

COMPOSICION Y DISTRIBUCION DE LA BIOMASA DEL PLANCTON EN EL FRENTE ECUATORIAL

Por:

ROBERTO JIMENEZ (1)

DOLORES BONILLA (1)

RESUMEN

El Frente Ecuatorial en Septiembre de 1974 estuvo bastante desarrollado con una posición noroeste-sureste y caracterizada por un gradiente de temperatura entre 18°C a 24°C y salinidades entre 33.0 ‰ a 35.0 ‰. Las más altas concentraciones de fitoplancton en el frente ecuatorial estuvieron localizadas entre los 10 a 20m. de profundidad y menores concentraciones se encontraron en la superficie y entre los 30 a 50m. de profundidad. Con respecto a la distribución horizontal del fitoplancton, las más altas concentraciones de células estuvieron localizadas al sur del Frente Ecuatorial, decreciendo hacia el noreste.

Los niveles de población del fitoplancton presentaron especiales características relacionadas a las condiciones hidrográficas. Las diatomeas y cocolitofóridos predominaron al sur del frente, mientras los dinoflagelados predominaron hacia el noreste, donde se localizaron las aguas más cálidas.

Los valores más altos de clorofila (0.5-4.0 mg/m³) estuvieron localizados en el Golfo de Guayaquil. Los valores más bajos de feofitinas estuvieron cerca de la costa, mientras las más altas concentraciones estuvieron al sur del Frente Ecuatorial y cerca del ecuador donde se encontraron los más altos volúmenes de zooplancton, especialmente copépodos fitófagos y eufáusidos.

Altas biomásas de macro-zooplancton (2.500-2.000 ml/1000 m³) se ubicaron en la parte sur del frente, así como en las aguas intermedias o de transición del frente, los volúmenes más bajos encontrados estuvieron localizados hacia el suroeste donde los más altos volúmenes de microplancton (1.500 ml/1000 m³) se ubicaron.

Los diferentes grupos de zooplancton estuvieron relacionados a las particulares condiciones hidrográficas del frente, así como a la distribución del fitoplancton como fuente de alimento. La mayor abundancia de huevos y larvas de peces estuvieron localizadas en el Golfo de Guayaquil y, también hacia el noroeste, decreciendo su abundancia hacia el norte de Manta.

Las particulares características hidrográficas del Frente Ecuatorial favorecen las altas biomásas de fitoplancton, microplancton y macrozooplancton asociados a la parte sur del frente, donde un promedio del 46% de las capturas anuales del barrilete del Pacífico suroriental provienen del Golfo de Guayaquil.

ABSTRACT

The Equatorial Front in September, 1974 was quite developed with a northwest-southeast position, and characterized by a temperature gradient between 18° to 24°C and salinities between 35‰-33.0‰. The highest phytoplanktonic concentrations at the equatorial front were located between

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. División de Biología Marina.

10-20 meters deep and the smaller at the surface and between 30-50 meters. In the horizontal phytoplanktonic distribution, the greater cellular concentrations were located to the south of the equatorial front, decreasing toward the northeast.

The phytoplankton population levels presented special characteristics related to hydrographic conditions. The diatoms and coccolithophorids predominated in colder waters at the southern part of the front, while the dinoflagellates predominated to the northeast, characterized by the warmer waters.

The highest values of chlorophyll ($0.5-4.0 \text{ mg/m}^3$) were found in the Gulf of Guayaquil. The lowest values of fucoxanthins were found close to the coast meanwhile the highest concentrations were located to the south of the equatorial front and close to the equator, where the high volume of zooplankton were found, specially the phytophagous copepods and euphausiids.

A high biomass of macro-zooplankton ($2,500-2,000 \text{ ml/1,000m}^3$) to the southern part of the front were recorded high were in the intermediate waters, the lowest volumes were to the Southwest, where the high volume of microplankton ($1,500 \text{ ml/1,000 m}^3$) were located.

The different groups of zooplankton were related to the particular hydrography conditions of the front as the distribution of phytoplankton, as a food source. The greatest abundance of eggs and fish larvae were located in the Gulf of Guayaquil and also to the Northwest, decreasing the abundance to the North of Manta.

The particular hydrography features of the Equatorial Front, favors the high biomasses of phytoplankton, microplankton and macrozooplankton associated to southern part of the front, where an average of 46% of the annual retained catch of skipjack from the Eastern Pacific came from the Gulf of Guayaquil.

INTRODUCCION

El Instituto Oceanográfico de la Armada desde su creación en el año 1972, ha acumulado a través de los cruceros del BAE "ORION" en aguas ecuatorianas información sobre las condiciones hidrográficas y biológicas del Frente Ecuatorial.

Sin pretender hacer una revisión bibliográfica con referencia al Frente Ecuatorial, sobre la información oceanográfica y planctonológica producida, citaremos las contribuciones que por su afinidad con nuestros propósitos merecen ser destacadas.

La información oceanográfica del área, recogida en cruceros internacionales y en cruceros organizados por instituciones de investigaciones nacionales, en su conjunto y, a grandes rasgos, describen las condiciones hidrográficas generales del mar ecuatorial y, las características físicas del Frente Ecuatorial en particular, con los trabajos de: Knauss (1957), Wrytki (1965), Knauss (1966), Wooster (1969) Stevenson y Taft (1971), Pak y Zaneveld (1974) y Enfield (1975).

