

ANALISIS DE VIENTO EN LA PROVINCIA DE MANABI

Por:

VANESSA CARDIN (1)
M. PILAR CORNEJO-RODRIGUEZ (2)

RESUMEN

Series de tiempo de la velocidad del viento de Bahía de Caráquez y Manta, y altura de olas de Jaramijó durante 1979-1980 han sido analizados, observándose que las principales frecuencias, se encuentran comprendidas entre 2 días y 1 año, similares a aquellas de las ondas de largo período. Para esto se utilizaron técnicas estadísticas tales como la media corrida y el análisis espectral. Se estableció en forma clara, así mismo, la presencia de periodicidades de 40-60 días para las series de viento similares a las referidas por Spillane et al. (1987), Enfield (1987), y Luther (1980) entre otros. El régimen de vientos analizado coincide con el régimen de los vientos alisios del sur, los cuales decaen y se incrementan para las mismas épocas como producto del anticiclón del sur. El espectro cruzado entre las series de viento y de altura significativa de ola muestra una débil evidencia de la tendencia dominante de posibles ondas con períodos entre 3.0 y 7.0 días; además de un débil forzamiento local de los vientos sobre las ondas.

ABSTRACT

Time series of wind velocity from Bahía de Caráquez and Manta, and significant wave height from Jaramijó during 1979-1980 have been analyzed, showing that the principals periodicities of those series are between 2 days and 1 year, similar to those for long period waves. Statistical Techniques such as moving averages and spectral analysis have been used. A 40-60 days oscillation is evident for the wind series, similar to those referred by Spillane et al. (1987), Enfield (1987) and Luther (1980). The wind regime presents the same characteristics of the regime of the South Trade Winds, which decays and increases for the same time, as a result of the southern high pressure center. A Cross Spectra of wind series and wave height show a weak evidence of a dominant tendency of 3.0 and 7.0 days waves; the same as a weak evidence of local forcing during those periods.

INTRODUCCION

Estudios anteriores tales como Wunsch y Gill (1976), Luther (1980), Enfield (1981), Spillane et al. (1987), Enfield (1987), Enfield et al. (1987) entre otros demostraron la existencia de diferentes tipos de oscilaciones con diversas periodicidades, tanto atmosféricas como oceánicas, para la región del Pacífico Ecuatorial. El objetivo de esta investigación es determinar la presencia de periodicidades dentro del rango de las ondas oceánicas a partir de datos de viento y olas, así como también la interacción existente para las diferentes frecuencias.

OBSERVACIONES EN EL PACIFICO ECUATORIAL

Ondas ecuatoriales han sido observadas en el Pacífico Ecuatorial tanto en la atmósfera como en el océano. Wunsch y Gill (1976) encontraron una oscila-

ción significativa de 4 días, la cual se encuentra confinada ecuatorialmente y se presenta coherente con los vientos meridionales locales. No se encontró un pico de energía correspondiente a esta frecuencia en las variables atmosféricas, lo que les llevó a concluir que la oscilación era debido a una resonancia oceánica. Luther (1980) detectó la presencia de ondas mezcladas Rossby-Gravedad (MRG) en la tropósfera baja cuyas componentes meridionales eran dominantes cerca del ecuador, con periodicidades de 3-7 días. Así mismo, periodicidades entre 7-20 días fueron encontradas para ondas Kelvin en la estratósfera y oscilaciones de vientos superficiales en la zona ecuatorial. En la banda de 20-90 días únicamente encontró la presencia de ondas Kelvin. Para mediciones en el océano ondas MRG se presentaron en forma muy significativa en bandas de frecuencias entre 6.5-7 y 9-10 días. Periodicidades entre 35-80 días fueron encontradas para las ondas Kelvin en el océano. Romea y Smith (1983) analizaron las corrientes y fluctuaciones del nivel del mar para el

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR.- P.O. Box, 5940; Guayaquil - Ecuador.
(2) Escuela Superior Politécnica del Litoral. ESPOL.- P.O. Box, 5863.- Guayaquil - Ecuador.

período entre 1976-1977, en la banda de frecuencia de 0.1 - 0.2 cpd a lo largo de la costa de Perú (5°S-15°S) y encontraron fluctuaciones que se propagan hacia los polos con una velocidad de fase entre 2-3 m/s, las cuales no se encuentran forzadas localmente. Ellos trataron de establecer una conexión entre las fluctuaciones costeras en la banda de días-semanas y la variabilidad ecuatorial, comparando una estación mareográfica en la Isla Baltra con estaciones a lo largo de la costa de Perú. Una evidencia tenue de que las ondas ecuatoriales atrapadas Kelvin provienen de las señales que se propagan en forma costera fue encontrada.

Sin embargo, estudios en la región ecuatorial alrededor de las Islas Galápagos (Ripa y Hayes, 1981; Chiswell et al. 1987) sugirieron que la variabilidad ecuatorial en la banda de días -semanas consiste en energía en la forma de ondas atrapadas MRG (o Yanai), así como también de ondas Kelvin. Ripa y Hayes (1981) encontraron que el primer (segundo) modo estaba de acuerdo con la estructura simétrica (antisimétrica) de las ondas Kelvin (Yanai) dominando las bajas (altas) frecuencias. Chiswell et al. (1987) utilizaron series de alturas dinámicas de ecosondas invertidos alrededor de las Islas Galápagos y encontraron evidencia de la presencia de las ondas Kelvin y Yanai. Técnicas de análisis espectral utilizadas por Spillane et al. (1987) y aplicadas a 4 años de mediciones de mareógrafos revelaron una fuerte evidencia de una oscilación estacional de 36-73 días, en la cual se sugiere que esta fluctuación se propaga hacia los polos como una onda costera no forzada por influencias meteorológicas locales. Cornejo-Rodríguez y Enfield (1987), encontraron fluctuaciones en el nivel del mar a lo largo de la costa Oeste de Sudamérica durante El Niño 82-83, en un orden de magnitud mayor que antes o después del evento, con período de 1-2 semanas y demostraron que estas fluctuaciones no fueron forzadas localmente. Enfield et al. (1987) analizaron series de tiempo del nivel del mar y corrientes en el Pacífico Ecuatorial Oriental para el período 1982-1983 y demostraron que las ondas MRG eran las responsables de las fluctuaciones más energéticas del nivel del mar observadas por Cornejo-Rodríguez y Enfield (1987), que se detectaron en la frontera Este. Demostraron, así mismo, que las ondas MRG eran las dominantes en la banda de 1-2 semanas.

CARACTERISTICAS DE LAS SERIES DE TIEMPO EN EL SITIO DE ESTUDIO

La costa en estudio, de unos 59 kms de extensión, limita al norte con la ciudad de Bahía de Caráquez ($0^{\circ} 35' S, 80^{\circ} 25' W$), y al sur con la ciudad de Manta (0°

57° S, 80° 41' W), correspondiente al campo local de vientos (Fig. 1). Los datos de altura significativa de olas, pertenecientes a la localidad de Jaramijó (0° 54' 45.0" S, 80° 37' 34.0" W), para un período de muestreo entre julio/79 y marzo/80 fueron utilizados únicamente para realizar el espectro cruzado entre el viento y las ondas y poder determinar la existencia de un forzamiento local. Esta localidad fue utilizada debido a su proximidad a ambas ciudades con régimen de vientos.

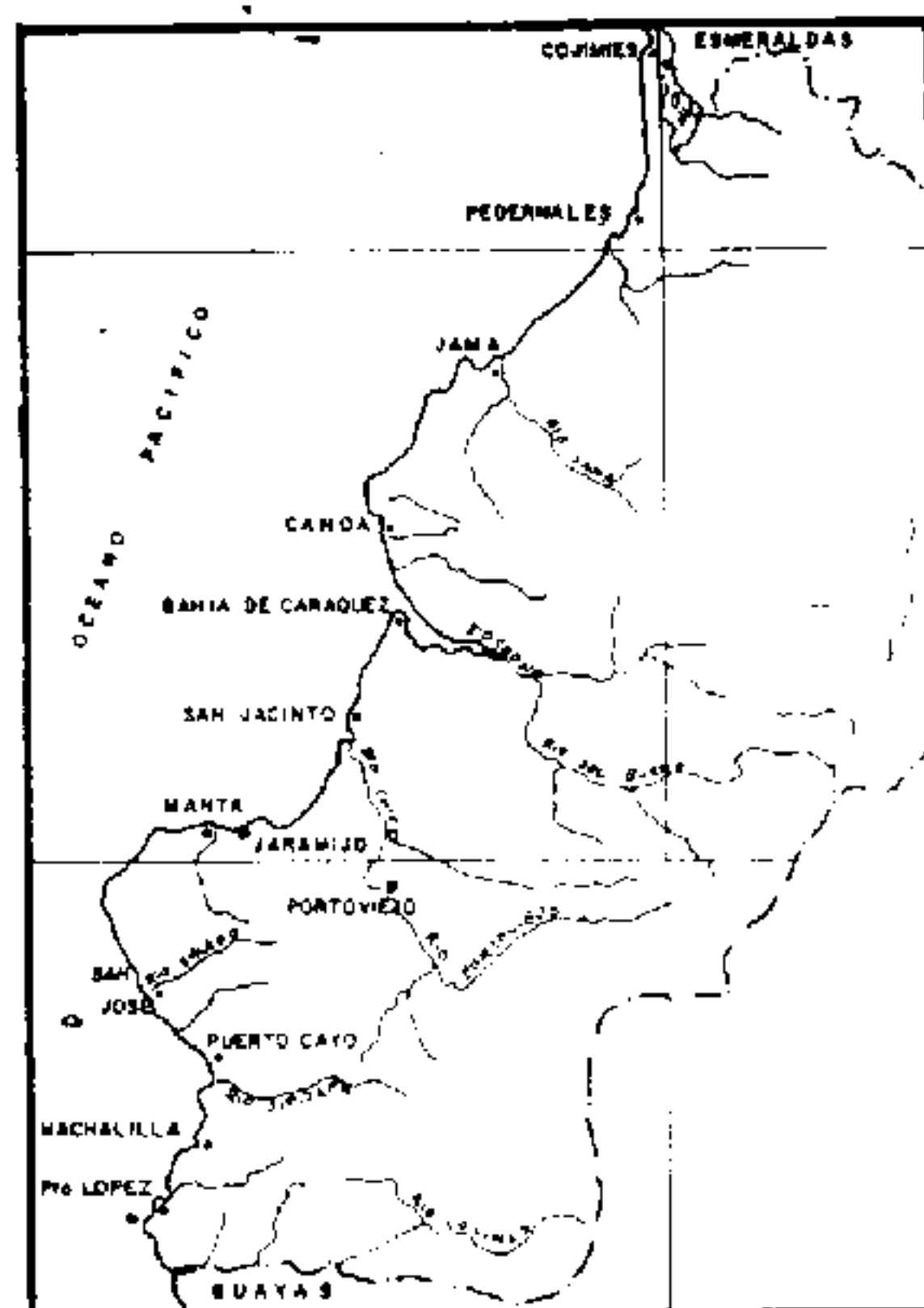


Figura 1.- Geografía de la Provincia de Manabí.
Fuente: Ayon H. 1987 - Grandes rasgos Geomorfológicos de la Costa Ecuatoriana

Para realizar el análisis de los vientos fue necesario crear dos períodos de mediciones, tanto para la serie de tiempo de Bahía de Caráquez como para aquella de Manta, el primer período comprendió entre julio 1979 y marzo 1980, mientras que el segundo entre julio 1979 y diciembre 1980. El primero fue aplicado en el análisis espectral (autoespectro y espectro cruzado viento - ondas) con el objeto de mantener uniformidad entre las series. Sin embargo, para obtener una mejor resolución así como mayor información de las periodicidades presentes en las series de tiempo de viento a partir de las corridas móviles fue preciso el uso del segundo período de medición.

Basado en la experiencia de los observadores meteorológicos y debido a la falta de observaciones en los aeropuertos durante la noche, se ha añadido el valor medio de la serie entre las 19h00 y las 06h00. De esta manera la Aviación Civil ha obtenido los promedios diarios para cada una de las localidades, manteniéndose dentro de las regulaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y según la cual las observaciones de viento se realizan en forma sinóptica a las

07h00, 13h00 y 19h00. La velocidad del viento está expresada en metros/segundos y la dirección en grados magnéticos. Los datos de viento de la estación de Bahía de Caráquez fueron registrados por un transmisor de Viento BENDIX AEROVANE, modelo 120, mientras que aquellos provenientes de Manta fueron obtenidos por un registrador de viento AEROCOM.

ANÁLISIS ESPECTRAL DE LAS SERIES DE TIEMPO

El método utilizado para el análisis espectral de las series de tiempo, tanto de ondas como de viento ha sido el método directo (Cooley-Tuckey), el cual calcula directamente la transformada de la serie. Así mismo se asumió que la serie de tiempo es estacionaria, esto quiere decir que la media y la varianza de la serie se conservan a lo "largo" de ella y para producir un suavizamiento de los datos se utilizó la ventana de Hanning (Cardin, 1989).

Debido a que el espectro es real no es necesario calcular ambos lados del espectro sino hasta una frecuencia determinada dada por la frecuencia Nyquist ($1/2 \Delta t$), ya que a partir de esta frecuencia la transformada se vuelve periódica. El intervalo de tiempo Δt escogido para el cómputo del espectro fue 1 día, (utilizando los promedios diarios de la serie), lo que proporciona una frecuencia Nyquist de 0.5 cpd. Para la aplicación del análisis espectral la serie de tiempo de longitud n ha sido dividida en secciones de m puntos cada una, donde m es una potencia de dos. Secciones sucesivas son multiplicadas por la ventana de Hanning, transformadas por la transformada rápida de Fourier y acumuladas. Además se utilizó el método de promedios móviles para suavizar el espectro, utilizando subseries de 128 puntos con un traslape de 64 puntos. Luego se promedian los valores del espectro para cada frecuencia espectral.

APLICACION DE LAS MEDIAS CORRIDAS

Las características principales de las series se las definió a partir de los valores de magnitud y dirección, por lo que se realizó un análisis tanto vectorial (componentes u y v) como escalar. Siguiendo con una misma metodología de análisis para las series de tiempo se realizaron medias o promedios corridos de 15, 30 y 45 días para cada una de las estaciones de Manta y Bahía de Caráquez. Los gráficos de las medias corridas no son presentados en este artículo, habiendo sido ya expuestos por Cardin (1989).

En general, la serie de viento de Bahía de Caráquez en forma escalar presenta una tendencia as-

cendente desde julio a noviembre, mes a partir del cual la intensidad del viento empieza a decaer monótonicamente hasta encontrar su mínima expresión entre los meses de marzo y abril, para luego incrementarse nuevamente en forma sinusoidal hasta su máximo valor durante el mes de noviembre, como se aprecia en la figura 2. La serie de Manta en forma escalar presenta una tendencia ascendente desde julio hasta noviembre cuando empieza a declinar, registrándose los mínimos valores durante los meses de marzo-abril, al igual que la serie de Bahía. Sin embargo, anomalías de la magnitud de la velocidad del viento son registradas durante los meses de agosto y septiembre, al experimentar un colapso los vientos. Los valores de la velocidad del viento han sido filtrados inicialmente utilizando promedios diarios, reduciendo la variabilidad de la serie y eliminando periodicidades ≤ 2 días.

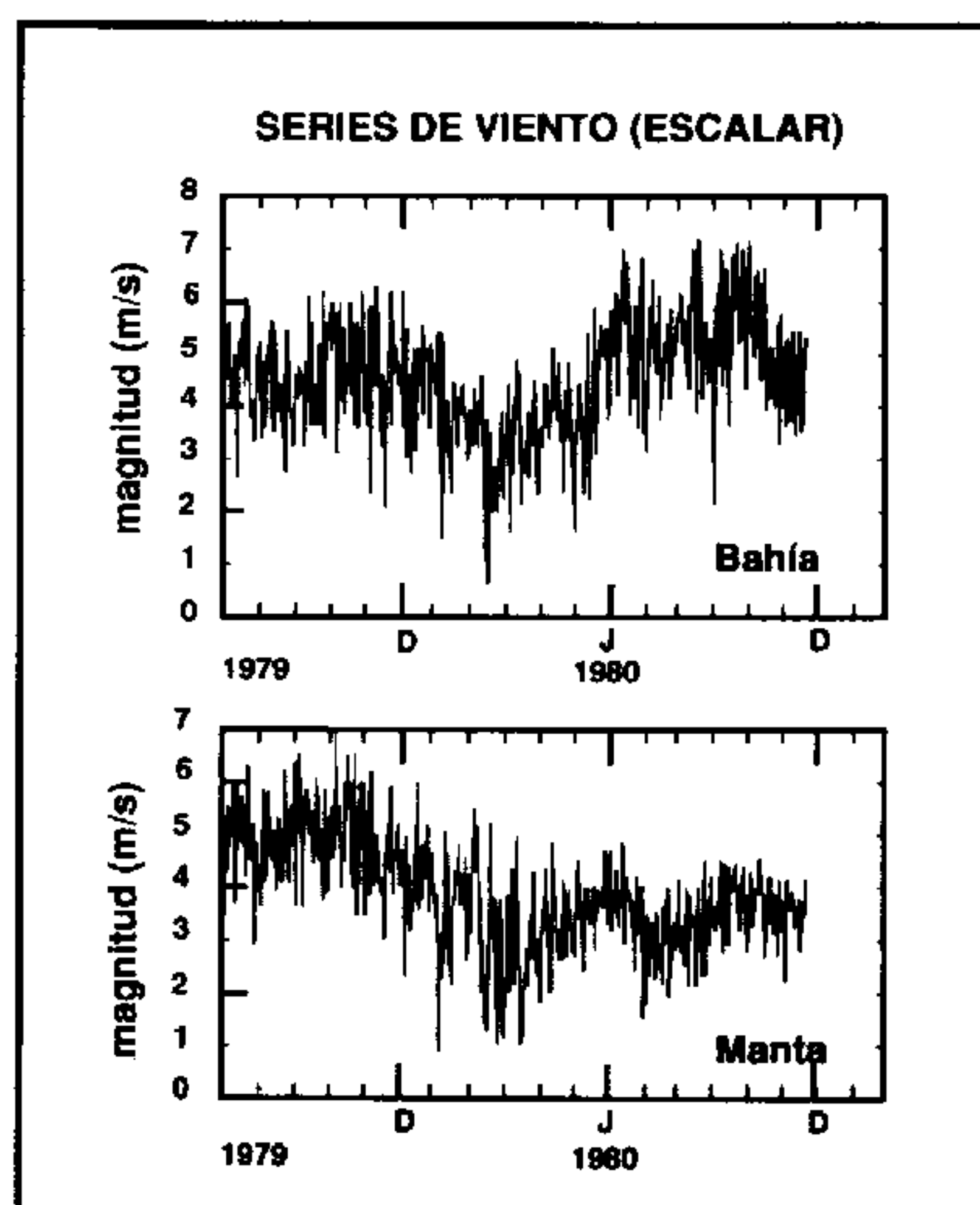


Figura 2 Series de viento escalar en Manta y Bahía

Se establece que la componente u del viento (Bahía de Caráquez) aporta mucho más energía a la serie que la componente v ya que la amplitud de oscilación es mayor, mientras que el comportamiento de la componente v se presenta diferente y oscila con una menor amplitud y principalmente dentro de valores negativos, analizado por Cardin (1989). Descomponiendo la serie (Manta) en sus componentes norte y este (u y v) se observa una mayor oscilación y aporte significativo positivo de la componente u durante los

primeros 8 meses de la serie de tiempo, para luego producirse una situación inversa.

La media corrida de 15 días de la serie de viento de Bahía de Caráquez muestra la presencia de fluctuaciones de aproximadamente 40-60 días en la media corrida de 15 días, aunque en forma menos visible que la observada para Manta, filtrando además las altas frecuencias (bajos períodos). A medida que se incrementa el número de días para los cuales se realizan las medias corridas (30 y 45 días), se obtiene una atenuación de la serie. Realizando una comparación entre medias corridas y tomando en cuenta el filtro de 45 días se establece la presencia de una onda sinusoidal con un valor mínimo aproximadamente durante el mes de abril y luego ascender hasta el mes de noviembre/80 y experimentar un descenso para los siguientes meses.

Luego de realizar medias corridas similares a aquellas para la localidad de Bahía de Caráquez a partir de los promedios diarios se observó para Manta una periodicidad aproximada de 40 a 60 días entre los meses de julio/79-mayo/80, sin embargo a partir de esta fecha la periodicidad varía, presentándose como pequeñas ondulaciones para el resto de la serie. Debido a que las medias corridas o corridas móviles filtran diferentes periodicidades o parte de energía, fluctuaciones de pequeño período son suavizadas a medida que se incrementa el período de tiempo de la media corrida (15, 30 y 45 días). A medida que se filtra la serie de tiempo se establece la presencia más clara de oscilaciones de mayor período.

En la media corrida de 30 días estas periodicidades de 40 a 60 días son atenuadas advirtiéndose pequeñas ondulaciones durante toda la serie. La serie se incrementa de julio hasta su máximo en noviembre/79, para luego disminuir paulatinamente hasta mayo/80, a partir del cual aparecen dos ondas de aproximadamente tres meses y medio. En la media corrida de 45 días, se mantienen pequeñas ondulaciones y se caracteriza esta por la aparición de oscilaciones de largo período en forma irregular: la primera desde julio/79 hasta abril-mayo/80 y la segunda de aproximadamente entre mayo - septiembre/octubre para luego continuar una tendencia ascendente (Cardin, 1989).

APLICACION DEL ANALISIS ESPECTRAL

El análisis espectral de las series de viento fue realizado con una frecuencia Nyquist de 0.5 cpd. Para la localidad de Bahía de Caráquez (Fig. 3) la energía se concentra en una banda entre 0.352 cpd y 0.416 cpd, con un pico dentro de esta banda localizado en 0.38 cpd. A

diferencia de la componente escalar del viento de Bahía, tres picos principales bien definidos se visualizan en el espectro del viento escalar, para la localidad de Manta, en las frecuencias altas de 0.02 cpd (50 días), a más de una banda de alta energía en frecuencias entre 0.108 cpd (9.26 días) y 0.184 cpd (5.43 días). La serie se presenta más energética para las bajas frecuencias en relación con los valores del espectro a partir de 0.3 cpd, cuando se observa una mayor uniformidad.

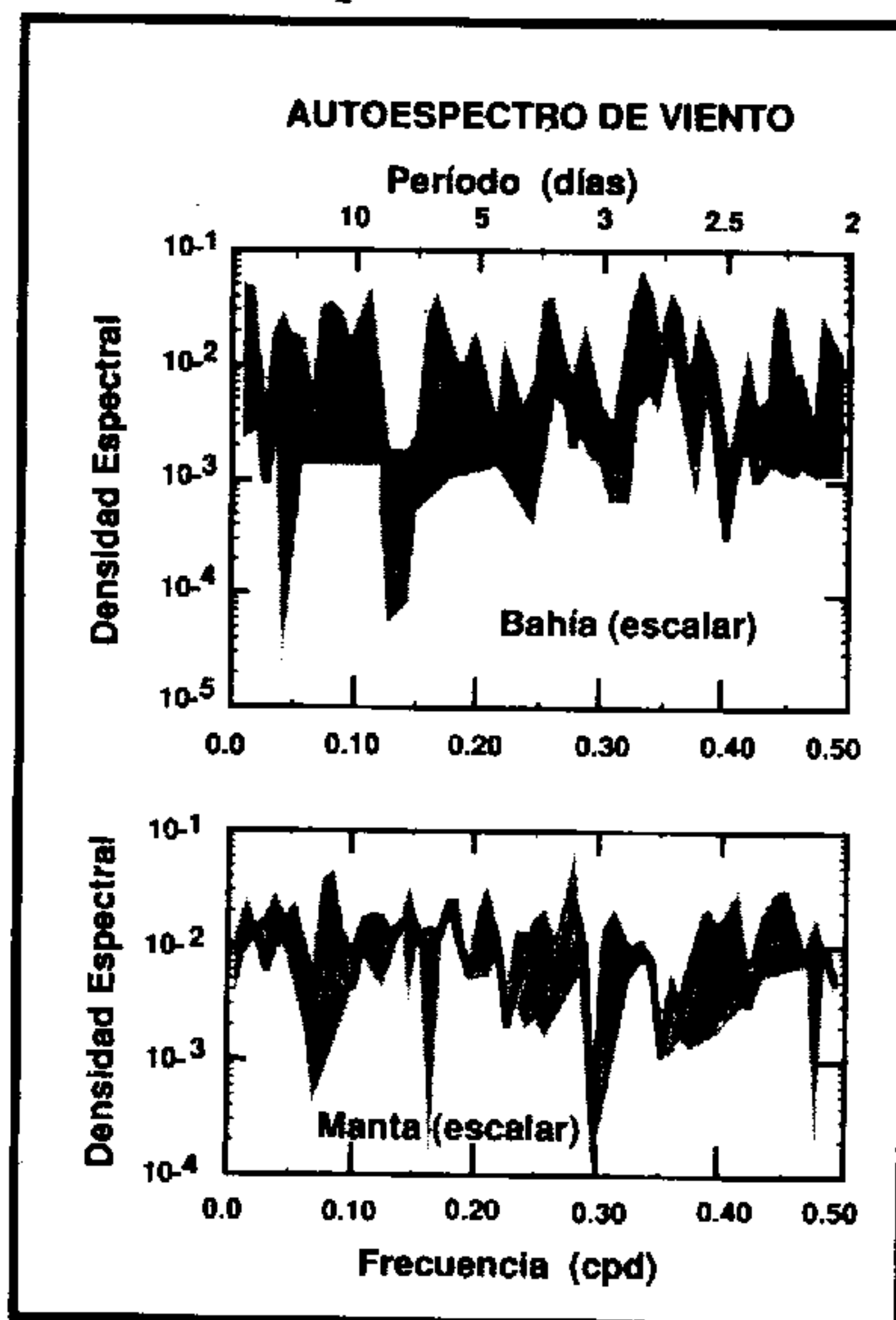


Figura 3 Autoespectro del viento (escalar)

El espectro de la componente u del viento (Bahía de Caráquez) (Fig. 4) al igual que aquel en forma escalar se caracteriza por presentar picos bien definidos en la banda de frecuencias de 0.264 cpd y 0.356 cpd, lo que corresponde a periodicidades entre 3.78 días y 2.8 días. El espectro para la componente u del viento (Manta) presenta picos tanto en altas como bajas frecuencias, con periodicidades características de 83 días, 3.8 días y 2.38 días.

La componente v del espectro (Bahía de Caráquez) (Fig. 5) no aporta gran cantidad de energía, presentando un único pico significativo en 0.332 cpd, es decir una periodicidad de 3 días. Picos con amplios intervalos de confianza aparecen como características

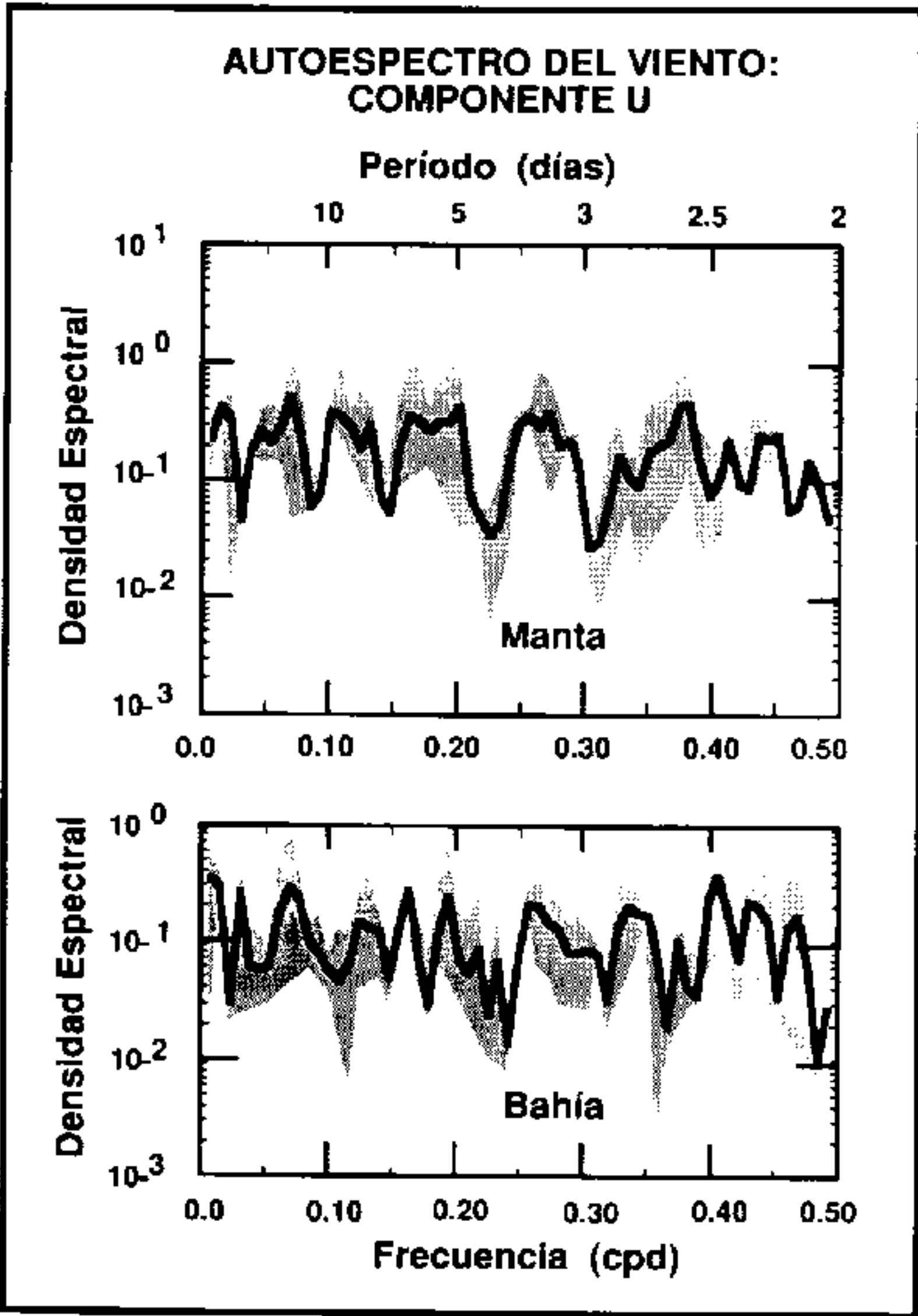


Figura 4 Autoespectro de la componente u del viento

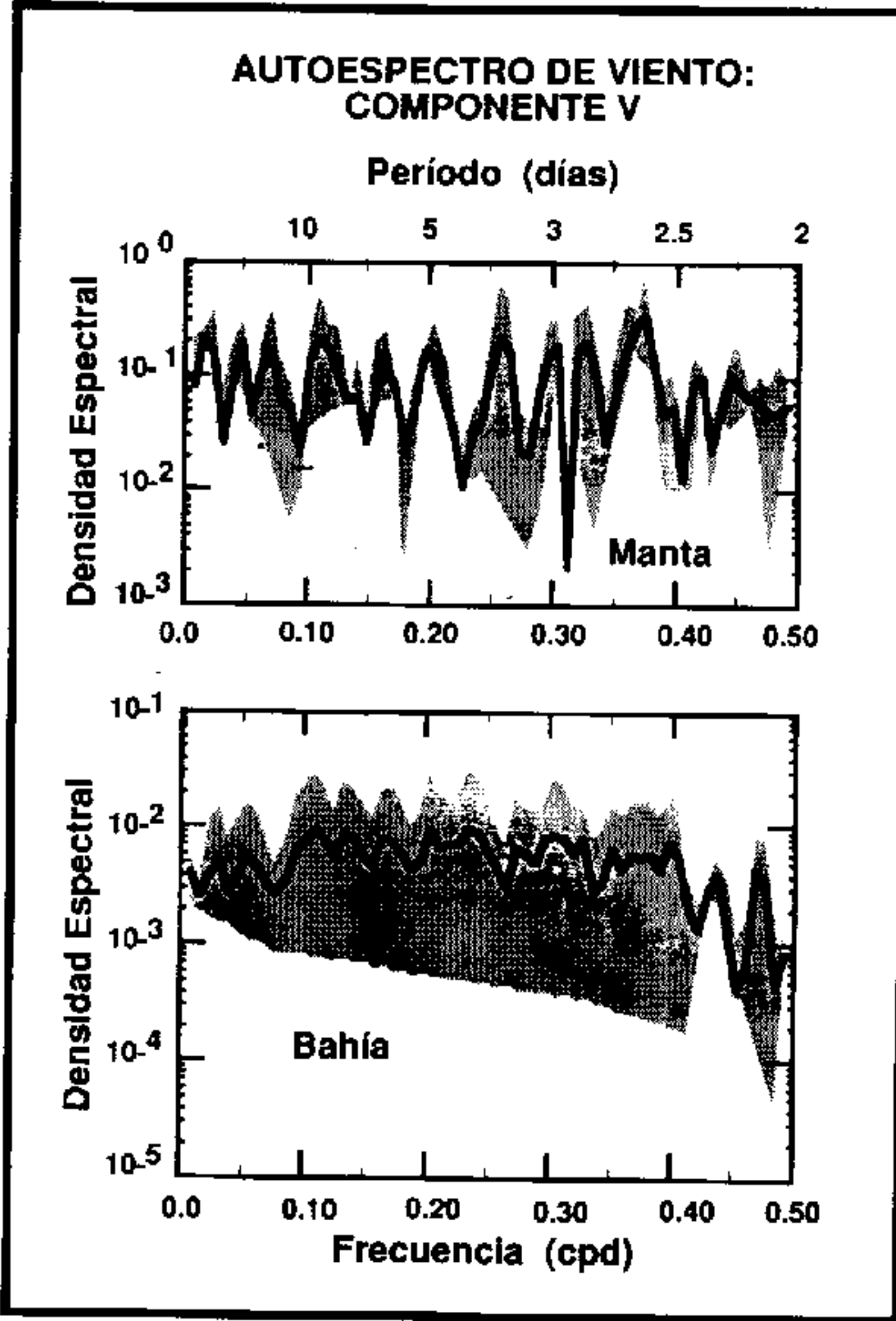


Figura 5 Autoespectro de la componente v del viento

principales en todo el espectro. La componente v de Manta se exhibe menos energética que la componente u, con dos periodicidades principales de 5 (0.2 cpd) y 2.38 días (0.42 cpd). Esta estructura coincide con la periodicidad significativa encontrada para la componente u. En la Tabla I se presenta las principales frecuencias y periodicidades encontradas para las series de Bahía de Caráquez y Manta, tanto en forma escalar como vectorialmente.

ESPECTRO CRUZADO

Para estudiar las relaciones entre dos o más series de tiempo en el dominio de la frecuencia, es necesario emplear una herramienta muy útil como es el espectro cruzado. Al igual que en el cálculo del autoespectro, se usó el método directo para obtener el espectro cruzado entre las series de viento de Manta y Bahía y la serie de ondas de Jaramijó; así mismo, el número total de datos y el número de bandas empleados para este análisis se lo obtuvo en forma similar al

LOCALIDAD	COMPONENTE	FRECUENCIA SIGNIFICATIVA (cpd)	PERIODICIDAD EQUIVALENTE (días)
BAHIA DE CARAQUEZ	ESCALAR	0.352 0.380 0.416	2.84 2.63 2.40
	COMPONENTE U	0.264 0.356	3.78 2.80
	COMPONENTE V	0.332	3.00
MANTA	ESCALAR	0.020 0.108 0.184	50.00 9.26 5.43
	COMPONENTE U	0.012 0.268 0.420	83.30 3.84 2.38
	COMPONENTE V	0.200 0.420	5.00 2.38

TABLA I.- Principales frecuencias presentes en los auto-espectros de viento

autoespectro. El nivel de confianza con un 95% de confianza utilizado fue de 0.77 determinado a partir de los grados de libertad (amplitud y fase) por un lado y el número de grados de libertad = $2 * M$ para el otro.

En general, para los espectros cruzados realizados entre la serie de viento escalar de Manta y la serie de altura significativa de Jaramijó, así como también entre la serie de viento escalar de Bahía de Caráquez y la serie de altura significativa, se observa una coherencia cuadrada relativamente significativa con un nivel de confianza de 95% para $g^2 > 0.77$ en bandas de frecuencias entre 0.05 y 0.38 cpd, las cuales se aprecian en forma sombreada en la Fig. 6.

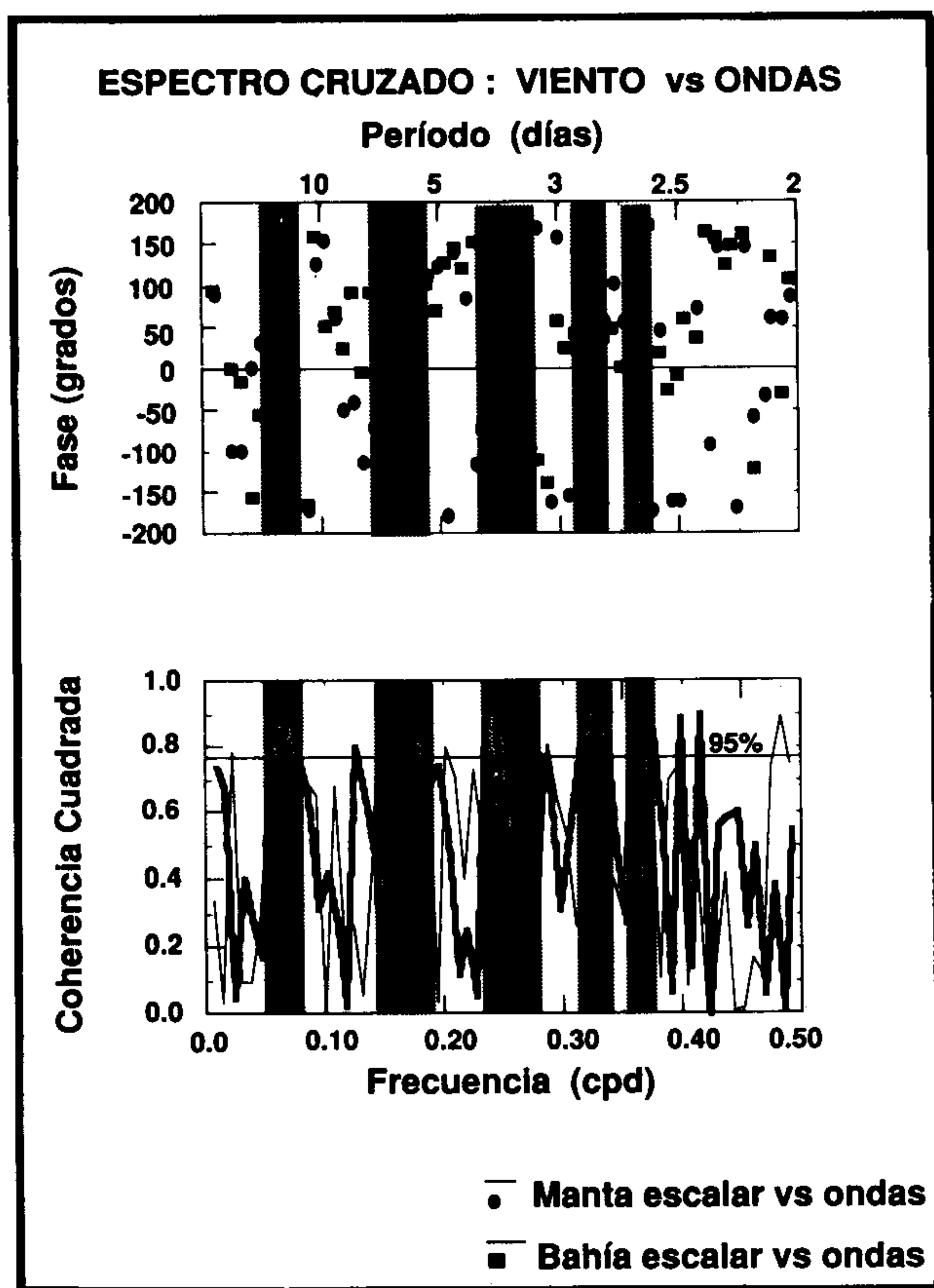


Figura 6 Espectro Cruzado entre el viento en Manta y Bahía y ondas en Jaramijó

Si se descompone la serie (Manta) en forma vectorial, es decir zonal y meridionalmente y se obtiene el espectro cruzado con un 95% de confianza, se observa una coherencia cuadrada para la componente u significativa en dos bandas de frecuencias entre 0.04 cpd y 0.07 cpd (banda de 25-14 días), alcanzando valores para g^2 entre 0.9 y 1.0. Para estas frecuencias las fases oscilan entre 50 y 180 grados, mientras que

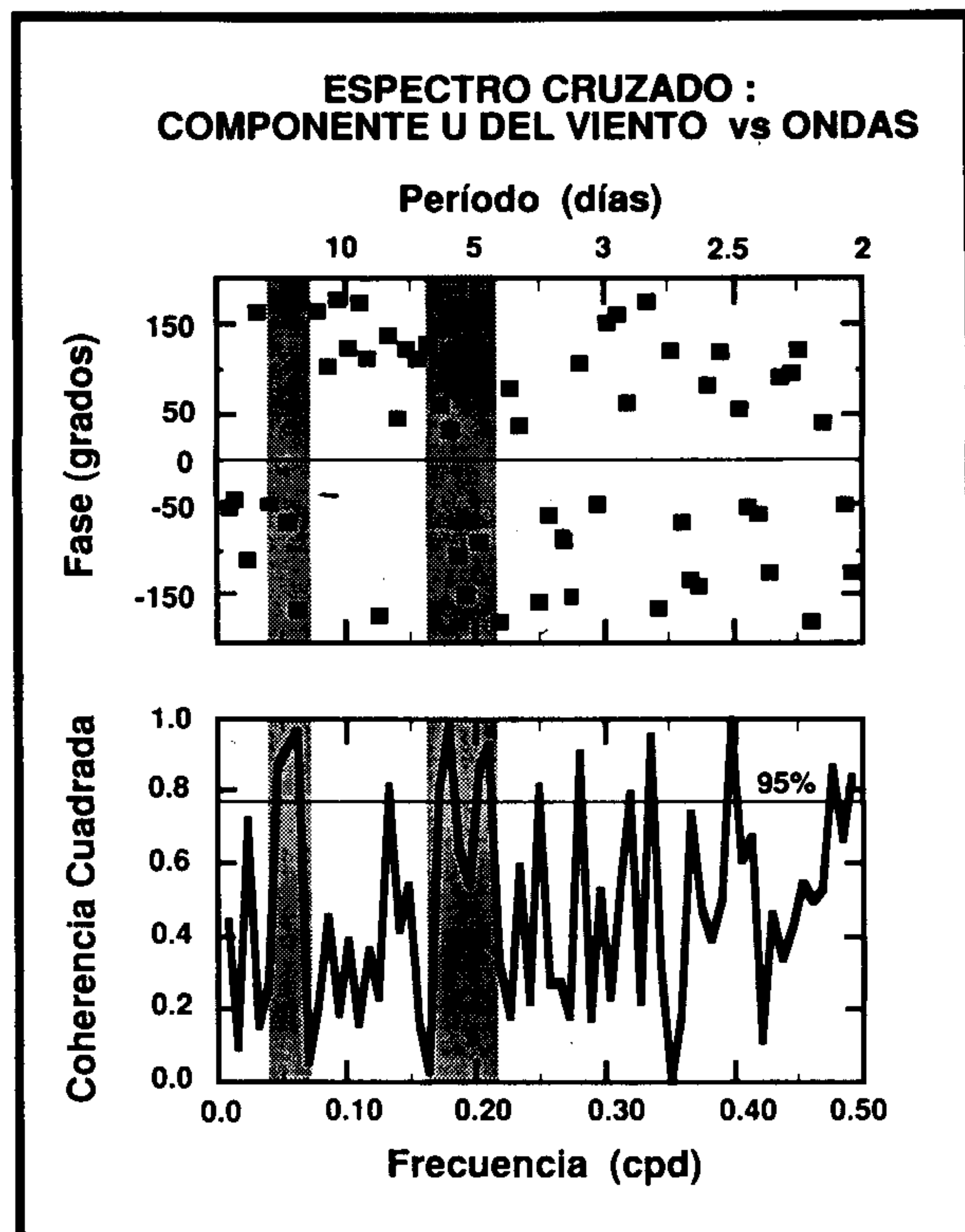


Figura 7 Espectro cruzado de la componente u del viento en Manta y ondas en Jaramijó

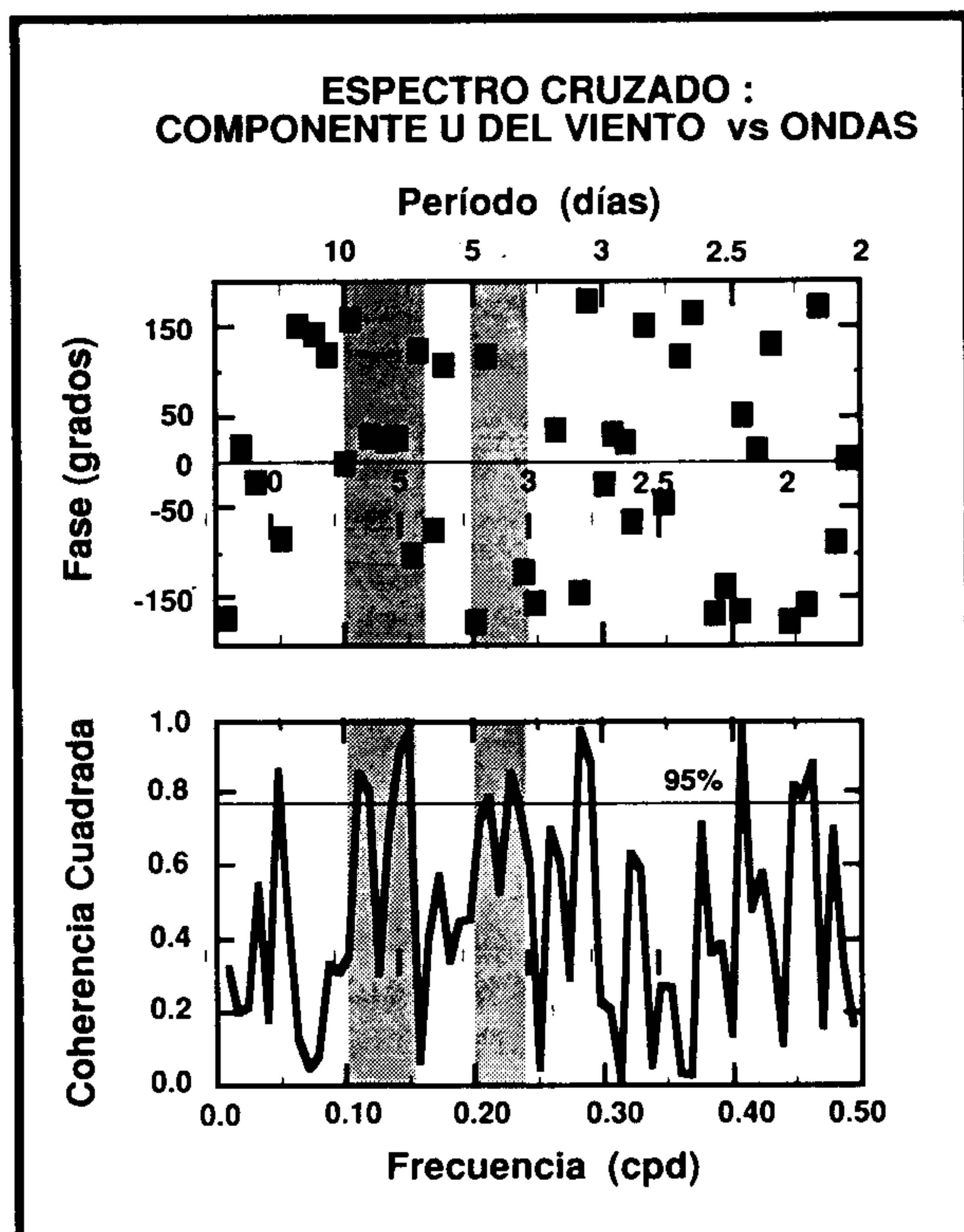


Figura 8 Espectro cruzado de la componente u del viento en Bahía y ondas en Jaramijó

para las demás frecuencias la coherencia es generalmente baja y de poca importancia, como se aprecia en la Fig. 7. Realizando el mismo análisis para la serie de viento de Bahía de Caráquez y la serie de ondas, la componente u presenta, al igual que la componente u del viento de Manta, dos bandas de frecuencias significativas entre 0.1 cpd (10 días) y 0.15 cpd (6.6 días) y entre 0.2 cpd (5 días) y 0.24 cpd (4 días), donde la coherencia cuadrada fluctúa entre 0.8 y 1.0. Para las demás frecuencias este valor es poco significativo. En el primer rango las fases se encuentran distribuidas aproximadamente en 0 grados, mientras que el segundo ± 150 grados (Fig. 8).

La coherencia de la componente v (Manta) se presenta significativa para 3 bandas de frecuencias entre 0.02 y 0.75 cpd (banda de 50-14 días), 0.19 cpd y 0.24 cpd (5-4 días) y 0.44 cpd y 0.48 cpd (2.7-2.0 días) (Fig. 9). Así mismo, esta última banda se presenta en el espectro cruzado de la componente v de Bahía de Caráquez con una fase principalmente localizada entre 0 y -150 grados. Otras dos bandas entre 0.095 cpd - 0.155 cpd y 0.27 cpd - 0.335 cpd se exhiben en forma significativa (Fig. 10).

DISCUSION

Luego de realizar un análisis estadístico de medias corridas y espectral de las series de tiempo de ondas y viento para cada una de las localidades, se observó principalmente en las medias corridas un aumento de altura de olas durante la época de invierno como producto de la influencia de ondas provenientes del norte y noroeste, mencionado por Enfield (1981). Las series de tiempo de viento podrían estar contaminadas por pequeñas fluctuaciones que corresponderían a las variaciones diurnas del flujo de aire provocadas posiblemente por fenómenos locales y presentándose en forma de ruido en las series. Fluctuaciones irregulares con un período aproximado de 40 - 60 días en ambas series de viento durante el período de julio/79 - marzo/80 para luego disminuir en intensidad y una periodicidad estacional también se encuentran presentes. Dicho período de tiempo coincide con las oscilaciones interestacionales en la atmósfera tropical referidas por Spillane et al. (1987) y Enfield (1987) para el Pacífico Oriental. A medida que se aumenta el período de las corridas móviles (15, 30 y 45 días), dichas fluctuaciones son atenuadas.

A partir de las medias corridas realizadas a la serie de viento de Bahía de Caráquez se establece la presencia de una oscilación casi sinusoidal, cuyo valor máximo se presenta entre los meses de noviembre/79 y

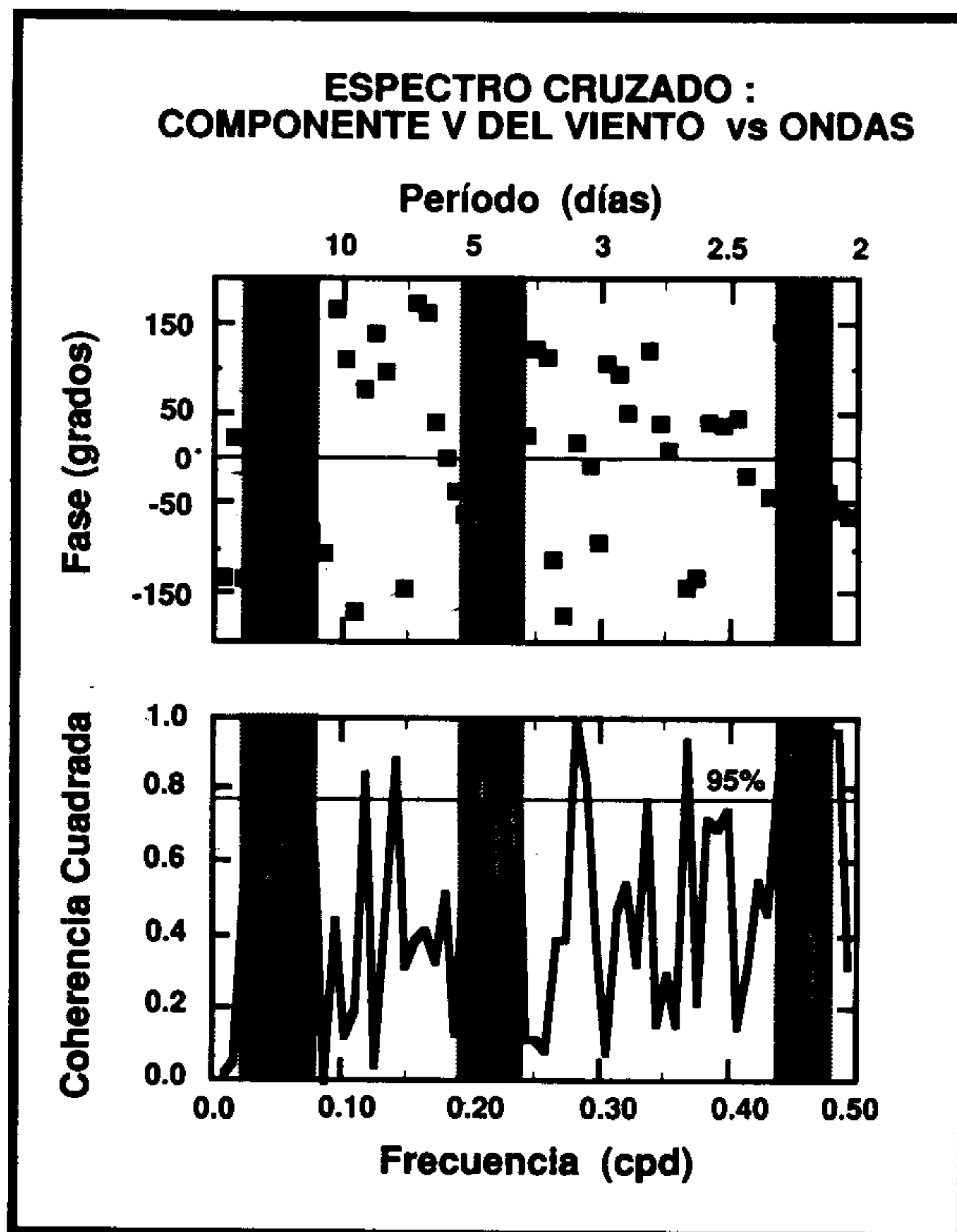


Figura 9 Espectro cruzado de la componente v del viento en Manta y ondas en Jaramijó

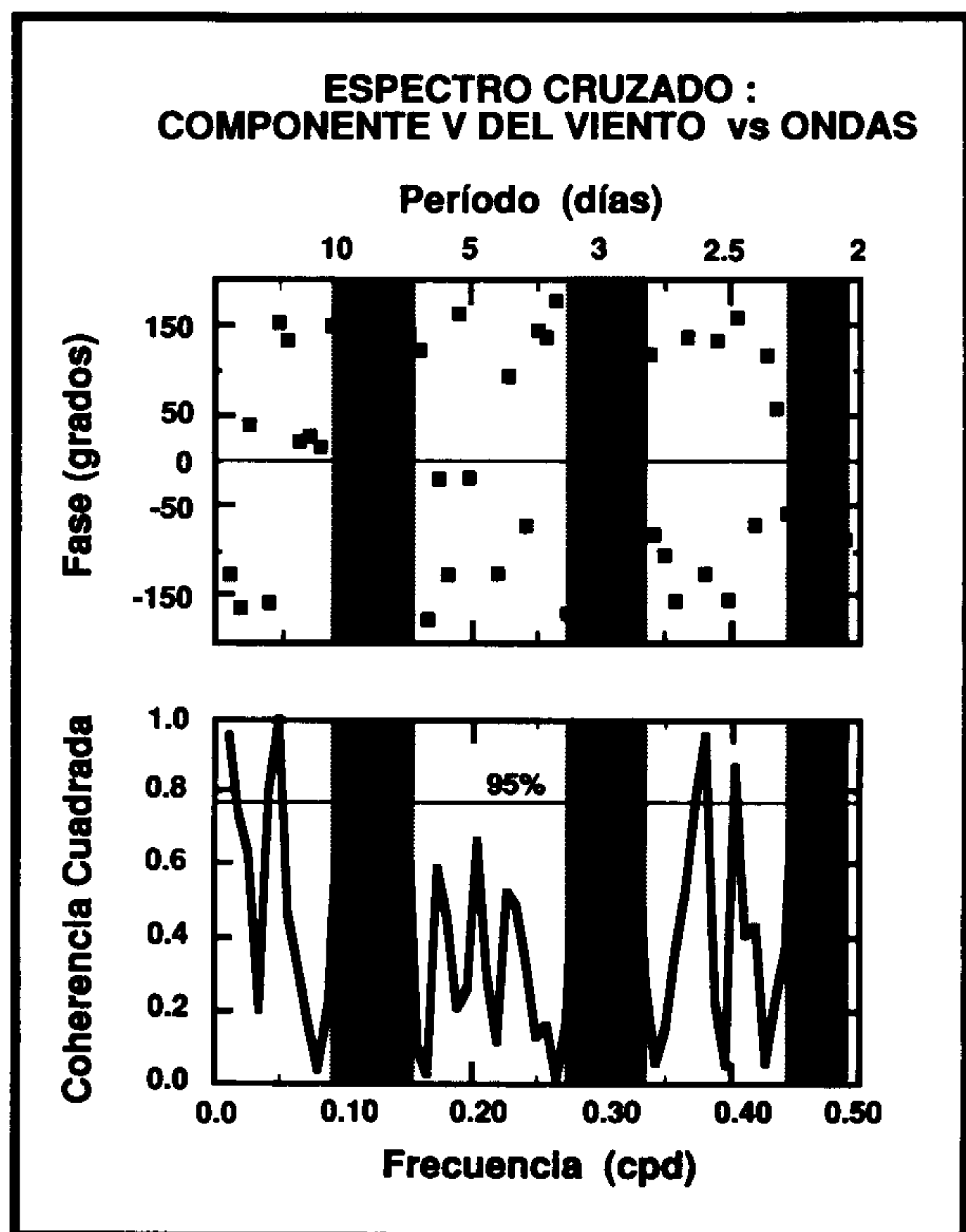


Figura 10 Espectro cruzado de la componente v del viento en Bahía y ondas en Jaramijó

noviembre/80 equivalente a una periodicidad anual. Este régimen de viento coincide con el régimen de los vientos alisios del sur que decaen y se incrementan para las mismas épocas producto del anticiclón del sur, determinando la presencia de procesos a gran escala presentes en el Pacífico Ecuatorial (Enfield, 1981).

A diferencia de la serie de Bahía, la serie de Manta presenta características similares únicamente hasta los meses de abril y mayo para luego variar su oscilación, ya que a partir de esta fecha los vientos comienzan a incrementarse hasta el mes de julio donde colapsan y decaen con un mínimo durante el mes de septiembre para luego incrementarse. Esta variación en periodicidades a partir de julio/80 no es frecuente y puede deberse a diferentes causas como fenómenos netamente locales, aunque debido a la poca distancia existente entre ambas estaciones este comportamiento no se presenta normal. Para ambos casos la dirección predominante de los vientos es del oeste y suroeste, especialmente durante los meses de nuestro invierno, lo cual fue determinado a partir de los datos de viento.

Oscilaciones entre 35-70 días fueron observadas en la serie de viento de Manta, ya sea en el espectro escalar como en la componente u. A diferencia de esto, la componente v se caracteriza por picos que se localizan en las altas frecuencias (periodicidades menores a 5 días). Periodicidades similares fueron especificadas por Luther (1980) en su estudio sobre ondas ecuatoriales atrapadas, donde determina la presencia de periodicidades entre 35-80 días que corresponden a ondas Kelvin, aparentemente forzadas por oscilaciones atmosféricas presentes en la costa oeste del Pacífico.

El espectro de viento en forma escalar para la estación de Manta indica la posible presencia de periodicidades entre 7-20 días similares a las mencionadas por Luther (1980) y que se encuentran presentes en el Pacífico Ecuatorial. Ondas con periodicidades entre 3.0 - 5.5 días, similares a las ondas Rossby-Gravedad se manifiestan en la componente v de Manta y como característica principal de la serie de viento de Bahía de Caráquez en forma escalar y vectorial. Ondas tales como las Kelvin con períodos entre 10-15 días y Rossby entre 7-9 días se manifiestan dentro del mencionado período para las series de tiempo de viento. Además se establece la existencia de periodicidades similares a las de las ondas Rossby-Gravedad con una gran componente meridional del viento y de gran amplitud en la banda de períodos entre 3.0 - 5.5 días para ambas series.

Del análisis cruzado entre las series de viento y la serie de ondas se observa una coherencia significativa únicamente para ciertas bandas de frecuencias, principalmente entre 2.5 y 7.0 días con un desfase entre +120 grados y +180 grados para todas las componentes

y en forma escalar, coincidiendo con el rango de acción de las Ondas Mezcladas Rossby-Gravedad. También los espectros cruzados de la serie de Manta (escalar) y Bahía de Caráquez, así como aquellos de la componente u de Manta y v de Bahía de Caráquez sugieren una coherencia cuadrada mayor a 0.77 para periodicidades mayores a 10 días. Por lo tanto, los resultados obtenidos del análisis cruzado entre las series de viento y la serie de ondas indicarían un tenue forzamiento de las condiciones meteorológicas locales sobre las ondas oceánicas, actuando únicamente en las frecuencias anteriormente mencionadas.

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado un análisis estadístico y espectral de las series de tiempo de viento para las localidades de Manta y Bahía de Caráquez, y un análisis espectral cruzado entre las series de viento y la serie de ondas de Jaramijó se concluye que:

- A partir del análisis de las medias corridas para las series de viento, se establece la presencia de una oscilación interestacional de 40-60 días, referida por Spillane et al. (1987) y Enfield (1987). Así mismo se registra una posible periodicidad estacional cuyos valores máximos se encuentran en noviembre/79 y noviembre/80.
- Las principales frecuencias de cada una de las componentes del viento se presentan comprendidas entre 1-2 semanas y coinciden con el rango de períodos entre 7-20 días mencionado por Luther (1980), las que incluyen las ondas Kelvin presentes en la estratósfera y las ondas Rossby.
- El espectro cruzado muestra un débil forzamiento entre las condiciones meteorológicas locales y las ondas oceánicas, observándose una alta coherencia cuadrada únicamente para frecuencias aisladas en el espectro, localizadas principalmente entre 2.6 y 7 días; corroborando lo estudiado por Romea y Smith (1983), Spillane et al. (1987) y Cornejo-Rodríguez y Enfield (1987). Así también frecuencias entre 50 y 10 días se muestran significativas para ciertos espectros.

BIBLIOGRAFIA

- Cardin, V., 1989.- Análisis Espectral de la Interacción Viento - Ondas en la Provincia de Manabí. Tesis de Grado, ESPOL.
- Chiswell, S.M., D.R. Watts y M. Wimbush, 1987.- Inverted Echo Sounder Observations of Zonal and Meridional Dynamic Height Variability in

- the Eastern Equatorial Pacific during the 1982-1983 "El Niño", *Deep-Sea Res.*, 34, 313 - 327.
- Cornejo-Rodríguez M.P. y D.B. Enfield, 1987.-** High frequency Sea level Variability along the West Coast of South America, *J. of Geophys Res.*, 92 (C13), 14323 - 14334.
- Enfield, D.B., 1981.-** Annual and non seasonal variability of monthly low - level wind fields over the southeastern tropical Pacific, *Monthly Weather Review*, 109 (10).
- Enfield, D.B., M.P. Cornejo-Rodríguez, R.L. Smith y P.A. Newberger, 1987.-** The Equatorial Source of Propagating Variability along the Peru Coast during the 1982-1983 "El Niño", *J. of Geophys. Res.*, 92 (C13), 14335 - 14346.
- Enfield, D.B., 1987.-** The intraseasonal Oscillation in the Eastern Pacific Sea Levels: How is it forced, *J. Phys. Ocean.*, 17, 1860 - 1876.
- Luther, D.S., 1980.-** Observations of Long Period Waves in the Tropical Oceans and Atmosphere, Tesis de doctorado, Massachusetts Institute of Technology, Woods Hole Oceanographic Institution, 210.
- Ripa, P. y S.P. Hayes, 1981.-** Evidence for Equatorial Trapped Waves at the Galapagos Islands, *J. Geophys. Res.*, 86, 6509 - 6516.
- Romea, R.D. y R.L. Smith, 1983.-** Further Evidence for Coastal Trapped Waves along the Peru Coast, *J. Phys. Ocean.*, 13 (8), 1341 - 1356.
- Spillane, M.C., D.B. Enfield y J.S. Allen, 1987.-** Intraseasonal Oscillations in Sea Level along the West Coast of the Americas, *J. Phys. Ocean.*, 17 (3), 313 - 325.
- Wusch, C. y A.E. Gill, 1976.-** Observations of Equatorially Trapped Waves in the Pacific Sea Level Variations, *Deep-Sea Res.*, 23, 371 - 390.

PRESENCIA DE LA CORRIENTE COSTANERA ECUATORIANA

Por:

SILVIA ALLAUCA (1)

RESUMEN

Se realiza un breve resumen de estudios previos acerca de la circulación oceánica en el área del Pacífico Oriental Ecuatorial, haciendo énfasis en la zona frente a las costas del Ecuador. Posteriormente se analizan los datos de derivas y vientos tomados por el B/I ORION durante sus Cruceros de Investigación desde 1982, excluyendo aquellas observadas durante El Niño 82 - 83 y la información existente al oeste de 84° W.

Del análisis de la información de derivas obtenidas durante casi todos los meses del año, se observa que el ramal oriental de la Corriente de Humboldt avanza con tendencia al norte bordeando las costas ecuatorianas, debido principalmente al empuje de los vientos alisios del SE. Este flujo denominado Corriente Costanera Ecuatoriana (CCE) gira hacia el noroeste a medida que se aleja de la costa. Por falta de información en ciertas zonas, se desconoce a ciencia cierta el límite norte del mismo, pero se observa que su presencia al norte de la equinoccial está influenciada por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Durante la posición de la ZCIT en su extremo mas meridional, un flujo proveniente del norte llega hasta las costas ecuatorianas ocasionado por la acción de los vientos alisios del NE.

El Golfo de Guayaquil, siendo un sistema estuarino de gran extensión altera la normal trayectoria de la CCE hacia el norte, desviando la dirección de las corrientes en las zonas aledañas a su desembocadura, sin embargo, el flujo de la CCE logra atravesar la zona frente al Golfo y avanzar en su dirección norte.

ABSTRACT

A brief resume of previous studies is carried out about the oceanic circulation in the Equatorial Eastern Pacific area emphasising the area in front of the Ecuadorian coast. Afterwards, surface drift and wind data obtained by the B/I ORION during research cruises since 1982 have been analyzed, excluding those registered during El Niño 1982 - 83 and the information west of 84° W.

From the analysis of the surface drift data obtained during almost every month of the year during the measurements periods, it is observed that the eastern branch of the Humboldt Current move north bordering the Ecuadorian coasts, due principally to the SE trade wind action. This flux, called Coastal Ecuadorian Current (CCE), turn to the NO while it withdraw from the coast. Because of the lack of information in some zones it makes hard to define the northern limit of this flux, but it's observed that its prescence in the north of the equator is influenced by the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). At the time ITCZ is at its most meridional position, a northern flux arrives to the Ecuadorian coast generated by the NE trade wind action.

The Gulf of Guayaquil, being an estuarine system of great extension, affects the normal course of the CCE to the north, turning away the direction of the currents in the adjoining areas to the outlet; however, the flux of the CCE goes trough this area and move to the north.

INTRODUCCION

Algunas son las investigaciones que se han realizado sobre la circulación oceánica en el Pacífico Oriental Ecuatorial, las cuales concuerdan en manifestar que

la circulación de esta área está dominada por la acción de los vientos, siendo parte de los dos grandes giros anticiclónicos del Hemisferio Norte y Sur. Está formada principalmente por las Corrientes Ecuatoriales Norte y Sur, Contracorriente Ecuatorial, Corriente de

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR.- P.O. Box 5940.- Guayaquil - Ecuador.

California, Corriente de Humboldt o Corriente Oceánica del Perú y por la Subcorriente Ecuatorial (Corriente de Cromwell).

Por otro lado, en la zona mencionada anteriormente, la convergencia de varias corrientes así como la Costa de América que la limita producen la formación de remolinos o giros de menor escala como son el Domo de Costa Rica y el formado en la Bahía de Panamá (Enfield, 1975), encontrados al norte del ecuador. Todas estas corrientes a su vez llevan consigo distintas masas de agua con características propias que a su encuentro dan lugar a la formación del Frente Ecuatorial, el mismo que se desplaza en dirección norte-sur en función del desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical.

En el presente trabajo se pretende centralizar el estudio de la circulación oceánica en el área comprendida entre la costa del Ecuador y el meridiano 84° W, para ello se ha recopilado la información histórica existente en la zona como una pauta para dar un mejor entendimiento de la complejidad presente en la circulación del área en estudio. Se presentan los datos de deriva y vientos que fueron tomados a bordo del B/I ORION durante sus cruceros oceanográficos, los cuales se comenzaron a recopilar desde 1982. Si bien es cierto que la deriva de una embarcación no es una medida exacta de la corriente por cuanto está afectada por diversos factores como fuertes vientos, mares de leva y viento y corrientes de marea (Tsuchiya, 1974), esta es de gran utilidad en el conocimiento de la circulación por representar una buena estimación de la misma, de igual forma cuando se utilizan métodos indirectos como los cálculos de anomalías de geopotencial y flujos geostrofos.

ANTECEDENTES

El área del Pacífico Oriental Ecuatorial ha sido estudiada, y permanece estudiándose por diferentes investigadores dada la importancia que representa por ser esta una de las mas afectadas en todos sus aspectos cuando se presentan condiciones anómalas extremas como son las causadas por un evento El Niño. Con respecto a las corrientes oceánicas en condiciones normales, se ha recopilado cierta información de mucho interés sobre los regímenes de la circulación presente durante las diferentes épocas del año.

Wyrtki (1965), basándose en observaciones de derivas superficiales tomadas por buques, determina para la región tres patrones típicos de circulación, todos ellos dependiendo de la posición de la ZCIT. En lo que

al área de estudio respecta, menciona que a causa de la configuración del océano, los dos giros anticiclónicos del sistema de corrientes oceánicas del Pacífico norte y sur no logran penetrar al área comprendida entre Cabo Corrientes en México y el Ecuador, lo que consecuentemente produce una circulación variable y aparentemente complicada. Sin embargo, observando su atlas de derivas se puede apreciar que existe un flujo hacia el norte en la región costanera del Ecuador que está influenciado por la Corriente de Humboldt (CH) y la ZCIT, la misma que al desplazarse hacia el sur, origina el empuje de aguas del norte provenientes de la Bahía de Panamá, dando lugar a un flujo que se dirige hacia el sur bañando la región costanera del Ecuador.

