanto en superficie como subsuperficial, en menor concentración estuvieron *Nitzschia delicatissima, N. longisssima, Thalassiosira spp, Gymnodinium spp., microflagelados, M. rubrum, Oxytoxum spp, Dictyocha fibula.* En la sección 87°W (Fig. 9b) , la biomasa fue escasa, la composición de especies fueron representadas por *Gymnodinium spp.* (19.000-127.235 Cel/l), distribuídos en toda la sección, asociados a *Nitzschia delicatissima, N. longisssima, Thalassiosira spp, Coscinodiscus spp, C.excentricus, C. perforatus, Oscillatoria spp., Pleurosigma angulatum, Pinnularia spp., Prorocentrum spp.* En la sección 82°3W (Fig. 9c), la biomasa fue frecuente entre los 0°-2°Sur, con ligeros incrementos celulares entre 447.678-414.691 cel/l. a nivel subsuperficial correspondientes a *N. delicatissima, N. longissima Thalassiosira spp., Gymnodinium spp.*, y microflagelados.

En agosto/97, en la sección 92°W (Fig. 10a), en el Canal Bolívar el contenido celular fue muy abundante con 1870.822 cel/l. entre los primeros 10m de profundidad, las principales especies fueron *N. delicatissima* (27%), *N. longissima* (14%), *Chaetoceros affinis* (14%), *R. stolterfothii* 19%., sin embargo a 1°Sur, *R. stolterfothii* predominó con el 91%; las menores concentraciones de 233.264 cel/l a nivel superficial fueron registradas hacia el norte. Las especies poco frecuentes fueron *Gymnodinium spp., L. danicus, Thalassiosira spp., Ch. compressus, Ch. curvisetus, R. styliformis, M. rubrum.* En la sección 87°W, la mayor concentración celular fue hacia el sur (1° y 3°), con 1010.810-999.029 cel/l. correspondientes a *N. delicatissima* (32%), *N. longissima* (28%), *R. imbricata* (22%), las especies en menor porcentaje fueron *Thalassiosira spp., R. styliformis, R. stolterfothii, Thalassiotrix frauenfeldii, Prorocentrum spp., M. rubrum.* En la sección 82°3W (Fig. 10b), la mayor concentración (1715.314-1112.126 cel/l), fue hacia 1°S relacionada directamente con la posición del Frente Ecuatorial, las principales especies fueron, *R. stolterfothii* (29% en superficie; 41% a los 20m), *N. delicatissima* (12%), *N. longissima* (10%), *Thalassiosira spp.* (10%), *Ch. compressus* (12%), en menor concentración fueron *Gymnodinium, L. danicus, R. styliformis, T. frauenfeldii.*

El componente fitoplanctónico indicador de los afloramientos al oeste de Galápagos, ha sido evidenciado por Jiménez (1981), registró las especies más abundantes para noviembre/1978, como *Thalassiosira spp., Nitzschia spp, y Chaetoceros spp.* Jiménez e Intriago (1986), mencionaron que el componente principal del fitoplancton registrados en el afloramiento para Nov/83, fueron *Thalassiotrix delicatula y Nitzschia delicatissima.* Jiménez (1981), menciona que *Pseudenotia doliolus, Thalassiosira spp., y Oxytoxum spp.*, fueron abundantes

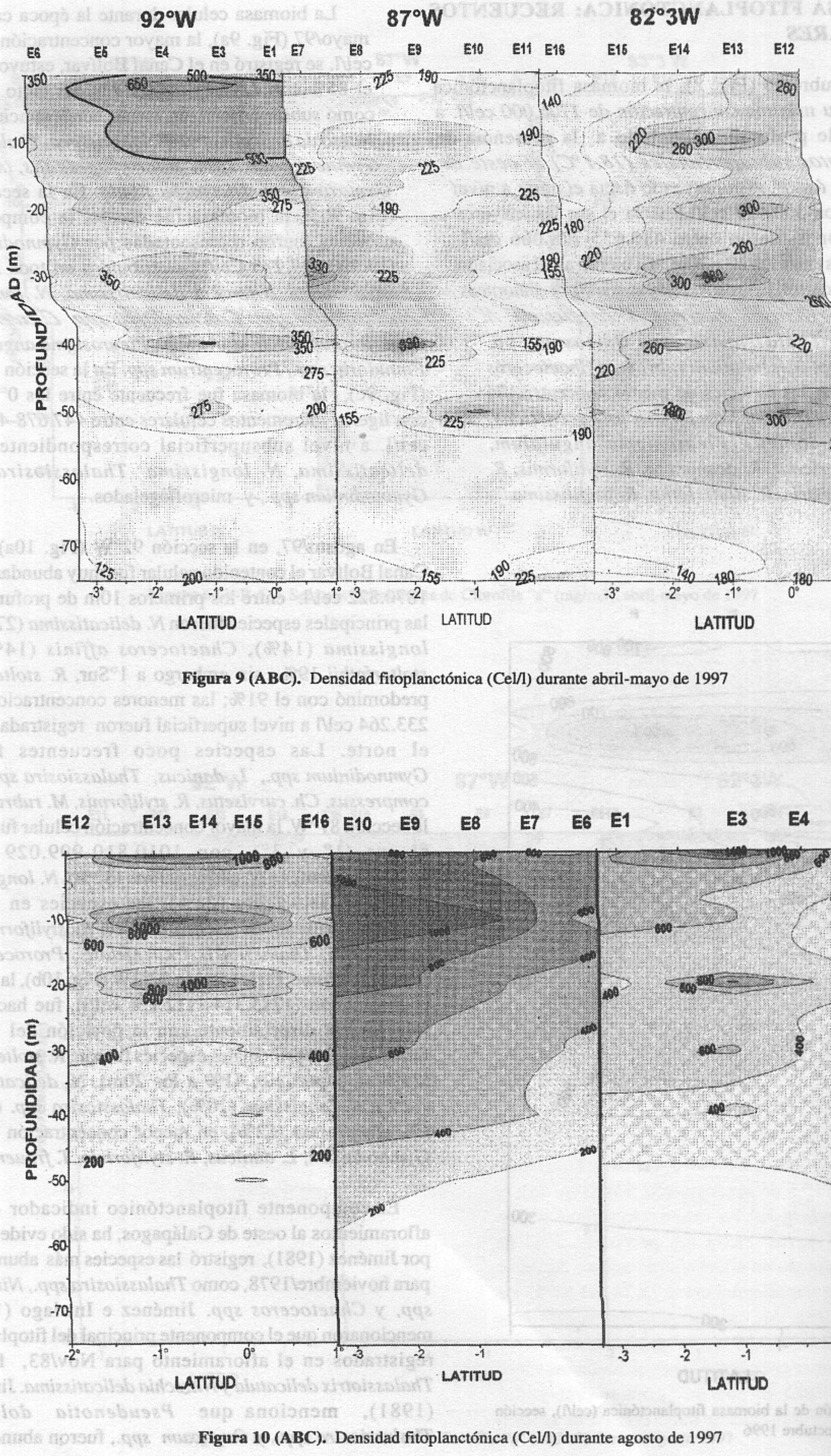


Figura 9 (ABC). Densidad fitoplanctónica (Cel/l) durante abril-mayo de 1997

Figura 10 (ABC). Densidad fitoplanctónica (Cel/l) durante agosto de 1997

en áreas no afloradas en 1976. En el Golfo de Guayaquil, es el principal estuario del Pacífico sudamericano de mayor productividad biológica, que tiene su propio origen nutricional, sin embargo, recibe la influencia de los afloramientos costeros peruanos que incrementan el componente fitoplanctonológico, principalmente cuando se intensifican los afloramientos entre mayo a octubre (Marshall, 1970; Rojas-Mendiola, 1981).

INDICADORES BIOLÓGICOS

La tecnología de las imágenes satelitarias sobre las condiciones océano-atmosféricas han desarrollado muchos modelos de predicción digitalizada, sin embargo, hasta la actualidad no han dado buenos resultados (Conferencia Dr. Enfield-INOCAR, nov/97). Los estudios de indicadores biológicos del plancton in situ, serían un buen termómetro e indicador del medio que lo soporta, algunas especies del fitoplancton son muy sensitivas a los diversos cambios, nutricionales, introducidos por cambios esporádicos de las diferentes corrientes y vientos, intensidad de los afloramientos, posición del FE y la posición de la zona de convergencia intertropical.

Las muestras de redes de 50u fueron utilizadas para el estudio de indicadores biológicos-fitoplancton, indicando su distribución en las masas de aguas y localización de áreas de mayor productividad durante octubre/1996 (Fig. 11), abril-mayo (Figs. 12-13) y agosto/1997 (Fig.14), se presentan la distribución de las principales especies de diatomeas y dinoflagelados, que pueden ser considerados como indicadores biológicos de las condiciones oceanográficas durante estos tres cruceros, de las cuales hemos seleccionado las siguientes:

Ceratium tripos: Durante abril- mayo/97, se la encontró más abundante hacia el sur de las Islas Galápagos, con el 30% de abundancia y 19% en toda la transecta 87° W., asociada a 23.4 y 29.1° C. de temperatura, 34.33-33.28 ppt de salinidad; 3.2-4.86 ug-at/ silicato y 3.31-0.9 de nitrato; la distribución de su abundancia, sería indicadora de una zona de mezcla entre masas de aguas ecuatoriales superficiales y aguas tropicales superficiales hacia el sur de este crucero. En agosto/97, se registró en toda el área de estudio con ligeras concentraciones del 10% de abundancia al norte y sur de las secciones 87°W y 92°W. En Octubre/96 registró las menores concentraciones del 5% hacia el sur de Galápagos, aunque es mínima su concentración fue una buena indicadora de las anomalías que fueron disminuídas por el proceso de afloramiento al oeste de Galápagos. Pesantes (1979), la encontró como especie dominante en diciembre/72 en toda la costa ecuatoriana con 25.5-27.5°C de temperatura y salinidades de 33-34.8ppt; Pesantes (1983), menciona a esta especie como cosmopolita de aguas templadas y cálidas; Pesantes (1984), como especie indicadora de avances de aguas cálidas para Noviembre/82. En ERFEN (1989), la registró en aguas colombianas para noviembre y marzo/88, en enero/88 como especie propia del afloramiento de las costas peruanas. En Balech (1988), como especie oceánica-nerítica de aguas cálidas a templadas frías.

Ceratium declinatum: Registró el 50% de abundancia en octubre/96 hacia el sur de Galápagos (2°S), con 19.0-21.3°C de temperatura; 34.7-34.03 ppt de salinidad y altos nutrientes. En abril-mayo y agosto esta especie fue escasa. La distribución que presenta Bogorov (1967), para esta especie es hacia el norte del Pacífico central, este y oeste del Pacífico ecuatorial, podríamos asumir que *C. declinatum* fue ingresada esporádicamente hacia el área del afloramientos de Galápagos, sin embargo en abril-mayo y agosto están casi ausentes debido al ingreso de aguas cálidas de la cuenca de Panamá. En el evento El Niño 72 (diciembre), esta especie fue dominante cerca de la costa ecuatoriana (Pesantes, 1983b), sin embargo en Pesantes (1983a), la describe como especie tropical interoceánica y cosmopolita de aguas cálidas, Balech (1988), como abundante de aguas cálidas y someramente templadas y en zonas de mezclas.

Ceratium azoricum: Se registró en toda la sección 92°W. principalmente con 27% de concentración a 2°S en octubre/96, asociada a temperaturas de 18.6-22.7°C; 34.03-34.79 ppt; 2.95-5.81 ug-at/l de silicato; 1.26-12.3 ug-at/l de nitrato; 0.32-1.59 ug-at/l de fosfato; estuvo casi ausente en abril-mayo y agosto/97. Presentó la misma tendencia que *C. declinatum*. Pesantes (1984), no reporta esta especie durante El Niño 82-83, Pesantes (1983a), la considera como una especie cálido-tropical muy tolerante, cosmopolita de aguas templadas y cálidas en aguas ecuatorianas. Su distribución ha sido reportada al sur de la costa peruana durante El Niño 72-73 por Rojas-Mendiola (1981); Ochoa y Gómez (1988), la encontraron en la parte sur de la costa peruana entre enero y noviembre/86. Avaria (1984), durante El Niño 82-83 en las costas chilenas la encontró con bajas concentraciones. Balech (1988), la menciona como especie de aguas cálidas pero relativamente tolerante. Según la distribución y abundancia registrada para esta especie, sería indicadora de aguas afloradas o de eventos fríos como en 1996.

Ceratium trichoceros: En octubre/96, se registró en toda la sección 92° W, se incrementa con el 31% de concentración al norte, pero se evidencia un ligero repunte con el 34% a 2°S, con temperaturas de 22.7-19.9° C; 34.10-34.79 ppt; 2.36-2.95 ug-at/l de silicato; 0.32-1.59 ug-at/l de fosfato; 1.25-8.52 ug-at/l de nitrato. En abril-mayo/97, fue abundante en las tres secciones pero con mayor incremento del 50% de abundacia al norte de la sección 87° W. En Agosto/97 se registraron menores concentraciones, pero con un ligero incremento de 38% al sur de la sección 87° W con 25.28°C de temperatura. Al

relacionar con los datos de nutrientes, presenta una preferencia de fosfato y nitrato. En Pesantes (1983b), en diciembre/72 se encontró distribuida en la costa ecuatoriana con un incremento hacia el norte, con 26-27°C de temperatura, además menciona que en la expedición de Carnegie es distribuída en las regiones cálidas del Pacífico sur-oriental entre 19-29.5°C de temperatura. Ochoa et al (1985), la encontró en febrero/82 con un patrón de distribución normal, pero en en los meses posteriores a septiembre incrementó su frecuencia con el aumento de la temperatura superficial indicando la intensidad del fenómeno El Niño. CPPS (1989), la reporta para aguas colombianas en noviembre/87-marzo/88, y en aguas costeras peruanas a 17°S en mayo/88.

Ceratium pentagonum: En octubre/96 se la encontró con el 10% de abundancia a 2°S. En abril-mayo, se la registró con el 2% al norte de la sección 92°W. En agosto se la registró en mínimas concentraciones con el 1% en toda el área de estudio (24.3-25.9°C). Pesantes (1983b), encontró que *C. pentagunum var tenerum* fue abundante en el norte y sur de la costa ecuatoriana relacionados con las isotermas de 25-27°C.en diciembre/72, además menciona que durante el crucero de Carnegie se la encontró con 15.0-29.3°C de temperatura. Rojas-Mendiola (1981), la reportó hacia el sur de la costa peruana en marzo/72.

Ceratium furca: En Octubre/96 se registró hacia el sur de la sección con el 18% de concentración, asociadas a 19.9-18.6°C de temperatura; salinidad de 34.03-34.79ppt; silicato 2.36-5.81; ug-at/l fosfato; 1.4-1.59 ug-at/l; nitrato 8.52-1.22 ug-at/l. Se la registró en toda el área durante abril-mayo con un ligero incremento en el área de afloramiento de Galápagos (1°S) con el 15%. En agosto se presentó con el 14% de concentración al sur de la sección 82°3W posiblemente asociado a los afloramientos costeros peruanos. Ochoa y Gómez (1988), encontraron a esta especie frecuente en el área oceánica. Rojas-Mendiola et al (1985), mencionan que es una especie frecuente en años considerados como normales. En conclusión esta especie sería indicadora de los afloramientos al oeste de Galápagos y en el Golfo de Guayaquil.

Ceratocorys horrida: Estuvo presente sólo en la sección 92°W, por lo que se la podría considerar como una especie oceánica-tropical. En octubre/96, se la encontró distribuída hacia el norte (4%) y sur (3%); en abril-mayo se presentó con el 2% de concentración al norte; en agosto/97 se la registró con el 3% al sur. El rango de temperatura fue de 21.3-26.2°C, asociada con valores relativamente altos de nitrato (3.96-7.1 ug-at/l) y silicato (2.33-2.95 ug-at/l). Pesantes (1983b), considera a esta especie como una excelente indicadora de aguas cálidas en toda la costa ecuatoriana con un máximo de 6%, además la autora menciona que durante la expedición Carnegie su distribución estuvo limitada con la isoterma de 19°C.

Goniodoma polyedricum: Su máxima concentración de 29% se registró al sureste de Galápagos (21.38°C) y el 7% hacia el norte (22.7°C) para octubre/96. En abril-mayo/97, con el 6% de abundancia al norte de 92°W (28.07C), se incrementa con 8% al sur y norte de la sección 87°W (28.6°C); se presentó en toda la sección 82°3W con un ligero repunte 7% al norte, indicando un avance de aguas cálidas hacia la costa ecuatoriana. Pesantes (1983b), en diciembre/72 la encontró con 10% en toda la costa. Balech (1988), la menciona como muy abundante en los mares cálidos, pero frecuente en el medio oceánico. Presentó un patrón diferente a C. horrida, por lo que se consideraría como indicadora de aguas cálidas tropicales superficiales oceánicas del norte.

Ornithocercus steinii: En Octubre/96, se la registró con las mínimas concentraciones del 2% hacia el norte y sur de la sección 92°W (19.9-22.7°C). En abril-mayo/97, se ubicó hacia el sur de la sección 87° con el 12% de concentración, y a 1°S de la sección 82°3W con el 10%, asociada a 26.3-28.6 °C de temperatura; 33.9-34.26ppt de salinidad: 1.59-1.94 ug at/l. de silicatos; 1.28-3.41 ug. at/l. de fosfato; 3.98-11.4 ug.at/l de nitrato. En Agosto/97, se la registró en toda el área de estudio en mínimas concentraciones, un núcleo del 2% al sur de la sección 92°W. En Pesantes (1983a), menciona que es una especie ampliamente distribuída en mares tropicales, cálidos y temperados. Ochoa et al (1985), la menciona como una especie indicadora durante durante El Niño 82-83. Rojas-Mendiola (1981), reporta que en abril/72 la encontró a 10°S de la costa peruana como una posible indicadora de aguas tropicales superficiales. Esta especie se la considera como indicadora de masas de aguas tropicales cálidas asociada a un alto contenido de nitrato y fosfato con una temperatura mayor a 26°C.

Protoperidinium quarnerense: En octubre/96, se la encontró con el 4% de abundancia hacia el norte y el 6% hacia el sur, con similar tendencia a *P. steinii.* En agosto/97, se la registró con una máxima concentración del 43% al sur de 82°3W con 24.5°C de temperatura. Pesantes (1983b), presentó una amplia distribución en las costas ecuatorianas en diciembre 1972. Ochoa y Gómez (1988) la registraron como una especie predominante en aguas oceánicas en Callao/1986. Posiblemente la abundancia de esta especie en aguas ecuatorianas este asociada a influencia de los afloramientos peruanos.

Pyrophacus steinii: En abril-mayo, se registró presencia al sur de la sección 87°W con el 15% abundancia, asociado a una temperatura de 28.6 salinidad 33.9 ppt; fosfato 3.41 ug-at/l. Esta especie no la encontró en octubre ni en agosto, al parecer es condiciones estrictamente cálido-oceánica y alto conte de fosfato. En la costa colombiana ha sido reportada c dominante en noviembre/87-marzo/88 (CPPS, 19 Avaria (1989), ha seleccionado esta especie

indicadora de El Niño para las costas chilenas.

Eucampia zodiacus - Streptotheca thamensis: Se las registró muy abundantes (70%) desde 1°S hacia el Golfo de Guayaquil (82°3W), asociada a 24.5-26.25°C de temperaturas; salinidad 34.7-35.08 ppt; nitrato 0.85-5.49 ug-at/l. CPPS (1989), la menciona como una especie predominante de la corriente peruana dentro de las 20 millas. Santander (1976), menciona que Guillén (1971) la determinó como presente durante todo el año al norte de Callao. Ochoa y Gómez (1988), menciona que son especies dominantes de aguas costeras peruanas ricas en nutrientes. Estas especies serían indicadoras de los fuertes afloramientos de la región peruana que ingresan al mar ecuatoriano, principalmente en el verano.

Planktoniella sol: Esta especie fue dominante en octubre /1996, preferiblemente en el área de afloramiento con el 70% de abundancia asociada a las variables de 18.6-22.7°C de temperaturas; salinidad de 34.79-34.1 ppt; fosfato con 0.32-15.9 ug-at/l.; silicato 2.96-5.81 ug-at/l ; nitrato con 1.25-12.28 ug-at/l. En abril-mayo, presentó su máxima concentración 14% al sur de la sección 82.3°W, hacia el sur de la sección 92°W y en la sección 87°W fue escasa. En agosto, estuvo presente en toda el área de estudio, con ligeros incrementos al norte y sur de la sección 92°W (exceptuando el área de afloramientos al oeste de Galápagos), las mayores concentraciones de 67% se registraron hacia el sur de la sección 87°W.

Rhizosolenia hebetata: En abril-mayo/97, se la registró en toda el área de estudio, con concentraciones del 60-33% hacia el sur de la sección 82°3W, con el 30% a 1°S de la sección 87°W; con el 21% a 2°S de la sección 92°W. Con temperaturas entre 25.7-29.0°C; salinidad de 33.28-34.54 ppt; silicato 1.59-8.17 ug-at/l; nitrato 0.86-4.64 ug-at/l. Especie considerada como típica de aguas cálidas, sin embargo, en Jiménez (1983), la reporta como especie de aguas frías,

Rhizosolenia imbricata: En agosto/97 se la evidenció abundante en toda el área de estudio, pero un incremento del 70% en su concentración celular al sur de la sección 82°3 W., con 27.6-24.3°C de temperatura, salinidades entre 33.67-34.90 ppt; silicatos 1.08-2.47 ug-at/l; fosfatos 5.76-6.21 ug-at/l; nitratos 5.76-6.21 ug-at/l. Jiménez (1983), la reporta como especie de aguas oceánicas.

Rhizosolenia alata: En abril/97, se la registró con el 40 % de su concentración al norte de la sección 82°3W, con 27.3-26.3°C. de temperatura; 33.89-34.26 ppt. de salinidad, 1.59-8.17 ug-at/l de silicatos; 1.48-11.4 ug-at/l de nitrato. En agosto/97 estuvo abundante en toda el área de estudio, con mayor incremento al sur de la sección 82°3W., con el 50% de concentración. Jiménez (1983), la registró como especie oceánica, pero frecuentemente cerca de la costa. En Bogorov (1967), la reporta como especie cosmopolita, frecuente en Japón y en toda la región del océano pacífico.

Rhizosolenia styliformis: En abril/97 se registró escasa con el 2% de concentración a 1°S de la sección 82°3W. En agosto/97 se presentó con el 38% de concentración a 1° S a los 87°W. y 1°S de la sección 82°3 con el 18%. Con temperaturas de 24.5-24.8°C; salinidades entre 34.7-35.08ppt; silicatos entre 1.08-2.47 ug.at/l.; fosfatos entre1.03-1.47 ug.at/l.; nitrato entre 2.35-5.49 ug.at/l. Jiménez (1983), menciona que es una especie de aguas oceánicas.

Rhizosolenia stolterfothii: Se registró en todas las estaciones correspondientes a agosto/97, con ligeros incrementos del 20% de concentración a 2°S, y el 54% a 1°S de la sección 82°3W, asociada con un alto contenido de nitrato (5.76-6.21 ug.at/l) y al Frente Ecuatorial (24.3-27.6°C). Jiménez (1983), la registró como una especie nerítica y algunas veces oceánica.

Marshall (1970), reporta a un grupo de especies de *Rhizosolenia spp., P. sol, Coscinodiscus spp., Thalassiosira spp.*, son comunes en aguas costeras del Golfo de Panamá durante Octubre/66. Pesantes (1984), observó (noviembre/72) especies grandes típicas de aguas cálidas como *R. alata, R. stolterfothii, R. imbricata, R. bergonii* y *Planktoniella sol.* En las costas peruanas, Rojas-Mendiola (1985), encontró un grupo de especies no tradicionales que dominaron en diciembre/82 con *R. alata, R. acuminata* y *Hemiaulus membranacea.*

En los análisis de redes, se registraron las especies de *Ch. affinis, Ch. curvisetus, Ch. peruvianus, Ch. coarctatus Asteromphalus brookei, Coscinodiscus excentricus L. danicus, Thalassiotrix frauenfeldii; y los dinoflagelados con C. lunula, C. breve, C. masciliense, Dinophysis doriforum, D. rapa, D. caudata, Gonyaulax polyedrica, Protoperidinium spp. P. oceanicum, P. elegans,* especies que estuvieron presentes en mínimas concentraciones.

La variable ambiental de temperatura posiblemente no es el principal factor abiótico que afecta a estas especies, siendo los oligoelementos y la intensidad de las corrientes marinas que influencian directamente sobre su distribución. La abundancia del fitoplancton en la columna de agua, está relacionada con la capa de mezcla, topografía de la termoclina, nutriclina, posición del Frente Ecuatorial asociado a la divergencia tropical.

CONCLUSIONES

Las principales áreas de mayor concentración de productores primarios se presentaron al oeste de las Islas Galápagos y en el Golfo de Guayaquil, variables de gran utilidad ecológica que actúan direccionadamente a la producción de grandes áreas de pesquerías.

La corriente de Cromwell es evidenciada a nivel subsuperficial (10m) con un flujo hacia el sureste de Galápagos y se continúa hacia el este durante los tres cruceros, las principales especies indicadoras fueron *Nitzschia pungens, N. longissima, N. delicatissima, Thalassiosira spp, Oxytoxum spp, Gymnodinium spp, Messodinium rubrum* y *Chaetoceros spp, Ch. affinis.* El Frente Ecuatorial estuvo localizado hacia el sur de la línea ecuatorial (2-3°S en abril-mayo; 1-2°S en agosto), ambos componentes sumados a la influencia de los afloramientos peruanos y el aporte nutricional del Golfo de Guayaquil, contribuyeron a un buen stock del fitoplancton en agosto/97 aún en condiciones de El Niño 97.