En cuanto a los aspectos biológicos del área, la mayor información existe con respecto a las concentraciones de clorofila, mediciones de la producción primaria y volúmenes de zooplancton. La mayor parte de estos trabajos se basan en datos aislados de estos parámetros, con relación a algunas estaciones localizadas en el área del Frente Ecuatorial, pero sin describir las variaciones de los parámetros biológicos dentro del área ecuatorial. Caben citarse dentro de estos trabajos las investigaciones de: Holmes, Shaefer y Shimada (1957), Forsbergh y Joseph (1964), Owen y Zeitschell (1970) y Chin (1970).

En los últimos años, es el trabajo de Miró et-al (1974) el que mejor resume las condiciones de la biomasa fitoplanctónica, expresada en concentraciones de clorofila *a* y, de la producción primaria

en mg. C/m /hora, en superficie, con respecto al Frente Ecuatorial. Posteriormente con los trabajos de Jiménez (1976) y Jiménez y Pesantes (1978) se analizan la producción primaria y fitoplancton para toda la zona eufótica de las aguas costeras del Ecuador, en una época en que también estuvo presente el Frente.

Con respecto a la sistemática del fitoplancton las mayores contribuciones han sido para las áreas costeras, con especial énfasis en el Golfo de Guayaquil, con los trabajos de Jiménez (1975A-1975B) y Pesantes (1978).

En lo que respecta al zooplancton, la información existente es escasa, publicándose datos aislados de biomasa zooplanctónica con los trabajos de Holmes, Shaefer y Shimada (1957) y Forsbergh y Joseph (1964). Las mayores contribuciones se refieren a las investigaciones más recientes sobre determinados grupos zooplanctónicos con los trabajos sobre Foraminíferos planctónicos de: Miró y Luzuriaga (1974), Luzuriaga de Cruz (1976), en Eufáusidos: con los trabajos de Cornejo de González (1976) y Antezana y González (1979) y, con respecto, a la biomasa y distribución de otros grupos del zooplancton con el trabajo de Jiménez (1979).

A pesar de la información existente, por diversas razones la misma no puede integrarse en un todo orgánico de modo tal que permita interpretar en forma global los problemas planteados como objetivo de nuestro trabajo. En especial, por el sistema complejo de corrientes que existe en el Pacífico Ecuatorial que determina igualmente las condiciones inestables de la producción biológica o por la presencia de condiciones anómalas como "El Niño" que pueden alterar el patrón normal de distribución del plancton.

Este trabajo presenta los resultados de la distribución de la biomasa y composición del fitoplancton y zooplancton en el Frente Ecuatorial, cuya presencia caracteriza las condiciones consideradas como "normal" para el sistema de circulación oceánica del Pacífico Tropical.

MATERIALES Y METODOS

1. Muestras:

En cada una de las estaciones ocupadas (fig.1) se tomaron muestras de agua con botellas Nansen con termómetros de inversión a todas las profundidades oceanográficas (hasta los 500m.) para la medición de los parámetros físicos (temperatura, salinidad, oxígeno), para los análisis de pigmentos y fitoplancton se utilizaron botellas Van Dorn y se tomaron muestras a 5 niveles: 0, 10, 20, 30 y 50m. Las muestras se fraccionaron a bordo en 2 submuestras: una de 200 cc. que fue fijada hasta color ámbar con gotas de solución de yodo a saturación en yoduro de potasio purísimo a los efectos de realizar sobre ellos los análisis cuali y cuantitativos del fitoplancton; la otra fracción de 1 litro, se filtró a través de un filtro de fibra de vidrio Whatman, previamente cubierto con una delgada capa de carbonato de magnesio. Los filtros se guardaron en la oscuridad y a 0°C; sobre el material retenido se efectuaron en el laboratorio, las determinaciones de pigmentos fotosintéticos.

En la misma posición de las estaciones oceanográficas se efectuaron barridos verticales de zooplancton desde los 100m. de profundidad a la superficie, se utilizaron redes de malla de 600 y 150 micrones, dimensiones: Red de 600 u: diámetro 57.2 cm. longitud 180 cm.; Red 150 u: diámetro 55 cm. longitud: 140 cm.

Este material se fijó en formol al 5%, se realizaron posteriormente en el laboratorio las mediciones de biomasa de ambas muestras usando el método de volumen por desplazamiento, Método de Bolkov y referido en Kun et-al (1974); con fines de comparación, de las mismas muestras fueron analizados sus volúmenes por desplazamiento usando cilindros graduados, los

Los valores de biomasa se expresan en $\text{ml}/1.000\text{m}^3$ y en mg/m^3 . Todos estos valores corresponden a arrastres verticales, los cuales, dadas las características del arrastre, representan un valor teórico de 28,26 metros cúbicos de agua filtrada (red de 600 u).

a) PIGMENTOS:

Las muestras destinadas al dosaje de pigmentos se trataron de la manera siguiente: Los filtros se homogenizaron en frío con un pequeño volumen de acetona al 90% en un tubo de vidrio y utilizando un émbolo de teflón. El contenido se transfirió a un tubo de centrifuga y se dejaron en la oscuridad por 24 horas, posteriormente se centrifugaron a 3.000 rpm durante diez minutos. El líquido sobrenadante se llevó a volumen, se leyeron las densidades ópticas en un espectrofotómetro Beckman DU II en celdas de 1 cm. de camino óptico. Para los cálculos de clorofila a-b-c y geofitinas se emplearon las ecuaciones de SCOR-UNESCO Working Group/17 (1966) utilizando para los cálculos un computador.

b) ANALISIS CUALI-CUANTITATIVO DEL FITOPLANCTON:

Estudio Sistemático: La sistemática del fitoplancton fue realizada directamente sobre las muestras cuantitativas mediante el empleo de un microscopio invertido Zeiss (según el método Utermohl).