Un aspecto muy interesante de considerar es el encontrado por Stevenson y otros (1970), quienes en base a cálculos de corrientes geostrofos relativas a 200 m. detectaron la presencia de una célula de circulación localizada entre la costa y las Islas Galápagos, variando su tamaño y presencia con las estaciones. En el período en que ocurre el receso de los vientos alisios predominantes y una reducción de la Corriente del Perú, cambia el balance de las fuerzas a lo largo del límite frontal con el resultado de un movimiento hacia el sur de agua cálida. Estas condiciones dieron principio a células bien definidas observadas en noviembre-diciembre.

Enfield (1975), menciona que en la etapa de transición de la Corriente Peruana cuando cambia su dirección hacia el oeste, los alisios del SE son desde el sector sur ocasionando que parte de la corriente fluya al norte a través del Ecuador. Por otro lado menciona que durante el período de fuertes alisios NE, a lo largo de la Costa del Ecuador algo de agua puede atravesar el ecuador hacia el sur, conocida por el "South American Pilot" como la Corriente del Niño, que normalmente alcanza 2° - 3° S aproximadamente.

El Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano, presenta un flujo hacia el norte alrededor de 82° W durante todo el año, circulación que fue determinada por derivas superficiales de buques, las cuales fueron suministradas principalmente por el U.S. Naval Oceanographic Office.

En un estudio reciente, Soledispa y Villacrés (1989), observaron que debido a la distribución textural y mineralógica sobre la plataforma continental desde Salinas hasta Ayampe (2° 15' S y 1° 40' S) limitado en 81° 10' W, parece que las corrientes siguen una orientación norte, las mismas que al chocar con la Península de Santa Elena se dividen en dos ramales, el primero

sigue hacia el norte alejado de la costa mientras que el segundo se dirige hacia el noreste bordeando netamente la costa, lo cual produce una buena clasificación de los sedimentos en aquella zona.

DATOS

Los datos de derivas y vientos utilizados corresponden a los medidos durante los Cruceros Oceanográficos (CO) realizados por el B/I ORION desde 1982. Además se incluyen tres Cruceros Hidrográficos (HI) durante los cuales se realizaban mediciones de estos parámetros en su ruta. Se consideran los datos de viento por ser estos los principales agentes que influyen en la formación de corrientes oceánicas. Se presentan tan solo aquellos datos posicionados al este de 84° W por ser esta área de mucho interés en el conocimiento de la circulación costanera del Ecuador. Sin embargo, las rutas seguidas en los diferentes cruceros abarcan zonas mas alejadas de la costa hasta el oeste de las Islas Galápagos, información que será de mucha importancia para estudios posteriores sobre la circulación en el Mar Territorial Ecuatoriano.

La información utilizada corresponde a los siguientes cruceros: CO-1-82 (marzo - abril), CO-2-82 (agosto), CO-2-83 (noviembre), CO-1-84 (febrero), CO-2-84 (junio), CO-3-84 (octubre), HI-1-85 (julio), CO-1-85 (septiembre), CO-1-86 (febrero), CO-2-86 (diciembre), HI-1-87 (febrero), HI-2-87 (abril), CO-1-88 (agosto), CO-2-88 (noviembre - diciembre), CO-1-89 (marzo) y CO-2-89 (agosto).

ANALISIS DE LAS DERIVAS Y VIENTOS SUPERFICIALES

En las figuras 1 a 16 se presentan los vectores de deriva y viento para cada crucero. Las figuras no siguen un orden cronológico sino un orden calendario, de tal forma que se pueda apreciar la posible variación estacional. Cabe mencionar que los datos de cada crucero no representan el total medidos, ya que se han graficado datos cada 30 minutos de latitud o longitud aproximadamente, evitando el agrupamiento de los vectores al ser graficados.

Como se puede apreciar, ninguno de los cruceros utilizados fue realizado durante "El Niño 82-83", considerado como un evento de características extraordinarias, lo cual permite que el análisis respectivo de la información sea estimado como épocas normales; sin embargo, es necesario mencionar que aunque el evento cálido de 1987 fue definido como un "Niño moderado", este aspecto no parece haber influenciado mayormente

en las derivas, tal como lo demuestran los cruceros HI-1-87 y HI-2-87, durante los cuales las derivas mantienen su dentencia hacia el norte. Además se observa que los cruceros se han ejecutado en casi todos los meses, lo cual favorece en la determinación de la posible variación estacional.

Una característica de la circulación en el área de estudio es la presencia de un flujo proveniente de un ramal de la Corriente de Humboldt (Enfield, 1975) con tendencia hacia el Norte a lo largo de la costa ecuatoriana, el mismo que representa el tema del presente estudio.

Considerando que el área de estudio está dominada por dos estaciones climáticas, resulta conveniente realizar el análisis de las derivas superficiales para cada una de ellas, razón por la cual se clasifican las figuras 1 a 6 correspondientes a la época invernal (verano del Hemisferio Sur) y las figuras restantes se incluyen al verano local (invierno del Hemisferio Sur).

Para el mes de febrero (Figs. 1 a 3) se puede observar que al sur de 2° S existe la tendencia de dirigirse la circulación hacia el oeste, fluctuando de NO a SO entre 81° - 83° W, girando ligeramente hacia el N y NO a medida que avanza hacia el sector norte así como frente a Salinas (Fig. 3); sin embargo para febrero/86 (Fig. 1) es notoria la presencia de derivas y vientos del norte alrededor de 1° N, influenciados con el desplazamiento hacia el sur de la ZCIT debido a una intensificación de los vientos alisios del NE, fase climatológica que ocurre a principios de año (Moreano, 1983). Esta situación es más evidente en la Fig. 4 (marzo/89), donde se observa claramente el encuentro de los vientos alisios del NE y del SE alrededor de $1^{\circ} 30'$ S, de igual forma en base a las derivas superficiales se aprecia que el flujo que se origina del ramal oriental de la Corriente de Humboldt con tendencia hacia el norte y bordeando la costa ecuatoriana converge en 1° S aproximadamente con un flujo proveniente del Norte, el mismo que probablemente corresponde al ramal occidental del remolino ciclónico de la Bahía de Panamá, el cual gira hacia el E y NE (límite sur del remolino) frente a las costas de la frontera Ecuador-Colombia hasta llegar al Golfo de Panamá donde cierra el giro. Este ramal oriental del giro ciclónico es conocido como Corriente de Colombia. Stevenson, (1970), en su estudio de la circulación en el Golfo de Panamá encontró que durante febrero un fuerte flujo hacia el sur proveniente del Golfo llegó casi hasta el ecuador, originado por el empuje de los vientos alisios del NE.

Lamentablemente los cruceros HI-1-87 y CO-1-

84 (Figs. 2 y 3 respectivamente) carecen de información en el sector norte del área, sin embargo, de los pocos datos que se disponen se aprecia que siguen el patrón normal para la zona, como fue mencionado anteriormente.

En la figura 5, para fines de marzo y comienzos de abril/82, las direcciones de los vientos reflejan la presencia predominante de los alisios del SE, los cuales ejercen un empuje al flujo con tendencia a avanzar hacia el sector norte, fluctuando la dirección de la corriente de NO a NE. Para la misma época pero en 1988, el B/I Tohalli (Instituto Nacional de Pesca, 1988), en base a derivas superficiales detectó la presencia de una circu-

lación hacia el norte, bordeando la costa, a una distancia de 90 millas aproximadamente, desde Salinas hasta el Cabo San Francisco (cerca de $81^{\circ} \text{W} - 0^{\circ} 30' \text{N}$).

Una característica interesante de los vientos alisios del SE, es que cuando alcanzan la frontera Ecuador-Perú se desplazan en forma de abanico (Stevenson y otros, 1970), lo cual origina un cambio de dirección del S y SO principalmente y es probable que ocurra lo mismo con la circulación en las zonas cercanas a la costa. Otro aspecto importante de considerar es la influencia que ejerce el Golfo de Guayaquil en las zonas aledañas a su desembocadura, el cual tiene un régimen de circulación bien definido y propio de un

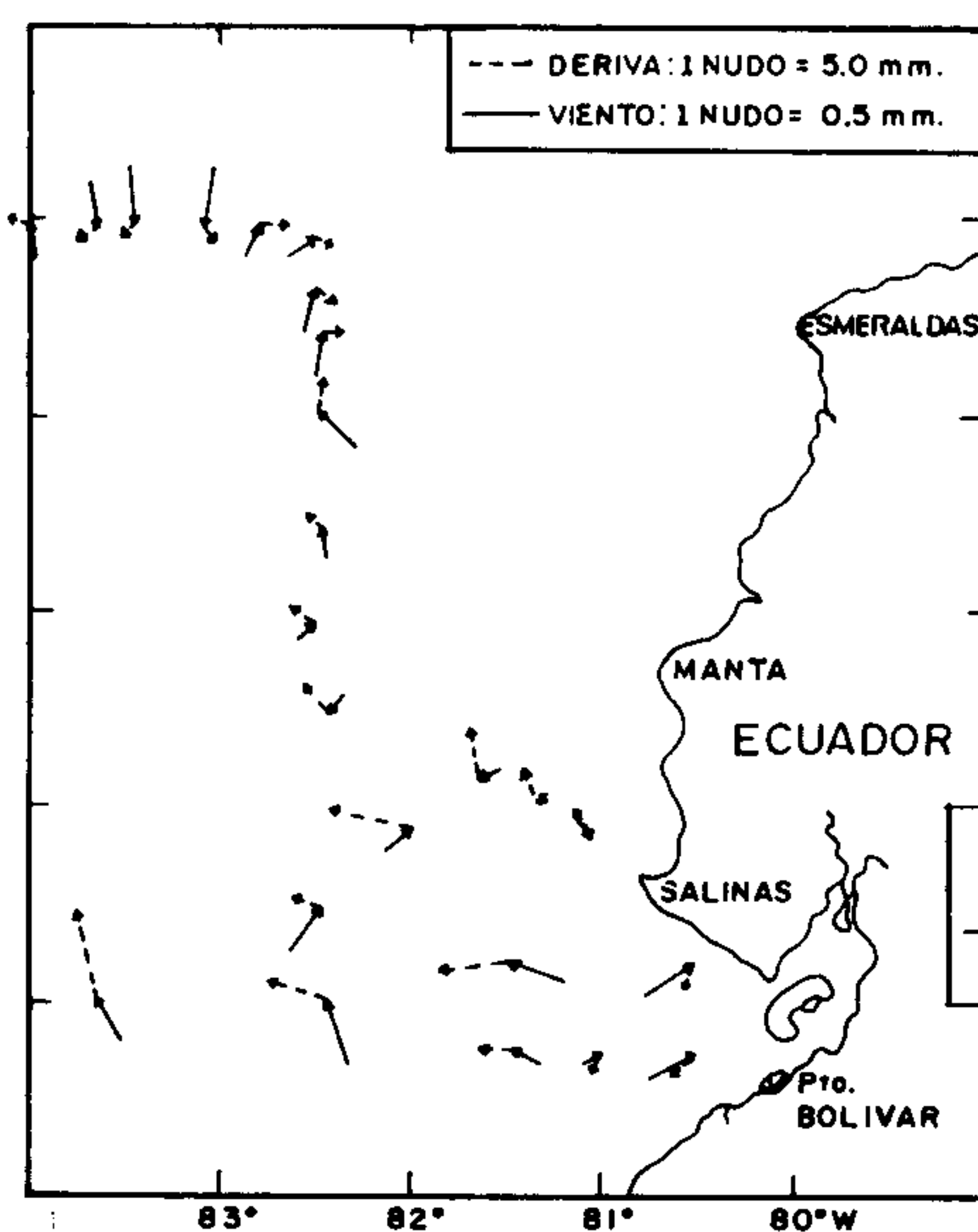


Fig. 1.- Derivas y vientos superficiales del CO-1-86, febrero 4-14/1986.

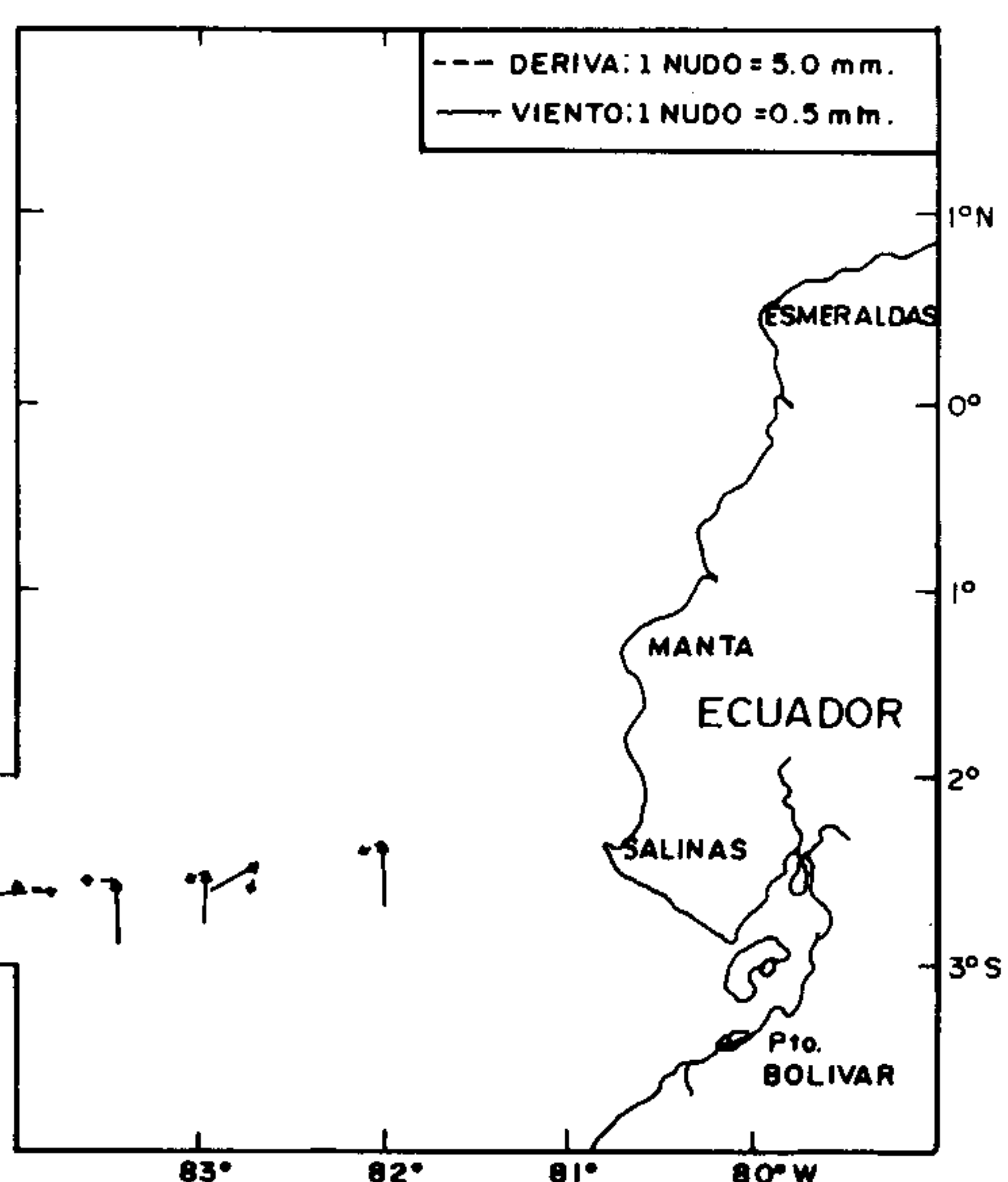


Fig. 2.- Derivas y vientos superficiales del CO-1-84, febrero 9/1984.

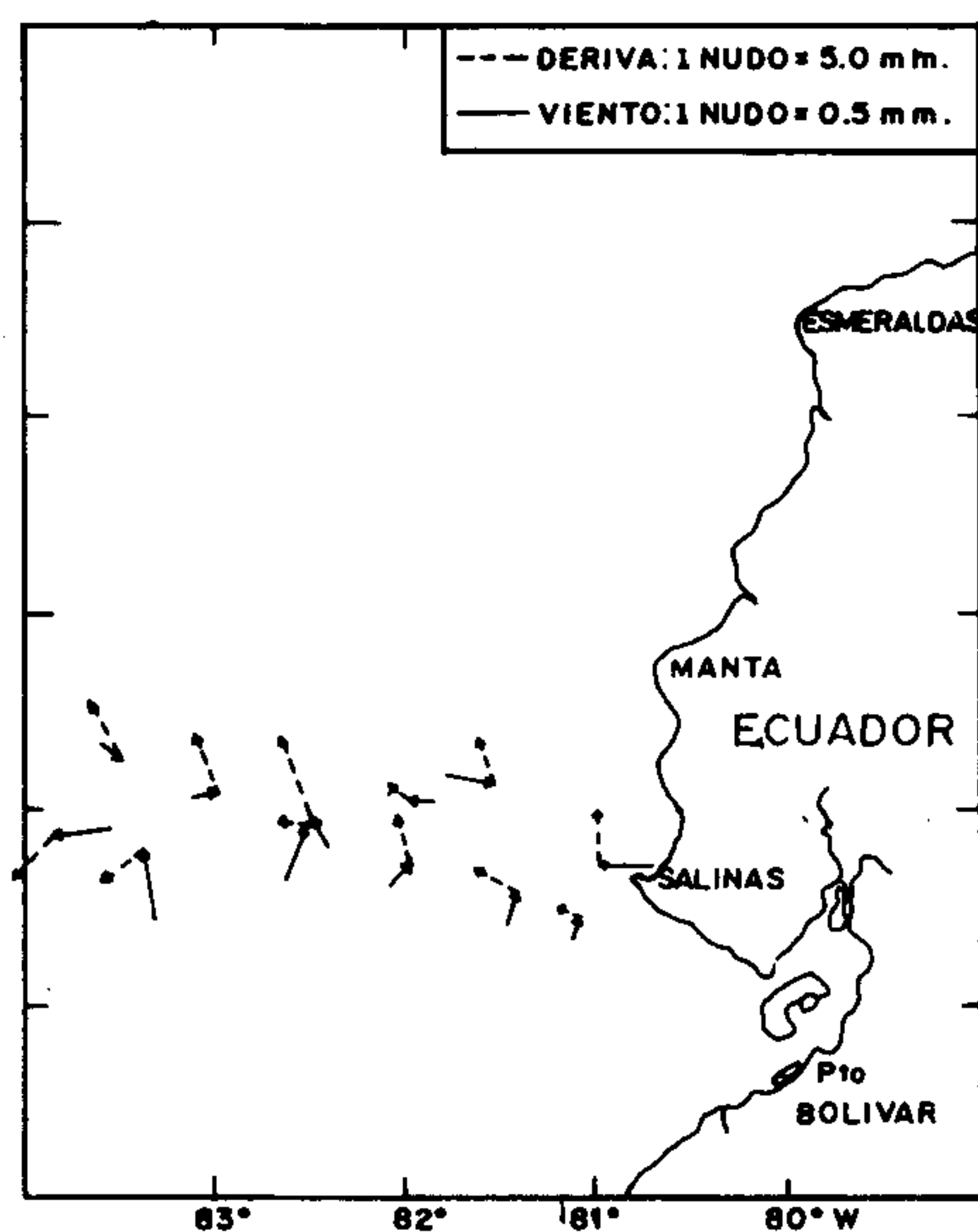


Fig. 3.- Derivas y vientos superficiales del HI-1-87, febrero 7-24/1987.

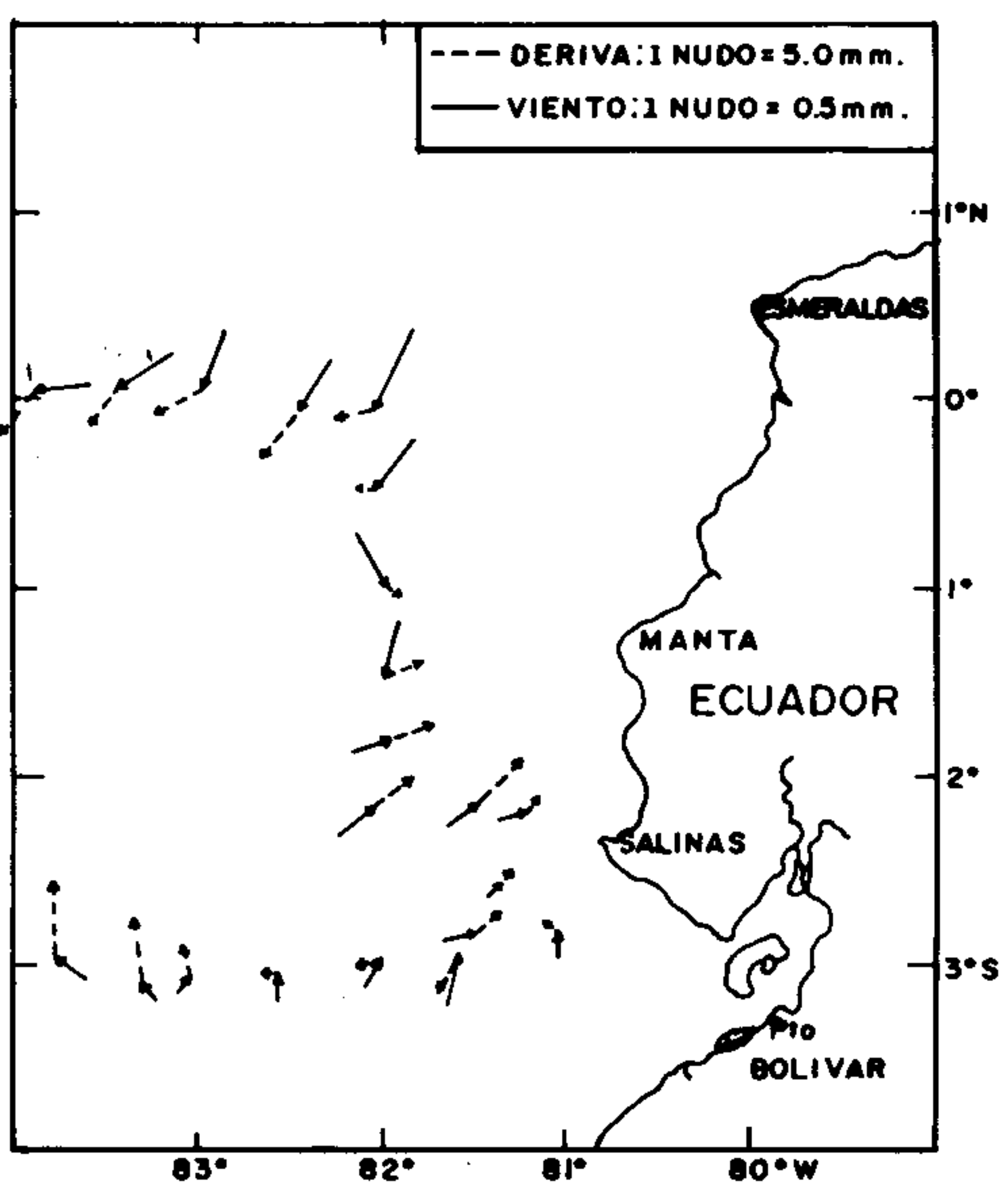


Fig. 4.- Derivas y vientos superficiales del CO-1-89, marzo 7-19/1989.

sistema estuarino, pero que sin embargo altera de alguna forma la normal trayectoria de la circulación costanera con tendencia al norte frente a las costas del Ecuador. De una forma general se menciona que estos dos aspectos son observados en la mayoría de las figuras.

Durante los meses de abril, junio y julio (Figs. 6, 7 y 8 respectivamente), aunque existe poca información al este de 82°W , se observa en el sector sur del área de estudio que las derivas mantienen su tendencia de desplazarse hacia el norte, girando hacia el NO y O para formar parte de la Corriente Ecuatorial del Sur, debido principalmente al empuje de los vientos alisios con dirección SE y SO. El Instituto Nacional de Pesca, por intermedio del B/I Tohalli, encontró en julio/89 una fuerte circulación superficial hacia el norte muy próxima a la costa (a 10 millas aproximadamente) a lo largo de 81°W entre Salinas y Manta (Instituto Nacional de Pesca, 1989). Este flujo demuestra la presencia de una circulación costanera que bordea la costa, la misma que corresponde al ramal oriental de la CH como ha sido observado en el sector sur para las derivas analizadas.

Para el mes de agosto, en las figuras 9 y 10, la circulación presenta el mismo patrón visto anteriormente, donde la fuerza de los vientos alisios del SE transporta el flujo hacia el norte, observado a una distancia de 100 millas costa afuera entre 82°W y $82^{\circ} 30'\text{W}$ aproximadamente, no así al oeste de $82^{\circ} 30'\text{W}$ donde el flujo gira hacia el NO en el sector central del área de estudio donde probablemente se une a la Corriente Ecuatorial del Sur. Se observa en ambos casos que las velocidades de las derivas son más fuertes en el sector sur que en el norte. Durante el mismo mes, pero de 1982 (Fig. 11), se aprecia algo variable el patrón de la circulación de vientos y derivas; sin embargo existe la tendencia del flujo de trasladarse de sur a norte al oeste de 82°W , lo que no se aprecia alrededor de 81°W entre $0^{\circ} 30'$ y 2°S donde el flujo es muy débil y con dirección E - SE, hacia la costa, debido quizás a la variabilidad y poca consistencia de los vientos.

En las figuras 12 a 16 se observa la persistencia de los vientos alisios del SE que en el área de estudio llegan del S y giran al NE cerca de la costa, esto implica el constante empuje de aguas hacia el norte con ciertas excepciones como en las figuras 12 a 15, donde en reducidos sectores existen derivas superficiales de bajas velocidades con dirección S - SE, las mismas que podrían justificarse como parte de células locales afectados por la disminución de los vientos alisios del SE y una reducción en el flujo de la Corriente de Humboldt durante octubre-diciembre, dando lugar a un movimiento hacia el sur de aguas cálidas (Stevenson y otros, 1970).

Los vientos y derivas superficiales utilizadas en el presente estudio han demostrado la existencia de un flujo con tendencia al norte, el cual se desprende del ramal oriental de la Corriente de Humboldt en su giro hacia el oeste, circulando frente a las costas del Ecuador, razón por la cual se le ha dado el nombre de Corriente Costanera Ecuatoriana.

CONCLUSIONES

En base a la información de deriva utilizada se puede manifestar algunos aspectos sobre la circulación entre la costa del Ecuador y 84°W . Aunque los datos utilizados no cubren toda el área de estudio, han servido de gran ayuda para emitir ciertas conclusiones que en un futuro serán ampliadas en base a la mayor cantidad de información recopilada. Se observó que es evidente la existencia de un flujo con tendencia hacia el norte, producto del ramal oriental de la Corriente de Humboldt en su giro hacia el oeste, que se origina por la desviación de los vientos alisios del SE debido a la configuración continental alrededor de 5°S y desde donde predominan los vientos del sur y del suroeste, siendo estos más notorios cerca de la costa, principalmente en el sector centro - sur costero del Ecuador. Este flujo ha sido nombrado Corriente Costanera Ecuatoriana.

Con respecto a las dos estaciones climatológicas, estas dependen principalmente de la ubicación de la ZCIT, permitiendo que la CCE avance hacia el norte bordeando el continente. El límite norte de esta corriente está fuertemente ligado con la posición de la ZCIT, la misma que en diciembre comienza a descender hacia el sur (Moreano, 1983) provocando el ingreso al área de aguas provenientes del norte de la Bahía de Panamá llegando hasta $2^{\circ} - 3^{\circ}\text{S}$ aproximadamente a lo largo de la costa de Ecuador cada verano del Hemisferio Sur. Este flujo es indicado en algunos mapas como Corriente El Niño (Cucalón, 1987). Por lo tanto la CCE esta en su fase mejor definida cuando la ZCIT se encuentra en su posición más septentrional.

El Golfo de Guayaquil representa un sistema estuarino que por sus dimensiones afecta fuertemente la normal trayectoria hacia el norte de la Corriente Costanera Ecuatoriana, alterando su dirección en el área de la desembocadura del Golfo, debido principalmente por la influencia de las corrientes de mareas, las cuales son más fuertes hacia el interior del Golfo. De todas maneras el ramal de la CH logra atravesar el área frente al Golfo de tal forma que la Corriente Costanera Ecuatoriana circule en su normal trayectoria.

Se puede concluir, que en cierta forma las derivas del B/I ORION han extendido los conocimientos de

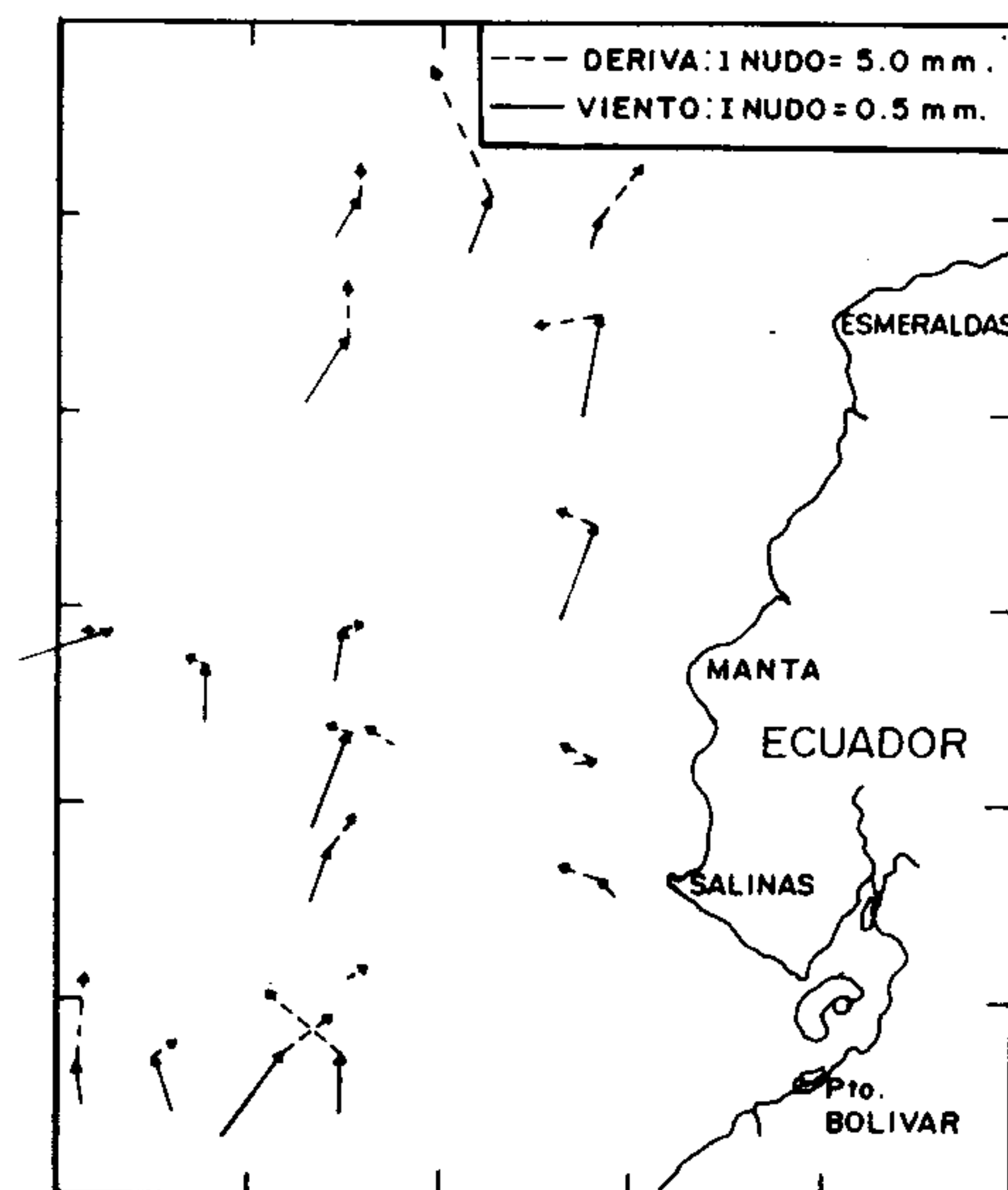


Fig. 5.- Derivas y vientos superficiales del CO-1-82, marzo 25 - abril 3/1982.

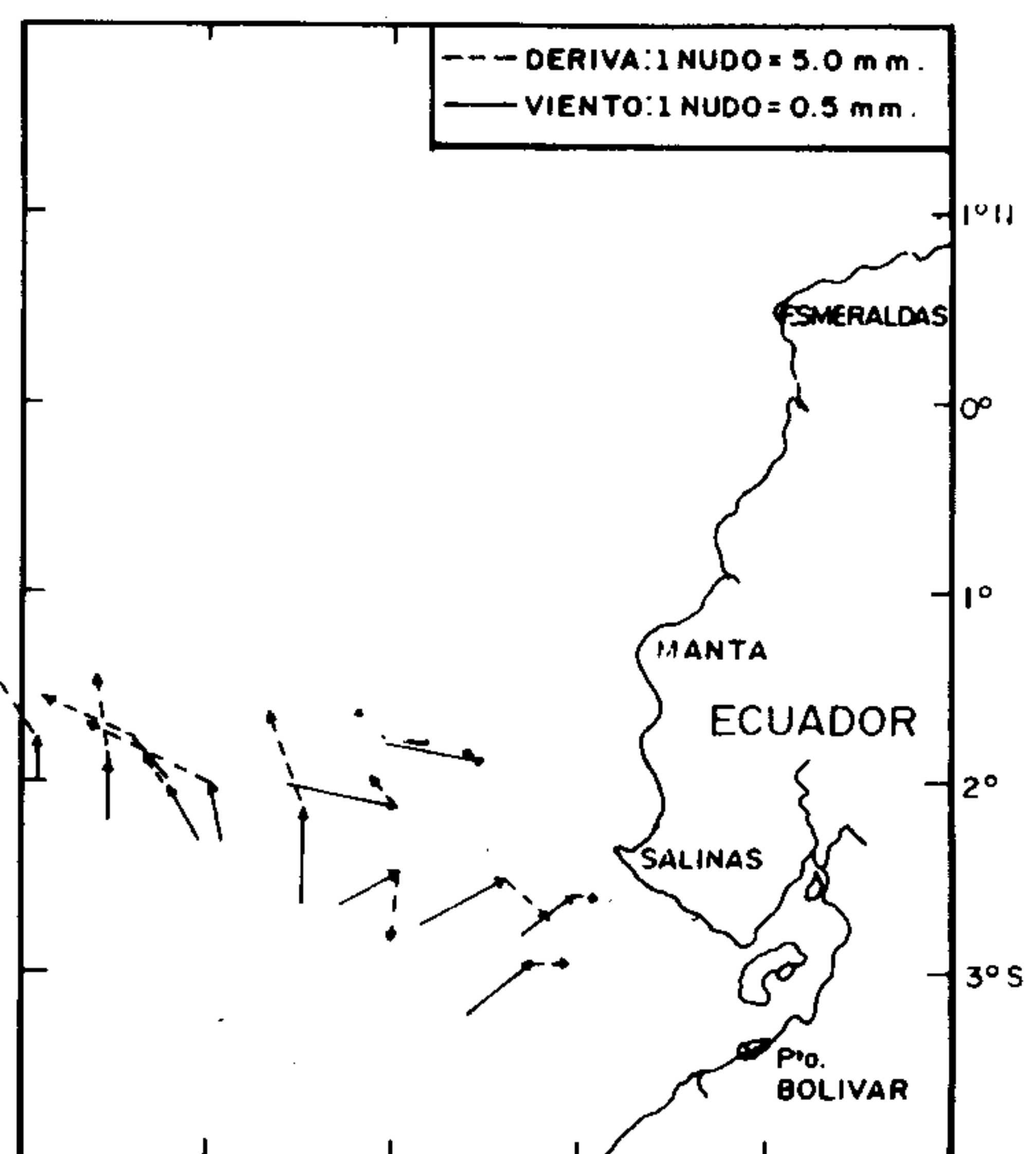


Fig. 6.- Derivas y vientos superficiales del HI-2-87, abril 7-27/1987.

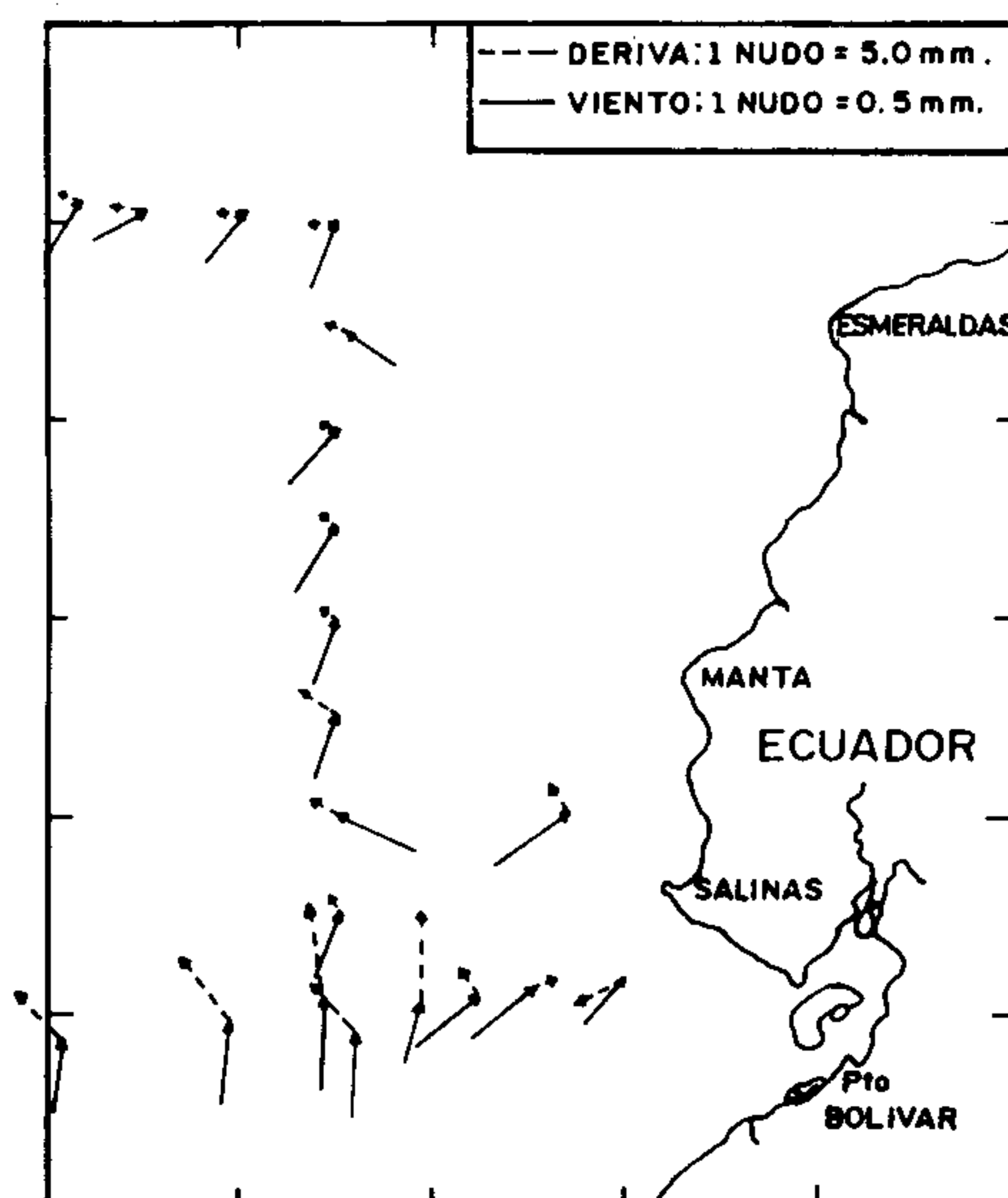


Fig. 7.- Derivas y vientos superficiales del CO-2-84, junio 9-20/1984.

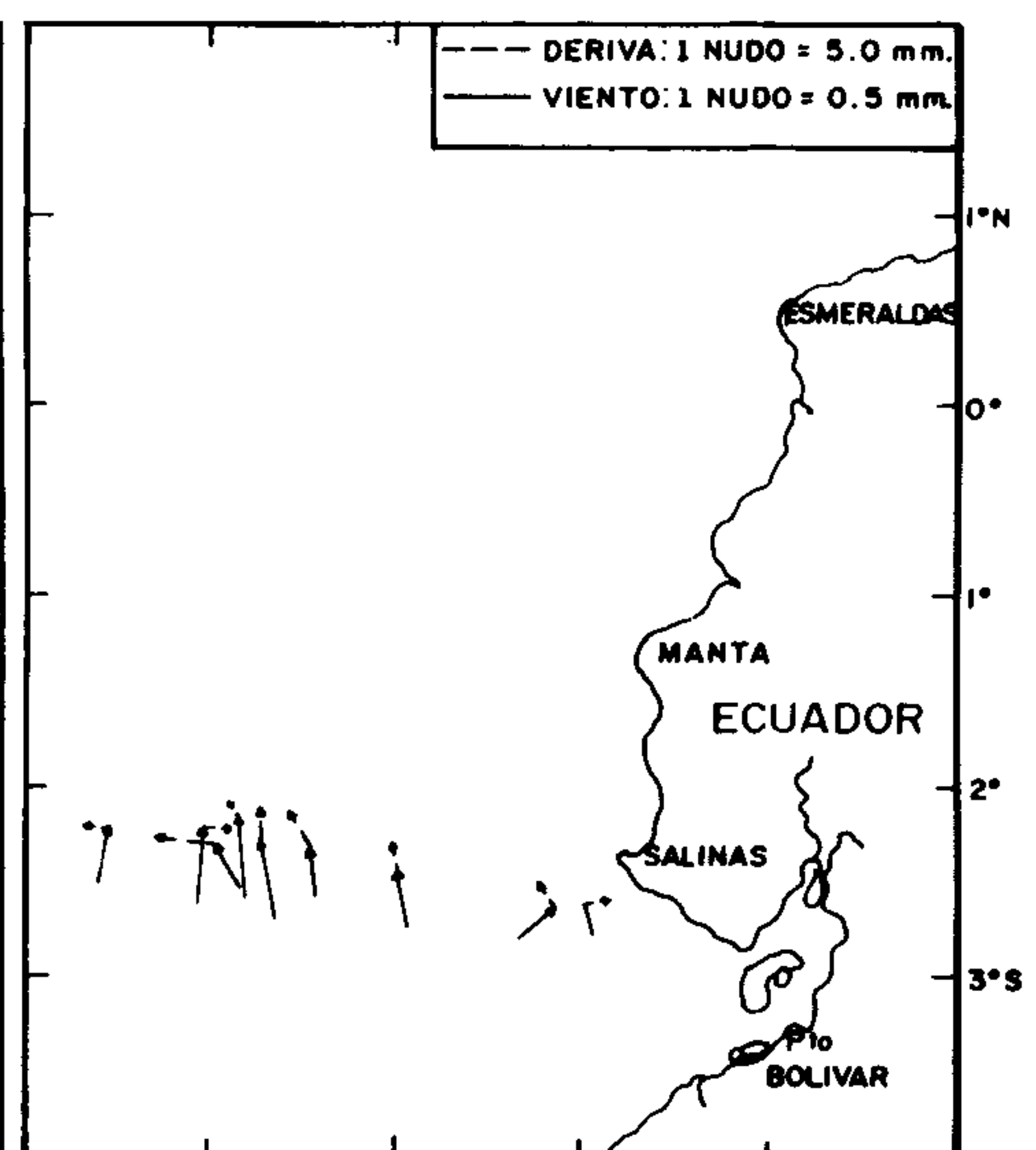


Fig. 8.- Derivas y vientos superficiales del HI-1-85, julio 11-30/1985.

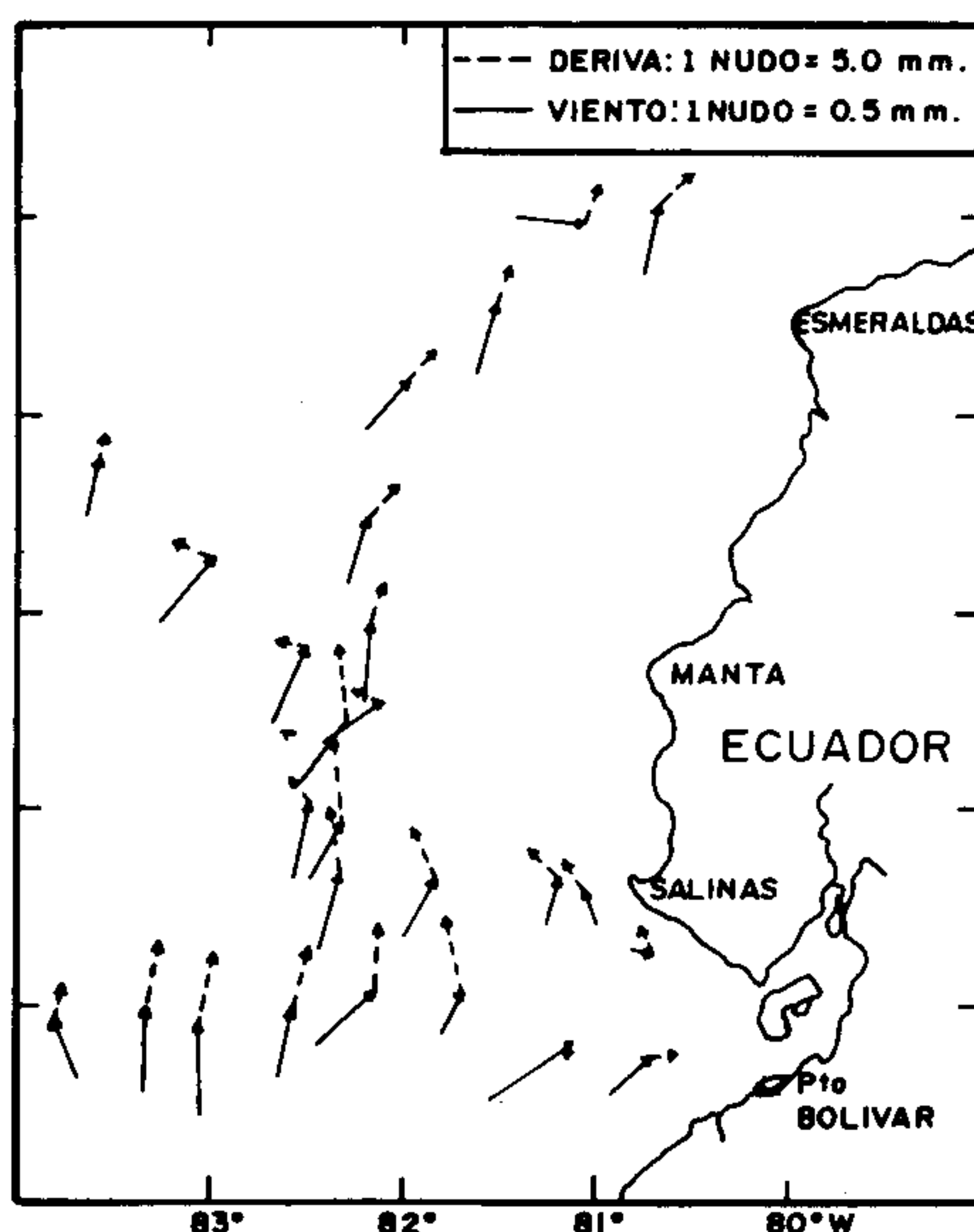


Fig. 9.- Derivas y vientos superficiales del CO-1-88, agosto 8-28/1988.

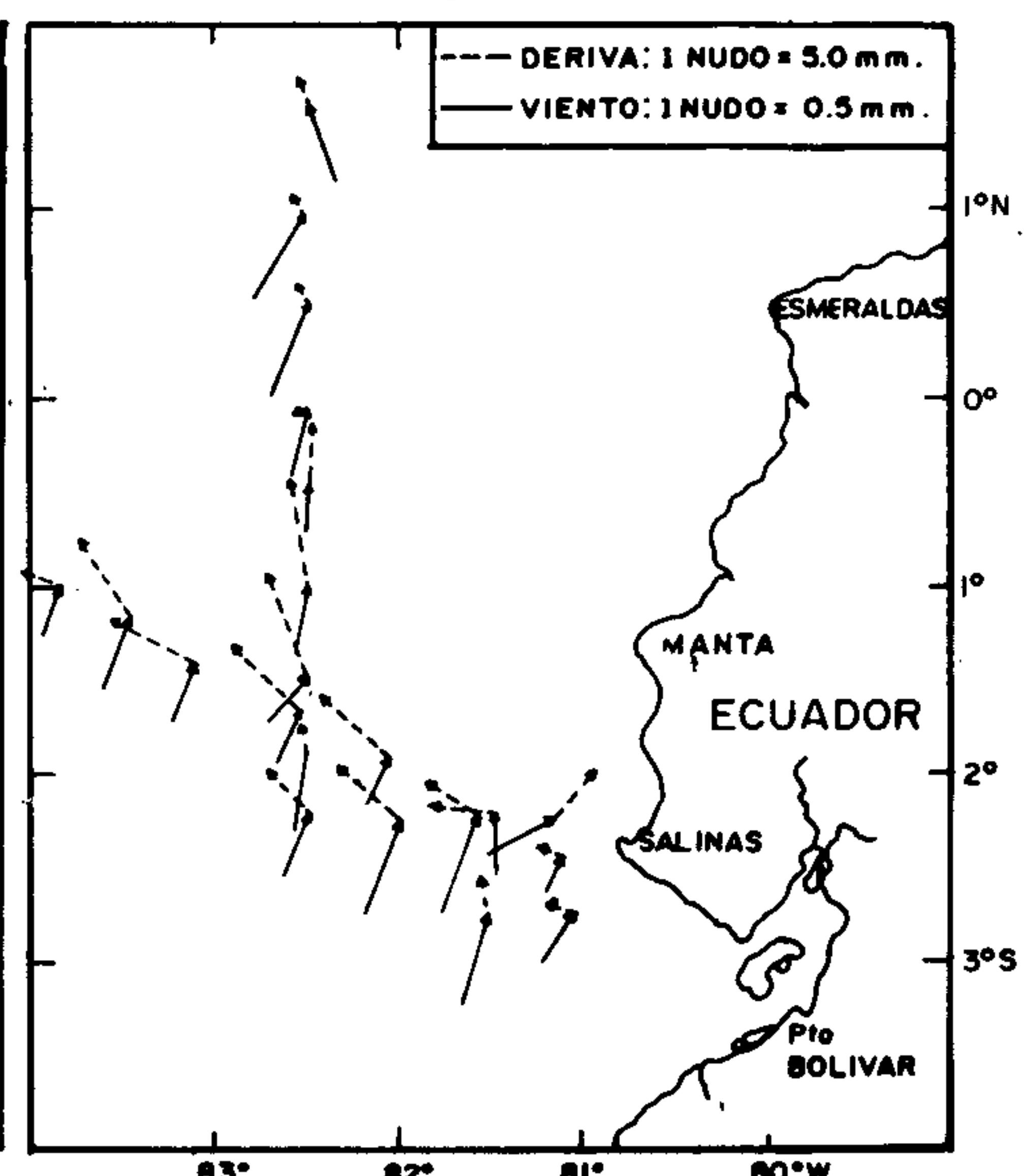


Fig. 10.- Derivas y vientos superficiales del CO-2-89, agosto 3-21/1989.

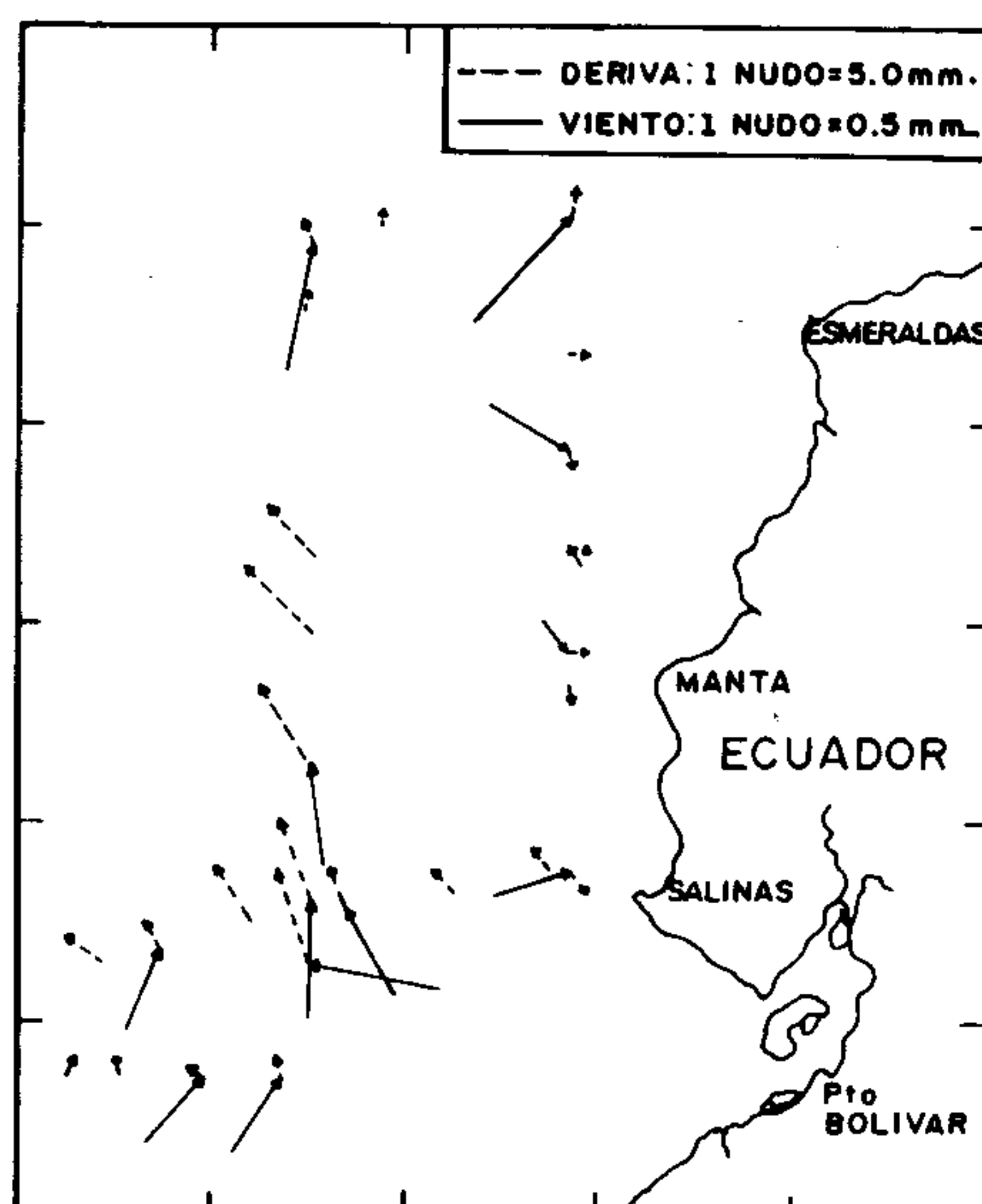


Fig. 11.-Derivas y vientos superficiales del CO-2-82, agosto 13-21/1982.

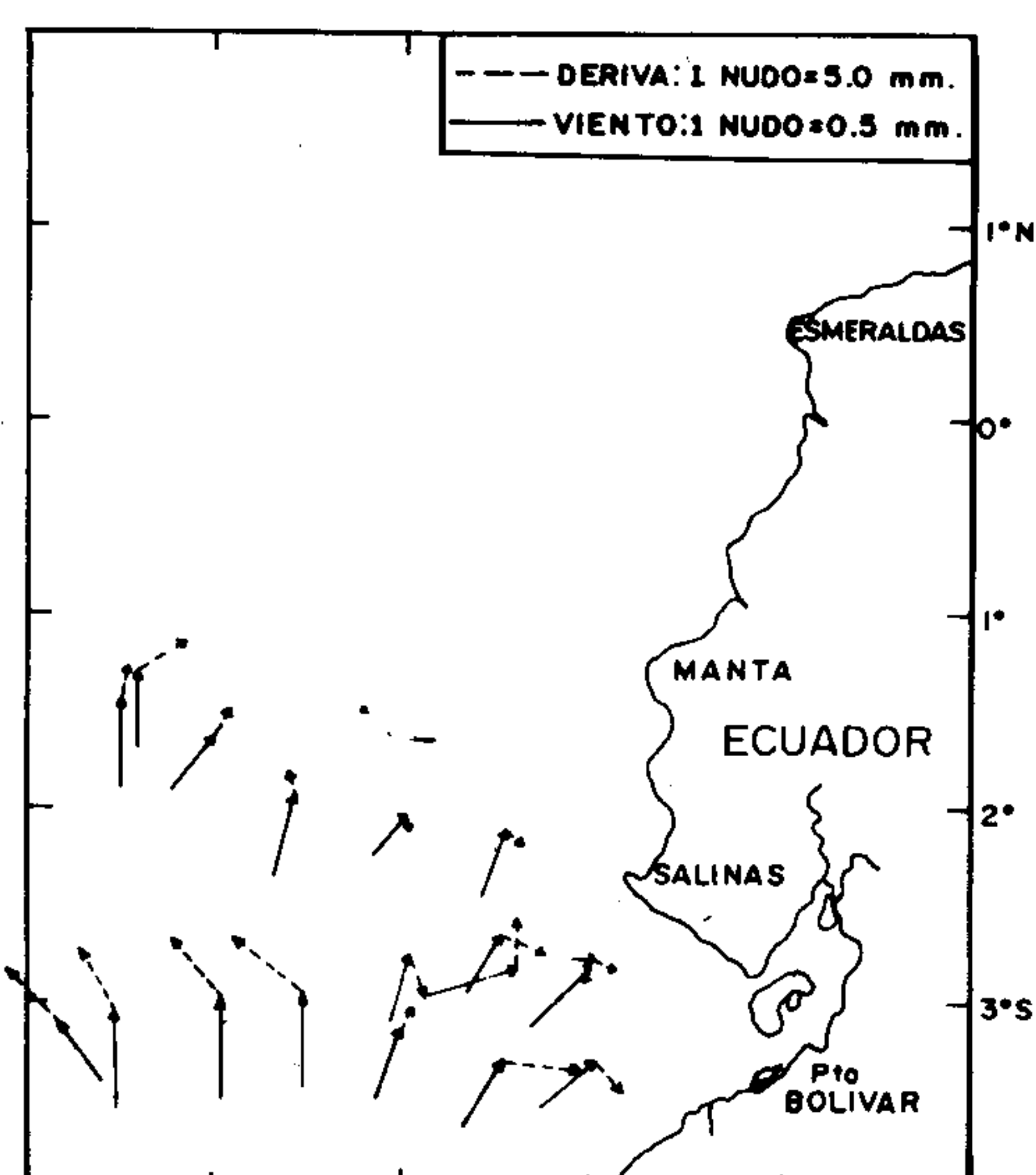


Fig. 12.-Derivas y vientos superficiales del CO-1-85, septiembre 10-23/1985.

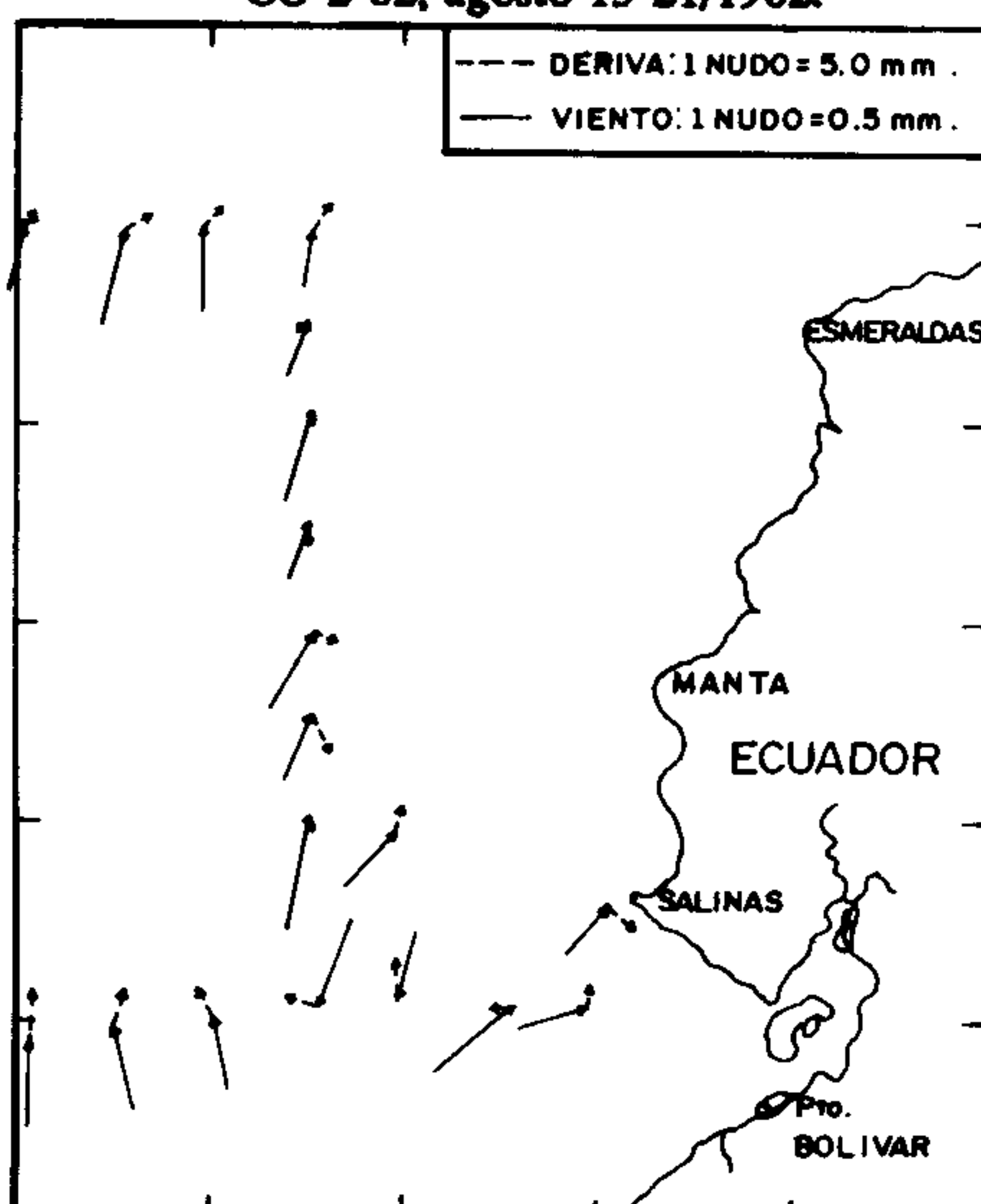


Fig. 13.-Derivas y vientos superficiales del CO-3-84, octubre 12-24/1984.

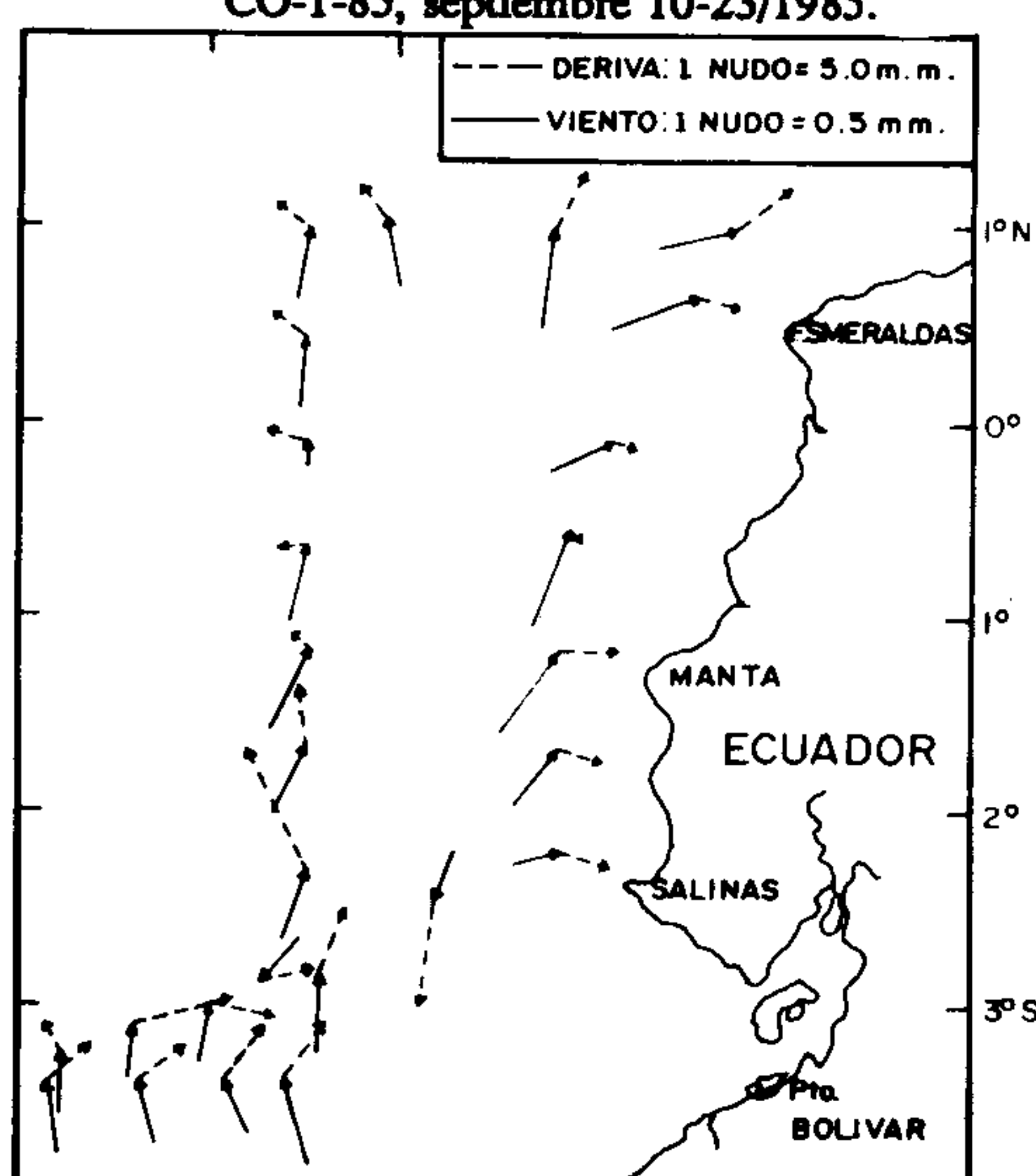


Fig. 14.-Derivas y vientos superficiales del CO-2-83, noviembre 3-13/1983.

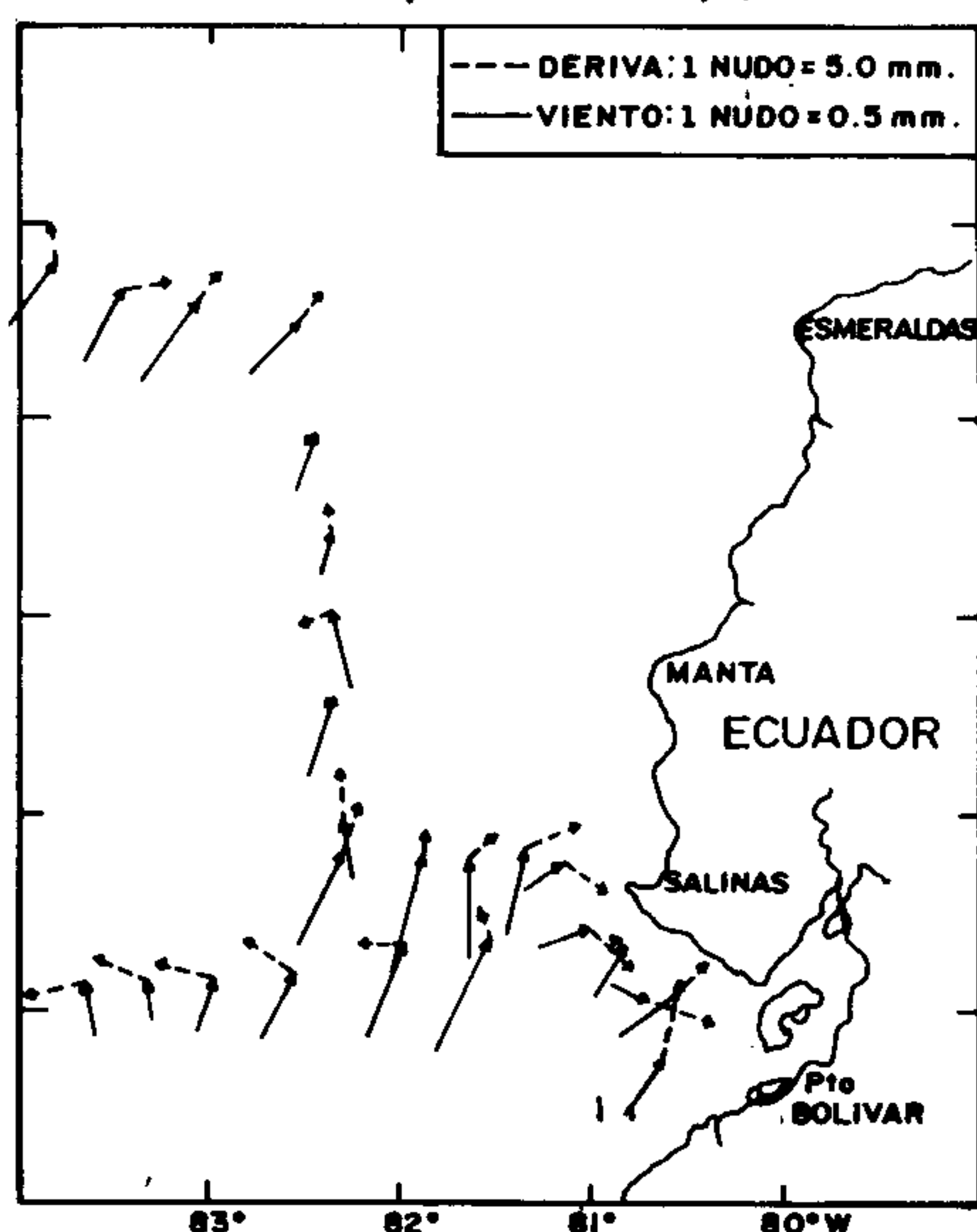


Fig. 15.-Derivas y vientos superficiales del CO-2-88, nov. 29 - dic. 3/1988.