El componente principal del fitoplancton reflejaría un ciclo estacional significativo en la región del Pacífico Ecuatorial, en octubre/96 se registran condiciones de un año frío con altas concentraciones de clorofila (1.4-1.9 mg/m3) correspondientes entre 808.177-1705.889 cel/l.al oeste de Galápagos; durante las condiciones cálidas evidenciadas en abril-mayo/97, las concentraciones del clorofila "a" al oeste de Galápagos disminuyeron (0.45-0.92 mg/m3; 1065.000-1828.411 cel/l) pero manteniendo su biomasa celular con diferentes especies, que al ser expuestas a mayor intensidad solar reducen sus cloroplastos lo que explica las bajas concentraciones de clorofila, hipótesis enunciadas en Kiefer (1973); en el área del Golfo de Guayaquil se encontraron bajas concentraciones del fitoplancton (0.23-0.348 mg/m^3; 183.784-327.512 cel/l) y profundizadas entre 40-75m. En agosto/97, el ciclo estacional del fitoplancton en condiciones de El Niño evidenció incrementos en su biomasa fitoplanctónica (1.72-2.36 mg/m^3;1449.063-1870.822 cel/l) al oeste de Galápagos debido a los afloramientos; y en el Golfo de Guayaquil también se incrementó (2.98-1.2 mg/m^3; 1112.126-1715.314 cel/l), debido al ingreso de aguas afloradas peruanas que son más intensificadas en este mes.

El acondicionamiento de algunas especies del fitoplancton (*N. longissima, N. delicatissima, Thalassiosira spp, Gymnodinium spp, Messodinium rubrum* y *Chaetoceros spp, Ch. Affinis*) con las anomalías térmicas, y el cambio sucesional de especies con deficiencia de cromatóforos (varias especies de *Rhizosolenias*) y el bajo nivel nutricional, estén afectando en la calidad del fitoplancton y zooplancton, evidenciados en el bajo contenido proteínico de algunas especies de peces (Reunión ERFEN-ECUADOR).

Los indicadores biológicos del fitoplancton como *Ceratium declinatum, C. trichoceros, Ceratium tripos, Goniodoma polyedricum, Ceratocorys horrida* y *Planktoniella sol*, registrados en octubre/96 (año de condiciones frías), ya evidenciaban ligeras anomalías térmicas que posiblemente por la intensidad de los afloramientos fueron debilitadas. En abril-mayo, condiciones cálidas de invierno normales y/o anómalas, los principales indicadores fueron *Ceratium trichoceros, C. azoricum, C. lunula, C. tripos, C, declinatum, Ceratocorys horrida, Goniodoma polyedricum, Pyrophacus steinii, Ornithocercus steinii y Planktoniella sol.* En agosto, el grupo de *Rhizosolenias* dominaron al sur de la región ecuatorial, además se registraron *Planktoniella sol, C. trichoceros, C. masciliense, C.tripos, Protoperidinium quarnerense, P. elegans.*

Las especies colectadas con el método de fijación y las capturadas en redes, presentaron diferencias en su composición y abundancia, evidenciando las especies de menor tamaño en muestras de agua y las de mayor tamaño e indicadoras de eventos cálidos en las muestras de redes, también fue demostrado por Semina (1978).

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento a los Directivos de INOCAR por el apoyo de los cruceros oceanográficos, herramienta básica para el desarrollo del proyecto. Al Dpto. de Oceanografía Química por los datos de nutrientes. A la Dra. E. Gualancañay por sus valiosas sugerencias y correcciones del manuscrito. Se agradece la participación de estudiantes de la Universidad de Guayaquil, Escuela de Biología, por su colaboración durante el desarrollo de estos cruceros.

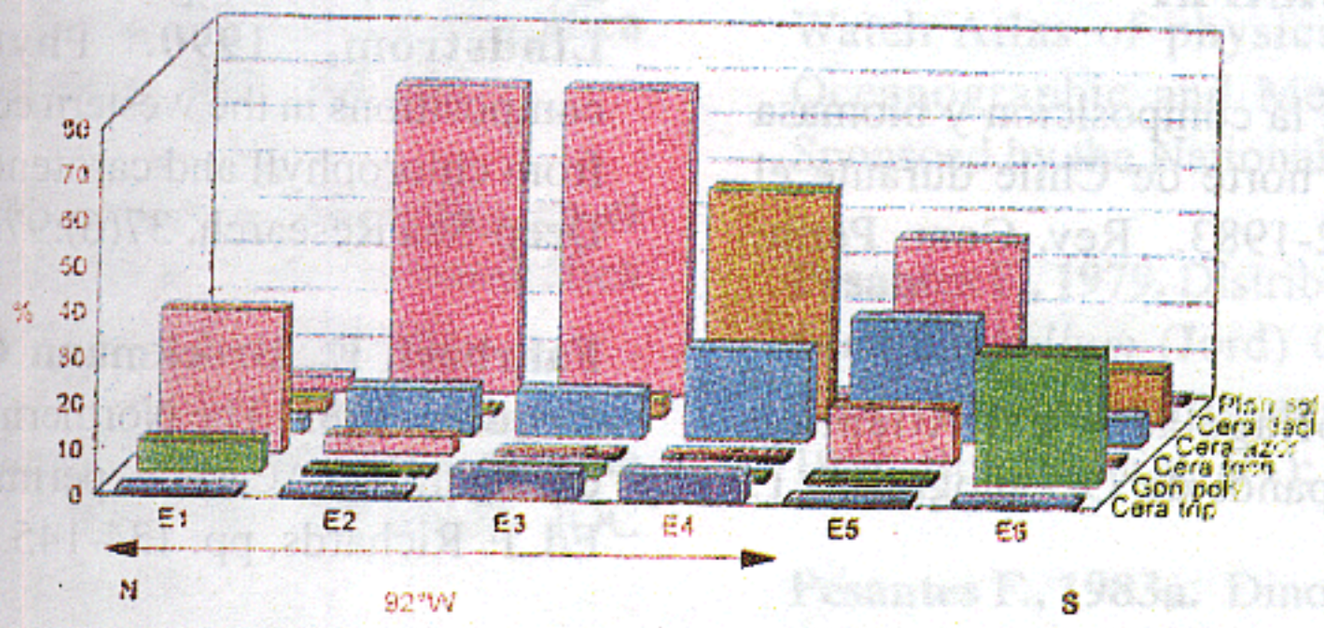


Figura 11. Distribución de las principales especies de condiciones cálidas durante abril de 1997

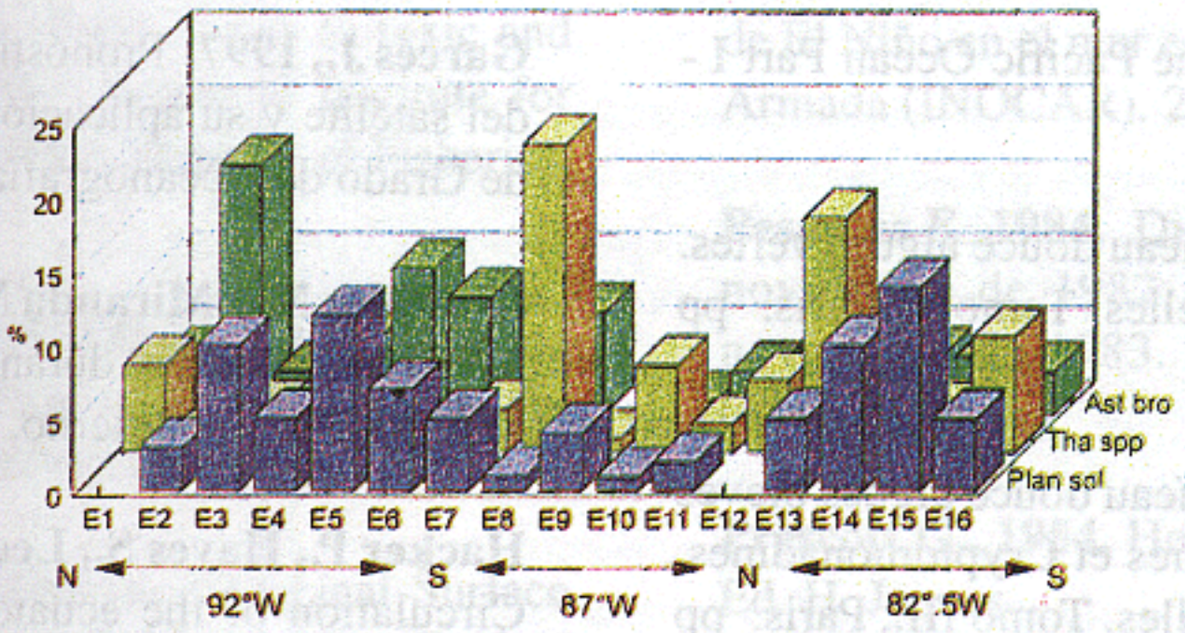


Figura 12. Distribución de los principales grupos de diatomeas en abril de 1997

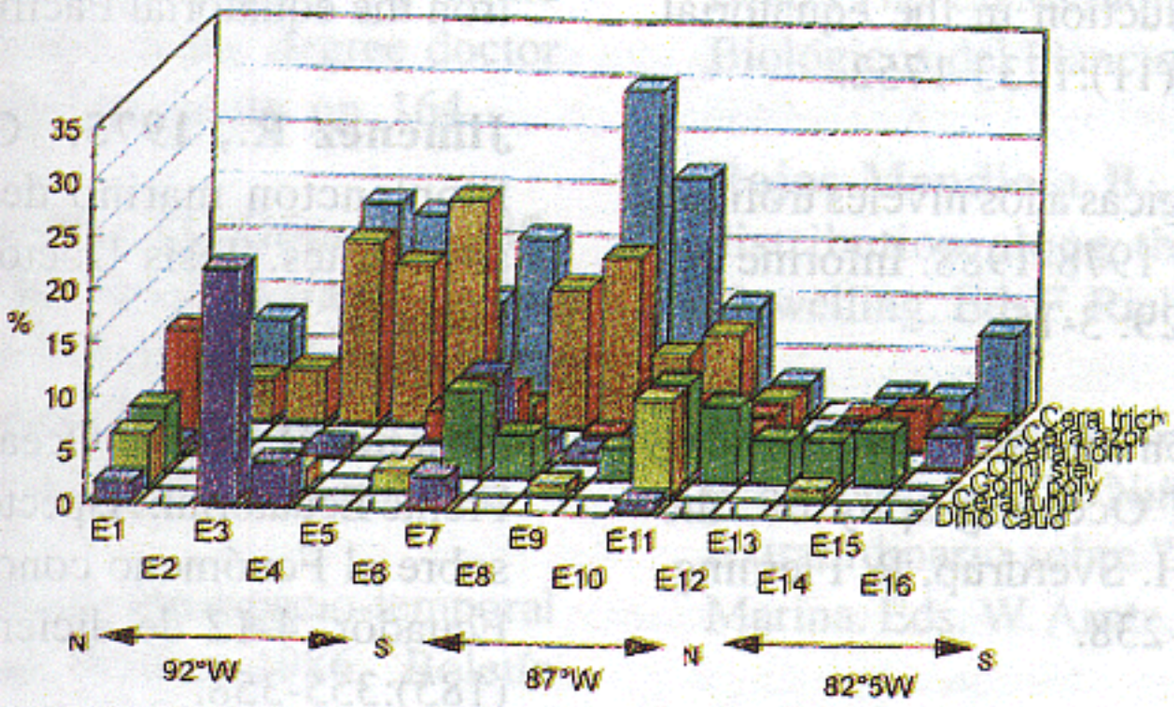


Figura 13. Distribución porcentual de los dinoflagelados durante abril-mayo de 1997

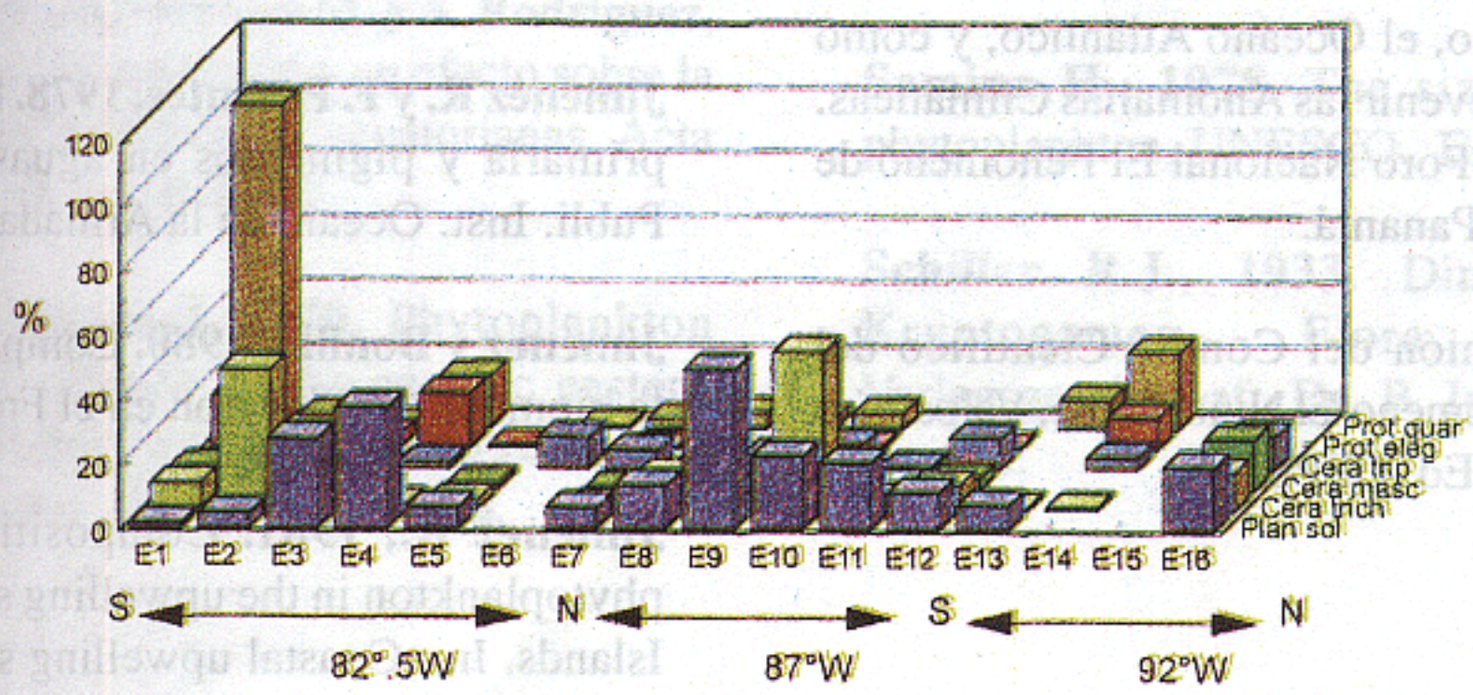


Figura 14. Distribución de los principales indicadores de aguas cálidas registrados en agosto de 1997

BIBLIOGRAFÍA

Avaria S., 1984. Cambios de la composición y biomasa del fitoplancton marino del norte de Chile durante el fenómeno de EL Niño 1982-1983. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, (15): 303-309.

Balech E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía, 1: 1-300.

Barber R., and F. Chavez, 1991. Regulation of primary productivity rate in the equatorial Pacific. Limnol. Oceanogr., 36 (8): 1803-1815.

Bogorov V., 1967. Biology of the Pacific Ocean Part I - Plankton, VII (1): 1-266.

Bourelly P., 1966. Les algues Díeau douce algues vertes. Collection faunes et flores actuelles. Tomo I., Paris. pp 570.

Bourelly P., 1970. Les algues Díeau douce algues bleves et rouges les EulÈniens, Peridinies et Cryptomonadines. Collection faunes et flores actuelles. Tomo III., Paris. pp 512.

Chavez F., K. Buck y R. Barber, 1990. Phytoplankton taxa intrelation to primary production in the equatorial Pacific. Deep- Sea Research. 37(11):1733-1752.

CPPS. 1989. Condiciones Biológicas a los niveles tróficos primarios y secundarios durante 1978-1988. Informe del grupo Biológico. Bol. ERFEN, 29: 3-15.

Cupp E., 1943. Marine plankton diatoms of west coast. Bulletin Scripps Institution of Oceanography of the University of California. Eds. H. Sverdrup, R. Fleming, L. Miller and C. zobell., 5(1): 1-238.

Desrosieres R., 1964. Surface Macrophytoplankton of the Pacific Ocean along the ecuator. Limnology and Oceanography. 14(4): 626- 632.

Enfield D., 1995. El Niño, el Oceáno Atlántico, y como los podemos usar para prevenir las Anomalías Climáticas. En Memorias del Primer Foro Nacional El Fenómeno de El Niño y su impacto en Panamá.

ERFEN, 1991. IX Reunión del Comité Científico del Estudio Regional del Fenómeno El Niño, Chile, Valparaíso del 2-5 de abril de 1991. Ed. CPPS.

Everitt D., S. Wright, J. Volkman, D. Thomas y E. Lindstrom, 1990. Phytoplankton community compositions in the western ecuatorial Pacific determined from chlorophyll and carotenoid pigment distributions. Deep-Sea Research, 37(6):975-997.

Fahrbach E., Brockmann C., Lostaunau C and W. Urquizo, 1981. The Northern peruvian upwelling system during the EXACAN Experiment. . In : Coastal upwelling. Ed. F. Richards, pp. 134-145.

Fiedler P., Philbrick V., and F. Chavez, 1991. Oceanic upwelling and productivity in the eastern tropical Pacific. Limnol. Oceanogr., 36 (8): 1834-1850.

Garcés J., 1997. Pronóstico de la temperatura superficial del satélite y su aplicación a los recursos costeros. Tesis de Grado de Oceanografía. ESPOL-Guayaquil.

González N. y Miranda M., 1996. La pesquería de peces pelágicos pequeños durante el I trimestre de 1996 (Enero-Marzo). Reporte Interno, INP, 11p.

Hacker P., Hayes S., Leetmaa A., and R. Lukas 1986. Circulation of the ecuatorial Undercurrent around the Galapagos Islands. IOC. Report. NJ 49, pp 23.

Hasle G., 1959. A quantitative study of phytoplankton fron the equatorial Pacific. Deep-Sea Research, 6:38-59.

Jiménez R., 1975. Composición y variación del fitoplancton marino del Golfo de Guayaquil y áreas adyacentes. Tesis Doctoral, Universidad de Guayaquil. Ecuador.

Jiménez R., 1976. Oceanografía de la Región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Biológicos. Reunión de trabajo sobre el Fenómeno conocido como El Niño, Guayaquil. Ecuador, 4-12 de diciembre de 1974, FAO, Inf. Pesca (185):355-358.

Jiménez R., 1977. Biomasa y composición de fitoplancton al oeste de las Islas Galápagos, Ecuador, Bol. ERFEN 1(2):

Jiménez R. y F. Pesantes, 1978. Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. Publi. Inst. Ocean. de la Armada. 2(1): 30 pp.

Jiménez y Bonilla, 1980. Composición y distribución de la biomasa del Plancton en el Frente Ecuatorial.

Jiménez R., 1981. Composition and Distribution of phytoplankton in the upwelling systems of the Galapagos Islands. In : Coastal upwelling stuarine. Ed. F. Richards pp. 327-338.

Jiménez R., 1983. Diatomeas y dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 193-282.

Jiménez R., 1983. Cocolitoforidos identificados en el fitoplancton de aguas ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 401-441.

Jiménez R., 1986. Equatorial Upwelling Processes in the Galapagos Islands after the 1982-1983 "El Niño". IOC Workshop N° 49, Annex III, pp.68.

Kiefer D., 1973. Fluorescence propertis of natural phytoplankton populations. Marine Biology,22: 263-269.

Larsen J. and O. Moestrup, 1989. Guide to toxic and Potentially toxic marine algae. Botanical Institute for Sporeplanter. The Fish Inspection, Ministry of Fisheries, pp. 1-60.

Man K., and J. Lazier, 1991. Dynamics of Marine Ecosystems: Biological- Physical interactions in the oceans. Blackwell Scientific Publications Inc.

Marshall, H., 1970. Phytoplankton in tropical Surface waters between the coast of Ecuador and the Gulf of Panama. J. Wash. Acad. Sci. , 60(1): 18-21.

Maxwell D., 1974. Marine Primary Productivity of the Galapagos Archipielago. Dissertation the degree doctor of Philosophy in the Ohio Sstate University. pp. 164.

Ochoa N., Rojas-Mendiola B.,y O. Gómez, 1985. Identificación de Fenómeno "El Niño" a través de los organismos fitoplanctónicos. Boletín Extraordinario sobre "El Niño", Su Impacto en la Fauna Marina. Eds. W. Arntz, A. Landa y J. Tarazona. pp. 23-32.

Ochoa N. y O. Gómez. 1988, Variación espacio-temporal del fitoplancton frente a Callao, Perú en 1986. Boletín Especial, IMP. In: Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano., Eds. H. Salzwedel y A. Landa, pp. 51-57.

Okuda T., Trejos-Suescum, Valencia M. y A. Rodríguez, 1983. Variación del Frente Ecuatorial y su efecto sobre la fertilidad de las aguas superficiales ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR,

Owen R., and B. Zeitzschel, 1970. Phytoplankton production: Seasonal change in the oceanic eastern tropical Pacific. Marine Biology, International Journal on Life in Oceans and coastal waters, 7(1): 32-36.

Patzert W, Cowles T., and C. Ramage, 1978. El Niño Watch Atlas of physical, chemical, and biological Oceanographic and Meteorological data. NORPAX Sponsoed by the National Science Foundation.

Pesantes F., 1979. Distribución de *Ceratium tripos subsp. Semipulchellum* (Jord) Graham y Bronikovsky, 1944 (Dinofalgellata) en aguas ecuatorianas durante el Niño de 1972. Bol. ERFEN, 3(1): 8-13.

Pesantes F., 1983a. Dinoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 283-399.

Pesantes F. 1983b. Los dinoflagelados como indicadores de El Niño en el mar ecuatoriano. Publ. Ins. Ocean. De la Armada (INOCAR). 2(1): 85-117.

Pesantes F. 1984. Distribución del fitoplancton durante noviembre de 1982 y de la clorofila del crucero de noviembre de 1983. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, (15):239-245.

Prescott G., 1954. How to Know The fresh water algae. Ed. H. Jaques

Rojas-Mendiola B., 1981. Los dinoflagelados como Indicadores Biológicos de masas de agua - Fenómeno El Niño 1972. En Memorias del Seminario sobre indicadores Biológicos del Plancton, UNESCO., pp. 54-73.

Rojas-Mendiola B., 1981. Seasonal Phytoplankton distribution along the Peruvian coast. In: Coastal Upwelling. Ed. F. Richards, pp. 348-356.

Rojas-Mendiola B., Gómez O. y N. Ochoa, 1985. Efectos del Fenómeno "El Niño" sobre el Fitoplancton. Boletín Extraordinario sobre "El Niño", Su Impacto en la Fauna Marina. Eds. W. Arntz, A. Landa y J. Tarazona. Pp. 33-43.

Santander H.,1976. La corriente Peruar.a. Parte II: Aspectos Biológicos. Actas de Reunión de trabajo sobre El Fenómeno conocido como "El Niño". FAO, Informes de Pesca # 185: 5-295.

Semina H., 1978. The size of cells. In Manual of phytoplankton, UNESCO. Ed. Sournia.

Schiller R.J., 1933. Dinoflagellatae (Peridineae). Kryptogamen - Flora. Lecpzig Akademische Verlagsgesellschaft. De. B. Johnson, New York-London, pp 603.

Taylor F. 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean expedition. A report on materioal collected by the R.V. "Anton Brunn". Institute of Oceanography and Department of Botany, Canada, pp 227.

Torres-Zambrano G., (1998), Variabilidad del Fitoplancton marino en áreas costeras de La Libertad y Manta (Ecuador), su inter-relación con eventos El Niño. En este mismo texto.

Wyrtki, K., 1967. Circulation and water mases in the Eastern Ecuatorial Pacific Ocean. J. Oceanol and Limnol, 1(2): 117-147.

Wyrtki, K., 1975. Fluctuations of the Dinamic Topography in the Pacific Ocean. Journal Physical Oceanography, 5: 450-459.

Woster W., 1969. Ecuatorial front between Peru and Galapagos. Deep-Sea Research, 16:407-419.

Zambrano I., 1983. Tintinnidos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 443-507.

Zambrano E., 1997. Un análisis de la estructura termal de la Estación Costera "La Libertad" y su relación con los eventos ENOS. En este mismo texto.

Zambrano E., 1980. Distribución de la temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial (1974-1976). Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 1(1): 1-9.

DISTRIBUCIÓN CUALI-CUANTITATIVA DEL FITOPLANCTON EN EL PACÍFICO SURESTE (3°16'-31°23'S), DURANTE EL NIÑO 1997-1998

POR :
GLADYS TORRES-ZAMBRANO (1)

ABSTRACT

During the VII Ecuadorian Expedition to Antarctic in the Guayaquil – Valparaíso – Guayaquil route (december/97 – march/98), oceanographic stations were performing to register cuali-cuantitative variations of phytoplankton of Southeastern Pacific Ocean during "El Niño" 1997-98 conditions.

The biomass of phytoplankton is measured chlorophylls "a" levels showed lower concentrations between 0.015 - 0.4 mg/m^3 to the 100m depth. The phytoplankton composition in december/97, registered the most dominance of diatoms at southward Gulf of Guayaquil with lower concentration at 20° S, the main especies were ***Chaetoceros affinis, Skeletonema costatum, Rhizosolenia imbricata, Ch. leavis, R. alata var curvirrostris, Climacodium biconcavum, R. styliformis.*** *The dinoflagellates especies had the widest distribution in the area studied (3°16'-31°23'S) with rank of temperature between 27.54°C and 17.67°C, were* ***Ceratium incisum, C. carriense, C. breve, C. teres, C. falcatiforme, C. euuarcuatum, C. pavillardi, Dinophysis caudata, Ornithocercus steinii, O. Thumi, O. magnificus, Pyrocystis fusiformis, Protoperidinium quarnerense, P. cf conicum, P. longipes, P. ocanicum, P. pedunculatum,*** *Prorocentrum micans,* ***Podolampas bipes,*** *and some* ***Epiplocides reticulata, Eutintinnus lusussundae,*** *was indicators of oceanic waters advanced to chilean area. At to 30° S, the dinofalgellates were most dominant groups, with* ***C. tripos, C. furca, C. pentagonum var subrrostrum, Goniodoma polyedricum, G. polygramma,*** *species*

RESUMEN

Durante la VII Expedición Ecuatoriana a la Antártida en la ruta Guayaquil - Valparaíso - Guayaquil (diciembre/97 - marzo/98), se realizaron estaciones oceanográficas siendo uno de sus objetivos, determinar la distribución cuali-cuantitativa del fitoplancton del Pacífico Sudeste en condiciones de El Niño 1997-1998.