Todas las células se identificaron a nivel de Clase, siempre que fue posible se identificaron a nivel de Especie los siguientes grupos: diatomeas, cocolitofóridos, dinoflagelados, y silicoflagelados. Los flagelados "desnudos" y cianofíceas se cuantificaron (sin intentar realizar una identificación de los mismos).

Recuentos celulares: Los contajes fueron realizados en 14 estaciones seleccionadas y a 5 niveles que dieron un total de 70 muestras analizadas usando el microscopio invertido y sedimentando las muestras cuantitativas fijadas con Lugol, usando para el efecto cubetas de 100, 50 y 25 cc. durante un tiempo no menor de 48 horas. El recuento se efectuó recorriendo 1cm^2 de la superficie de la cámara basal y empleando distintos aumentos según el tamaño de los organismos; posteriormente se hicieron los cálculos con los resultados de los recuentos directos del microscopio para obtener los resultados en células/litro. Igualmente se incorporaron a los resultados los listados de especies identificadas a los distintos niveles.

c) ANALISIS CUALI-CUANTITATIVO DEL ZOOPLANCTON:

El análisis sistemático y conteo de los ejemplares del macrozooplancton se realizó bajo estereomicroscopio Zeiss, utilizándose un microscopio para la observación de aquellas estructuras que así lo requirieron.

La muestra fue homogenizada previamente, separándose luego una alícuota que correspondió al 10% del total de la muestra obtenida y en el que se realizaron los contajes de los organismos, de los resultados se obtuvieron los porcentajes de cada grupo zooplanctónico. Para la preclasificación y estimación de abundancia de las distintas entidades taxonómicas que integran el zooplancton se excluyeron de estos análisis los ejemplares mayores como: Ctenóforos, medusas, etc.

CARACTERISTICAS HIDROGRAFICAS DEL FRENTE ECUATORIAL:

Cromwell y Reid (1956) han definido lo que es un frente oceánico, señalando que es una banda a lo largo de la superficie del mar a través de la cual la densidad cambia abruptamente, además de la densidad,

algunas ocasiones con cambios notables en el color y transparencia del agua.

Wooster (1969), ha definido la presencia, como la posición promedio del Frente Ecuatorial entre los 80° y 90° W entre las costas de Ecuador y Perú y las Islas Galápagos, señalando que el Frente, es una manifestación en superficie que se caracteriza por ser una región que separa las aguas frías y más salinas de la Corriente del Perú, de las cálidas y menos salinas aguas tropicales del Norte. El límite entre ambas es el Frente Ecuatorial. Las variaciones de posición de este frente son notorias en el espacio y tiempo a lo largo del año. También las determinaciones de las corrientes superficiales (observaciones del EASTROPIC) mostraron que las aguas del frente son convergentes, dicha convergencia fue el resultado del sistema de circulación oceánica al Norte y Sur del frente. (Wooster (1969), a través de análisis de los promedios de la temperatura superficial mensual, ha concluido sobre algunas características generales del Frente:

1. El Frente Ecuatorial es una característica superficial confinada sobre los 100 metros de profundidad;
2. Es una característica permanente;
3. La localización del frente varía estacionalmente;
4. El frente está orientado zonalmente (Oeste-Este) entre las Galápagos y los 84° W, y meridionalmente (Noreste-Sureste) al Este de los 83° W; y 5) el gradiente de temperatura a través del Frente, decrece de Este a Oeste y, tiende a ser mayor, durante el invierno en el Hemisferio Sur, que durante el verano.

Posteriormente han sido las investigaciones de Pak y Zaneveld, (1974) las que principalmente han contribuido al conocimiento de las características oceanográficas ligadas al Frente Ecuatorial, desde el Oeste de las Islas Galápagos hasta las proximidades de la costa del Ecuador, durante el crucero del R/V "Yaquina" realizado entre Octubre y Diciembre de 1971.

La contribución principal del estudio de Pak y Zaneveld (1974) son las evidencias que presentan dichos autores con respecto al aporte de agua fría al frente tanto de la Corriente de Perú como del afloramiento Ecuatorial (relacionado con la Subcorriente Ecuatorial). Debido a las grandes variaciones estacionales de la Corriente Costera de Perú en su velocidad y temperatura, la contribución de esta corriente al Frente Ecuatorial, es de esperarse, que muestre una correspondiente variación estacional. En base a esta indicación, tentativamente han concluido los autores, que el afloramiento ecuatorial contribuye en forma permanente el aporte de agua fría al Frente, mientras la corriente de Perú presenta una contribución estacional al Frente Ecuatorial en la región entre la costa de Perú y las Islas Galápagos.

Debido a la importancia que tiene el trabajo de Pak y Zaneveld (op.cit) para las futuras investigaciones de la oceanografía física y biológica del Frente Ecuatorial, nos permitimos presentar las conclusiones a que han llegado estos autores:

- 1) El afloramiento ecuatorial asociado con la divergencia inducida por el viento y la Subcorriente Ecuatorial, parece ser el mayor origen del agua fría del frente ecuatorial al Oeste de las Islas Galápagos.
- 2) La subcorriente Ecuatorial se extiende al

torial al Este de las Islas Galápagos.

4) Sugieren los autores que en adición a la Corriente de Perú, el afloramiento asociado con la Subcorriente puede ser el mayor origen del agua fría del Frente Ecuatorial en la región al Este de las Galápagos entre los 3°N y 3°S.

Enfield (1976) recientemente ha resumido la información existente sobre las características hidrográficas del Frente Ecuatorial, así como la relación del Frente con la circulación termohalina, ligada a las condiciones anómalas de "El Niño".