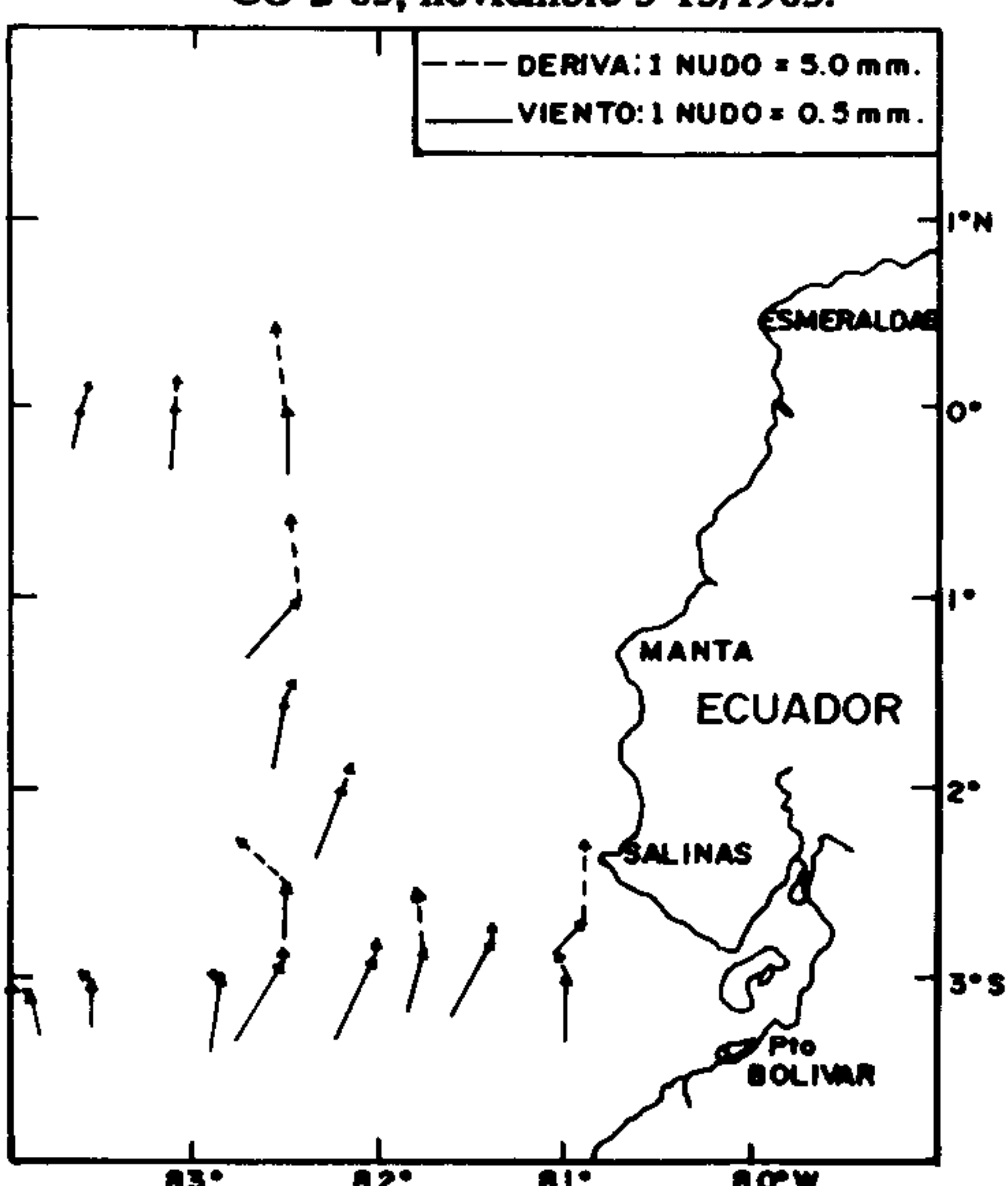


Fig. 16.-Derivas y vientos superficiales del CO-2-86, diciembre 9-19/1986.

la circulación superficial costanera del Ecuador, siendo de gran importancia su estudio por cuanto ejerce mucha influencia sobre las corrientes locales en diferentes poblaciones de la costa del Ecuador, las que a su vez son factores primordiales dentro del ecosistema marino, geomorfología costera, entre otros. Estudios posteriores de la circulación en zonas costeras, serán de gran utilidad para un mejor entendimiento del régimen de la circulación costanera.

BIBLIOGRAFIA

- Cucalón, E., 1987.-** Oceanographic Variability off Ecuador Associated With an El Niño Event in 1982 - 1983. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 92, No. C13, p: 14309 - 14322.
- Enfield, D., 1975.-** Oceanografía de la Región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Físicos. INOCAR, Departamento de Ciencias del Mar, División de Oceanografía Física.
- Instituto Nacional de Pesca, 1988.-** Informe de los resultados obtenidos del Crucero de Investigación Oceanográfico - Pesquero T88/03/1 "Galápagos".
- Instituto Nacional de Pesca, 1989.-** Informe de los resultados obtenidos del Crucero de Investigación Oceanográfica - Pesquera T89/09/1.
- Instituto Oceanográfico de la Armada, 1977.-** Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano; Isla Gorgona - Punta Paríñas, Archipiélago de Colón (Provincia Insular de Galápagos); publicado por INOCAR en 1977.
- Moreano, H., 1983.-** Interacción Océano-Atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR, Vol. 2, No. 1, p: 1-11.
- Soledispa, B. y J. Villacrés, 1989.-** Estudio Sedimentológico y Mineralógico de la Plataforma Continental Ecuatoriana en el tramo comprendido entre Salinas y Ayampe. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR. Vol. 5, No. 1 p: 56-77.
- Stevenson, M., 1970.-** Circulation in the Panama Bight. *Journal Geoph. Res.*, 75 (3), p: 659 - 672.
- Stevenson, M. R., O. Guillén y J. Santoro de Icaza, 1970.-** Atlas de las Aguas Costaneras del Océano Pacífico en la América del Sur. Editado por el Instituto Oceanográfico de la Armada, impreso y registrado por University of California Press Berkeley and Los Angeles, California, 198 p.
- Tsuchiya, M., 1974.-** Variation of the Surface Geostrophic in the Eastern Intertropical Pacific Ocean. *Fishery Bulletin*. Vol. 72, No. 4, p: 1075 - 1086.
- Wyrtki, K., 1965.-** Surface Currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission. Bulletin*, Vol IX, No. 5, p: 33 - 68.

EVIDENCIA DE LA CORRIENTE DE CROMWELL ENTRE 92°W Y 84°W, OBSERVADA EN PERIODOS NORMALES Y DURANTE EL NIÑO 82-83.

Por:

MIRIAM LUCERO (1)
M. PILAR CORNEJO - RODRIGUEZ (2)

RESUMEN

Parámetros Físicos tales como: Temperatura, Salinidad y Velocidad Geostrófica han sido estudiados en conjunto para realizar un análisis de la estructura de la Corriente de Cromwell (Subcorriente Ecuatorial), entre 92° 30' W y 84° 30' W y entre las latitudes de 1°N y 4°S, para épocas normales y anómalas como la ocurrida durante el evento de El Niño 82 - 83.

Los valores de velocidad fueron obtenidos usando el método de Montgomery (método indirecto), el cual permite calcular velocidades geostróficas en latitudes bajas. Los resultados conseguidos con este método muestran la presencia de la Subcorriente Ecuatorial, concluyéndose que la metodología aplicada es confiable.

Sin embargo, cuando se trata de épocas anómalas como en el caso de "El Niño", los altos valores de velocidad obtenidos están asociados con diferentes aspectos propios de un evento anómalo el cual altera el campo de masa.

Se concluye que la Corriente de Cromwell ha sido notoria en las secciones estudiadas, excepto en la sección de 85°W durante septiembre/85. Además se observó que durante épocas normales la Subcorriente se encuentra en su fase mejor definida y con velocidades mayores que en épocas anómalas.

ABSTRACT

Physical Parameters such as Temperature, Salinity and Geostrophic Velocity have been studied as a whole in order to carry out an analysis of the Cromwell Current structure (Equatorial Undercurrent), between 92° 30' W and 84° 30' W and 1° N and 4°S, not only for normal periods but also anomalous ones, like during the "El Niño 82-83" event.

Velocity values have been calculated using the Montgomery method (indirect method), which allows to calculate geostrophic velocities at low latitudes. The results show the presence of the Equatorial Undercurrent, concluding that the methodology applied is reliable.

However, during anomalous periods such as "El Niño 82 - 83" event, the high velocity values obtained are associated with different aspects proper of an anomalous event, which modifies the mass field from its normal state.

It is concluded that the presence of the Cromwell Current was evident in the studied sections, except in the 85°W section during september/85. Also, it has been observed that during normal periods the Equatorial Undercurrent is well defined and it has higher velocities than during anomalous ones.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR.- P.O. Box, 5940.- Guayaquil - Ecuador
(2) Escuela Superior Politécnica del Litoral. ESPOL.- P.O. Box, 5863.- Guayaquil - Ecuador.

INTRODUCCION

La Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell es una característica importante de la circulación oceánica ecuatorial, formando parte del sistema de Corrientes del Pacífico Oriental Ecuatorial. Fue descubierta en 1952 en 150°W y actualmente su presencia ha sido establecida a lo largo de toda la faja ecuatorial en el Océano Pacífico (Tsuchiya, 1972).

Como característica de la Subcorriente Ecuatorial podemos anotar las observadas por Hastenrath (1985), el mismo que expone que la Corriente de Cromwell es simétrica cerca del ecuador, que tiene 300 km. de ancho y 200 m de espesor, con un núcleo de velocidades alrededor de 1 m/s, a una profundidad comprendida entre 50 y 200 m. aproximadamente. Según estudios realizados por otros autores tales como Montgomery y Strout (1962), la estructura termohalina de esta Corriente presenta temperaturas entre 13-15°C y salinidades de 34.9‰. Cabe anotar que las características dadas de esta Corriente por algunos autores, como los mencionados anteriormente son el resultado de investigaciones realizadas en zonas alejadas de nuestra área de estudio.

Pocos son los estudios realizados sobre la circulación oceánica en zonas ecuatoriales centradas al Este de las Islas Galápagos, en especial sobre la Corriente de Cromwell, la cual casi en forma permanente se presenta al Oeste de las Islas Galápagos desconociéndose con que periodicidad lo hace al Este de las mismas y si tiene ubicación propia para surgir; sin embargo algunos autores como Zuta y Cochrane (1969), observaron a la Subcorriente Ecuatorial al Este de las Galápagos dividida en dos ramales, uno al Norte y otro al Sur del ecuador. Montgomery (1962), por observaciones realizadas de la Subcorriente Ecuatorial, concluye que esta se encuentra usualmente débil o ausente al Este de las Galápagos.

La presente investigación trata de notar la presencia de la Corriente de Cromwell entre 92° 30'W y 84° 30'W, utilizando para el efecto datos de temperatura y salinidad tomados de algunos de los cruceros oceanográficos que realiza el B/I ORION en el Mar Territorial Ecuatoriano. De toda la información utilizada, se incluyen datos recopilados en noviembre/82 y enero/83, durante la presencia del Fenómeno de "El Niño", los cuales nos permiten conocer las características de la Corriente de Cromwell en una época anómala como aquella.

Por encontrarnos en una zona ecuatorial, donde el factor de coriolis no responde en la forma usual, se ha

empleado el método de Montgomery (método indirecto), para determinar corrientes marinas, el mismo que está en función directa de los parámetros de temperatura y salinidad, y que además tiene la ventaja de poder ser utilizado en zonas ecuatoriales.

DATOS

Los datos utilizados en este estudio fueron obtenidos por el B/I ORION, durante los Cruceros Oceanográficos CO-1-82, CO-3-82, CO-1-83, CO-2-83, CO-1-85; los cuales forman parte de algunos de los proyectos de investigación que mantiene el Instituto Oceanográfico de la Armada. Los cruceros 1 y 3 del 82 fueron realizados en marzo y noviembre respectivamente, los cruceros 1 y 2 del 83 en enero y noviembre y el crucero

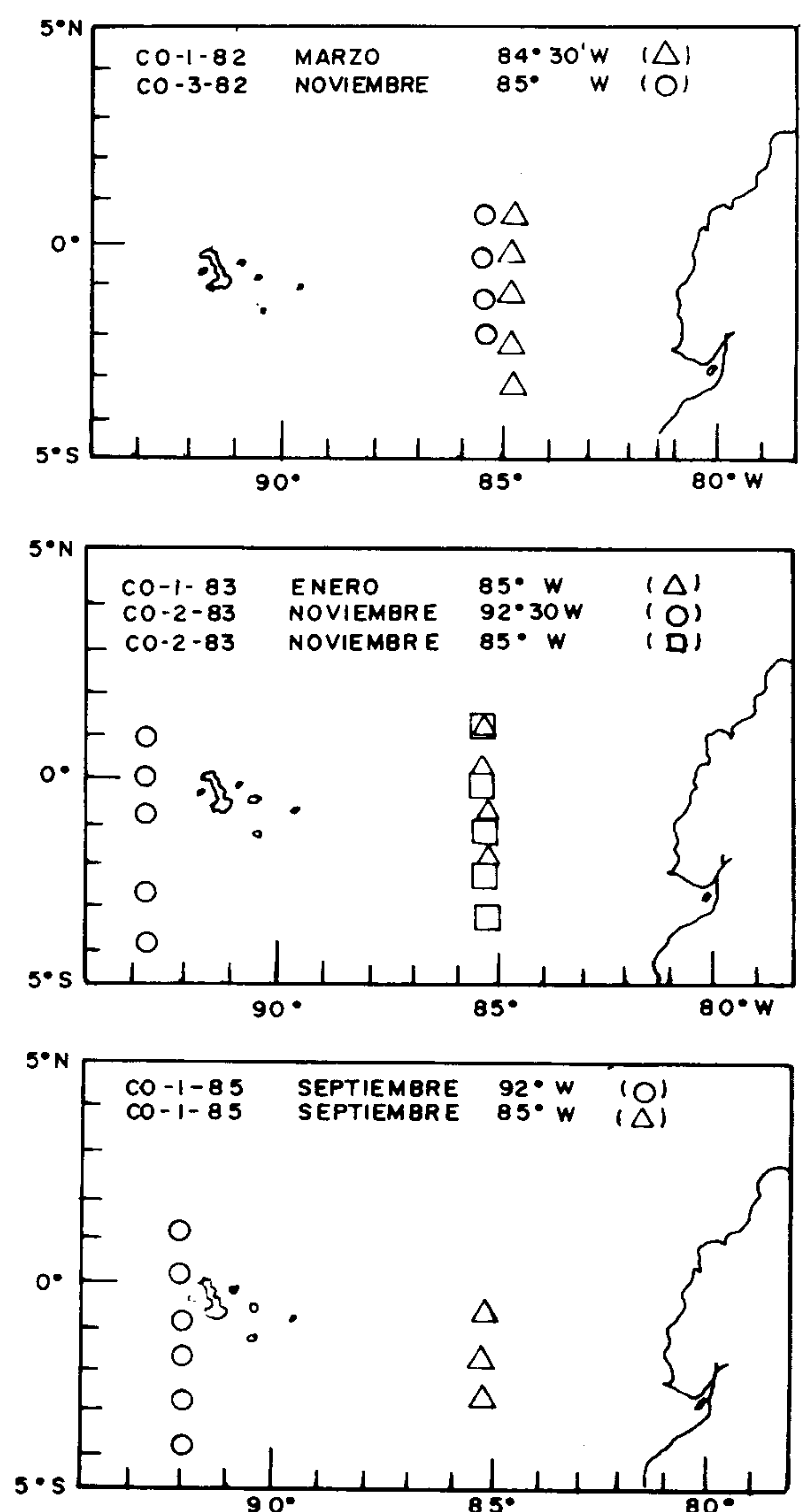


Fig. 1.-Ubicación de las estaciones utilizadas durante los cruceros CQ-1-82, CO-3-82, CO-1-83, CO-2-83 Y CO-1-85.

CO-1-85 fue realizado en septiembre. Solamente se han utilizado los datos de las estaciones localizadas entre 84° 30'W y 92° 30'W y entre las latitudes de 1°N y 4°S, los mismos que limitan el área de estudio. En la figura 1, se observan las posiciones de las estaciones oceanográficas utilizadas por los diferentes cruceros en base a los cuales se realiza la presente investigación.

De los archivos de datos de los cruceros oceanográficos mencionados anteriormente se tomó la información de los parámetros físicos básicos de temperatura y salinidad hasta una profundidad de 500 m. Se observa que de la información empleada para el análisis, los cruceros CO-3-82 y CO-1-83 recopilaron datos durante una época en la cual estaban presentes condiciones anómalas de un evento "El Niño", lo cual resulta interesante para conocer características relevantes de la Corriente de Cromwell durante una época anómala y así poder realizar comparaciones con épocas normales.

CALCULO DEL FLUJO GEOSTROFICO

Los resultados de velocidad fueron obtenidos en forma indirecta empleando el método de Montgomery (Montgomery y Strout, 1962), el cual enfrenta el problema ocasionado por la anulación del parámetro de coriolis en las latitudes bajas, aspecto muy importante para zonas ecuatoriales tales como el área de estudio. Se pretende a continuación explicar brevemente el método utilizado, sin embargo una explicación más amplia puede observarse en la referencia citada.

El método de Montgomery consiste en asumir la velocidad zonal (V_x) como uniforme sobre una superficie isobárica o isanostérica. Para la componente zonal del flujo geostrofico la variación meridional del geopotencial en una superficie isobárica es:

$$(1) \quad d\Phi = -F V_x dy$$

donde F es el factor de coriolis igual a $2\Omega a \sin\Theta$.
Siendo Ω la velocidad angular de la Tierra
a el radio ecuatorial y
 Θ la latitud

Diferenciando la ecuación (1) tenemos:

$$(2) \quad \frac{d^2 \Phi}{dy^2} = -2\Omega a V_x \cos \Theta$$

Integrando la ecuación (2) desde una latitud Θ_1 hasta una latitud Θ_2 , tendremos:

$$(3) \quad \Phi_2 - \Phi_1 = 2\Omega a (\cos \Theta_2 - \cos \Theta_1) V_x$$

Donde $2(\cos \Theta_2 - \cos \Theta_1)$ puede ser reemplazado por $(\Theta_2^2 - \Theta_1^2)$

A partir de esta expresión se establece una aproximación para las latitudes bajas, la ecuación (3) puede ser escrita como:

$$(4) \quad V_x = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Omega a (\Theta_2^2 - \Theta_1^2)}$$

La magnitud de la velocidad se establece en primer lugar por medio del cálculo de la aceleración potencial (Φ) sobre la isanostérica de referencia en una estación, siguiendo la metodología empleada por Vera (1984).

Por la aplicación de este método se establecieron secciones verticales de Anomalia Termostérica, en cada una de las cuales se determinó la isanostérica común de mayor profundidad, la misma que fue usada como nivel de referencia en cada sección para la obtención de la velocidad geostrofica.

Es importante anotar que la expresión (4) debe ser aplicada en secciones con intervalos asimétricos a la latitud cero.

Con respecto a la información bajo la cual se realizan los cálculos de velocidad para observar la Corriente de Cromwell, se muestran en las figuras 2A y 2N, las secciones verticales de temperatura y salinidad para los diferentes cruceros, los mismos que indican la distribución de tales parámetros en toda la columna de agua, de tal forma que se puede conocer las características termohalinas de la Subcorriente Ecuatorial para los períodos de medición.

Una vez realizados los cálculos de velocidad geostrofica relativa, se procedió a graficar las secciones verticales de este parámetro, las cuales se presentan en las figuras 3A a 3G. El flujo hacia el Este está representado por líneas llenas y flujo hacia el Oeste por líneas cortadas.

CARACTERISTICAS TERMOHALINAS

Entre las características asociadas a la Corriente de Cromwell para determinar su presencia, se tiene el termoclad de agua ecuatorial de 13°C y un núcleo de altas salinidades. El termoclad es notable por la gran separación de las isotermas e isopícnas justo bajo la termoclina (Lukas, 1985). Si consideramos la isoterma de 15°C como la base de la termoclina para la región de estudio, en el presente trabajo tomaremos en cuenta la separación entre las isotermas de 13° - 15°C.

La estructura termohalina de una masa de agua caracterizada de tal forma, es un buen indicativo de la Subcorriente Ecuatorial sin necesidad de ser medida directamente.

En marzo /82 cuando aún no se presentaban muestras de anomalía oceánica en el área, en la sección de 85°W, las isotermas de 15°C - 13°C y las isohalinas de 35 - 35.1 ‰ se encontraban a profundidades entre 50 - 250 m aproximadamente (Fig. 2AH). Esta separación de las isotermas mencionadas anteriormente y la isohalina de 35 ‰ evidencian claramente la masa de agua característica de la Subcorriente.

Cuando las primeras manifestaciones de "El Niño" 82/83 ya se habían presentado (noviembre/82) las isotermas de 15 - 13°C se encontraban a mayores profundidades (Fig. 2B) con respecto a la sección anterior (marzo/82). Esta profundización de las isotermas se justifica por las condiciones anómalas presentes en el área, como fueron observadas por Moreano, et al. (1986), quienes mencionan que para esta época se tuvo una apreciable elevación del nivel del mar y una notable profundización de la termoclina. En la figura 2I, se observa la isohalina de 35‰ al Sur del ecuador en forma de un gran núcleo a profundidades entre 100 y 200 m aproximadamente.

Para enero/83 en la sección de 85°W, las temperaturas en las capas superficiales aumentaron en toda la sección, con valores de 27°C en las capas superficiales como se muestra en la figura 2C, lo cual evidencia aún la presencia del Fenómeno de "El Niño 82-83". En la distribución de salinidad (Fig. 2J), se nota claramente una capa de alta salinidad (34.9 ‰), localizada a lo

largo de toda la sección, pero con mayor espesor al Norte del ecuador. Valores pequeños de salinidad de hasta 33.6‰ son observados en la superficie entre 0° y 1°N, un núcleo con salinidad de 35‰ es observado alrededor del ecuador a profundidades entre 140-210 m.

Las características termohalinas de la sección considerada en noviembre/83 a lo largo de 92° 30'W, revelaron la presencia de un afloramiento ecuatorial, caracterizado por temperaturas superficiales del orden de 18-22°C (Fig. 2D) y salinidades entre 34.8-35‰ (Fig. 2K), también puede observarse un núcleo de altas salinidades (> 35.1‰) alrededor de 3°S. En este mismo período pero en 85°W, las mayores temperaturas (> 24°C), son apreciadas entre 1°S y 1°N (Fig. 2E), es decir un poco desplazadas hacia el Norte con respecto a la sección anterior. Una capa de alta salinidad (35‰) está presente a lo largo de toda la sección (Fig. 2L) a profundidades entre 25 y 75 m.

En septiembre/85 en la sección de 92°W se observan temperaturas superficiales de hasta 22°C al Norte del ecuador (Fig. 2F), de igual forma se observa el gran termoclasto bajo la termoclina, abarcando una capa de aproximadamente 200 metros. Un núcleo de alta salinidad (35.5‰) se observa alrededor de 3°S entre 50-150 m (Fig. 2M), una amplia capa con salinidades de 35.4‰ está presente a lo largo de toda la sección. En este mismo período pero en 85°W, se aprecia, claramente un afloramiento ecuatorial entre 2°S y 1°S, con temperaturas superficiales de hasta 20°C (Fig. 2G); una capa de altas salinidades (35‰), es observada en toda la sección entre 50-275 m de profundidad (Fig. 2N).

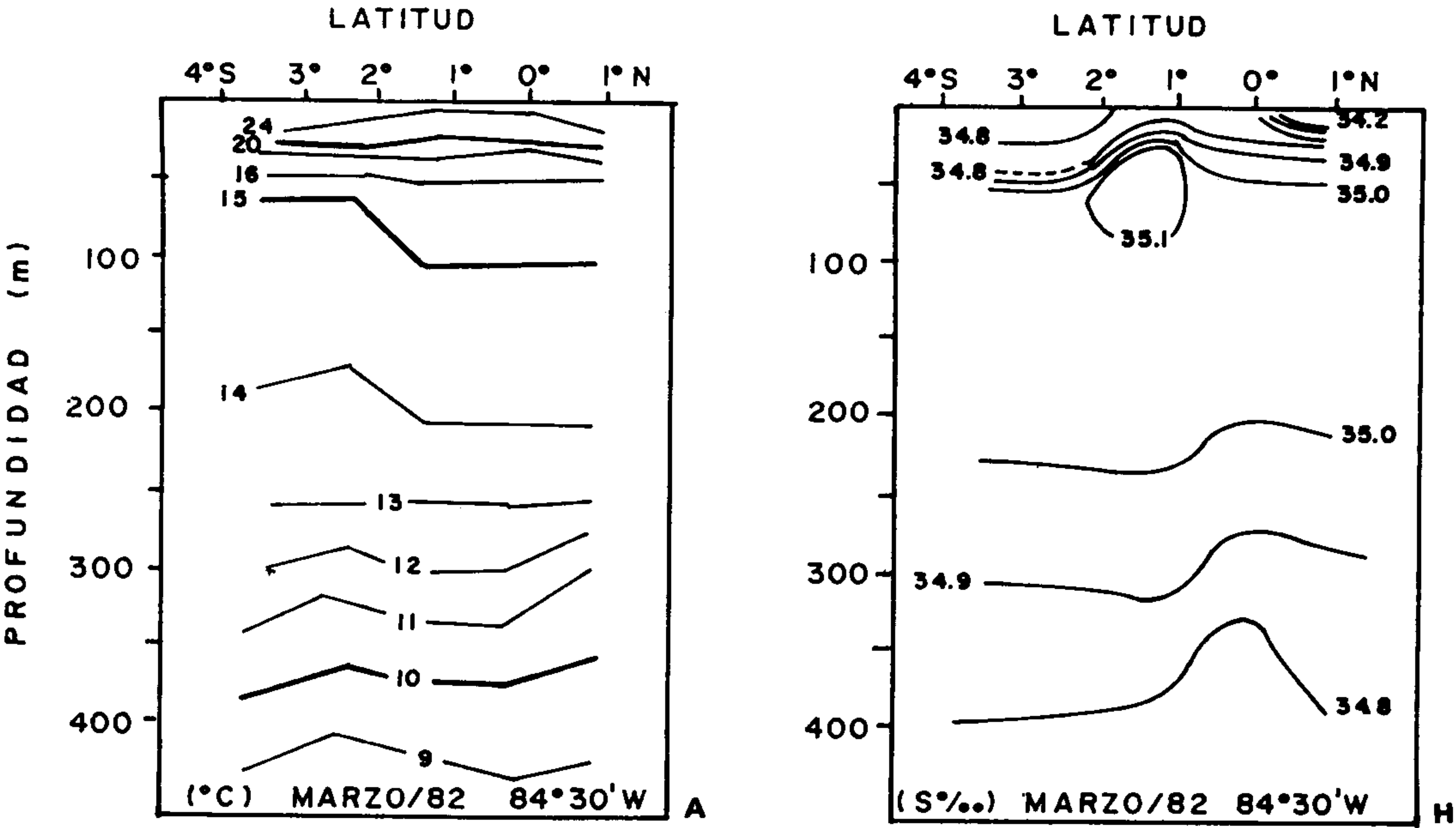


Fig. 2.- Secciones verticales de temperatura (°C) y salinidad (‰).

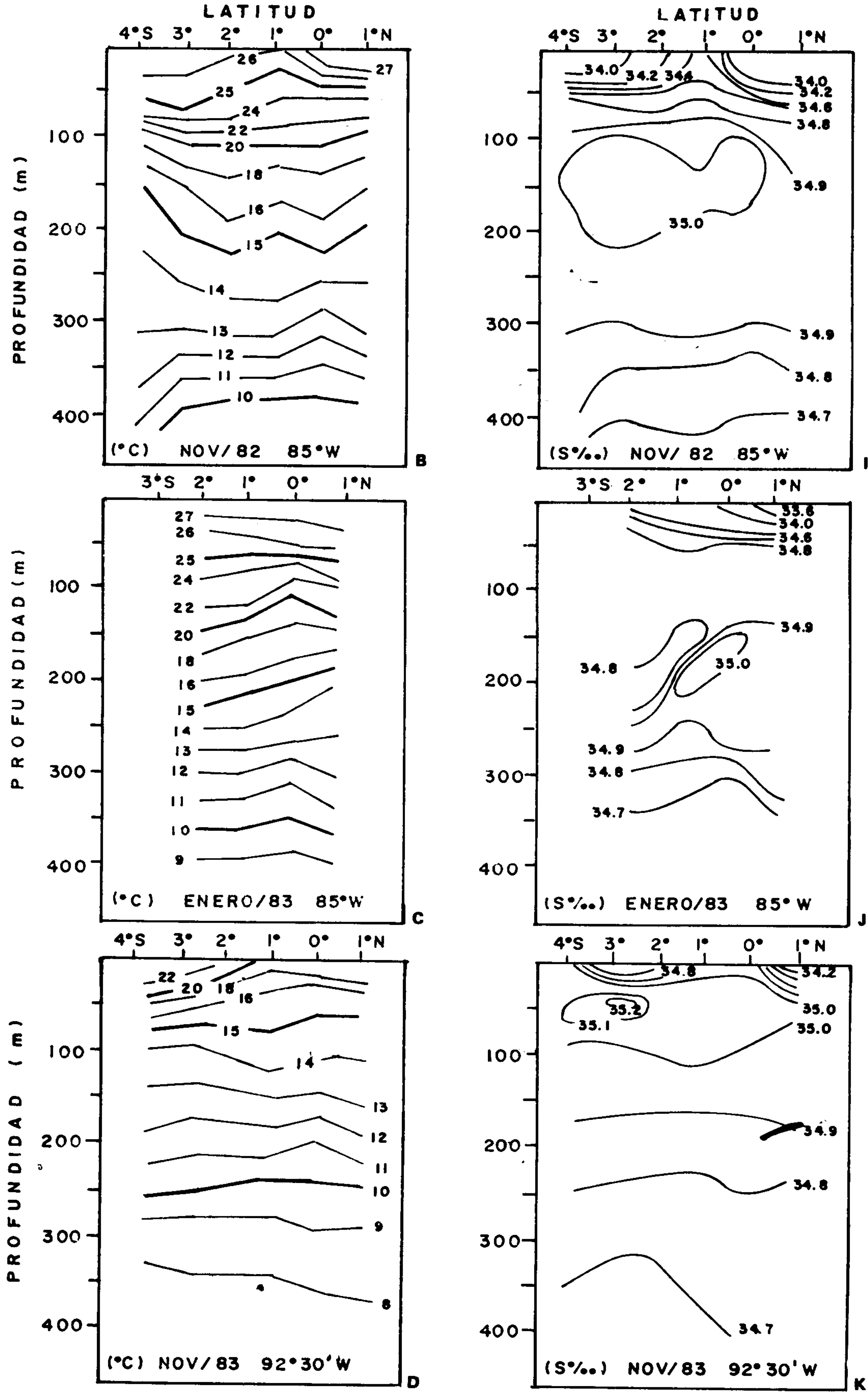


Fig. 2.- Secciones verticales de temperatura (°C) y salinidad (‰).

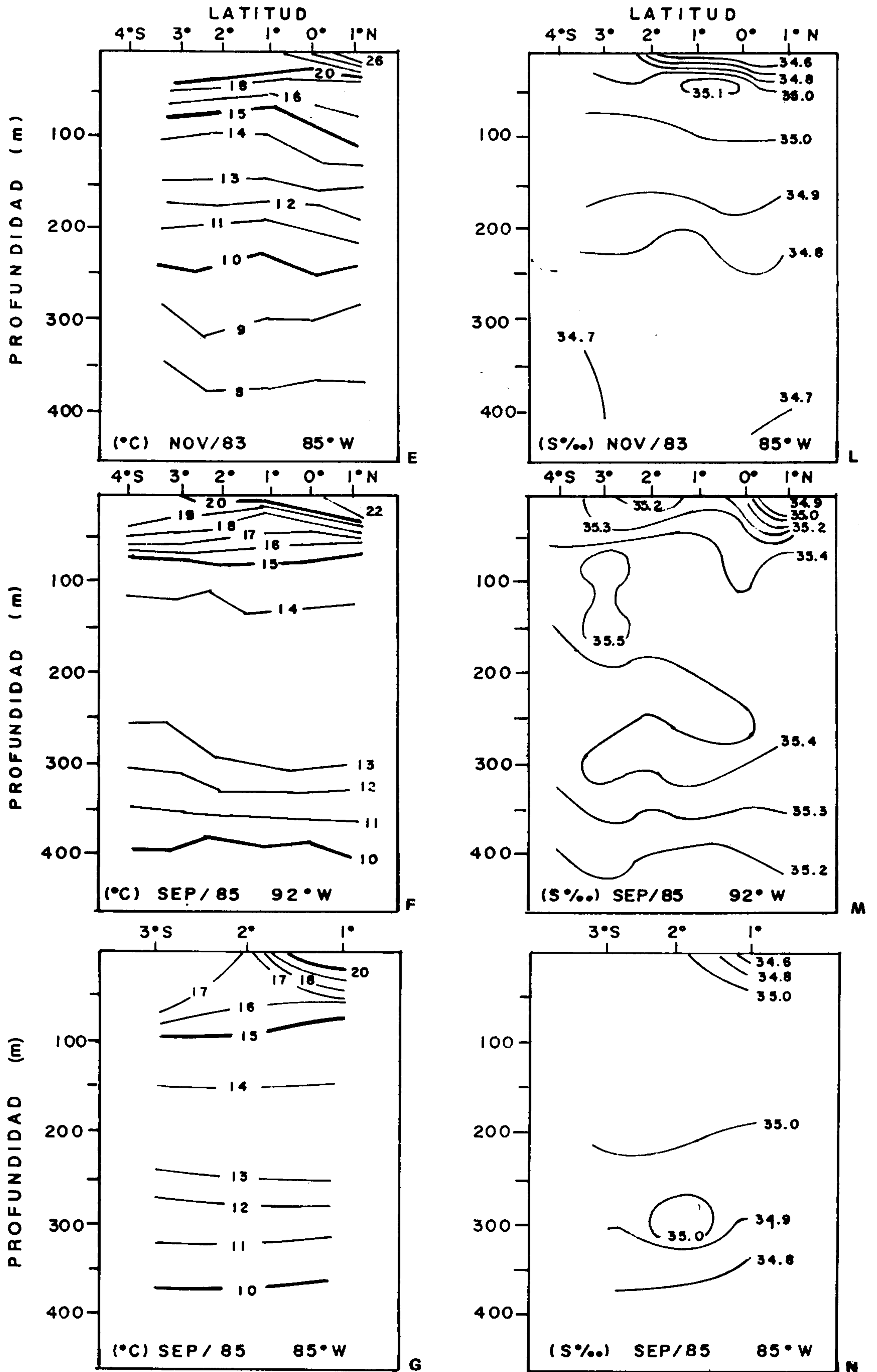


Fig. 2.- Secciones verticales de temperatura (°C) y salinidad (‰).

FLUJO GEOSTROFICO

Luego de aplicar el Método de Montgomery a los datos seleccionados, se encontraron interesantes resultados acerca de la presencia de la Corriente de Cromwell en aguas ecuatoriales, tanto al Este como al Oeste de las Islas Galápagos, para épocas anormales como fue la del evento fuerte del 82-83 y para épocas normales.

El gráfico de velocidad (Fig. 3A) para esta sección (marzo/82), indica la presencia de un flujo hacia el Este entre 0° y 2°S con velocidades bajas en las capas superiores, aumentando progresivamente hasta encontrarse con un núcleo de 1.4 m/s, limitado en la región Norte y Sur por flujos hacia el Oeste. Durante marzo/82. en 85°W Leetmaa, et al. (1983), observaron al Sur del ecuador una Subcorriente con velocidades alrededor de 0.7 m/s a profundidades de 70 m aproximadamente. De acuerdo a lo citado anteriormente por dichos autores y por los resultados obtenidos en esta sección del presente estudio, podría decirse entonces que el flujo hacia el Este, observado en esta sección es la aparente extensión de la Subcorriente Ecuatorial.

Para noviembre/82 (Fig. 3B), se aprecia claramente un flujo hacia el Este entre 2°S y 1°N, con las mayores velocidades al Norte del ecuador, el flujo hacia el Este en la región Sur es limitado por flujos hacia el Oeste con velocidades de hasta 1 m/s. Según la distribución vertical de velocidad en esta sección, puede mencionarse que la Corriente de Cromwell podría estar debilitada y no claramente definida en su límite Norte, debido a que los flujos de altas velocidades (> 1.6 m/s) encontrados al Norte del ecuador estarían asociados con los fuertes flujos provenientes del Oeste que se presentaron durante El Niño 82-83. Estos mismos, generaron la intrusión de aguas cálidas en el área durante esta época, alterando la estructura térmica y salina del océano, con la superposición de aguas de mayor densidad arriba de aguas de menor densidad, creando así movimientos oscilatorios verticales que son causa de la formación de ondas internas las mismas que producen grandes perturbaciones para el cálculo geostrofico (Vera, 1984). Valores altos de velocidad encontrados en esta longitud (85°W) y en este período también fueron obtenidos por Hacker (1986), y fueron considerados por el mismo autor como anormalmente fuertes (1 m/s), a pesar de que se trataba de una época no normal.

En la sección correspondiente a enero/83 se nota un núcleo con flujo hacia el Este con velocidades hasta de 3 m/s, situado entre 0° 30'N y 1° 30'S y hasta una profundidad de 250 m aproximadamente (Fig. 3C),

debido a la presencia del Fenómeno de El Niño y a causa de esta anomalía se produce un transporte de aguas cálidas provenientes del Oeste hacia las costas de Sudamérica, indefiniendo a la Subcorriente Ecuatorial de igual forma que lo ocurrido en la sección anterior de noviembre/82. Se observa también una estructura casi horizontal a lo largo de toda la sección con flujos hacia el Este con velocidades alrededor de 0.6 m/s, esta estructura posee temperaturas entre 14-16°C y salinidades alrededor de 34.9‰ (Fig. 2CJ), lo cual indica que la Corriente de Cromwell podría estar presente en esta época entre 200 y 250 m, aunque un poco débil. Por lo tanto, considerando a la Corriente como debilitada y no ausente se estaría de acuerdo con lo observado por Hisard y Henin (1984).

En la sección de 92° 30'W en noviembre/83 se presenta un fuerte flujo entre 1°S y 1°N, con velocidades hasta de 1.4 m/s (Fig. 3D), otro ramal con flujo hacia el Este es observado alrededor de 3°S, estos dos ramales son separados por un ligero flujo hacia el Oeste, con valores pequeños de velocidad hasta de 0.1 m/s. De acuerdo a las características termohalinas analizadas anteriormente, podría decirse que la Corriente de Cromwell en esta sección está presente en dos ramales, siendo el ramal Norte ligeramente más fuerte que el Sur. En este mismo período pero en 85°W, se nota claramente la presencia de dos ramales (Fig. 3E), con flujos hacia el Este, uno ubicado entre 0° y 1°N a profundidades comprendidas entre 150 - 350 m con velocidades hasta de 0.6 m/s, el otro ramal ubicado entre 3°S y 1°S con velocidades hasta de 0.3 m/s a profundidades entre 50-125 m aproximadamente, estos dos ramales Norte y Sur están separados por un flujo hacia el Oeste localizado entre 1°S y 1°N en las capas superiores con velocidades hasta de 1 m/s. Se observa también que la Subcorriente en esta sección (85°W) es aún más débil que en los 92° 30'W.

La figura 3F, corresponde a la sección de septiembre/85 a lo largo de 92°W, en la cual se observa claramente dos ramales con flujos hacia el Este, uno de ellos ubicados entre 0° y 1°N, el mismo que presenta un núcleo de altas velocidades (> 1 m/s), a profundidades comprendidas entre 50-250 m y el otro ramal ubicado entre 2° y 1°S con velocidades bastantes pequeñas de hasta 0.2 m/s, estos flujos hacia el Este representan los ramales de la Subcorriente Ecuatorial, los mismos que están separados por un flujo hacia el Oeste con velocidades hasta 1 m/s, siendo el ramal Norte más fuerte que el ramal Sur. En este mismo período pero en 85°W se tiene ausencia total de la Subcorriente Ecuatorial (Fig. 3G), esto podría ser justificado si se observa que en los 92°W el ramal Sur de la Corriente de

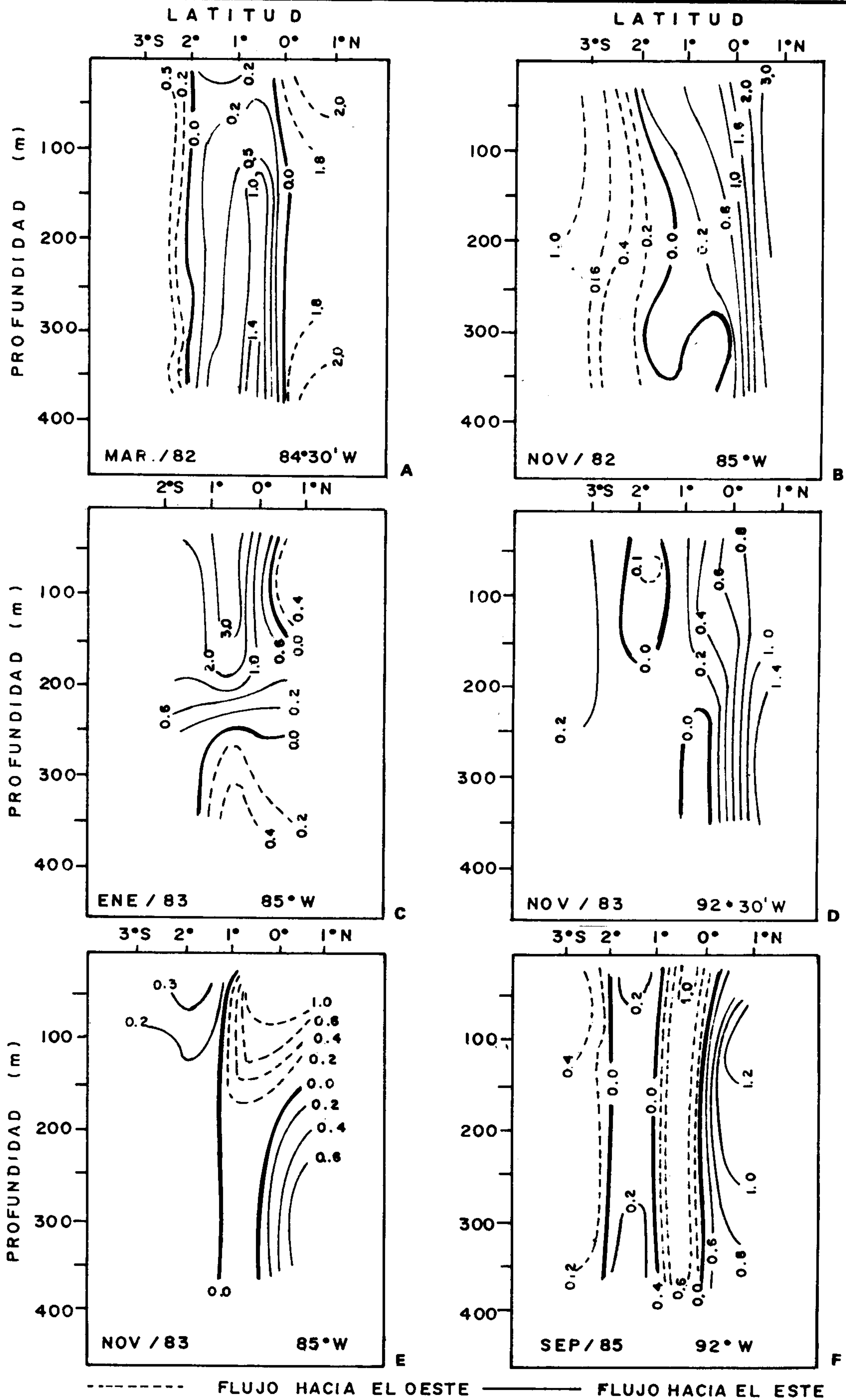


Fig. 3.- Secciones verticales de velocidad (m/s).

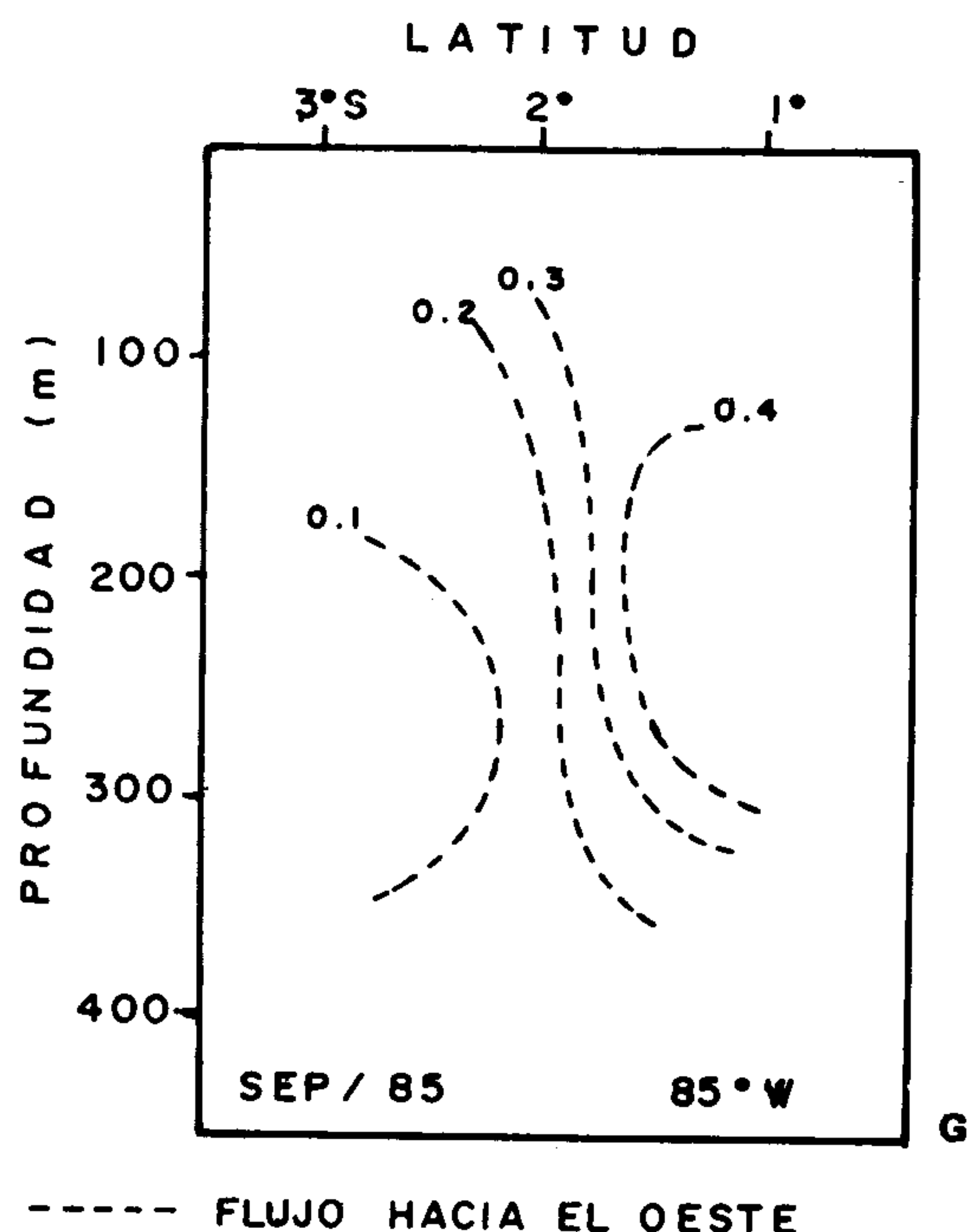


Fig. 3.- Secciones verticales de velocidad (m/s).

Cromwell se presenta bastante débil (0.2 m/s), es de esperarse entonces que en esta sección (85°W) sea aún más débil o como en este caso no exista ninguna evidencia de la misma.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las secciones estudiadas para las diferentes épocas demuestran que la Corriente de Cromwell se encuentra presente en el área, ya sea por observaciones de las características termohalinas asociadas con la Corriente, así como también con las velocidades geostróficas obtenidas de la misma. Si bien es cierto que esta Corriente se caracteriza por ser subsuperficial al Oeste de las Islas Galápagos, también es cierto, que al llegar al extremo Oriental Ecuatorial del Pacífico, a más de encontrarse con estas Islas, la cual la divide en dos ramales, esta aflora en ciertas áreas, uniéndose a las corrientes ecuatoriales presentes en la zona. Puede decirse entonces que la Corriente de Cromwell al llegar a su límite oriental se encuentra afectada por diferentes factores hidrodinámicos producidos por un sistema de circulación algo compleja, que no le permite presentarse totalmente como una masa aislada con sus características propias como lo hace en el Pacífico Central. Sin embargo, de alguna forma mantiene algo de sus características termohalinas que son las que han permitido establecer su presencia en el área de estudio.

Durante la ocurrencia del Fenómeno de El Niño para noviembre/82 y enero/83 en la sección de 85°W se obtuvieron valores altos de velocidad, aplicando la metodología sugerida por Montgomery. Estos altos valores son originados por la variación de la estructura termohalina del área, afectada considerablemente por la presencia de masas de agua con características térmicas y salinas anómalas, produciendo en algunos casos la generación de corrientes de densidad. Por lo tanto, los resultados obtenidos durante esta época, demuestran que la utilización de este método no genera valores tan reales cuando existen alteraciones en el campo de masa de una área determinada.

Se puede concluir que existe evidencia de la Subcorriente tanto en períodos normales como en períodos en los cuales el evento de El Niño estuvo presente, encontrándose un poco más fuerte en los períodos normales, si se considera que en el área de estudio el sistema de corrientes ecuatoriales es complejo y modifica a la Subcorriente con los fuertes flujos provenientes del Oeste.

Al Oeste de las Galápagos (92°W) justo cuando las aguas de la Subcorriente Ecuatorial se encuentra con las Islas, esta es observada dividida en dos ramales. En noviembre/83 y septiembre/85, el ramal Sur de la Corriente se presenta bastante débil con respecto al ramal Norte que es ligeramente mayor.

De igual forma se observó en ciertas secciones de velocidad geostrófica, que el flujo hacia el este se encuentra en casi toda la columna, demostrando que esto podría relacionarse con afloramientos de la Subcorriente tal como ha sido determinado por algunos investigadores como Houvenaghel (1978), Jiménez (1981), entre otros.

AGRADECIMIENTO

Los autores dejan constancia de su agradecimiento a los señores Directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada, por las facilidades brindadas en la publicación de este trabajo. De igual forma a la Lcda. Silvia Allauca por la lectura del manuscrito y por sus oportunas sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- Hacker, P., 1986.- Circulation of the Equatorial Undercurrent around the Galapagos Islands. Chapman Conference on El Niño an International Symposium. Guayaquil, Ecuador. October 27-31, 1986.

- Hastenrath, S., 1985.-** Climate and Circulation of the Tropics. Atmosphere Sciences Library, p: 46 - 56.
- Hisard, P. y Henin, 1984.-** On the Weakening of the Equatorial Undercurrent During the 1982-83 ENSO Event. Tropical Ocean-Atmosphere. Newsletter, No. 26, p: 1 - 2.
- Houvenaghel, G. T., 1978.-** Oceanographic Conditions in the Galápagos Archipiélago and their relationships with life on the Islands. Upwelling Ecosystems. p: 181 - 189.
- Jiménez, R., 1981.-** Composition and Distribution of Phytoplankton in the Upwelling System of the Galápagos Islands. American Geophysical Union. p: 327 - 337.
- Leetmaa, A., D. Behringer, J. Toole y R. Smith, 1983.-** Observations of the 1982-83 El Niño at 85°W. Tropical Ocean-Atmosphere, Newsletter, No. 21, p: 11 - 12.
- Lukas, R., 1985.-** The Termination of the Equatorial Undercurrent in the Eastern Pacific. Progress in Oceanography Studies, Vol. 16, No. 2, p: 63 - 89.
- Montgomery, R. B., 1962.-** Equatorial Undercurrent in Review. Journal Oceanography Soc. Japan, Vol. 20, p: 487 - 498.
- Montgomery, R. y E. B. Strout, 1962.-** Equatorial waters and Currents at 150°W in july-august 1952. The Johns Hopkins Oceanography Studies, No. 1, p: 68.
- Moreano, H., E. Zambrano, R. Trejos, N. Paredes, 1986.-** El Niño 1982-83. Su Formación, su Desarrollo y sus Manifestaciones en Aguas Ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 3, No. 1, p: 3 - 9.
- Tsuchiya, M., 1972.-** Equatorial Circulation of the South Pacific. University of Tokio, Japan, p: 69-74.
- Vera, D., 1984.-** Determinación de Corrientes Geostroficas en la Región Ecuatorial. Tesis de Grado. ESPOL.
- Zuta, S. y J. Cochrane, 1969.-** Equatorial Currents East of the Galápagos Islands during february-march, 1967. Manuscrito no publicado.

ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS Y METEOROLÓGICOS DEL FENÓMENO DE EL NIÑO 1986 - 1987

Por:

M. PILAR CORNEJO-RODRIGUEZ (1)

RESUMEN

Se analizan parámetros oceanográficos y meteorológicos en el Océano Pacífico-Ecuatorial para el período comprendido de noviembre de 1986 a diciembre de 1988. A fines de 1986 y durante 1987 las anomalías de dichos parámetros y su intensidad indican la ocurrencia de un evento Niño de carácter moderado. El fenómeno decae hacia finales de 1987 y durante el año de 1988 se desarrollaron condiciones anómalas contrarias o anti-Niño, que se mantuvieron durante los últimos meses del año.

ABSTRACT

Oceanographic and meteorological data have been analyzed for the Equatorial Pacific Ocean, from november 1986 through december 1988. At the end of 1986 and during 1987 the anomalous behaviour of these parameters and their intensity reveal the occurrence of an El Niño event, a moderate one. The phenomenon decreases towards the end of 1987, and during 1988 anomalous conditions of the opposite sense or anti-Niño ones appeared. There were persistent during the last months of the year.

INTRODUCCION

A continuación se presenta una descripción general del fenómeno de El Niño/Oscilación Sur (ENOS) 1986-87 y las condiciones posteriores al mismo en función de parámetros oceanográficos y atmosféricos. En la Tabla 1 se presentan los datos que han sido tomados de la revista CLIMANALISE (editado por INPE-Sao José dos Campos, Brasil) de agosto de 1987 a diciembre de 1988 y comprenden el período entre noviembre de 1986 y diciembre de 1988. Los parámetros atmosféricos son adimensionales (normalizados por la desviación normal de la media mensual respectiva), excepto para las anomalías de presión de nivel del mar, tanto en Darwin como en Tahití que están en hectapascuales (hPa). Los índices de temperatura superficial del mar están en °C. En lo que respecta a los índices zonales del viento en 850hPa, anomalías positivas (negativas) corresponden a vientos del este (oeste).

PRESION AL NIVEL DEL MAR (PNM)

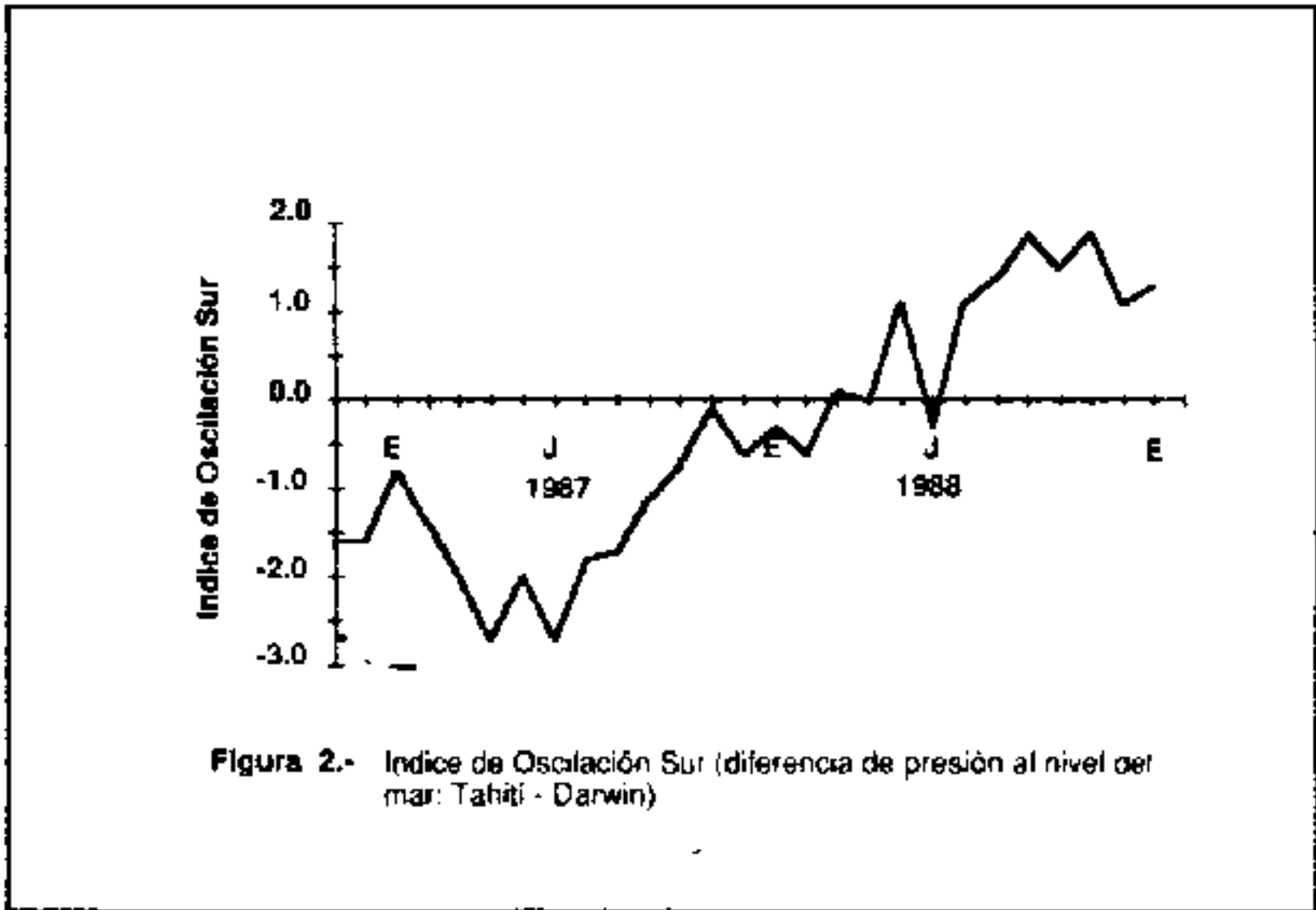
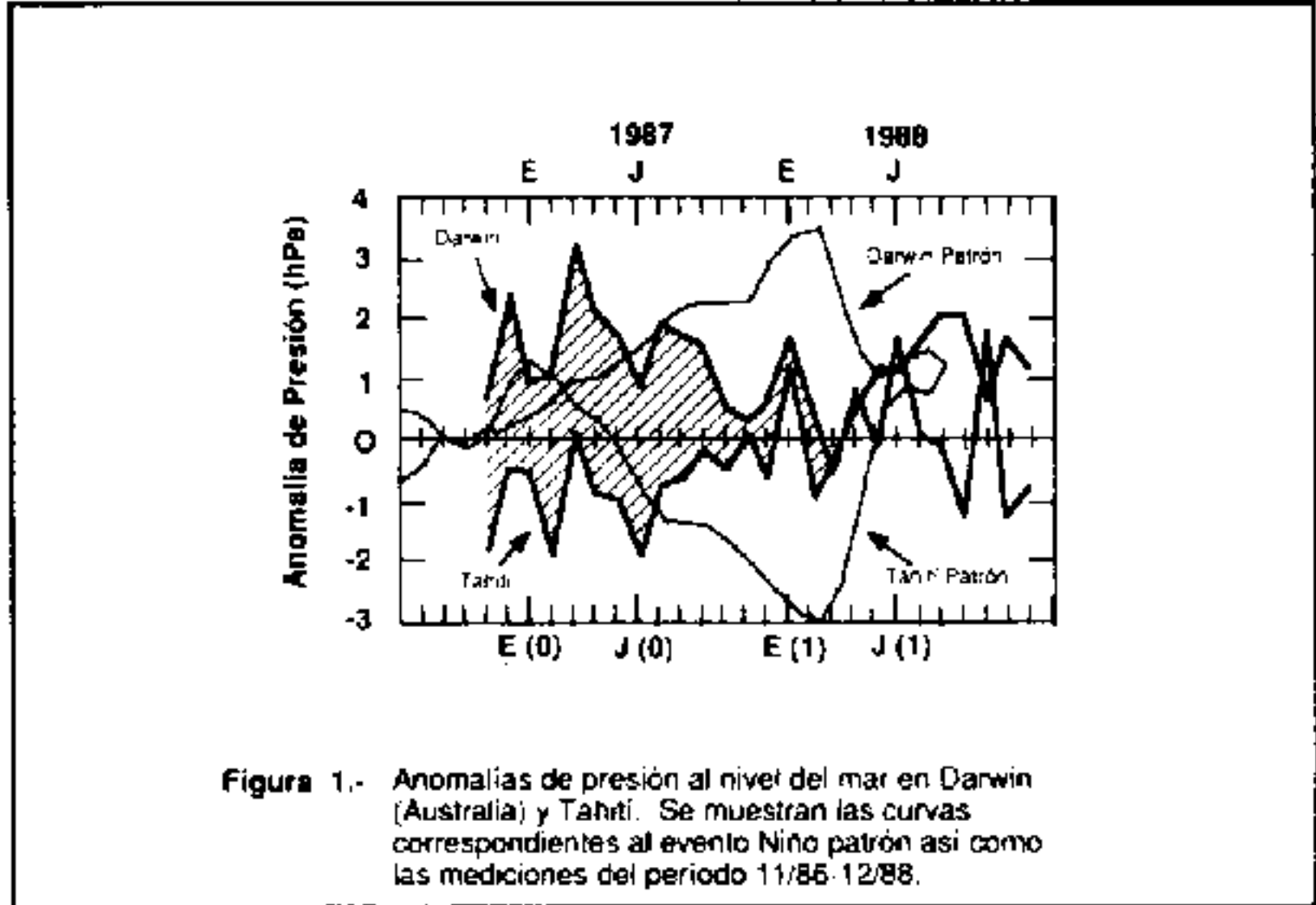
En la Fig. 1 se muestran las anomalías de presión al nivel del mar (APNM) tanto para Darwin (Australia) como para Tahití (Pacífico Suroriental). En esta Fig. se

han superpuesto los valores de APNM para el evento El Niño patrón (ENP) descrito por Rasmusson y Carpenter (1982), Philander (1990). El evento El Niño patrón está basado en los seis eventos más intensos que ocurrieron entre 1950 y 1976. El año cero de Rasmusson y Carpenter (1982) corresponde al año 1987. Como podemos observar las APNM se presentan ya a fines de 1986 en ambas estaciones, manteniéndose hasta fines de 1987 cuando estas tienden a acercarse a la climatología. En Darwin las APNM positivas se intensifican durante 1987 hasta llegar a valores de 3.30 hPa en marzo del mismo año, continuando sobre lo normal pero con menor intensidad hacia fin del año. En Tahití las APNM se mantienen negativas con valores extremos de -1.90 hPa durante los primeros seis meses de 1987, mientras que hacia finales del mismo año los valores de presión tienden hacia valores normales. Durante 1988 las APNM no presentan un patrón definido en Darwin (Tabla 1) donde se alternan valores positivos y negativos, mientras que en Tahití las APNM se mantienen positivas desde el mes de abril, durante todo el año.

En la Fig. 2 observamos el Índice de Oscilación Sur (IOS = PNM en Tahití - PNM en Darwin). Este presenta valores bajo lo normal, que se mantienen hasta

(1) Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).- Guayaquil - Ecuador.

el primer trimestre de 1988. A partir de junio de 1988 el IOS se incrementa y encontramos valores cercanos a la climatología respectiva, los cuales se mantienen hasta agosto de 1988. A partir de esta fecha el incremento en el IOS continua y las condiciones anómalas son propias de un evento opuesto o anti-Niño.



TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM)

Se analizan tres regiones definidas como ENOS 1 + 2 (0° - 10°W - 80°W), ENOS3 (5°N - 5°S, 150°W - 90°W) y ENOS4 (5°N - 5°S, 160°E - 150°W),

FECHA	PNM DARWIN	PNM TAHITI	IOS	ENOS1+2	ATSM ENOS3	ENOS4	1	VIENTO 2	3	ROL
11/86	0.60	-1.80	-1.60	0.40	1.10	1.00	-1.10	-0.80	-0.20	-1.20
12/86	2.40	-0.50	-1.60	0.90	1.00	0.70	-1.60	-0.30	0.00	-1.80
01/87	0.90	-0.60	-0.80	1.30	1.30	0.90	0.60	0.10	0.50	-2.00
02/87	1.00	-1.90	-1.40	1.30	1.10	0.80	-1.00	-0.40	0.50	-2.10
03/87	3.30	0.00	-2.00	1.90	1.30	1.00	0.10	-0.50	-0.40	-1.10
04/87	2.10	-0.90	-2.70	1.80	1.20	0.90	-0.60	-0.70	-0.20	-0.20
05/87	1.70	-1.00	-2.00	1.80	1.40	0.90	-0.70	-1.40	0.20	-2.30
06/87	0.80	-1.90	-2.70	1.00	1.30	1.00	-0.20	-0.80	0.10	-1.60
07/87	1.90	-0.90	-1.80	1.40	1.60	0.90	-0.90	-1.20	-1.00	-2.10
08/87	1.70	-0.70	-1.70	1.20	1.60	1.00	-0.10	-1.00	-0.60	-1.50
09/87	1.60	-0.30	-1.10	1.10	2.00	1.40	-0.60	-0.50	-0.50	-0.30
10/87	0.60	-0.50	-0.70	2.10	1.30	1.40	0.00	-0.60	-0.80	-0.80
11/87	0.20	0.00	-0.10	1.50	1.40	1.40	0.20	-0.10	-0.40	-0.10
12/87	0.50	-0.60	-0.60	1.10	1.20	1.20	0.10	0.10	0.10	-0.60
01/88	1.60	1.20	-0.30	0.40	0.90	1.10	0.60	0.80	1.00	-0.50
02/88	0.30	-0.90	-0.60	0.30	0.30	0.70	0.30	0.70	0.70	-0.70
03/88	-0.60	-0.40	0.10	0.20	0.60	0.20	1.60	1.00	0.40	0.80
04/88	0.70	0.50	0.00	-0.50	-0.10	-0.10	0.70	0.90	0.80	0.50
05/88	-0.10	1.20	1.10	0.30	-1.40	-0.10	1.00	1.20	1.20	0.80
06/88	1.60	1.10	-0.30	-1.50	-2.00	-0.20	0.80	1.00	0.90	1.50
07/88	0.00	1.60	1.10	-1.20	-1.80	-0.40	1.10	1.70	2.00	1.60
08/88	-0.10	2.00	1.40	-1.30	-1.20	-0.50	1.60	1.00	0.10	1.40
09/88	-1.30	2.00	1.90	-1.10	-0.80	-0.70	1.50	1.40	0.60	1.80
10/88	1.70	0.70	1.50	0.60	-1.30	-1.30	1.00	2.00	1.80	1.40
11/88	-1.30	1.60	1.90	-0.30	-1.40	-1.30	2.00	1.30	1.10	1.60
12/88	-0.80	1.20	1.10	-0.10	-1.60	-1.30	1.10	1.10	0.90	1.60

TABLA 1.- Índices atmosféricos y oceanográficos en el Océano Pacífico Ecuatorial. PNM = presión al nivel del mar (hPa). IOS = Índice de Oscilación Sur (PNM Tahití - PNM Darwin). ATSM = Anomalías de Temperatura Superficial del Mar en las zonas ENOS1 + 2, ENOS3 y ENOS4 (0°C). VIENTO = Índice Zonal del viento en las zonas de VIENTO1, VIENTO2 y VIENTO3. ROL = Radiación Electromagnética de Onda Larga.

que corresponden al océano Pacífico Oriental, Central y Occidental respectivamente. En la Fig. 3 se muestran las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM) para las tres regiones. Además se han incluido en el gráfico las curvas de TSM patrón y TSM índice, que corresponden, la primera a una media corrida de tres meses de las ATSM para Puerto Chicama (7.7°S , 79.3°W) de ENP (Rasmusson y Carpenter, 1982) que sería representativa de lo que ocurre en la región ENOS 1 + 2; y la segunda a una media corrida mensual de las ATSM de la región comprendida entre $4^{\circ}\text{N} - 4^{\circ}\text{S}$ y $150^{\circ}\text{W} - 160^{\circ}\text{E}$, contenida en la región ENOS4. Al igual que en la Fig. 1, el año cero del ENP corresponde a 1987.

El comportamiento de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM) es similar en ENOS3 y ENOS4 (Fig. 3) donde observamos ATSM positivas durante todo el año 1987 con valores máximos durante septiembre-noviembre, mayores o iguales que 1°C ; estas ATSM positivas se mantienen hasta el primer trimestre de 1988. A partir de esta fecha se observa un decrecimiento de las anomalías y una tendencia de las mismas hacia valores bajo lo normal, pudiéndose encontrar valores de hasta -2°C que se mantienen durante todo el año de 1988 y que representan condiciones anti-Niño. En la zona de ENOS1 + 2 las ATSM presentan un comportamiento similar al de las otras regiones pero con la presencia de dos picos positivos, característicos de ENP en el Pacífico Oriental.