Se registraron bajas concentraciones de la biomasa fitoplanctónica expresados en clorofila "a" con valores entre 0.015 - 0.4 mg/m^3 en la columna de los 100 metros de profundidad, siendo aún más bajos que los registrados en El Niño 81-82. El fitoplancton cualitativo en diciembre/97, registró una dominancia del grupo de diatomeas al sur del Golfo de Guayaquil con una disminución hacia los 20° S, las principales especies fueron ***Chaetoceros affinis, Skeletonema costatum, Rhizosolenia imbricata, Ch. leavis, R. alata var curvirrostris, Climacodium biconcavum, R. styliformis.*** *Las especies de dinoflagelados presentaron una amplia distribución (3°16'-31°23'S) con rangos de temperatura entre 27.54 y 17.67°C., fueron* ***Ceratium incisum, C. carriense, C. breve, C. teres, C. falcatiforme, C. euarcuatum, C. pavillardi, Dinophysis caudata, Ornithocercus steinii, O. thumi, O. magnificus, Pyrocystis fusiformis, Protoperidinium quarnerense, P. cf conicum, P. longipes, P. ocanicum, P. pedunculatum, Prorocentrum micans, Podolampas bipes,*** *asociados con* ***Epiplocides reticulata, Eutintinnus lusussundae,*** *evidenciaron avances de aguas cálidas hacia la región chilena. A los 30°S, se encontraron las mayores densidades de dinoflagelados formados por* ***C. tripos, C. furca, C. pentagonum var subrrostrum, Goniodoma polyedricum, G. polygramma.***

INTRODUCCIÓN

El fitoplancton está constituido por organismos vegetales (Xantofilas, Dinoflagelados, Crisofitas, Cianofitas, Bacilariofitas (diatomeas), Euglenofitas y Flagelados), representan la base fundamental del primer nivel de la cadena alimenticia en el mar interconectados por la energía y material circulante en el ecosistema, energía que es transferible al próximo nivel trófico zooplancton e ictioplancton (Man and Lazier, 1991). El fitoplancton vive en la zona fótica o capas superiores iluminadas, los cuales están sujetos a la acción de procesos físicos y bioquímicos.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR). Avda. 25 de Julio, Base Naval Sur, Casilla 5940. E-mail: inocar@inocar.mil.ec, Guayaquil, Ecuador

El oceáno Pacífico sureste que bordea las costas sudamericanas, presenta una alta productividad biológica hacia el sur de la línea ecuatorial asociados con la posición del Frente Ecuatorial (Jiménez, 1976), con la intensidad de los afloramientos alrededor de las Islas Galápagos (Jiménez, 1981) y de los afloramientos costeros peruanos (Rojas-Mendiola, 1981). El Golfo de Guayaquil es el principal estuario del Pacífico sudeste y es un componente hidrográfico de alta productividad (Jiménez, 1983). El área costera chilena también registran afloramientos muy costeros principalmente hacia el norte (Ramírez et al (1976). La región sudamericana presenta variabilidades anuales en la productividad biológica, como reducción y profundización del primer nivel trófico y consecuentemente en los siguientes niveles tróficos en presencia de eventos El Niño (Jiménez 1976; Rojas-Mendiola, 1985; Avaria, 1984).

El objetivo del presente artículo es estudiar la distribución de las concentraciones de clorofila "a" y feopigmentos en diciembre/97 y marzo/98, y cuales serían los indicadores biológicos del fitoplancton que han avanzado con la corriente cálida hacia el sur en diciembre/97, en condiciones de El Niño 97-98, en el Pacífico sudeste exceptuando la región peruana (Fig.1).

METODOLOGÍA

El área de estudio fue durante la ruta Guayaquil - Valparaíso del B/I ORION en diciembre/97, se realizaron siete estaciones oceanográficas (Fig. 1); y durante la ruta Valparaíso – Guayaquil (marzo/98) realizada en el mismo trayecto de la Figura 1 (coordenadas en la Fig. 3), con 14 estaciones superficiales. Las muestras (1 litro) para análisis de clorofila "a" fueron colectadas mediante una roseta multimuestreadora con un CTD, en los niveles de 0,10, 20, 30, 40, 50, 75 metros de profundidad, fueron filtradas a través de filtros de fibra de vidrio Whatman (0.45 micras) con una bomba al vacío y colocados en 10 ml. de acetona al 90% en frascos de vidrio de 25ml. y cubiertos con papel aluminio bajo refrigeración por 24 horas. En un fluorómetro TURNER DESIGNS modelo 10-005-R fueron leídas las densidades ópticas de clorofila "a", seguidamente se adicionó 2 gotas de ácido clorhídrico al 5% para convertir la clorofila "a" en feopigmentos. Para los cálculos de clorofila y feopigmentos se emplearon las ecuaciones de SCOR UNESCO Working Group 17 (1966).

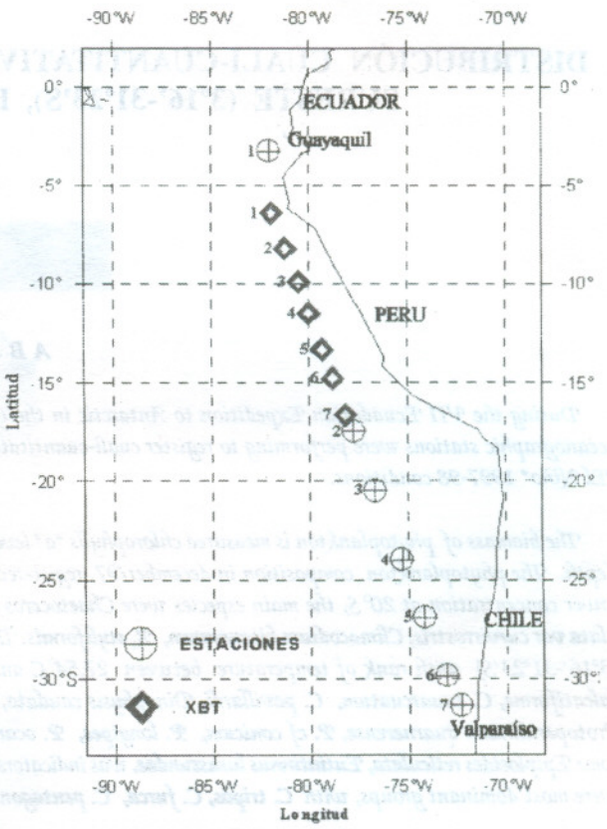


Figura 1.- Area de estudio y estaciones oceanográficas en diciembre/97.

Para los análisis cualitativos sobre los indicadores biológicos del fitoplancton (diciembre/97), se realizaron arrastres superficiales con una red de 50u. por 10 minutos con una velocidad de 2 nudos, fijadas con formol al 2% neutralizado con bórax. Para el análisis de cada muestra, se obtuvieron gotas - alícuotas homogeneizadas, colocadas en un portaobjeto y sobrepuesto un cubreobjeto de 20x20mm, en un microscopio standard Leitz, recorriendo toda el área del cubreobjeto. Los datos son presentados en porcentajes de abundancia.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE CLOROFILA "a" Y FEOPIGMENTOS

Las concentraciones latitudinales de Clorofila "a" en diciembre/97, registraron valores entre 0.015 - 0.189 mg/m^3, con temperaturas elevadas y de menor salinidad fueron registradas en el Golfo de Guayaquil (Fig. 2). En marzo/98 los valores de clorofila "a" ligeramente se incrementaron con rangos entre 0.034 - 0.45 mg/m^3 (Fig. 3). Los feopigmentos también presentaron bajas concentraciones entre 0.015-0.149 mg/m^3 (Fig. 2 y Fig 3). El menor contenido de Clorofila "a" y feopigmentos encontrados, son indicativos de la escasez de diatomeas, e incremento de dinoflagelados, evidenciando una área de poca productividad biológica, debido a los efectos cálidos de El Niño 97-98.

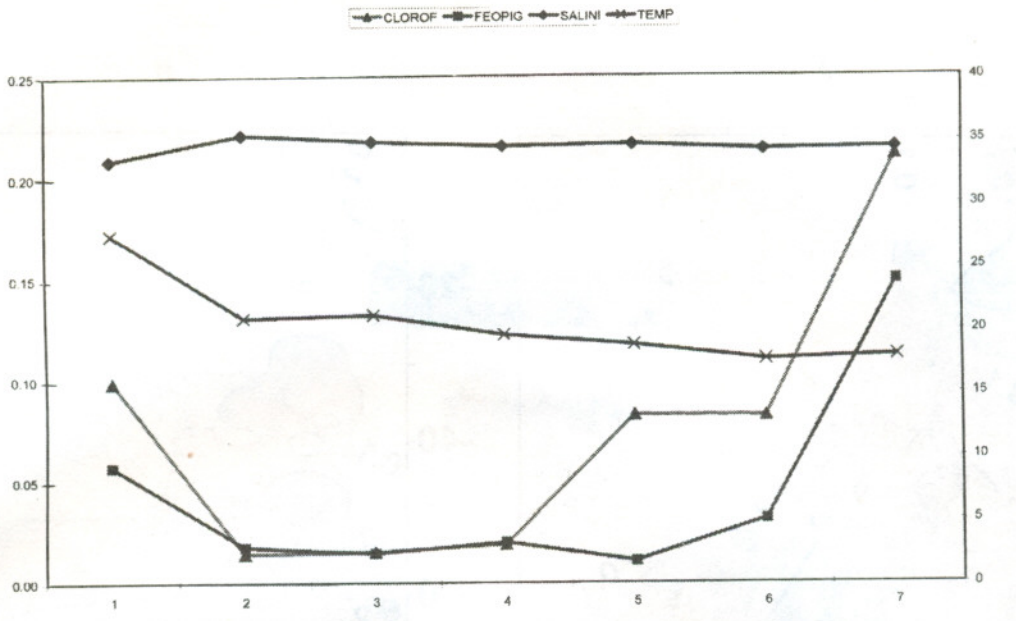


Figura 2.- Distribución superficial de Clorofila "a" y feopigmentos asociados a los datos de temperatura y salinidad, en diciembre 1997

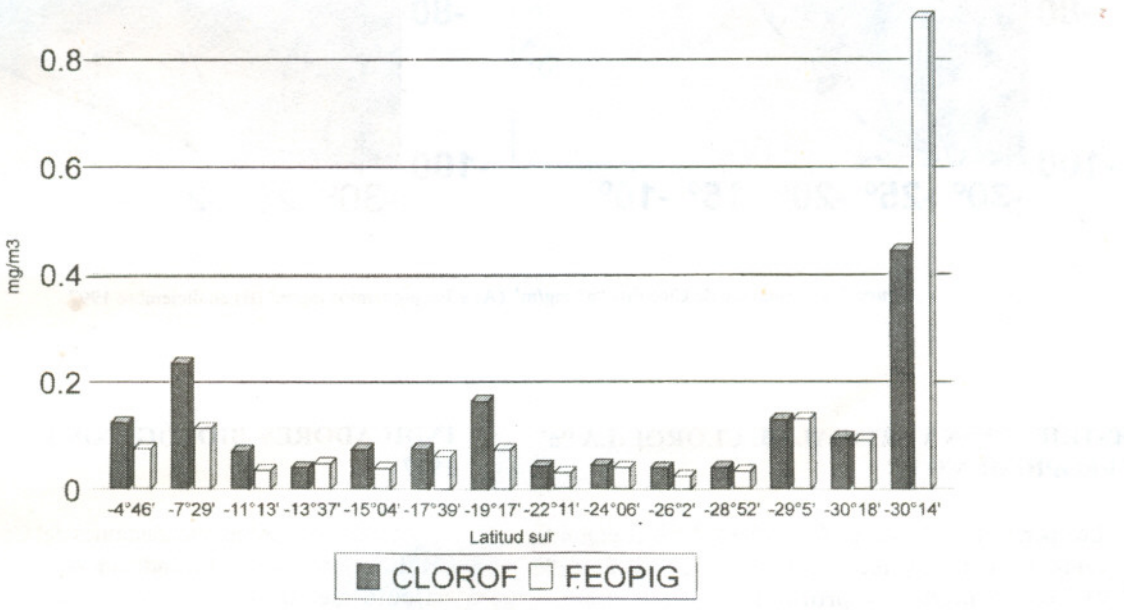


Figura 3.- Distribución superficial de Clorofila "a" y Feopigmentos en marzo/1998 (ruta Valparaíso - Guayaquil)

Las concentraciones de clorofila "a" superficiales registradas en diciembre y marzo durante este evento 1997-98 presentaron valores más bajos en comparación con EL Niño 82-83, registradas por Santander et al, (1984), los mismos autores mencionan que las concentraciones de clorofila "a" superficial en noviembre-diciembre de 1982 en el Pacífico colombiano registraron valores menores a 0.1, mg/m^3; en la costa ecuatoriana en diciembre/82 oscilaron entre 0.7-0.2 mg/m^3, pero en enero/83 se observaron las más bajas concentraciones entre 0.1 a 0.2 mg/m^3 en el Golfo de Guayaquil; en las costas chilenas (19°-27°S), los valores clorofílicos fueron bajos entre 0.03 y 0.4 mg/m^3 fuera de las 10 millas. En las costas peruanas, Guillén (1976) registró valores clorofílicos entre 0.5-1.0 mg/m^3 asociados a aguas subtropicales superficiales y aguas ecuatoriales superficiales, los valores mayores a 1.0 mg/m^3 de clorofila están asociados a los afloramientos costeros peruanos.

Los resultados clorofílicos superficiales de este artículo en comparación con los emitidos en Arcos (1990) en el trayecto Guayaquil-Valparaíso-Guayaquil, registraron valores similares de clorofila "a" entre la sección de 13°S- 31°S para enero y entre 17°S - 28°S para abril de 1990, registrando en ambos casos aguas oceánicas de poca productividad en estas áreas.

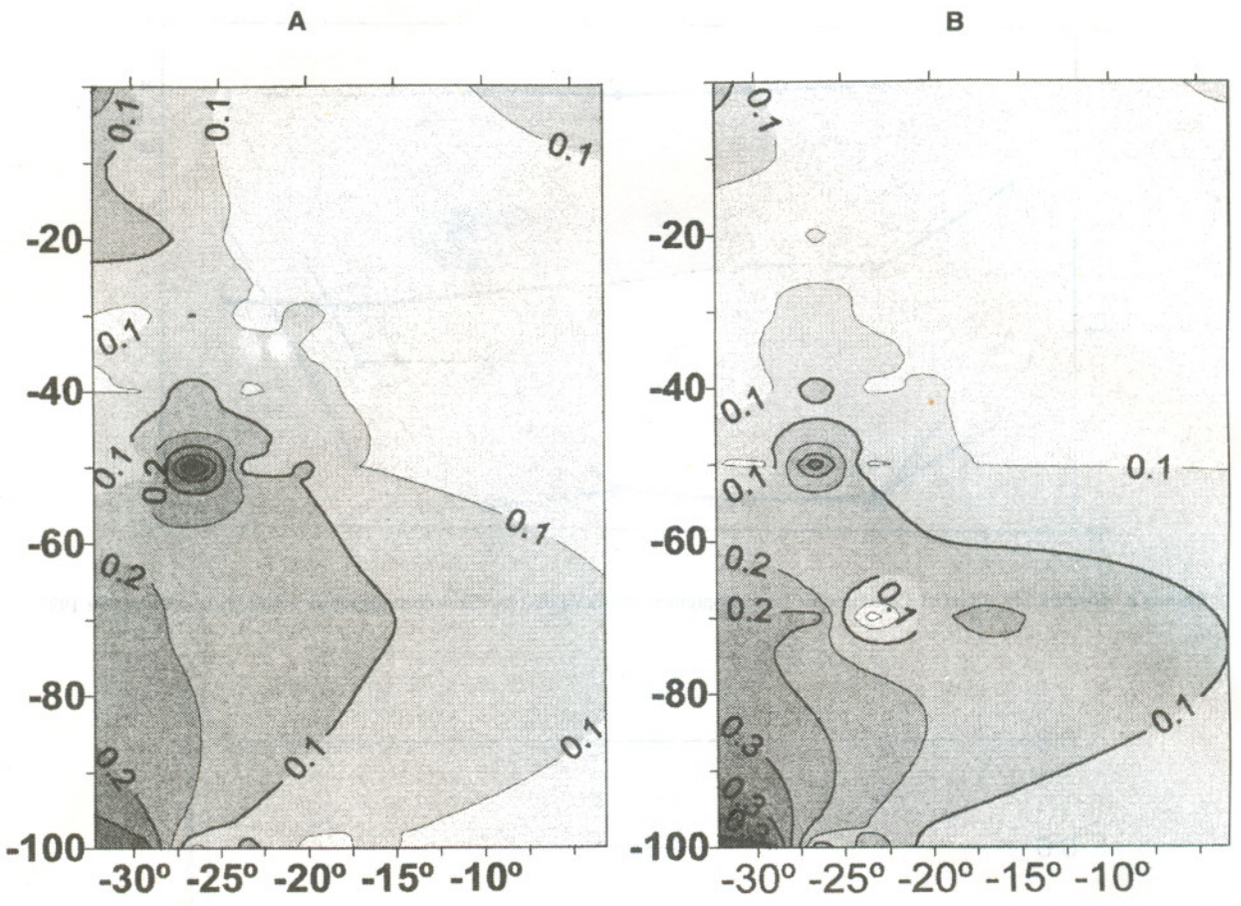


Figura 4. Distribución de Clorofila "a" mg/m³ (A) y Feopigmentos mg/m³ (B) en diciembre 1997

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CLOROFILA "a" Y FEOPIGMENTOS

Los perfiles verticales de Clorofila "a" en la Fig. 4A, presentaron una biomasa fitoplanctónica disminuida (0.015-0.381 mg/m^3) y profundizada, con ligeros incrementos al sur del Golfo de Guayaquil (0.1 mg/m^3), y hacia el sur de los 25°S (o al sur de la IV región chilena), se observa un pequeño núcleo de 0.381 mg/m^3 a los 50m. y otro de 0.4 mg/m^3 a de los 100m de profundidad. A los 31°S se evidenciaron parches de 0.2 mg/m^{3}entre los primeros 20 metros de profundidad, y otro entre los 60m, evidenciado débiles afloramientos asociados a la corriente fría de Perú-Chile con avances hacia la región ecuatorial pero bajo la capa de los 50m en relación a las concentraciones de Clorofila "a". Los feopigmentos presentaron un patrón similar al de clorofila, indicando una posible escasez del zooplancton entre los primeros 50 metros de profundidad, ligeras concentraciones se observaron bajo los 50m con valores entre 0.1- 0.42 (Fig. 4B).

INDICADORES BIOLÓGICOS EN DICIEMBRE 1997

Atendiendo las recomendaciones del Comité Científico ERFEN en relación a los indicadores biológicos, en este artículo se describen las principales especies fitoplanctónicas registradas en diciembre/97, cuando las condiciones físicas de El Niño 97-98 se presentaban más intensificadas (Garcés y Zambrano, 1998).

Beers et al (1971), menciona que para las costa de Perú (11°S), la abundancia de diatomeas se registran durante todo el año y son el principal componente del stock del fitoplancton. Avaria (1984), menciona que en condiciones anómalas de El Niño 81-82, hay una disminución en su biomasa y la dominancia de diatomeas son restringidas en franjas muy costeras (2-3 millas). Al tomar la referencias de Beers et al (1971) y Avaria (1984) en relación a las registradas en este artículo, dan la posibilidad que su ausencia y/o escasez estarían reflejando una baja productividad coincidentes con valores de clorofila en el área muestreada.

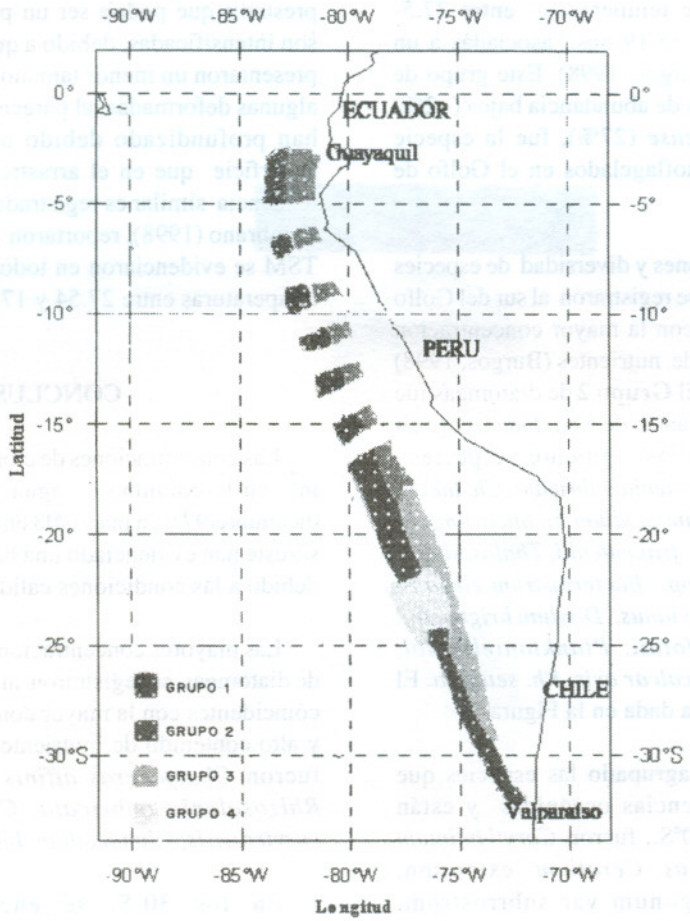


Figura 5.- Distribución latitudinal aproximada del fitoplancton en diciembre 1997. **Grupo 1,** dinoflagelados de amplio rango de distribución. **Grupo 2,** diatomeas indicativos de productividad. **Grupo 3,** dinoflagelados asociados a aguas oceánicas. **Grupo 4,** dinoflagelados estrictamente oceánicos. En la región de aguas peruanas no se tomaron muestras pero la distribución de algunas especies hace presumir la presencia de las especies registradas.

Las menores concentraciones de clorofila son coincidentes con la escasez de diatomeas e incremento de especies de dinoflagelados. A continuación se describe la distribución y asociación de las principales especies de dinoflagelados, (algunos tintínnidos y radiolarios) indicadoras de las condiciones anómalas de El Niño 97-98.

En el **Grupo 1**, se encuentran las especies de mayor amplitud de distribución entre el Golfo de Guayaquil y 31°S (Fig.5:grupo1) fueron *Blefarocysta splender, Ceratocorys horrida, Ceratium furca, C. fusus, C. tripos, C. pentagonum, C. azoricum, C. macroceros, C. massiliense, C. candelabrum, Goniodoma polyedricum, Gymnodinium spp, Protoperidinium steinii, Protoperidinium elegans*. La dominancia de *C. furca* y *C. fusus* (Fig. 6), posiblemente este asociada a posibles ocurrencias de mareas rojas en las costas Chilenas (sin cambio en la coloración del mar). Avaria (com. pers), menciona mareas rojas con *C. tripos* en enero/76, *C. furca* en abril/76, *C. fusus* en 1980, en Mejillones (cerca de Antofagasta); *C. furca* en mayo/85 en Iquique y por *C. tripos* en enero/94 en Antofagasta. En las costas peruanas a 12°S se han registrado mareas rojas con *C. fusus* en abril/81, *C. furca* en febrero/82, *C. tripos* en mayo/95 (COI, Informe 123).

En el **Grupo 2** se encuentran las especies de dinoflagelados registradas entre el Golfo de Guayaquil y 17°S (Fig. 4:Grupo 2), estuvieron compuestas por *Amphysolenia bispinosa, Ceratium incisum, C. carriense, C. breve, C. teres, C. falcatiforme, C. euarcuatum, C. pavillardi, Dinophysis caudata, Ornithocercus steinii, O. thumi, O. magnificus, Pyrocystis fusiformis, Protoperidinium quarnerense, P. cf conicum, P. longipes, P. oceanicum, P. pedunculatum, Prorocentrum micans, Podolampas bipes, Epiplocyloides reticulata, Eutintinnus lusussundae*, serían indicadoras de la mezcla de masas

de aguas tropicales superficiales y aguas ecuatoriales superficiales, con rangos de temperatura entre 27.5-21.0°C y salinidades 33.45-35.19 ups., asociadas a un incremento de nutrientes (Burgos, 1998). Este grupo de especies presentó porcentajes de abundancia bajos (<2%) a excepción de *P. quarnerense* (27%), fue la especie dominante dentro de los dinoflagelados en el Golfo de Guayaquil.

Las mayores concentraciones y diversidad de especies del fitoplancton (diatomeas), se registraron al sur del Golfo de Guayaquil coincidentes con la mayor concentración de clorofila y alto contenido de nutrientes (Burgos, 1998) registradas en este crucero. El **Grupo 2** de diatomeas fue el más frecuente con la dominancia de *Chaetoceros affinis* y en menor concentración las siguientes especies:, *Skeletonema costatum, Rhizosolenia imbricata, Ch. laevis, R. alata var curvirrostris, Climacodium biconcavum, R. styliformis, Ch. coarctatus, C. frauenfeldii, Thalasssiotrix frauenfeldii, Thalassiosira spp. Bacteriastrum elegans, Hemiaulus sinensis, Ch. peruvianus, Ditylum brigtwellii, Rh. hebetata, Rh. stolterfothii, Planktoniella sol, Leptocylindrus danicus, Rh. calcar avis, Rh. setigera*. El porcentaje de abundancia esta dada en la Figura 7.

En el **Grupo 3**, se han agrupado las especies que posiblemente tienen influencias oceánicas y están presentes entre los 17°S y 30°S., fueron *Corythodinium frenguelli, C. cf diploconus, Ceratium* extensum, Ceratium spp., C. pentagonum var subrrostrum, C. pentagonum, *C. paradoxides, C. kofoidi, C. tripos, C. furca, C. fusus, C. arietinum, C. vultur, C. longirrostrum, Dinophysis amandula, Goniodoma polyedrica, Gonyaulax pacifica, O. magnificus, Protoperidinium pacificum, P. simulum, Podolampas palmipes, P. spinifer, , Tintinopsis rapa, Dictiocysta elegans, Undella globosa*, los porcentajes de abundancia fueron ligeramente bajos (Fig. 8). El rango de temperatura superficial fue entre 20.99 - 17.67 °C. y salinidades entre 35.46-34.3 ups.