En la época de nuestras investigaciones el Frente Ecuatorial estuvo bastante desarrollado con una posición Noroeste-Sureste aproximadamente en el centro del área explorada. El Frente presentó temperaturas entre 18° hasta 24°C (fig.2) en 4 grados de latitud (1°N-3°S). (El frente se ha mostrado regularmente más intenso en Septiembre, Enfield 1976). Las salinidades superficiales fluctuaron entre 35.0 ‰ al Sur hasta 32.8 ‰ al Norte (Fig.3).

Las temperaturas superficiales indican las áreas de influencia de las aguas ligadas a la corriente de Perú al Sur, desplazándose hacia el Oeste con temperaturas entre 18° y 19°C y salinidad de 34.5 ‰ y 35.0 ‰ y, de las aguas cálidas tropicales al Noreste con las características de la Cuenca de Panamá con las isotermas de 23° y 24°C y salinidades entre 33.0 ‰ y 32.0 ‰. Por otra parte, la figura 4, muestra claramente como la densidad superficial cambia abruptamente a nivel del frente. Entre las masas de agua del Norte y del Sur, que presentan características oceanográficas diferentes, se localiza una zona de transición, caracterizada por un fuerte gradiente de temperatura salinidad y densidad superficial, que ha sido definida como agua ecuatorial superficial (Wyrki, 1966).

Posteriores investigaciones biológicas relacionadas con el Frente Ecuatorial, han permitido corroborar los estudios antes mencionados, como la de una alta productividad plantónica asociada al afloramiento ecuatorial al Este de las Islas Galápagos. (Jiménez, 1979); la presencia de especies de eufáusidos asociados a la Corriente de Perú al Sur del Frente, así como también especies tropicales, ligadas a las aguas cálidas del Norte del Frente Ecuatorial. También se ha mencionado la presencia de especies de eufáusidos del Pacífico Central como: *Nematocelis microps* y *Nematocelis atlantica* que estarían asociadas a la prologación de la Subcorriente Ecuatorial al Este de Galápagos (Antezana y González, 1979).

Aparte del interés científico que conlleva la investigación de las zonas frontales, no es menos importante la importancia biológica que tienen los frentes para las pesquerías del país. Se sabe desde hace mucho tiempo, que el contacto entre una masa de agua fría y rica y una masa de agua caliente y más pobre, se traduce en un aumento de la producción y de la biomasa en la vecindad del Frente. Las zonas frontales son conocidas por ser ricas en biomasa animal, especialmente al nivel de los términos tróficos superiores, como peces carnívoros y cetáceos.

Frontier (1979) ha analizado

RESULTADOS Y DISCUSION DE DATOS

FITOPLANCTON TOTAL: DISTRIBUCION HORIZONTAL Y VERTICAL

Las mayores concentraciones de fitoplancton en el Frente Ecuatorial se localizaron entre los 10-20 metros de profundidad, localizándose las menores concentraciones en la superficie y entre los 30-50 metros.

Este esquema de distribución vertical del fitoplancton total, es similar al observado al de la distribución vertical de las diatomeas y cocolitofóridos que son los dos grupos fitoplanctónicos cuantitativamente más importantes en la producción primaria del mar ecuatoriano. Numerosas investigaciones de la fisiología del fitoplancton marino han atribuido esta estratificación, como una respuesta fisiológica a la luz solar en la columna de agua iluminada. Existen evidencias, que especialmente en los trópicos, el fitoplancton se concentra en niveles más atenuados de luz, produciéndose en algunas ocasiones una inhibición de la fotosíntesis del fitoplancton por la fuerte radiación solar. Estas consideraciones parece que en nuestro caso determinan las concentraciones menores del fitoplancton en la superficie del mar, localizándose en los niveles subsuperficiales las condiciones óptimas de la incidencia de la luz solar que determinarían las mayores concentraciones para el nivel de los 10-20m. de la columna de agua.

La distribución vertical del fitoplancton para las aguas costeras de Ecuador (Jiménez y Pesantes, 1978), ha presentado igualmente mayores concentraciones entre 10-20m., con concentraciones menores en la superficie y bajo los 30m. de profundidad.

En superficie (fig.5) los máximos fitoplanctónicos se localizaron al sur, a la altura del Golfo de Guayaquil, con concentraciones sobre las 600 cel/ml (o millares de células por litro). Esta área se encontró influenciada por las especies de diatomeas típicas de la Corriente del Perú, especialmente por la predominancia de los géneros *Chaetoceros*, *Bacteriastrium*, *Rhizosolenia* y *Nitzschia*.

Las concentraciones fitoplanctónicas decrecen paulatinamente hacia el norte registrándose valores entre 600-400 cel/ml. Concentraciones entre 400-200 cel/ml se distribuyen hasta el norte, hasta la latitud ecuatorial con una proyección noroeste-sureste similar a la distribución de la isoterma de 21°C. Las altas concentraciones celulares registradas en esta área caracterizan a una zona de alta fertilidad fitoplanctónica, atribuyéndose a la presencia del Frente Ecuatorial una condición normal para el mar ecuatoriano.

Las isotermas de 22°C y 23°C al norte caracterizan las áreas de concentraciones celulares menores con registros entre 200-50 cel/ml.

Hacia los 10m. de profundidad (fig.6) y al sur, se incrementan las concentraciones de fitoplancton, con una proyección noreste que se extiende al norte del Ecuador con concentraciones entre 600-200 cel/ml. Registros menores se localizan al noreste, caracterizados por el avance de aguas más cál

RESULTADOS Y DISCUSION DE DATOS

FITOPLANCTON TOTAL: DISTRIBUCION HORIZONTAL Y VERTICAL

Las mayores concentraciones de fitoplancton en el Frente Ecuatorial se localizaron entre los 10-20 metros de profundidad, localizándose las menores concentraciones en la superficie y entre los 30-50 metros.