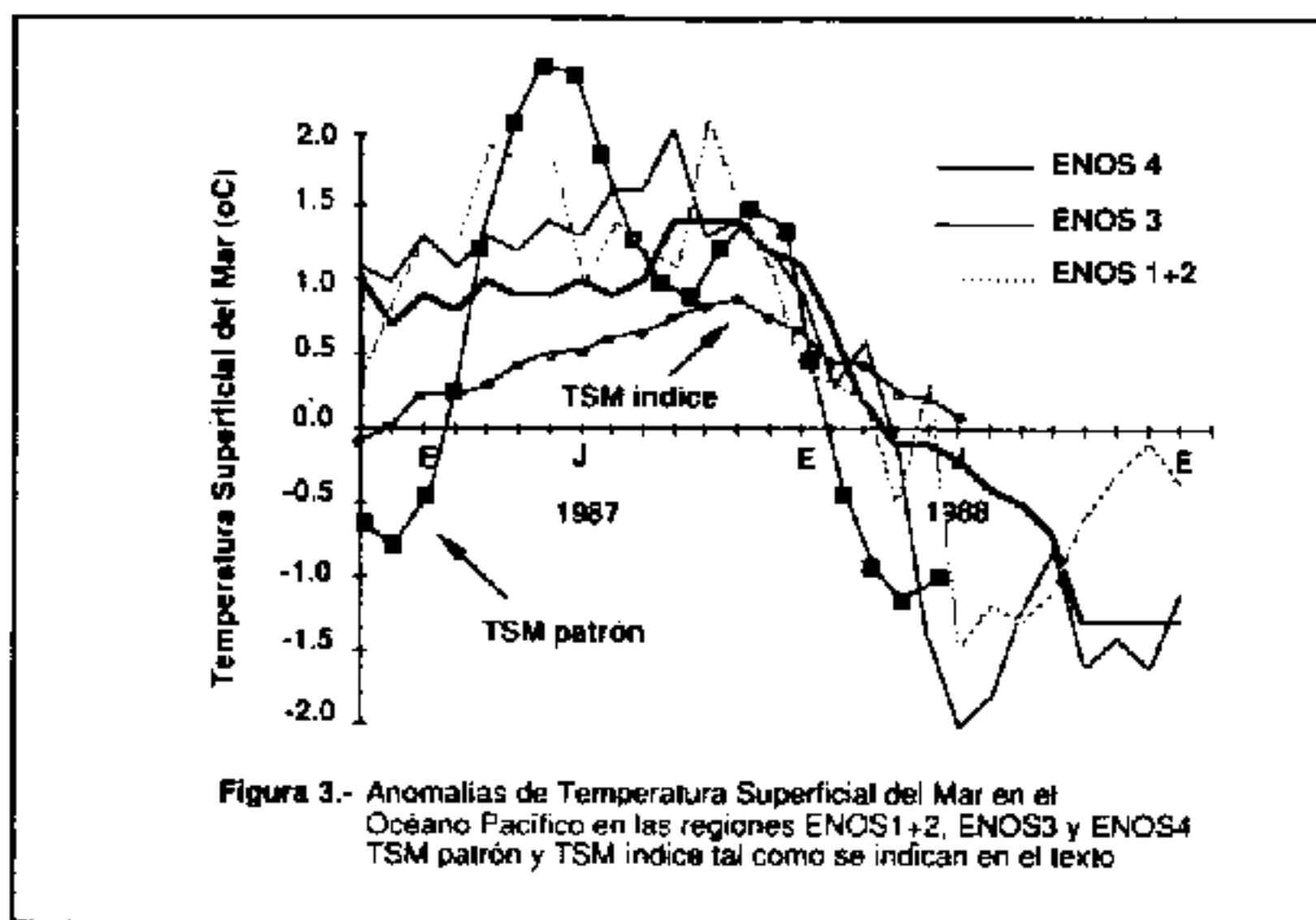


Figura 3.- Anomalías de Temperatura Superficial del Mar en el Océano Pacífico en las regiones ENOS1+2, ENOS3 y ENOS4 TSM patrón y TSM índice tal como se indican en el texto

VIENTOS SUPERFICIALES

Las regiones analizadas corresponden a las denominadas aquí como Viento 1, Viento 2 y Viento 3 (Fig. 4) que corresponden a $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$, $135^{\circ}\text{E} - 180^{\circ}$; $5^{\circ} - 5^{\circ}\text{S}$, $175^{\circ}\text{W} - 140^{\circ}\text{W}$; y $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$, $135^{\circ}\text{W} - 120^{\circ}\text{W}$, respectivamente. Los índices de viento zonal indican que durante las fases inicial y de evolución (fines de

1986 - primer semestre de 1987) del fenómeno ENOS de 1986 - 87 las anomalías del Oeste son persistentes en el océano Pacífico Ecuatorial, pero de intensidad variable, sobretodo en las regiones de Viento 1 y Viento 2. Hacia fines de 1987 y durante todo el año 1988 se observa un comportamiento opuesto (reforzamiento de los vientos alisios) que indica condiciones anti-Niño. También se observa en la Fig. 4 la presencia de una oscilación bienal con oscilaciones de mayor frecuencia superpuestas, que podría corresponder al modo bienal observado en la atmósfera tropical.

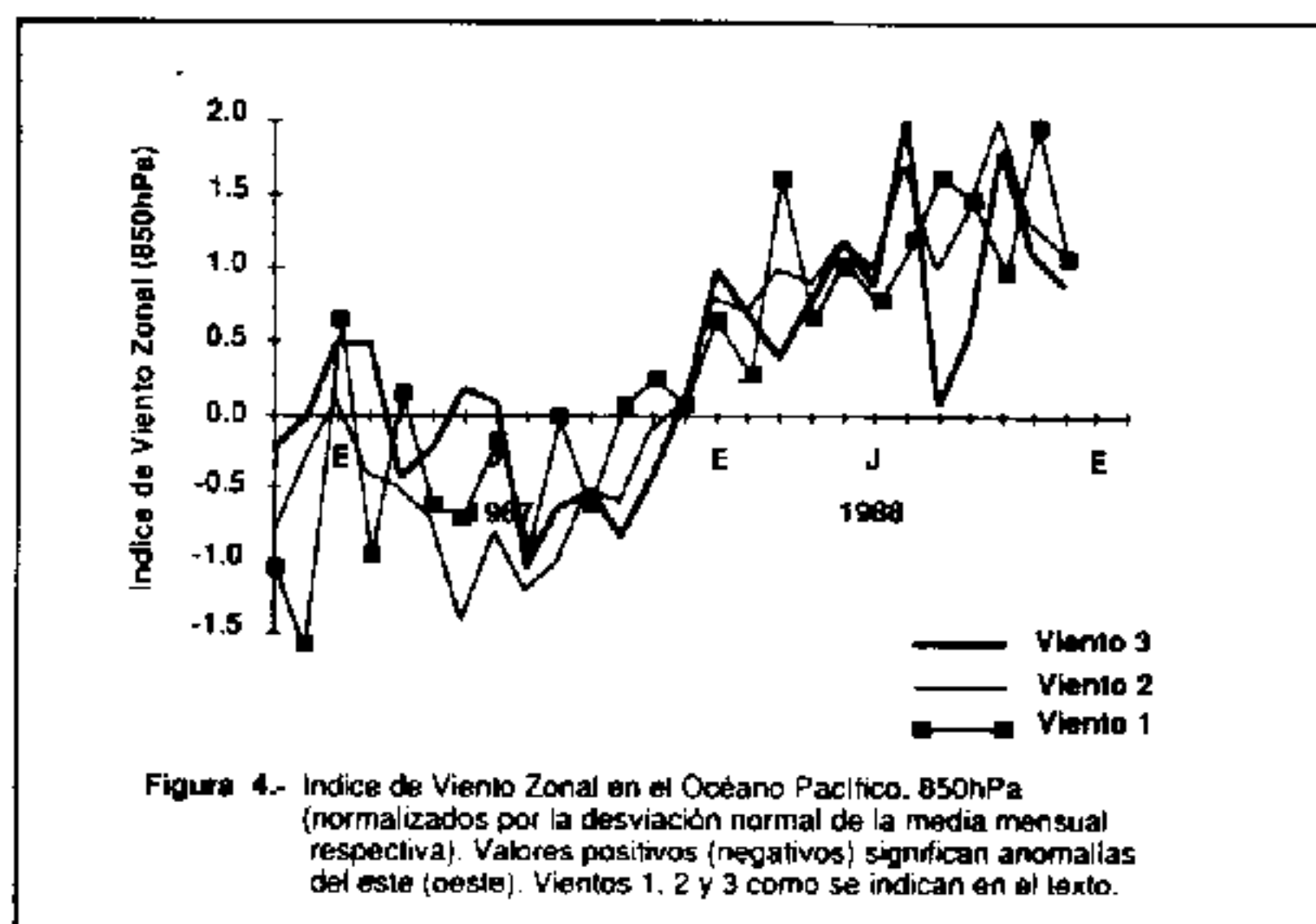


Figura 4.- Índice de Viento Zonal en el Océano Pacífico, 850hPa (normalizado por la desviación normal de la media mensual respectiva). Valores positivos (negativos) significan anomalías del este (oeste). Vientos 1, 2 y 3 como se indican en el texto.

RADIACION DE ONDA LARGA (ROL)

El comportamiento de la Radiación Electromagnética de Onda Larga (ROL, figura 5) en el Pacífico Central-Occidental (promedio de la zona comprendida entre $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$ y $160^{\circ}\text{E} - 160^{\circ}\text{W}$) muestra valores negativos desde fines de 1986 hasta agosto de 1987, que en regiones tropicales de convección profunda están asociados con altas precipitaciones pluviométricas. A fines de 1987 estas anomalías se hacen positivas y podrían estar asociadas con el efecto contrario: escasez de precipitaciones, propia de condiciones anti-Niño.

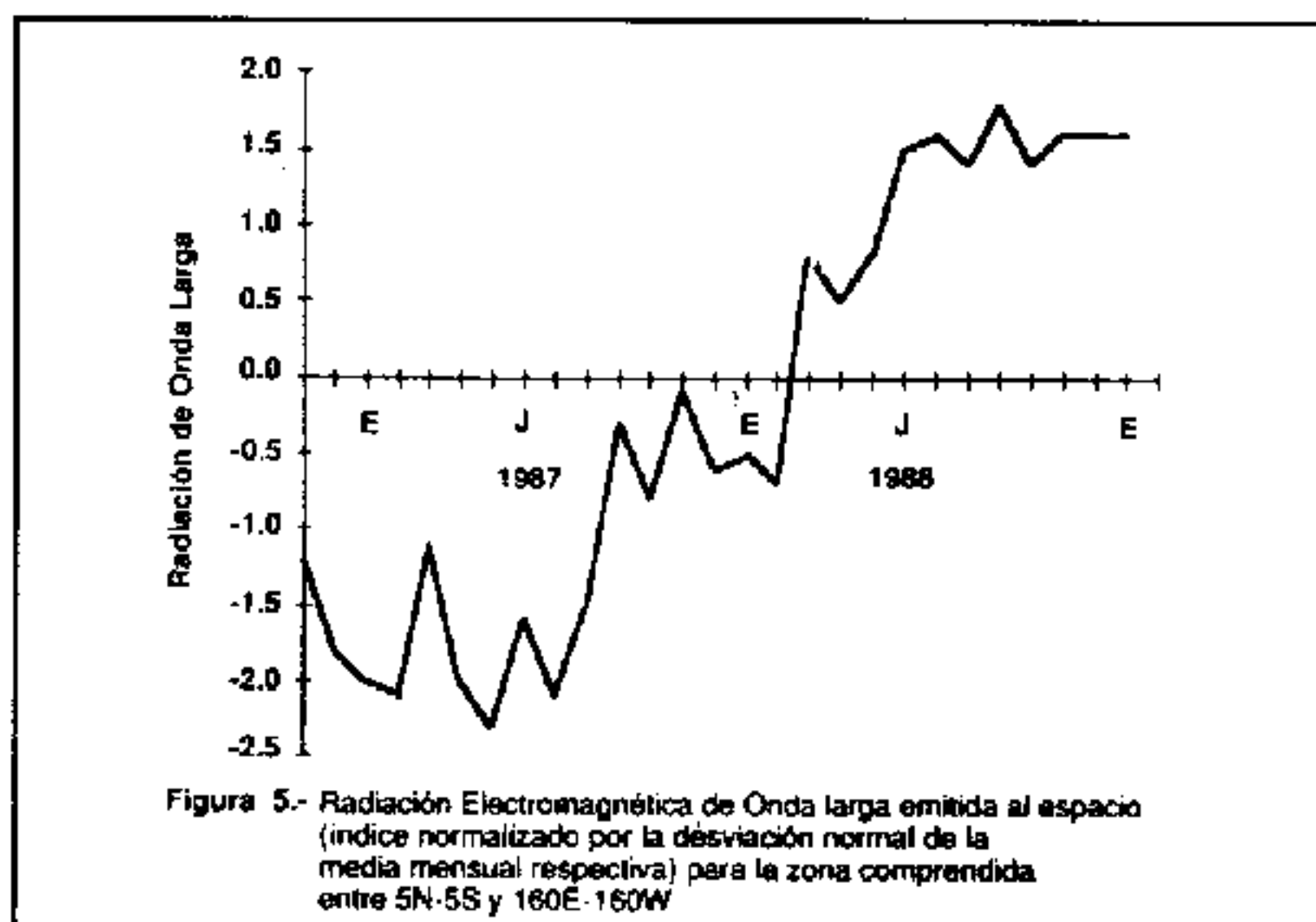


Figura 5.- Radiación Electromagnética de Onda larga emitida al espacio (índice normalizado por la desviación normal de la media mensual respectiva) para la zona comprendida entre $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$ y $160^{\circ}\text{E} - 160^{\circ}\text{W}$

DISCUSION

En la fase inicial del evento de ENOS 1986-87, la PNM en Darwin (centro de baja presión) se incrementa con anomalías positivas mayores de 1hPa, mientras que la PNM en Tahití (centro de alta presión) oscilaba con APNM negativas, pero no tan persistentes ni de la misma magnitud que en Darwin. Estas APNM presentaron un comportamiento diferente al de ENP en cuanto a tiempo (inicio de las condiciones anómalas) y magnitud (las ENP son de mayor magnitud). Sin embargo, el IOS si presenta un comportamiento típico para eventos ENOS, con un descenso brusco en el último trimestre de 1986. Los valores negativos se mantuvieron durante todo el año 1987, con tendencias ascendentes hacia fines de año. En este caso el IOS si se comportó como un precursor del evento ENOS de 1986-87. En cuanto a las ATSM, los valores máximos (positivos) alcanzados fueron de 2.10°C y 2.0°C en las regiones ENOS 1 + 2 y ENOS3, respectivamente. Las ATSM presentan un comportamiento similar al de ENP: 1) en la Fig. 3 las curvas de TSM patrón y de la región ENOS 1 + 2 son similares, presentándose los dos picos característicos en la serie de ATSM, debido a las ondas Kelvin que arriban a las costas de Sudamérica y se propagan posteriormente a lo largo de la costa; aunque la magnitud de las ATSM durante el período 1986-87 es menor que las de ENP. Así mismo, las ATSM en la región ENOS4 tienen un comportamiento similar al de las representadas por el TSM índice, aun cuando son de mayor magnitud.

En septiembre de 1987 el fenómeno se encontraba ya en su fase madura, los vientos Alisios eran débiles y la alta de presión era mayor que en agosto observándose el decaimiento del evento en el último trimestre de 1987. En esta fase del evento las ATSM se incrementaban desde la costa oeste de América del Sur hasta el Océano Pacífico Ecuatorial Central, donde se encontraba una región de máxima precipitación en concordancia con ROL. En esta fase el comportamiento de los vientos zonales (Fig. 4) es representativo de ENP, con un relajamiento de los vientos alisios y la aparición de anomalías del Oeste en los bajos niveles, sobretudo en las regiones de Viento2 y Viento3 durante el último de 1986 y todo el año 1987.

Desde enero de 1988 se observa un rápido enfriamiento de las aguas ecuatoriales con la evolución de una fase anti-Niño en todas las regiones. Las TSM del mar son más frías con ATSM de hasta -2.0°C; los vientos Alisios son más fuertes y el IOS se acerca a la climatología durante este tiempo manteniéndose así hasta el segundo trimestre de 1988 con valores positivos debido a un aumento de la presión del nivel del mar en el Pacífico Sur y una disminución (de diferente magnitud) en Australia.

El evento ENOS 1986-87 se puede considerar un evento de tipo moderado, que se inició aproximadamente en el último trimestre de 1986 y que persistió hasta septiembre de 1987. En enero de 1988 se observaron señales de decaimiento del fenómeno, los parámetros atmosféricos y oceanográficos retornaban a la climatología, sin embargo, a partir del segundo trimestre de ese año se desarrollaron condiciones opuestas a las precedentes, presentándose lo que se conoce como un anti-Niño. Estas condiciones oceanográficas y meteorológicas en el Océano Pacífico muestran que a fines de 1988 las ATSM negativas aún persistían pero con menos intensidad, siendo menores que -2.0°C y disminuyendo en área también. El IOS muestra una fase opuesta y el campo de los vientos bajos permaneció con anomalías fuertes del este en todo el Océano Pacífico Ecuatorial. Además, los parámetros oceanográficos y atmosféricos, con excepción de las ATNM en Darwin y Tahití, presentan un comportamiento que sugiere la superposición de una oscilación bienal con oscilaciones de mayor frecuencia.

BIBLIOGRAFIA

- Climanálise, 1987-1988.-** Boletim de Monitoramento e Análise Climática, MCT/INPE, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Vol. 2, No. 10-12, 1987; y Vol. 3, No. 1-12, 1988.
- Philander S.G.H., 1990.-** El Niño, La Niña and the Southern Oscillation, San Diego, International Geophysics Series, Vol. 46, Academic Press Inc., p: 35-38.
- Rasmusson E.M. y J.M. Wallace, 1983.-** Meteorological Aspects of the El Niño/Southern Oscillation, Science, Vol. 222, 1195-1202.

VARIACIONES VERTICALES Y SU RELACION CON ALGUNOS PARAMETROS FISICO - QUIMICOS EN UNA ESTACION FIJA EN EL AREA EXTERNA DEL GOLFO DE GUAYAQUIL

Por:

JOSE CHIRIGUAYA (1)

LUIS BURGOS (1)

RESUMEN

Las variaciones hidroquímicas (oxígeno disuelto, nitrato, fosfato y silicato) fueron estudiadas durante 12 horas con intervalos de aproximadamente 3 horas en una estación fija situada frente al Golfo de Guayaquil entre las coordenadas 02° 59' 42 S - 81° 40' 92 W. La máxima profundidad en la que se efectuó dicho análisis fue hasta los 50 metros.

Se ha detectado una posible relación entre las variaciones verticales (Ondas Internas) y los parámetros físico - químicos, ya que las fluctuaciones de ascensos y descensos fueron observadas en las concentraciones de oxígeno y nutrientes, siendo las ondas internas un factor preponderante en los movimientos verticales de éstos. Estas fluctuaciones también fueron encontradas en el comportamiento de la temperatura, salinidad y densidad en función de tiempo y profundidad.

En forma general se observó que los mayores valores de nutrientes fueron encontrados en condiciones de luz, no así el oxígeno cuyas mayores concentraciones se ubicaron en la noche.

Además se evidenció en el área externa del Golfo de Guayaquil la influencia de la Corriente de Humboldt que para ésta época se intensifica, presentando rangos físico - químicos característicos.

ABSTRACT

Hydro-chemicals variations (dissolved oxygen, nitrate, phosphate and silicate) were studied during 12 hours with a 3 hours intervals approximately at a fix station located in front of the Guayaquil Gulf between 02° 59' 42"S - 81° 40' 92"W.

A posible relationship between verticals variations (Internal-Waves) and phisical - chemicals parameters has been determinated, principally due to the observed fluctuation of nutrients and oxygen concentrations, being the internal waves a preponderant factor in the nutrient verticals movements. This fluctuations also have been observed in temperature, salinity and density parameters, in function of time and depth.

In general, the major nutrients values have been found in light conditions, not so the highest oxygen concentration that have been found during the night.

Moreover, an evidence of the influence of the Humboldt Current in the external area of the Guayaquil Gulf have been determinated, during this time current is strong, introducing determining physicals and chemicals characteristics.

INTRODUCCION

Los datos que se han considerado para el presente artículo corresponden a niveles estandares desde 0 a 50 metros, obtenidos durante el crucero CO-1-88 (agosto 8 - 30) realizado a bordo del Buque de Investigación ORION, del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador.

Se pretende encontrar en este trabajo las posibles relaciones existentes entre los parámetros físicos - químicos con las ondas internas, poniéndose un mayor énfasis en lo que corresponde a las variables químicas, en especial los nutrientes (nitratos-fosfatos-silicatos), conociendo además las dificultades que se presentan debido a factores interrelacionados que suelen actuar al mismo tiempo, tales como la luz, procesos bioquímicos y migraciones plantónicas. Para analizar estas variaciones, se efectuaron mediciones durante 12 horas en la estación fija correspondiente al área externa del Golfo de Guayaquil.

AREA DE ESTUDIO Y FRECUENCIA DE MUESTREO

El área de estudio (Estación Fija) se ubica entre las coordenadas $02^{\circ} 59' 42''\text{S}$ - $81^{\circ} 40' 92''\text{W}$. (Fig. 1). Se efectuaron diferentes períodos de muestreo con intervalos aproximadamente de 3 horas y niveles estandares de 0 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 metros de profundidad.

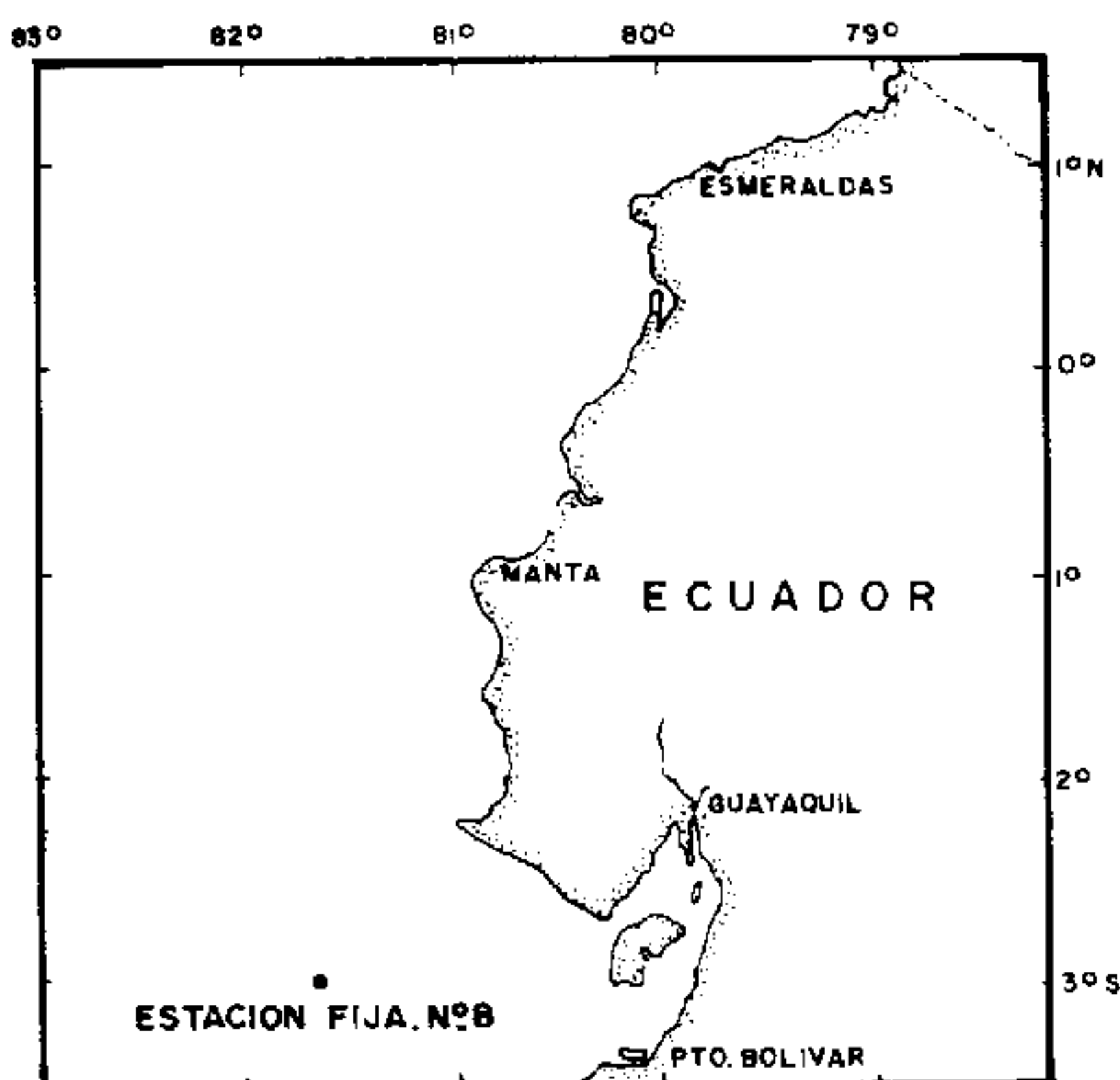


Fig. 1.- Ubicación geográfica de la Estación Fija estudiada.

METODOLOGIA UTILIZADA

Los métodos más conocidos para estudiar ondas internas son:

- Registros de temperatura del agua de mar durante largos períodos tomados simultáneamente en diferentes profundidades.
- Registros acústicos que se obtienen a las profundidades de los niveles de dispersión del sonido.
- En el crucero CO-1-88 a bordo del B/I BAE ORION, se utilizó una Roseta General Oceanic, botellas Niskin de 1,7 litros y un CTD 9040 Grundy. Para determinar la salinidad se aplicó el método de conductividad eléctrica, para el oxígeno disuelto el método de Winckler y para los micronutrientes el método descrito en el manual de Strickland y Parsons (1972).

RESULTADOS

En los párrafos siguientes se analizan los perfiles y secciones verticales de los parámetros físicos (temperatura, salinidad y densidad) y químicos (oxígeno, nitrato, fosfato y silicato).

PERFILES VERTICALES:

TEMPERATURA.- Tal como se observa en la Fig. 2, este parámetro presenta una capa de mezcla que oscila entre 0 y 20 metros, encontrándose un máximo de $17,90^{\circ}\text{C}$ (13h) y un mínimo de $17,0^{\circ}\text{C}$ (10h), la presencia de esta capa de mezcla se mantuvo durante el tiempo en que se realizaron las mediciones en dicha estación.

En el nivel de 30 metros, la temperatura descende más acentuadamente a las 02h., mientras que en las mediciones de 07h-10h-13h lo hace en forma gradual, observándose que los valores fluctúan entre 16°C (07h) y $14,9^{\circ}\text{C}$ (02h).

En la capa de 40 a 50 metros los valores se muestran relativamente homogéneos con un máximo de $14,9^{\circ}\text{C}$ y un mínimo de $14,8^{\circ}\text{C}$.

La termoclina sufre marcados ascensos y descensos en los diferentes intervalos de tiempo en que se efectuaron las mediciones, localizándose aproximadamente entre los 20 y 40 metros.

SALINIDAD.- Este parámetro al igual que la temperatura, presenta una capa homogénea entre 0 y 20

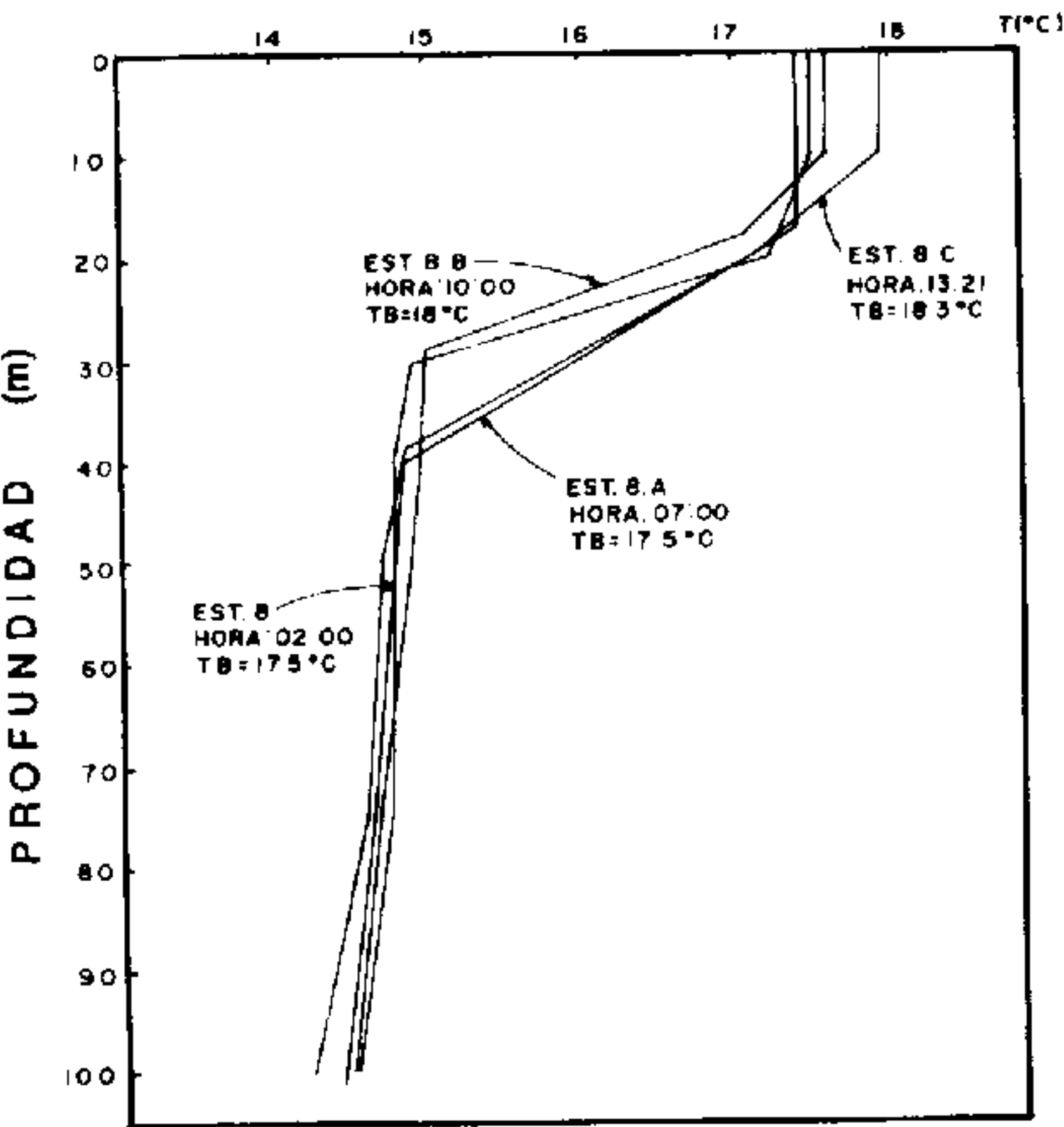


Fig. 2.- Perfil de Temperatura vs. Profundidad.

metros en todas las observaciones realizadas, con un promedio total de $34,9S \times 10^{-3}$. (Fig. 3) y entre 30 y 40 metros tienden a incrementarse, fluctuando entre $34,4$ y $35,0S \times 10^{-3}$. La haloclina se ubica entre los niveles 20 y 30 metros presentando un mayor gradiente a las 02h.

OXIGENO.- En su variación vertical (Fig. 4), presentó durante la noche (02h) una capa comprendida entre 0 y 20 metros de profundidad, con un valor promedio de $4,4$ ml/L., esta capa se mantuvo en la misma profundidad durante los distintos períodos de muestreo, pero con valores un tanto menor en las horas diurnas, tal es así que en las primeras horas del día (07h-10h) su valor promedio fue de $4,1$ ml/L y a las 13h es de $4,2$ ml/L. Se puede observar que, aunque este parámetro depende en gran parte de la actividad fotosintética (Luz), los mayores valores se localizan en la noche, probablemente por la presencia de los vientos que para las 02h fueron de mayor intensidad (20 nudos), produciendo la mezcla océano - atmósfera en el nivel superficial, no así en las restantes observaciones realizadas a las 07h, 10h y 13h en donde sus respectivas velocidades fueron menores (6 - 8 - 12,5 nudos).

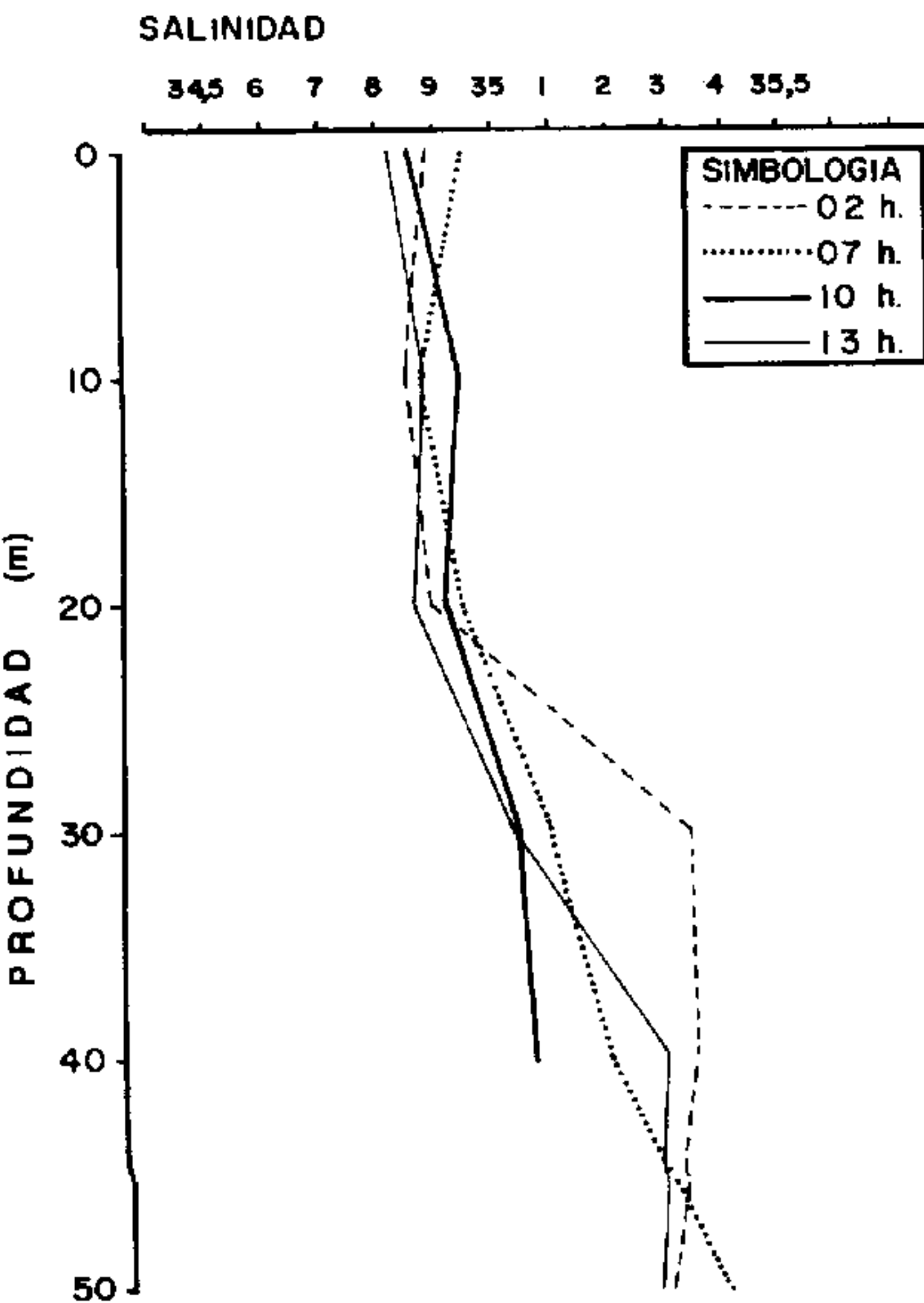


Fig. 3.- Perfil de Salinidad vs. Profundidad.

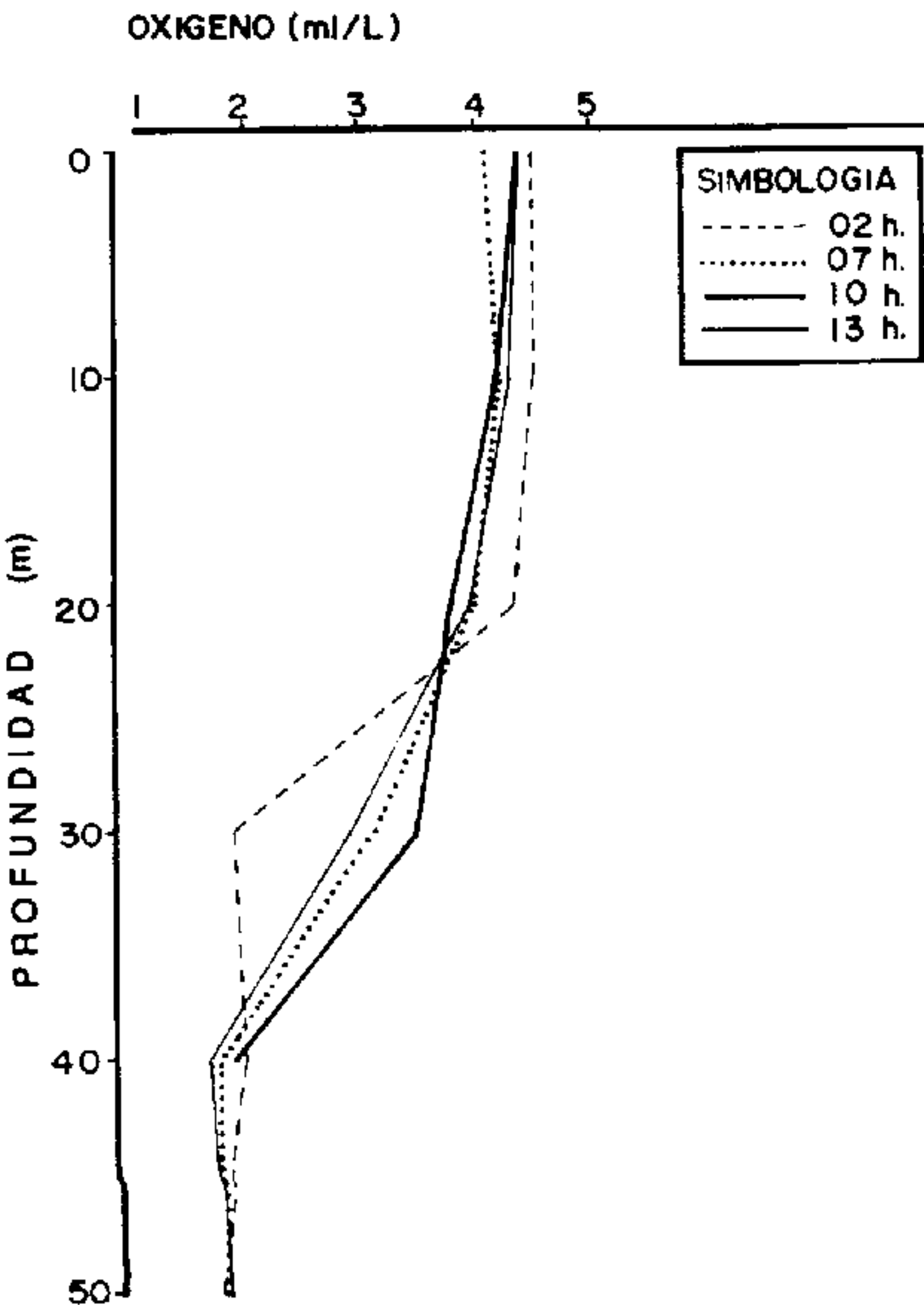


Fig. 4.- Perfil de Oxígeno Disuelto vs. Profundidad.

A los 30 metros, el comportamiento vertical del oxígeno presenta un valor de 1,86 ml/L en la noche (02h) para luego incrementarse bruscamente en el día, con un promedio de 3,2 ml/L, coincidiendo con la actividad fotosintética.

Entre los niveles 40 y 50 metros, los valores son bastantes homogéneos, presentando un valor promedio total de 1,84 ml/L, apreciándose también una diferencia positiva pero poco significativa de 0,07 ml/L entre la noche y el día.

En forma general, las condiciones verticales del oxígeno disuelto disminuyen conforme aumenta la profundidad, notándose una oxiclina bien definida y con un gradiente de 2,4 ml/L entre los 30 y 40 metros a las 02h, no así, las 07h - 10h - 13h donde la oxiclina tuvo un gradiente menos marcado.

NITRATO.- Este elemento constituye la reserva principal del nitrógeno en el mar, pudiendo ser asimilado tanto en la luz como en la oscuridad (Harvey, 1953). Su variación vertical en esta estación fija (Fig. 5), presenta a 0 metros concentraciones entre 6,32 ug-

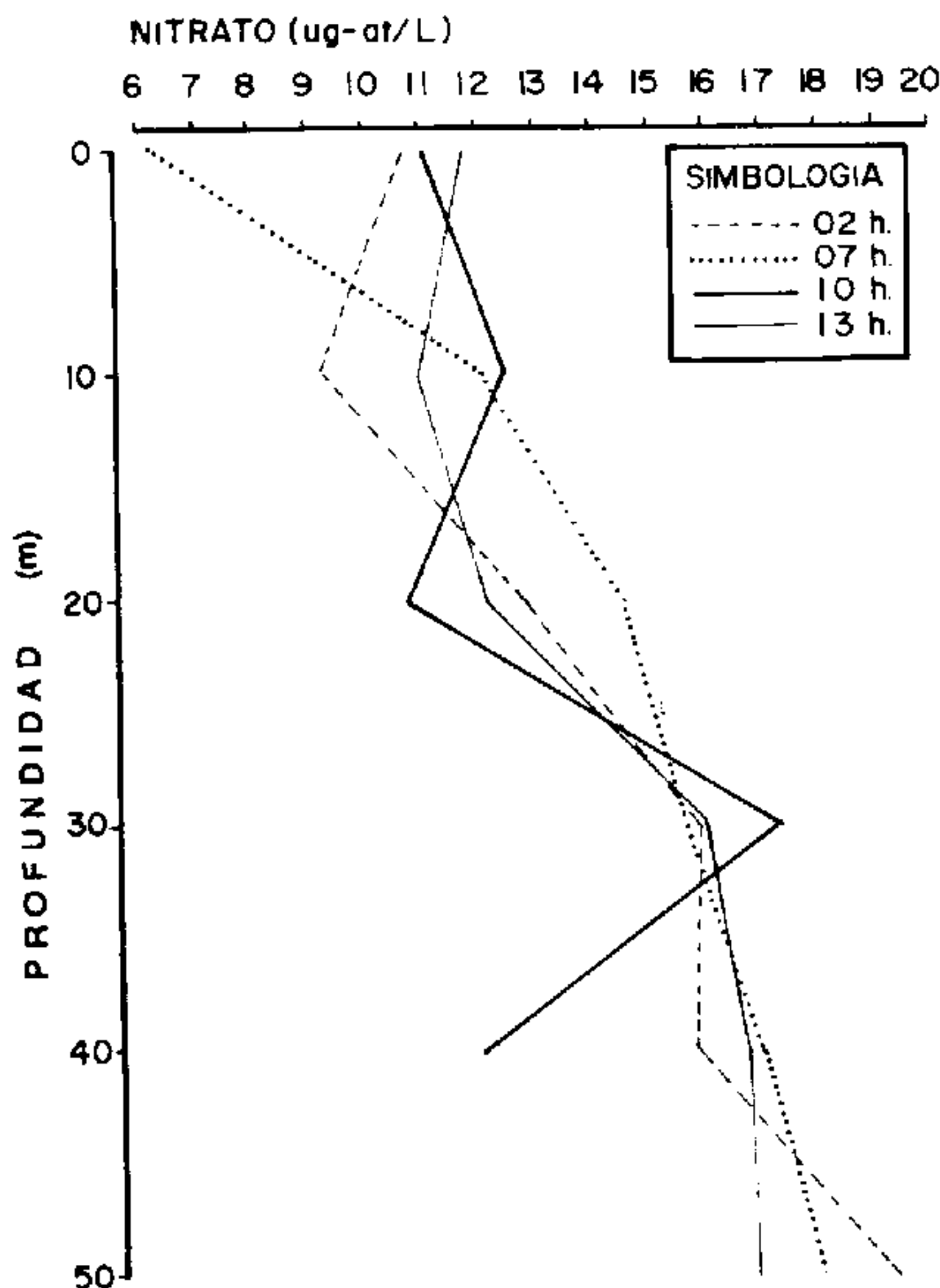


Fig. 5.- Perfil de Nitrato vs. Profundidad.

at/L (07h) y 11,84 ug-at/L (13h) con un promedio total de 9,99 ug-at/L, observándose una diferencia de 1,18 ug-at/L entre ambas condiciones (Nocturna 02h - Diurna 13h).

En la capa de 10 a 20 metros, los valores de este ión fluctúan entre 14,57 ug-at/L (07h) y 9,34 ug-at/L (02h), dando un promedio total de 11,92 ug-at/L y una diferencia entre ambas condiciones de 0,516 ug-at/L.

Entre los 30 y 50 metros, las concentraciones de este parámetro son relativamente homogéneas, existiendo un promedio total de 16,84 ug-at/L.

Es evidente que los valores encontrados en las mediciones realizadas en condiciones de luz (07h - 10h - 13h), como de oscuridad (02h), no presentan un comportamiento definido en su variación con relación a la actividad fotosintética, ya que dichos valores tienden a fluctuar en toda la columna de agua, no pudiéndose observar si los mayores valores se localizan en el día o la noche.

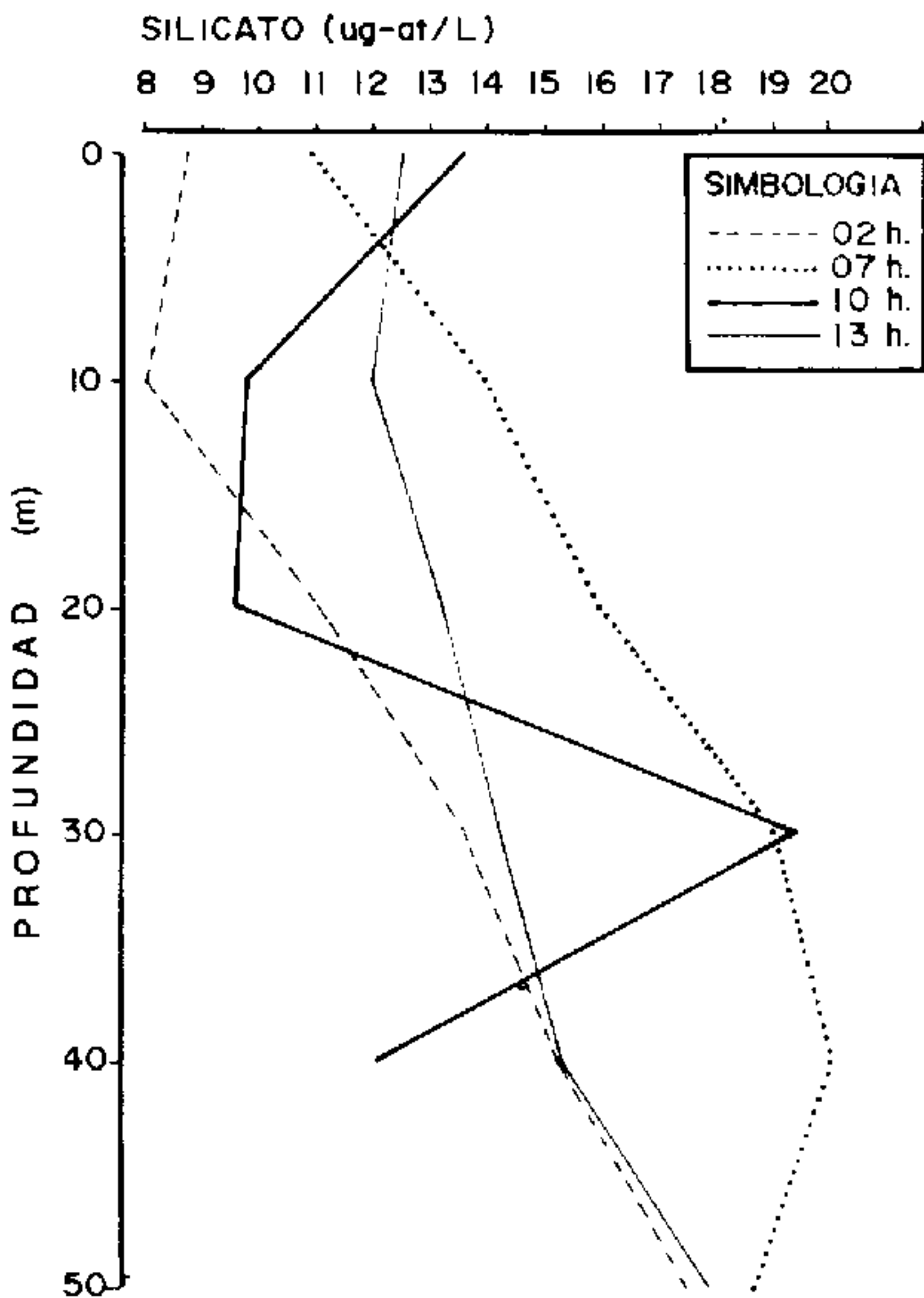
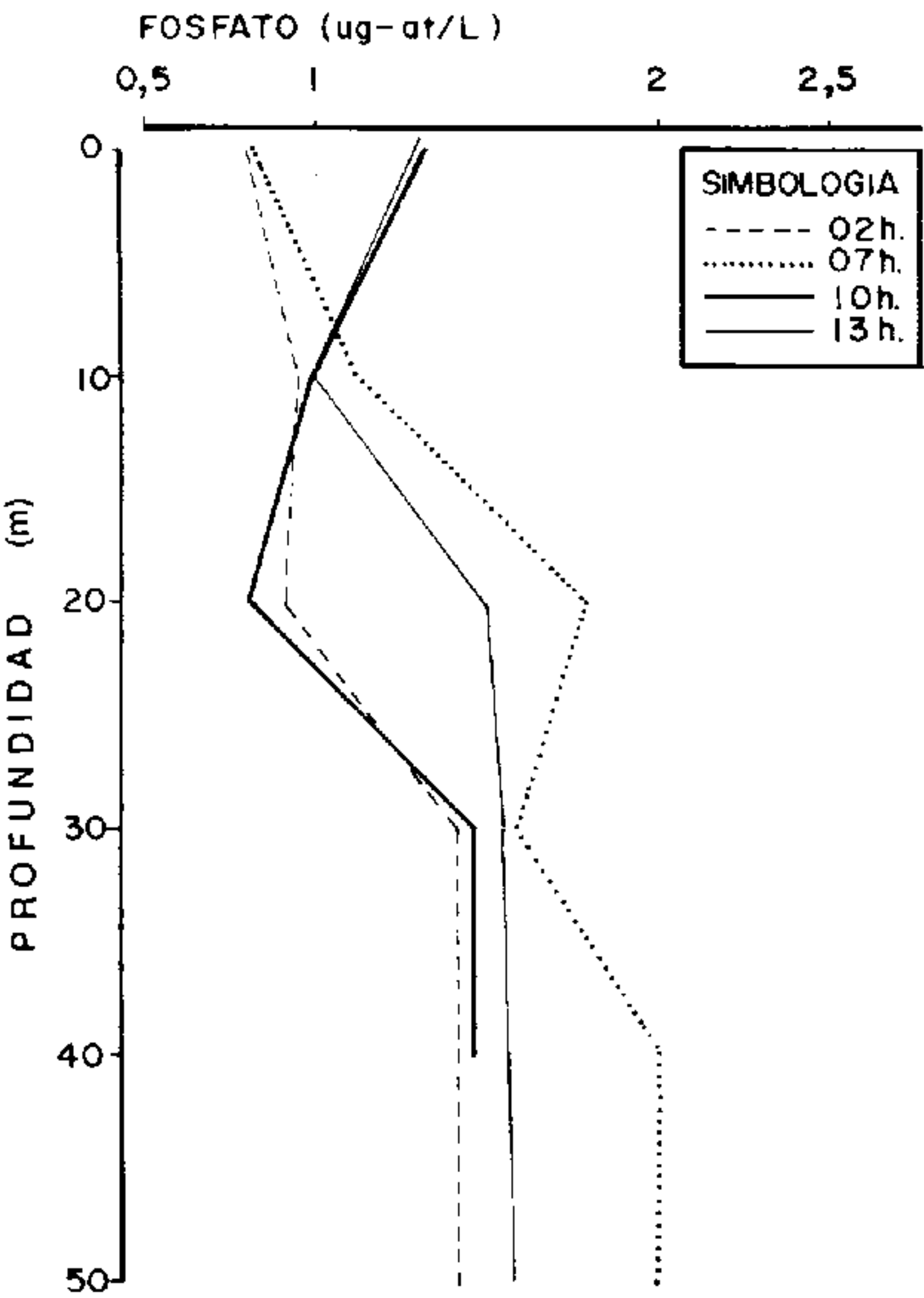
FOSFATO.- La única forma mineral de fósforo en el mar es el ión fosfato que es utilizado por el fitoplancton tanto en el día como en la noche. El estudio de su distribución vertical (Fig. 6), para esta estación se observa que a 0 metros presenta el máximo de 0,82 ug-at/L (02h - 07h) y el mínimo de 1,33 ug-at/L (10h - 13h) con un promedio total de 1,14 ug-at/L.

En el nivel de 10 metros los valores de este ión tienen un comportamiento casi homogéneo con un promedio total de 1,03 ug-at/L.

A los 20 metros, el promedio total de este parámetro es de 1,26 ug-at/L.

En la capa comprendida entre los niveles de 30 a 50 metros el comportamiento de este elemento es relativamente homogéneo con un valor promedio de 1,62 ug-at/L. Es notorio la existencia de un gradiente positivo en toda la columna de agua entre la noche (02h) y las primeras horas del día (07h) acentuándose más a los 20 metros y entre los 40 y 50 metros. Los valores más altos se localizaron durante el día (07h - 10h - 13h).

SILICATO.- En el perfil vertical de las diferentes mediciones (Fig. 7), se encontraron valores que fluctuaron entre un máximo de 19,91 ug-at/L localizado a 40 metros (07h) y un mínimo de 8,05 ug-at/L ubicado a los 10 metros (02h), apreciándose al igual que en el fosfato, la existencia de un gradiente positivo entre la noche (02h) y la primera hora del día (07h) en toda la



columna de agua analizada, incrementándose entre los 10 y 40 metros de profundidad. En forma general los mayores valores se ubican en condiciones de luz.

SECCIONES VERTICALES:

La variación de la concentración de nutrientes a un nivel fijo, producida por el desplazamiento vertical a causa de ondas internas, fue puesta de relieve por Armstrong y La Fond (1966).

El presente análisis de la variación de la concentración de nutrientes y oxígeno, son referidos a una Isopigna y concentración determinada y no a un nivel fijo (Fraga, 1977).

Es necesario aclarar que en esta estación, se ha realizado un estudio de ondas internas basándose en en los datos de temperatura y salinidad (Chiriguaya, 1989), donde se observó la formación de un paquete de isolíneas de distinto valor, localizadas entre los 10 y 30 metros, produciéndose ascensos y descensos en función de la profundidad y del tiempo, debido a la presencia de perturbaciones ondulatorias (Figs. 8 y 9), lo que se nota también fácilmente en las Isopignas ubicadas en el mismo nivel aproximadamente (Fig. 10).

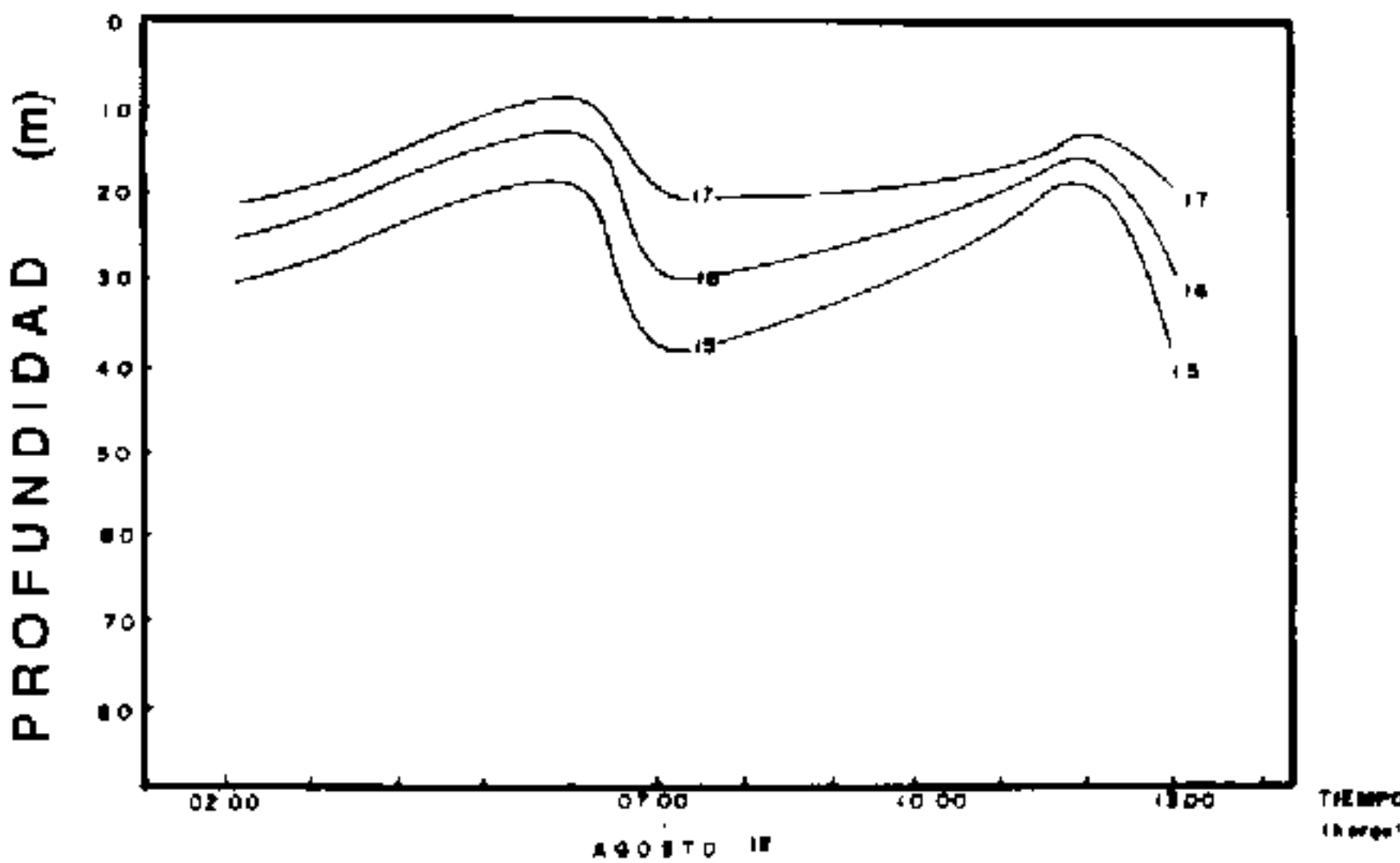


Fig. 8.- Sección de Temperatura en función de Tiempo y Profundidad.

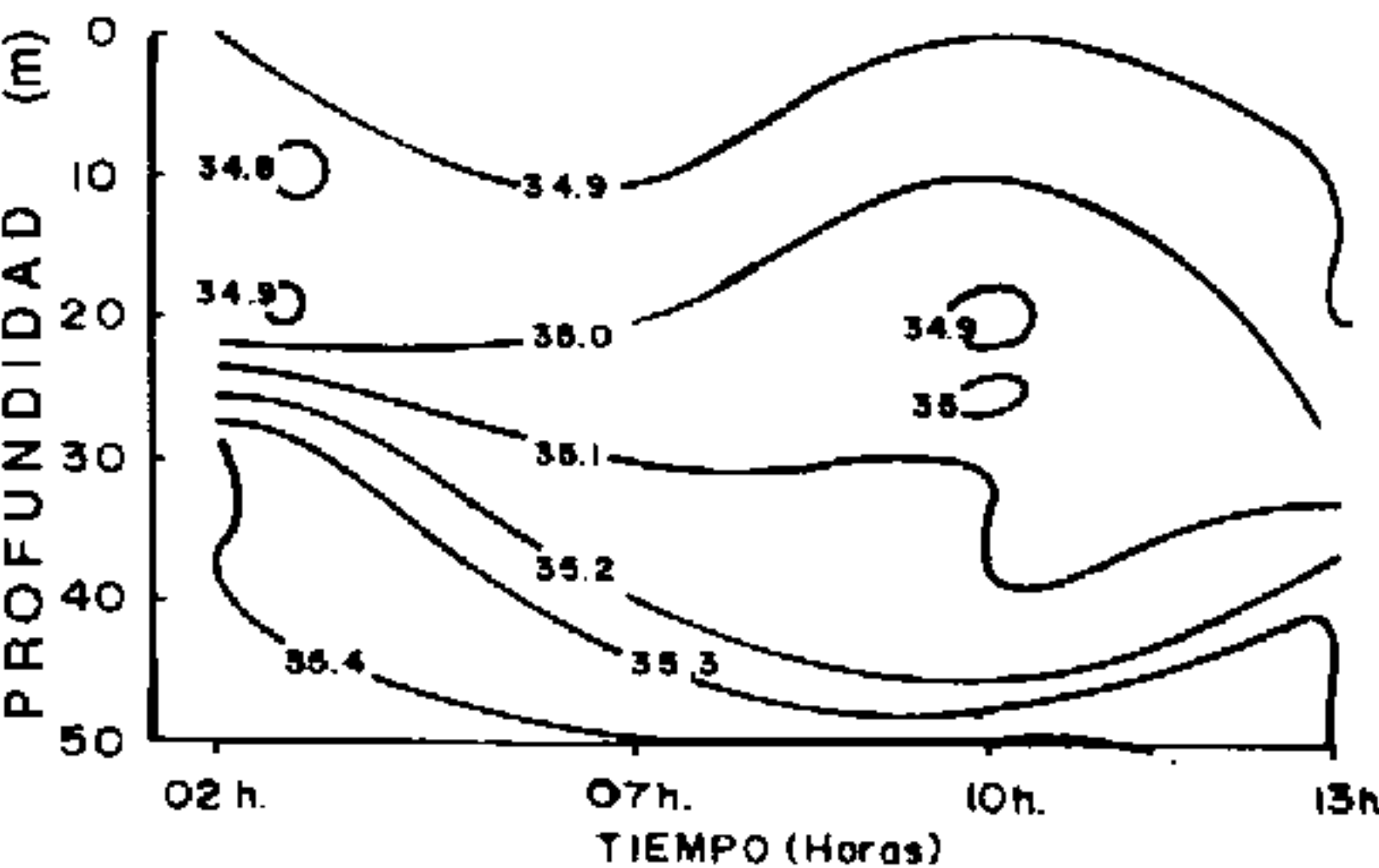


Fig. 9.- Sección de Salinidad en función de Tiempo y Profundidad.

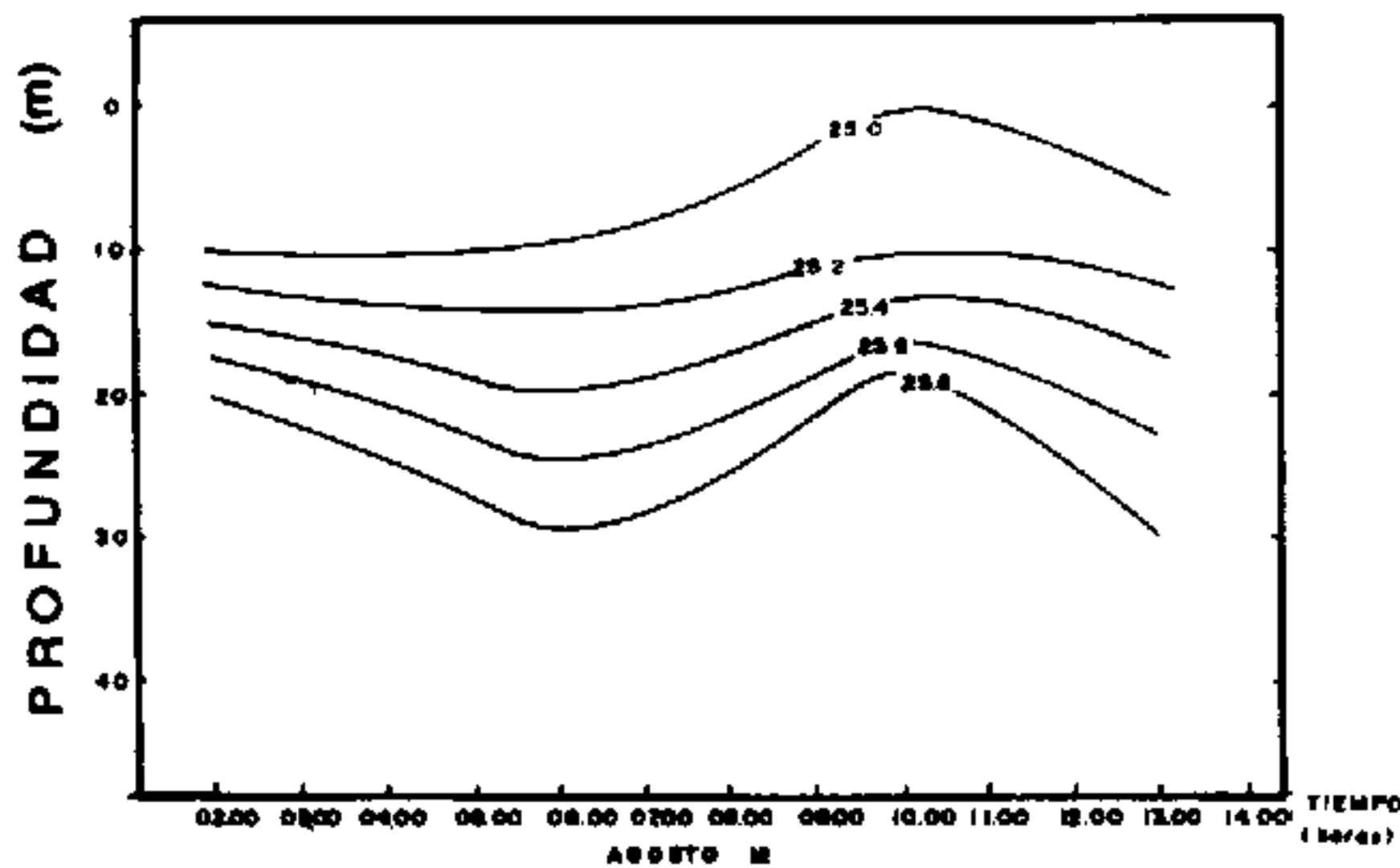


Fig. 10.-Sección SIGMA-T en función de Tiempo y Profundidad.

Un patrón similar ocurre con los nutrientes (Figs. 11, 12 y 13) y oxígeno (Fig. 14), donde también se observa un tren de Isopletas con diferentes concentraciones, situadas entre los 10 y 30 metros; es decir, que éstas presentan fluctuaciones verticales en tiempo y profundidad. Además, las crestas y los senos de éstos parámetros en las isolíneas tienen un comportamiento similar en la columna de agua analizada.

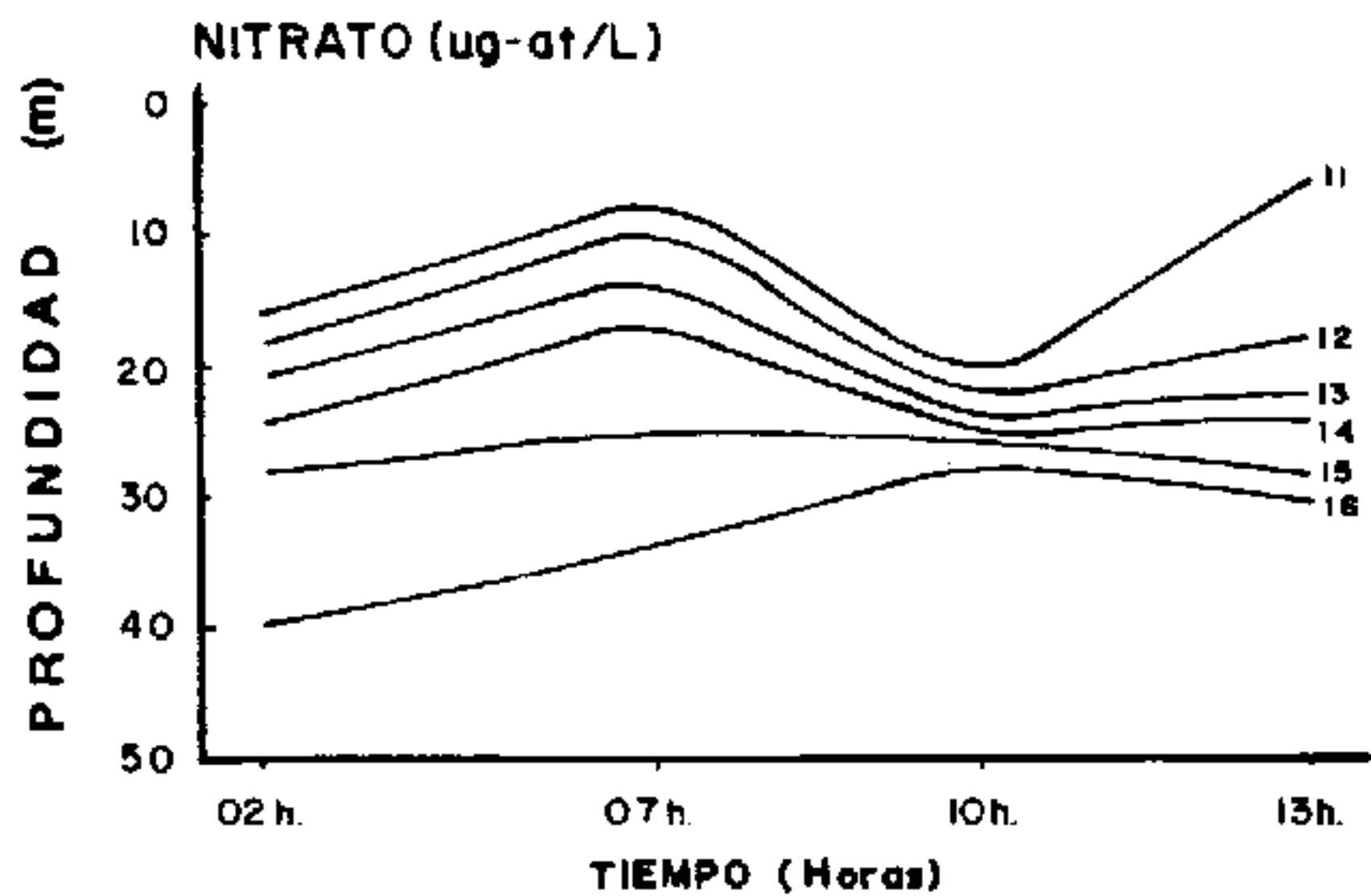


Fig. 11.-Sección de Nitrato en función de Tiempo y Profundidad.