En los 17°-21°S, se registró la abundancia de *C. trichoceros*, microzooplancton, radiolarios del grupo Acantáridos y el tintínnido *Rhabdonellopsis apophysata*, esta asociación de especies reflejarían un reciente ingreso de aguas oceánicas. La distribución de *C. furca*, permite observar que existe una pequeña zona de mezcla con aguas procedentes del sur. La presencia de *C. carriense, C. vultur, C. longirrostrum, Dissodinium gerbaultii, Pyrocystis fusiformis*, según Balech (1985), podrían estar asociados a aguas oceánicas. o al parecer serían aguas cálidas oceánicas recientes o atrapadas debido a que *C. trichoceros* no se ha reportado en aguas con temperaturas < de 22.4°C (Balech, 1988).

En el **Grupo 4**, se evidencia una baja diversidad y menor concentración del fitoplancton (dinoflagelados y diatomeas) registrada a los 24°S (Fig. 4: Grupo 4), hace presumir que podría ser un parche donde las anomalías son intensificadas, debido a que las especies de *Ceratium* presentaron un menor tamaño, estructuras algo débiles y algunas deformadas, al parecer las condiciones cálidas se han profundizado debido a su menor diversidad en superficie que en el arrastre vertical de los 50m. Una tendencia similar es registrada a los 31°23S. En Garcés y Zambrano (1998), reportaron que anomalías positivas de TSM se evidenciaron en todo el trayecto de estudio con temperaturas entre 27.54 y 17.67°C.

CONCLUSIONES

Las concentraciones de clorofila "a" menores a 0.4 mg/m^3 en la columna de agua (0-100m), encontrados en diciembre/97 y en marzo/98 en el perfil costero del Pacífico sureste han evidenciado una baja productividad biológica debido a las condiciones cálidas de El Niño 1997-98.

Las mayores concentraciones y diversidad de especies de diatomeas, se registraron al sur del Golfo de Guayaquil coincidentes con la mayor concentración de clorofila "a" y alto contenido de nutrientes, las principales especies fueron *Chaetoceros affinis, Skeletonema costatum, Rhizosolenia imbricata, Ch. laevis, R. alata var curvirrostris, Climacodium biconcavum, R. styliformis.*

En los 30°S, se encontraron las mayores concentraciones de dinoflagelados formados por *C. tripos, C. furca*, y con un ligero incremento en su diversidad. A 24°S se registró baja diversidad y menor concentración de especies evidenciado condiciones oceánicas ligeramente profundizadas.

La asociación de varios grupos de especies de dinoflagelados de condiciones cálidas y de comportamientes oceánicos, evidenciaron que: 1) Especies de amplio rango de temperatura encontradas en toda el área de estudio; 2) Especies restringidas entre los 17°S y 30°S asociadas a la presencia de aguas oceánicas; 3) Especies distribuidas entre los 3°16S y 17°S estrictamente tolerantes de condiciones cálido-tropicales.

AGRADECIMIENTO

Se expresa el agradecimiento a los Directivos de Instituto Oceanográfico de la Armada y al Gobierno del Ecuador por el apoyo en la realización de la VII Expedición Ecuatoriana a la Antártida. Al Biólogo Pedro Castañeda por su ayuda en la toma de las muestras y a todo el personal científico y técnico del B/I ORION.

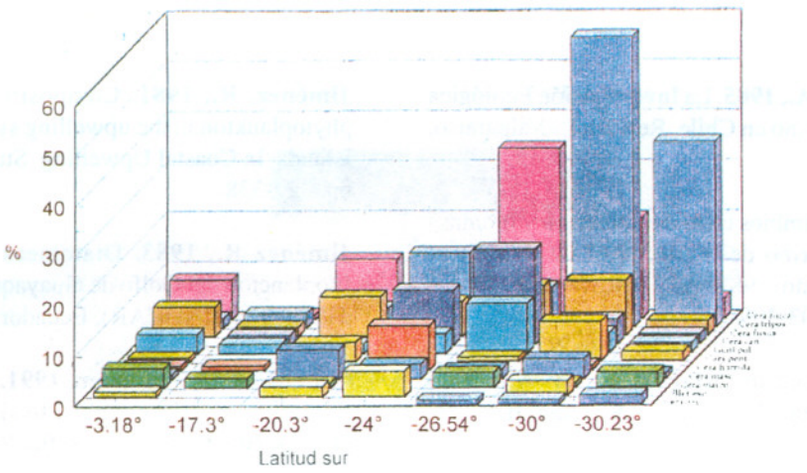


Figura 6. Distribución de dinoflagelados Grupo 1, en diciembre /1997

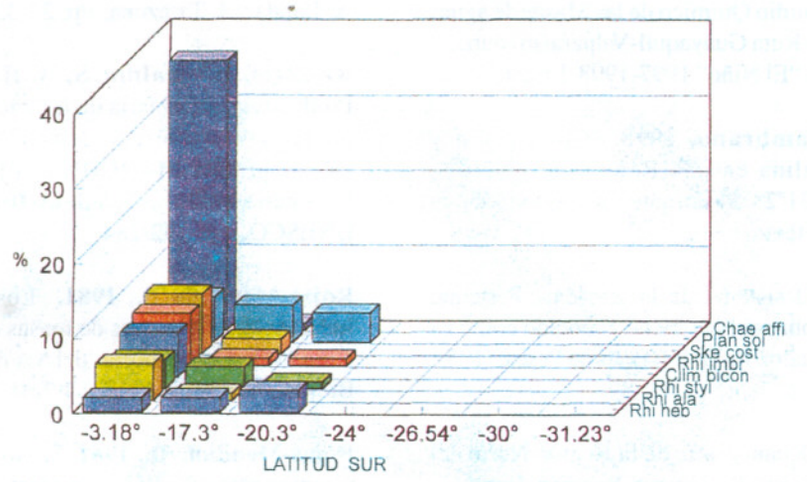


Figura 7. Distribución latitudinal de diatomeas en diciembre 1997

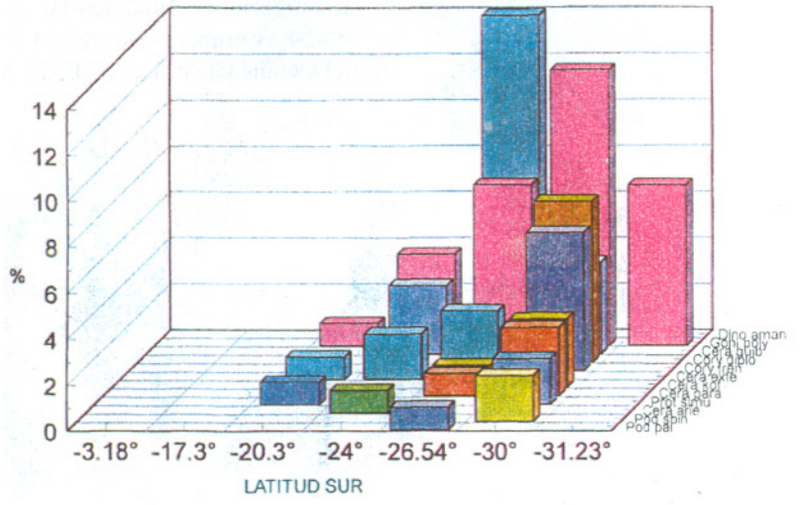


Figura 8. Distribución de dinoflagelados del Grupo 3, diciembre /1997

BIBLIOGRAFÍA

Avaria S. y A. Avial A., 1985. La Investigación Ecológica del Fitoplancton marino en Chile. Rev. Biol. , Valparaiso, 21(1): 61-106.

Avaria, S., 1984. Cambios en la composición y biomasa del fitoplancton marino del norte de Chile durante el fenómeno de El Niño 1982-1983. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, (15): 303-309.

Balech E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía, 1: 1-300.

Beers J., Stevenson M., Eppley R. y E. Brooks. 1971. Plankton populations and Upwelling off the coast of Peru, junio 1969. Fishery Bulletin, 69(4): 859-876.

Burgos, L., 1998. Estudio Químico de las Masas de aguas del Pacífico Sudeste (Ruta Guayaquil-Valparaíso) durante un período del evento "El Niño" 1997-1998. En este texto.

Garcés J., y E. Zambrano, 1998. Circulación y Estructura Termohalina en una Región del Pacífico Oriental (03°16'S - 31°23'S) durante un período de El Niño 97-98. En este texto.

Guillén O., 1976. El sistema de la corriente Peruana. Reunión de trabajo sobre el Fenómeno conocido como El Niño, Guayaquil, Ecuador. FAO, Informes de Pesca, (185): 243-284..

Jiménez, R., 1976. Oceanografía de la Región Norte del Frente Ecuatorial. Aspectos Biológicos. Reunión de trabajo sobre el Fenómeno conocido como El Niño, Guayaquil, Ecuador. FAO, Informes de Pesca, (185): 355-358.

Jiménez, R., 1981. Composition and distribution of phytoplankton in the upwelling systems of the Galápagos Islands. In Coastal Upwelling Stuarine . Ed. F. Richards, pp. 327-338.

Jiménez R., 1983. Diatomeas y dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 193-282.

Man K., and J. Lazier. 1991. Dynamics of Marine Ecosystems: Biologycal-Physical Interations in the Oceans. Blackcweel Scientific, Publications, Inc.

Ochoa N., Rojas-Mendiola B.,y O. Goméz, 1985. Identificación de Fenómeno "El Niño" a través de los organismos fitoplanctónicos. Boletín Extraordinario sobre "El Niño", Su Impacto en la Fauna Marina. Eds. W. Arntz, A. Landa y J. Tarazona. Pp. 23-32.

Ramírez B., Palma S. y H. Barrientos, 1976. Productividad primaria de las aguas costeras y oceánicas de las zonas norte y central de Chile (Operación Oceanográfica MARCHILE VIII). En Memorias del Seminario sobre indicadores Biológicos del Plancton, UNESCO., pp. 232-284.

Rojas-Mendiola B., 1981. Los dinoflagelados como Indicadores Biológicos de masas de agua - Fenómeno El Niño 1972. En Memorias del Seminario sobre indicadores Biológicos del Plancton, UNESCO., pp. 54-73.

Rojas-Mendiola B., 1981. Seasonal Phytoplankton distribution along the Peruvian coast. In: Coastal Upwelling. Ed. F. Richards, pp. 348-356.

Santander H., Rodríguez F., García M., Jiménez R., Susunaga J. y S. Avaria, 1984. Informe de las investigaciones Biológico-Pesqueras durante "El Niño" 1982-83 y primer trimestre de 1984. Anexo V: IV Reunión del Comité Científico del ERFEN, Perú mayo de 1984.

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DEL ICTIOPLANCTON, FITO Y ZOOPLANCTON EN EL MAR ECUATORIANO EN ABRIL DE 1995

POR :

MARÍA LUZURIAGA DE CRUZ (1)
ESTEBAN ELÍAS (1)
MA. ELENA FLORES (1)

A B S T R A C T

The present paper deals with the distribution and abundance of eggs and fish larvae in relation to the abundance of zooplankton and phytoplankton collected in 13 samplig sites on board the B/I TOHALLI during a pelagic ocenaographic cruise carried out in April 1995. A total of 12820 fish eggs.(10m²)⁻¹ and 5145 fish larvae.(10m²)⁻¹ were analized. The highest concentration of eggs and fish larvae was located to the east of the Galapagos Islands, in the sampling sites 1P and 10, with 5226.(10m²)⁻¹ eggs and 1042 larvae.(10m²)⁻¹, respectively, the lowest concentration was located also to the east of Galápagos Islands in the sampling sites 7 and 5 wih 109 eggs.(10m²)⁻¹ and 87 larvae.(10m²)⁻¹, respectively, and in the sampling sites 14 and 13 located at the meridian 83° W, with less than 100 larvae.(10m²)⁻¹. The presence of larvae of Sardinops sagax and engraulids were also identified close to the San Cristobal Island. The ENGRAULIDAE family was not found in area of the meridian 83° W. Fish larvae of 17 families were identified, from them, MYCTOPHIDAE and GONOSTOMATIDAE were the most abundant representing 39% and 22% from the total of larvae, respectively.. The abundance areas of eggs and fish larvae were related to the areas of phytoplankton and zooplankton riichness. The highest concentrations of phytoplankton on surface water were found in the sampling sites 3 and 10 with more than 170000 cell.m⁻³ to the east of Galapagos Islands. The lowest concentrations of phytoplankton were found around the Gulf of Guayaquil with 50000 cell.m⁻³ zone where the zooplankton bloomed as in surface as in deeper waters, with 1800 and 2800 org. m⁻³, respectively. Following in abundance of zooplankton were the sampling sites located to the east of Galapagos Islands in surface water and in deeper waters.

R E S U M E N

El presente trabajo trata de la distribución de la abundancia de huevos y larvas de peces en relación con la abundancia del zooplancton fitoplancton colectado en 13 estaciones muestreadas a bordo del B/I TOHALLI durante el crucero pelágico- oceanográfico realizado en abril de 1995. Se analizó un total de 12820 huevos de peces.(10m²)⁻¹ y 5145 larvas de peces (10m²)⁻¹. La mayor abundancia de huevos y larvas de peces se localizó al este de las Islas Galápagos, en las estaciones 1P y 10, situadas en los extremos norte y sur del área de muestreo a la altura de la Isla San Cristobal, con 5226 huevos (10m²)⁻¹ y 1042 larvas (10m²)⁻¹, respectivamente, mientras que la menor abundancia se localizó también al este de las Islas Galápagos, en las estaciones 7 y 5 con 109 huevos (10m²)⁻¹ y 87 larvas (10m²)⁻¹, respectivamente, y en las estaciones localizadas en el meridiano 83° W, frente a las provincias de Guayas y Manabí, con menos de 100 larvas (10m²)⁻¹ . Se reporta la presencia de larvas de Sardinops sagax en las estaciones cercanas a la Isla San Cristóbal. Huevos de Scomber japonicus y de engráulidos se identificaron cerca de esta isla. La familia ENGRAULIDAE se ausentó en el meridiano 83° W. Se identificaron larvas de peces pertenecientes a 17 familias, de las cuales, la familia MYCTOPHIDAE y GONOSTOMATIDAE fueron las más abundantes, representaron el 39% y 22% del total de larvas, respectivamente. Las áreas de abundancia de huevos y larvas estuvieron relacionadas con áreas de riqueza fito y zooplanctónica. Las mayores concentraciones de fitoplancton en aguas superficiales, más de 170000 células.m⁻³, se dieron al este de Galápagos. Las menores concentraciones de fitoplancton se dieron en cambio a la altura del Golfo de Guayaquil, con 50000 células.m⁻³, lugar donde floreció el zooplancton tanto en superficie como en profundidad, con 1800 y 2800 organismos.m⁻³, respectivamente. Siguió en abundancia de zooplancton la zona norte de la Isla San Cristóbal tanto en superficie como en aguas profundas.

(1) División de Investigaciones Básicas y Evaluación Ambiental - Instituto Nacional de Pesca. Letamendi 102 y la Ría.
P. Box 09-04-13151 - E mail, inp@inp.gov.ec, Guayaquil - Ecuador

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Pesca se encuentra desarrollando un plan de cruceros oceánicos con fines de evaluación pesquera y oceanográfica del mar ecuatoriano. En abril de 1995 se realizó un crucero de investigación a bordo del B/I TOHALLI con el principal objetivo de evaluar la pesca pelágica. Se colectó plancton en 13 estaciones para estudiar la abundancia y distribución de los primeros estadios de desarrollo de peces de interés comercial en relación con su hábitat.

La composición y abundancia del fitoplancton en áreas de afloramiento en las inmediaciones de las Islas Galápagos fueron investigadas por Jiménez (1978), Jiménez y Pesantes (1978) realizaron estudios de la biomasa fitoplanctónica y clorofila en el frente Ecuatorial. Hendey (1972), Grillini (1975) y Jiménez (1980) realizaron análisis sistemático del fitoplancton del mar adyacente a las Islas Galápagos. La región de las Islas Galápagos es conocida por su alta fertilidad y riqueza en fitoplancton y zooplancton, también conocida como una área importante para la pesca de atún García M. L. et al (1993).

Los trabajos de Cajas e Hinostroza (1981), García M. (1983), Garcia et al (1993), Garcia y Ochoa (1986), Luzuriaga de Cruz (1989), Luzuriaga de Cruz et al (1991), Ortega D. (1994), Villamar y Ortega (1991), han reportado áreas de abundancia y distribución del zooplancton y huevos y larvas de *Sardinops sagax, Etrumeus teres, Scomber japonicus, Opisthonema sp* y larvas de engráulidos en el mar ecuatoriano. Peribonio et al (1981) hicieron un estudio sobre las migraciones y distribución del zooplancton incluyendo áreas de desove de peces y variaciones nictemerales de las larvas de peces en el Golfo de Guayaquil, estableciendo que las larvas ascienden a la superficie en horas de la noche.

ÁREA DE ESTUDIO

El mar ecuatoriano desde Long. 81° 59' W hasta Long. 89° 20' W y desde Lat. 00° 01' N hasta Lat. 02° 59' S.

La temperatura superficial del mar durante el mes de abril de 1995, se encontró entre 22 y 24°C. Según De la Cuadra (1995), estas temperaturas darían anomalías de -2.5°C hacia el sudeste de la Isla San Cristóbal y -2.0°C frente al Golfo de Guayaquil. En los meridianos 83° y 89° W se habrían producido afloramientos que evidenciaban la intrusión de un pequeño porcentaje de aguas ecuatoriales subsuperficiales hacia la superficie. La salinidad y nutrientes tuvieron un alto promedio en las estaciones localizadas en las Islas Galápagos: salinidad, 35.0 ups., nitrato 15.6 [mM], silicato 13.1 [mM] y fosfato 1.3 [mM] (Pérez, E. et al. 1995).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se colectó muestras de plancton en 13 estaciones (Fig.1). Se utilizaron redes bongo con malla de 500 y 300 micras en arrastres oblicuos de 200 metros de profundidad. También se hicieron arrastres superficiales de plancton con redes de 200 y 55 micras. En las estaciones, 13, 14 y 15 se hicieron arrastres verticales a 50 metros de profundidad con red bongo de 300 micras. Las muestras fueron fijadas inmediatamente con formol neutralizado al 4%. En el laboratorio se procedió a la obtención de biomasa fito y zooplanctónica y a entresacar e identificar los huevos y larvas de peces colectados con malla de 500 micras, según recomendaciones de Smith y Richardson (1979) y de Frontier (1969). En la identificación de zooplancton y larvas de peces se utilizaron las claves de Ahlstrom (1969), Ahlstrom, E.H . & H. G.Moser (1980), Ayón (1993), Bé (1969), Beltrán (1992), Houde (1983), Miró (1971), Moser y Ahlstrom (1970), entre otros. Para la identificación de las distintas especies fitoplanctónicas se utilizaron los trabajos de: Jiménez (1977), Pesantes (1978), Hendey (1964), Peragallo (1908), Brunel (1962), Balech, Ferrando (1964).

RESULTADOS

FITOPLANCTON

El número de organismos fitoplanctónicos presentó igual patrón de distribución que la distribución superficial de zooplancton en el área de Galápagos, con máximos en el centro y extremos del área, La composición del fitoplancton revela un 63 % de diatomeas y 33 % de dinoflagelados en abril de 1995 (Gráfico 1).

Al este de las Islas Galápagos y en el meridiano 82°W - 83°W, se determinó un total de 67 especies de algas marinas. Del total de algas identificadas, 42 especies correspondieron a las Diatomeas, 2 a las Clorophytas, 1 a las Phaeophytas y 22 especies a los Dinoflagelados

La mayor diversidad de especies se dió en la estación 3 (42 especies), seguido por la estación 2P, 14, 5 y 4. La mayor abundancia de fitoplancton, más de 150000 cél. m^{-3} ocurrió al sur y noreste de las Islas Galápagos en las estaciones 3, 2, 7 y 10. El núcleo de concentración se localizó en la estación 3, con 180000 cél. m^{-3}. La abundancia de fitoplancton en el meridiano 83°W fue menor que en Galápagos, presentando su menor concentración a la altura del Golfo de Guayaquil, menos de 50000 cél.m^{-3}. (Fig. 2).

Las Diatomeas que presentaron mayor densidad al norte del área de estudio fueron: *Planktoniella sol* (45000 cél.m^{-3}), *Chaetoceros lorenzianus* (26160 cél.m^{-3}), *Asteromphalus heptatis* (11369 cél.m^{-3}) y *Coscinodiscus excentricus* (10692 cél.m^{-3}) en la estación 10 y *Nitzschia sp.* (24697 cél. m^{-3}) en la estación 7.

Al sur del área de estudio donde se presentó la mayor concentración del fitoplancton total, las especies más abundantes fueron: *Rhizosolenia styliformis* (54600 cél. m^{-3}), *R. alata* (24342 cél. m^{-3}) y *Chaetoceros convolutus* (20232 cél. m^{-3}) en la estación 2 y *Nitzschia sp.* (19890 cél. m^{-3}) y *Planktoniella sol* (15444 cél. m^{-3}) en la estación 3.

Las especies que se presentaron en mayor densidad en el meridiano 83°W - 82°W fueron: *Rhizosolenia styliformis* (48877 cél. m^{-3}), *R. alata* (38219 cél. m^{-3}) y *Nitzschia sp.* (34839 cél. m^{-3}).

La población de Dinoflagelados por estación de muestreo fue relativamente baja, se observó una mayor densidad hacia el noreste de las Islas Galápagos, estación 10 con 36462 cél. m^{-3}, y una mínima en la estación 14 con 2790 cél. m^{-3}. Entre los Dinoflagelados, las especies de mayor densidad fueron: *Ceratium tripos* con su máxima concentración, 28655 cél. m^{-3}, en la estación 10, *Protoperidinium divergens* con su máxima concentración, 6819 cél. m^{-3}, en la estación 2 y *Ceratium furca* con mayor densidad al sureste de las islas Galápagos, 2269 cél. m^{-3}, tambien en la estación 2

ZOOPLANCTON

En aguas superficiales el zooplancton presentó una densidad promedio de 1636 org.m^{-3}, en las estaciones extremas 10 y 2 y en la estación 5. Menores densidades se observaron en las estaciones 1, 3, 4 y 7, correspondiendo el número más bajo de organismos a esta última estación, con 440 org.m^{-3}. En la estación 15 ubicada en el meridiano 82° a la altura del Golfo de Guayaquil, la cantidad de organismos zooplanctónicos alcanzó 1800 org.m^{-3}.

En aguas profundas, la mayor cantidad de organismos zooplanctónicos, entre 1200 y 2800 organismos.m^{-3}, se los encontró en las estaciones situadas en el meridiano 83°W, principalmente a la altura del Golfo. Igual concentración se encontró al norte del área muestreada en Galápagos, en las estaciones 7 y 10, disminuyendo hacia el sur a 61 org.m^{-3} en la estación 1. (Fig.3).

En general, se encontró un total de 19 y 38 grupos zooplanctónicos, tanto en aguas superficiales como en aguas profundas, respectivamente. De éstos, los copépodos fueron los mas abundantes con el 90 % y 52 % de la población total, seguidos por los apendicularia, foraminíferos, eufásidos y quetognatos. (Gráfico 2). Los huevos y larvas de peces colectados en los arrastres oblicuos correspondieron a menos del 1% del total de organismos.

A continuación nos referiremos a los siguientes grupos encontrados en los arrastres oblicuos de plancton:

Los copépodos presentaron la máxima concentración a la altura del Golfo de Guayaquil, 1846 org.m^{-3}, disminuyendo hacia el norte del meridiano 83° W a 392 org.m^{-3}. Al este de las Islas Galápagos la distribución de estos organismos aumentó de sureste a norte , de 40 a 800 org.m^{-3} , desde la estación 1 a las estaciones 7 y 10.

Los quetognatos presentaron la mayor abundancia, más de 70 org.m^{-3}, frente al Golfo de Guayaquil y en el extremo norte del área muestreada en Galápagos; la menor cantidad de quetognatos, 2 org.m^{-3}, se encontró en el extremo sureste del área de Galápagos, en la estación 1,

Los eufásidos también presentaron el mayor número de organismos en el meridiano 82° W, frente al Golfo de Guayaquil, 231 org.m^{-3}, mientras que al este de las Islas Galápagos la abundancia de los eufásidos presentó el mismo patrón de distribución que los grupos anteriores, disminuyendo de norte a sur, 47 org.m^{-3} en la estación 10 a 2 org.m^{-3} en la estación 1.

Los foraminíferos planctónicos es otro grupo importante de destacar dentro del zooplancton, el mayor número de individuos se halló en las estaciones 7 y 12, entre 115 y 160 org.m^{-3}. Se identificaron las siguientes especies: *Globigerina bulloides, Globoquadrina dutertrei, Globigerinoides ruber, G. sacculifer, Globorotalia menardii, Globigerinita glutinata, Globigerinella aequilateralis, Hastigerina pelágica.* Las especies dominantes fueron *G. bulloides* y *G. dutertrei.*, especialmente en las estaciones 7 y 15, localizadas en el sur de la Isla San Cristóbal y frente al Golfo de Guayaquil.

HUEVOS DE PECES

La mayor cantidad de huevos de peces se encontró en la estación de pesca 1P, al sur de la Isla San Cristóbal, con más de 5000 huevos $(10m^2)^{-1}$ y en la estación 4, con 1394 huevos$(10m^2)^{-1}$. La menor cantidad de huevos se encontró en las estaciones 7 y 14, con 109 y 76 huevos $(10m^2)^{-1}$, respectivamente. (Fig.4).

Se identificaron huevos de peces pertenecientes a las siguientes familias: CLUPEIDAE (17% del total), ENGRAULIDAE (1%), SCOMBRIDAE (6%), GONOSTOMATIDAE (10%), BATHYLAGIDAE (6%).

Dentro de la familia CLUPEIDAE y SCOMBRIDAE, no se encontraron huevos de *Sardinops sagax,* tan sólo se encontraron huevos de *Scomber japonicus* en la estación 5, con 14 huevos $(10m^2)^{-1}$. Huevos de otros scómbridos se encontraron también en las estaciones 1, 1P, 12 y 13, entre 16 y 47 huevos $(10m^2)^{-1}$. En la estación 12, se encontraron 194 huevos de scómbridos $(10m^2)^{-1}$. Huevos de otros clupeidos, menos de 100 huevos $(10m^2)^{-1}$, se encontraron en todas las estaciones. En las estaciones 10 y 12 se encontraron 549 y 108 huevos de clupeidos

$(10m^2)^{-1}$, respectivamente. Huevos de engráulidos, 41 y 7 huevos $(10m^2)^{-1}$, se encontraron en las estaciones 4 y 13, respectivamente.