Este esquema de distribución vertical del fitoplancton total, es similar al observado al de la distribución vertical de las diatomeas y cocolitofóridos que son los dos grupos fitoplanctónicos cuantitativamente más importantes en la producción primaria del mar ecuatorial. Numerosas investigaciones de la fisiología del fitoplancton marino han atribuido esta estratificación, como una respuesta fisiológica a la luz solar en la columna de agua iluminada. Existen evidencias, que especialmente en los trópicos, el fitoplancton se concentra en niveles más atenuados de luz, produciéndose en algunas ocasiones una inhibición de la fotosíntesis del fitoplancton por la fuerte radiación solar. Estas consideraciones parece que en nuestro caso determinan las concentraciones menores del fitoplancton en la superficie del mar, localizándose en los niveles subsuperficiales las condiciones óptimas de la incidencia de la luz solar que determinarían las mayores concentraciones para el nivel de los 10-20m. de la columna de agua.

La distribución vertical del fitoplancton para las aguas costeras de Ecuador (Jiménez y Pesantes, 1978), ha presentado igualmente mayores concentraciones entre 10-20m., con concentraciones menores en la superficie y bajo los 30m. de profundidad.

En superficie (fig.5) los máximos fitoplanctónicos se localizaron al sur, a la altura del Golfo de Guayaquil, con concentraciones sobre las 600 cel/ml (o millares de células por litro). Esta área se encontró influenciada por las especies de diatomeas típicas de la Corriente del Perú, especialmente por la predominancia de los géneros *Chaetoceros*, *Bacteriastrum*, *Rhizosolenia* y *Nitzschia*.

Las concentraciones fitoplanctónicas decrecen paulatinamente hacia el norte registrándose valores entre 600-400 cel/ml. Concentraciones entre 400-200 cel/ml se distribuyen hasta el norte, hasta la latitud ecuatorial con una proyección noroeste-sureste similar a la distribución de la isoterma de 21°C. Las altas concentraciones celulares registradas en esta área caracterizan a una zona de alta fertilidad fitoplanctónica, atribuyéndose a la presencia del Frente Ecuatorial una condición normal para el mar ecuatorial.

Las isotermas de 22°C y 23°C al norte caracterizan las áreas de concentraciones celulares menores con registros entre 200-50 cel/ml.

Hacia los 10m. de profundidad (fig.6) y al sur, se incrementan las concentraciones de fitoplancton, con una proyección noreste que se extiende al norte del Ecuador con concentraciones entre 600-200 cel/ml. Registros menores se localizan al noreste, caracterizados por el avance de aguas más cál

concentraciones menores hacia el Norte y hacia el continente, siguiendo en términos generales el mismo patrón de distribución que en los niveles superficiales.

En el estrato de los 50 metros (fig.14) se acusan más las reducciones de concentraciones de diatomeas para toda el área geográfica del Frente, con un pequeño máximo (Est.6) en el borde externo del Golfo de Guayaquil con más de 27.000 cel/l., registrándose valores inferiores hacia el Norte y Oeste del Golfo, registros extremadamente bajos se localizan en la zona Norte y Central del área muestreada que corresponde a condiciones hidrográficas de otras características.

COCOLITOFORIDOS:

Los cocolitofóridos fueron muy abundantes principalmente en el área Sur con registros entre 1'000.000-3'000.000 cel/l, en el área oceánica (Est.27). Estas concentraciones son superiores a las registradas en aguas costeras de Ecuador, que para esta misma localidad (área externa del Golfo de Guayaquil) llegan a un máximo de 112.000 cel/l. (Jiménez y Pesantes, 1977). La especie predominante en toda el área estudiada es *Emiliana huxleyi* que llega a un máximo de 120.000 cel/l en la estación 33 y hacia los 20 metros, con registros inferiores hacia la superficie y bajo los 30 metros de profundidad el "bloom" de esta especie en esta localidad determinaría la alta fertilidad de esta área, aunque en realidad las clorofilas no reflejan el máximo hacia este nivel superficial, pudiéndose atribuir esta aparente contradicción al pequeño tamaño de las células (menos de 10 μ) que contiene bajo contenido de clorofilas.

Similares observaciones se han realizado en las áreas de afloramiento ecuatorial, al Oeste de las Islas Galápagos, en una época del año (Noviembre, 1976) en que se encontraban predominantes los cocolitofóridos con respecto a los otros grupos planctónicos, (con un máximo de 51.000 cel/l hacia los 30 m.), registrándose bajas concentraciones de clorofila, menos de 0.2 mg/m³ (Jiménez, 1977).

Las máximas concentraciones de cocolitofóridos en el área investigada, se localizan entre los 10-20 metros (figs.16-17) de profundidad, teniéndose registros ligeramente inferiores en superficie (fig.15) y en el estrato de los 30 metros (fig.18) con un incremento en los 50 metros (fig.19) hacia el Norte con dirección Sureste-Noreste reflejando esta distribución la dirección de la corriente en esta profundidad. Los cambios más significativos en las concentraciones de cocolitofóridos en profundidad se registran especialmente en el límite Norte del Frente Ecuatorial, mientras en el límite Sur las concentraciones de estas células se mantienen más o menos invariables, desde la superficie hasta los 50 metros de profundidad, con un pico de altas concentraciones de más de 1'000.000 de cel/l. desde la superficie hasta los 50 metros (Est. 4 y 6) en la periferia del Golfo de Guayaquil.