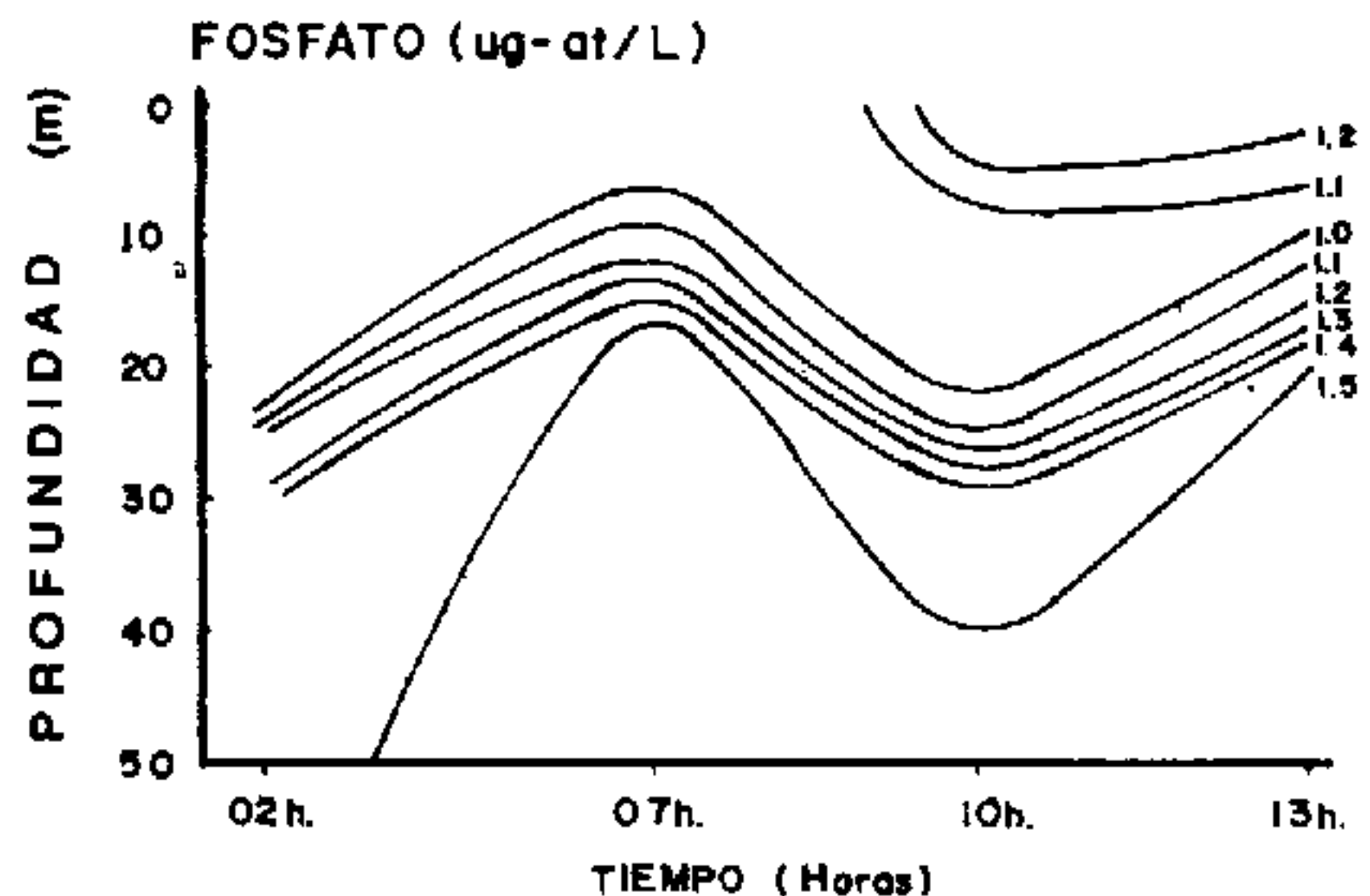


Fig. 12.-Sección de Fosfato en función de Tiempo y Profundidad.

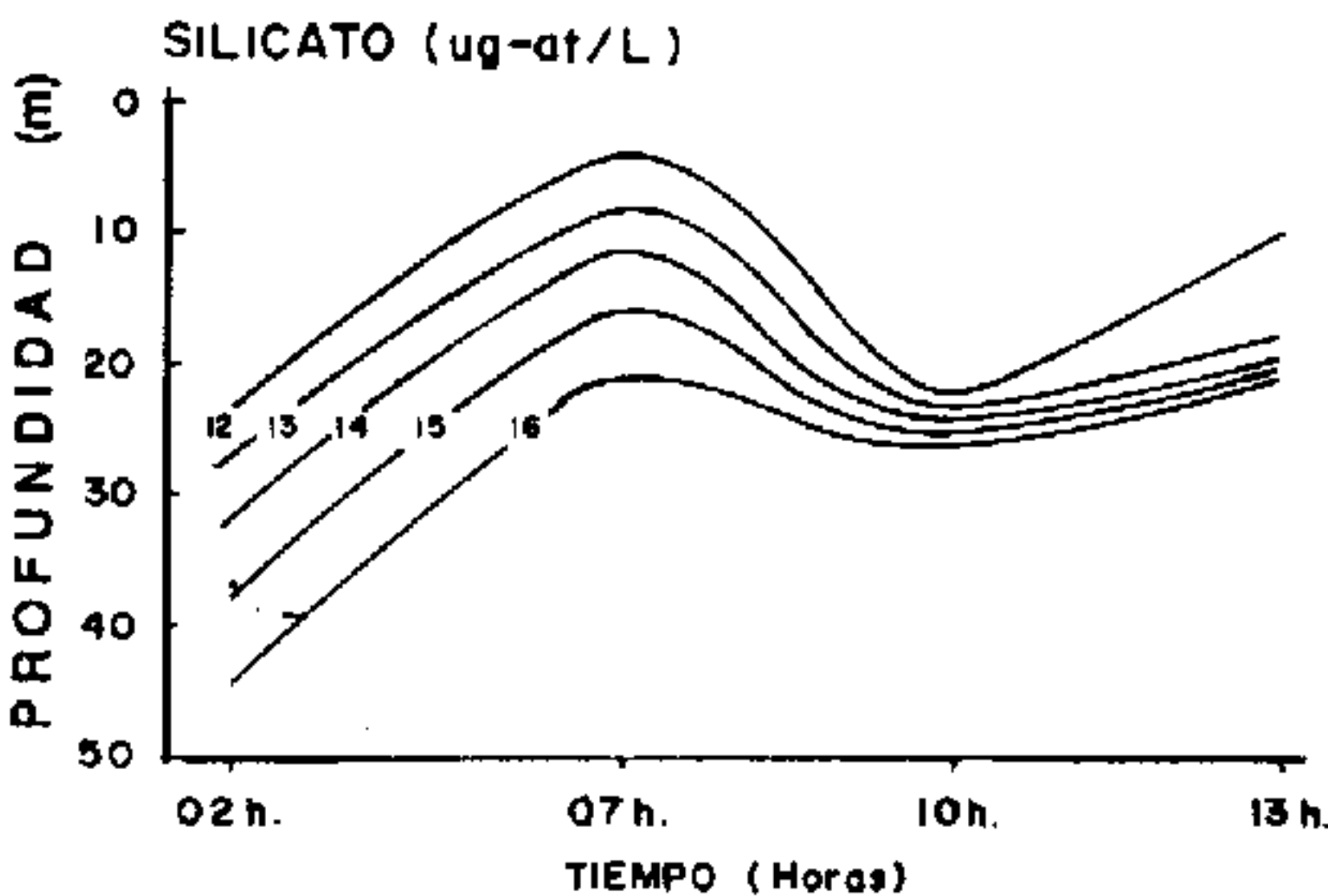


Fig. 13.-Sección de Silicato en función de Tiempo y Profundidad.

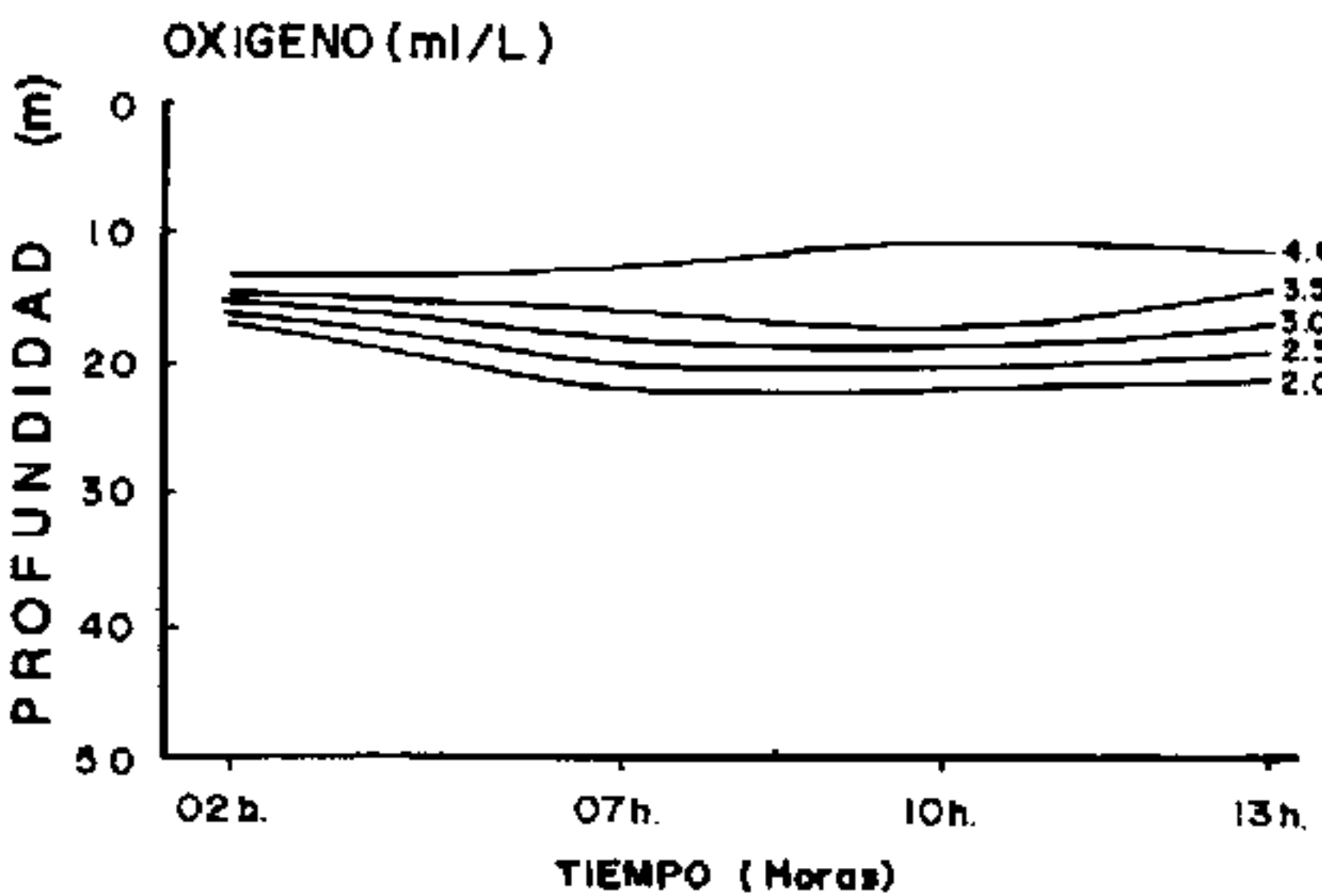
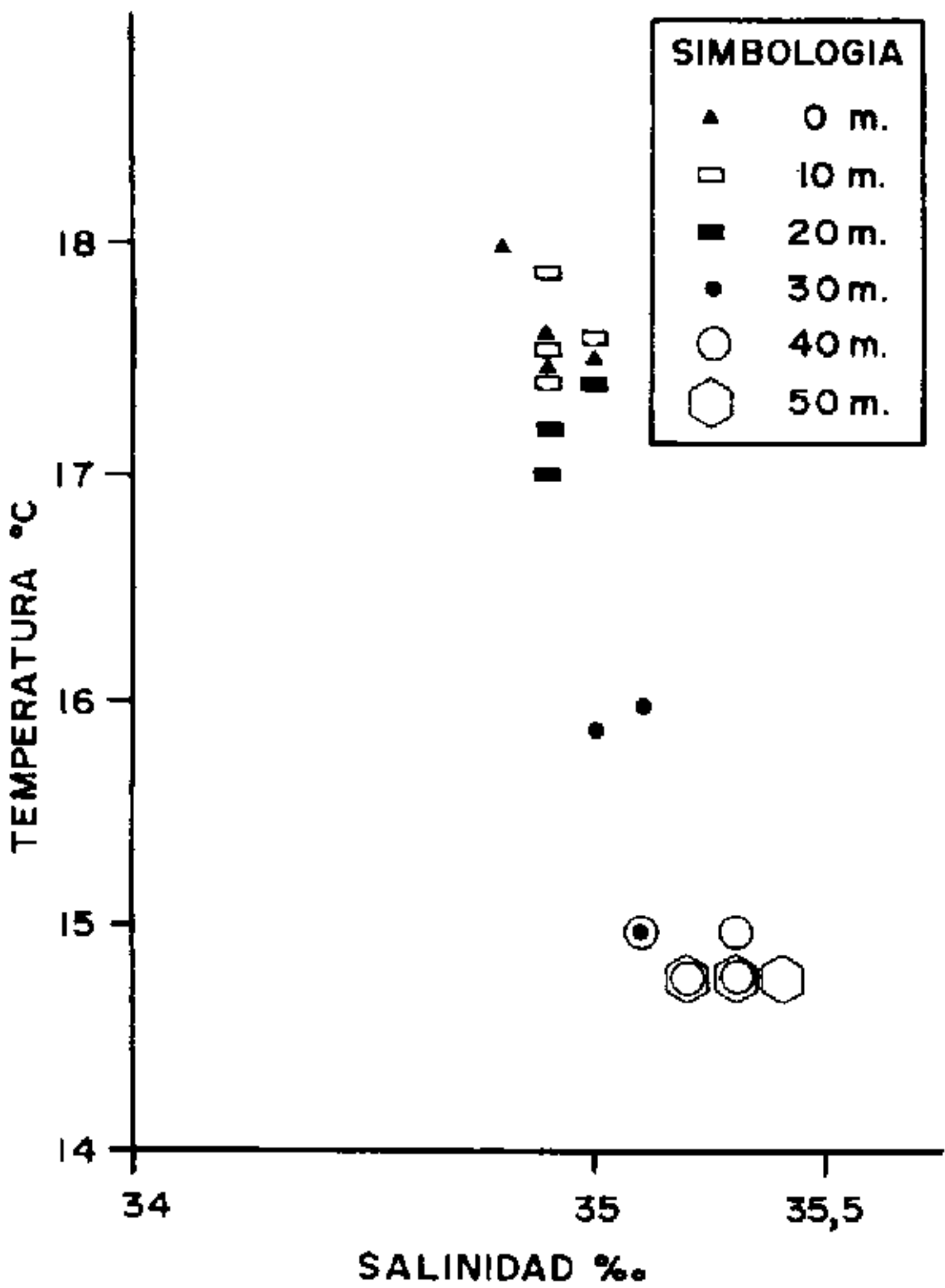


Fig. 14.-Sección de Oxígeno Disuelto en función de Tiempo y Profundidad.

Cabe recalcar que los desplazamientos horizontales, aunque sean pequeños, en las ondas de períodos largos, pueden introducir agua con características diferentes, si esta agua es muy heterogénea en ese sentido. Así se tiene que la no correspondencia entre los puntos del diagrama T - S (Fig. 15) de las capas subsuperficiales y superficiales indican un cambio de agua, lo cual confirma lo expresado anteriormente.

Para mayor entendimiento de este proceso se ha procedido a encontrar las celeridades de propagación de las ondas internas en sus correspondientes interfases de los diferentes intervalos de tiempo.

VELOCIDAD DE PROPAGACION DE LA ONDA INTERNA.- En un fluido de dos capas de espesor infinito, una capa de menor densidad (ρ_1) y otra de mayor densidad (ρ_2), ondas para la superficie libre entre dos capas tendrán una velocidad de progreso dada por:



$$C^2 = \frac{GL \int - \int 1}{2\pi \int + \int 1} \quad (1)$$

Las ondas superficiales pueden ser consideradas como “internas” sobre el límite entre el aire y mar.

En cualquier lugar del océano donde existe una capa delgada superior de agua de pequeña densidad, dos tipos de ondas serán posibles:

La onda superficial ordinaria que se propaga con velocidad C1; y la onda interna en el límite entre la capa ligera y la capa más pesada de agua en la parte inferior que se propaga con velocidad C2. Dónde:

$$C_1^2 = g(h + h_1) ; C_2^2 = \frac{ghh_1}{h+h_1} \frac{\int - \int 1}{\int} \quad (2)$$

En la Tabla I, se aprecia claramente que estas velocidades van a depender directamente de la densidad como de la profundidad de sus capas, tal es así que, las mayores velocidades se encontraron en lo que corresponde a la isipicna de 25,0 (Fig. 10) realizadas a las 07h, 10h y 13h que coinciden con el día y con las mayores concentraciones de nutrientes. Estos valores fueron de 8,75 - 10,01 y 9,40 cm/seg respectivamente, mientras que la menor velocidad correspondió a la

ESTACION FIJA 8 Lat. 2° 59.49 S. Long. 81° 40.92 W	H 1 (cms.)	H (cms)	∫ 1 (gr./cm³)	∫ (gr./cm³)	G.	C. cuad.	C. (cm/seg.)
EST. 8 HORA 02:00	2000	240	1.025	1.0252	981	41.00941	6.403859
	240	250	1.0252	1.0254	981	23.42938	4.840390
	250	250	1.0254	1.0256	981	23.91283	4.890074
	250	250	1.0256	1.0258	981	23.90816	4.889598
EST. 8A HORA 07:00	2000	500	1.025	1.0252	981	76.55091	8.749338
	500	500	1.0252	1.0254	981	47.83499	6.916284
	500	500	1.0254	1.0256	981	47.82566	6.915610
	500	500	1.0256	1.0258	981	47.81633	6.914935
EST. 8B HORA 10:00	1000	1100	1.025	1.0252	981	100.2452	10.01225
	1100	250	1.0252	1.0254	981	38.97665	6.243128
	250	250	1.0254	1.0256	981	23.91283	4.890074
	250	250	1.0256	1.0258	981	23.90816	4.889598
EST. 8C HORA 13:00	1600	650	1.025	1.0252	981	88.45883	9.405255
	650	450	1.0252	1.0254	981	50.87903	7.132954
	450	600	1.0254	1.0256	981	49.19211	7.013708
	600	700	1.0256	1.0258	981	61.79342	7.860879

TABLA I. Valores de las velocidades en función de H 1, H, ∫ 1 y ∫

medición efectuada a las 02h con un valor de 6,40 cm/seg, coincidiendo con las menores concentraciones de nutrientes. Popovici y Chacón (1966), sostiene que éstas celeridades están dentro del rango de velocidad de la Corriente de Humboldt. Por lo cual se puede pensar que en la referida estación estuvo presente una masa de agua con iguales características a la corriente antes mencionada. Si se comparan los valores de las celeridades de propagación de la onda interna entre las diferentes estaciones realizadas (Tabla I), se notará que la mayor parte de las velocidades máximas fueron observadas en los senos de las ondas mientras que las velocidades mínimas se localizaron en las crestas de dichas ondas. Esto conlleva a pensar que las ondas internas no son débiles y, que más bien el campo de una onda interna es energética.

CONCLUSIONES

Del estudio de los perfiles y secciones verticales en función de tiempo y profundidad, así como de los valores máximos y mínimos encontrados para cada uno de los parámetros físicos y químicos analizados, es muy probable que la existencia de aguas heterogéneas sea debido a que estas aguas entren en contacto con el límite Sur del Frente Ecuatorial, que para esta época mostró un fuerte gradiente de temperatura (19 a 24°C), disponiéndose en una orientación casi zonal, partiendo desde el Golfo de Guayaquil hacia el extremo Norte de las Islas Galápagos. Es notorio también la influencia de Aguas Costeras Peruanas en los primeros 20 metros, que se caracteriza por presentar temperaturas que fluctúan entre 15-19°C, salinidad de 34,8 - 35,1S $\times 10^{-3}$ y velocidades que indicarían la presencia de la Corriente de Humboldt sobre el área estudiada. Por ser ésta una corriente que se intensifica para esta temporada (agosto), puede producir desplazamientos horizontales de agua. Es por ésta razón que la mezcla de éstos dos cuerpos de agua con características físicas y químicas diferentes generen procesos de turbulencia, lo que implicaría la presencia de Ondas Internas, las cuales van a afectar todos los elementos que experimentan la influencia de los cambios de la temperatura o densidad en el mar.

Se determinó la relación entre las ondas internas y la distribución vertical de las concentraciones de los nutrientes y oxígeno, por cuanto éstos presentan la formación de un paquete de isolíneas con diferentes valores, localizadas entre 10 y 30 metros que sufren fluctuaciones de ascensos y descensos en función de tiempo y profundidad, teniendo la misma tendencia en lo que corresponde a la distribución de la temperatura, salinidad y densidad. Además las mayores velocidades

encontradas coincidieron con los mayores valores de nutrientes, así como también las menores velocidades con las más bajas concentraciones.

Se recomienda que para futuros trabajos de esta naturaleza, se consideren mayores profundidades para los muestreos.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a los señores directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, por las facilidades prestadas al desarrollo y publicación de esta investigación; al TNNV-UN Fernando Zurita F. por la revisión del presente trabajo, a la Dra. Elena Gualancañay, nuestro especial agradecimiento por sus valiosas observaciones y sugerencias, y al Sr. Víctor Mesías por la confección de los diferentes gráficos.

BIBLIOGRAFIA

- Armstrong, F.A.J., and E.C. La Fond, 1966.- Chemical nutrient concentrations and their relationship to internal waves and turbidity off southern California. *Limnol. Oceanog.*, 11, 538 - 547.
- Andreyeva, I.B., and P. Makshtas, 1976.- Fluctuations in the Depth of Sound Scattering Layers and internal waves; *Oceanology* 16(3): 242 - 245.
- Andreyeva, I.B., and Ya. P. Makshtas, 1977.- Internal Waves and Sound Scattering Layers in the thermocline; *Oceanology* 17(3): 287 - 289.
- Chiriguaya, J.V., 1989.- Ondas Internas en el Pacífico Ecuatorial Oriental. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. 5(1): 1- 8. INOCAR. Guayaquil - Ecuador.
- Chiriguaya, J.V., 1989.- Aspectos Teóricos sobre las Ondas Internas. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. 5(1): 111 - 116. INOCAR. Guayaquil - Ecuador.
- Fofonoff, N.P., 1969.- Spectral characteristics of internal waves in the ocean. *Deep Sea Res.* 16 (suppl) 58 - 71.
- Fraga, F., 1977.- Variaciones Hidrográficas diurnas en el área de afloramiento del noroeste de Africa. Resultados Expediciones Científicas del Buque Oceanográfico "Cornide De Saavedra". *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*. 6: 169 - 176. Instituto

- de Investigaciones Pesqueras. Laboratorio de Vigo. Muelle de Bouzas. Vigo.
- Garret, C.J.R., and V.H. Munk, 1972.- Space-time Scales of internal waves. *Geophys. Fluid Dyn.*, 3, 225 - 264.
- Harvey, 1953.- El Agua Marina en Fraga, 1972. p 67-99. *Ecología Marina*. Fundación La Salle. Edit. Dossat. Mon. No. 14.
- Le blond, P.H., and L.A. Mysak, 1978.- *Waves in the Ocean* Elsevier, 604 pp.
- Lewis, M.R., Harrison, W.Ct., Ockey, N.S., Habert, D. and T. Platt, 1986.- Vertical Nitrate Fluxes in the Oligotrophic Ocean.- *Science*. Vol. 234, pp 870-873. American Association for the Advancement of Science. U.S.A.
- Olbers, D.J., 1976.- Non linear energy transfer and the energy balance of the internal wave field in the deep Ocean. *J. Fluid Mech.*, 74, 375-399.
- Pesantes, F., y E. Pérez, 1982.- Condiciones Oceanográficas y Químicas del Golfo de Guayaquil. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*. 1(2): 87-113. Instituto Nacional de Pesca (INP). Guayaquil - Ecuador.
- Popovici, Z., y G. Chacon, 1966.- Ensayo de Oceanografía Física. 1-201 pp. Instituto del Mar del Perú. La Punta - Perú.
- Romea, R., 1976.- On coastel trapped waves at low latitudes in a stratified ocean. P.H.D., Tesis. Oregon State University.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons, 1972.- A Practical Handbook of Seawater Analisis, Fisheries Research Board of Canada. Bull. 167, Ed. 2, p. 310.
- Sverdrup, H.V., M.W. Johnson and R.H. Fleming, 1942.- *The Oceans*. (Their physics, chemistry and general biology), Prentice-Hall, Inc., USA, 1-1086 pp.

CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS AGUAS MARINAS ECUATORIANAS DURANTE 1988

Por:

ANA RODRIGUEZ DE MORAN (1)

RESUMEN

Se presenta un estudio de las características de las aguas ecuatorianas, mediante el análisis químico de las muestras obtenidas durante los cruceros I y II realizados a bordo del BAE ORION en los meses de Agosto y Diciembre de 1988.

Se realiza la caracterización de los diferentes ambientes hasta los 100 m de profundidad, estableciéndose el comportamiento de los parámetros hidroquímicos, tanto en su distribución horizontal geográfica, como vertical en la columna de agua, y su relación con el Frente Ecuatorial.

Se establece, en forma general, la influencia de la presencia de la Corriente de Humboldt, en la concentración y distribución de los parámetros en el CO-I-88; y el debilitamiento de la misma en el CO-II-88. Evidenciándose por lo tanto, aguas más salinas, mayor oxigenadas y de más alta concentración de nutrientes en el CO-I-88 que en el CO-II-88.

De la distribución horizontal de los parámetros hidroquímicos (0-20 m) durante los dos cruceros de 1988 permitió establecer la presencia de las Aguas Tropicales Superficiales en la zona norte del Frente, las cuales muestran menores concentraciones de fosfato, nitrito y nitrato en comparación con las aguas de la corriente de Humboldt en el sur donde se registraron las más altas concentraciones. Con respecto a la capa de 50 - 100 m se observó la presencia de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales las mismas que presentan bajo contenido de oxígeno, y altas concentraciones de nutrientes.

ABSTRACT

A study of the characteristics of equatorials waters is presented, by means of the chemistry analysis from samples taken during the first and second cruises aboard the R/V ORION performed during August and December 1988.

The characterization of the different environment from surface water to depth down to 100 m; It was performed establishing the behavior of the hydrochemical parameters, as much in its horizontal as in their vertical distribution in the water column; and its relation with the Equatorial Front.

In general, it was established the influence of the presence of the Humboldt current in the concentration and distribution of parameters during the CO-I-88 and their weakening during the CO-II-88. So, it determined the presence of more saline waters, with high dissolved oxygen and high nutrients concentrations during the CO-I-88 than during the CO-II-88.

The horizontal distribution of the hydrochemical parameters (0 - 20 meters) during both cruises established the presence of Surface Tropical Waters on north of the Front, wich showed low phospate, nitrite, nitrate concentrations in comparison with the waters of the Humboldt current located South of the Front, where the highest concentration were found.

The layer between 50 - 100 m Showed the presence of Subsurface Equatorials Waters, which present low dissolved oxygen concentrations and high nutrients concentrations.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR.- P.O. Box, 5940.- Guayaquil - Ecuador.

INTRODUCCION

Para el presente estudio se han utilizado datos de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes obtenidos durante los dos cruceros oceanográficos de 1988, realizados a bordo del BAE ORION.

Las condiciones oceanográficas en aguas del mar ecuatoriano varían considerablemente en tiempo y espacio, debido al sistema complejo de circulación oceánica integrado por las corrientes superficiales y subsuperficiales. En particular, el desplazamiento estacional del Frente Ecuatorial en relación con la subcorriente Ecuatorial, la corriente costera de Humboldt y las surgencias costeras, es un factor de gran importancia para la distribución de las masas de aguas superficiales y subsuperficiales en las aguas marinas del Ecuador. (Okuda, et al., 1983a).

La información histórica recogida de las condiciones químicas a partir de los cruceros nacionales, describe las características nutritivas del mar ecuatoriano y su comportamiento con las diversas masas de aguas presentes, así como la distribución del ión nitrato máximo en relación con las características hidroquímicas e hidrográficas. La información está correlacionada con la aparición del fenómeno El Niño y con la ubicación del Frente Ecuatorial; se destacan en particular los siguientes trabajos: Okuda et al., (1983a), (1983b), Trejos de Suéscum y Okuda (1983), Cucalón (1984), Kogelschatz et al., (1985), Rodríguez de Morán (1987), Valencia (1987). En cuanto a las zonas enriquecidas por posibles afloramientos provenientes de la Subcorriente Ecuatorial, analiza las variaciones químicas al-

rededor de las Galápagos (Canal Bolívar). Trejos de Suéscum y Valencia (1986).

Recientes muestreos realizados durante 1989 alrededor de la Isla de la Plata mostraron, la evidencia de afloramientos en la parte sur y este de la isla, con aguas poco oxigenadas en la superficie con valores que fluctúan entre 0.7 y 1.9 ml/L y concentraciones de nutrientes 0.8 a 1.4 ug-at/L para fosfato, 0.4 a 0.7 ug-at/L, para nitrato y 10 ug-at/L para nitrato y silicato.

Córdova (1989), en su estudio sobre la distribución de la clorofila "a" en relación con el Frente Ecuatorial encontró los máximos subsuperficiales junto a elevadas concentraciones de nutrientes en el límite sur del Frente para 3 zonas de termoclina no bien definidas y que estaban situadas en el Golfo de Guayaquil, en el meridiano 85°W y al oeste de las islas Galápagos; estos resultados dan la pauta para interpretar estas zonas como de probables afloramientos.

AREA DE ESTUDIO

Durante el crucero CO-I-88 realizado entre el 7 y 29 agosto de 1988 se cubrió el área comprendida entre 1°N a 3°S y desde la costa continental del Ecuador hasta 92°W, mientras que en el CO-II-88 realizado entre el 29 de noviembre al 7 de diciembre de 1988 el área de estudio estuvo comprendida entre las latitudes 1°N a 3°S y desde la costa ecuatoriana hasta la longitud de 85°W (Fig. 1).

Los niveles de muestreo en cada estación fueron los estándar desde la superficie hasta los 500 m, nivel

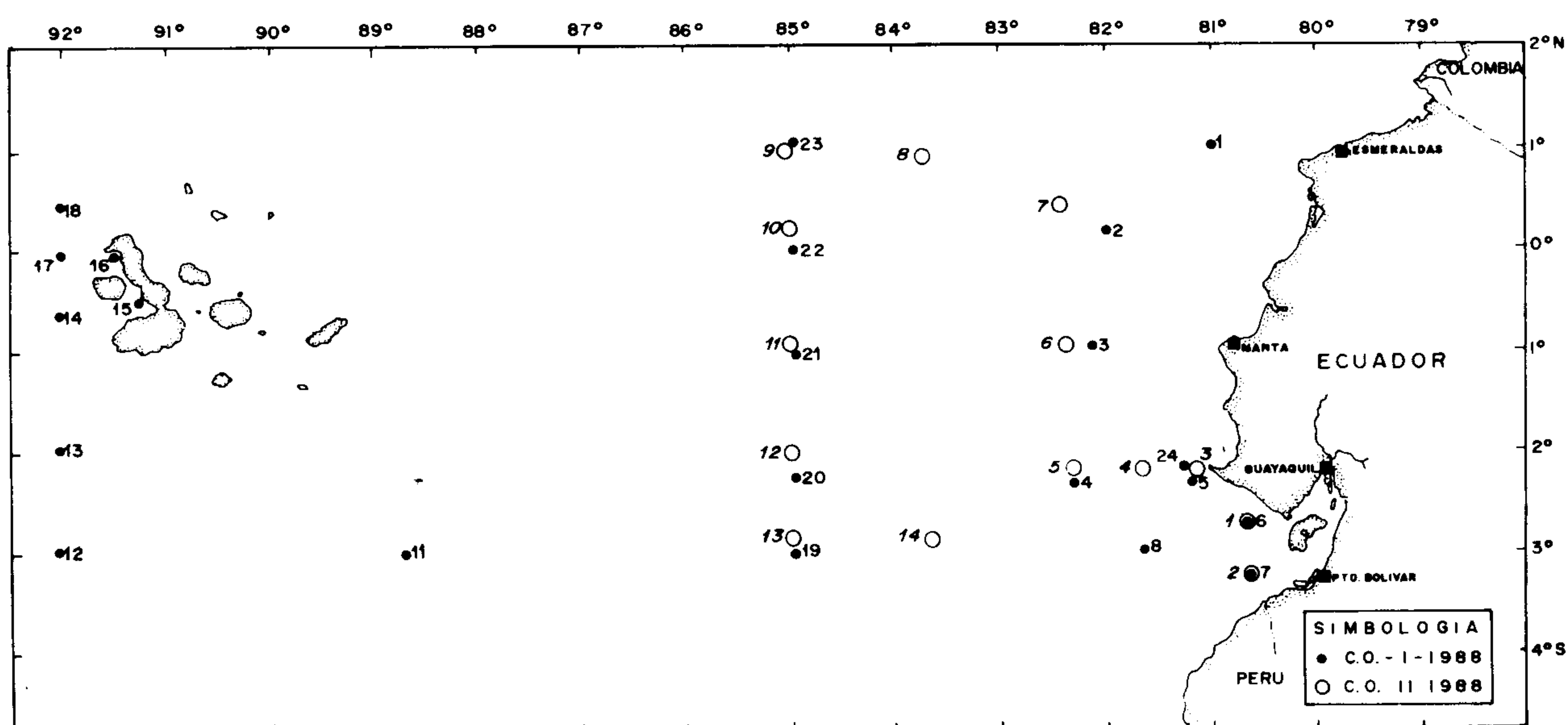


Fig. 1.- Ubicación de estaciones. CO-I-II/1988.

máximo de muestreo en las estaciones que así lo permitían.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

DISTRIBUCION HORIZONTAL DE TEMPERATURA Y SALINIDAD

CRUCERO CO-I-88.

El análisis de distribución de la temperatura y salinidad mostró que en la capa de 0 a 20 m se encontraban aguas cálidas con temperaturas mayores de 24°C (Figs. 2-4) y de baja salinidad con valores menores a 33.8 S. 10-3 (Figs. 5-7) ubicados al norte entre los 81 y 85°W. Mientras que al sur se encontró aguas frías con temperaturas menores de 18°C y salinidades mayores de 35.0 S. 10-3. Es notoria por lo tanto la presencia de aguas tropicales superficiales en el norte con baja salinidad y temperatura relativamente altas caracterizadas así por Zuta y Guillén (1970); y al sur, de las aguas de la corriente de Humboldt en su máxima intensidad. Informe Crucero Oceanográfico CO-I-88.

En el área de Galápagos, en el meridiano 92°W y en el canal Bolívar, entre 0 y 1°S, se observa un parche de aguas frías y de alta salinidad con temperaturas entre 14.8 - 19.9°C y salinidades mayores de 35 S. 10-3. La mínima temperatura se aprecia en aguas del canal Bolívar a 20 m y la máxima salinidad 35.3 al SW de la Isla Fernandina. Este parche frío y de elevada salinidad se debe a la presencia de afloramientos localizados en el área.

Para esta época del año el Frente Ecuatorial se lo ubicó entre 0 y 1.5°S partiendo desde el Golfo de Guayaquil hasta el extremo norte de las Islas Galápagos (Fig. 2).

A los 50 y 100 m se observa un decremento en la temperatura e incremento en la salinidad con valores de 13.4 a 15.2°C (Figs. 8 y 9) y salinidades de 35 a 35.4 S. 10-3 (Figs. 10 y 11) apreciándose que la isolínea de 15°C ocupa la mayor parte del área cerca al continente, mientras que la salinidad muestra los mayores valores hacia el norte y valores relativamente bajos hacia el sur. Estas condiciones evidencian la presencia de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales caracterizadas por Zuta y Guillén (1970).

CRUCERO CO-II-88

El comportamiento de la temperatura en la capa 0 - 20 m presentó valores similares con el mismo

esquema de distribución que en el CO-I-88. Mientras que la salinidad mantuvo igual distribución pero con valores menores.

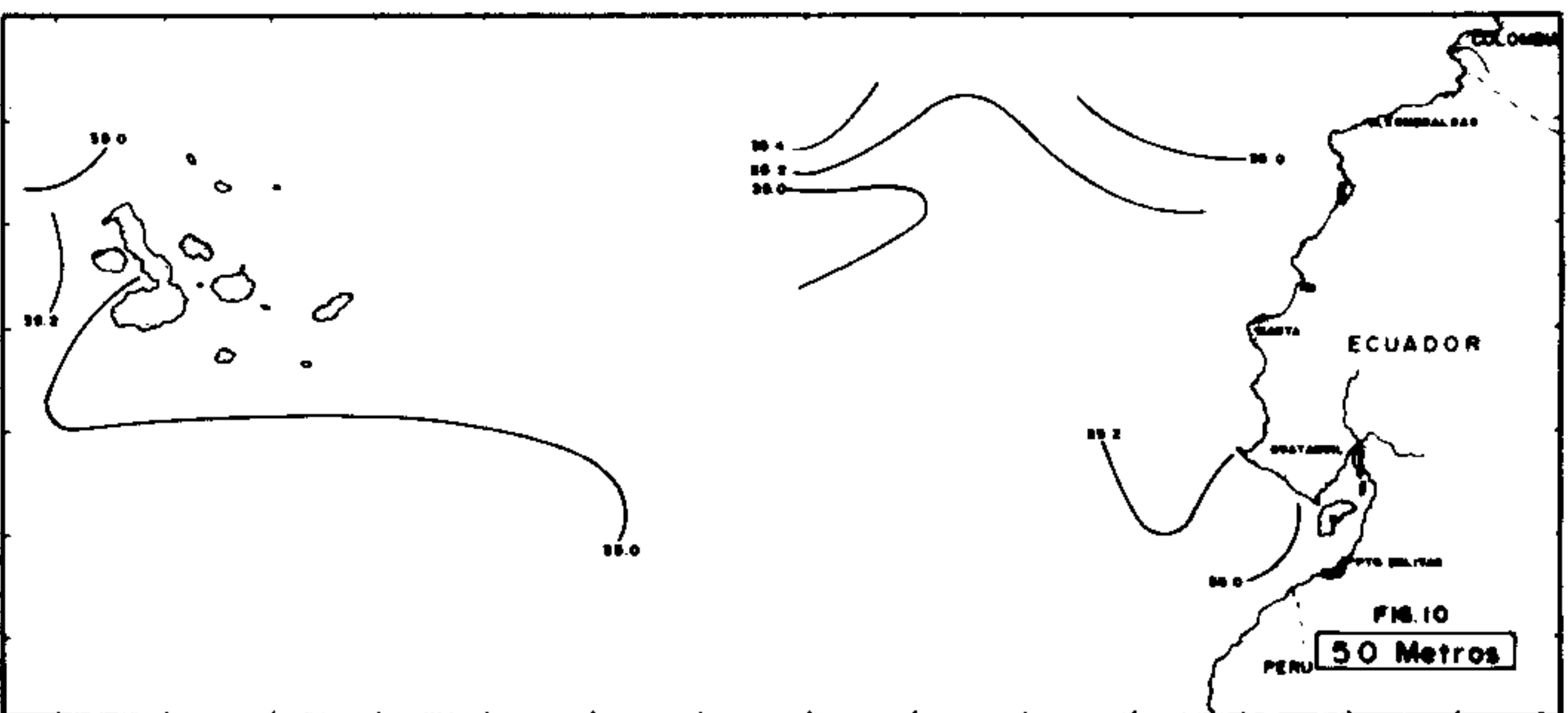
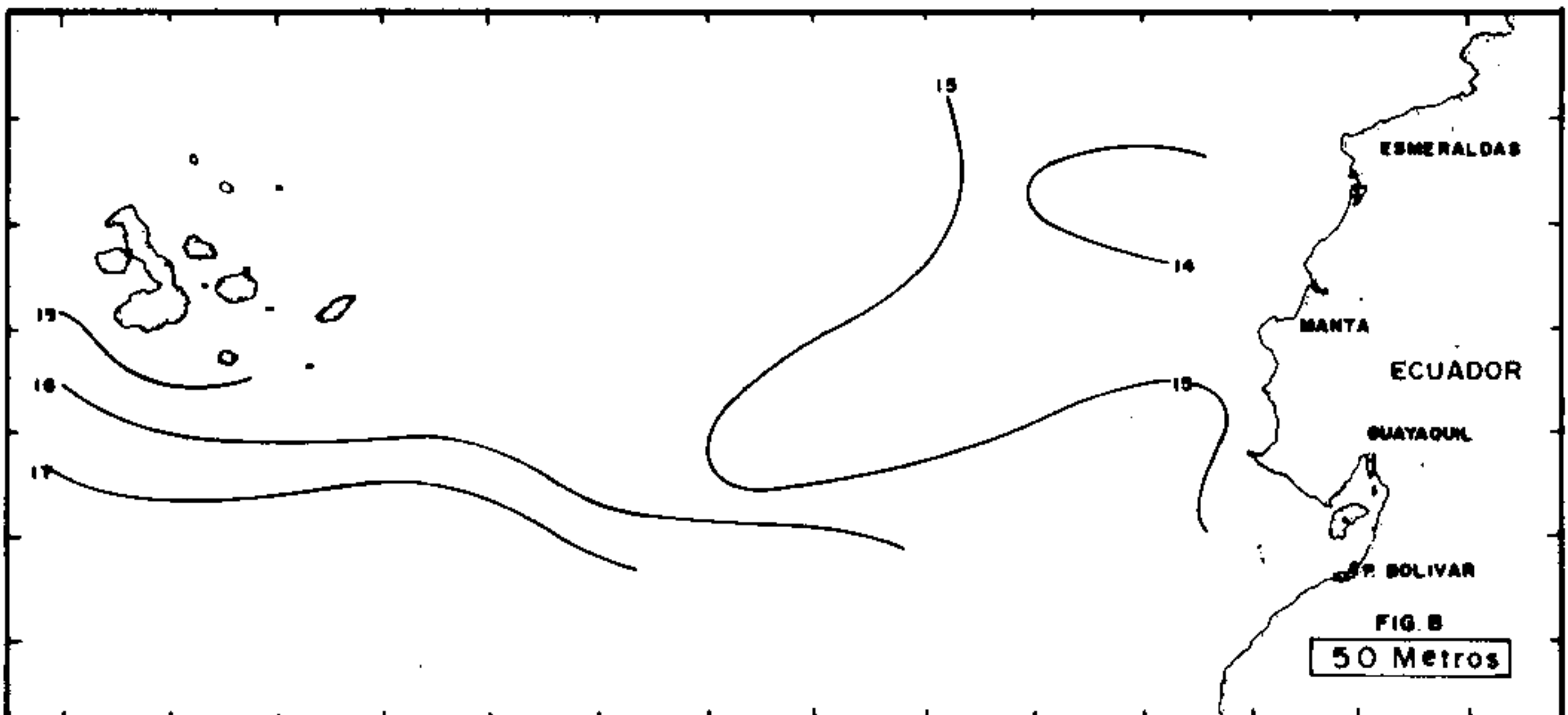
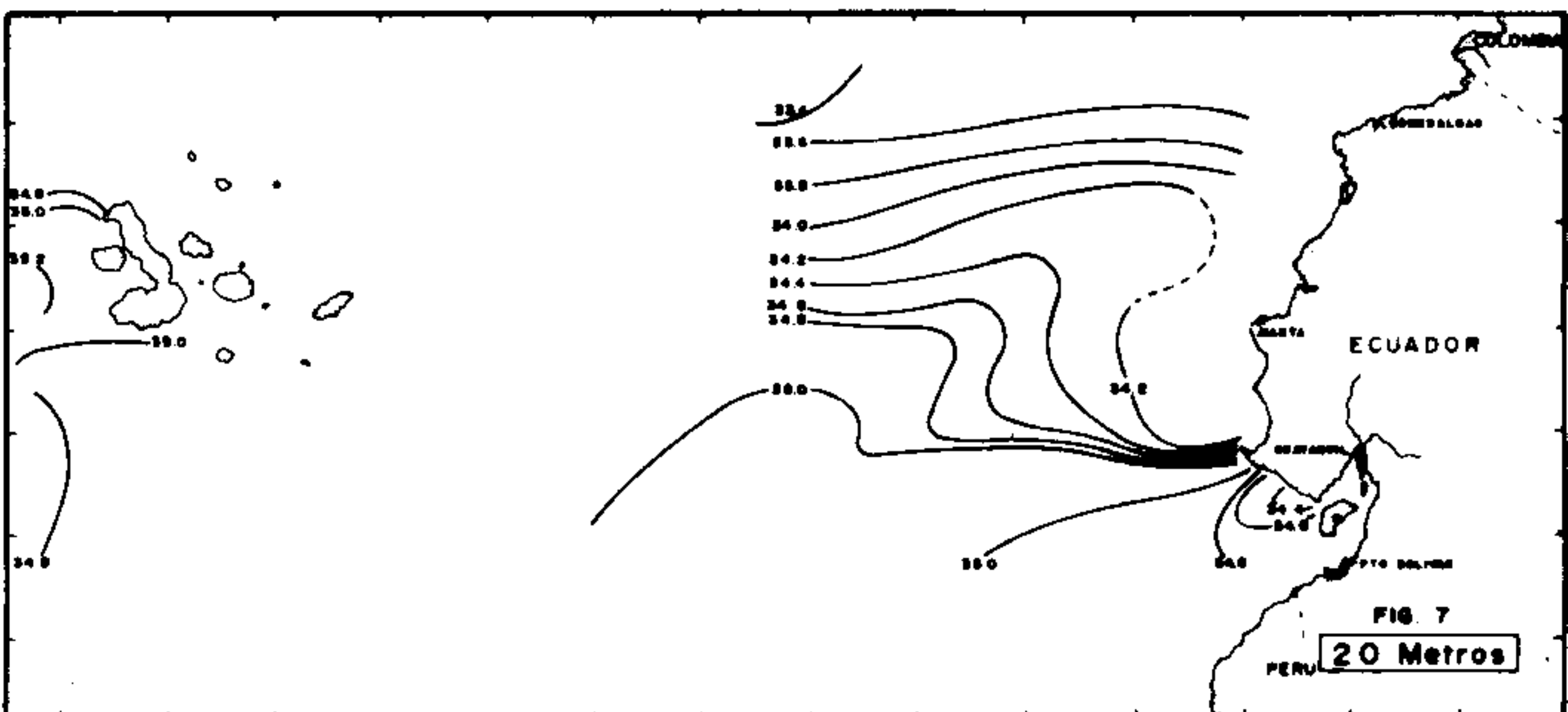
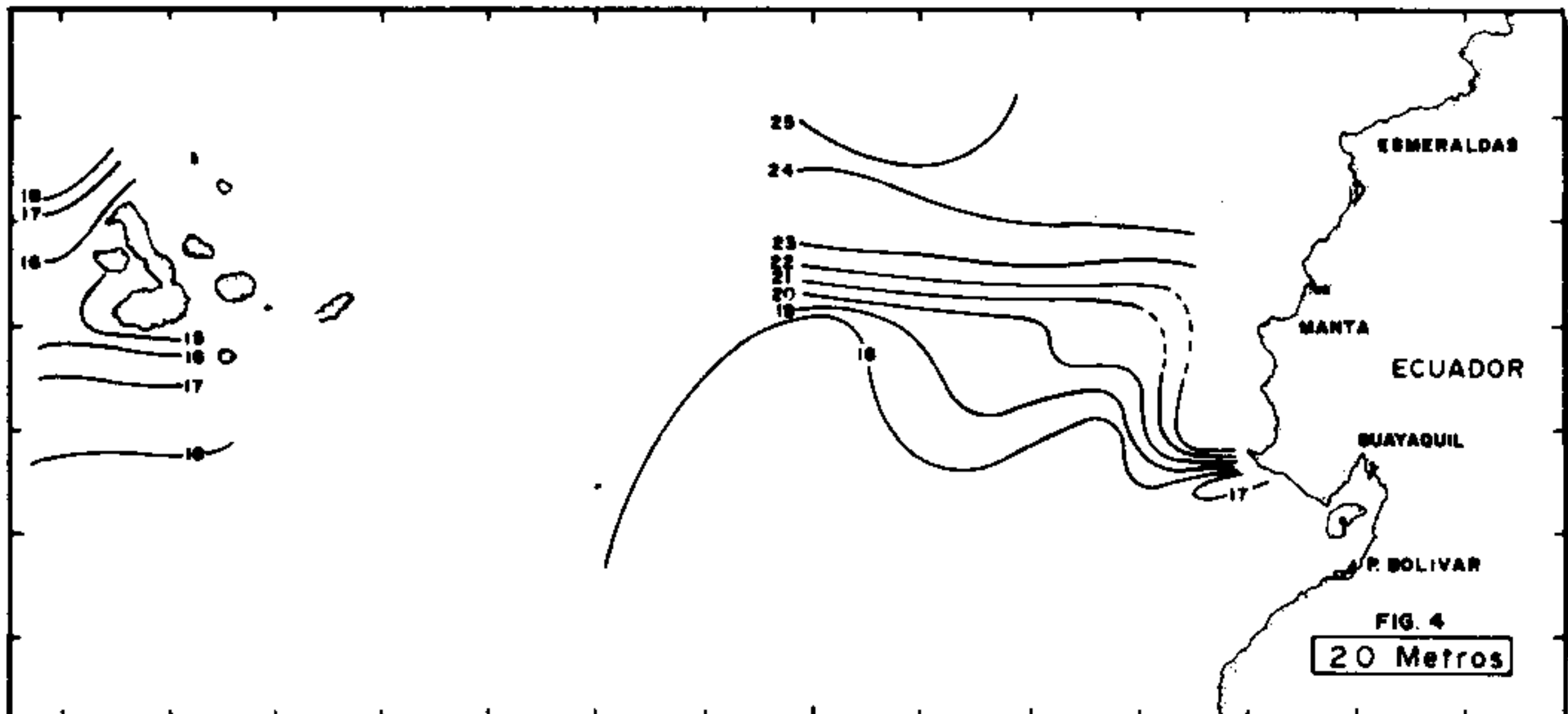
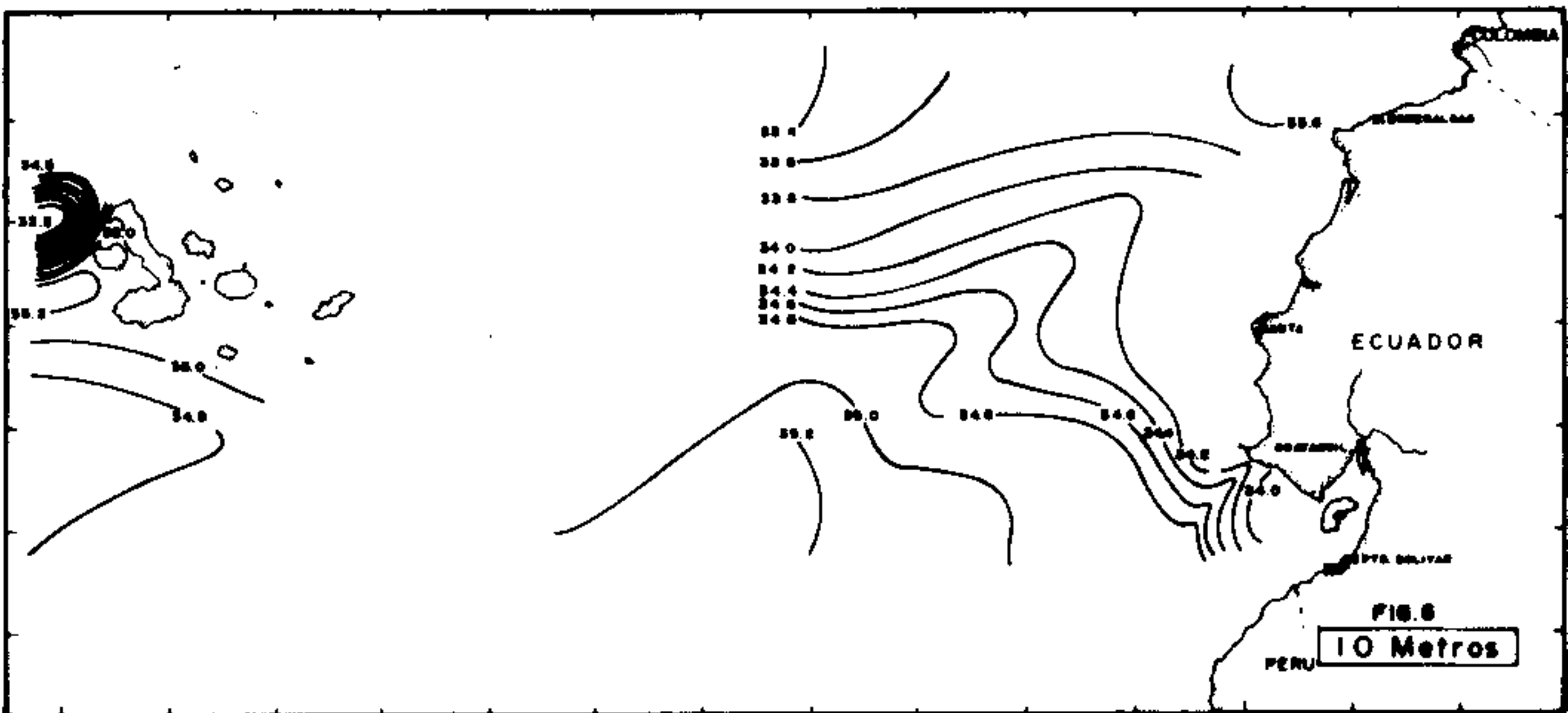
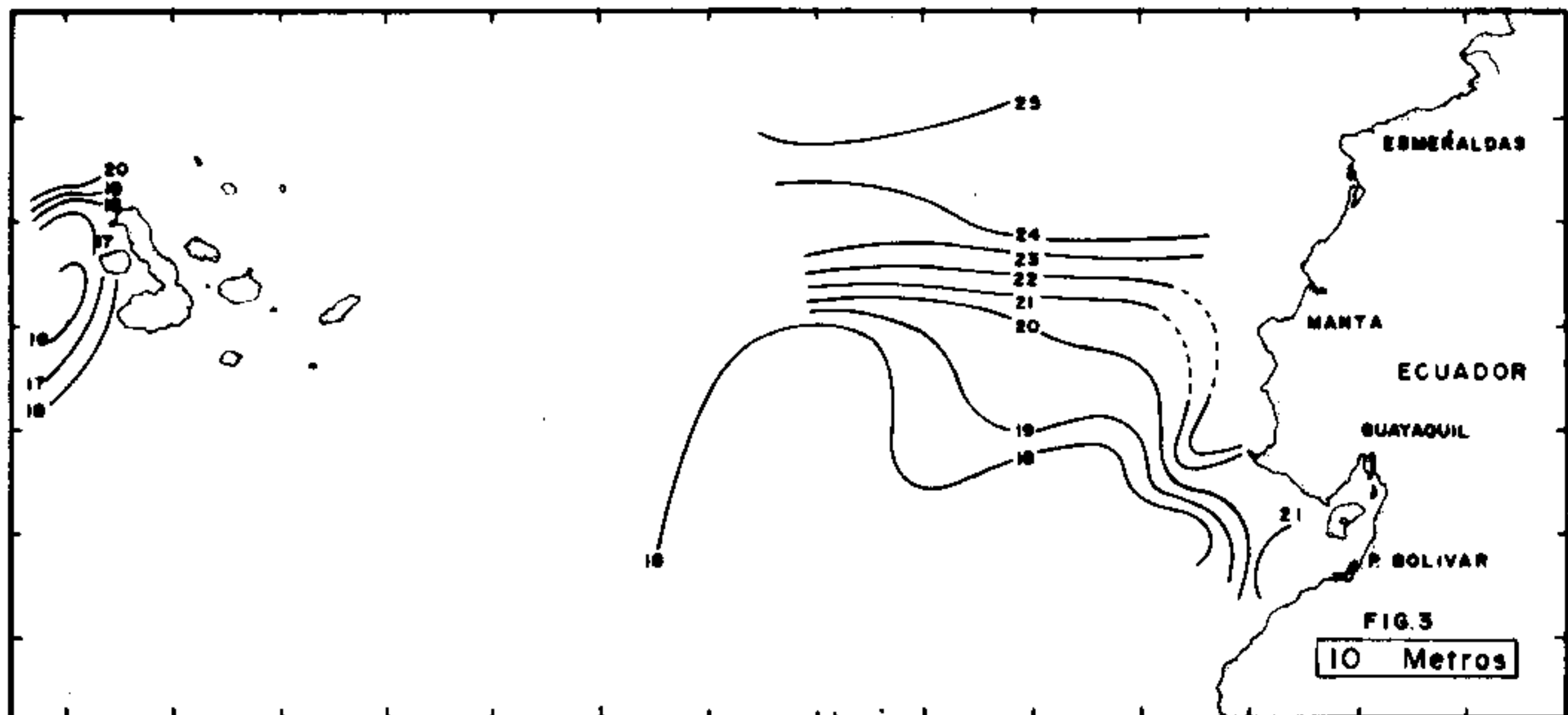
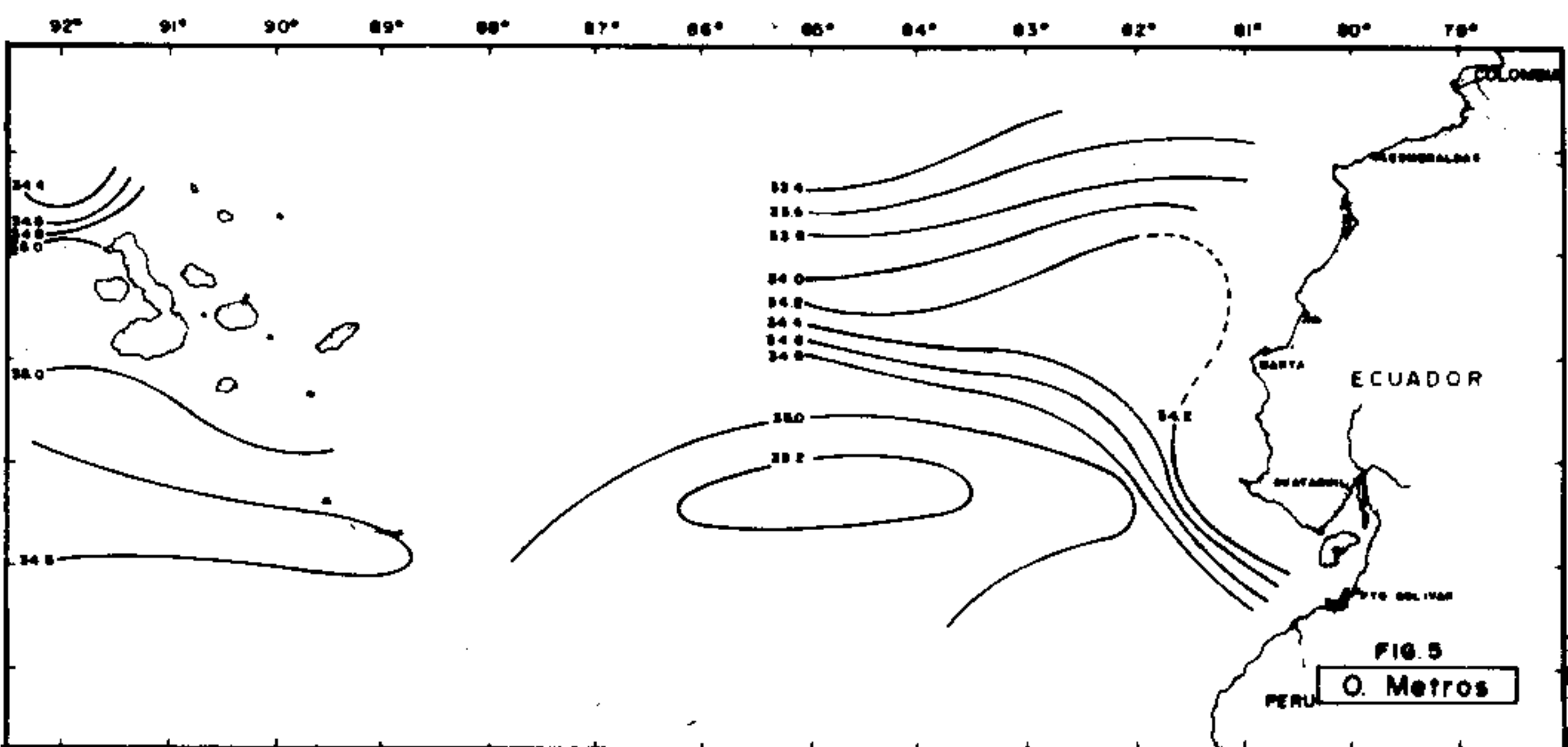
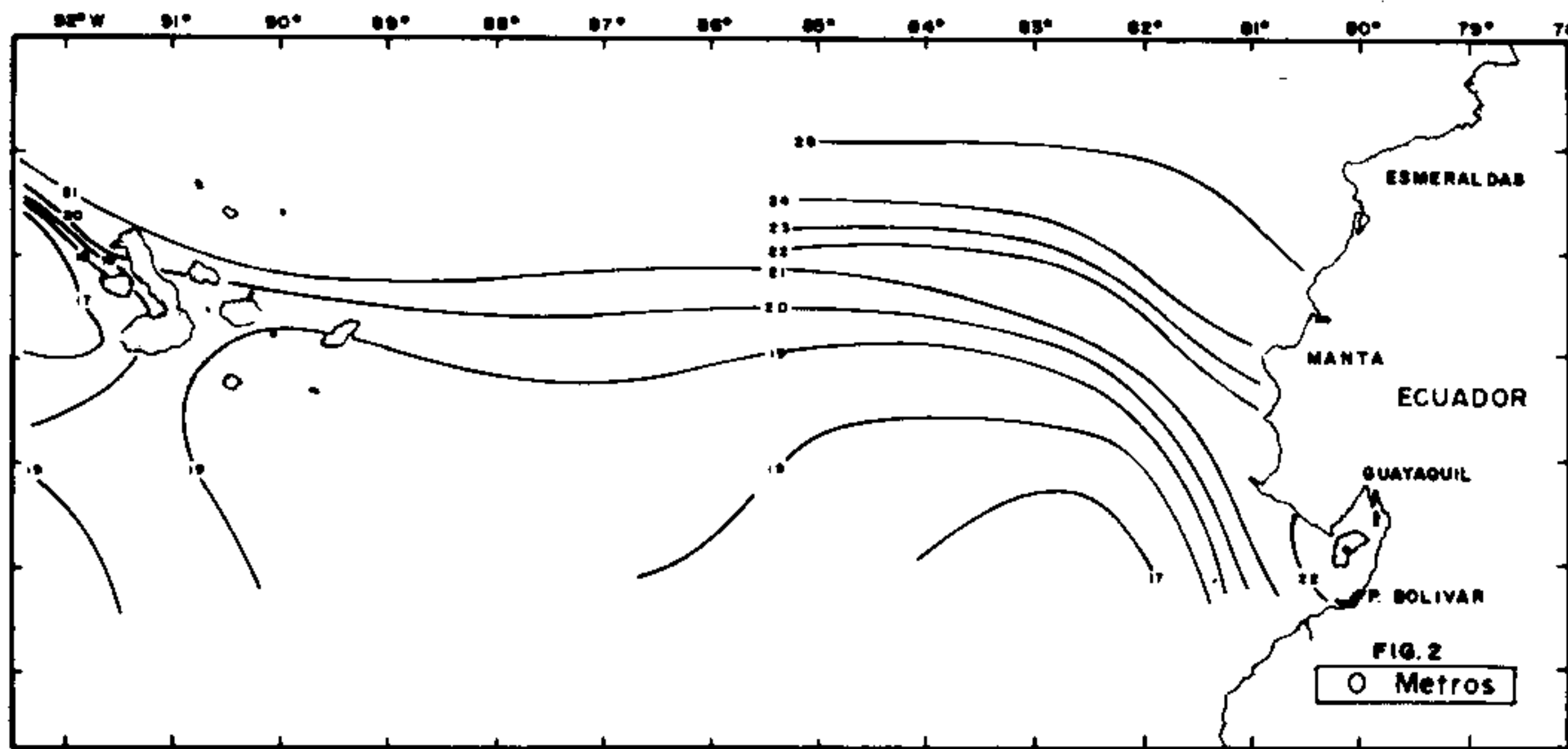
El Frente Ecuatorial para esta época se mantuvo sobre su posición normal situándose aproximadamente entre 1° 30'S y 0° 30'S (Fig. 12). En el límite norte del Frente Ecuatorial se encontraron temperaturas relativamente altas con valores mayores de 24°C (Figs. 12-14) y baja salinidad con valores menores de 33.8 S. 10-3 (Figs. 15-17) conformando las aguas tropicales superficiales. Las bajas temperaturas menores de 20°C y salinidades de 34.8 S. 10-3 se ubican al sur del Frente Ecuatorial en el meridiano 85°W correspondientes a las aguas de la corriente de Humboldt. Al este de los 85°W se nota la presencia de Aguas Ecuatoriales superficiales las cuales se desplazan hacia el sur con temperaturas mayores de 23.5°C y salinidades de 33.6 S. 10-3 en la Bahía de Santa Elena hasta los 3°S aproximadamente.

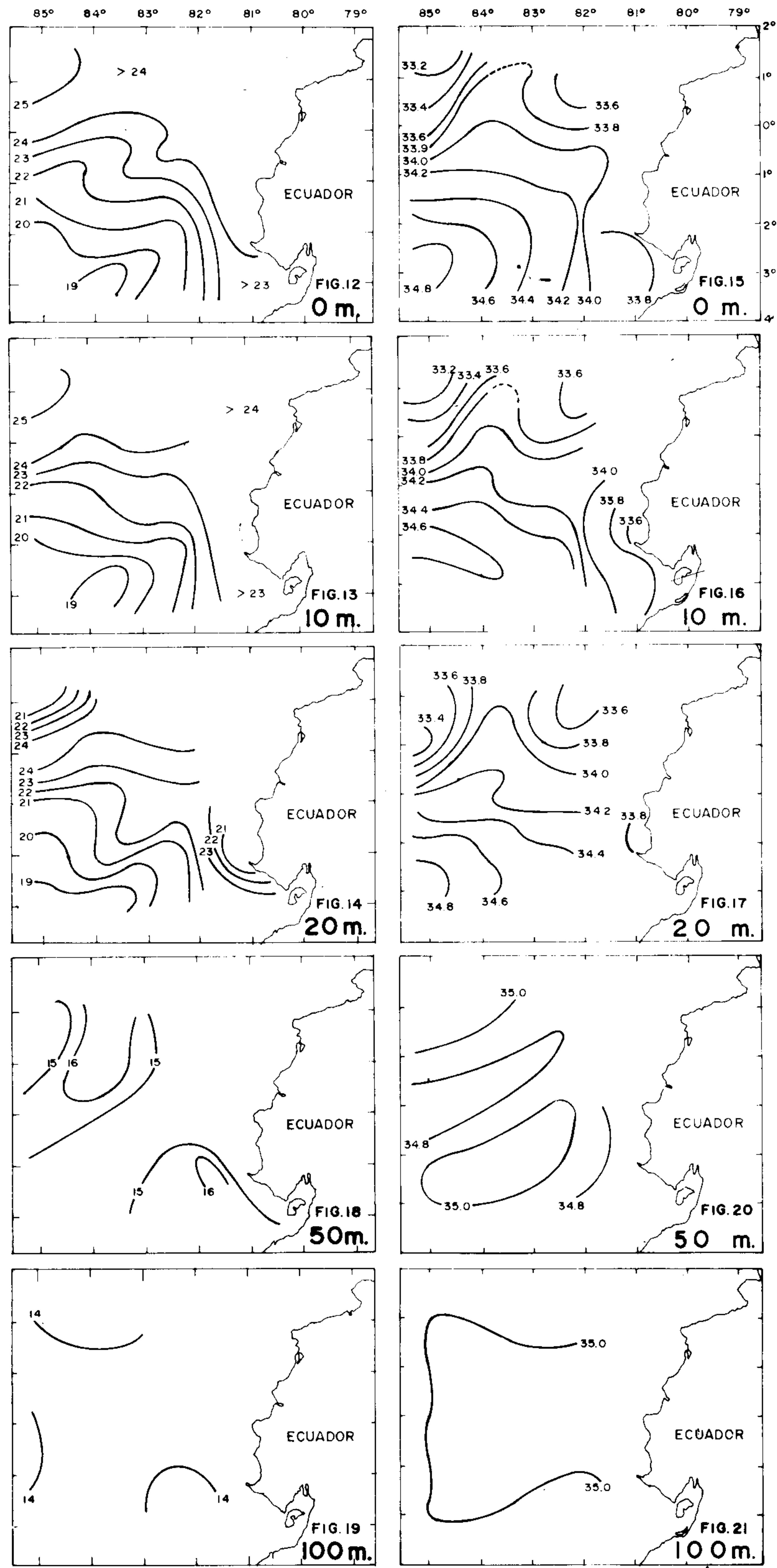
A los 50 m se observa un decremento en la temperatura e incremento en la salinidad con valores entre 14.1 - 16.1°C (Fig. 18) y 34.8 - 35 S. 10-3 (Fig. 19) con el máximo de salinidad ubicados hacia el norte y sur del área y el mínimo hacia el centro. A 100 m la distribución es bastante homogénea ocupando valores de 14°C (Fig. 20) y salinidad de 35 S. 10-3 (Fig. 21) en la mayor parte del área de estudio. Estas características corresponden a Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales que se forman en la región ecuatorial oriental subsuperficial del Pacífico y se caracterizan por ser relativamente salinas (Okuda, et al., 1983a).

DISTRIBUCION HORIZONTAL DE OXIGENO DISUELTO

CRUCERO CO-I-88

Entre los meridianos 81 y 85°W la distribución de oxígeno disuelto en superficie presentan valores que fluctúan entre 4.0 y 5.4 ml/L con el máximo ubicado hacia la parte media del Golfo de Guayaquil; (Fig. 22) se observa que las altas concentraciones se ubican tanto hacia el norte como al sur de la zona de estudio, mientras que en el área de Galápagos los mayores valores se ubican hacia el norte. Córdova (1989) encontró elevadas concentraciones subsuperficiales de clorofila en tres zonas situadas en el límite sur del Frente Ecuatorial en el Crucero CO-I-88. Comparando, los valores de oxígeno en las mismas zonas, estos presentaron concentraciones elevadas, lo que probablemente se debe a que en estas aguas se presentan intensas actividades de fotosíntesis.





Figs. 12-13-14-15-16-17-18-19-20-21 Distribución Horizontal de Temperatura °C y Salinidad S 10⁻³ CO-II-88.

Al igual que en la superficie, el oxígeno presenta el mismo comportamiento en la capa de 10 y 20 m con la diferencia de que los mínimos valores 3.5 - 1.5 ml/L (Figs. 23 y 24) se ubican a la altura de la Península de Santa Elena. En el área del canal Bolívar en la estación # 15 notamos la presencia de aguas afloradas con valores de 3.5 y 3.0 ml/L a 10 y 20 m respectivamente contrastando con las máximas concentraciones en los extremos norte y sur de la sección 92°W. En esta misma localidad Trejos de Suécum y Valencia (1986), reportaron valores de oxígeno correspondientes a aguas de surgencias a partir de los 40 metros.