LARVAS DE PECES

Se encontraron entre 76 y 1042 larvas$(10m^2)^{-1}$, correspondiendo el menor valor a la estación 13 (meridiano 83°W) y el mayor valor a la estación 10 (Islas Galápagos). (Fig. 4).

Se identificaron larvas pertenecientes a 17 familias: ARGENTINIDAE, BATHYLAGIDAE, BOTHIDAE, CARANGIDAE, CYNOGLOSSIDAE, CLUPEIDAE, ENGRAULIDAE, GONOSTOMATIDAE, GOBIIDAE, GEMPYLIDAE, MYCTOPHIDAE, PARALICHTHYIDAE, PARALEPIDIDAE, SCORPAENIDAE, STOMIATIDAE, STERNOPTYCHIDAE y SCOMBRIDAE. Las larvas más abundantes fueron las de las familias MYCTOPHIDAE (39.5% del total de larvas) Y GONOSTOMATIDAE (22.2%). Siguieron en orden de abundancia, las familias PARALEPIDIDAE, CLUPEIDAE, STERNOPTYCHIDAE, ENGRAULIDAE y SCOMBRIDAE.

En la familia MYCTOPHIDAE se distinguieron los géneros *Diogenichthys, Benthosema, Hygophum, Diaphus, Myctophum.* El mayor número de larvas pertenecientes a esta familia, más de 400 larvas.$(10\ m^2)^{-1}$, se encontró al norte del área de muestreo, en las estaciones 12 (Long. 83° W) y estación 10 (Islas Galápagos). Las especies mas abundantes en estas estaciones pertenecieron al género *Diogenichthys*. Este género fué frecuente en todo el mar durante el mes de abril de 1995. El menor número de myctófidos, 7 larvas.$(10\ m^2)^{-1}$, se halló en la estación 13. *Benthosema panamense* fué hallada en las estaciones 3 y 12, entre 7 y 32 larvas.$(10\ m^2)^{-1}$, respectivamente. (Fig. 6).

En la familia GONOSTOMATIDAE, las especies mas frecuentes pertenecieron al género *Vicinguerria*, con mayor número, entre 101 y 300 larvas$(10\ m^2)^{-1}$ en las estaciones 3, 10 y 12. (Fig. 6).

En la familia CLUPEIDAE se distinguieron larvas de *Sardinops* sagax en las estaciones 3, 5 y 7, con 49, 19 y 33 larvas.$(10\ m^2)^{-1}$, respectivamente. Otros clupeidos se reportaron en las estaciones 12 y 1P. (Fig. 5).

Fueron escasas las larvas pertenecientes a la familia ENGRAULIDAE, se las encontró en las estaciones situadas al este de las Islas Galápagos, estaciones 3, 10 y 1P, el mayor número de larvas, 78 larvas.$(10\ m^2)^{-1}$, se encontró en la estación 10. (Fig. 5).

En la familia SCOMBRIDAE se encontraron valores entre 8 y 32 larvas.$(10\ m^2)^{-1}$, correspondiendo el mayor valor a la estación 12. El género *Thunnus* se encontró en la estación 15, frente al Golfo de Guayaquil, con 25 larvas.$(10\ m^2)^{-1}$.

El resto de larvas pertenecientes a otras familias de peces se encontraron en cantidades menores a 100 larvas.$(10\ m^2)^{-1}$ en las diferentes estaciones.

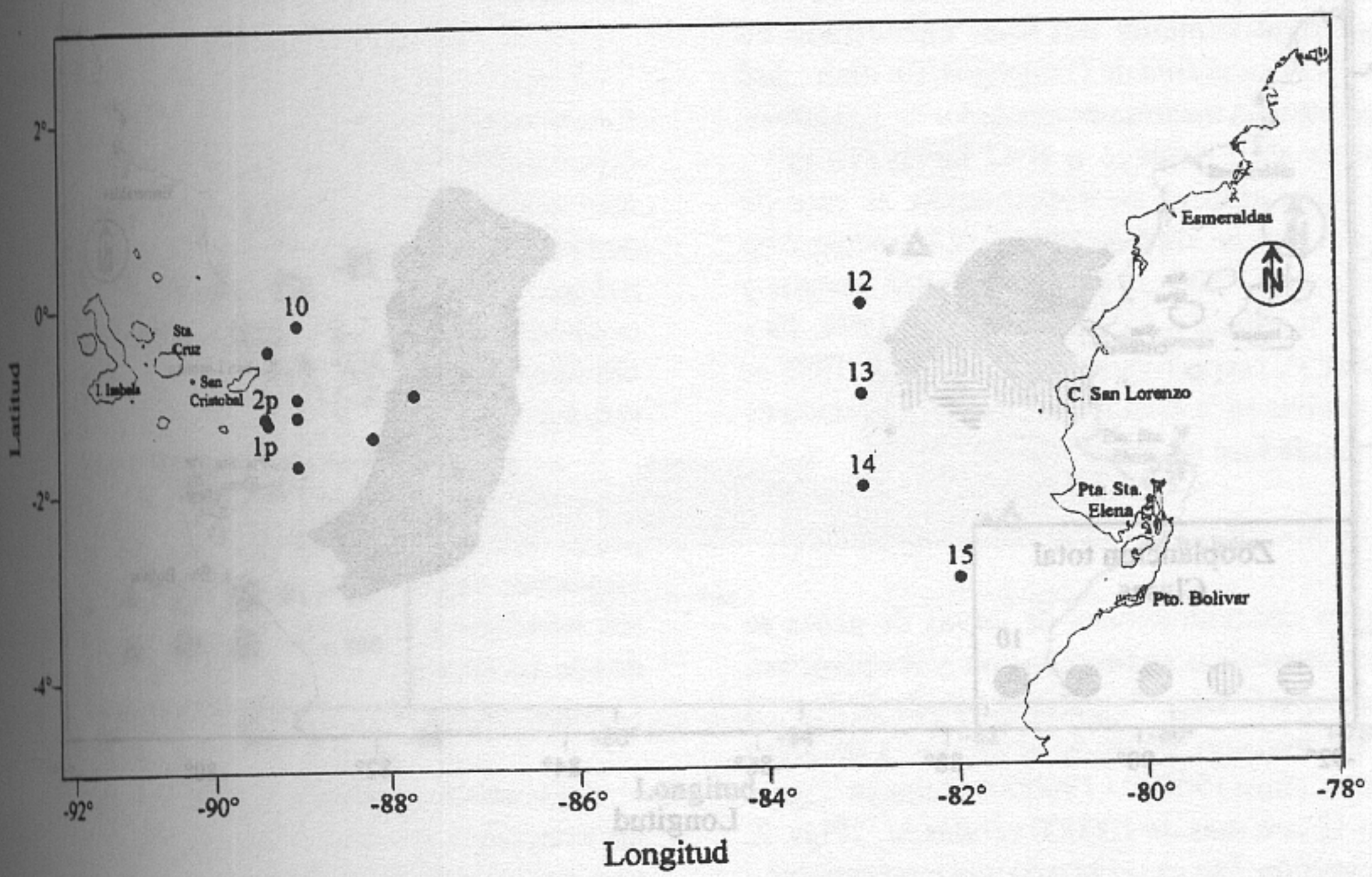


Fig. 1. Derrotero de las estaciones del Crucero Oceanográfico Pelágico T95-04-01, abril 1995

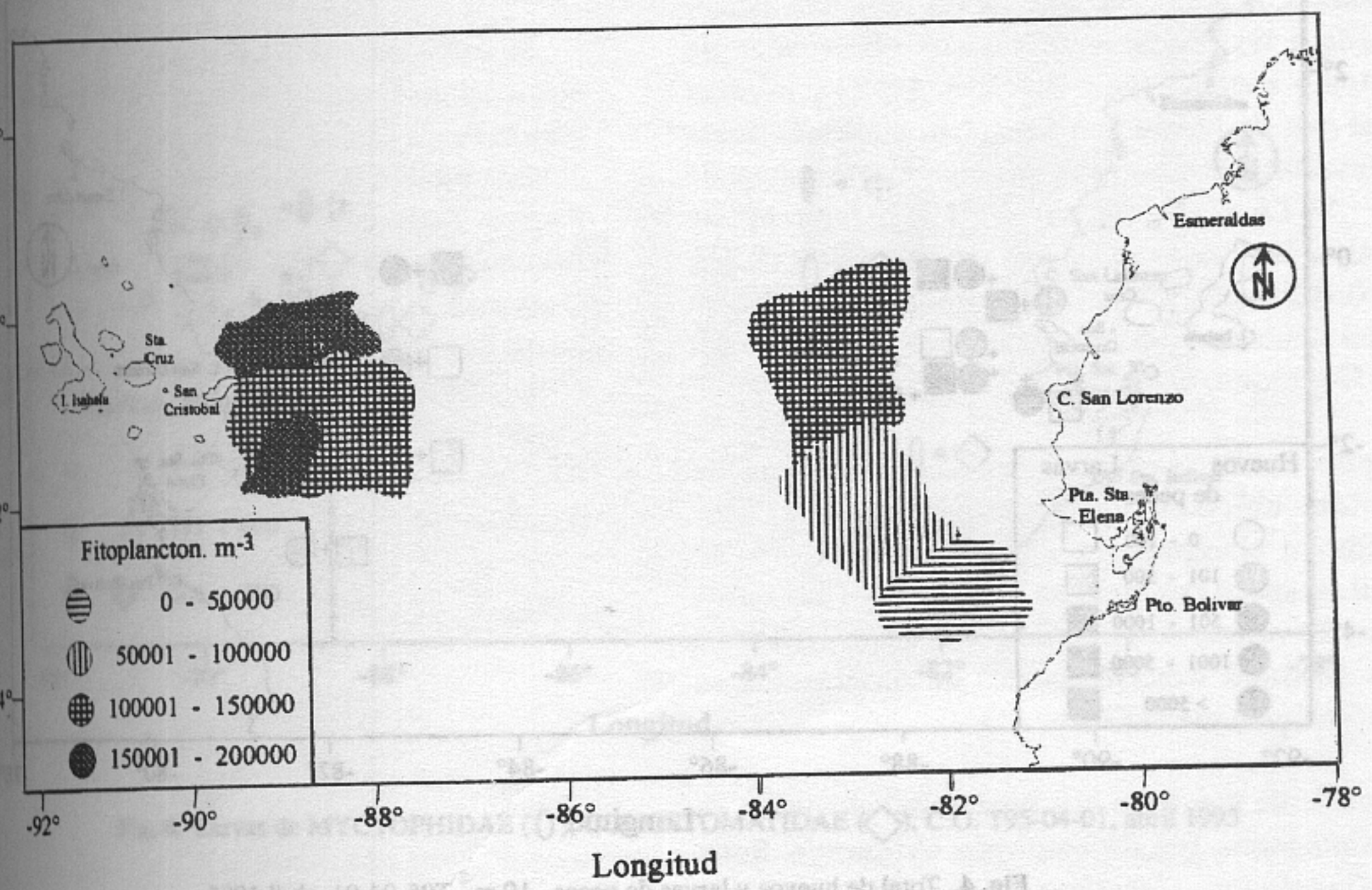


Fig.2. Total de algas fitoplanctónicas m^{-3}, C.O. T95-04-01, abril 1995

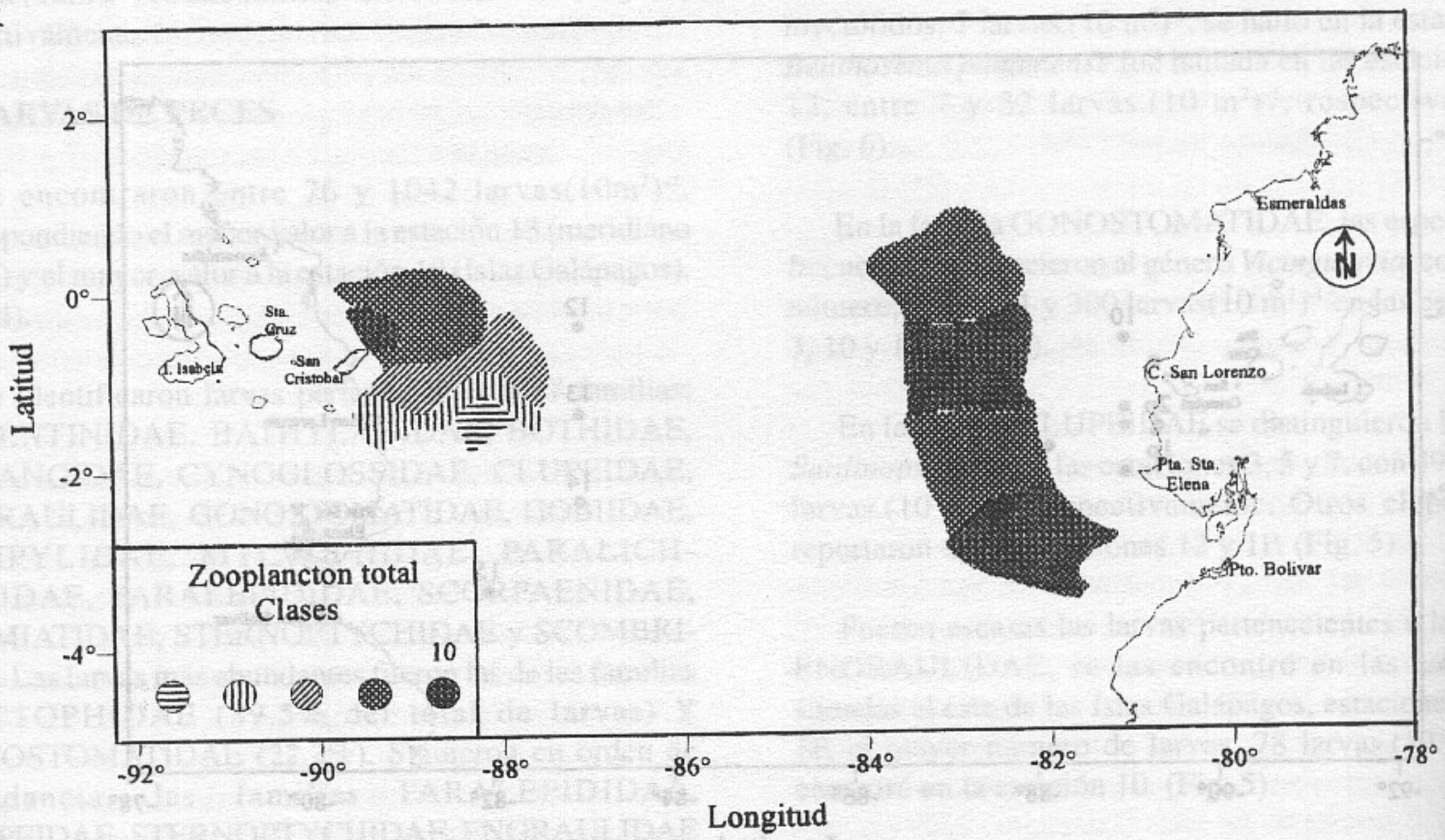


Fig. 3. Total de organismos zooplanctónicos, (Clases según Frontier, 1969) C.O. T95-04-01, abril 1995

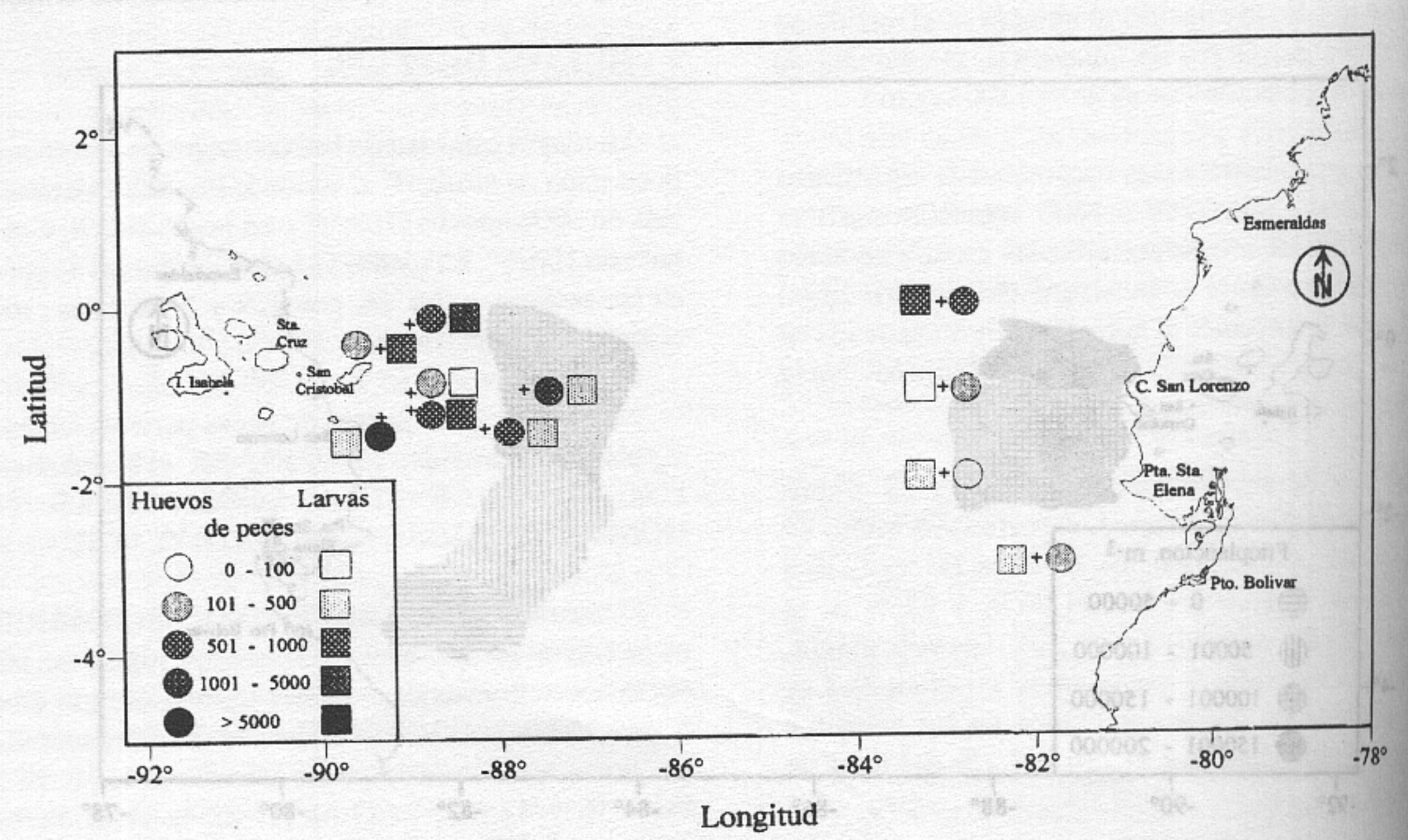


Fig. 4. Total de huevos y larvas de peces. 10 m^{-2} T95-04-01. abril 1995

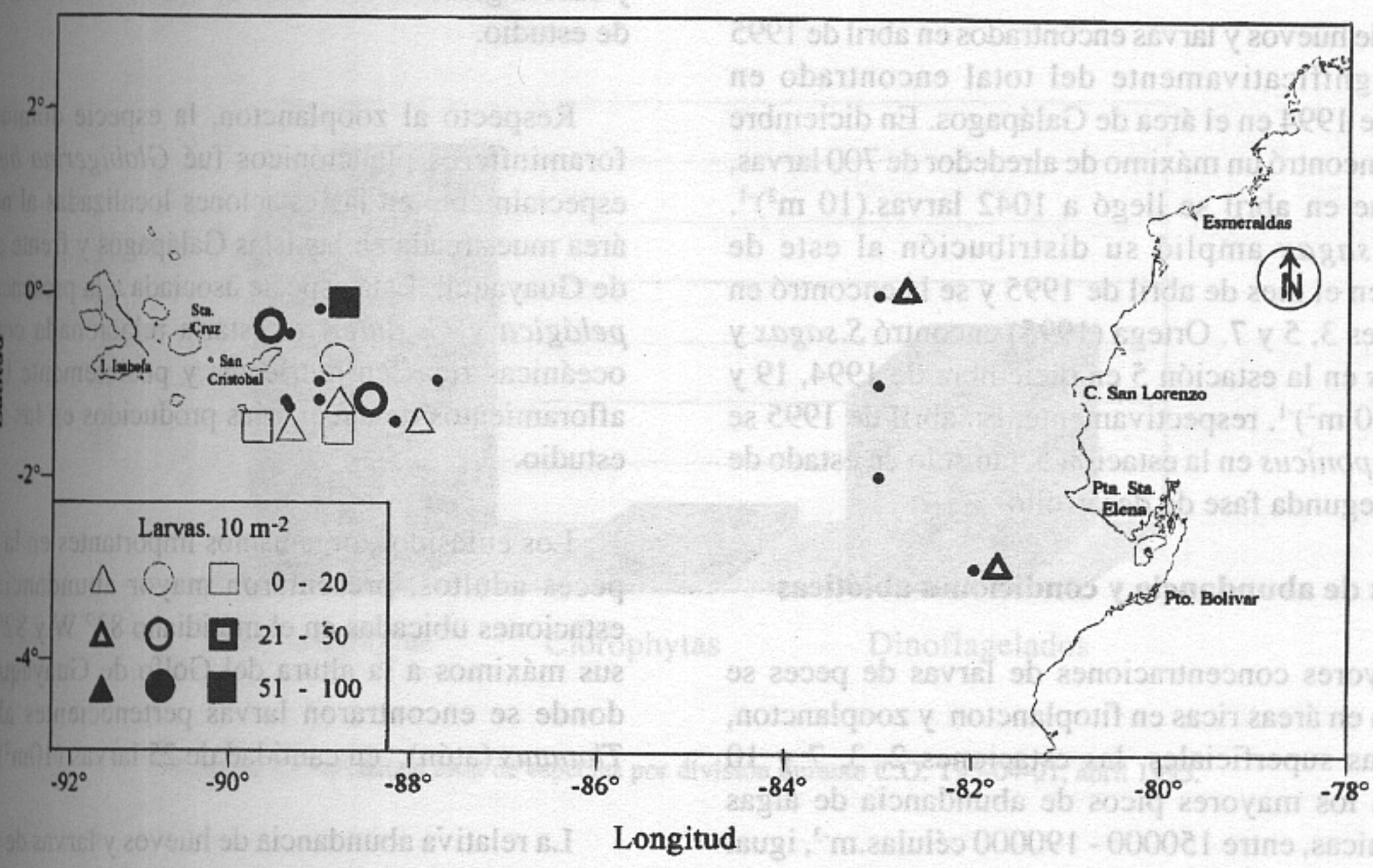


Fig. 5. Larvas de SCOMBRIDAE (Δ), S, sagax (○), ENGRAULIDAE (□), C.O. T95-04-01, abril 1995

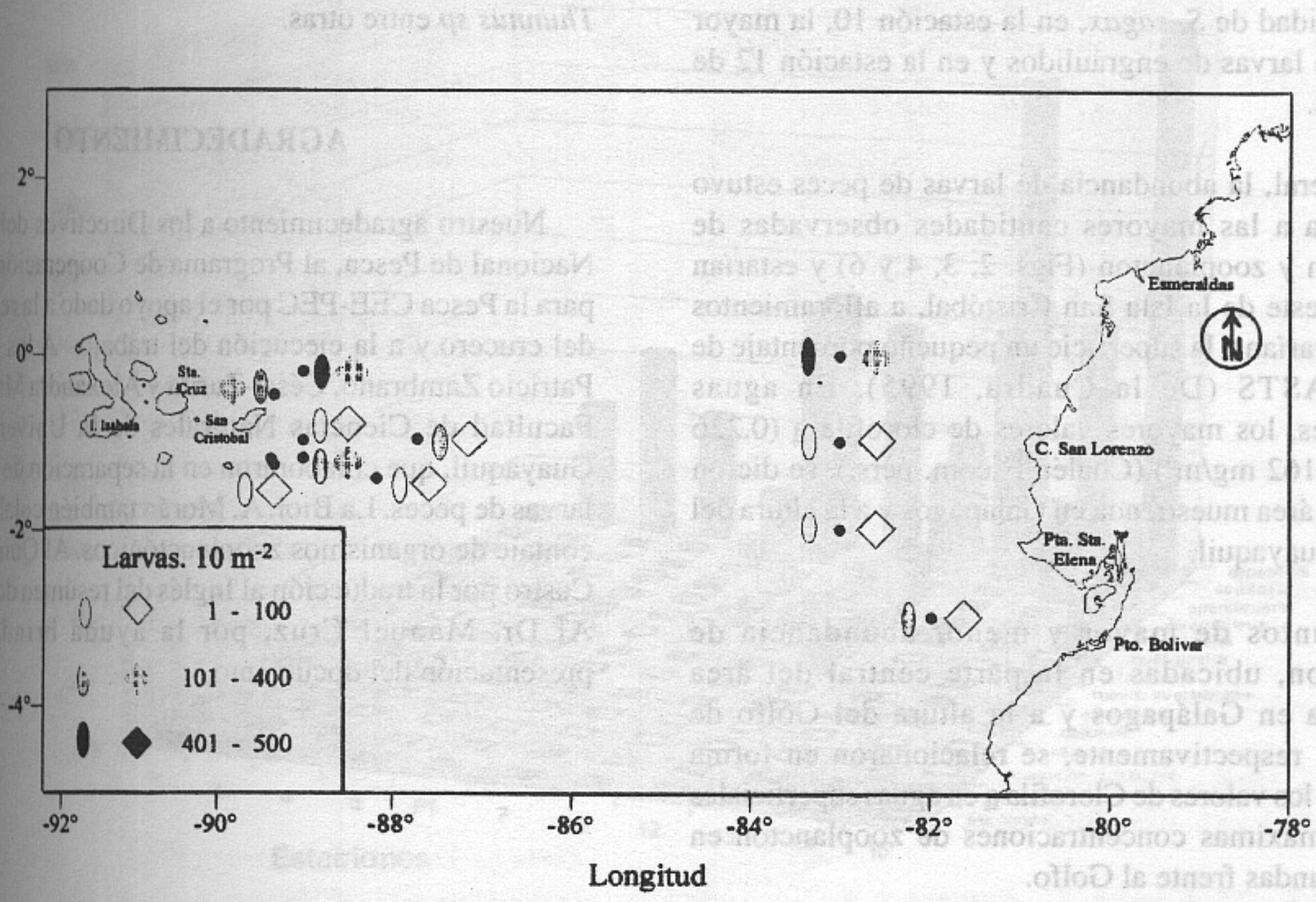


Fig. 6. Larvas de MYCTOPHIDAE (0), GONOSTOMATIDAE (◇), C.O. T95-04-01, abril 1995