Es interesante anotar, que los cocolitofóridos de superficie contabilizados en esta área correspondieron a especies pequeñas que fueron difíciles de ser identificadas; encontrándose células

Forsbergh y Joseph (1964) analizando la producción biológica en el Pacífico Oriental resumen la información biológica de varios cruceros realizados en el área como son los: STEPI Sept. Dcbre 1960, SWANSONG Oct. Dicbre. 1961.

Estos dos últimos cruceros cubrieron con algunas estaciones, posiciones geográficas próximas a nuestra área de estudio y son las que mejor nos sirven para fines de comparación y análisis con respecto a la producción del fitoplancton y a la biomasa del zooplancton.

Durante estos dos cruceros, las concentraciones de fitoplancton expresadas en valores de clorofila y producción primaria son relativamente altas ($0.3-0.9 \text{ mg/m}^3$ de clorofila *a* y $15-45 \text{ mg C/m}^3/\text{día}$) para las aguas entre el continente y las Islas Galápagos, encontrándose los valores máximos al Oeste de las Islas Galápagos, y en las aguas al Sur de los afloramientos de la Corriente de Perú.

Posteriormente, durante el crucero 15 del Anton Bruun en Abril de 1966 (Chin, 1970) se cubrieron con 14 estaciones las aguas ecuatorianas entre las Islas Galápagos y el continente, en este crucero se investigaron parámetros físicos, químicos y biológicos (producción primaria y clorofilas). En esta ocasión correspondieron igualmente los máximos de clorofila al área Sur, con registros inferiores (entre $0.1-0.2 \text{ mg/m}^3$) en las estaciones muestreadas más al Norte.

En los cruceros de Octubre a Noviembre de 1967 del EASTROPAC (Atlas 1974) se ha recogido abundante información sobre las condiciones hidrográficas y biológicas del Pacífico Este cubriéndose áreas próximas (Oeste de los 85°W) a la investigada en el presente trabajo ($84^\circ-81^\circ\text{W}$)

Los valores de clorofila en superficie fluctúan entre $0.3-0.4 \text{ mg/m}^3$ entre los $93^\circ-85^\circ\text{W}$. Los valores de clorofila integrados para la zona eufótica registran valores altos para esta área con evaluaciones inferiores en las áreas Norte y Sur del Ecuador. Los valores de feofitinas son igualmente altos ($20-30 \text{ mg/m}^3$) al Oeste y Este de las Islas Galápagos. Con respecto a la producción primaria en superficie y para la zona eufótica, los valores son más altos hacia los 85°W disminuyendo los registros hacia el Oeste.

Los análisis de producción primaria y clorofilas realizados en estos cruceros nos sirven para fines de comparación y referencia, aunque en su mayoría no cubrieron las mismas áreas geográficas que las del presente trabajo ni se incorporan a un cuerpo de discusión con referencia a las condiciones hidrográficas encontradas.

DISTRIBUCION VERTICAL Y HORIZONTAL

CL

aunque no podemos atribuir esta fertilidad a un proceso oceanográfico específico, su presencia en un área ecuatorial y con un origen oceánico nos obliga a presentar 2 posibles causas de la alta biomasa fitoplanctónica encontrada:

1. La Subcorriente Ecuatorial al aflorar en Galápagos ocasiona un enriquecimiento de las aguas superficiales, que por el sistema de corrientes superficiales, serían arrastradas hacia el continente originando un área de alta productividad al Este de Galápagos.

2. Existe también la posibilidad de un enriquecimiento del fitoplancton "in situ" en esta área relacionados con la Subcorriente Ecuatorial, en el pronunciado deslizamiento y mezcla producido por la Subcorriente, el agua mezclada asciende a la superficie y el efecto del afloramiento es intensificado por la divergencia de los vientos superficiales (Smith, 1973).

Wyrski (cartas mensuales) sugiere que los afloramientos ecuatoriales estarían ligados a una capa de mezcla superficial con una termoclina somera, que puede desaparecer totalmente con el desarrollo del afloramiento ecuatorial.

En nuestro caso, la distribución vertical de temperatura se observa con una termoclina somera, con una capa de mezcla bastante superficial, ésta circunstancia nos sugiere que posiblemente el afloramiento ecuatorial se produjo con anterioridad al muestreo realizado, encontrándose en su lugar una alta biomasa fitoplanctónica como producto de esta surgencia.

Hacia los 10 m de profundidad (fig.26) valores altos de $3.0-4 \text{ mg/m}^3$ de clorofila *a* se localizan en el Golfo de Guayaquil.

En aguas oceánicas, al Sur, se registran concentraciones entre $0.3-0.1 \text{ mg/m}^3$, hacia el Norte las concentraciones fluctúan entre $0.2-0.1 \text{ mg/m}^3$, coincidiendo los valores de 0.2 mg/m^3 a las aguas ligadas al Frente Ecuatorial mientras los valores de 0.1 mg/m^3 se distribuyeron con el avance de aguas más cálidas, al Noreste.

Hacia los 20 m. de profundidad (fig.27) se mantienen las concentraciones altas de las clorofilas en el Golfo de Guayaquil disminuyendo hacia el Oeste.

En aguas oceánicas igualmente se mantienen las concentraciones entre $0.2-0.1 \text{ mg/m}^3$, coincidiendo la distribución de 0.2 mg/m^3 , a las aguas más oceánicas, mientras la distribución de la concentración de 0.1 mg/m^3 corresponde a las aguas más próximas a la costa y ligadas a las aguas más cálidas del Norte.