Continúa descendiendo la concentración de este parámetro, a los 50 y 100 m (Figs. 25 y 26) orientándose los menores valores hacia la parte media del Golfo de Guayaquil, la oxiclina de 2ml/L hacia el centro y en la parte norte de la zona y los valores que fluctúan entre 2.5 - 4.0 ml/L en la porción sur del área desde los 85°W hasta el área de Galápagos en la profundidad de 50 m.

CRUCERO CO-II-88

En forma general los valores de oxígeno se presentan inferiores a los detectados en el CO-I-88, en el área entre los 81 y 85°W.

En la capa de 0-20 m los valores de oxígeno fluctúan entre 3.5 y 4.5 ml/L (Figs. 27-29) con el máximo ubicado hacia la parte media del Golfo de Guayaquil a 0 m, y los valores cercanos a 3.5 ml/L ocupando la mayor parte del área de estudio. En la profundidad de 10 y 20 m se observa un núcleo de valores de 3 ml/L localizados hacia la porción sur de la zona; en el área de la estación # 14 debiéndose quizás este compartimiento a la intrusión de aguas de la corriente de Humboldt. Okuda et al., (1983a) señalaron que en la zona sur del Frente Ecuatorial, se encuentran las Aguas Costeras Peruana surgidas de las capas subsuperficiales con relativamente bajo contenido de oxígeno extendiéndose desde la superficie hasta aproximadamente 160 m de profundidad.

A los 50 m los valores fluctúan entre 1 y 2.0 ml/L, (Fig. 30) con el mínimo ubicado tanto al norte del meridiano 85°W cuanto a la altura de la Península de Santa Elena y el máximo hacia la porción central del área en el meridiano antes indicado.

A los 100 m valores entre 1 y 1.5 ml/L (Fig. 31) ocupan la mayor parte del área pero manteniéndose el mínimo en los puntos indicados anteriormente.

Rodríguez de Morán (1987), observó mayores

concentraciones de oxígeno desde la superficie hasta los 100 m en las mismas áreas durante el mes de diciembre de 1986, mientras que las mínimas concentraciones se dieron en áreas cercanas al Golfo de Guayaquil.

DISTRIBUCION HORIZONTAL DE FOSFATO

CRUCERO CO-I-88

En forma general la concentración del ión fosfato en la porción comprendida entre los 81 y 85°W, y en el área de Galápagos aumenta conforme aumenta la profundidad.

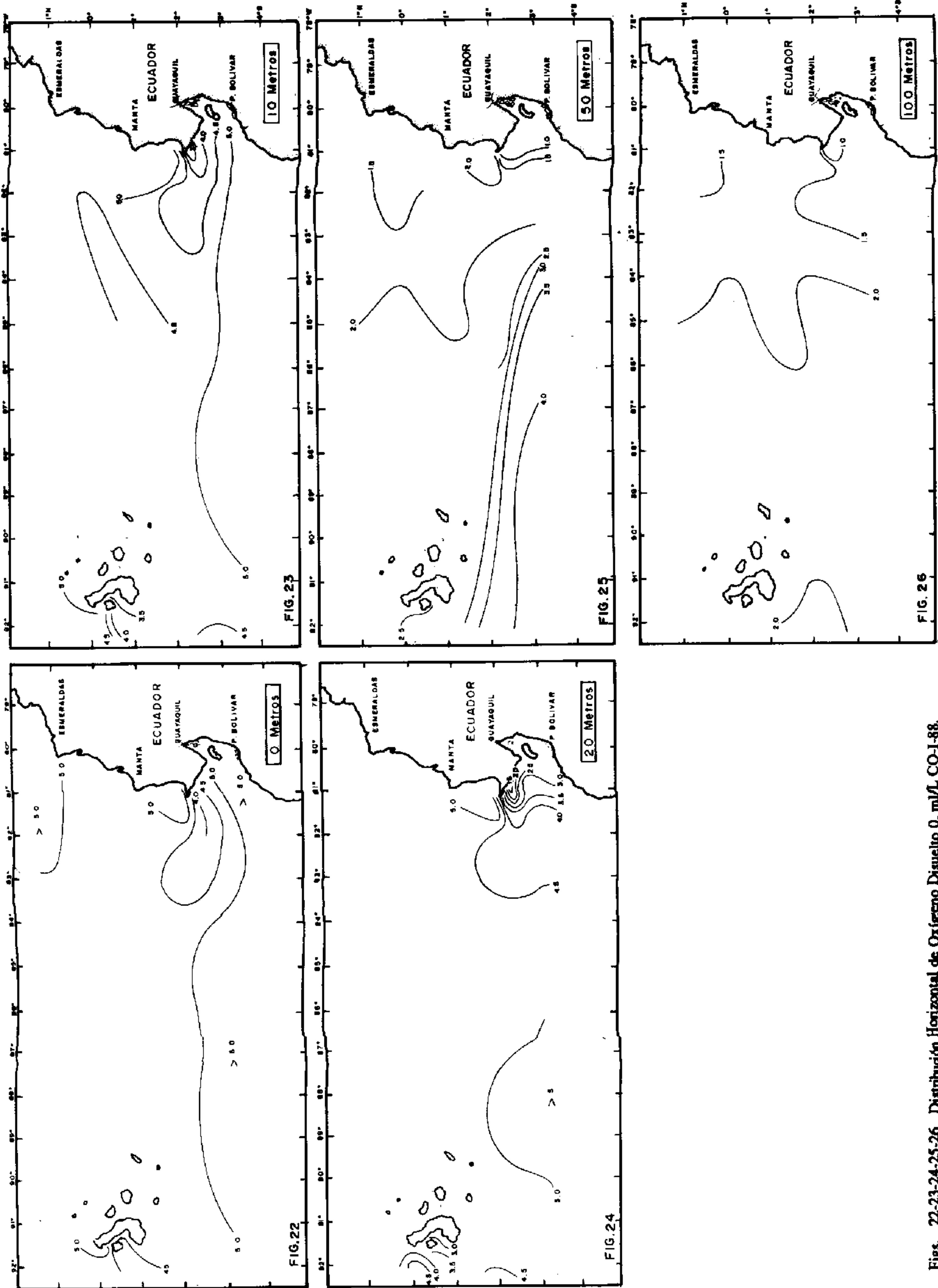
Puede observarse en la capa comprendida de 0 - 20 m (Fig. 32-34) los menores valores de fosfato 0.3 - 1.2 ug-at/L se ubican en las aguas cálidas con baja salinidad en la zona norte del Frente y van incrementándose a medida que avanza hacia el sur hasta alcanzar las más altas concentraciones 1.8 ug-at/L en las aguas frías y relativamente de alta salinidad surgidas de la corriente de Humboldt en la zona sur del Frente. Okuda et al., (1983b), describen el comportamiento de los nutrientes en áreas en donde se presenta el desarrollo del Frente y señalan que los valores más elevados de nutrientes se presentan en las Aguas Costeras Peruanas a diferencia de las más bajas concentraciones de estos en las Aguas Tropicales Superficiales.

En la capa de los 50 a 100 m de profundidad donde se presentan las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales el ión fosfato presentó una distribución homogénea con valores que fluctúan entre 1.6 y 2.6 ug-at/L (Figs. 35 y 36) con los máximos ubicados a la altura de las Península de Santa Elena y en la parte media del Golfo de Guayaquil, donde se aprecian los mínimos valores de oxígeno. Okuda et al., (1983a), encontró altas concentraciones de fosfato y relativamente bajo contenido de oxígeno en las capas de 20 a 300 m de profundidad.

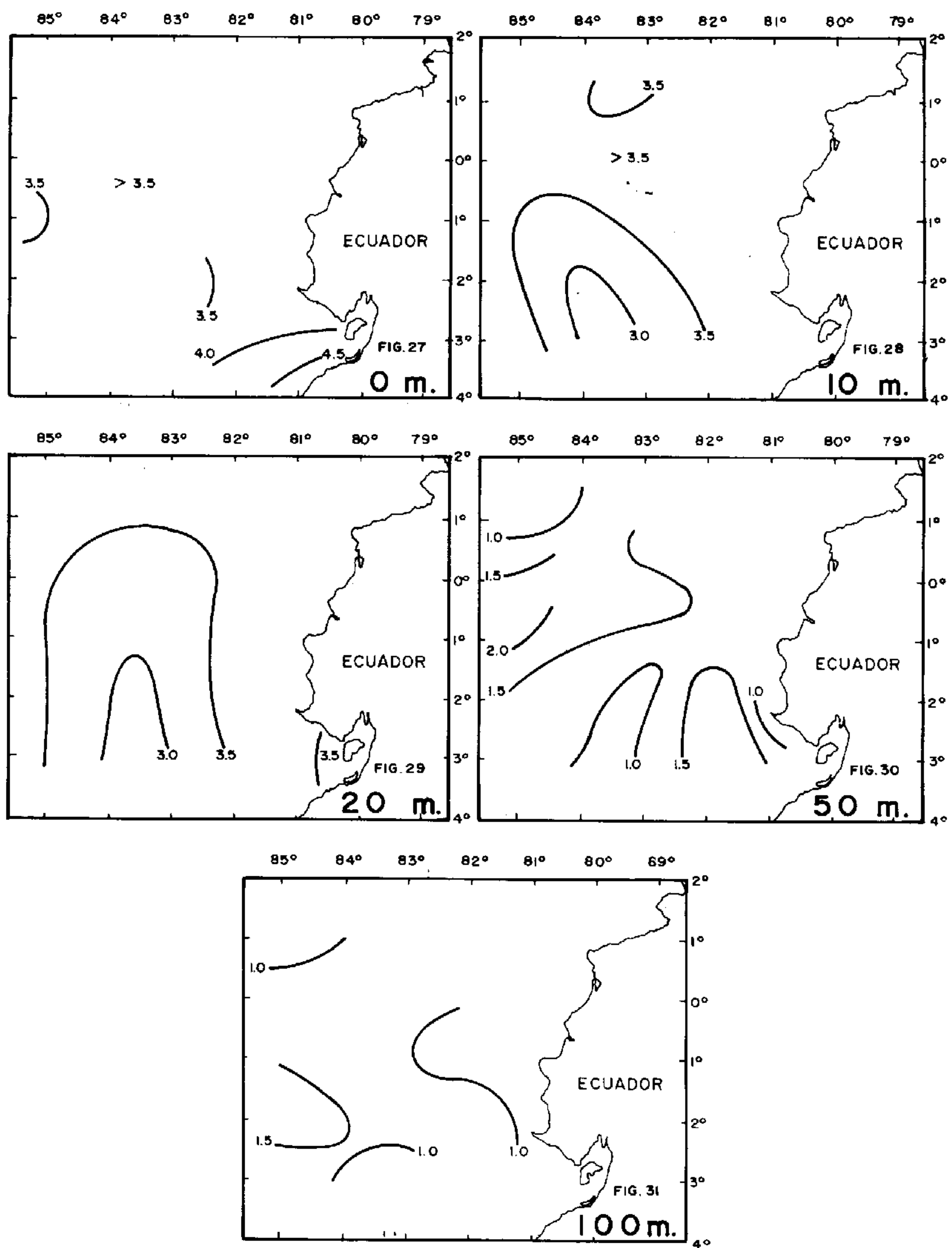
En el área de Galápagos y en las mismas profundidades, se observan valores entre 1 y 2.2 ug-at/L ubicándose los máximos en la parte norte para luego decrecer hacia el sur apreciándose el mínimo al SW de la Isla Fernandina donde se encuentran las máximas salinidades.

CRUCERO CO-II-88

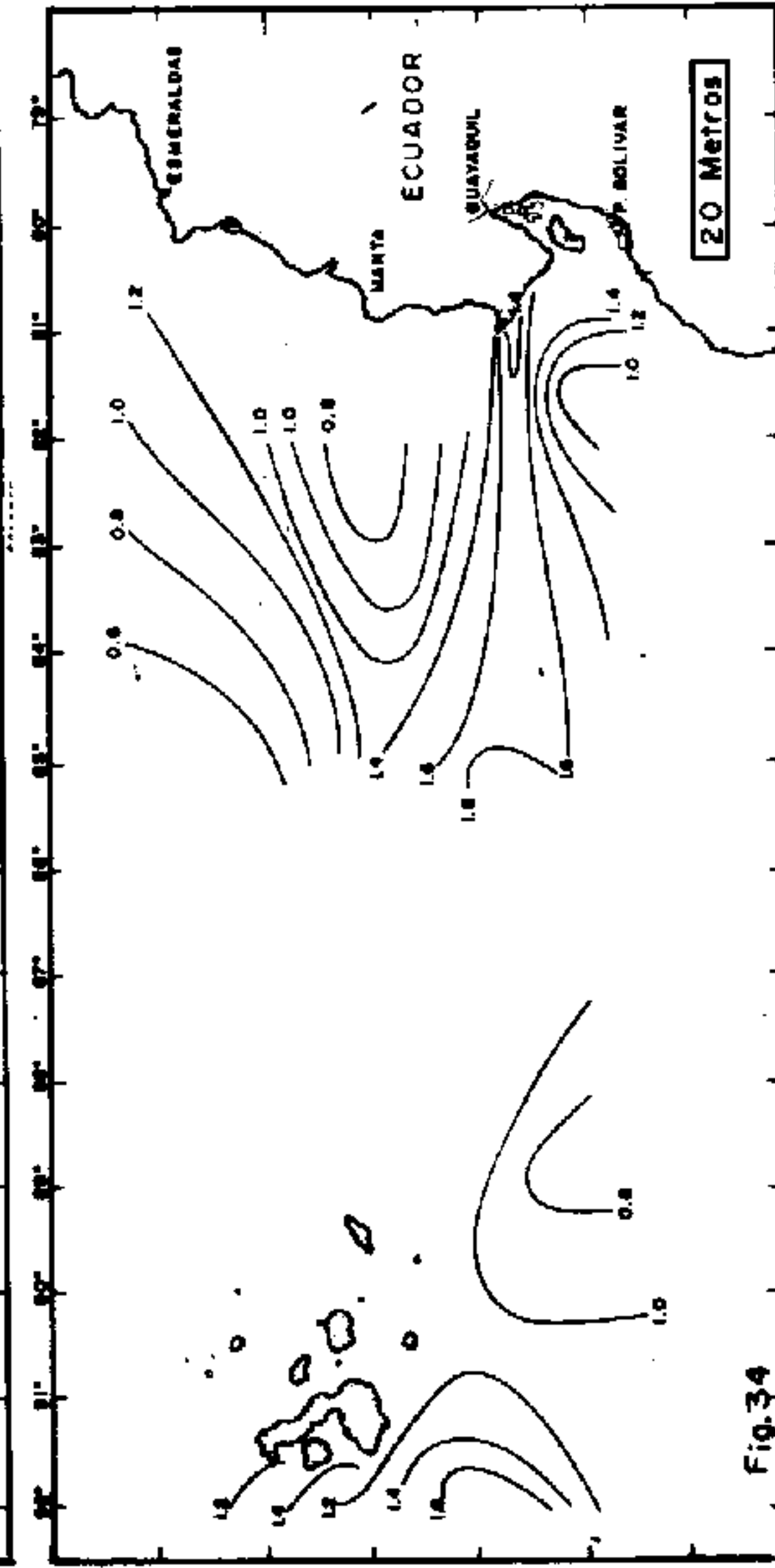
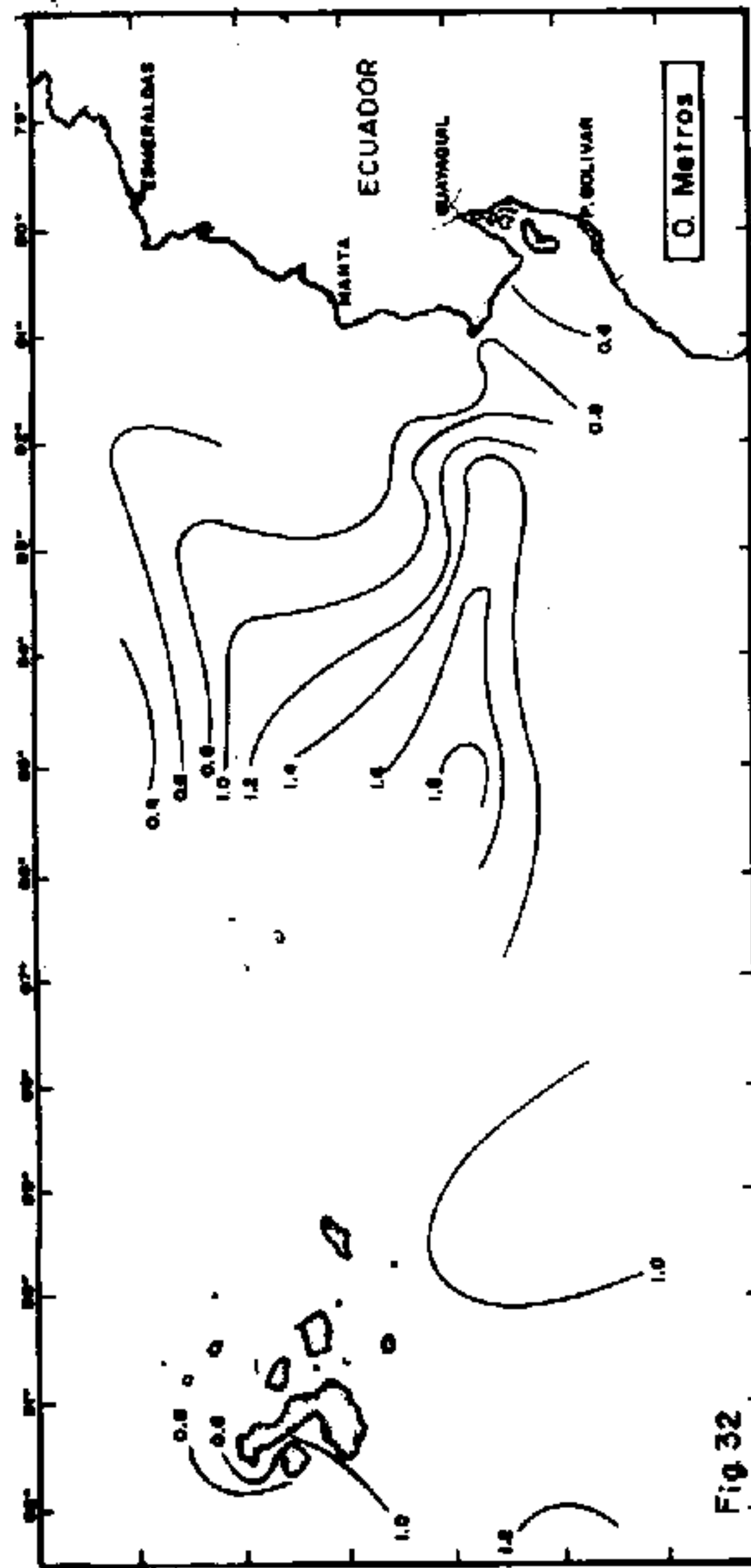
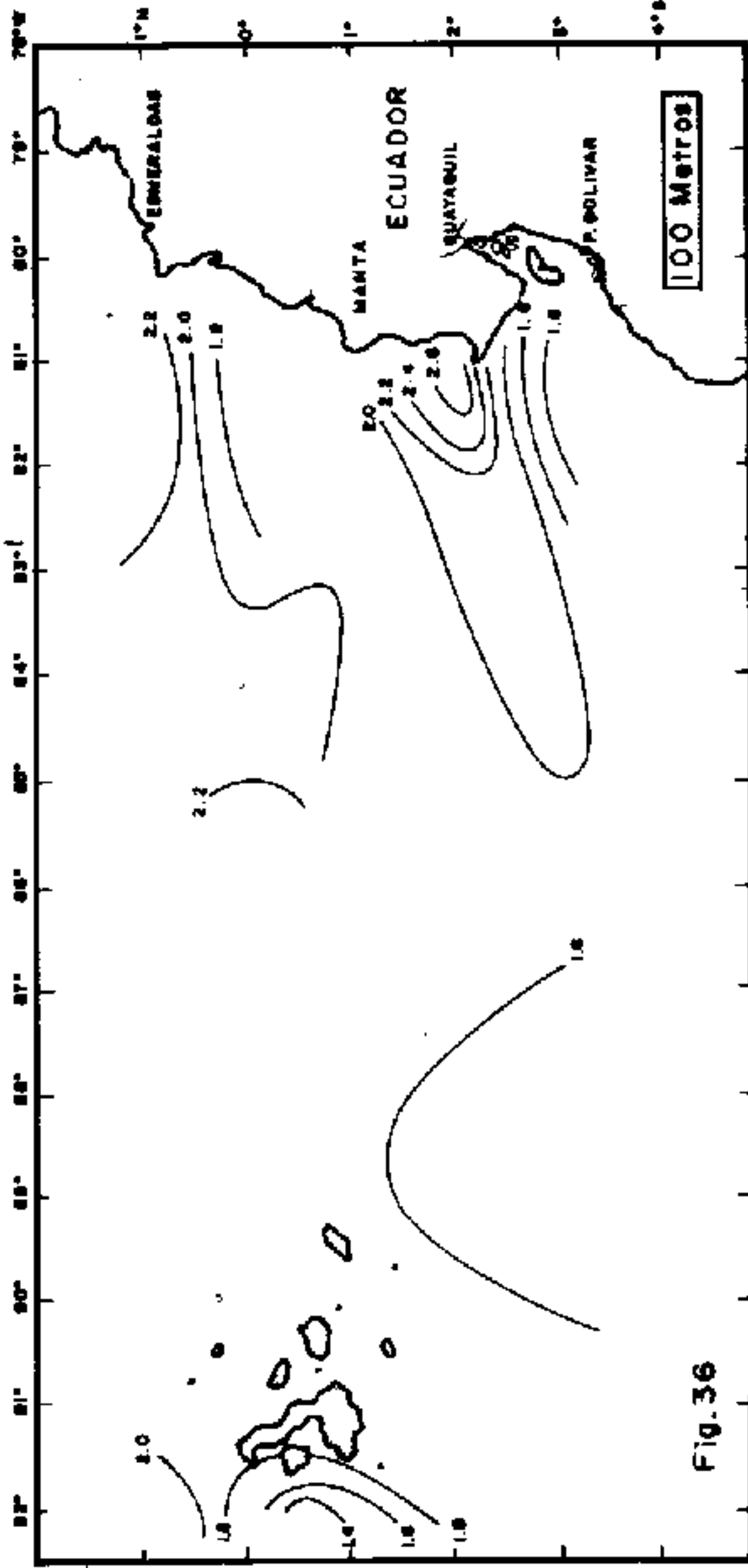
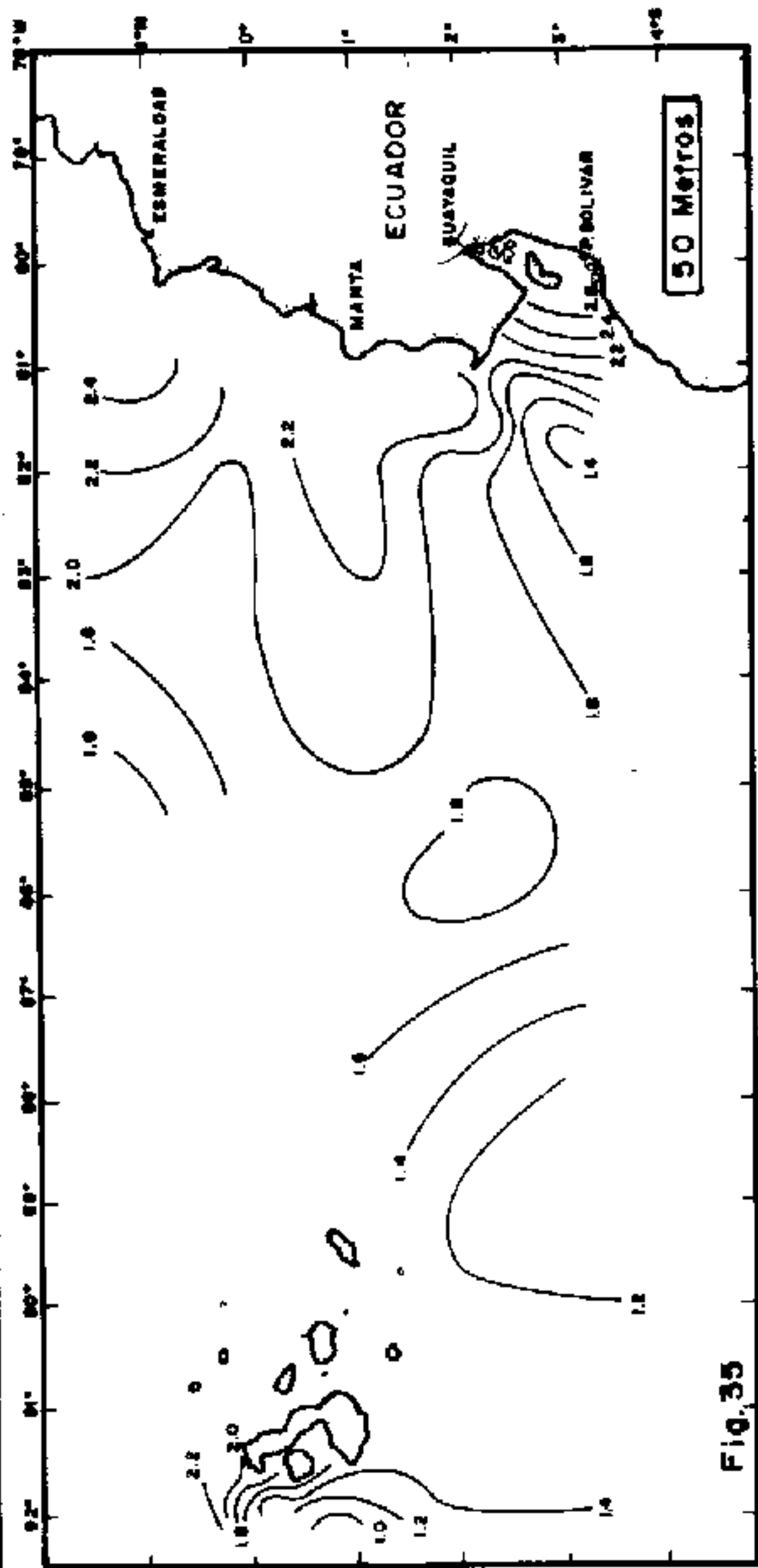
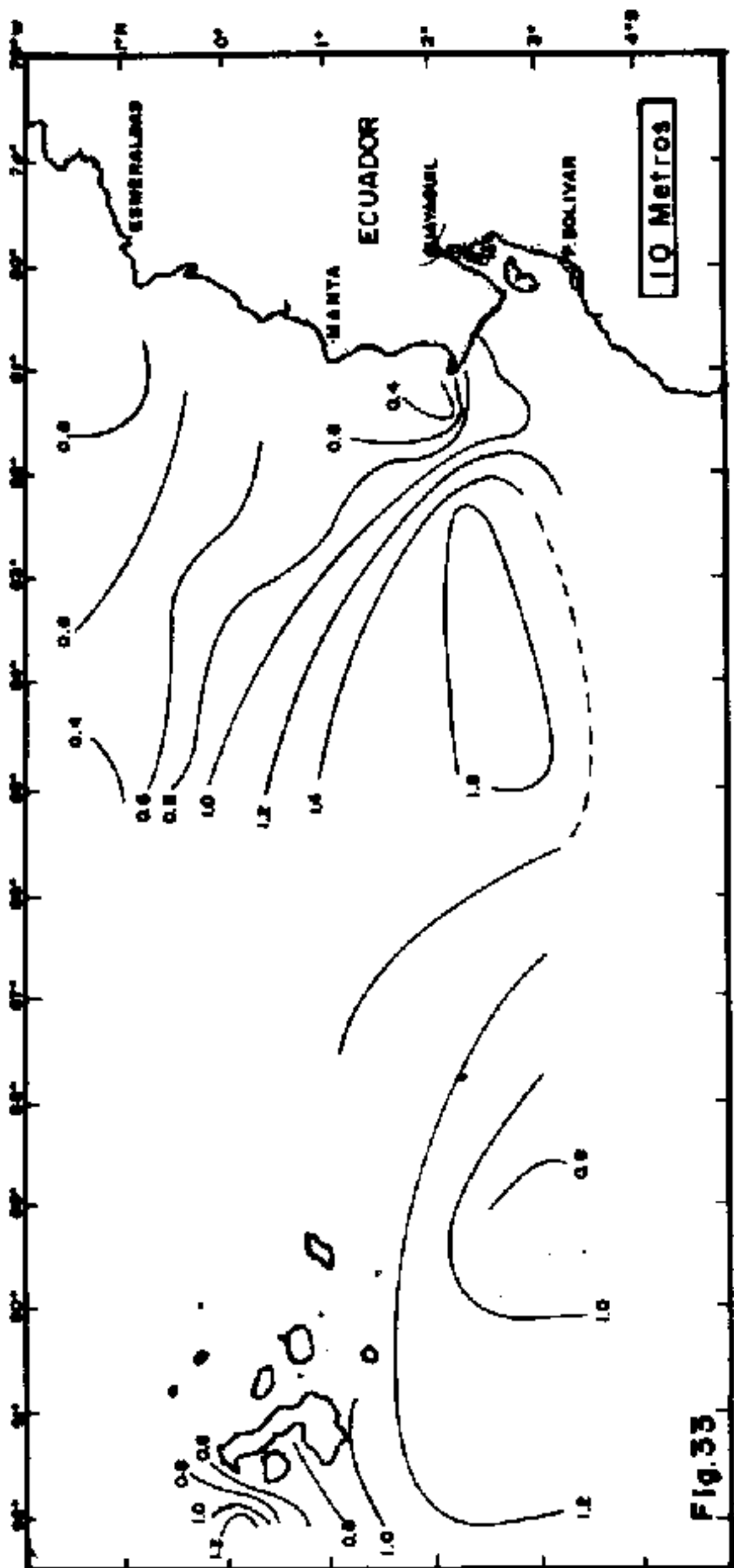
En lo referente a la capa comprendida entre 0 y 10 m la distribución del ión fosfato presenta un comportamiento muy parecido a lo observado en el CO-I-88. Registrándose valores entre 0.2 y 1.4 ug-at/L (Figs. 37



Figs. 22-23-24-25-26 Distribución Horizontal de Oxígeno Disuelto O_2 ml/L CO-I-88.



Figs. 27-28-29-30-31 Distribución Horizontal de Oxígeno Disuelto O_2 ml/L CO-II-88.



Figs. 32-33-34-35-36 Distribución Horizontal de Fosfato PO_4 $\mu g/L$ CO-I-88.

y 38), las mínimas concentraciones estuvieron localizadas al norte del límite superior del Frente Ecuatorial ocupada por las Aguas Tropicales Superficiales mientras que los máximos se ubican al sur del Frente Ecuatorial ocupada por aguas de la corriente de Humboldt.

Hacia los 20 m el comportamiento de este parámetro es inverso ya que observamos que los mayores valores se localizan en la porción norte del área, disminuyendo los mismos hacia el sur (Fig. 39).

De los 50 - 100 m se torna más homogéneo, valores máximos 2.6 ug-at/L (Figs. 40 y 41) tanto hacia el norte cuanto a la altura de la Península de Santa Elena. Rodríguez de Morán (1987) presentó valores similares en el área cercana al Golfo de Guayaquil a partir de los 75 m.

DISTRIBUCION HORIZONTAL DE NITRITO

CRUCERO CO-I-88

Similar al parámetro anterior, la concentración de nitrato en la capa 0 - 20 m aumenta en sentido norte-sur, con valores que fluctúan entre 0 - 0.6 ug-at/L. Los menores valores fueron registrados tanto hacia el norte del Frente cuanto en las cercanías de la Península de Santa Elena (Figs. 42-44), en la parte media del Golfo de Guayaquil a 20 m se registró un aumento en sentido oeste-este con el máximo 0.8 ug-at/L ubicados hacia la estación # 6. Las altas concentraciones de nitrato al sur están ligadas con las aguas frías y relativamente salinas de la corriente de Humboldt las cuales poseen elevado contenido de nutrientes lo que permite el enriquecimiento de dicha zona. Pesantes y Pérez (1982) encontraron las mayores concentraciones en la parte externa del Golfo e interpretaron que estos valores elevados podrían ser, debido a la ascensión de las aguas subsuperficiales salina que asegura el intercambio de nutrientes y por consiguiente el enriquecimiento en las capas superficiales. Trejos de Suéscum y Okuda (1983) encontraron valores de nitrato superiores a 1.0 ug-at/L en la zona sur para octubre de 1973 y septiembre - octubre de 1975 y señalaron que estas altas concentraciones están relacionadas con la termoclina y haloclina asociadas al Frente Ecuatorial. En la zona de Galápagos la distribución se torna bastante homogénea con valores que fluctúan entre 0.1 - 0.3 ug-at/L.

Hacia los 50 y 100 m (Figs. 45 y 46) se aprecia un decremento en la concentración de este ión especialmente a los 100 m en donde se registra valores inferiores a 0.1 ug-at/L en la mayor parte de la zona.

CRUCERO CO-II-88

Al igual que en el CO-I-88 la concentración de este parámetro en la capa de 0-10 m presentó el mismo comportamiento observándose los menores valores al norte del Frente y en las cercanías de la Península de Santa Elena, mientras que los mayores valores se ubican hacia el sur en la estación # 13 (Figs. 47 y 48).

Por debajo de los 10 m (Figs. 49 y 50) el contenido de nitrato presentó núcleos de valores elevados repartidos tanto hacia el norte como al sur y en las cercanías del Golfo de Guayaquil las cuales se mantuvieron hasta los 50 m. El máximo 0.9 ug-at/L encontrado a los 20 m en la estación # 13 concuerdan con las aguas frías y salinas situadas al sur del Frente. Rodríguez de Morán (1987) señaló también valores elevados de nitrato para las aguas localizadas al sur con el máximo 1.0 ug-at/L a los 50 m en áreas cercanas al Golfo de Guayaquil.

A los 100 m disminuye la concentración de este ión presentando una capa mínima de concentración con valores de 0.1 a 0.2 ug-at/L en toda el área de estudio (Figs. 51).

DISTRIBUCION HORIZONTAL DE NITRATO

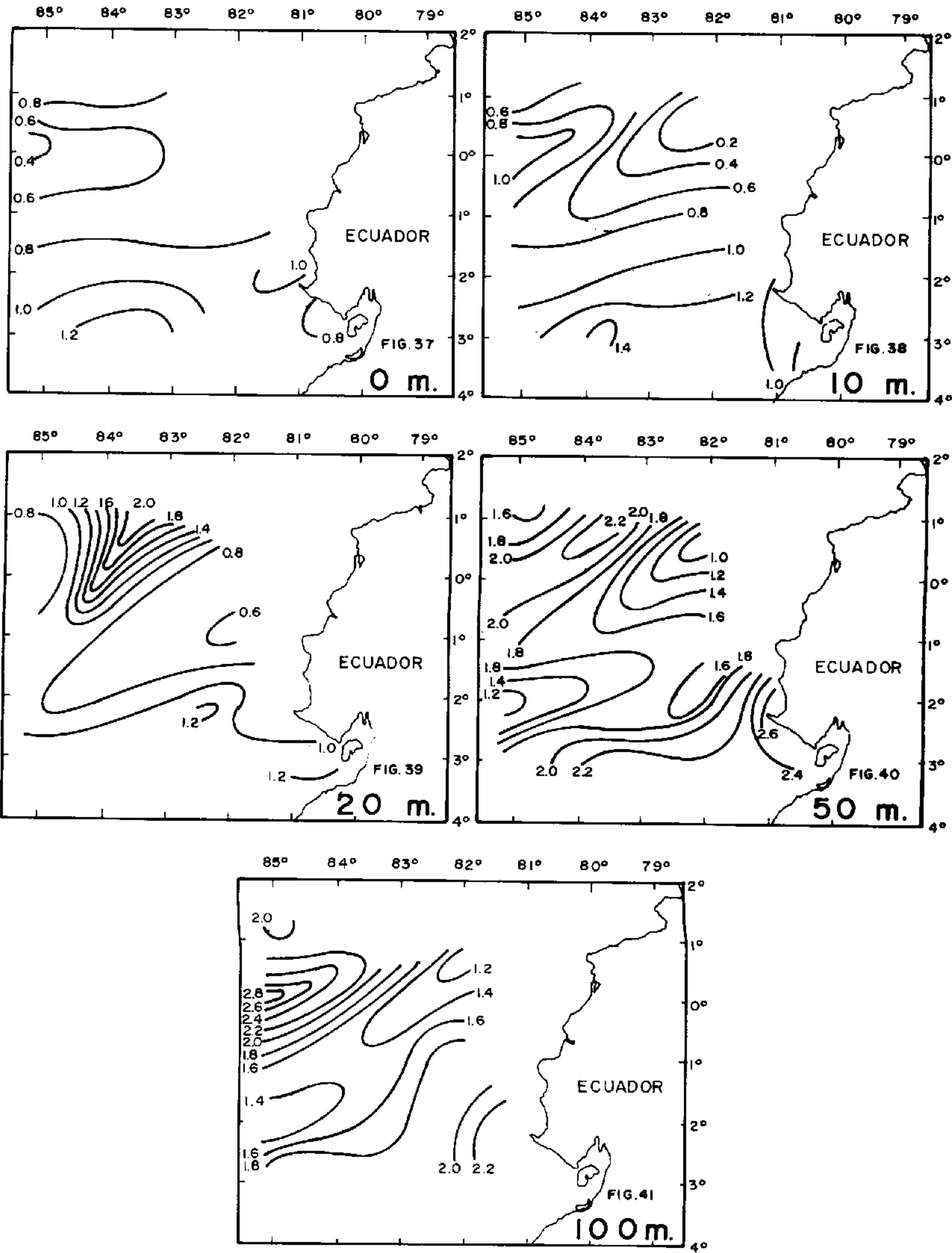
CRUCERO CO-I-88

La distribución del ión nitrato en la capa de 0-20 m presenta una tendencia de incremento desde el norte hacia el sur apreciándose valores inferiores a 5 ug-at/L (Figs. 52-54) en el norte del Frente Ecuatorial contrastando con las más altas concentraciones situadas al sur del Frente. La máxima concentración 20 ug-at/L a los 20 m coincidió con la baja cantidad de oxígeno. El bajo contenido de nitrato en el norte probablemente se deba al consumo que realiza el fitoplancton para su crecimiento durante los procesos de fotosíntesis. Ketchum, et al., (1958) y Stefansson y Richards (1963).

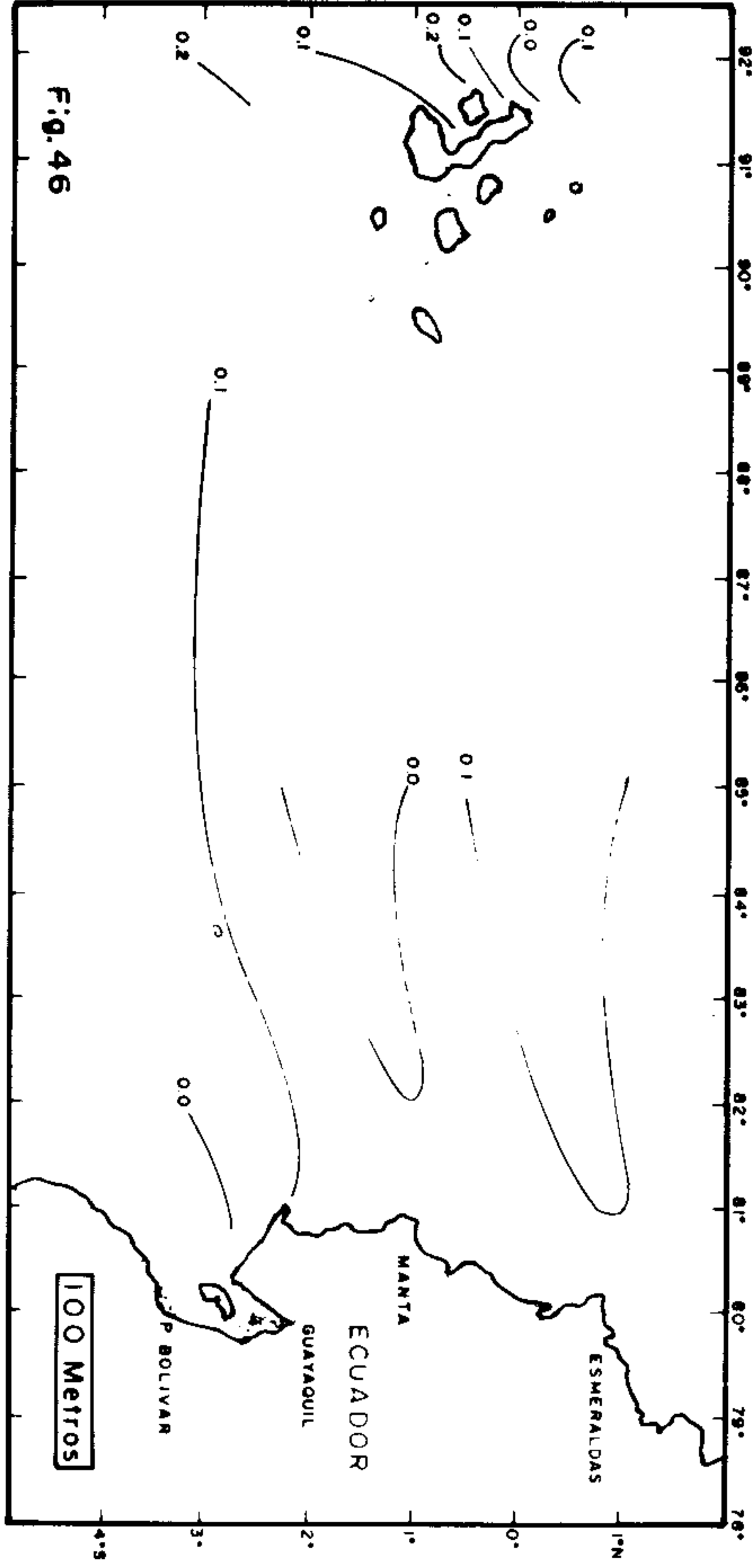
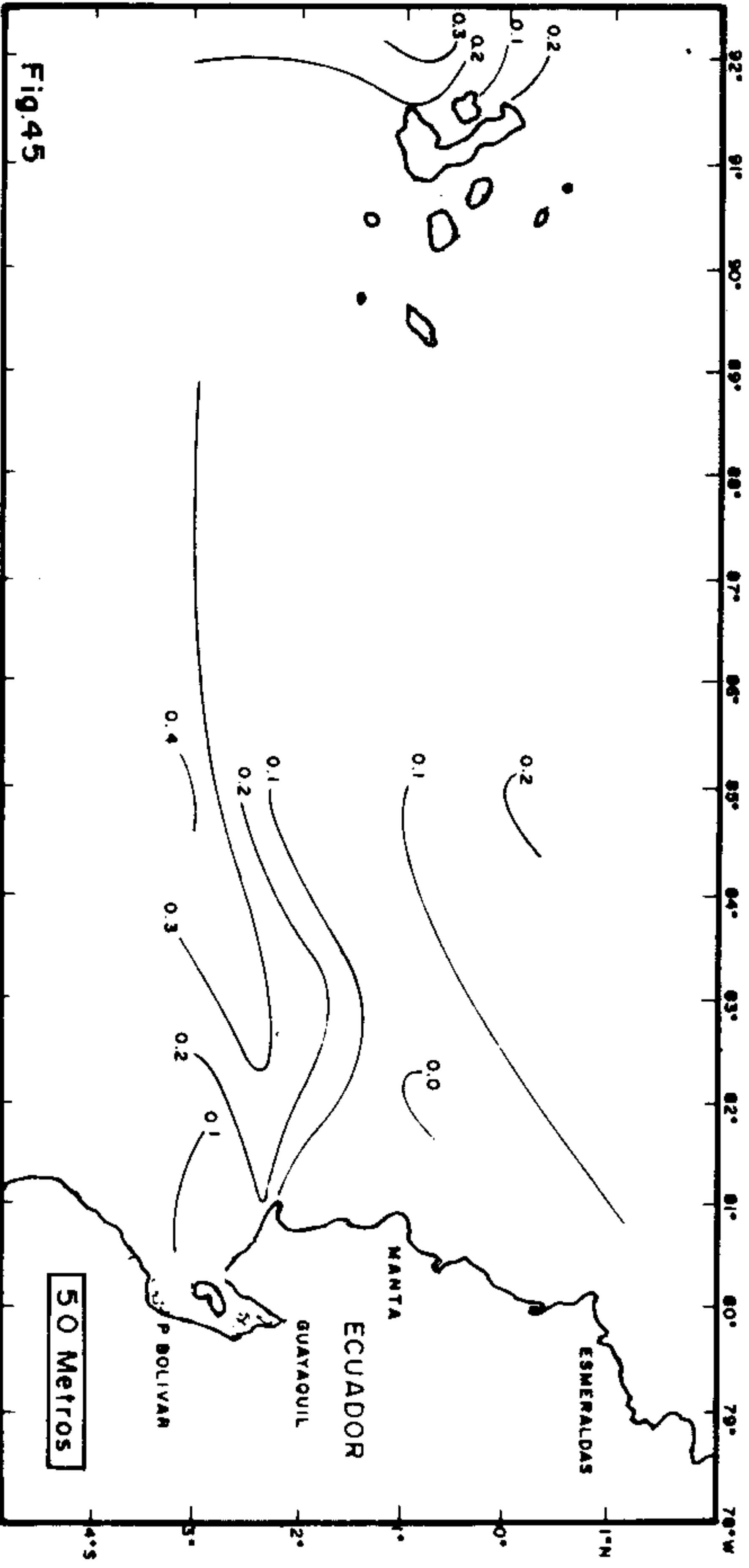
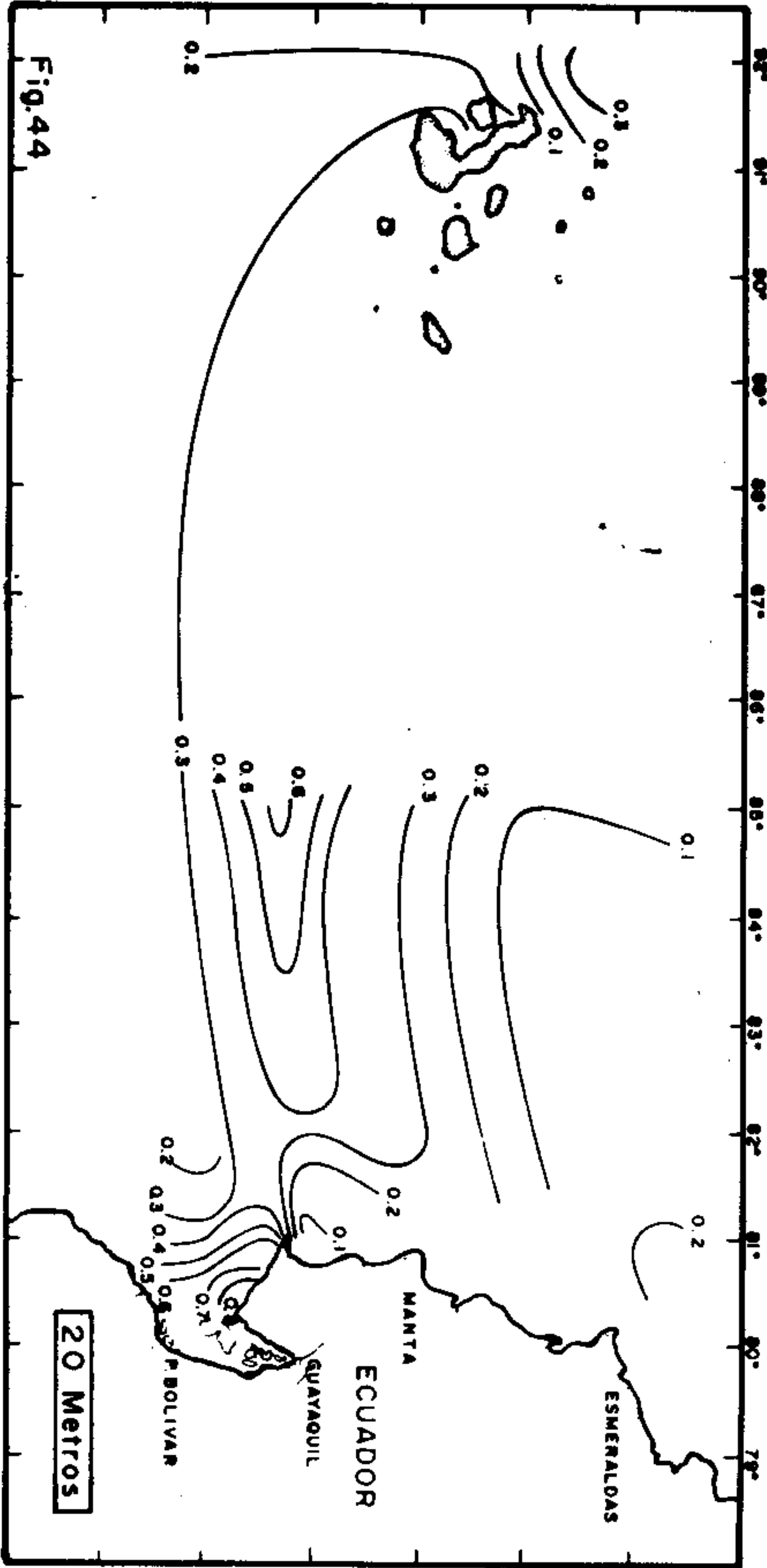
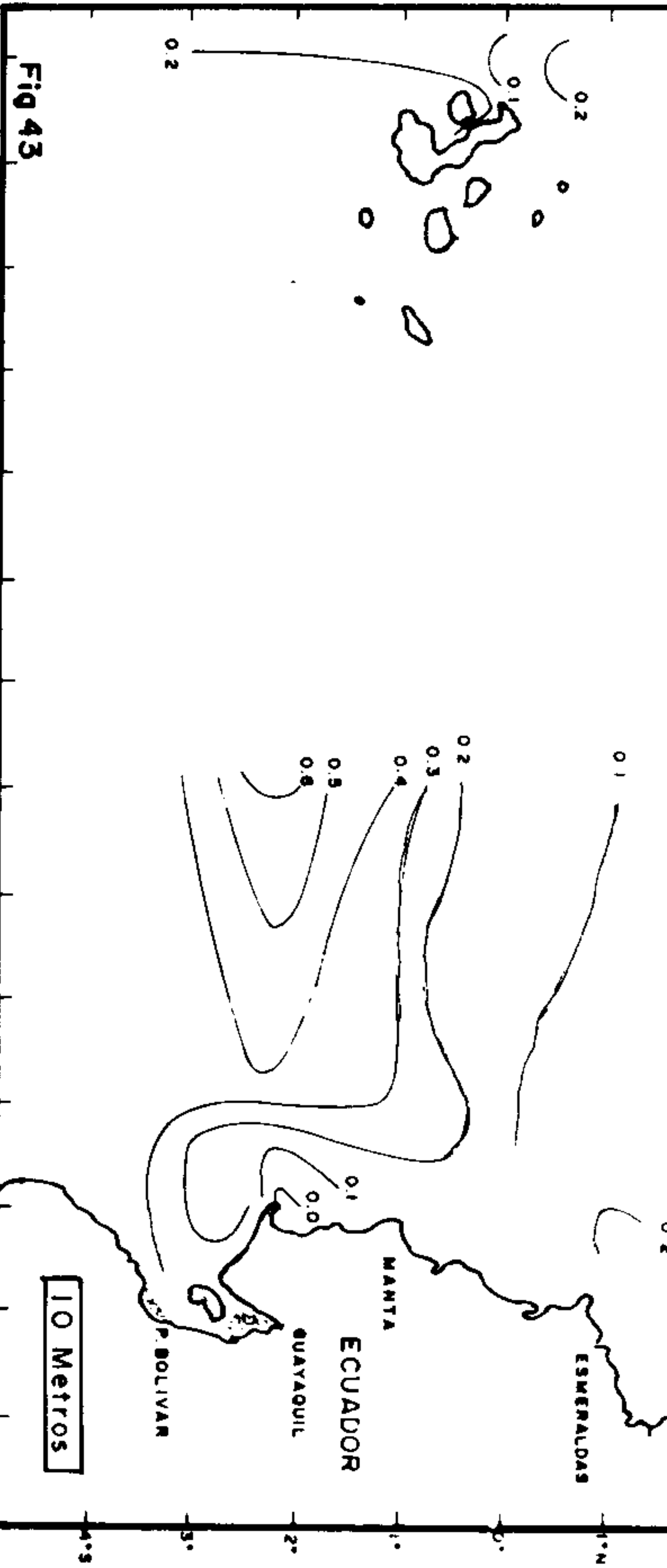
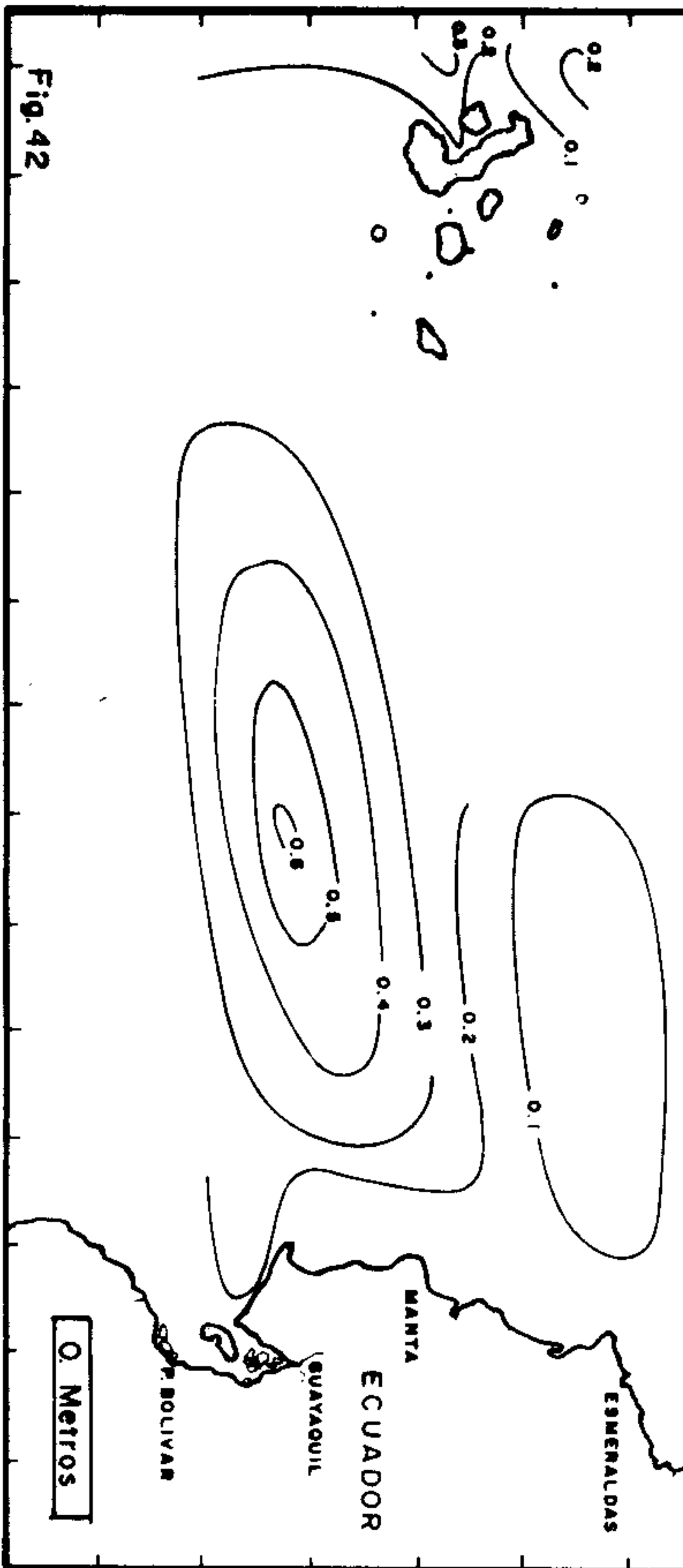
A partir de los 50 y hasta los 100 m (Figs. 55 y 56) su distribución se presenta bastante homogénea aumentando los rangos de concentración de 15 a 25 ug-at/L lo que estuvo asociado con la presencia de Aguas Ecuatoriales subsuperficiales.

CRUCERO CO-II-88

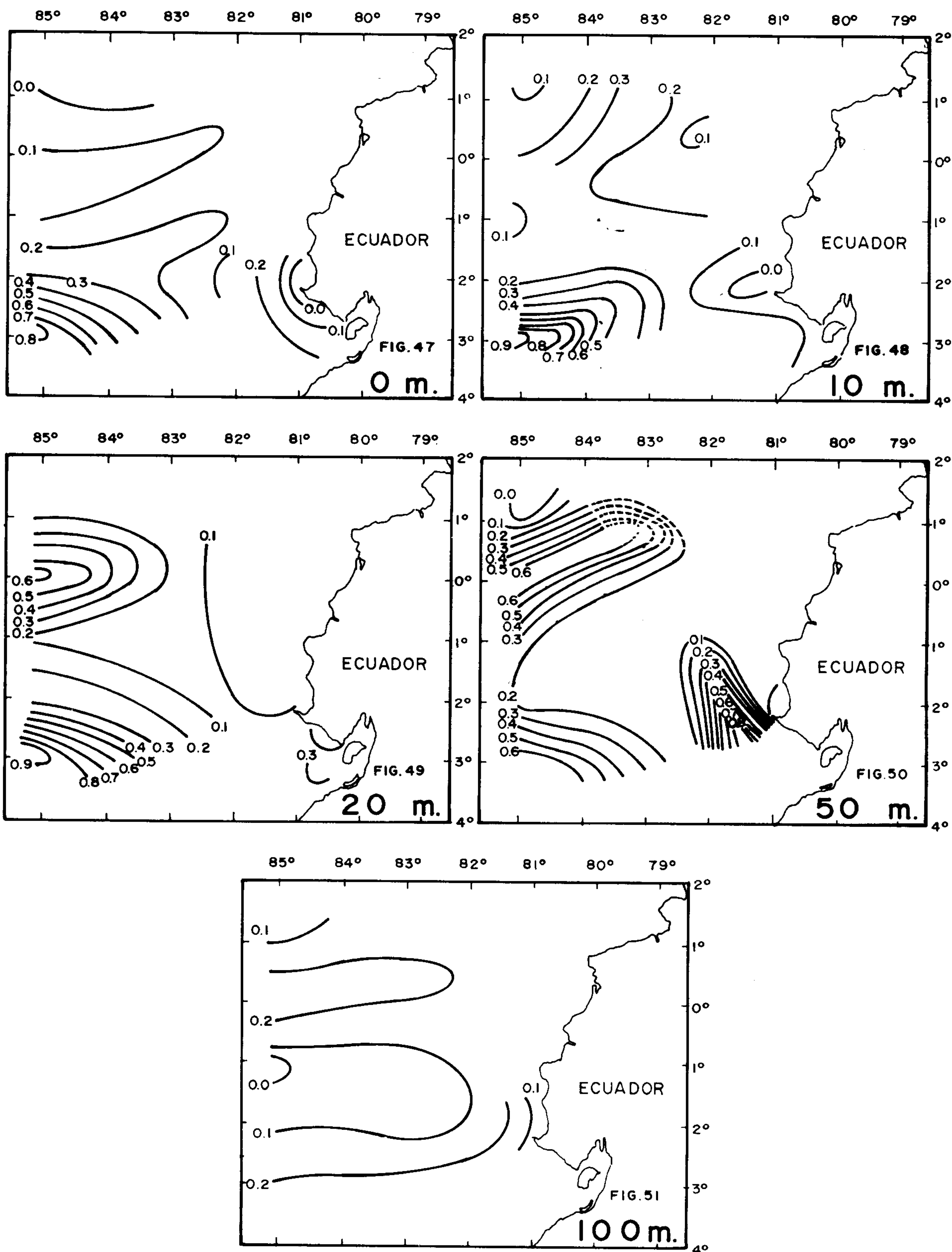
La distribución del ión nitrato en la capa de agua de 0 - 20 m presenta una tendencia similar al CO-I-88. Observándose valores que fluctúan entre 0.1 y 22.1 ug-at/L (Figs. 57-59) con el máximo ubicado hacia la

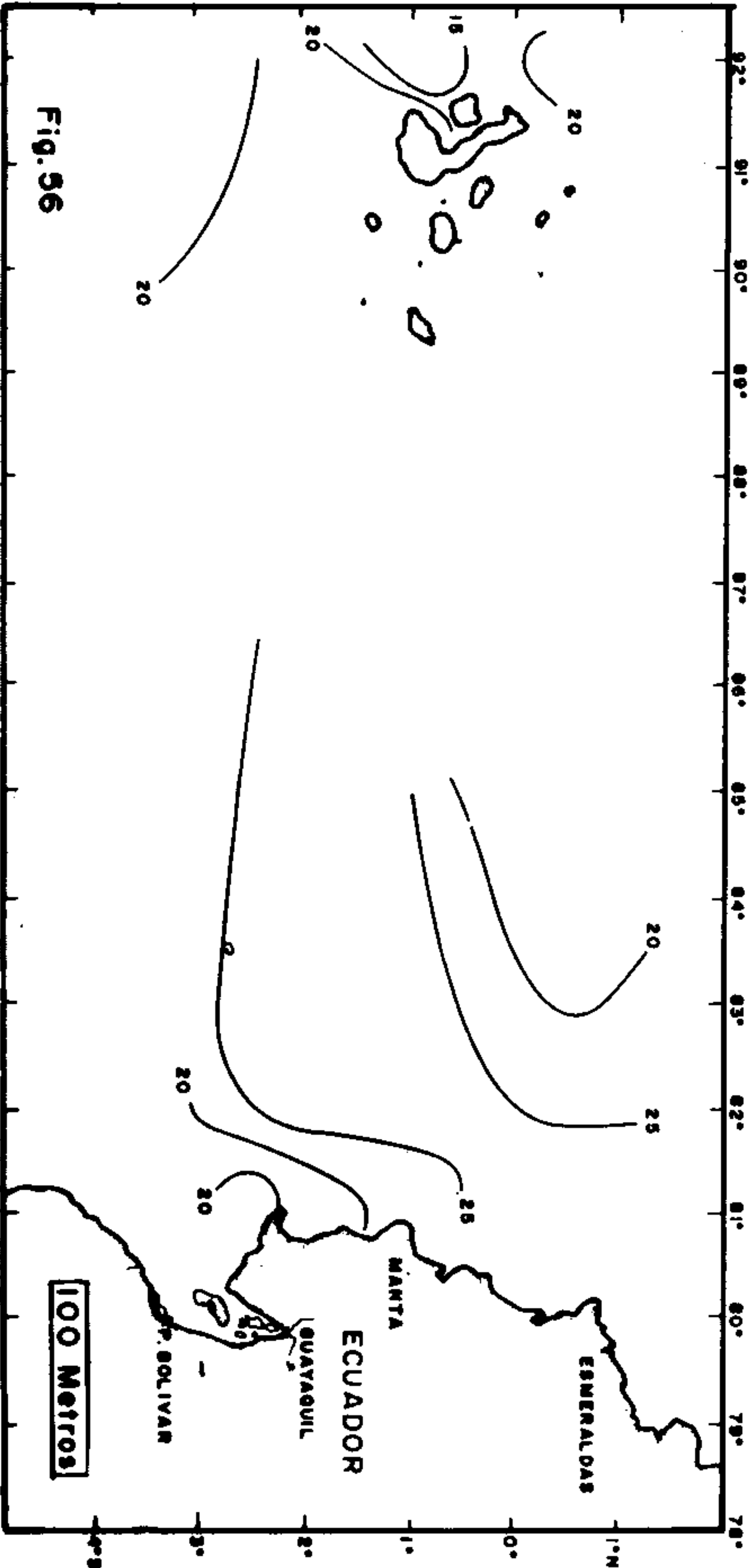
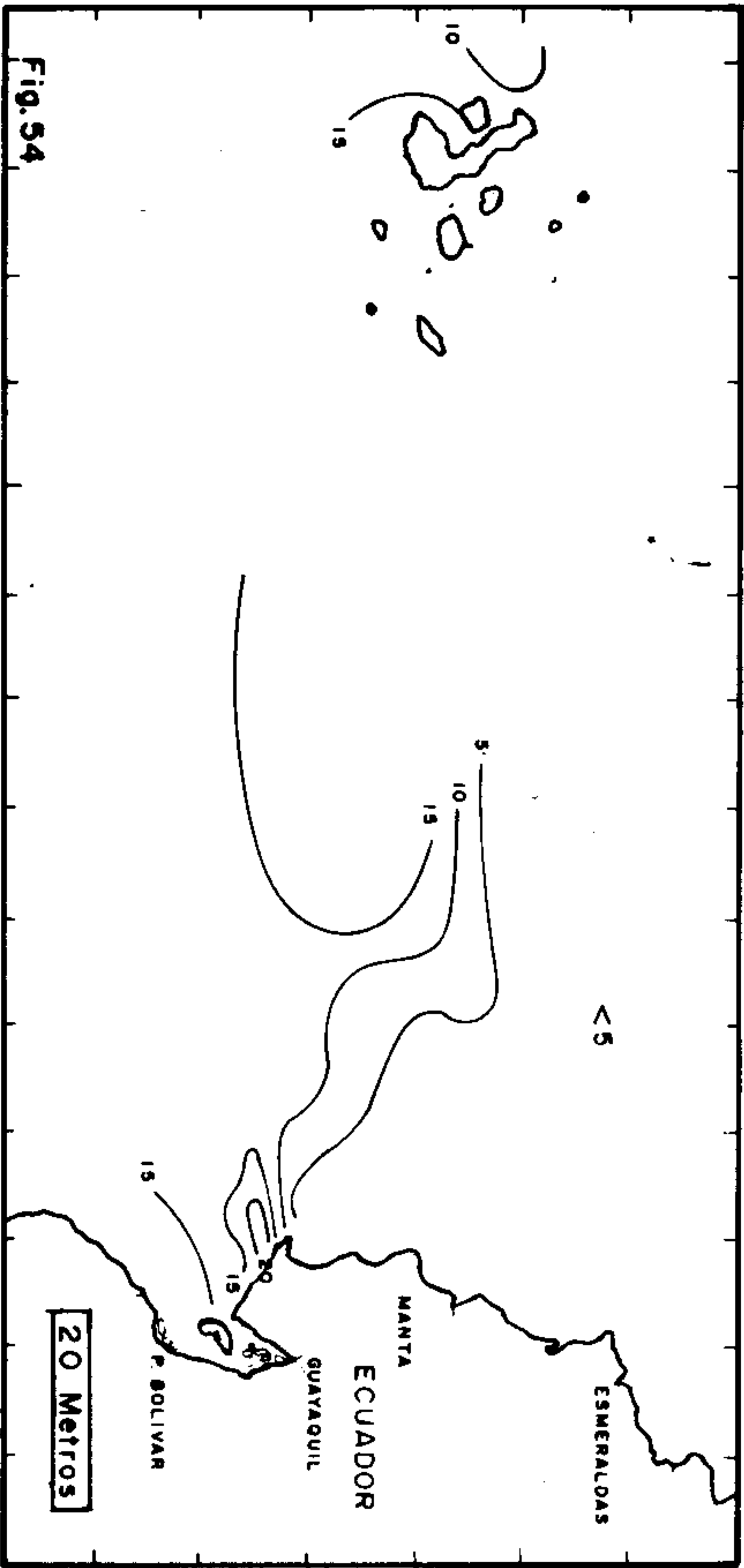
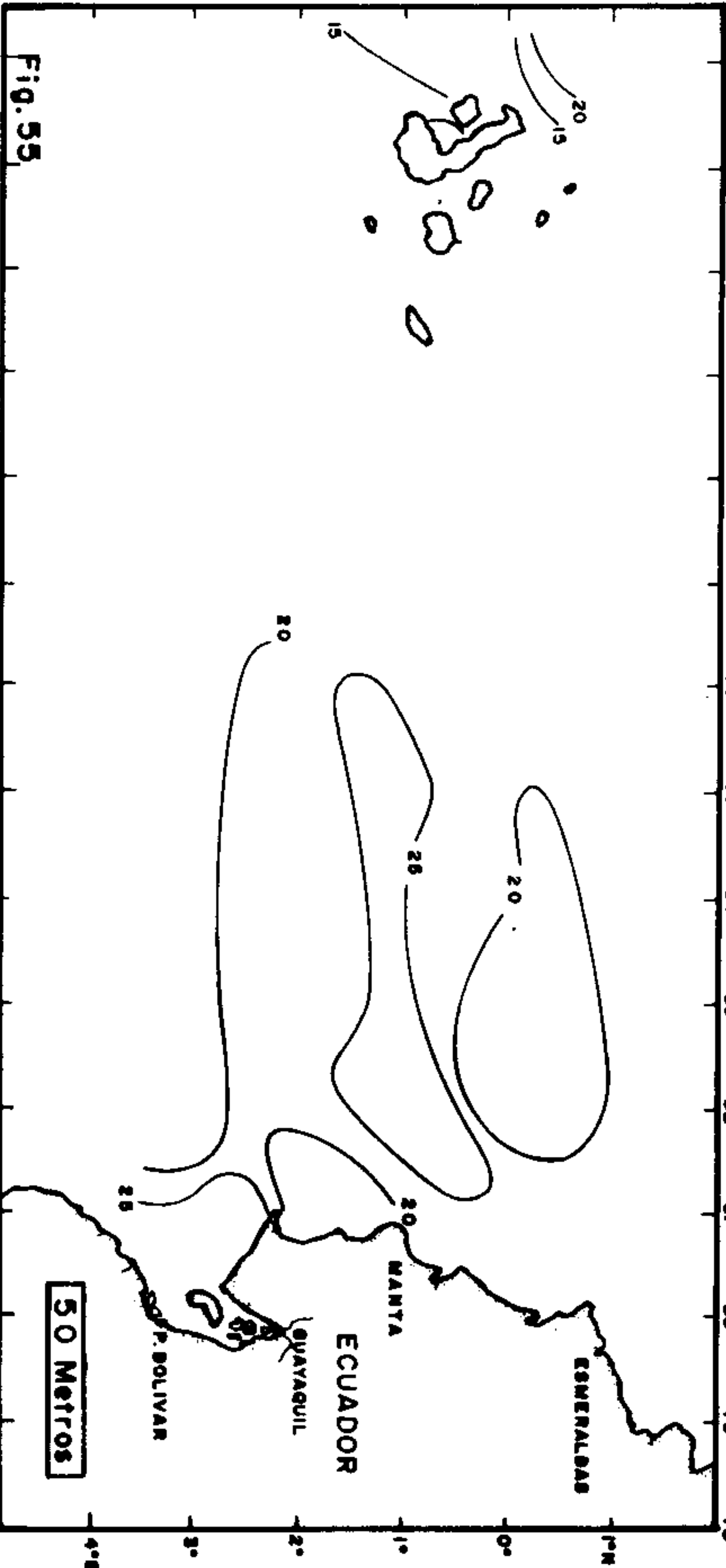
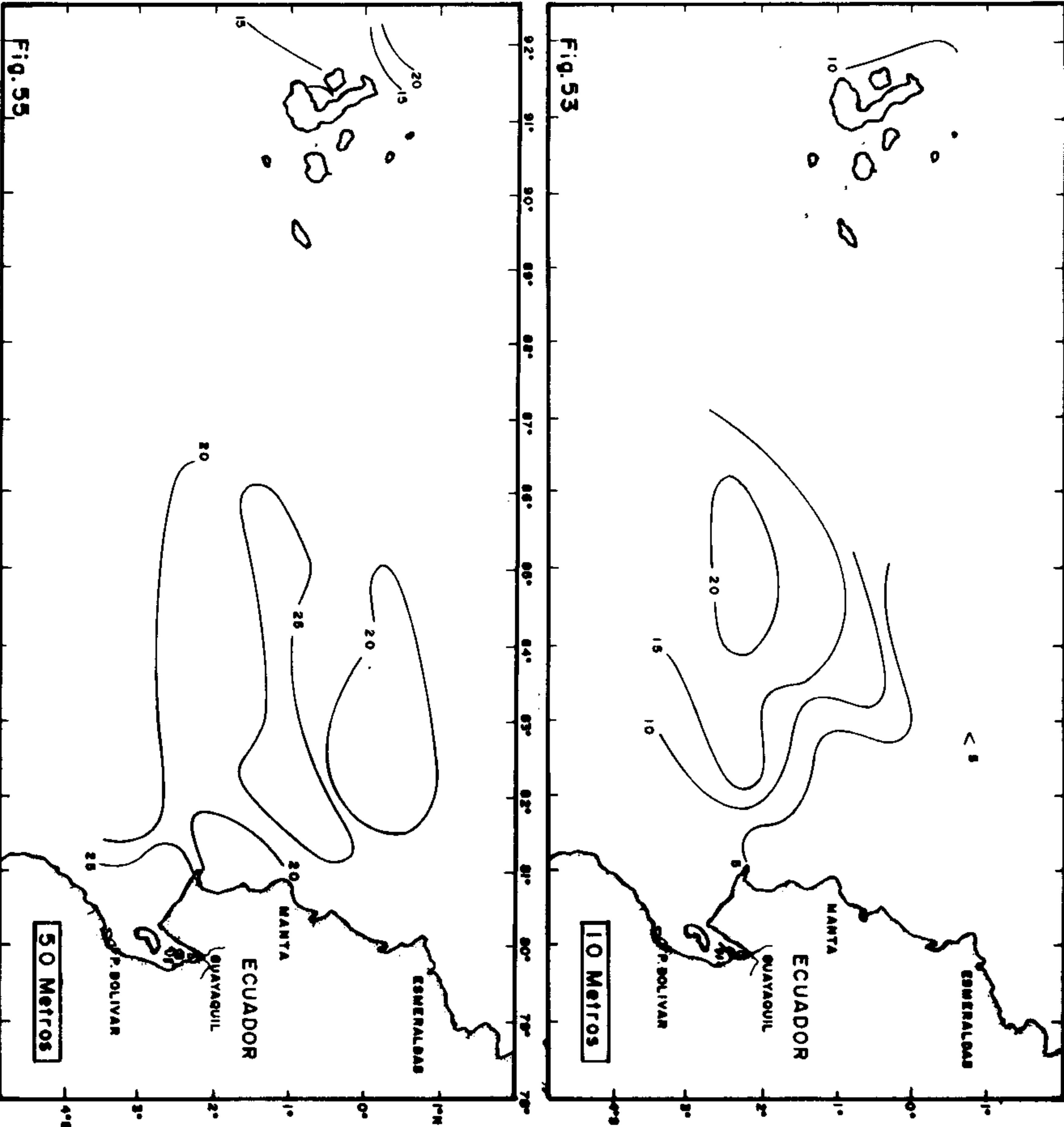
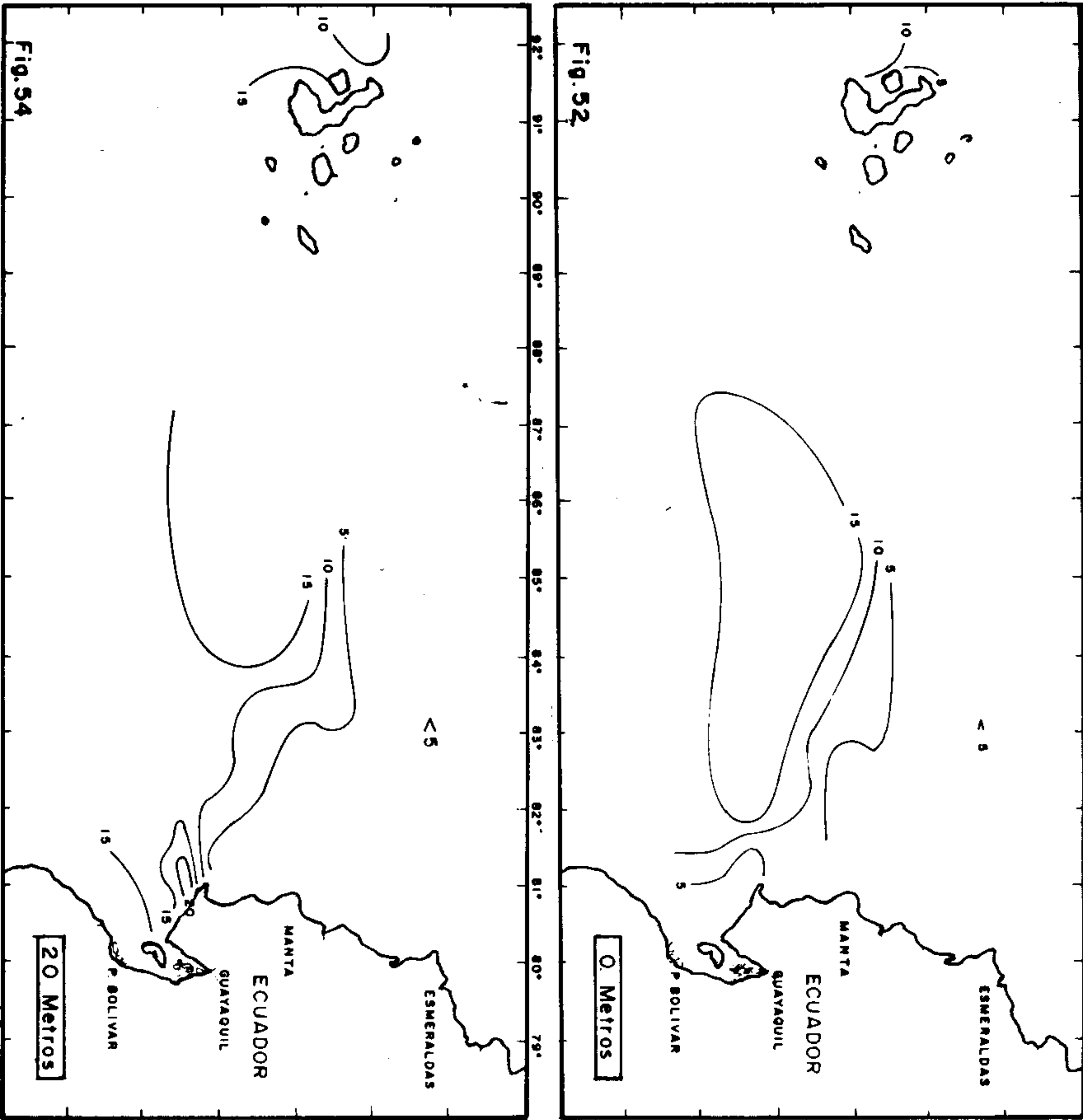


Figs. 37-38-39-40-41 Distribución Horizontal de Fosfato PO_4 $\mu\text{g/L}$ CO-II-88.