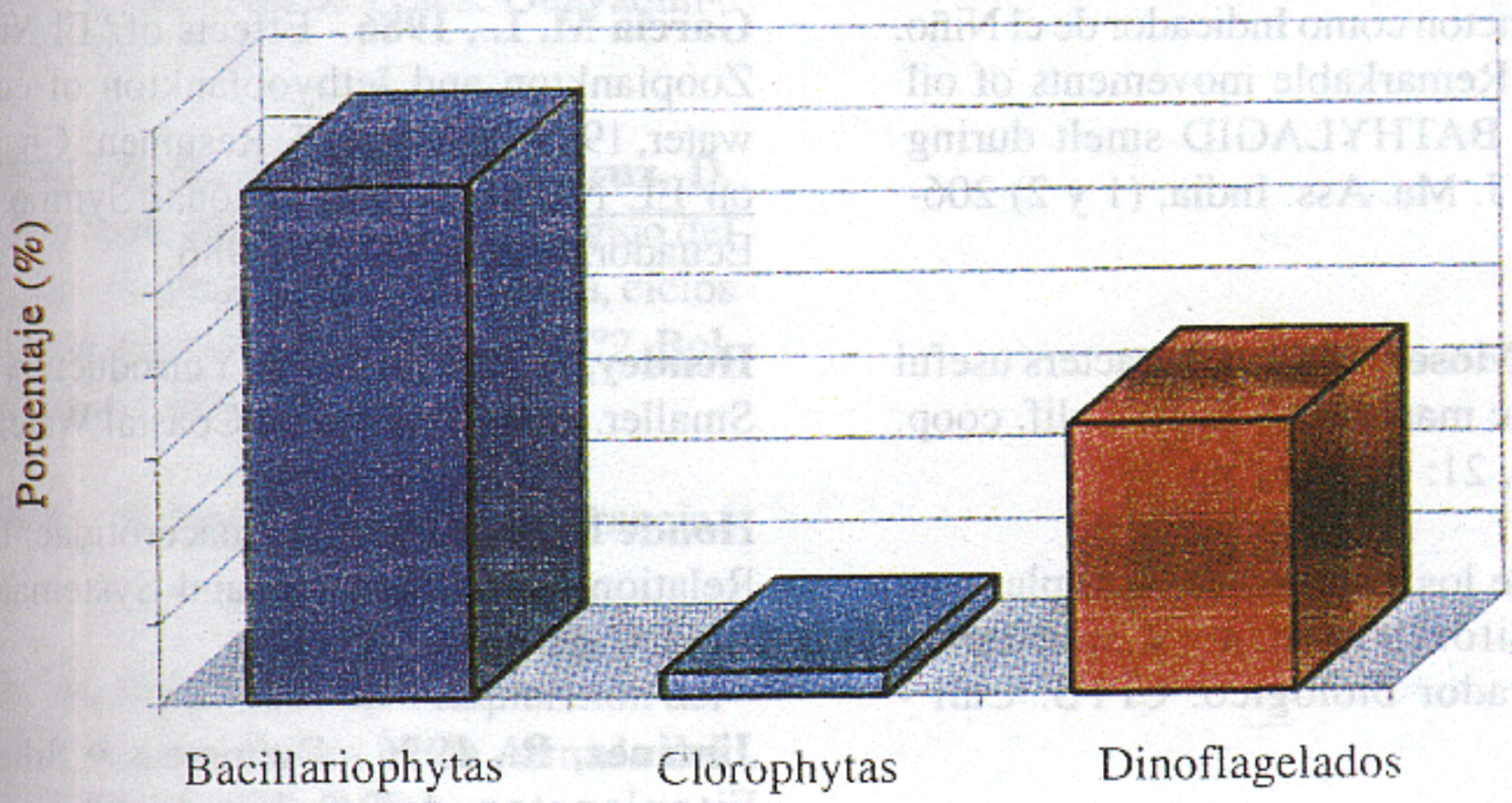


Gráfico 1.- Porcentaje total de especies por división durante C.O. T95-04-01, abril 1995.

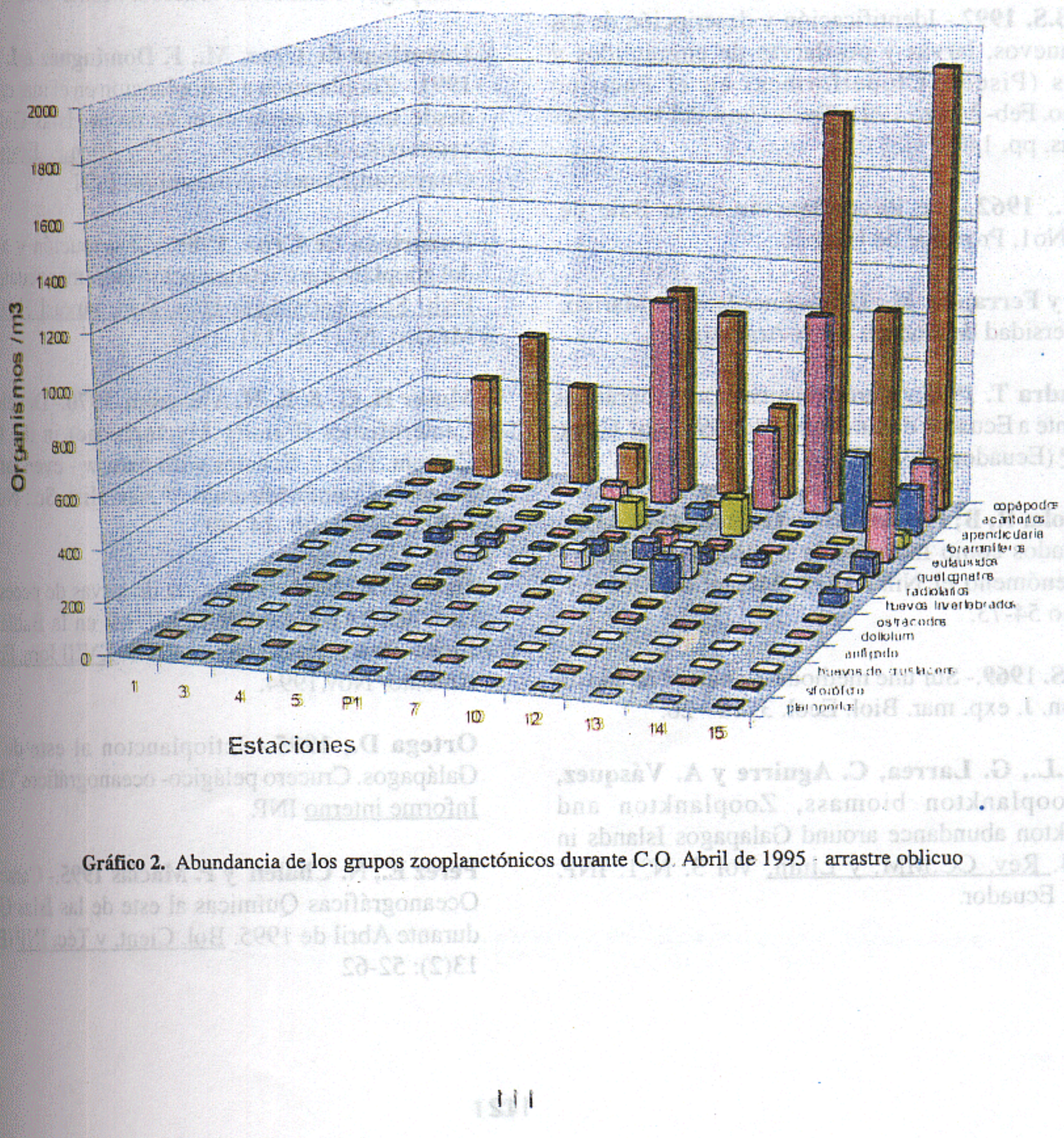


Gráfico 2. Abundancia de los grupos zooplanctónicos durante C.O. Abril de 1995 - arrastre oblicuo

VARIABILIDAD ANUAL DEL FITOPLANCTON MARINO EN ÁREAS COSTERAS DE LA LIBERTAD Y MANTA (ECUADOR), SU INTER-RELACIÓN CON EVENTOS EL NIÑO*

POR :
GLADYS TORRES - ZAMBRANO (1)

ABSTRACT

This paper describes the phytoplankton biomass composition and distribution (Cell/l) in the surface and subsurface levels, its seasonaly variability in two coastal station (ten miles offshore) in the south-eastern Pacific Ocean: Manta (1991 to 1997) with two event El Niño (91-92; 1997); and La Libertad (1994 to 1997) with a event El Niño 1997. In this time its registered a could event during 1996 year.

*The highest concentration of phytoplankton >5x10 cell/l, its was present with the seasonal changes during winter to summer (april to may), and summer (jun, july, august, september and october), its relatioship with the termoclina position of 22-23°C. The less densities in this areas were present between the El Niño 1991-1992, to end 1995 and 1997 events. The phytoplankton was more representative neritic organisms to as **Nitzschias, Chaetoceros, Rhizosolenias, Gymnodinium spp.** and **Oxytoxum spp., Mesodinium rubrum**, and microflagellates. This annual sucetion of species its no registered staid with factors environment.*

In relationship of phytoplankton abundance during this study in Manta and La Libertad, registered different compositions: 1) Less Phytoplankton biomass before El Niño 1991-1992; 2) Highest Phytoplankton biomass before El Niño 1997.

RESUMEN

Se describe la distribución de la biomasa fitoplanctónica (cel/l) a nivel superficial y subsuperficial, su variabilidad espacio-temporal en las estaciones fijas costeras (10 millas de la costa): en Manta (1991 a 1997), con dos eventos cálidos de El Niño 91-92 y 97; y en La Libertad (1994 a 1997) con un evento cálido en 1997, Periodos en que registraron un evento frío durante 1996.

*Las máximas concentraciones del fitoplancton > $5x10^3$ cel/l, se evidenciaron durante el cambio estacional de invierno a verano (abril-mayo) y durante el verano (junio, julio, agosto, septiembre y octubre), localizadas entre los 0-20m de profundidad, con excepciones se profundizaron entre los 30-50m. Las mayores concentraciones estuvieron relacionadas directamente con la posición de la termoclina de 22-23°C. Las menores concentraciones se evidenciaron durante los eventos anómalos de El Niño 1991, 1992, a finales de 1995-1997. El componente fitoplanctónico estuvo representado por especies neríticas, principalmente con el grupo de **Nitzschias, Chaetoceros, Rhizosolenias, Gymnodinium spp** y **Oxytoxum spp., Mesodinium rubrum** y microflagelados. La sucesión anual de especies no presenta un patrón de frecuencia bien definido.*

En relación a la concentración del fitoplancton durante este estudio en Manta y La Libertad, registraron diferentes comportamientos anuales: 1) Biomasa fitoplanctónica disminuida antes de Niño 1991-1992; 2) Biomasa fitoplanctónica abundante antes de Niño 1997-1998, debido a las condiciones frías de 1996.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) Av. 25 de Julio Base Naval Sur, Casilla 5940. E-mail: inocar@inocar.mil.ec. Guayaquil-Ecuador
*Presentado en las XXI Jornadas Nacionales de Biología, Guayaquil, noviembre - 1997

INTRODUCCIÓN

Existe escasa información sobre la distribución espacio temporal del fitoplancton en el mar ecuatoriano, los primeros estudios fueron enunciados por Cajas (1966), sobre el estudio sistemático ecológico de la Familia Soleniaceae del Golfo de Guayaquil durante 1962-63. Jiménez (1975), inicia los estudios de ciclos estacionales del fitoplancton y su interrelación con factores primarios durante noviembre/1972 a septiembre 1973 en el Golfo de Guayaquil.

El Programa ERFEN-INOCAR-ECUADOR, inició monitoreos mensuales costeros (10 millas costa afuera) en La Libertad desde diciembre 1988 y en Manta desde agosto 1991, sobre los primeros niveles tróficos fitoplancton y zooplancton, información que ha sido expuesta en las Reuniones CPPS-ERFEN. Existiendo las publicaciones de Bonilla (1990), describe la distribución de los principales grupos del zooplancton durante 1989; Torres (1996), detalla la distribución de la densidad fitoplanctónica cuantitativa durante1989-1993, en La Libertad.

La distribución del plancton marino costero, esta regulada por las condiciones estacionales influenciadas directamente por la posición del Frente Ecuatorial (Jiménez y Bonilla, 1980; Torres 1996), zonas de convergencia intertropical, disponibilidad nutricional por las cercanías de los afloramientos costeros peruanos del sur y el Golfo de Guayaquil y el encuentro de las masas de agua cálidas provenientes del norte de la cuenca panámica (Wooster,1959; Smayda, 1978), y aguas oceánicas del oeste mediante las ondas Kelvin (Zambrano, 1998).

En este artículo, se describen los resultados anuales de la biomasa fitoplanctónica cuantitativa (primer nivel trófico), períodos de mayor densidad fitoplanctónica anual en dos estaciones fijas de Manta (1991-1997), La Libertad (1994-1997) y su inter-relación en condiciones frías de 1996 y eventos cálidos El Niño en 91-92 y 97.

ÁREA DE ESTUDIO

La posición geográfica marítima de La Libertad y Manta situada a 10 millas de la costa (Fig. 1), es influenciada por diferentes corrientes marinas del Oceáno Pacífico Sureste, las masas de aguas cálido-tropicales superficiales provenientes del norte con temperaturas mayores de 25°C, comienzan a fines de diciembre hasta abril asociados a un período de lluvias (invierno); del sur ingresan masas de aguas frías de la corriente costera peruana coincidente con un fuerte período dominante de los alisios SE desde mayo hasta diciembre (verano), son los principales factores que provocan una variabilidad estacional (verano e invierno) y anual durante eventos El Niño (Moreano 1983). Estos eventos sumados a los cambios climatológicos globales provocarían microclimas locales en las costas de Ecuador y Perú con efectos positivos y negativos en la productividad biológica (Barber y Chavéz 1983).

Bayot y Cornejo-Rodríguez (1996), mencionan que la circulación costera de La Libertad está retribuída con ondas energéticas propagadas continuamente desde áreas oceánicas, con diferentes periodicidades (40-60 días; 6.8 a 7.5 días, 14.5 días) sugeriendo la presencia de las ondas Kelvin y ondas Rossby gravedad (local), registradas durante 1985 a 1988. En la circulación costera de Manta, Cardín y Cornejo (1990), observaron vientos con periodicidades de 35-70 días, con valores mínimos en abril, con un ascenso en Noviembre y descienden para los otros meses, estas fluctuaciones podrían estar contaminadas por procesos diarios de flujos de aire prococada por fenómenos locales

Zambrano (1998), describe la estructura térmica mensual-anual desde 1990-1997 en La Libertad, determinó que la termoclina de 20°C representa su relación con la estructura térmica del Pacífico sureste, con un comportamiento similar durante eventos ENOS de 1991-92 y 1997, así como durante las fases frías de 1996. Además, manifiesta que durante un episodio ENOS la costa del Ecuador es frecuentada por ondas ecuatoriales internas Kelvin.

En La Libertad y Manta, la distribución de masas de aguas son descritas en Valencia y Rodríguez (1996), mencionan que las aguas ecuatoriales superficiales (AES) se presentan casi todo el año, con dominancia y profundización en la época lluviosa, mientras que las aguas costeras peruanas (ACP) se presentaron a nivel subsuperficial durante todo el año con tendencia a aflorar en febrero, abril, agosto y septiembre durante 1989-1995, las aguas tropicales superficiales (ATS) se presentaron en los meses cálidos.

METODOLOGÍA

Se colectaron muestras mensuales y quincenales a 10 millas de la costa de La Libertad y Manta (Fig.1), con botellas Van Dorn (de 5 L), entre las 11:00 y 14:00 horas. Submuestras de 200 ml. de 7 niveles de profundidad (0-10-20-30-40-50-75), fueron fijadas con una solución de yodo=lugol (método de Uthermohl). Para el análisis se utilizó un microscopio invertido ZEISS, con cubetas de 25cc. para sedimentación con un tiempo no menor a 24 horas. El recuento se efectuó recorriendo1cm de la superficie de la cámara basal con 40x de aumento, posteriormente se realizaron los cálculos para obtener resultados en células/litro.

Para la sistemática del fitoplancton, las células se identificaron a nivel de género, siempre que fue posible

se identificaron a nivel de especie. Pequeños organismos flagelados no se identificaron y fueron designados como microflagelados. Algunas especies presentaron problemas en su identificación como *Oscillatoria* spp, flagelados de varias especies de *Gymnodinium* se las agrupo como *Gymnodinium spp*. Adicionalmente se anotaron los silicoflagelados, y tintínnidos. Los textos utilizados son: Jiménez (1983), Pesantes (1983), Zambrano (1993), autores que han investigado las especies del Golfo de Guayaquil y otros textos.

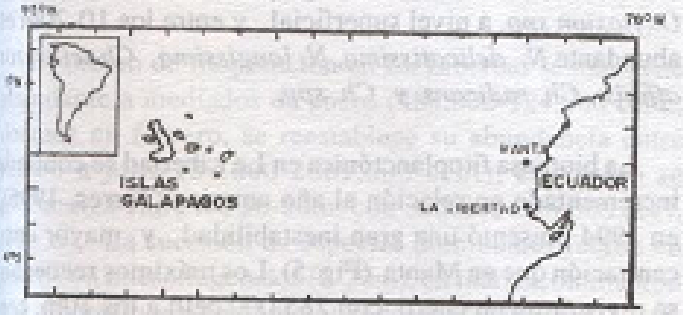


Figura 1.- Posición de las estaciones fijas de Manta y La Libertad

RESULTADOS

DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL ANUAL

La distribución anual de la biomasa fitoplanctónica superficial en La Libertad y Manta (Fig. 2), durante El Niño (EN) 1991-1992 evidenciaron bajas concentraciones del fitoplancton, y EN 1997 las menores concentraciones se reflejaron en La Libertad. Se registraron períodos de abundancia intercalados con períodos de menor concentración, posiblemente coincidentes con las periodicidades de las ondas kelvin – Rossby (Bayot y Cornejo-Rodríguez ,1996, y Cardín y Cornejo-Rodríguez, 1990).

En Manta 1992, se registraron concentraciones entre 162.578-174.359 cel/l. en enero-febrero y noviembre. En 1993, se registró la mayor concentración de 3845.318 cel/l.en ambas localidades en abril, un segundo pico (605.394cel/l.) en septiembre (Manta). En Manta/94, la máxima concentración se registró entre junio y agosto (431.185-121.799 cel/l), coincidente con un ascenso de la isoterma de 22°C. En La Libertad/94, en marzo presentó un primer pico de 690.366 cel/l., un segundo nucléo de mayor concentración desde junio a mediados de octubre (1112.126-1811.917 cel/l) en ambas localidades.

Para 1995, las mayores concentraciones se registraron en La Libertad y de menor concentración en Manta, con ligeros repuntes en marzo, abril, mayo entre 551.351-2068.744 cel/l. en La Libertad; en Manta presentó un patrón diferente, con un máximo en abril con 501.874 cel/l. En 1996 la biomasa fitoplanctónica fue extraordinariamente abundante en relación al período de estudio en ambas localidades, coincidente con un período frío en la costa ecuatoriana (Zambrano, 1998). El alto flujo energético del fitoplancton registrado desde 1996 se mantiene hasta octubre/97, a pesar del incremento de temperatura desde 22°C a 28°C. En noviembre y diciembre/97 disminuye la biomasa fitoplanctónica

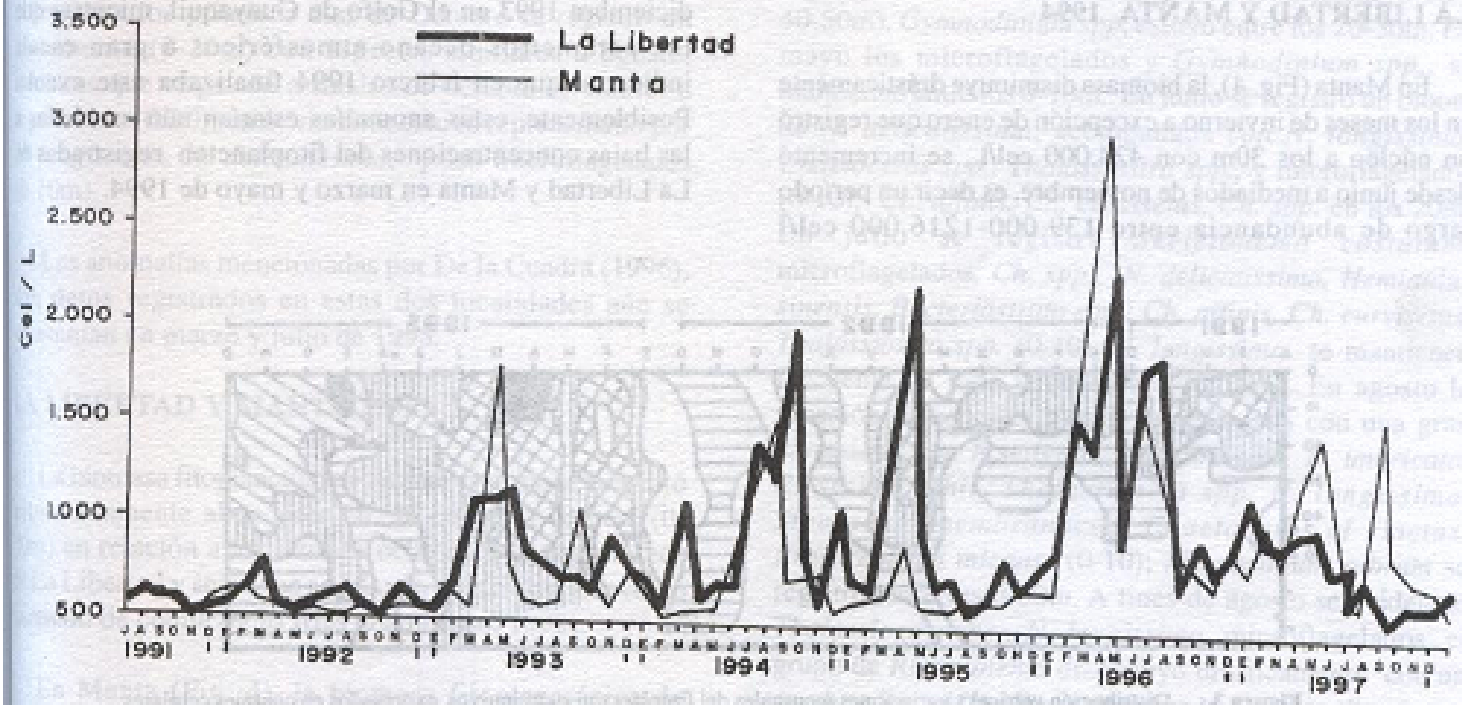


Figura 2.- Distribución superficial anual del fitoplancton (Cel/l) en La Libertad y Manta

DISTRIBUCIÓN VERTICAL ANUAL – MANTA, 1991-1993

En la Fig. 3, se presenta la densidad vertical del fitoplancton desde 1991-1993. Durante **1991** la biomasa fitoplanctónica es escasa (7.00-266.000cel/l.) en toda la columna de agua, con ligeros incrementos (10m) para septiembre y octubre con la presencia de *Oxytoxum spp., Nitzschia spp., Chaetoceros spp.* y *Leptocylindrus danicus.* Para **1992**, el fitoplancton continúa pobre con un ligero incremento (249.238 cel/l. en junio (20m), con *Chaetoceros spp., Hemiaulus sinensis, Nitzschia spp., Rhizosolenia spp.* coincidente con un ligero afloramiento de ACP (Valencia y Rodríguez, 1996), extendiéndose hasta Tumaco-Colombia, evidenciando aguas ricas en nutrientes y diatomeas, posiblemente originados por un desplazamiento inusual de ZCIT en abril y julio/93 (Susunaga y Gómez, 1995). En febrero de 1993 se nota una recuperación de la biomasa (10, 20, 40 y 50m) entre 428.828-490.089 cel/l., formados principalemente con *Nitzschia delicatissima, Gymnodinium spp., Skeletonema costatum* y microflagelados; otro incremento en abril-mayo coincidente con el cambio estacional de invierno a verano con la reaparición *de L. danicus, Nitzschia longissima, Chaetoceros spp.*,y otras especies neríticas como *Chaetoceros curvisetus, R. stolterfothii, R. imbricata*; en septiembre y octubre se mantiene presente *R. stolterfothii*, asociada a una abundancia de microflagelados, en diciembre predominaron los microflagelados y *Gymnodinium spp.*, los meses restantes presentaron condiciones anómalas en las concentraciones del fitoplancton, debido a la disminución de la biomasa especialmente en junio, julio y agosto, debido a la profundización de AES y la presencia de aguas tropicales superficiales (Valencia y Rodríguez, 1996).

LA LIBERTAD Y MANTA 1994

En Manta (Fig. 4), la biomasa disminuye drásticamente en los meses de invierno a excepción de enero que registró un núcleo a los 30m con 424.000 cel/l., se incrementó desde junio a mediados de noviembre, es decir un período largo de abundancia entre 139.000-1216.000 cel/l (0-30m). La sucesión de especies desde enero fueron *Rhizosolenia stoltherfothii, N. pungens, R, delicatula* y *N. longissima; R. stoltherfothii* aflora en junio con el predominio de *Hemiaulus sinensis, L. danicus* y *Chaetoceros spp.*, para agosto hay un cambio sucesional con un incremento de microflagelados y *N. longissima*, para septiembre *con N. longissima, Gymnodinium spp, Oxytoxum spp*, y reaparece *R. stoltherfothii*, en Noviembre asociada con microflagelados, *R. alata var curvirrostris* y *Gymnodinium spp.* y a finales de este mes predomina *R. alata var curvirrostris, N. longissima*, microflagelados y *Oxytoxum spp.* a nivel superficial, y entre los 10-20m es abundante *N. delicatissima, N. longissima, Chaetoceros affinis, Ch. radicans y Ch. spp.*

La biomasa fitoplanctónica en La Libertad se continúa incrementado en relación al año anterior (Torres, 1996), en 1994 presentó una gran inestabilidad y mayor concentración que en Manta (Fig. 5). Los máximos recuentos se registraron en enero con 285.000 cel/l a los 10m. con la reaparición de *R. stolterfothii*; a mediados de marzo se sigue incrementando con 690.000-912.000 cel/l. (0-10m), ésta especie fue dominante acompañada con *N. delicatissima, N. pungens, N longissima* y *Ch. curvisetus*. Desde junio a octubre se registra un período prolongado de abundancia entre 476.000-1812.000 cel/l. (0-20m), con diferentes grupos sucesionales como en agosto (*Thalassiosira cf rotula*), septiembre (microflagelados y *N. longissima*), octubre (microflagelados). *Messodinium rubrum*, organismo causante de mareas rojas (Jiménez 1974) e indicadores de afloramientos en las costas de Perú se presentó durante todo el año, con incremento a mediados de agosto.