A los 30 m. (fig.28) se mantiene aproximadamente el mismo esquema de distribución que a los 20 m. aunque los registros de 0.1 mg/m^3 , se distribuyen en forma más amplia en las áreas Norte y en las proximidades del continente.

FEOPIGMENTOS:

En la superficie del mar (fig.30) la concentración de los feopigmentos fluctuaron entre 1-4 mg/m³ en las áreas más próximas a la costa, excepto en el Golfo de Guayaquil en que se registra una concentración máxima de 10 mg/m³. Para las áreas más oceánicas las concentraciones fluctuaron entre 5-10 mg/m³, localizándose los máximos en el área Sur entre los 82° al 84°W, y al Norte en el ecuador donde se localiza igualmente el máximo de clorofila *a*.

Hacia los 10 m. de profundidad (fig.31) las concentraciones de feopigmentos disminuyen en dirección de las aguas próximas a la costa con registros menores de 1 mg/m³.

Hacia la parte oceánica ecuatorial se encuentran las concentraciones con valores entre 5-10 mg/m³ correspondiendo los máximos (entre 10-15 mg/m³) a una distribución a manchas discontinuas. Al Sur en las áreas influenciadas por la Corriente Peruana se registran concentraciones menores de 5 mg/m³.

En los 20 m. de profundidad (fig.32) la distribución es bastante similar que a los 10 m. presentándose concentraciones menores de 5 mg/m³ en las áreas costeras y en la parte oceánica en el área Sur, hacia el Norte, en el Ecuador y al Norte y Sur de esta latitud se localizan los máximos entre 5-15 mg/m³. Esta particular distribución de los feopigmentos entre los 10 y 20 m. la atribuimos a los altos valores que presentan los volúmenes de zooplancton herbívoro, especialmente copépodos y eufaúsidos, para estas áreas investigadas. Lorenze (1967) determinó que la cantidad de feopigmentos en la columna de agua está relacionada a la cantidad de zooplancton fitófago.

En los mapas de distribución de biomasa de copépodos y eufaúsidos, las máximas concentraciones de estos fitófagos se localizan justamente en los máximos de los feopigmentos. Esta correlación entre biomasa de zooplancton y feopigmentos ha sido igualmente positiva en las investigaciones de Panamá Bight por Forsbergh (1969) al Norte de nuestra área de estudio.

En los 30 m. de profundidad (fig.33) se incrementan las concentraciones de feopigmentos en el área Sur con una distribución con valores entre los 10-13 mg/m³, que corresponde a la localización del máximo de biomasa zooplanctónica para esta área. Al Norte las concentraciones fluctúan entre 1-8 mg/m³ con una distribución bastante discontinua de difícil interpretación, aunque los máximos de 5 y 8 mg/m³ se localizan en la latitud ecuatorial.

En los 50 m. de profundidad (fig.34) se mantiene aproximadamente el mismo esquema de distribución observado que en los niveles superiores, es decir, los máximos de feopigmentos (entre 5-10 mg/m³) se localizan en las áreas Sur, con una disposición del máximo de los 10 mg/m³ hacia el Oeste similar a la disposición de la Corriente de Perú para