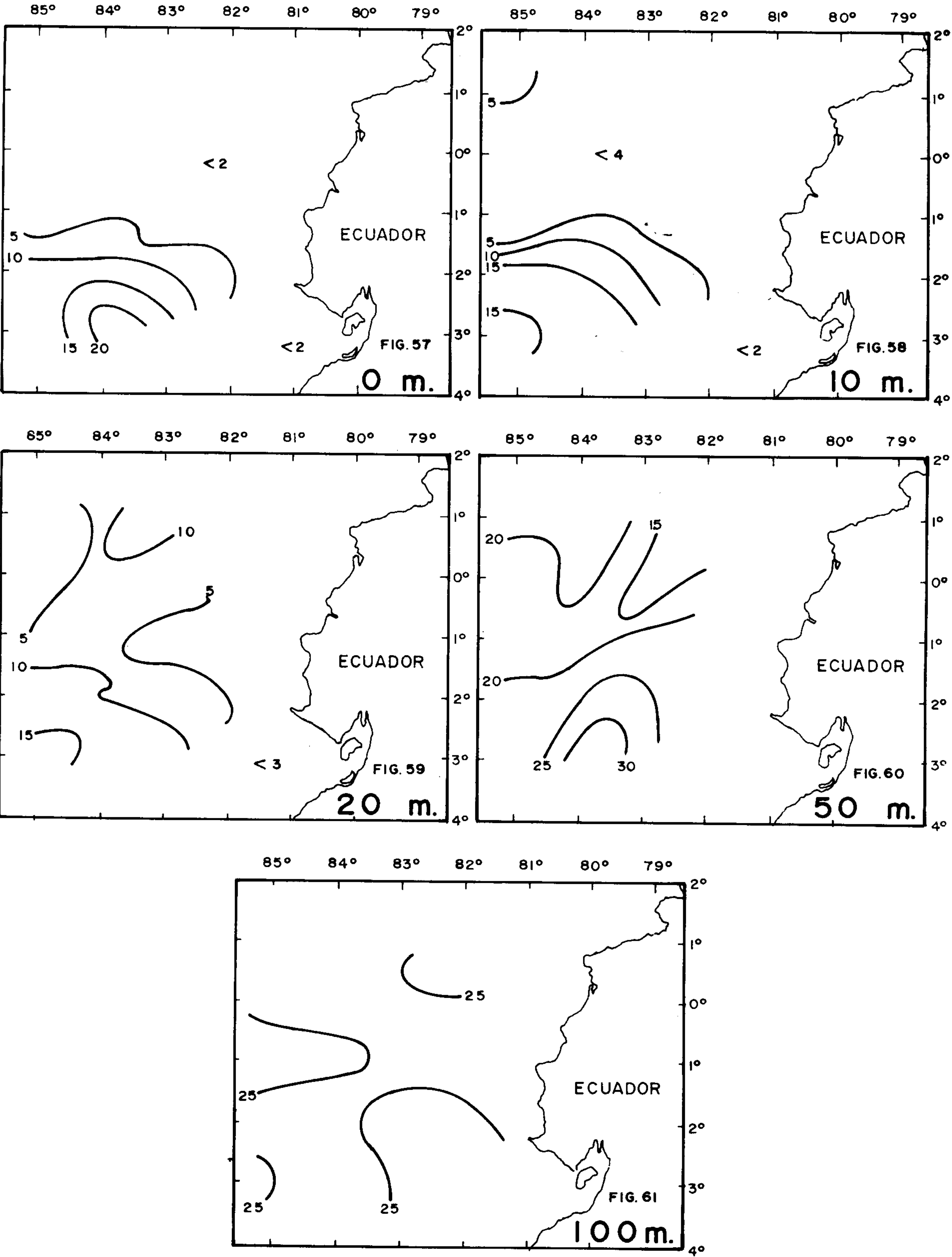


Figs. 42-43-44-45-46 Distribución Horizontal de Nitrito NO_2 $\mu\text{g/L}$ CO-I-88.

Figs. 47-48-49-50-51 Distribución Horizontal de Nitrito NO_2 $\mu\text{g/L}$ CO-II-88.



Figs. 52-53-54-55-56 Distribución Horizontal de Nitrato NO_3 , $\mu\text{g/L}$ CO-I-88.



Figs. 57-58-59-60-61 Distribución Horizontal de Nitrato NO_3 , $\mu\text{g/L}$ CO-II-88.

estación # 14 a 0 m donde se localiza la intrusión de una masa de agua fría proveniente de la corriente de Humboldt, mientras que en las Aguas Tropicales Superficiales en el norte y Aguas Ecuatoriales Superficiales en la parte media del Golfo de Guayaquil se nota casi una ausencia de este ión, lo que probablemente se debe a que estas aguas presentan menor productividad primaria. Okuda et al., (1983b).

En las aguas superficiales (0-25 m) frente al Ecuador, Okuda et al., (1983b) encontraron casi agotamiento de este ión en las zonas de aguas cálidas y de baja salinidad del Frente Ecuatorial en comparación con las más altas concentraciones en las aguas con bajas temperaturas y relativamente alta salinidad.

Comparando los datos de nitrato superficiales de los cruceros CO-II-75 y CO-I-78 Okuda et al., (1983b) y las concentraciones de nitrato en las mismas áreas de estudio Rodríguez de Morán (1987). Los valores en forma general se muestran más elevados pero coincidiendo que en las aguas cálidas y de baja salinidad se observa casi ausencia de este ión.

A los 50 m el nitrato aumenta con valores que van desde 13.6 hasta 32.9 ug-at/L (Fig. 60) con el máximo ubicado hacia la estación # 14. A los 100 m la distribución es bastante homogénea con la isolínea de 25 ug-at/L (Fig. 61) en toda el área de estudio asociada con la presencia de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales. Rodríguez de Morán (1987) encontró valores máximo similares alrededor de la estación # 11 a 100 m.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El Frente Ecuatorial para agosto estuvo ubicado entre 0° y 1.5°S partiendo desde el Golfo de Guayaquil hasta el extremo norte de las Islas Galápagos. Mientras que en diciembre se mantuvo sobre su posición normal situándose aproximadamente entre 1° 30'S y 0° 30'S.

La distribución de la temperatura (0 - 20 m) de los dos cruceros se mantiene en forma similar registrándose al norte, aguas cálidas con temperaturas mayores de 24°C y al sur aguas frías con temperaturas menores de 18°C debido a la presencia de Aguas Tropicales Superficiales y Aguas de la corriente de Humboldt respectivamente. El crucero CO-II-88, al este del meridiano 85°W mostró aguas con temperaturas mayores de 23.5°C las cuales se desplazan hasta los 3°S aproximadamente correspondiendo a las Aguas Ecuatoriales Superficiales. Con respecto a los 50 - 100 m este parámetro mostró decremento con temperaturas características de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales.

El comportamiento de la salinidad, en las áreas coincidentes de los cruceros en estudio se presenta con los mayores valores en CO-I-88 que en el CO-II-88. Pudiendo apreciarse en la capa de (0-20 m) que los menores valores se ubican en el límite norte del Frente Ecuatorial aumentando hacia el sur donde se encuentran los mayores valores lo cual es congruente por la presencia de la corriente fría de Humboldt. Los máximos valores se los encontró en la capa de los 50 - 100 m.

Comportamiento similar puede apreciarse en la distribución horizontal (0-20 m) de los elementos nutritivos en los dos cruceros, con valores más bajos hacia la parte norte del Frente Ecuatorial y más altos hacia la parte sur del Frente Ecuatorial. Mientras que en la capa de (50-100 m) aparecieron las máximas concentraciones de fosfato y nitrato. El ión nitrato en el CO-I-88 registró las mínimas concentraciones en estas aguas a diferencia del CO-II-88 que mostró núcleos de máximas concentraciones.

Otra de las características presentes durante el CO-I-88 es el afloramiento de la subcorriente ecuatorial en el área de Galápagos (canal Bolívar) con valores representativos de aguas afloradas demostrado por la presencia de un parche frío de alta salinidad acompañado de baja concentración de oxígeno disuelto y elevados valores de elementos nutritivos.

Las características químicas de las aguas en ambos cruceros difieren entre si sustantivamente en la zona sur más que en la zona norte; notándose por lo tanto con mayor intensidad la influencia de la corriente de Humboldt en la zona sur del área de estudio.

AGRADECIMIENTO

La autora desea expresar su agradecimiento a los directivos del INOCAR por el apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo.

Al TNNV-UN Fernando Zurita F. por su valiosa ayuda en la corrección del manuscrito.

De igual manera a la Dra. Elena Gualancañay y al Ing. Jorge Espinoza, por la lectura del manuscrito. Al Sr. Víctor Mesías por la elaboración de las figuras.

BIBLIOGRAFIA

- Córdova, J., 1989. Distribución de la clorofila "a" con relación al Frente Ecuatorial durante agosto de 1988. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 5 No. 1, p: 9-13.

- Cucalón, E., 1984. Oceanographic Variability of Ecuador associated with an El Niño Event in 1982-1983. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 92. No. C13, p: 14309-14322.
- Inocar, 1988. Informe del Crucero Oceanográfico CO-I-88. (manuscrito) p: 1 - 23. Guayaquil.
- Ketchum, B. H., R.F. Vaccaro y N. Corwin, 1958. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador, en Okuda, 1983a. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. 2 No. 1, p: 31-51.
- Kogelschatz, J., L. Solórzano, R. Barber, y P. Mendoza. Oceanographic Conditions in the Galápagos Island during the 1982/1983 El Niño. El Niño en las Islas Galápagos El Evento de 1982-1983, editada por G. Robinson y E. del Pino, p: 91-123. Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos, Quito, 1985.
- Okuda, T., M. Valencia T. y R. Trejos de Suéscum., 1983a.- Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. 2. No. 1, p: 31-51.
- Okuda, T., R. Trejos de Suéscum, M. Valencia T. y A. Rodríguez R., 1983b. Variaciones de la Posición del Frente Ecuatorial y su efecto sobre la fertilidad de las aguas superficiales ecuatorianas. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. 2. No. 1, p: 53-84.
- Pesantes, F., y E. Pérez., 1982. Condiciones Hidrográficas y Químicas en el Estuario del Golfo de Guayaquil. *Rev. Ciencias del Mar y limnología*. Vol. 1. No. 2, p: 87-113.
- Rodríguez de Morán, A., 1987. Algunos Aspectos de la Oceanografía Química de las aguas ecuatorianas durante diciembre de 1986. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. 4. No. 1, p: 45-57.
- Stefansson, U., y F.A. Richards, 1963. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador, en Okuda, 1983a. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. 2, No. 1, p: 31-51.
- Trejos de Suéscum, R., y T. Okuda., 1983. Distribución de nitrito en las aguas costeras ecuatorianas. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. 2. No. 1, p: 13-29.
- Trejos de Suéscum, R., y M. Valencia., 1986. Variación Hidroquímica de la zona de Afloramiento alrededor de las Islas Galápagos. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. 3. No. 1, p: 25-36.
- Valencia, M., 1987. Algunas Características Químicas de las Aguas Costeras de la Provincia del Guayas (Bahía de Salinas) en relación con la aparición del Fenómeno de El Niño. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. 4. No. 1, p: 35-44.
- Zuta, S. y O. Guillén, 1970. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador, en Okuda, 1983a. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. 2, No. 1, p: 31-51.

VARIACION MENSUAL DEL PLANCTON EN UNA ESTACION FIJA LA LIBERTAD (SALINAS), ECUADOR. PERIODO: 1988 - 1989

Por:

M. AUXILIADORA BONILLA (1)

RESUMEN

El presente trabajo es el resultado del estudio cuali-cuantitativo de análisis de plancton colectado mediante muestreos mensuales en aguas superficiales costeras en una estación fija en La Libertad (Salinas) entre diciembre 1988 y diciembre 1989.

Se dan a conocer 29 grupos de organismos del zooplancton, determinándose que los dominantes en orden decreciente fueron: copépodos, larvas de eufausidos, quetognatos, apendicularios, larvas de decápodos, huevos de peces, foraminíferos, cladóceros, huevos de decápodos y los más frecuentes: copépodos, apendicularios, quetognatos, larvas de decápodos y huevos de peces.

*Se presentan las especies más abundantes y dominantes de copépodos en orden decreciente: *Acartia levequei*, *Centropages furcatus* y *Temora discaudata*.*

Se determina que el zooplancton fue poco homogéneo durante el período de estudio en esta localidad, registrándose bajas concentraciones en los primeros meses del año (época de invierno), altas concentraciones en el mes de mayo y medianas concentraciones a partir de junio en adelante.

Se presentan valores superficiales de temperatura y salinidad.

La temperatura superficial del mar (TSM) más alta se observó en marzo 1989 con 28°C y la más baja en julio 1989 con 21.5°C.

ABSTRACT

The present paper is the result of the qualitative and quantitative study of plankton samples taken by means of a monthly monitoring in costal surface waters at a fixed station in La Libertad (Salinas) from december 1988 to december 1989.

Twenty nine zooplankton groups were present, being the dominant in decreasing order: copepods, euphausiid larvae, chaetognaths, appendicularians, decapod larvae, fish eggs, foraminifera, cladocera, decapods eggs, and the more frequent: copepods, appendicularians, chaetognaths, decapods larvae and fish eggs.

*The most dominant and abundant species of copepods in decreasing order: *Acartia levequei* *Centropages furcatus* and *Temora discaudata*.*

The zooplankton was not very homogeneous in the period of study in this location, recording low concentrations in the first months of the year, high concentrations in may, and medium concentrations from june on.

Surface values for temperature and salinity are presented.

The sea surface temperature (SST) showed the highest values in march 1989, with 28°C and the lowest in july 1989 with 21.5°C.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR.- P.O. Box. 5940.- Guayaquil - Ecuador

INTRODUCCION

Acogiendo las sugerencias del ERFEN (Estudio Regional del Fenómeno de "El Niño") mediante reuniones realizadas anualmente, y por conocimiento de que el área de estudio es una zona que se caracteriza por la variación considerable de las diferentes masas de agua debido al régimen complejo de la circulación oceánica en el Pacífico Tropical Oriental, especialmente por el desplazamiento estacional del Frente Ecuatorial, Corriente Costera del Perú y Surgencias Costeras (Okuda et al., 1983), el INOCAR a partir de 1988 inicia un proyecto de muestreos y observaciones de parámetros bióticos y abióticos en La Libertad.

Existe información de cruceros nacionales realizados por el INOCAR con trabajos de Cornejo de González y Antezana (1979), Luzuriaga de Cruz (1980); pero no se han llevado a cabo muestreos mensuales a largo plazo para estudios de esta naturaleza, su relación y variación estacional, así como encontrar indicadores biológicos que nos permitan detectar condiciones anómalas como El Niño.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras para el presente estudio fueron colectadas abordo de un remolcador desde diciembre 1988 a diciembre 1989 en La Libertad (Salinas) localizada en $02^{\circ} 06' 00''$ de latitud Sur y $81^{\circ} 03' 43''$ de longitud Oeste, en el Golfo de Guayaquil (Fig. 1).

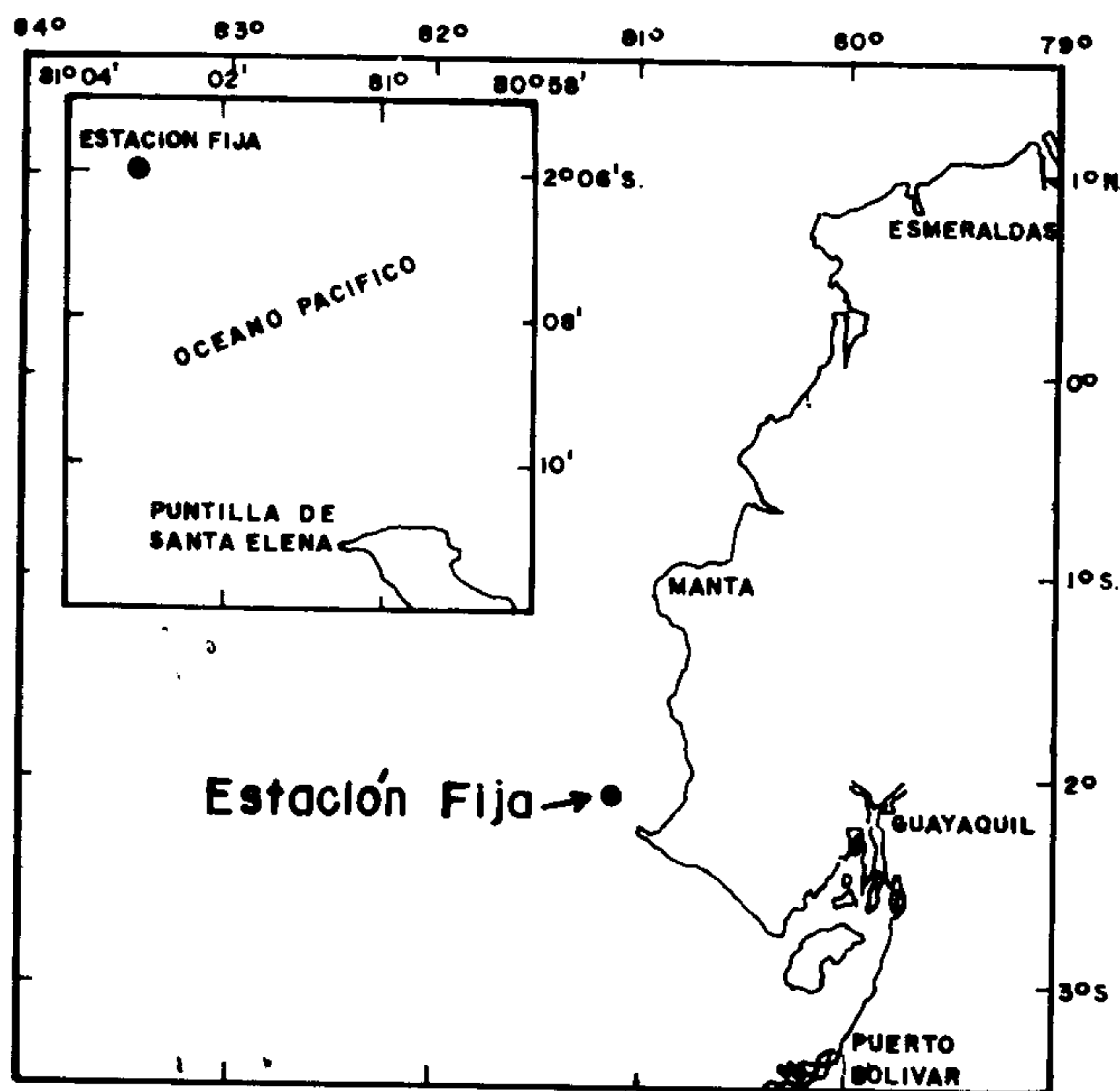


Fig. 1. Área de estudio señalado la Estación Fija Costera en La Libertad. (Salinas)

Las muestras estudiadas se obtuvieron mensualmente mediante arrastres horizontales superficiales entre las 11:00 y 13:00 horas. Se utilizó una red cónica de 30 cm de diámetro de boca, y 335 u de apertura de malla (durante 10'). Inmediatamente de su colección las muestras fueron preservadas en formol al 4% y neutralizadas con tetraborato de sodio (bórax).

En el mismo lugar se tomaron muestras de agua superficiales con botella Van Dorn para análisis de fitoplancton, y se fijaron con gotas de solución de yodo (Uthermohl) para su análisis cuali-cuantitativo.

Las lecturas de temperatura se determinaron con un termómetro de balde y la salinidad por el método de Conductividad Eléctrica.

Para el análisis cuali-cuantitativo del zooplankton se utilizó un microscopio de disección y para los contejes una cámara de Bogorov. El submuestreador de Folsom (Mc Ewen et al., 1954) sirvió para obtener alícuotas de las muestras cuando estas eran abundantes.

Para el análisis sistemático se utilizaron los trabajos de Newell & Newell (1963), Tregouboff & Rose (1957).

Los datos de zooplankton se expresan en org./muestra y los de fitoplancton en cel/l.

RESULTADOS Y DISCUSION DE DATOS

CONDICIONES AMBIENTALES

La distribución mensual superficial de la temperatura durante el período muestreado 1988-1989, muestra claramente que para diciembre 88 se presentaron valores relativamente bajos de temperatura (22.4°C) que correspondieron a la época de verano de ese año. En 1989 se observó que los mayores valores entre $25.2 - 28^{\circ}\text{C}$ se presentaron en la época de invierno (enero - mayo) (Fig. 2) con salinidades de 31.9-33.7‰, a excepción de marzo y mayo que presentaron salinidades de 34.9‰ (Fig. 3), identificándolas como masas de Aguas Tropicales Superficiales (ATS) según Okuda et al. (1983), asumiendo la presencia de aguas cálidas y poco salinas procedentes de la Cuenca de Panamá. A partir de junio en adelante la temperatura disminuye con valores entre $21.5 - 23.2^{\circ}\text{C}$ y Salinidades de 33.1-34.7‰ que corresponden a Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) (Okuda et al., 1983), asumiendo la presencia de aguas relativamente frías, provenientes de la Corriente de Humboldt.

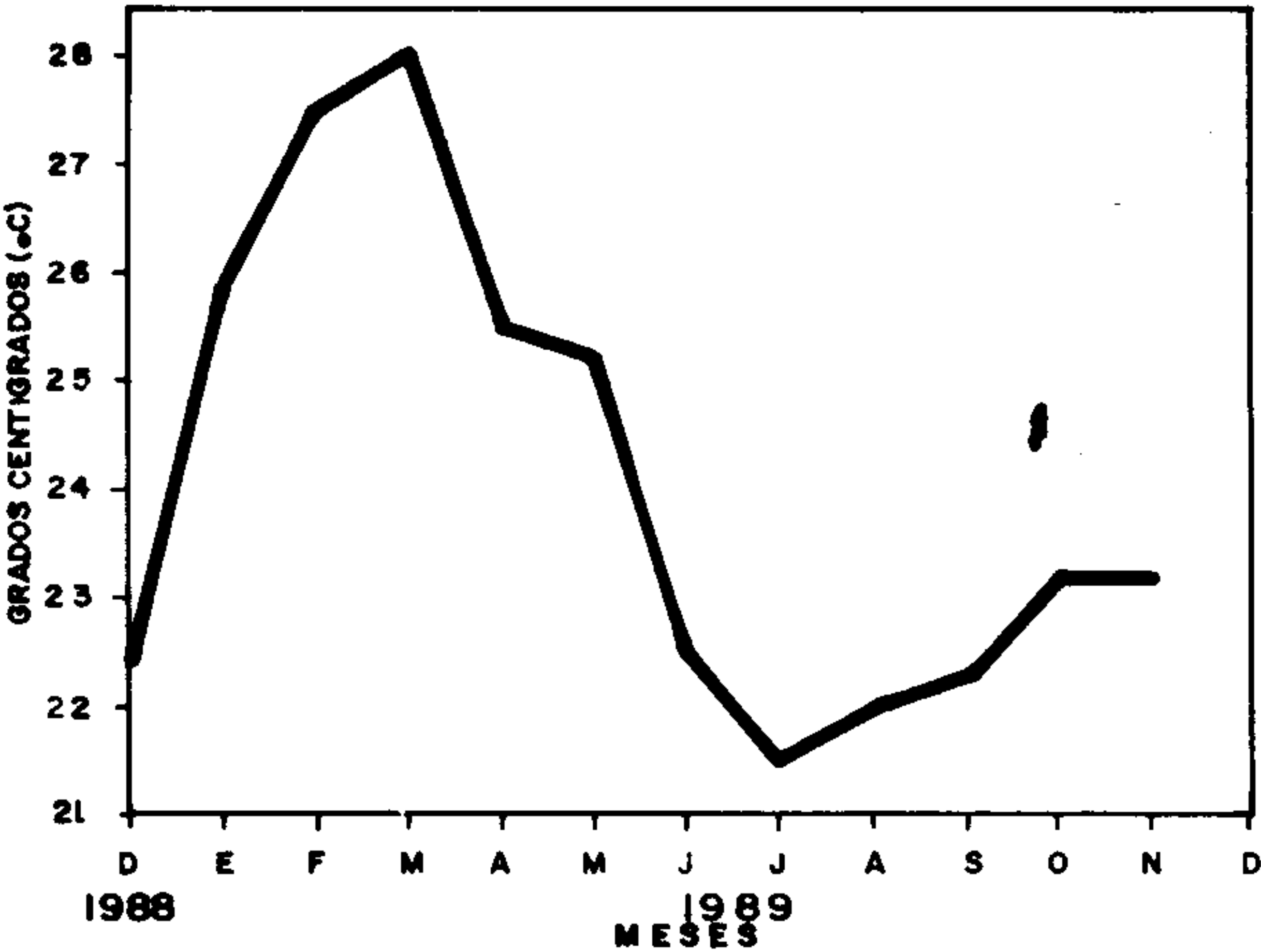


Fig. 2. Temperatura Superficial durante 1988-89 en una Estación Fija de La Libertad.

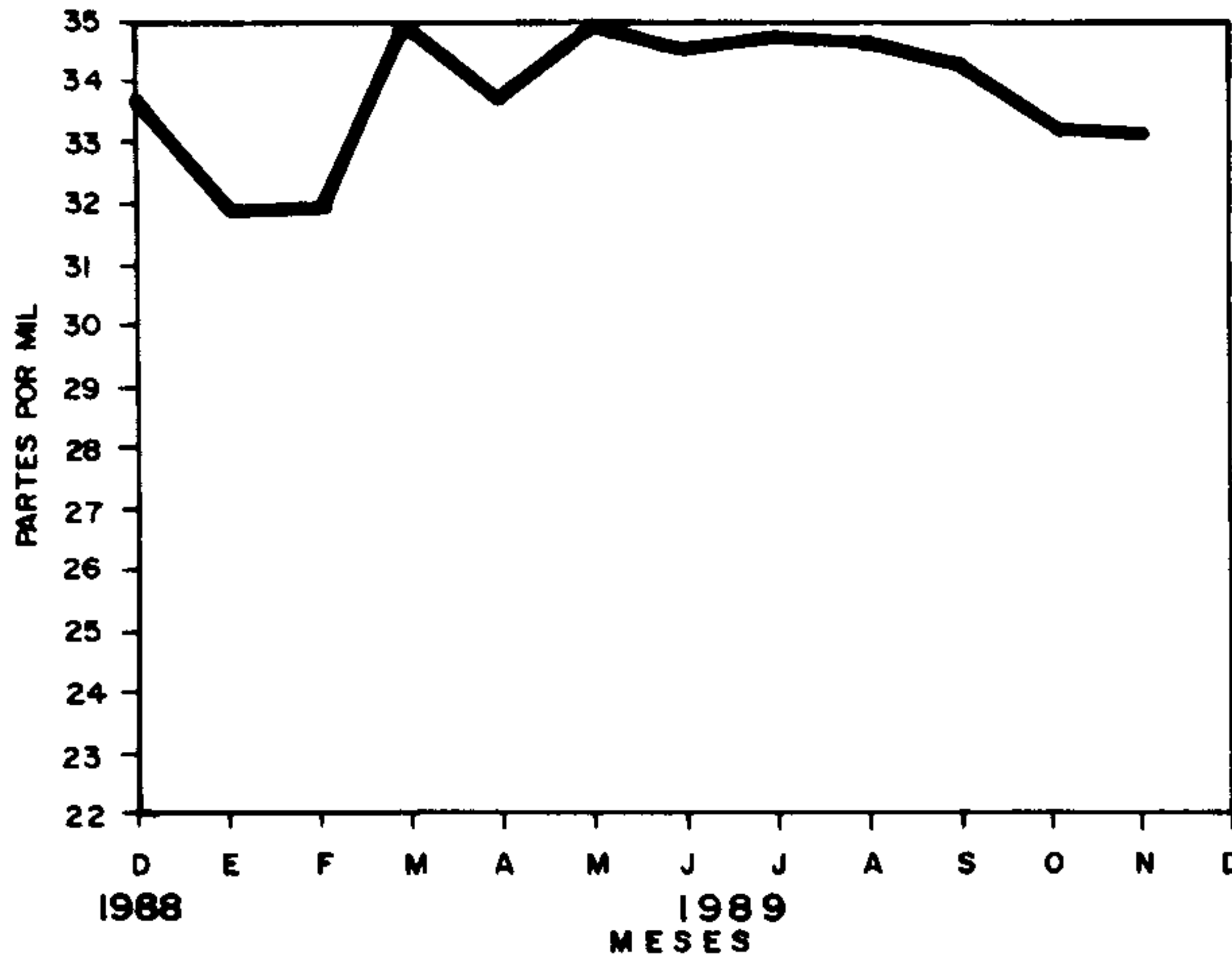


Fig. 3. Salinidad Superficial durante 1988-89 en una Estación Fija de La Libertad.

TURBIDEZ

Aunque se dispone de tres valores de transparencia para la época de invierno (Fig. 4), el mayor valor se obtuvo en febrero (16 m) que coincidió con menor productividad biológica (valores más bajos del zooplancton).

En mayo descendió la transparencia a 7 m coincidiendo con los valores más altos de zooplancton, manteniéndose estos valores de 7 y 12 m en los meses subsiguientes.

DISTRIBUCION DEL ZOOPLANKTON

Durante el presente estudio se registra gran heterogeneidad en la distribución del zooplancton (Fig. 5), determinándose mayor abundancia en los meses de abril y mayo mostrando su pico más alto en el mes de

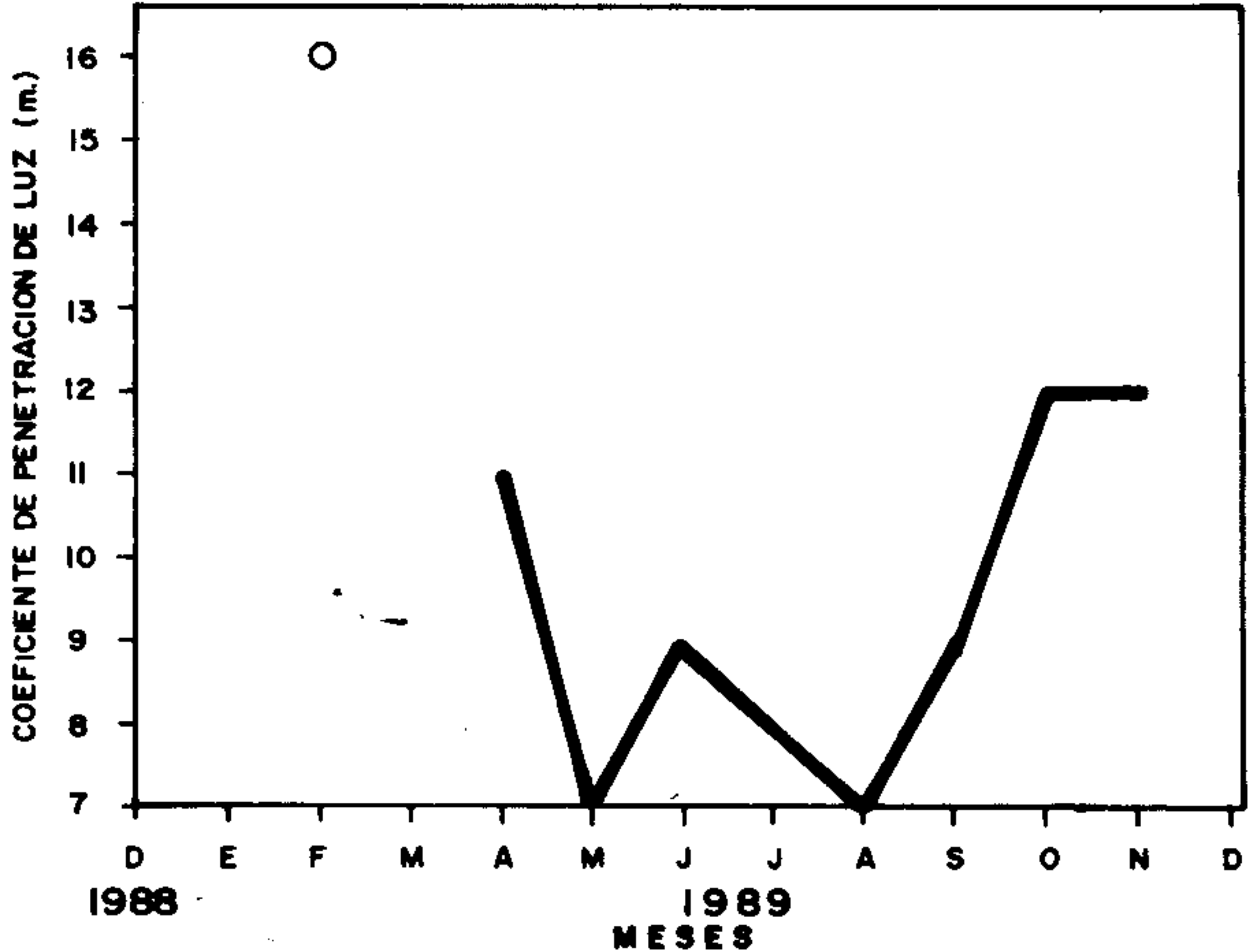


Fig. 4. Turbidez durante 1988-89, en una Estación Fija de La Libertad.

mayo (77000 org/muestra), menor abundancia se observó en diciembre 88 y primeros meses de la época de invierno, en verano la abundancia es también baja, pero algo mayor comparada con los primeros meses de invierno. Se puede decir que la producción fitoplanctónica en superficie en esta localidad fue abundante durante los meses de abril y noviembre, especialmente en el mes de abril (519935 cel/l) que coincidió con altos valores de zooplancton.

Durante los meses de octubre y noviembre 89 predominaron las diatomeas: *Nitzschia* sp. y *Rhizosolenia* sp. especies características de la Corriente de Humboldt, este registro concuerda con lo reportado por Jiménez y Bonilla (1980) durante el mes de septiembre, en un área cercana a esta localidad.

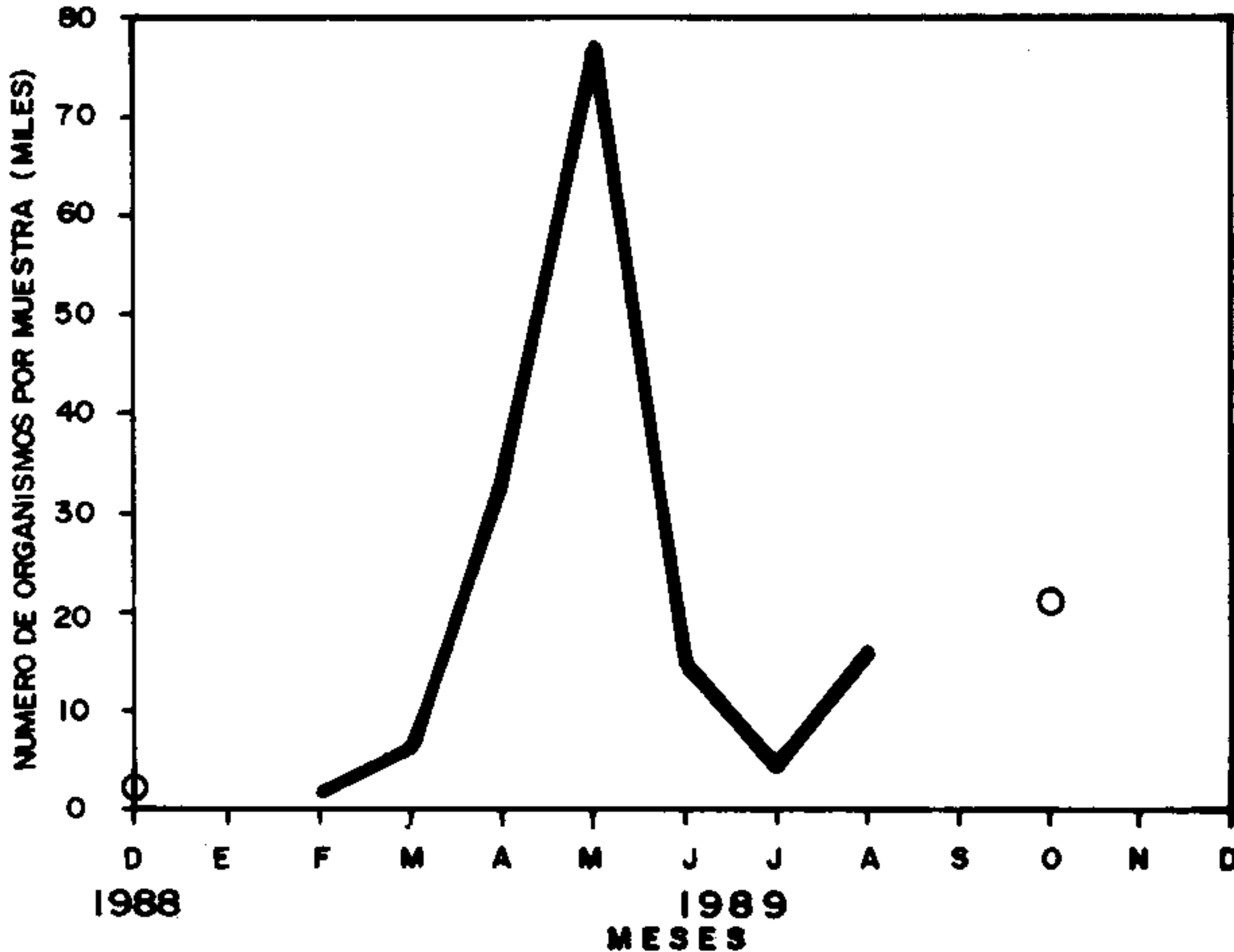


Fig. 5. Total de Organismos del Zooplancton, durante el período de estudio en una Estación Fija en La Libertad.

Según los resultados obtenidos durante todos los meses de estudio se tiene que la abundancia relativa de los grupos del zooplancton es como sigue:

COPEPODOS.....	47.3 %
LARVAS DE EUFAUSIDOS.....	39.0 %
QUETOGNATOS	5.8 %
APENDICULARIOS.....	1.6 %
LARVAS DE DECAPODOS.....	0.6 %
HUEVOS DE PECES.....	0.7 %
FORAMINIFEROS.....	0.7 %
CLADOCEROS.....	2.4 %
HUEVOS DE DECAPODOS.....	0.9 %

Los otros grupos analizados: larvas de peces, medusas, gasterópodos, lamelibranquios, ostrácodos, equinodermos, sifonóforos, poliquetos, eufausidos, doliólidos, salpas, nauplios de copépodos, anfípodos, radiolarios, isópodos, briozoos, myscidáceos, cirripe-dios, stomatópodos y otros presentaron porcentajes menores al 0.6 %.

ANALISIS DE LOS GRUPOS DEL ZOOPLANKTON DE ACUERDO A SU ABUNDANCIA

Copépodos

Los copépodos fueron los organismos más abundantes y frecuentes en todas las muestras analizadas (Fig. 6). Presentaron sus máximos de abundancia en los meses de abril, junio, agosto y octubre del 89, mostrando el pico más alto en abril del 89 (28050 org./ muestra). Para el mes de febrero se encontró mayor diversidad de copépodos siendo más frecuente *Undinula vulgaris* fecha en que además se reportan altos valores de temperatura (27.5°C) que coincide con lo descrito por Vervoort (1946).

La temperatura parece que no incidió en la distribución de los copépodos puesto que se encontraron valores altos tanto en la época de verano como de invierno.

Algunas especies identificadas fueron:

Acartia levequei Grice, 1964
Acartia lilborghi Giesbrecht, 1892
Calanus chilensis Brodski, 1959
Candacia curta (Dana, 1849)
Centropages furcatus (Dana, 1849)
Calocalanus pavo (Dana, 1949)
Coryceus sp.

Labidocera acuta (Dana, 1849)
Labidocera lubbocki Giesbrecht, 1889
Oithona plumífera Baird, 1843
Oncaea sp.
Pontellina sobrina Fleminger y Hulsemann, 1974
Undinula vulgaris Dana, 1849
Temora discaudata Giesbrecht, 1889

Se debe señalar que las especies de copépodos más frecuentes y abundantes fueron: *Acartia levequei*, y especies netamente neríticas como: *Centropages furcatus* y *Temora discaudata*.

Quetognatos

Presentaron sus máximos de abundancia durante los meses de marzo, junio y octubre 89 (Fig. 7), mostrando su pico más alto en el mes de octubre (3798 org./ muestra) coincidiendo con valores relativamente bajos de temperatura (23.2°C). Por presentar valores altos en las dos épocas de estudio no mostraron relación con la temperatura.

Apendicularios

Representaron el cuarto grupo en abundancia (Fig. 8), aunque su presencia fue irregular, los mayores valores se presentaron en abril y octubre del 89 con el más alto valor en el mes de octubre (1872 org./muestra). Parece que la temperatura del agua no incidió con su presencia.

Larvas de Decápodos

Su mayor abundancia se encontró en los meses de abril y junio del 89 (Fig. 9) seguido por los meses de marzo y agosto. La abundancia en abril (350 org./ muestra) coincidió con valores altos de temperatura (25.5°C).

Cladóceros

Se hicieron presentes sólo en la época de invierno correspondiente a los meses de febrero con altos valores de temperatura 27.5°C y en abril con 25.5°C, (Fig. 10), siendo más abundante en abril (3660 org./ muestra).

Foraminíferos

Este grupo presentó una distribución irregular en el transcurso del período de estudio (Fig. 11), fueron más abundantes en mayo y octubre del 89 presentando su pico más alto en octubre (1098 org./muestra) que

Fig. 6. Copépodos

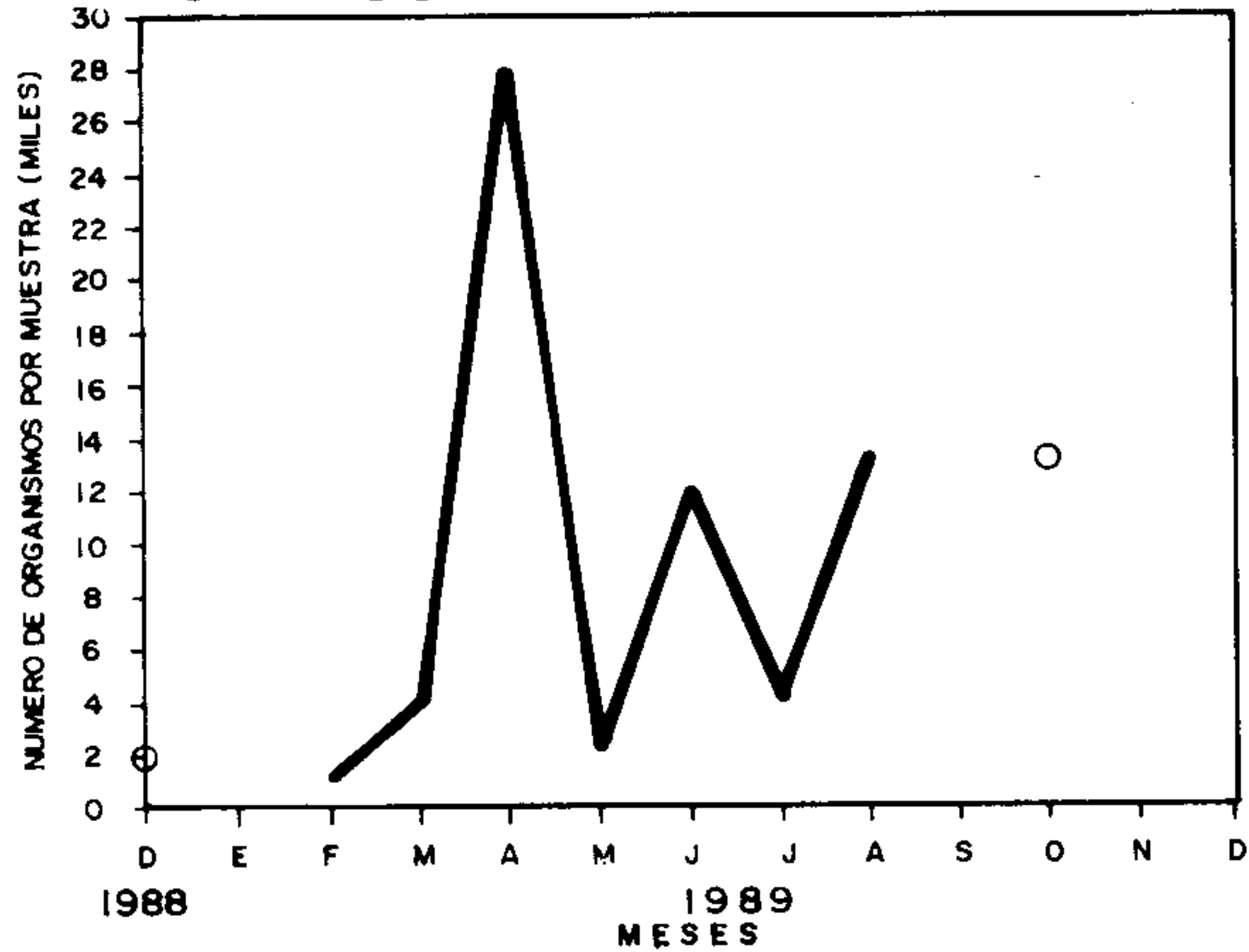


Fig. 7. Quetognatos

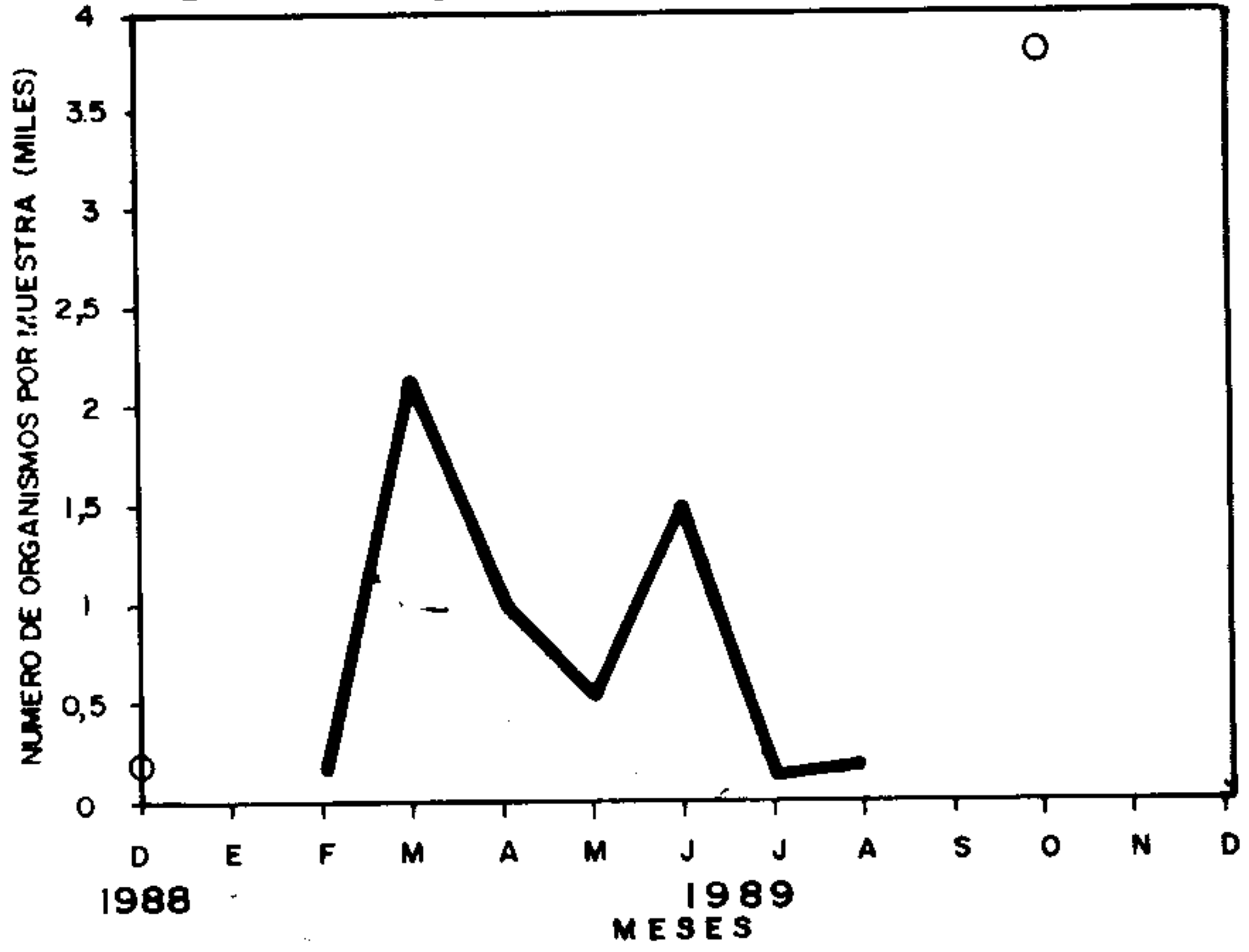


Fig. 8. Apendiculares

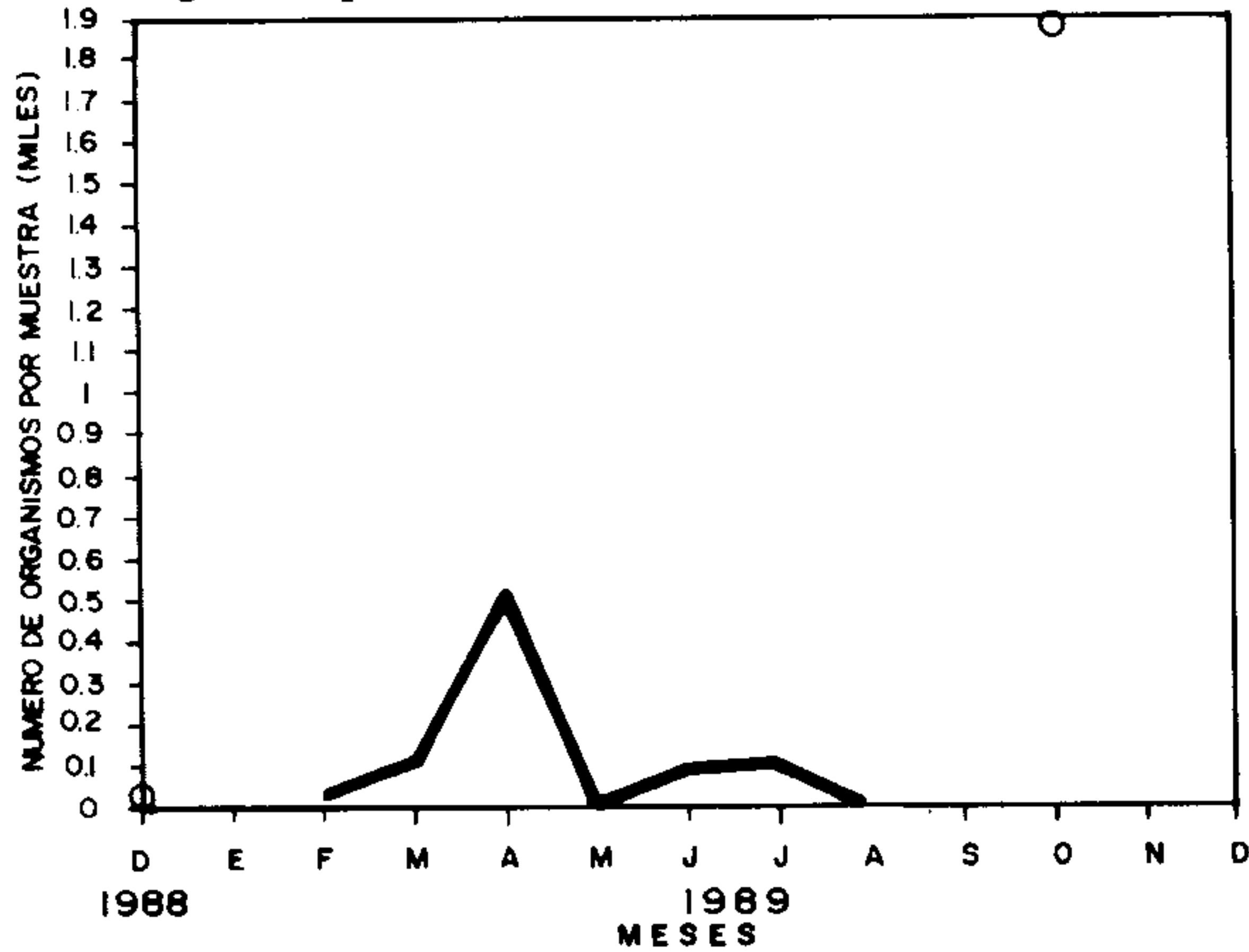


Fig. 9. Larvas de Decápodos

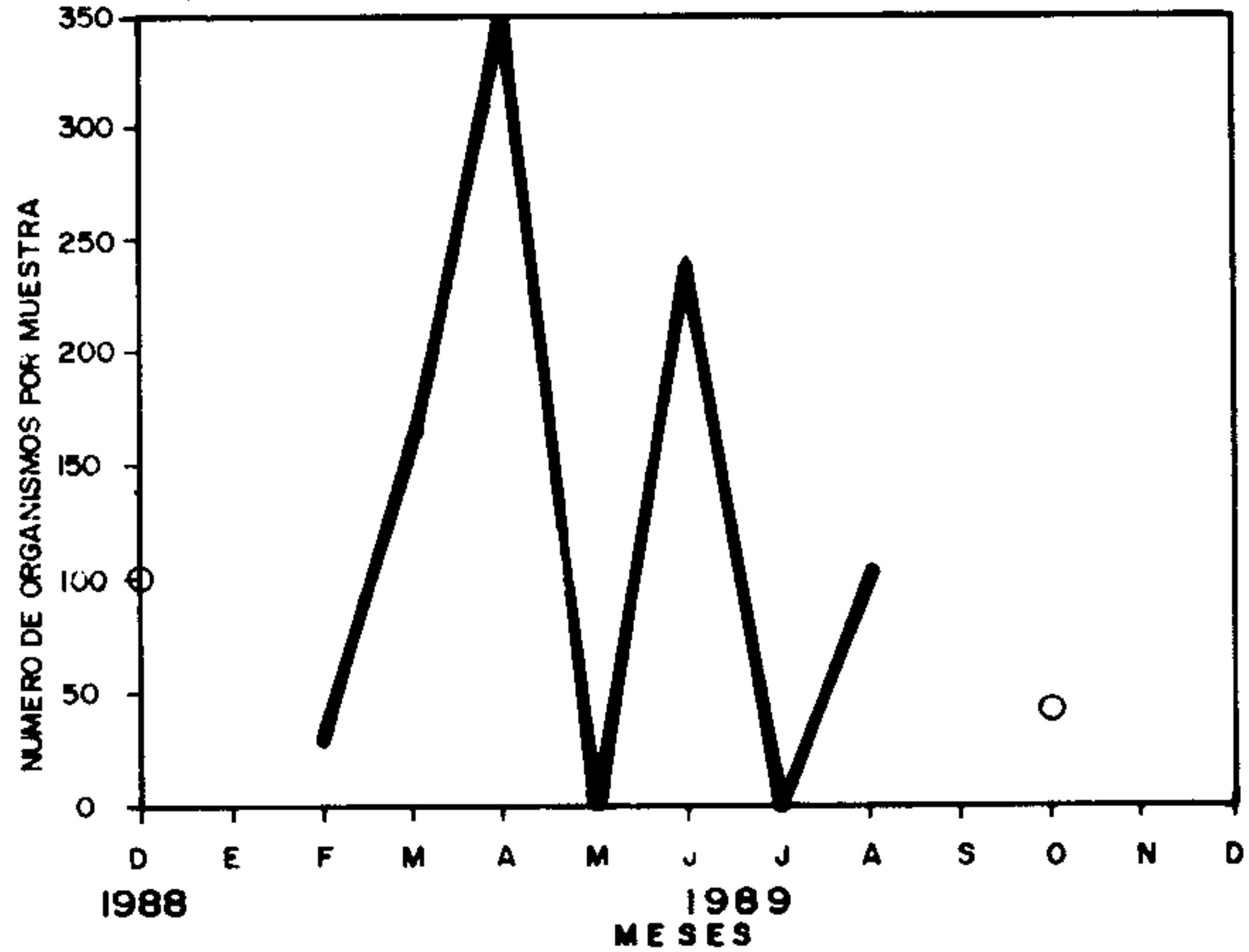


Fig. 10. Cladóceros

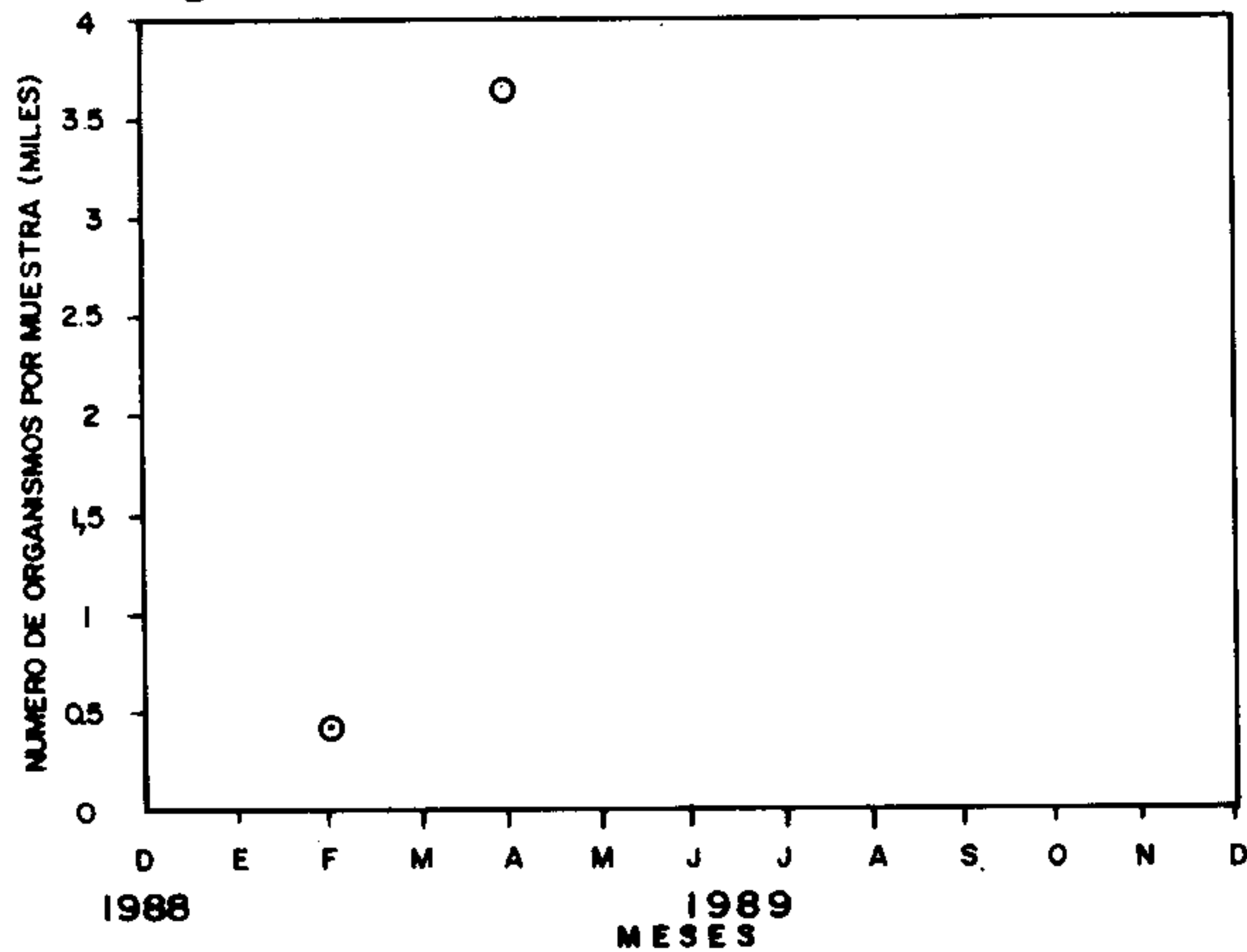
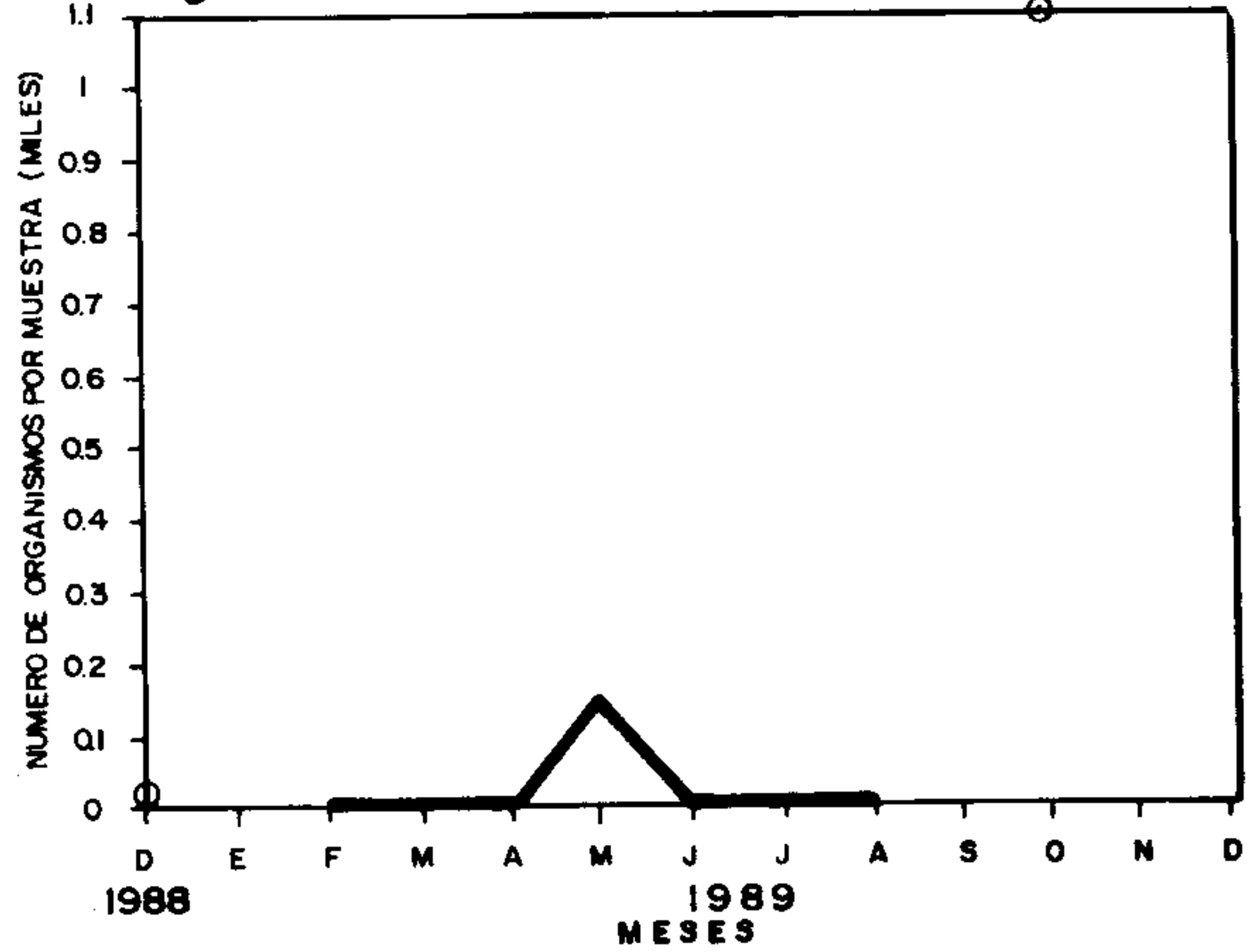


Fig. 11. Foraminíferos



ESTACION FIJA DE LA LIBERTAD. DISTRIBUCION TEMPORAL

coincidió con valores relativamente bajos de temperatura (23.2°C). Para estos meses se determinaron como especies más frecuentes las siguientes: *Globorotalia menardii*, *Globigerinoides ruber* y *Globigerina cálida*.