De la Cuadra et al (1996), menciona que las condiciones de El Niño 1991-1992, se mantenían en diciembre 1993 en el Golfo de Guayaquil, mientras que los parámetros oceáno-atmosféricos a gran escala indicaron que en febrero 1994 finalizaba este evento. Posiblemente, estas anomalías estarían aún asociadas a las bajas concentraciones del fitoplancton registradas en La Libertad y Manta en marzo y mayo de 1994.

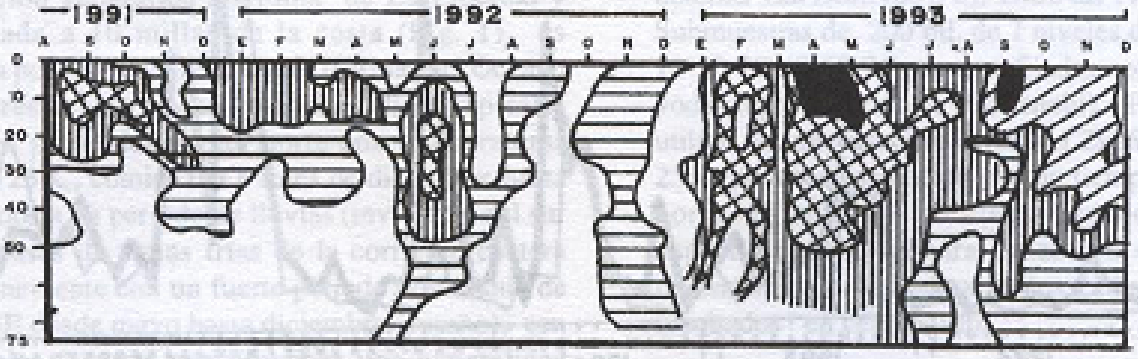


Figura 3.- Distribución vertical y variaciones mensuales del fitoplancton cuantitativos expresados en contajes celulares. "Manta" 1991, 1992, 1993. (Ver densidades celulares en Fig. 4-5).

LA LIBERTAD Y MANTA 1995

En Manta la biomasa fue poco frecuente y de menor concentración que en La Libertad (Fig. 4), con ligeros incrementos a mediados de enero con un núcleo 474.000-240.000 cel/l. profundizado entre los 30-50m.; entre abril con 501.000 cel/l. a nivel superficial; en mayo disminuye con 179.000 cel/l (10-20m). Los microflagelados, *Gymnodinium sp., Nitzschia longissima, N. delicatissima, Oxytoxum spp.* y *M. rubrum* estuvieron dominantes todo el año.

El bloom de fitoplancton en La Libertad se mantiene abundante a mediados de enero (483.000-924.000 cel/l., decrece en febrero, se reestablece su abundancia entre marzo a julio (87.000-2069.000 cel/l); en agosto se profundiza entre los 30-50m. con 396.000-558.000 cel/l. (Fig. 5). La sucesión de especies dominantes fueron en enero con microflagelados (0-20m), en marzo continuaron con microflagelados adicionándose *N. longissima y L. danicus* (0m), en los primeros días de abril continúan incrementándose y profundizándose los microflagelados, a fines de abril se registró un bloom con *N. longissima, N. delicatissima, Chaetoceros spp.* y los microflagelados (0m), en mayo se profundiza con *N. longissima* y microflagelados (0-20), en junio se sigue profundizándose con *Thalassiosira spp., N. longissima* y microflagelados (20-40), en junio y julio los microflagelados se distribuyen casi uniformemente entre los 0-40, *N. longissima* (0-10m), en agosto se profundiza nuevamente (40-50m) *con Chaetoceros affinis, Thalassiosira spp., R. stolterfothii,* microflagelados y gran diversidad de especies con menor concentración con *Hemiaulus sinensis, Cerataulina bergonii, Nitzschia spp., Ch. spp., Lauderia borealis* entre otras. En septiembre disminuye su diversidad y se registraron los microflagelados y *Gymnodinium spp.* (10m), en los primeros días de Octubre se registró un incrementó (0-20m) con especies similares a agosto, mientras que el patrón a finales de octubre es similar a septiembre (0-20), en noviembre estuvo representado por *N. longissima, N. delicatissima,* y los microflagelados (0-10m).

Las anomalías mencionadas por De la Cuadra (1996), con datos registrados en estas dos localidades aún se mantenían en marzo y julio de 1995.

LA LIBERTAD Y MANTA 1996

La biomasa fitoplanctónica durante este año se presentó extremadamente abundante en la columna vertical (0-50m) en relación a los últimos ocho años de monitoreos de La Libertad y seis años en Manta, asociado a un evento anómalo de condiciones frías (Zambrano, 1998).

En Manta (Fig. 4), la biomasa fitoplanctónica de manera general es menor que La Libertad durante todo este año, a excepción de marzo a nivel superficial con un bloom de 3226.000 cel/l. y en agosto con 370.000-808.000 cel/l. a nivel subsuperficial (30-50m). La sucesión de especies en enero está representada por microflagelados, *N. longissima, Gymnodinium spp.* (0-30m), en marzo se registró un bloom superficial con *N. delicatissima, R. fragilissima, Chaetoceros spp., Skeletonema costatum., N. longissima,* microflagelados, *Ch. affinis,* y *L.danicus*. En mayo se mantiene a nivel con microflagelados, *N. longissima, Thalassiosira spp., Gymnodinium spp.*, en junio sigue a nivel superficial con *Chaetoceros spp., R. stolterfothii,* microflagelados, *Hemiaulus sinensis, Ch. affinis, N. delicatissima, N. longissima.* En agosto se mantiene a nivel superficial y 30-50m, se presentó con *N. longissima, Thalassiosira spp., R. acuminata, Paralia spp., R. hebetata, R. delicatula, R. setigera, Prorocentrum micans, M. rubrum.* En septiembre se profundizó (40-50m) *con N. delicatissima, N. longissima, M. rubrum, Thalassiosira, Prorocentrum spp., L. borealis, Ch. curvisetus, Oxytoxum spp.*, En noviembre descienden ligeramente (20-30m) con *Thalassiosira spp., M. rubrum, P. micans, N. pungens, N. longissima, L. danicus.* En diciembre sigue descendiende *con L. danicus, Thalassiosira spp., R. stolterfothii, N. pungens. M. rubrum* fue muy abundante a los 30m.

En la Libertad la mayor concentración celular fue a nivel superficial (2234.000 cel/l) y a nivel subsuperficial entre 35.000-2184.000 cel/l. La sucesión de especies en La Libertad para enero (0-30) se mantienen las mismas especies del año anterior. En febrero se incrementaron estas especies acompañadas con *Gymnodinium spp.* (0-20m). En Marzo la sucesión es por *R. fragilissima , N. longissima* (0m), los microflagelados y *Gymnodinium spp.* estuvieron distribuídos entre 0-50m. A mediados de abril, *R. fragilissima* es reemplazada por *N. longissima* (0-10 y 40-50m), *Gymnodinium spp,* estuvo entre los 20-30m. En mayo los microflagelados y *Gymnodinium spp.*, se mantienen entre los 0-10m. En junio se registró un bloom de *N. delicatissima,* acompañada *con N. longissima, Chaetoceros spp., Thalassiosira spp.,* y microflagelados (0-10), *Ch. affinis, Ch. curvisetus, Ch. spp.* en los 20m. En julio se registró *Skeletonema costatum,* microflagelados, *Ch. spp., N. delicatissima, Hemiaulus sinensis, Bacteriastrum spp., Ch. affinis, Ch. curvisetus, Thalassiosira spp.* (0-10), *N. longissima* se mantienen frecuente en toda la columna (0-75m). En agosto la sucesión de especies estuvo representada con una gran diversidad *con R.setigera, R. acuminata, R. imbricata, R. stolterfothii, Thalassiosira spp, N. longissima, Stauroneis membranacea, Chaetoceros cf cinctus, Prorocentrum micans* (0-10); *Messodinium rubrum* se registró entre los 0-50m. A fines de agosto se evidenció *Thalassiosira spp., N. longissima,* microflagelados, el grupo de *Rhizosolenia* disminuyó drásticamente con un parche sólo a 10m. En septiembre la biomasa disminuye y se profundiza (30m) con *Thalassiosira spp.,*

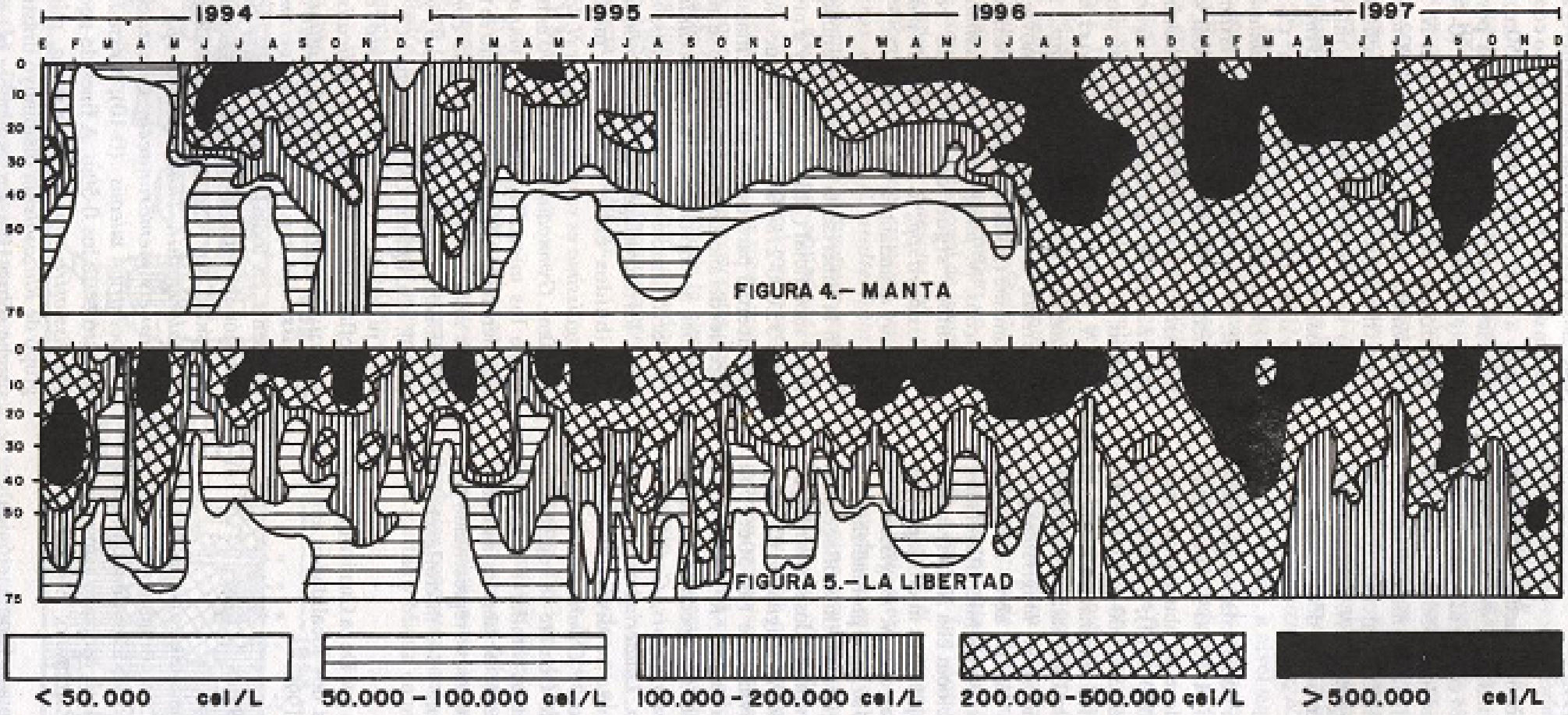


Figura 4-5.- Distribución y variaciones mensuales del fitoplancton (Cel/l). en Manta y La Libertad. Durante los años, 1994, 1995, 1996, 1997

N. longissima , N. delicatissima, Ch. affinis, M. rubrum. En noviembre la biomasa se mantiene con *Leptocylindrus danicus, R. stolterfothii, N. longissima, N. delicatissima, Thalassiosira spp.* y *R. hebetata* (0 y 20m). En diciembre se mantienen con *Thalassiosira spp., Prorocentrum spp., Oxytoxum spp., M. rubrum* y *N. pungens* principalmente entre los 0-10m disminuyendo en la columna de agua.

La abundancia del primer nivel trófico durante 1996, ha beneficiado el incremento y recuperación de peces demersales, siendo las biomasas superiores a las reportadas en investigaciones previas (Revelo et al 1996), sin embargo, entre mayo y junio de 1996, las anomalías de TSM indicaron un esquema entre normal y ligeramente frío (De la Cuadra, 1996). En junio de este año, se reportaron mareas rojas con *M. rubrum* en el estuario de Cojimíes (Torres, en prensa), a fines de julio nuevamente se registraron mareas rojas por *M. rubrum* asociadas a altas mortalidades de peces (Jiménez, 1997; Massay 1977) en el Golfo de Guayaquil Interno (Río Guayas).

LA LIBERTAD Y MANTA 1997

En La Libertad y Manta se mantiene la abundancia del primer nivel trófico (0-30m), pero con una reducción a nivel subsuperficial a fines de abril, junio y octubre en La Libertad y a mediados de diciembre en Manta (Fig. 4-5). Desde marzo, se comenzaron a registrar ligeras anomalías térmicas, las cuales fueron más acentuadas hacia el último trimestre de 1997 (Reunión Grupo Nacional ERFEN-INOCAR, Ecuador).

En Manta (Fig. 4), la biomasa fitoplanctónica fue menor a La Libertad, a excepción de enero con concentraciones celulares entre 1598.000-1147.000 cel/l. entre los 20-30; mayo entre 1272.000-1708.000 cel/l. (0-10m); y en agosto entre 976.000-1032.000 cel/l. (40-50m). La sucesión de especies registró un bloom con Thalassiosira spp (20m), acompañada *con L. danicus, con M. rubrum, Thalassiosira spp., N. pungens, R. fragilissima*. En febrero *con N. longissima, Oxytoxum spp., Thalassiosira spp, M. rubrum, Prorocentrum spp.*, en la columna vertical (0-50m). en Mayo se registró otro bloom con *R. fragillisima* acompañada con *N. longissima, L. danicus*, microflagelados, *Ch. affinis, R. hebetata, N. delicatissima, R. stolterfothii*. A mediados de julio se presenta casi uniforme en la columna de los 75m, con *N. delicatissima y N. longisssima*. A fines de agosto, la biomasa se profundiza (40 y 75m) con *N. delicatissima, R. stolterfothii, R. fragilissima, L. danicus, N. longissima*. A mediados de octubre, la biomasa se mantienen casi dominante en la columna de agua con un incremento a 20m con *R. stolterfothii, Thalassiosira spp. N. longissima, L. danicus N. pungens, Gymnodinium spp*. Para mediados de noviembre también la biomasa permanece casi constante con un ligero incremento a los 50m con *N. longissima, Thalassiosira spp., Skeletonema costatum.* En diciembre permanece constante con incrementos a 10m con, *N. delicatissima Ch. dichaeta, Navicula spp.*

En la Libertad la máxima concentración se encontró a finales de agosto con 1291.000 cel/l. a nivel superficial. La sucesión de especies en enero se desarrolla con *R. fragilissima, R. stolterfothii, N. pungens, M. rubrum, L. danicus, Thalassiosira spp, Ch. curvisetus* (0-20m). en febrero disminuyen los grupos y se profundiza (20-40m) ésta con *Thalassiosira spp, Prorocentrum spp, N. delicatissima, Oxytoxum spp., M. rubrum*. En marzo ascienden entre 0-20, con *Prorocentrun micans, N. delicatissima, Oxytoxum spp, Thalassiosira spp, N. longissima* y *M. rubrum*. En abril, se mantienen (0-10) *con N. longissima, L. danicus, R. stolterfothii*, microflagelados, *N. delicatissima* y *Gymnodinium spp.*, a mediados de mayo se mantiene (0-10) con *N. longissima, N. delicatissima*, microflagelados y *Gymnodinium spp*. En junio se mantiene con microflagelados, *Gymnodinium spp, R. stolterfothii, N. longissima*, a los 10m *con R. fragilissima, R. acuminata* y *R. stolterfothii*. En julio se evidencian *con N. delicatissima*, microflagelados. *Gymnodinium spp.*(0-10m), en agosto *con L. danicus, R. stolterfothii, N. longissima* entre los 10-20m, a los 40m con *Thalassiosira spp.*. a fines de agosto se registró un bloom superficial con *R. stolterfothii* (hasta los 30m), acompañada con *H. sinensis, Thalassiosira spp, Lauderia borealis* y *Gymnodinium spp.*, En septiembre microflagelados, *N. longissima, Prorocentrum spp, Oxytoxum, Gymnodinium spp.* (0-20m). En octubre se registró con una variedad de *Chaetoceros, Nitzschias* y *Rhizosolenias* con ligera dominancia de *Ch. laevis, N. longissima*, microflagelados. A mediados de noviembre se profundizó con *Thalassiosira, R. stolterfothii, Ch. curvisetus, N. delicatissima, L. danicus, Ch. affinis* (40-50m), *Gymnodinium spp.* a nivel superficial, en Diciembre (20m) con *S.costatum, Asterionella japonica, L.danicus.*

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DEL FITOPLANCTON

El componente dominante del fitoplancton fueron las diatomeas seguidas por microflagelados durante este estudio, a continuación se describirán la distribución espacio temporal porcentual de los géneros más dominantes durante este período.

El grupo de *Nitzschias* fue el grupo dominante, *N. spp.*, en Agosto/91, enero a abril-julio-agosto-noviembre/92, *N. longissima* en marzo-junio/93, de marzo-mayo/94, agosto-septiembre/96, febrero/97, *N. delicatissima* en enero/95, marzo-septiembre/96, julio-agosto-octubre-noviembre/97. La temperatura varió entre 22.79-25.63, sin embargo se registró su abundancia con temperaturas de 27.15°C en mayo/94 y durante EN de 28.78°C. en Manta. En La Libertad las máximas concentraciones se de *N. delicatissima* se registraron en abril-agosto/94, mayo/95,

febrero/96, *N. longissima* mayo/94, octubre-diciembre/95 (Fig.6), abril-junio-noviembre-diciembre/96, mayo/97, las condiciones térmicas se presentaron entre 22.68-25.63°C. En períodos normales, estas especies se encuentran entre 0-10m de profundidad, durante las anomalías térmicas se profundizan entre 30-50m asociadas a temperaturas menores de 24°C y a la termoclina. Jiménez (1975), las registró muy abundantes en febrero, mayo y agosto de 1973. Son neríticas, especies de aguas templadas, asociadas a las corrientes frías del sur (afloramientos costeros peruanos) (Jiménez,1984).

Organismos flagelados pequeños, se los denominó como **microflagelados**, formaron parte del principal componente del fitoplancton, se presentaron en octubre/92, febrero/93, septiembre-noviembre/94, durante todo 1995 y mayo/96 en Manta; en La Libertad su presencia fue más frecuente desde junio a noviembre/94, todo 1995, enero-febrero-mayo/96, junio-julio-septiembre/97 (Fig. 7). La habilidad que desarrollan ciertas especies como *Chaetoceros affinis* en aguas oligotróficas es desarrollar pequeñas células flageladas (Dodson y Thomas, 1977), esta hipótesis podría explicar la abundancia de microflagelados después del bloom de esta especie y posiblemente para otras diatomeas céntricas (Margalef, 1967).

Los ***Chaetoceros spp.***, (Fig.8) de tamaño muy pequeño y difícil de identificar fue el componente principal en junio/92, agosto/94, mayo-junio/96, diciembre/97, con temperaturas entre 22.29-25.64°C, y durante El Niño con 28.78°C. para diciembre/97, en Manta. En La Libertad su abundancia fue en agosto-diciembre/94, abril/95, y enero/96; *Ch. affinis* en junio/94, agosto-octubre/95, julio/96 y noviembre/97, su temperatura osciló entre 20.69-26.02°C, durante EN se incrementó a 27.7°C. Su dominancia fue a nivel superficial, pero también se encontraron a 10, 20 y 40m. Jiménez (1975), reporta que *Ch. affinis* fue muy abundante en noviembre/72, febrero, mayo, agosto y septiembre de 1973 en el Golfo de Guayaquil externo.

El grupo de ***Rhizosolenias*** (Fig.9) fueron dominantes en los períodos de invierno (época húmeda - cálida) con ligeras excepciones en el verano, son especies neríticas, algunas veces oceánicas (Jiménez, 1983). Su principal especie registrada es *R. stolterfothii*, fue abundante en enero-febrero-marzo-noviembre-diciembre/94 en La Libertad, en Manta se registró en mayo-agosto-septiembre/93, enero-junio/94, junio-agosto-diciembre/96, febrero-mayo-agosto.octubre/97; su rango de temperatura osciló entre 22.89-28.27°C., generalmente predomina entre los primeros 20m, en condiciones cálidas se profundizan posiblemente asociadas a la termoclina. Otras especies como *R. delicatula, R. acuminata, R. imbricata, R. spp.*, estuvieron presentes en menor concentración. Jiménez (1975), encontró su máxima abundancia en febrero-mayo de 1973 en el Golfo de Guayaquil.

Thalassiosira spp. (Fig.10), estuvo presente en junio/95, noviembre-diciembre/96, febrero-marozo-junio-agosto/97 en La Libertad; en Manta tienen un comportamiento similar para 1996, en 1997 su distribución fue diferente, fue dominante en enero/97, octubre-noviembre. Jiménez (1975), registró sus máximas concentraciones en noviembre y agosto/1973. Esta especie tiene comportamiento oceánico (Jiménez, 1983). Su presencia nos estaría indicando la mayor incidencia de aguas oceánicas en ambas localidades.

Leptocylindrus danicus, es una especie poco frecuente, predomina en los meses cálidos tanto superficialmente como en el vertical (20-40-50m). Fue frecuente en marzo/95, enero-abril-agosto-noviembre/97 en La Libertad, mientras que en Manta se registró en diciembre/91, abril/93, noviembre-diciembre/96, enero-mayo-julio/97 (Fig.11). En Jiménez (1975), la registró muy abundante en agosto/73. Tiene comportamiento nerítico y probablemente templado (Jiménez, 1983).

Hemiaulus sinensis, se la consideraría como una especie esporádica, fue frecuente en junio/94 (La Libertad) y junio/92, Mayo/93, agosto/97 (Manta). Jiménez (1983), la reporta como nerítica, y especie subtropical. Su temperatura osciló entre 22.63-27.04°C.

Gymnodinium spp., es una especie pequeña de difícil identificación (Balech, 1985), se agrupa posiblemente 3 especies diferentes como *Gymnodinium. spp*, se presentaron durante todos los años de éste estudio, pero fueron ligeramente frecuentes en la época cálida a nivel superficial y subsuperfical hasta los 30m, fue dominante en septiembre-octubre-noviembre/91, en diciembre/92, enero-abril-julio-octubre-diciembre/93, enero/96, febrero-octubre-diciembre/97 en Manta. En La Libertad fue en octubre/94, enero/95, enero/96 y casi todos los meses de 1997. La distribución anual de los principales grupos de dinoflagelados se obervan en la Fig. 12.

Messodinium rubrum, se ha venido registrando su presencia todo el tiempo durante este estudio, sin ocurrencias de mareas rojas, con pequeños repuntes registrados en agosto/96 (0-10m) en La Libertad, en Manta desde septiembre (40-50m), en noviembre (0-50m) para 1996, enero y Febrero de 1997 en la capa superficial de los 20m. Sin embargo, en el Golfo de Guayaquil y estuario de Cojimíes se registraron Mareas rojas asociadas a una alta mortalidad de peces en junio y agosto de 1996 (Jiménez, 1997; Massay 1997; Torres en prensa). Jiménez (1974), ha registrado mareas rojas en el Golfo de Guayaquil, con la predominancia de los *Chaetoceros, Nitzschias y Rhizosolenias*. Posteriormente, Veintimilla-Arcos (1982) encontró parches de mareas rojas debido a *M. rubrum* en agosto/80, marzo, agosto y septiembre de

1981, en varios sitios de la costa ecuatoriana. Ambos autores coinciden con un período de abundancia fitoplanctónicas registrados en este artículo.

DISCUSIONES

Los resultados anuales de la biomasa fitoplanctónica antes de un evento El Niño, presentó una disminución desde mayo 1990 e intensificándose durante 1991, en 1992 se incrementó desde febrero a agosto, disminuye en septiembre y nuevamente se intensifica para finales del año en La Libertad (Torres, 1996). En Manta desde agosto a octubre 1991 se presentaron ligeros incrementos. En noviembre y diciembre fue disminuyendo hasta mayo 1992, en junio se incrementó a nivel subsuperficial (20-40m) y nuevamente se registró un agotamiento hasta diciembre 1992. Esta distribución de los períodos de abundancia en Manta reflejarían parches de aguas encerradas que se van agotando naturalmente por los fitófagos. Las condiciones de agotamiento durante condiciones El Niño, fueron más reducidas en La Libertad en 1991, mientras que en Manta se evidenció desde noviembre 1991 hasta diciembre 1992.