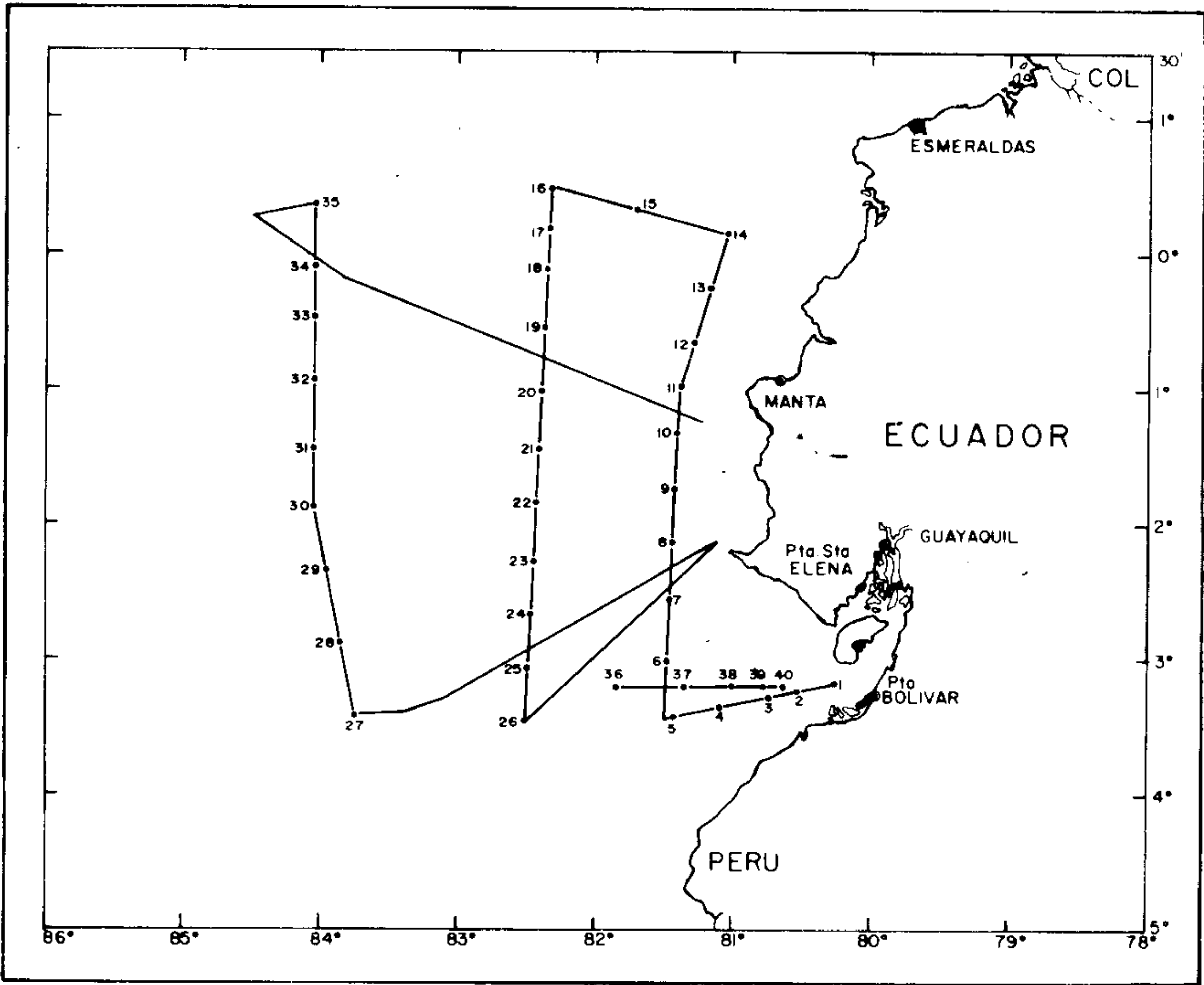


Fig. 1. Derrota Final “Bae Orión Tercer Crucero Oceánico 12-22 Sept. de 1974.

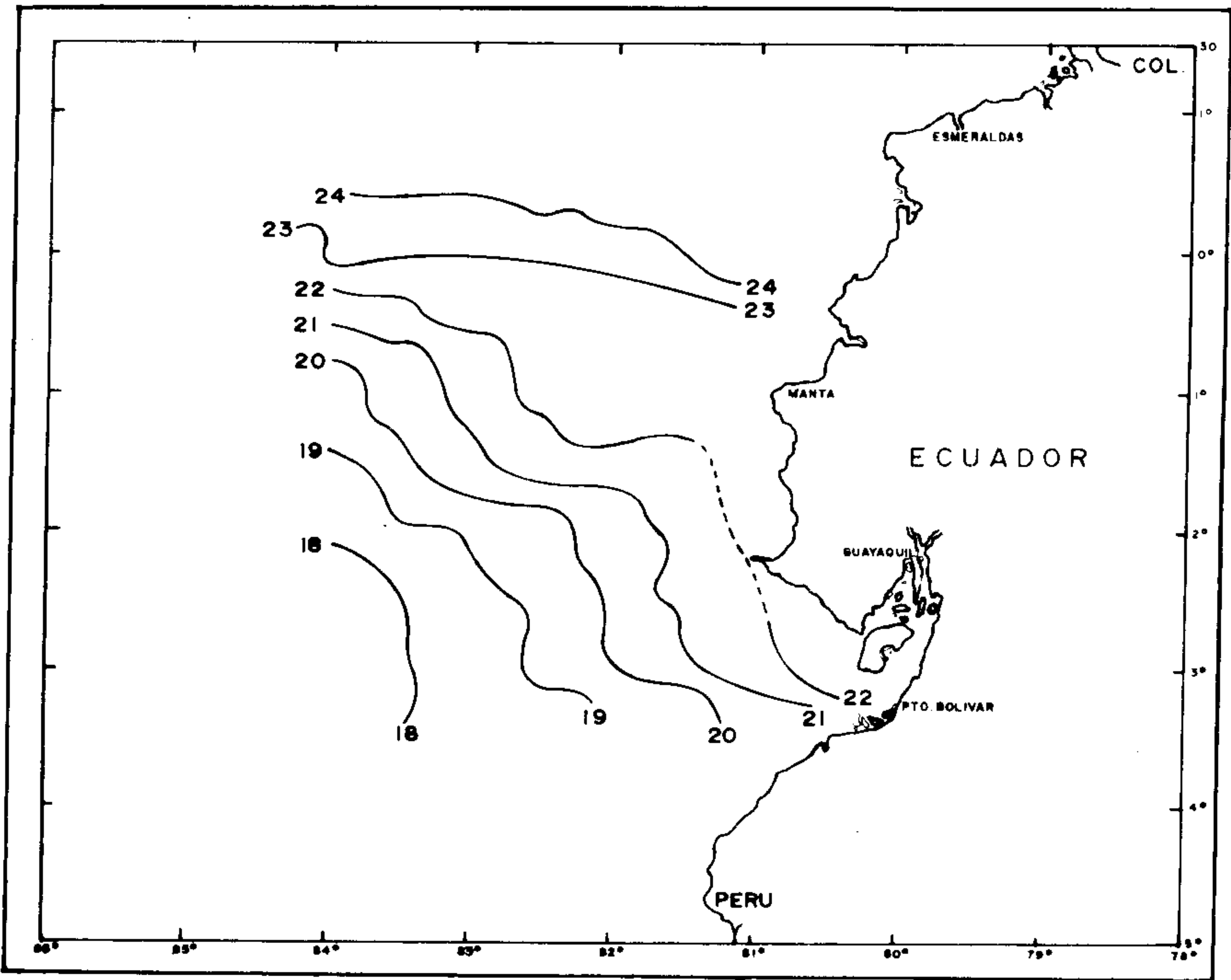


Fig. 2. Temperatura Superficial Tercer Crucero Oceánico Sept. 12-27 de 1974.