En Manta se recupera a principios de 1993 e incrementándose en los meses siguientes hasta los 50m de profundidad con excepción de junio a agosto, en septiembre es hasta los 20 m. En 1994 disminye su abundancia hasta mayo, y desde junio a mediados de octubre se incrementa hasta los 30m de profundidad, en La Libertad para 1994, se registraron tres núcleos de mayor concentración, en enero (0-40m), marzo (0-40) y desde junio a octubre (0-20m). En La Libertad este patrón se continúa incrementando en 1995, pero en Manta para 1995 disminuye ligeramente casi todo el año, con ligeros incrementos profundizados (30-50m) a mediados de enero y a mediados de abril afloran (0-10m).

Este 1995 las dos estaciones fijas presentaron un patrón diferente en su abundancia, siendo mayor en La Libertad durante todo el año, posiblemente sea por un incremento del segundo nivel trófico con dominancia de fitófagos. Ortega et al (1996) reportó una mayor concentración y diversidad de larvas de peces en áreas cercanas a la estación de Manta y en el Golfo de Guayaquil. De la Cuadra (1996), menciona que las condiciones oceáno-atmosféricas en noviembre 1995, registraron condiciones climáticas cercanas a las normales y dos zonas caracterizadas, hacia el sur asociada a débiles afloramientos y abundancia de los recursos pesqueros y la segunda hacia el norte de la Puntilla Santa Elena (La Libertad) que estaría asociada a una termoclina muy intensa.

En 1996 las condiciones ambientales frías estabilizaron una bloom fitoplanctónico en Libertad y Manta entre los primeros 30 metros hasta mayo, se mantienen y se profundiza su abundancia en todo el perfil vertical hasta mediados de abril 1997 para La Libertad, en Manta la abundancia continúa casi todo este año; en La Libertad para mayo/97 disminuye el espesor de su abundancia entre los 0-30m. El bloom fitoplanctónico estuvo relacionado con un enfriamiento, aguas afloradas y altas pesquerías (Reunion ERFEN-NACIONAL-INOCAR). En Manta 1997, las concentraciones de biomasa fueron superiores a La Libertad a nivel superficial (Fig.2), en abril, mayo, junio, a fines de agosto y septiembre, corroborando núcleos de abundancia de fitoplancton poco comunes.

EXISTENCIA O NO DE UNA VARIACIÓN ESTACIONAL EN AGUAS ECUATORIANAS

Hasle (1959), menciona que tres investigadores Marshall (1933), Motoda (1941) y Johnson (1954) no evidenciaron variaciones estacionales, posteriormente Riley (1957), demostró variaciones estacionales cuantitativas del fitoplancton, sin embargo, existió poca información sobre variación estacional del fitoplancton tropical. Smayda (1978), menciona que en los estudios de dinámica y abundancia del fitoplancton (ciclos anuales), debería intreracionarse el pastoreo, dinámica regional, sucesión de especies y análisis de agrupamiento de especies.

La distribución estacional mencionada en Rojas-Mendiola (1981), a lo largo de las costas de Perú durante el período de 1961-1970, presentó una gran variabilidad inter-anual de la región de afloramiento, con cambios asociados a las anomalías de El Niño (1965-1969-1972). El ciclo estacional (1964-1978) del fitoplancton en aguas peruanas costeras se inicia en primavera (Octubre-noviembre-diciembre) y tiene su máximo a mediados de verano (enero-febrero-marzo) y comienzos de otoño (abril-mayo-junio) (Calienes, 1985). Aunque los afloramientos ocurren durante todo el año al centro y norte de la sección costera peruana, existen variaciones estacionales en su intensificación, que en presencia de anomalías de años niños, pueden evidenciarse ondas atrapadas (Codispoti, 1981). Chavéz (1986), mediante monitoreos mensuales a 12°Sur de la costa peruana sugiere que existe una varición estacional en el primer nivel trófico.

Si se relaciona la mayor productividad fitoplanctónica antes mencionada y su influencia en el mar ecuatoriano, incorporando el mayor aporte nutricional y biológico del Golfo de Guayaquil, se deduce que el fitoplancton en La Libertad se inicia con el cambio estacional de verano a invierno con ligeros picos entre diciembre y enero, disminuye entre febrero-marzo debido a las condiciones cálidas del invierno y/o al pastoreo de fitófagos, tiene un primer máximo entre abril-mayo disminuye en junio y un segundo máximo de mayor duración entre julio, agosto, septiembre y octubre. Cuando las mayores concentraciones ocurren en Manta a manera de parches, tendríamos dos

alternativas: el incremento de la biomasa sería con el avance de aguas afloradas peruanas a nivel subsupeficial, por aguas afloradas procedentes de la cuenca de Panamá (Jiménez, 1976; Jiménez et al (1977), y/o aguas oceánicas que llegan a nuestras costas mediante ondas Kelvin (Zambrano 1998).

Garcés (1997), en su relación de la TSM (1974-1995) de La Libertad y Manta, menciona que los índices oceánicos tienen altas correlaciones en abril, mayo y junio, en la transición de la época lluviosa; y los más bajos en diciembre, enero y febrero en la transición de la época seca, sin embargo, estas correlaciones en Manta no son tan acentuadas. En ambas localidades prevalecen cambios locales en los vientos y periodicidades de ondas (Bayot y Cornejo-Rodríguez , 1996; Cardín y Cornejo-Rodríguez). con una tendencia similar de variación estacional, pero con mayor productividad en La Libertad que en Manta. La interelación de estas variables con las de éste artículo tienen una tendencia similar. Si se observa los perfiles batimétricos de la topografía submarina (10 millas costa afuera) de algunas áreas costeras en De Miró et al (1976), en Manta la plataforma submarina es continuativa hasta las 20 millas (100-200m de profundidad) y La Libertad aproximadamente a las 11 millas presenta una pendiente mayor a 1000m de profundidad. A nivel local en ambas localidades existe una gran diferencia topográfica, en Manta tiene una franja montañosa mayor a 300m de altura que puede crear una variabilidad local causada por los vientos, en La Libertad es carente de un sistema montañoso y no esta conectada a cuencas fluviales.

La interelación de estas variables con las de éste artículo tienen una tendencia similar con las sugerencias de Man y Lazier (1991), que la topografía submarina y la formada sobre el continente, se relacionan directamente con el efecto de vientos y circulación de corrientes marinas, efecto de Coriolis, circulación de ondas que actúan directamente con la productividad biológica a nivel superficial y subsuperficial.

CONCLUSIONES

Durante 1991-1992 se desarrolla un evento El Niño, la densidad del fitoplancton fue reducida en La Libertad desde mediados de 1990 y todo 1991 (Torres, 1996); desde marzo 1997 se registraron disminuciones relacionados con el El Niño 97-98. En Manta, las menores concentraciones se evidenciaron desde noviembre 1991 a diciembre 1992 asociadas con El Niño 91-92, teniendo un comportamiento diferente en relación con El Niño 97-98, posiblemente asociado a variables ambientales locales.

El grupo de diatomeas y microflagelados fueron las más frecuentes y abundantes en relación a los dinoflagelados y ciliados. El grupo de dinoflagelados que se registró durante el desarrollo de ésta metodología fueron algunas especies de *Gymnodinium* y *Oxytoxum* de tamaño muy pequeño y el ciliado *Messodinium rubrum*. Las especies de *Ceratium* y *Protoperidinium* generalmente no se encontraron en muestras de agua, pero si fueron frecuentes en muestras de redes de 50 micras (datos no publicados de la autora).

Las especies fitoplanctónicas que fueron muy abundantes durante este período de investigación fueron *Nitzschia longissima, N. delicatissima, Rhizosolenia stolterfothii, R. delicatula, Chaetoceros spp.* (especie muy pequeña), *Ch. affinis* y el grupo de los microflagelados. De manera general su dominancia fue localizada entre los primeros 20m de profundidad, pero en presencia de anomalías térmicas se profundizaron (30-50m) asociadas a la termoclina en condiciones de El Niño.

El mismo componente fitoplanctónico, con excepciones de algunas especies, soportaron las anomalías de temperaturas (29°C), evidenciando escasos cromatóforos, reducción en su tamaño, siendo menos nutritivas. Sin embargo, en La Libertad y Manta, e interrelacionadas con eventos El Niño 1991-92; 1997-98 presentaron diferentes comportamientos en relación a la distribución de su abundancia celular:

Biomasa fitoplanctónica disminuída antes de El Niño 1991-1992.

Biomasa fitoplanctónica muy abundante antes de El Niño 1997-1998.

La biomasa fitoplanctónica durante 1996 se presentó muy abundante en la columna vertical desde los 0-50m de profundidad, en relación a los últimos ocho años de monitoreos en La Libertad y seis años en Manta. Las condiciones océano-atmosféricas estuvieron asociadas a un evento anómalo de condiciones frías en este año (Zambrano, 1998).

Estos resultados dan una pauta sobre la distribución espacio-temporal del flujo energético y en lo posible relacionarlo con el medio que lo sostiene (condiciones físicas y químicas, subsistencia alimenticia, sobre explotación pesquera y otros), energía que debería ser regulada principalmente por el sector pesquero para mantener un stock permanente, aunque esto en la actualidad es aparente.

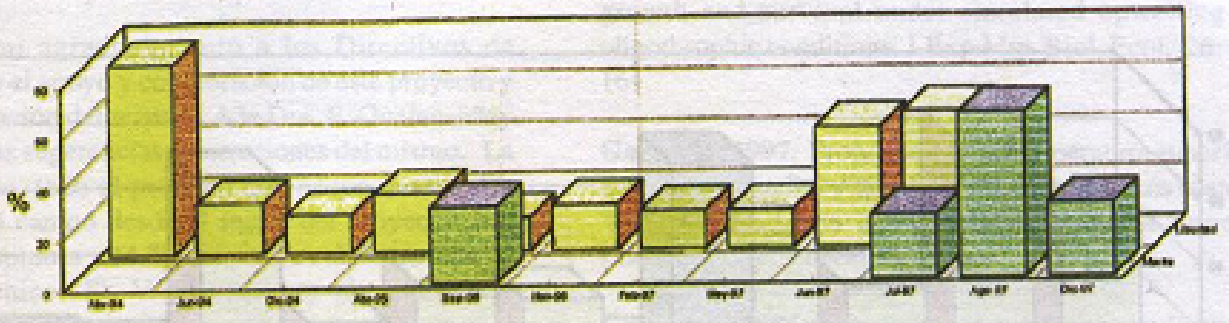


Figura 6.- Distribución anual de *N.delicatissima*

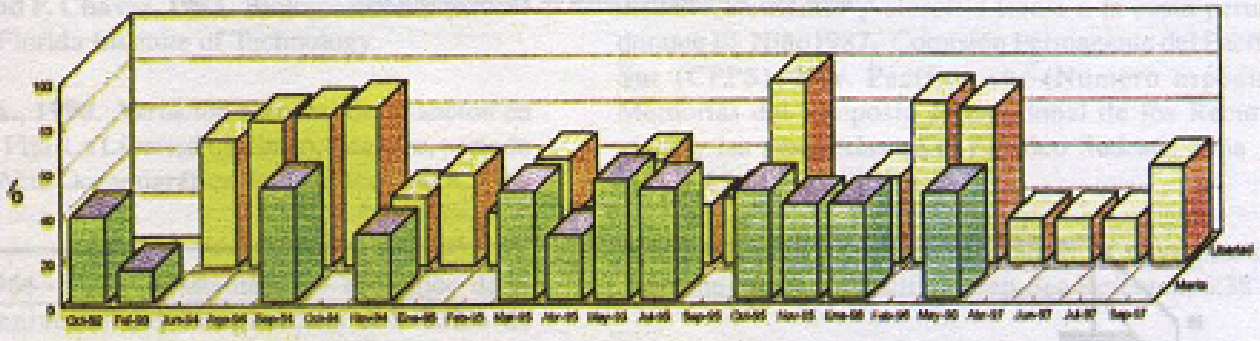


Figura 7.- Distribución anual de microflegelados

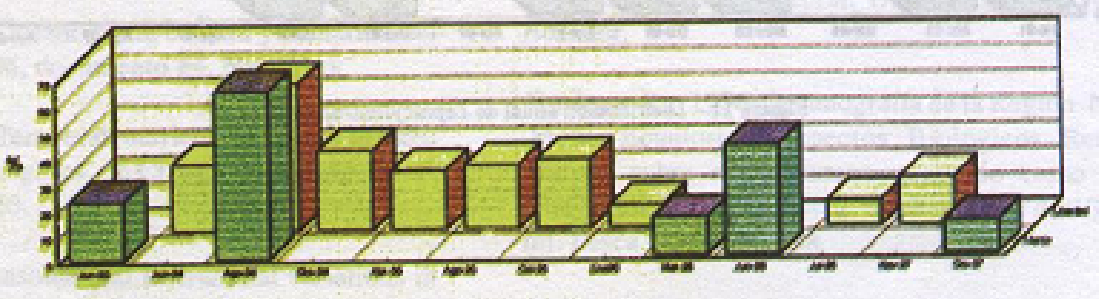


Figura 8.- Distribución anual de *Chaetoceros*

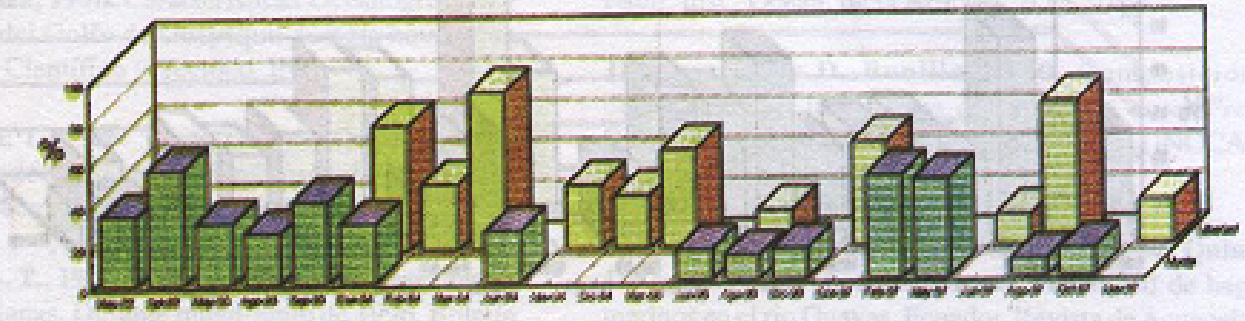


Figura 9.- Distribución anual de *Rhizosolenias*

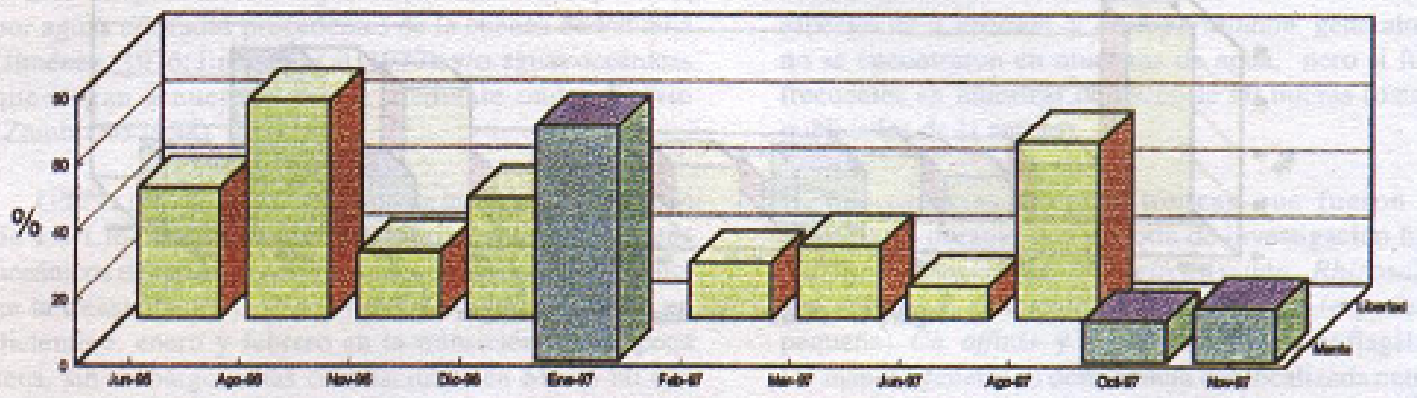


Figura 10.- Distribución anual de *Thalassiosira spp.*

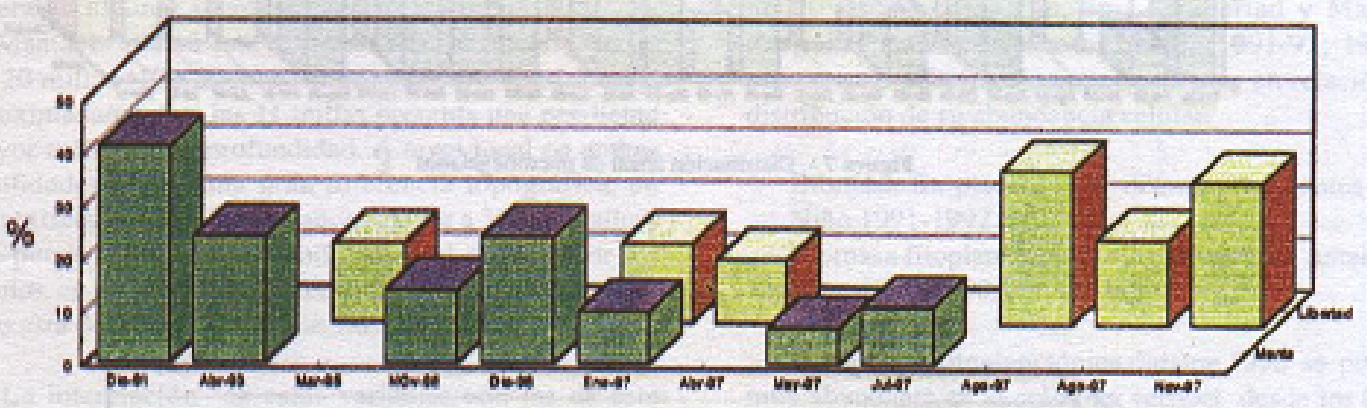


Figura 11.- Distribución anual de *Leptocylindrus danicus*

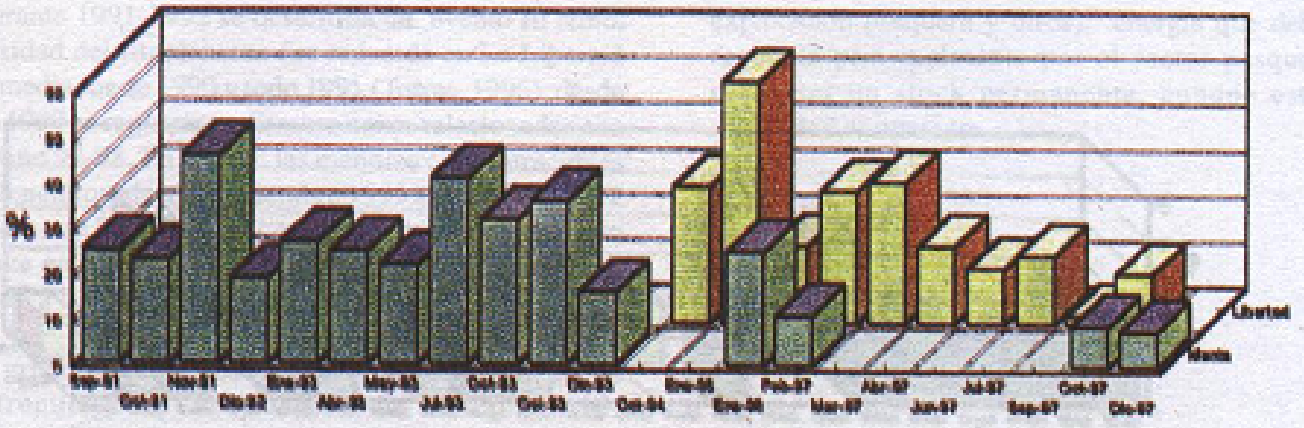


Figura 12.- Distribución anual de *Gymnodinium spp.*

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a los Directivos de INOCAR, por el apoyo y colaboración de este proyecto y por la continuación del mismo. A la Dra. E. Gualancañay por sus valiosas sugerencias y correciones del mismo. La cooperación de todo el personal que apoyo durante los monitoreos de campo desde el inicio del proyecto. Las biólogas B. Espinosa y M.Tapia, por su colaboración. Al Dibujante-técnico Sr. V. Mesías, por los gráficos y diagramación de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

Barber T., and F. Chavez, 1983. Biological consequences of El Niño. Florida Institute of Technology.

Bonilla, M.A., 1990. Variación mensual del Plancton en una Estación Fija La Libertad (Salinas), Ecuador, período 1988-1989. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR) 6(1): 58-67.

Cajas L., 1966.- Estudio sistemático – ecológico de la familia Soleniaceae del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Tesis doctoral, Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Cardín V., y P. Cornejo-Rodríguez, 1990. Análisis de nientos en la Provincia de Manabí. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR-Ecuador. 6(1): 1-9.

Capurro L., 1981. Oceanografía costera y estuarina del Ecuador. ECU/80/006, documento #4, New York.

Codispoti L., 1981. Temporal, nutrient variability in three different Upwelling regions. In Coastal upwelling. Ed. F. Richards, pp. 209-220.

Chavéz F., 1986. Seasonal and Interannual variations in nutrients and phytoplankton along the coast of Peru, IOC Workshop Report # 49. Anex III . In AGU-IOC-WMO-CPPS. Chapman Conference an International Symposium on El Niño. Guayaquil-Ecuador. pp.30

De la Cuadra, T., Chalen F., Perez F., Macías P., Ortega D., y F. Ormaza, 1996. Características Oceanográficas y Geoquímicas del Golfo de Guayaquil durante noviembre 1994. Boletín Científico y Técnico. INP.

De la Cuadra, T., 1996. Características Oceanográficas frente al Ecuador durante noviembre de 1995. Boletín Científico y Técnico. INP, 14(2): 40-59.

De la Cuadra, T., 1996. Condiciones Oceanográficas en aguas ecuatorianas. Durante mayo-junio de 1996. Boletín Científico y Técnico. INP, XIV(5): 73-83.

Dodson A., and W. Thomas, 1977. Marine phytoplankton growth and survival under simulated upwelling and oligothrophic conditions. J.Exp.Mar. Biol. Ecol, 26: 153-161.

Garcés J., 1997. Pronóstico de la temperatura superficial del mar por satelite y su aplicación a los recursos costeros. Tesis de grado en oceanografía. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.

Guillén O., 1986. Características químicas y productividad de las zonas costeras del Perú durante El Niño 1982-1983. ERFEN, Boletín N. 18:23.

Guillén O., E. Carcamo y R. Calienes, 1989. Oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila frente a la costa peruana durante El Niño1987. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico sur (Número especial). Memorias del Simposio International de los Recursos vivos y las pesquerías en el Pacífico Sudeste, Viña del mar, 9-13 de Mayo 1988.

Hasle G., 1959. A quantitative study of phytoplankton fron the equatorial Pacific. Deep-Sea Research, 6:38-59.

Jiménez R., 1974. Marea roja , debida a un ciliado en el Golfo de Guayaquil. Publicación, INOCAR, CM-BIO-2, PP. 1-9.

Jiménez R., 1975. Composición y variación del fitoplancton marino del Golfo de Guayaquil y áreas adyacentes. Tesis doctoral, Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Jiménez R., 1976. Oceanografía de la Región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Biológicos. Reunión de trabajo sobre el Fenómeno conocido como El Niño, Guayaquil, Ecuador, 4-12 de diciembre de 1974. FAO inf. Pesca (185):355-358.

Jiménez R., Pesantes, F., y M. González, 1977. Condiciones Bio-oceanográficas en aguas ecuatorianas, enero-abril de 1976. Bol. ERFEN 1(2): 1-5.

Jiménez R. y F. Pezantes, 1978. Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. Publi. Inst. Ocean. de la Armada. 2(1): 30 pp.

Jiménez R., y D. Bonilla, 1980. Composición y distribución de la biomasa del Plancton en el Frente Ecuatorial. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR). 1(1): 19-64.

Jiménez R., Barniol de L., Machuca M., y W. Quinde. 1997. Informe preliminar sobre la mortalidad de bagres marinos en el rio Guayas, Ecuador. Revista de Acuacultura del Ecuador. pp.23-32.

Man K., and J. Lazier. 1991. Dynamics of Marine Ecosystems: Biologycal-Physical Interations in the Oceans. Blackcweel Scientific, Publications, Inc.

Margalef R., 1967. Variación local e interanual en la secuencia de las poblaciones del fitoplancton. In Phytoplankton Manual, Ed. A. Sournia.

Massay S., 1997. Reporte de la presencia de bagres en el Golfo de Guayaquil. Revista de Acuacultura del Ecuador. pp.34-35.

Miro, M., 1976. Morfología y estructura del Margén Continental del Ecuador. Revista del Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, pp. 1-22.

Moreano, H., 1983. Interacción Oceáno-Atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR. 2(1) :1-11.

Ortega D., Elias E. y C. Zurita . 1996. Distribución del Ictioplancton y Zooplancton en la costa ecuatoriana septiembre 1995. Bol. Científico y Técnico , INP. 14 (1) : 52-64.

Pesantes F., 1978. Dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Publ. Inst. Ocean. Armada.INOCAR. 2(2):46 pp.

Pesantes F., 1983. Los dinoflagelados como indicadores de "El Niño" en el mar ecuatoriano. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 2(1): 85-117.

Rojas-Mendiola, B., 1981. Seasonal Phytoplankton distribution along the Peruvian coast. In Coastal Upwelling. Ed. F. Richards, pp. 348-356.

Smayda T., 1978. Biogeographical meanig: indicators. 8.1.1 Interpreting the Observations: Qualitative and antecological aspects. In Manuel of Fitoplankton, Ed. A. Sournia, UNESCO.

Susunaga, J., y R. Gómez, 1995. Características Oceanográficas y Meteorológicas en el Sur del Pacífico Colombiano en el período enero-diciembre/93 y su relación con el fenómeno "El Niño 91-92". Bol. Cient. Centro Control Contaminación del Pacífico, CCCP, 5:36-72.

Torres G., 1996. Distribución de la densidad fitoplanctónica en una estación fija costera La Libertad (Ecuador), durante 1989-1993. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), 8(1): 39-49.

Veintimilla-Arcos, T., 1982. Mareas rojas en aguas ecuatorianas. Revista de Ciencias del Mar y Limnología, INP. 1(2): 115-127.

Wooster W., 1969. Ecuatorial front between Perú and Galapagos. Deep-Sea Research, 16:407-419.