Aunque *Globigerinoides ruber* es una especie oceánica puede soportar perfectamente condiciones costeras como lo señala Miró (1971), se la encontró en mayo coincidiendo con temperatura de 25.2°C y salinidad de 34.9‰, esto coincidió con los datos obtenidos por Luzuriaga de Cruz (1980), le siguieron *Globorotalia menardii* y *Globigerina cálida*.

Para el mes de octubre donde se encontró mayor abundancia de foraminíferos la especie predominante fue *Globorotalia menardii* con temperatura de 23.2°C , salinidad de 33.2‰ y valores bajos de nutrientes, esto coincidió también con lo reportado por Luzuriaga de Cruz (1980).

Eufausidos

Su distribución fue heterogénea y algo baja (Fig. 12), parecen no mostrar relación con la temperatura. Sus máximos de abundancia se presentaron en el mes de marzo (56 org/muestra) coincidiendo con la disminución del fitoplancton igualmente y en el mes de octubre.

Larvas de Eufausidos

Su abundancia fue significativa en el mes de mayo (73100 org/muestra) (Fig. 13). En agosto decreció su presencia predominando el género *Stylocheiron* sp. que coincidió con valores relativamente bajos de temperatura (22°C) indicando la influencia de una lengua de aguas proveniente de la Corriente de Humboldt, esto concuerda con datos obtenidos por Cornejo de González y Antezana (1979).

Comparando las Figs. 5 y 13 estos organismos contribuyeron con la mayor composición numérica en el mes de mayo reemplazando a los copépodos.

Huevos de peces

Su presencia fue relativamente baja durante el período de estudio, seguramente la población adulta fue baja. Se hacen presentes durante las dos épocas de invierno y verano (Fig. 14), bajos valores se observan en los meses de abril y mayo que coincidió con los más altos valores de medusas y sifonóforos pudiéndose interpretar que estos grupos afectan la población de los huevos de peces con alta depredación y competencia

por el alimento. Su pico de abundancia se observó en el mes de junio (944 org/muestra). La temperatura parece no influenciar en su presencia por encontrarse en las dos épocas del año.

Larvas de peces

Su distribución fue un tanto homogénea (Fig. 15), sus máximos de abundancia se presentaron en febrero, abril y junio coincidiendo con altos valores de fitoplancton en los dos primeros meses, para luego descender en marzo donde se observa abundancia de poliquetos, mayo donde se reporta los más altos valores de larvas de eufáusidos, sifonóforos y en octubre con altos valores de quetognatos, especies competidoras y carnívoras. Esto coincide con lo observado por Alvarillo (1976). No obstante la baja presencia de estos organismos durante algunos meses se deba también a la escasez o poca disponibilidad de alimento. Es importante señalar que estas observaciones se corroborarán con los subsiguientes muestreos que se realizarán en esta estación fija a largo plazo.

No presentaron relación con la temperatura por encontrarse en las dos épocas del año.

Doliólidos

Se hicieron presentes durante las dos épocas del año (Fig. 16) mostrando su máxima abundancia en el mes de mayo (30 org/muestra). Parece que la temperatura no influyó en su presencia por hacerse presentes en las dos épocas del año.

Poliquetos

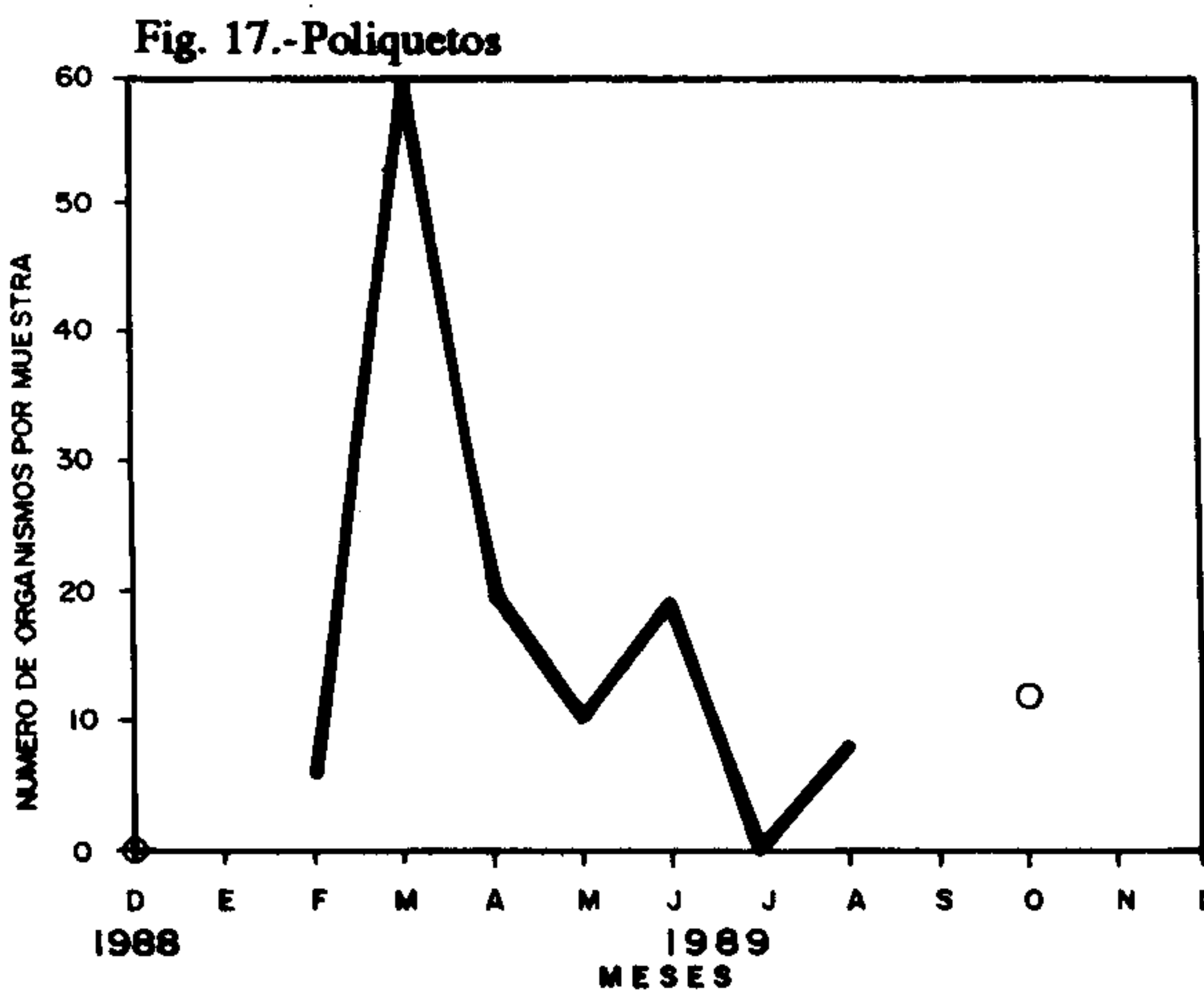
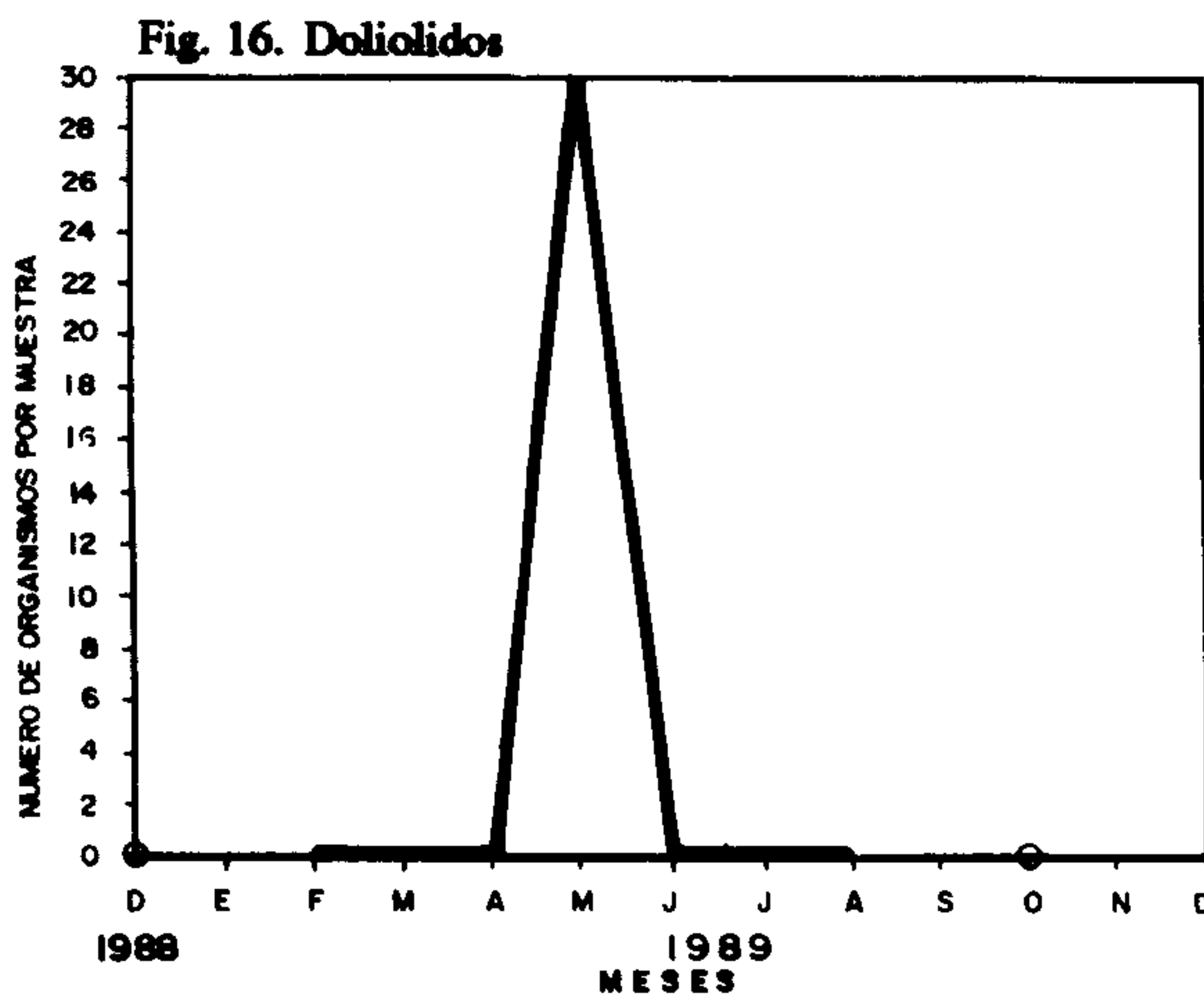
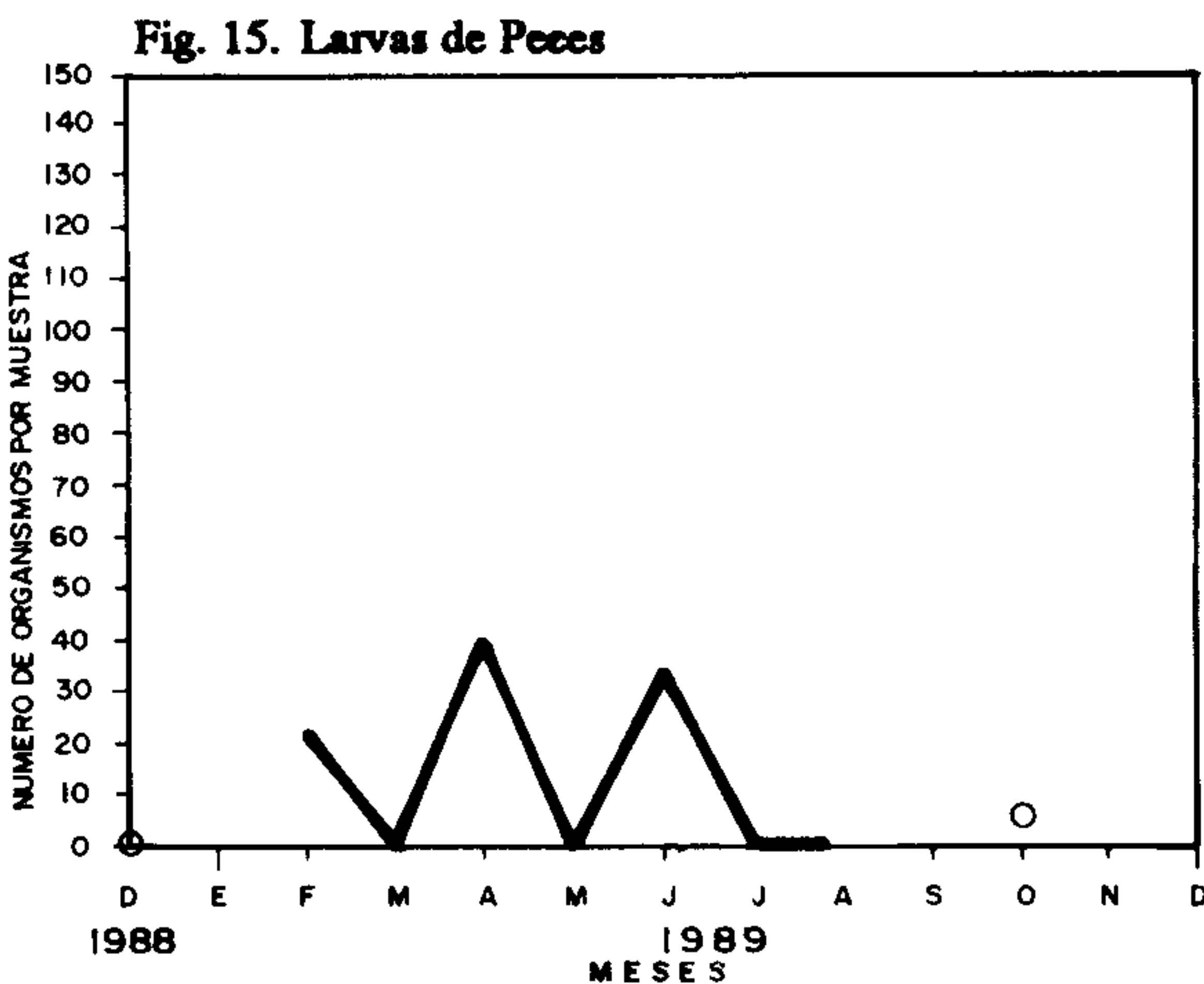
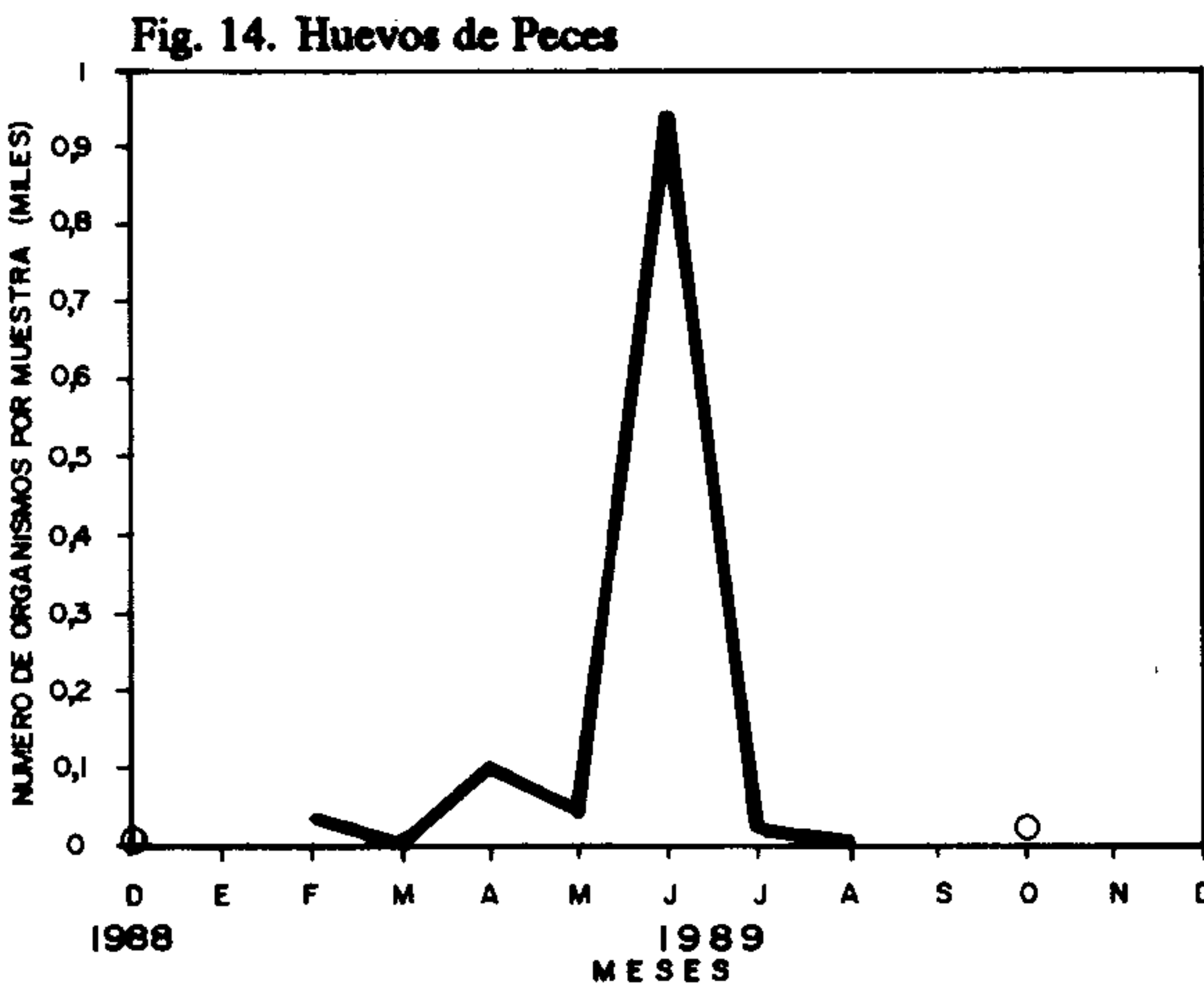
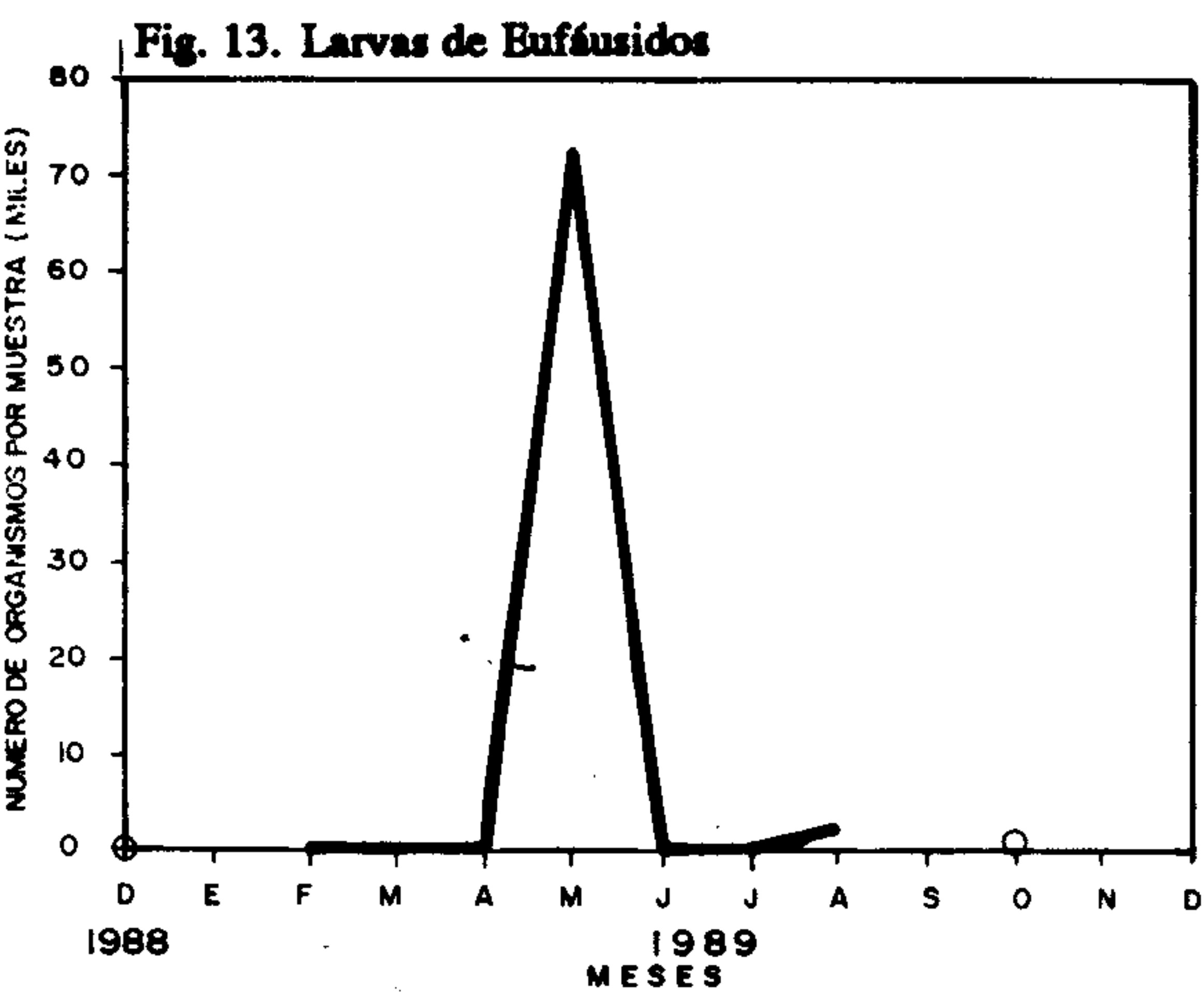
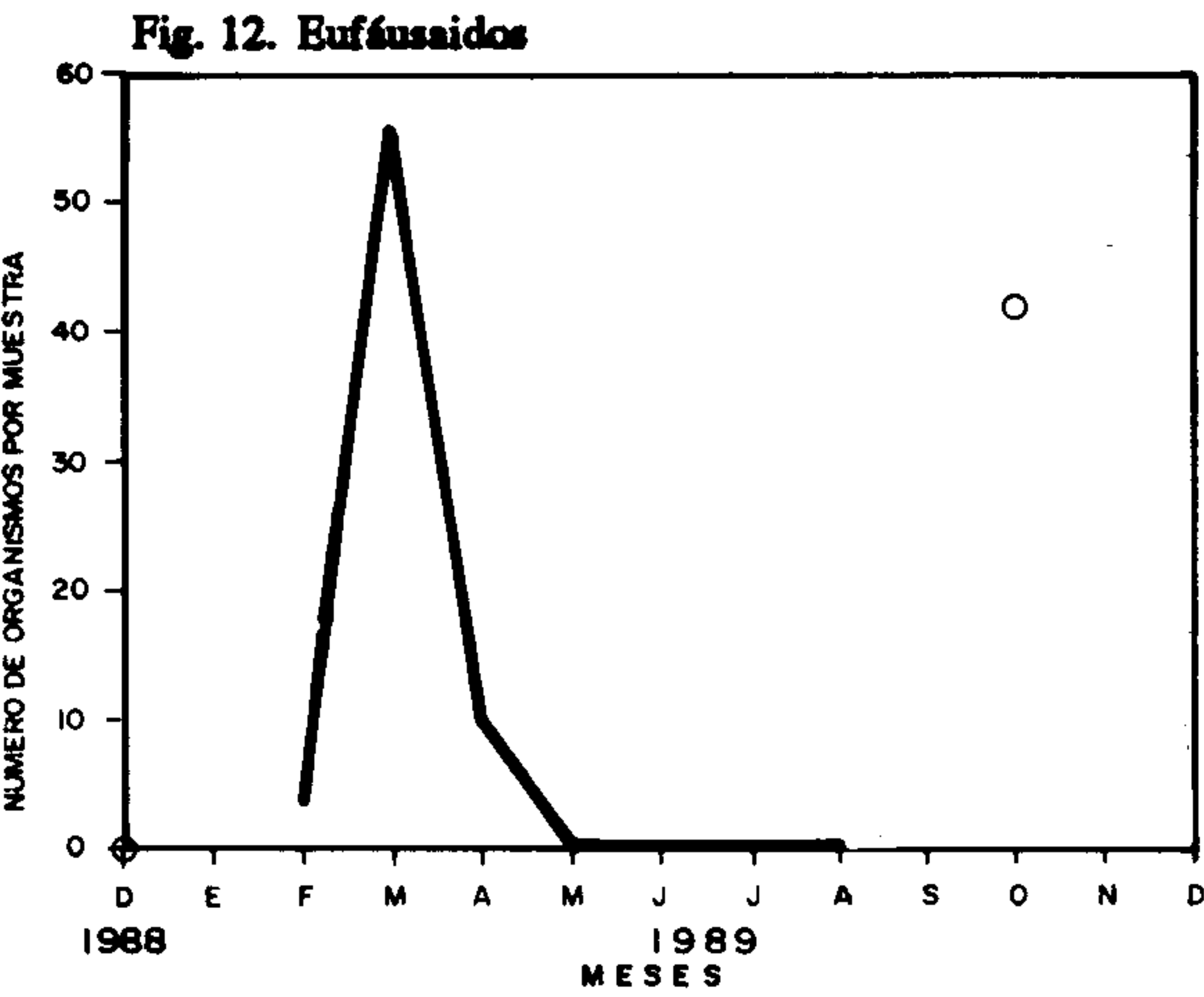
Su distribución fue heterogénea durante el período de estudio (Fig. 17), su máximo de abundancia se observó en marzo (60 org/muestra) para luego descender a partir de abril en adelante.

Gasterópodos

Su distribución fue irregular y relativamente alta en las dos épocas del año (Fig. 18), especialmente en los meses de abril, mayo, junio y octubre del 89 notándose mayor abundancia en mayo (140 org/muestra). Su abundancia no mostró relación con la temperatura superficial del mar.

Lamelibranchios

Su presencia fue baja durante las dos épocas (Fig. 19) notándose su pico más alto en mayo (240 org/muestra), sin mostrar relación con la temperatura.



ESTACION FIJA DE LA LIBERTAD. DISTRIBUCION TEMPORAL

Fig. 18. Gasterópodos

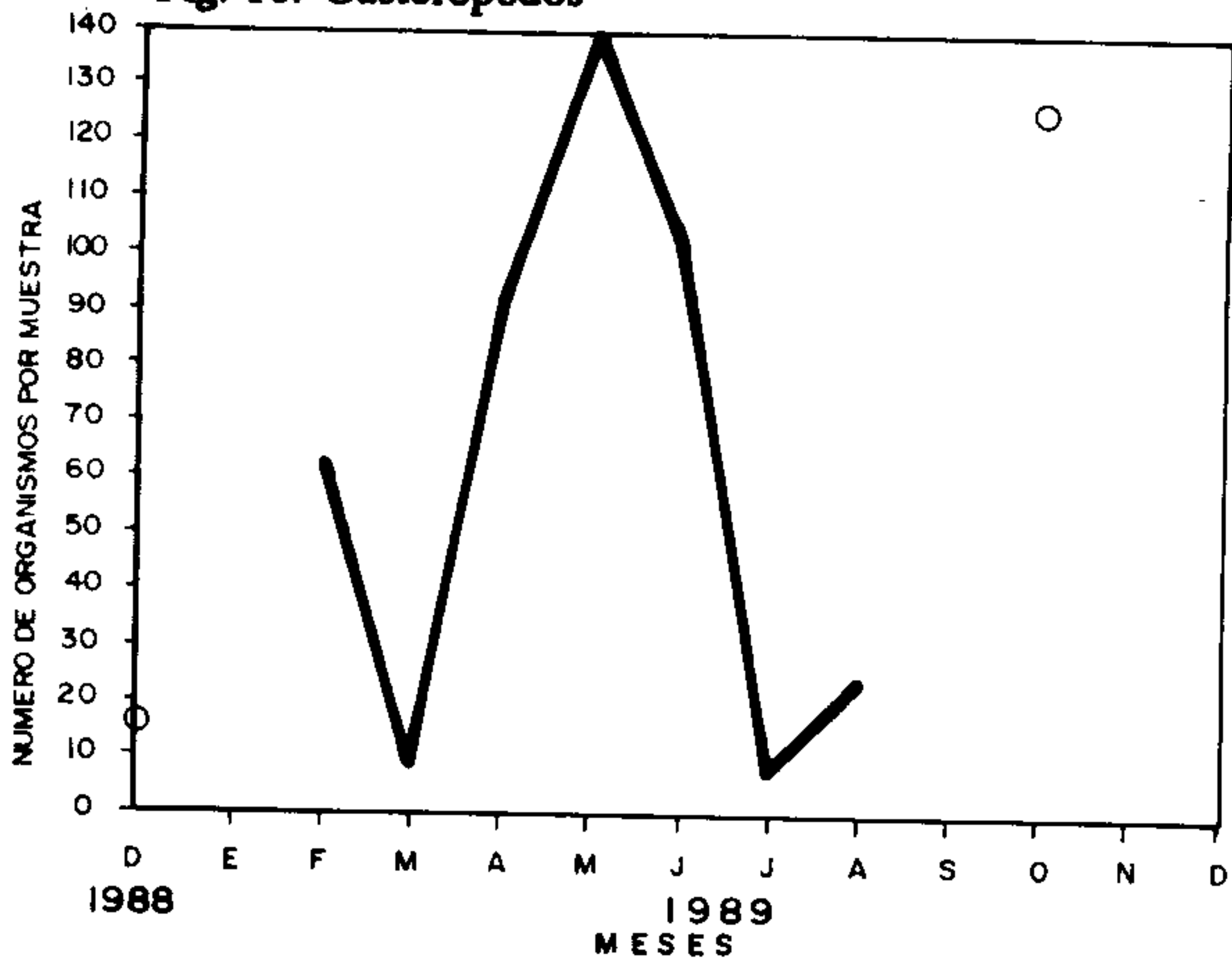


Fig. 19. Lamelibranquios

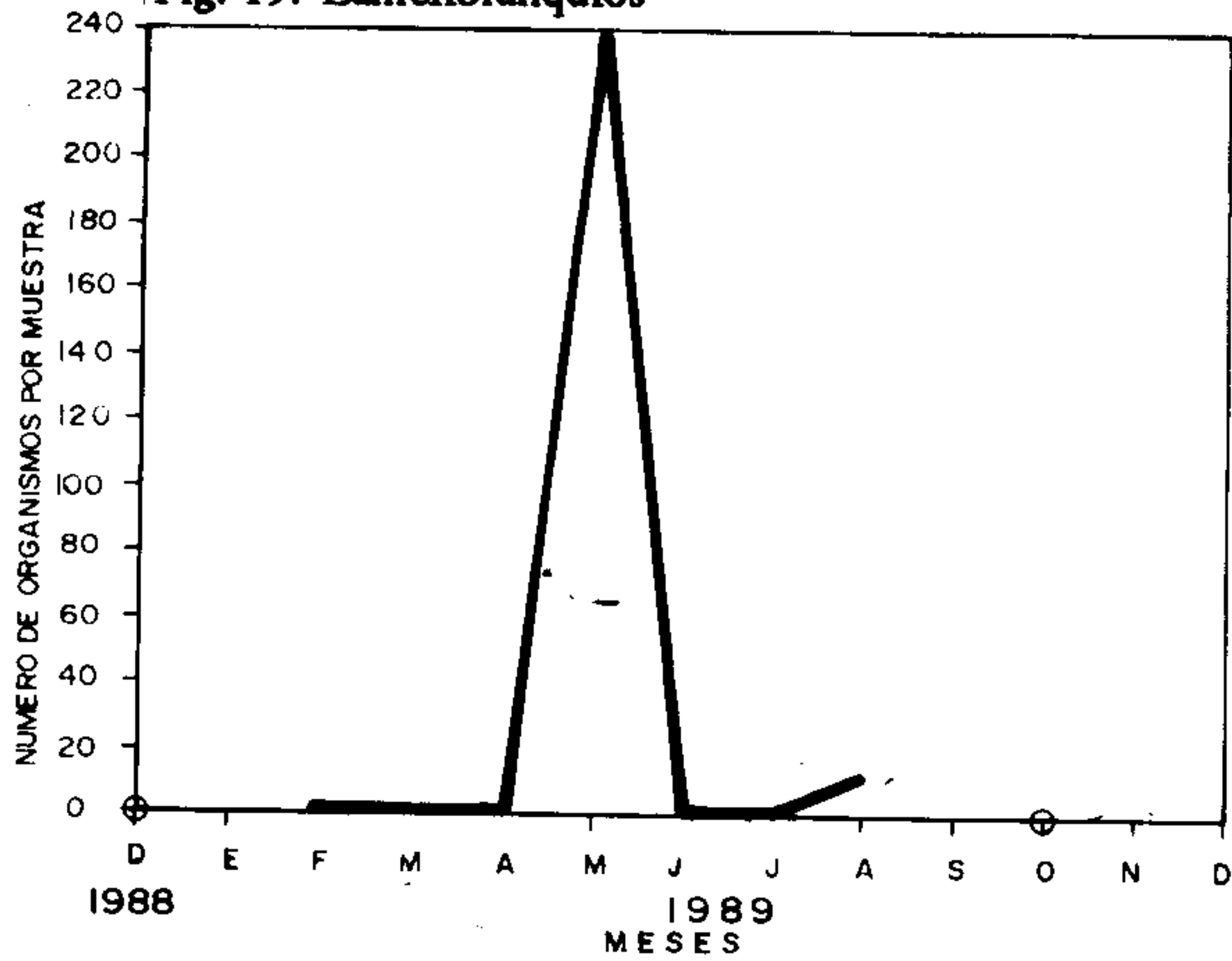


Fig. 20. Medusas

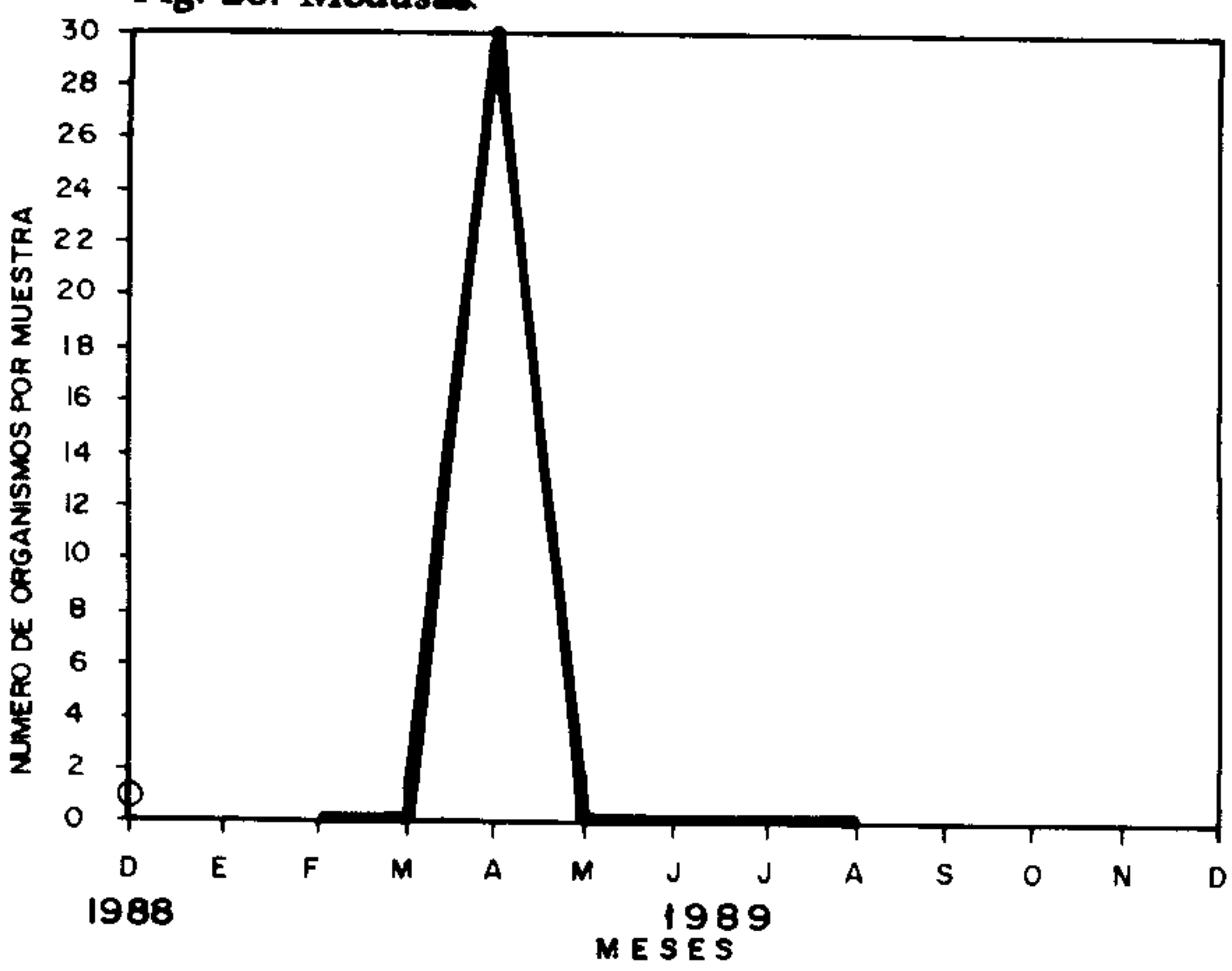


Fig. 21. Sifonóforos

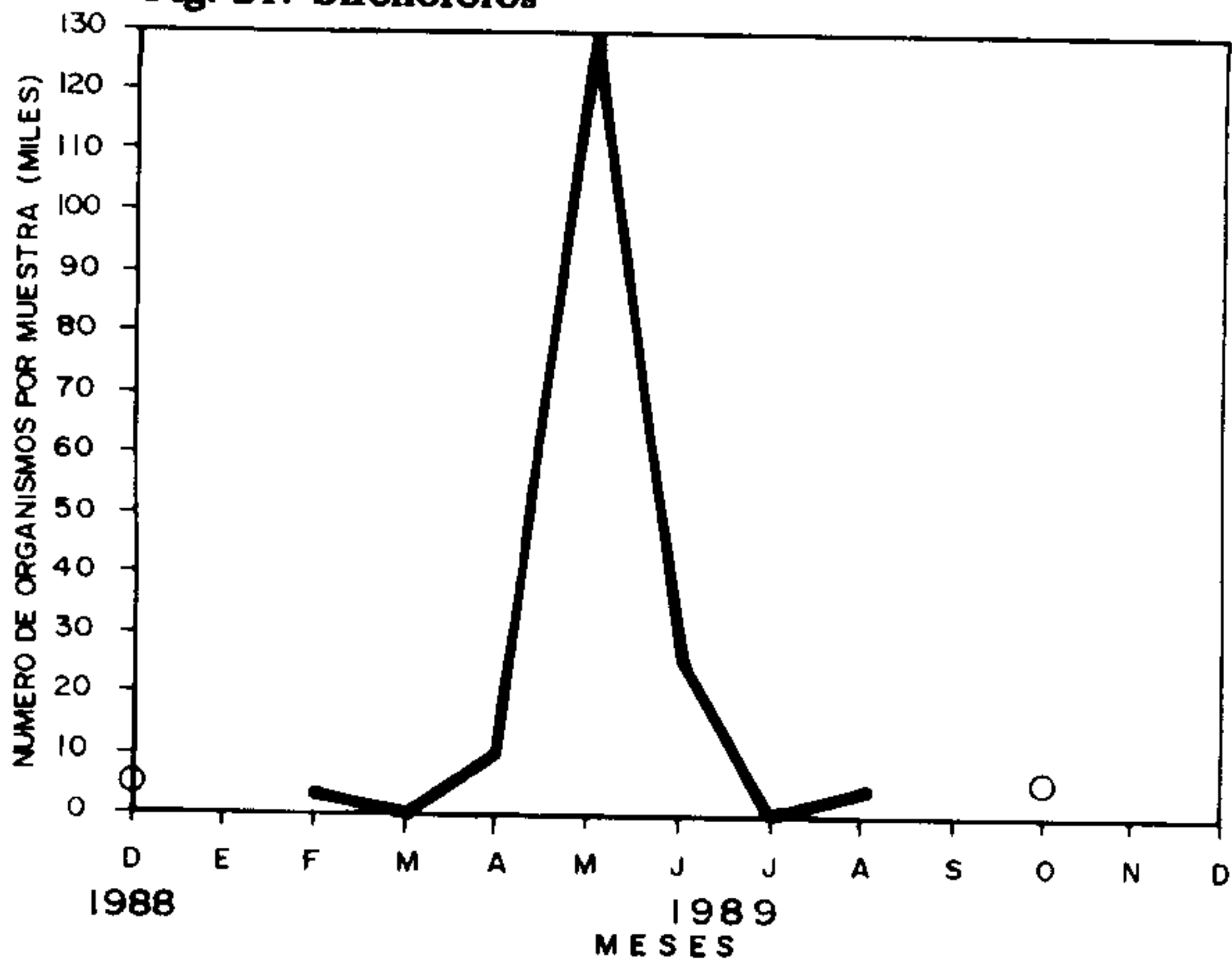
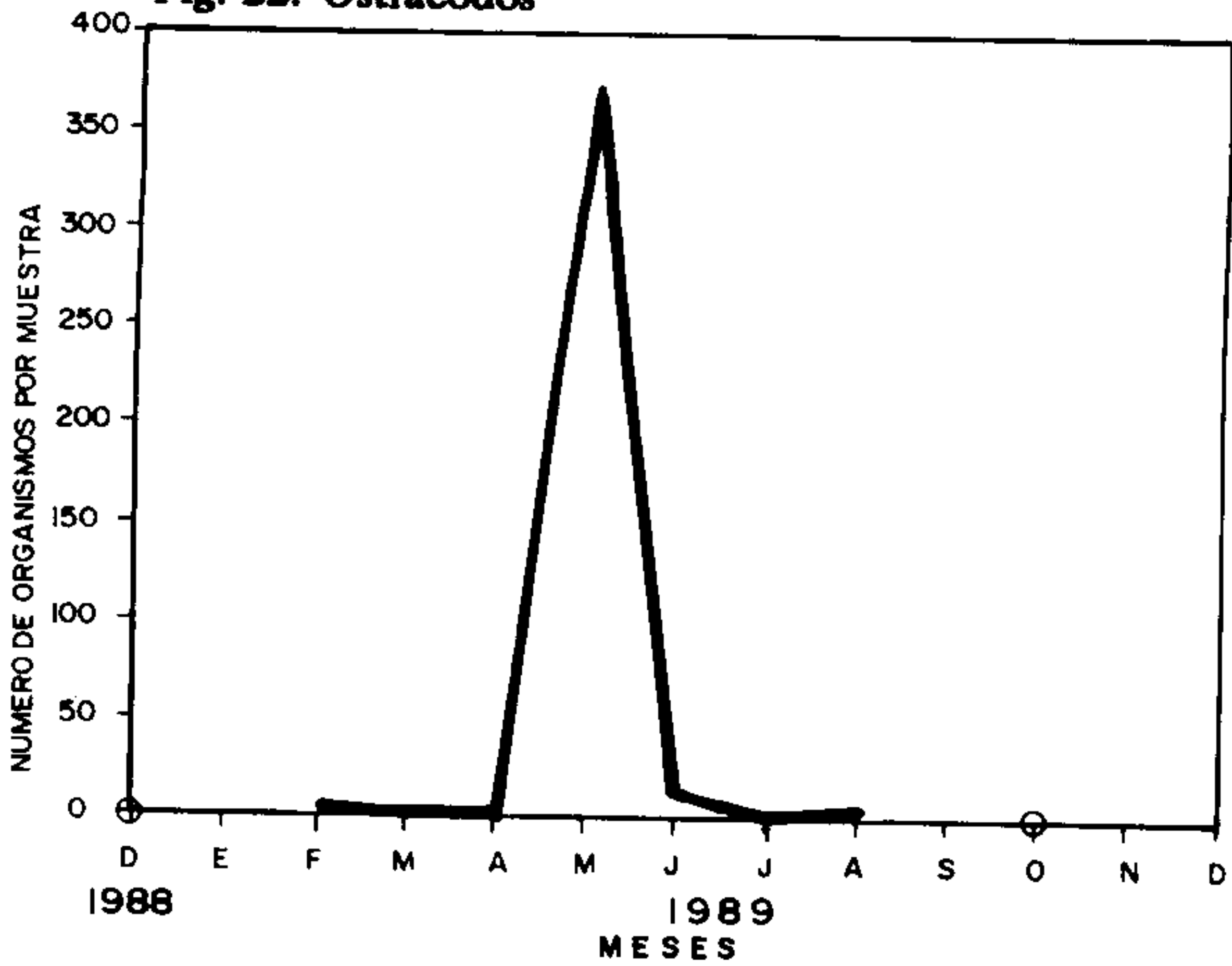


Fig. 22. Ostrácodos



ESTACION FIJA DE LA LIBERTAD. DISTRIBUCION TEMPORAL

Medusas

Aunque en forma escasa se hicieron presentes durante el tiempo de estudio, (Fig. 20) con mayor abundancia en el mes de abril (30 org/muestra).

Sifonóforos

Durante el período de análisis su presencia fue heterogénea y baja en las dos épocas (Fig. 21), a excepción del mes de mayo que mostró su máximo de abundancia (13 org/muestra), por su distribución heterogénea no mostraron relación con la temperatura.

Ostrácodos

Su distribución fue baja e irregular durante el tiempo de estudio (Fig. 22) alcanzando su máximo valor en mayo (370 org/muestra).

CONCLUSIONES

La distribución temporal superficial del zooplancton en La Libertad presentó las más altas concentraciones en los meses de abril y mayo.

Existió variabilidad en la composición cualitativa del zooplancton.

El incremento en la abundancia de larvas de eufáusidos se localizó en mayo, contribuyendo a la mayor composición numérica del zooplancton.

Según la abundancia de organismo en relación a la temperatura y siguiendo el criterio de Arcos y Bonilla (1989) en relacionar a los organismos con la temperatura superficial del mar (TSM) en:

- 1.- Organismos que no se relacionan con la temperatura.
- 2.- Organismos que se presentan en mayor abundancia con altos valores de temperatura, y
- 3.- Organismos que se presentan en mayor abundancia con valores bajos de temperatura, se tiene:

Organismos que no se relacionan con la temperatura : copépodos, quetognatos, apendicularios, eufáusidos, huevos de peces, larvas de peces, gasterópodos, lamelibranquios, sifonóforos, ostrácodos, medusas, doliolidos y poliquetos.

Organismos que se presentan en mayor abundancia con altos valores de temperatura: cladóceros y larvas de decápodos.

Organismos que se presentan en mayor abundancia con bajos valores de temperatura: foraminíferos y larvas de eufáusidos.

Aunque el muestreo mensual durante un año se lo considera corto, como para poder establecer patrones de distribución de los organismos en relación a características hidrográficas, el estudio de algunos organismos del zooplancton como foraminíferos planctónicos y larvas de eufáusidos han permitido identificar la posible influencia de las diferentes masas de agua tanto cálidas provenientes de la cuenca de Panamá como frías provenientes de la corriente de Humboldt.

Estos resultados son preliminares por lo que se pretende continuar con el estudio de los organismos durante un período más largo, tratando de definir especies que nos ayuden a identificar perturbaciones naturales de eventos como "El Niño".

Las diatomeas se hicieron presentes en aguas ligadas a temperaturas relativamente frías (23.2°C). La especie predominante fue *Nitzschia* sp.

Las menores concentraciones de fitoplancton en marzo (3142 cel/l) coincidieron con la abundancia de eufáusidos, especies principalmente fitófagas.

AGRADECIMIENTO

Por la presente deseo expresar mis agradecimientos al Director del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, al Jefe del Departamento de Ciencias del Mar por las facilidades brindadas para la elaboración y publicación de este trabajo.

Al TNNV-UN Fernando Zurita por la revisión y corrección del artículo.

A la Dra. Elena Gualancañay por su ayuda en la identificación de foraminíferos y correcciones del manuscrito, a los señores de la Superintendencia del Terminal Petrolero de La Libertad por la facilidad brindada con la embarcación y al Sr. Víctor Mesías por la ilustración y diagramación de los gráficos.

BIBLIOGRAFIA

- Alvariño, A., 1976.-** El zooplancton y la Pesca. Mem. Simp. Recur. Pesq. Masivos México. Ensenada, B.C., del 28 de septiembre de 1976 En: Acta Oceanográfica del Pacífico. Ecuador. Jiménez y Bonilla (1980) 1 (1): 19-64.
- Arcos, F. y M.A. Bonilla, 1989.-** Variación temporal del zooplancton de una estación fija en Bahía Academia (Galápagos) período 1986-1988: su relación con la temperatura superficial. Acta Oceanográfica del Pacífico. Ecuador. 5(1): 14-23.
- Cornejo de González, M. y T. Antezana, 1979.-** Distribución de los Eufáusidos Epipelágicos del Ecuador y su validez como indicadores de masas de agua (Crustácea, Zooplancton). Acta Oceanográfica del Pacífico. Ecuador. 3(1): 1-30.
- Jiménez, R. y D. Bonilla, 1980.-** Composición y Distribución de la Biomasa del plancton en el Frente Ecuatorial. Acta Oceanográfica del Pacífico. Ecuador. 1(1): 19-64.
- Luzuriaga de Cruz, M., 1980.-** Sistemática y Ecología de los Foraminíferos Planctónicos vivos en el mar Ecuatoriano: Tesis Doctoral. Univ. de Guayaquil, Ecuador, 1-82.
- Miró, M. D., de, 1971.-** Los Foraminíferos Planctónicos vivos y sedimentos del margen continental de Venezuela: Tesis Doctoral Univ. de Barcelona (manuscrito) 322., lám. I-V. En: Tesis Doctoral. M. Luzuriaga de Cruz 1980.
- Mc Ewen, G. F., M.W. Johnson y T.R. Folsom, 1954.-** A statical analysis of the performace of the Folsom plankton sample splitter, based upon test observations: Arch. Meteor. Geoph. Bioklimat. Ser. A, 7: 502-527.
- Newell, G. y R. Newell, 1963.-** Marine Plankton. Hutchinson Educational. 1era. ed. Printed in Great Britain, 244 p.
- 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. Ecuador. 2(1): 31-51.
- Tregouboff, G. y M. Rose, 1957.-** Manuel de Planctonologie Méditerranéenne. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris. Tome II.
- Vervoort, W., 1946.-** The Copepoda of the Snellius Expedition. I. Leiden. E.J. Brill, p. 181. En Bjornberg 1963.

PRESENCIA DE *LIMNORIA SP.*, PERFORADOR MARINO DE MADERAS EN LOS PRINCIPALES PUERTOS DEL ECUADOR. (Crustácea: Isopoda: Flabellifera)

Por:

GLADYS TORRES (1)

RESUMEN

Este reporte de Limnoria sp. es el primer registro dado a conocer para Ecuador, ampliándose de esta manera su distribución para la costa occidental de América del Sur. Durante las investigaciones realizadas en los años 1984-85, 1987, 1988-89, fueron expuestos paneles de maderas no tratados, para verificar la ocurrencia de organismos perforadores en el medio marino en los principales puertos del Ecuador.

Se discuten detalles de los resultados y conclusiones sobre su distribución con otras investigaciones. Se relacionan gráficos de temperatura y salinidad que podrían influenciar su presencia.

ABSTRACT

This is the first report of Limnoria sp. in Ecuador, extending in this way its distribution for the west coast of South America. Observations were followed during the years 1984-85, 1987, 1988-89, in untreated-wood test panels exposed to investigate its presence of wood-boring organisms in the main harbors of Ecuador.

The results of these investigations were discussed with other ones about the distribution. Factors influencing its presence, such as salinity and temperature are presented.

INTRODUCCION

El área de estudio comprende los principales puertos: Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja, Guayaquil, y Puerto Bolívar en la costa; Ptos. Ayora, Baltra y Baquerizo en Galápagos (Fig. 1).

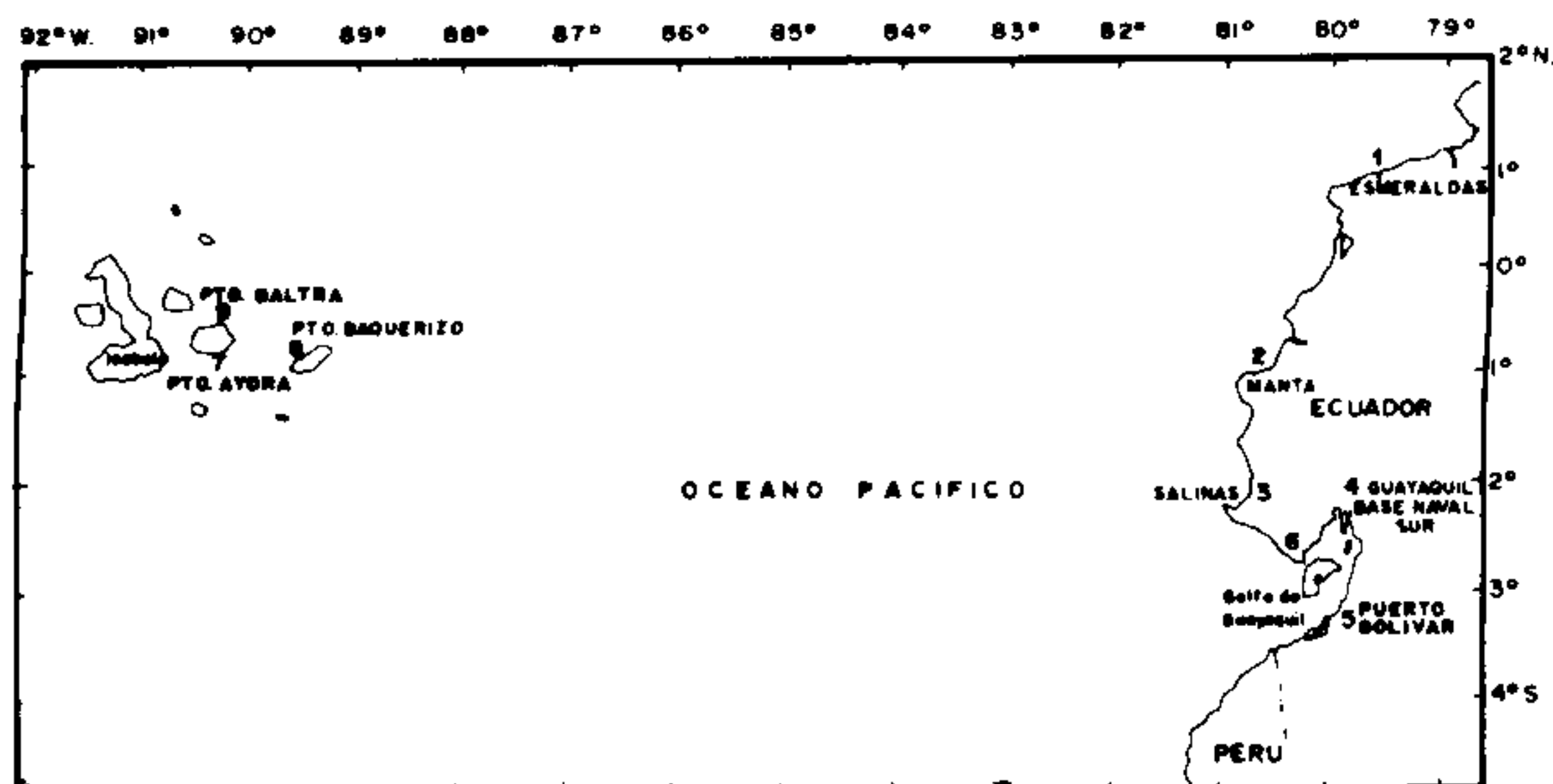


Fig. 1. Mapa de los principales puertos del Ecuador: se presenta la situación geográfica de las estaciones de los colectores de maderas.

Las condiciones oceanográficas de las costas de nuestro país tienen un ciclo anual de dos regímenes hidrográficos con características propias y bien diferenciadas: verano con una época seca y fría y el invierno con un alto índice de humedad y temperaturas (Moreano, 1983).

Al analizar estos procesos básicos de los ecosistemas costeros, se presentan dos áreas que tienen mayor influencias de aguas continentales, al norte en la provincia de Esmeraldas y al sur el Golfo de Guayaquil. El área entre Manta y Salinas es una zona de transición debido a la influencia de corrientes marinas con desplazamientos hacia el norte o sur, según las intensidades de los cambios estacionales, caracterizándose por tener temperaturas y salinidades diferentes a las áreas estuarias (Fundación Pedro Vicente Maldonado, 1987).

Por lo expuesto, las condiciones del mar en la región costera están fuertemente influenciadas por cambios Océano-atmosféricos como el Fenómeno de "El Niño" que afectan en el Ecuador y norte de Perú (Moreano et al., 1987; Enfield, 1989). Estos cambios

ambientales estacionales también afectan al bentos sublitoral (Arntz, 1985; Gallardo, 1985), en formas que recién comienzan a ser vislumbradas o no se conocen todavía en Ecuador.

Se conoce las especies de moluscos perforadores de maderas, su distribución en el litoral ecuatoriano (Cruz, et al., 1987) y las maderas más resistentes a su ataque como, el moral, laurel y palo de vaca (Cruz, et al., 1989).

El género *Limnoria*, pertenecen a la familia Limnoriidae del orden Flabellifera (Barnes, 1974). Tanto los jóvenes y adultos están equipados con un par de mandíbulas con la cual raspan la madera para su nutrición y protección (Reish, 1979), generalmente en las naciones de habla inglesa se los conoce como "gribbles".

El propósito de estas investigaciones, es contribuir al conocimiento sobre la presencia de *Limnorias* en los principales puertos del Ecuador, además evaluar el daño que ocasionan.

ANTECEDENTES

Son pocas las especies de moluscos y crustáceos facultados para perforar maderas. Según Miller (1966), este hábito es una forma adquirida en la larga historia evolutiva, eran considerados como provechosos en el orden natural, porque a través de los diluvios y otras vías se encontraron gran cantidad de maderas en el mar, estas se presentarían flotado por largo tiempo si no hubieran las actividades de los organismos perforadores de maderas. Pero tan pronto como el hombre se inició, empezó a utilizar cualquier transporte de maderas vírgenes sobre el mar, los perforadores marinos también regresan provocando problemas grandes (Bultman, 1978).

Turner (1984), "las investigaciones sobre perforadores marinos han sido espasmódicas, y la presencia de *Limnoria* y *Chelura* son mencionados antes del año 1900 (Stevenson 1824, Coldstream 1834, Stevenson 1874, Hock 1883), pero estos perforadores no eran considerados como un problema serio a excepción en las masas de aguas frías de altas latitudes".

Estos organismos destructores son principalmente ciertas especies de moluscos (Turner, 1984), crustáceos (Johnson, 1935; Johnson y Mensies, 1956; Eltringham y Hockley, 1961; Perkins, 1974) y otros micro-organismos adherentes al sustrato superficialmente: algas, hongos y ciertas bacterias marinas (Wood, 1967; Fricker, 1967). Las *Limnorias* probable-

mente no requieren de un sustrato superficial precondicionado (Reish y Barnard, 1979), porque ellas infestan maderas nuevas; no contienen microflora en el estómago para digerir la celulosa como las termitas (Boyle y Mitchell, 1984). Por lo contrario la larvas de los teredos, si necesitan de este sustrato.

La *Limnoria* morfológicamente son mucho más pequeñas que los teredínidos, con una longitud de 0.8 a 1.2 mm, cabeza plana y cuerpo con 13 segmentos, también plano. Por el contrario de los teredos, que destruyen la madera desde su interior, *Limnoria* ataca la superficie, perforando oblicuamente formando una masa de túneles interconectivos de aproximadamente media pulgada de diámetro. Consecuentemente, la capa superficial de las maderas son reducidas a masas esponjosas que son fácilmente destrozadas por las olas o por acción mecánica. Perkins (1974), al precisar su habitat, determina que no penetran en áreas estuarinas como lo hacen los teredos, ellas requieren de grandes cantidades de oxígeno y es por esto la razón aparente, que su actividad de perforar es en las capas superficiales de la madera, para proveerse de un adecuado suplemento de oxígeno y a grandes profundidades debería ser dificultoso, desintegrando la madera rápidamente capa tras capa.

DISTRIBUCION

En las áreas tropicales, templadas y boreales, donde la contaminación ha sido establecida y donde las salinidades no están marcadamente reducidas por influencias de aguas continentales, han resultado áreas beneficiosas para los perforadores de maderas (Johnson y Menzies, 1956).

En las investigaciones de Johnson (1935), las infestaciones de *Limnorias* son provocadas por transportación accidental de pedazos de maderas infestadas, desde muelles, embarcaciones o por vagamientos estacionales de individuos nadando libremente.

El género *Limnoria* está aproximadamente bien distribuido en la costa del Pacífico y Atlántico del Norte América, aguas templadas del Artico, Sur Africa, Islas Lofoten en el Mar Negro; Australia y Nueva Zelandia (Perkins, 1974); costas de India (Santhakumaran, 1976); también para las Islas Hawaii, Samoa, Christmas (Miller, 1966); Uruguay (Calvo, 1984).

En el Pacífico Oeste de América del Sur, hay muy pocos reportes publicados de su presencia. Miller en su trabajo "Distribución of Marine Wood-Boring Organisms in the Tropical Eastern Pacific Ocean", menciona que posiblemente en las Islas Galápagos y al

oeste de las costas del Pacífico de América del Sur se encuentre una especie de *Limnoria* y 3 especies de *Teredinidos*. En Cruz, et al., (1987), "Estudio de los Moluscos Bivalvos perforadores de la madera *Rhizophora harrisonii* (mangle) en la costa ecuatoriana", reporta 14 especies de la familia *Teredinidae*, 1 de *Pholadidae* y al isópodo *Limnoria*.

IMPORTANCIA

Los isópodos en general, son un constituyente en la dinámica trófica de estuarios como una fuente de alimento para peces (Powell, 1979). Además Fricker (1967), Arnold (1968), Bultman (1971), Reish (1972), Pillai (1973), y otros investigadores mencionan al isópodo *Limnoria* como uno de los problemas de gran importancia económica en el sentido negativo por las destructivas perforaciones a estructuras de maderas sumergidas en el mar. Se refieren al gran daño que producen estos organismos en los mencionados cascos de madera e incidentalmente, en obras de construcción en puertos y costas, como son los muelles, compuertas para acuicultura, puentes y otros similares, donde los pilotes son dañados y finalmente destruidos en toda su porción que se encuentra bañada por el mar.

MATERIALES Y METODOS

Se pusieron tres colectores formados de diferentes maderas en cada uno de los puertos (Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja, Guayaquil y Pto. Bolívar) con la finalidad de obtener información trimestral. A cada uno de los bloques de maderas, después de sacarlos del mar se identificaron el estado de degradación que presentaba cada bloque y se les preservaba con formol al 10%.

Para la separación de los organismos se utilizó pinzas apropiadas, y la ayuda del estero-microscopio, tratando de obtener los especímenes completos, sin dañarlos. Se presentan datos de salinidad y temperatura tomados por el Laboratorio de Oceanografía Química de INOCAR.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Según los resultados del análisis en los diferentes puertos (Fig. 1), este grupo de crustáceos se presentó en la costa central del Ecuador y análisis recientes en los Puertos: Ayora, Baltra y Baquerizo en Galápagos (Fig. 2).

Las aguas más frías se presentan en verano, mientras en invierno son templadas y según la inten-

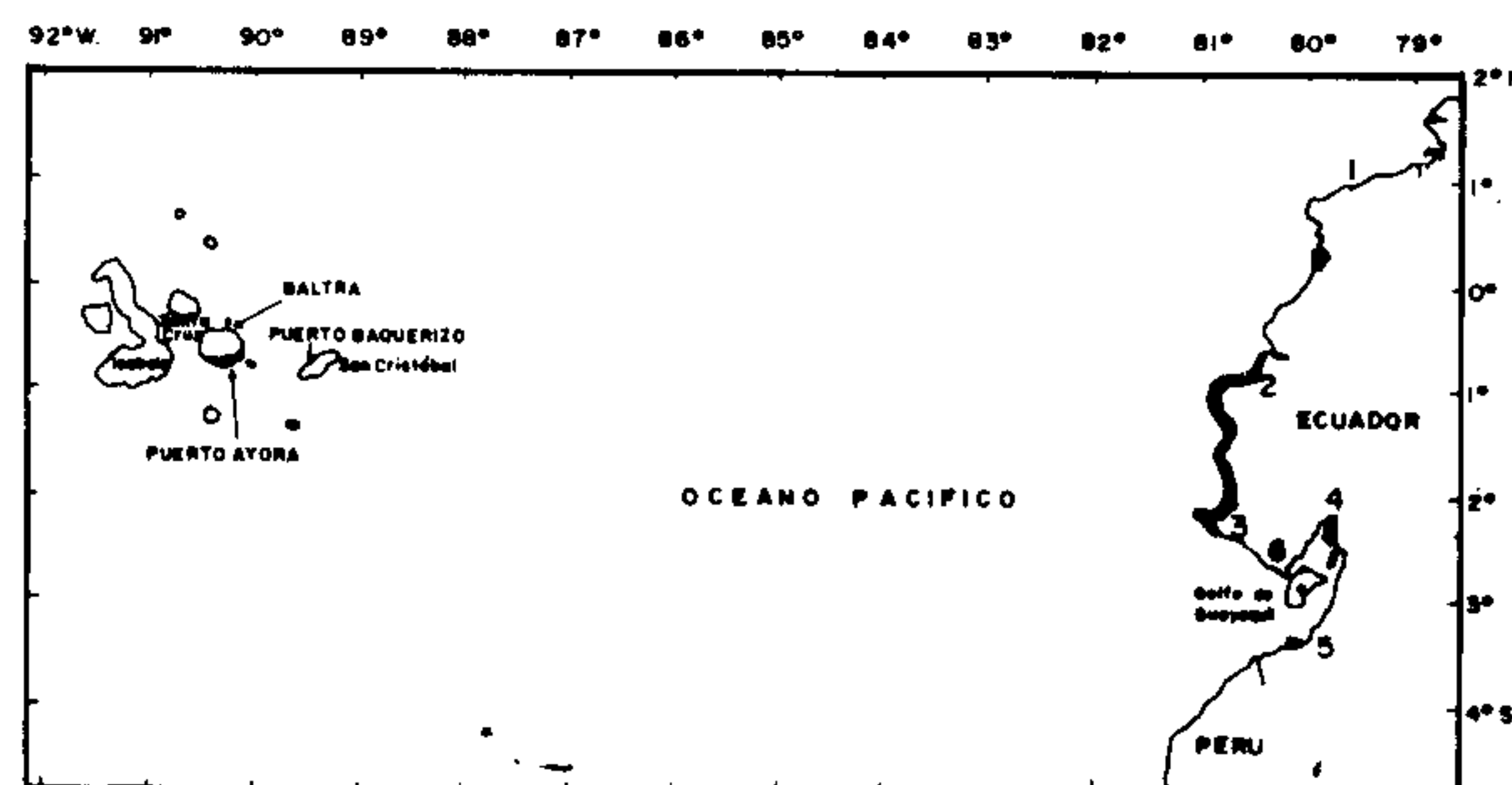


Fig. 2. Distribución de *Limnoria* "Perforadores de maderas marinos" en el Litoral Ecuatoriano y región Insular Galápagos.

sidad de la época, hacen variar las condiciones ecológicas, provocando que la presencia de *Limnoria* sp. sea esporádica o que ellas migren estacionalmente (Johnson y Menzies, 1956) la cual podría estar asociado con el estado reproductivo (Johnson, 1935).

Todo este breve análisis de posibles migraciones de *Limnoria* sp. se distorsionarían al presentarse el Fenómeno "El Niño" que hace variar las condiciones estacionales, como los parámetros de salinidad, temperatura, oxígeno, nutrientes, etc. Investigaciones anteriores no han relacionado este grupo de organismos con Fenómenos Océano-atmosféricos como "El Niño".

El área entre Manta y Salinas, tiene pocas estructuras de madera, pero sin embargo tienen un elevado tránsito portuario y de pesca industrial especialmente en Manta, pero en la mayoría de los pueblos en las riberas del mar tienen embarcaciones de madera empleados en la pesca artesanal. En Galápagos hay una gran demanda de embarcaciones turísticas, que probablemente se encuentren infestadas por organismos perforadores y es, de esta manera un medio de transporte para su distribución.

Perkins (1974), sugiere que una salinidad de 15-16 ‰, es limitante para *Limnorias* y es por eso que no penetran en los estuarios. En los resultados de este trabajo no se reportan en áreas estuarinas como el Puerto de Esmeraldas, Posorja, Guayaquil y Pto. Bolívar (Fig. 2).

En Salinas y Manta, la salinidad varía de 29.65-35.89 ‰ con una temperatura entre 21.10-27.70°C. (Fig. 3). En Powel (1979), en sus estudios sobre los efectos en la variación de salinidad y temperatura, los isópodos sobreviven en condiciones de altas salinidades (30-34 ‰) y bajas temperaturas (4-10°C). El stress de la salinidad y temperatura causa en un organismo, un gran aumento en el consumo de oxígeno del que normalmente requieren. Gelday y Kocatas (1972), reporta que en aguas limpias y agitadas encontró mayor número de *Limnorias*, que en aguas contaminadas y calmadas.

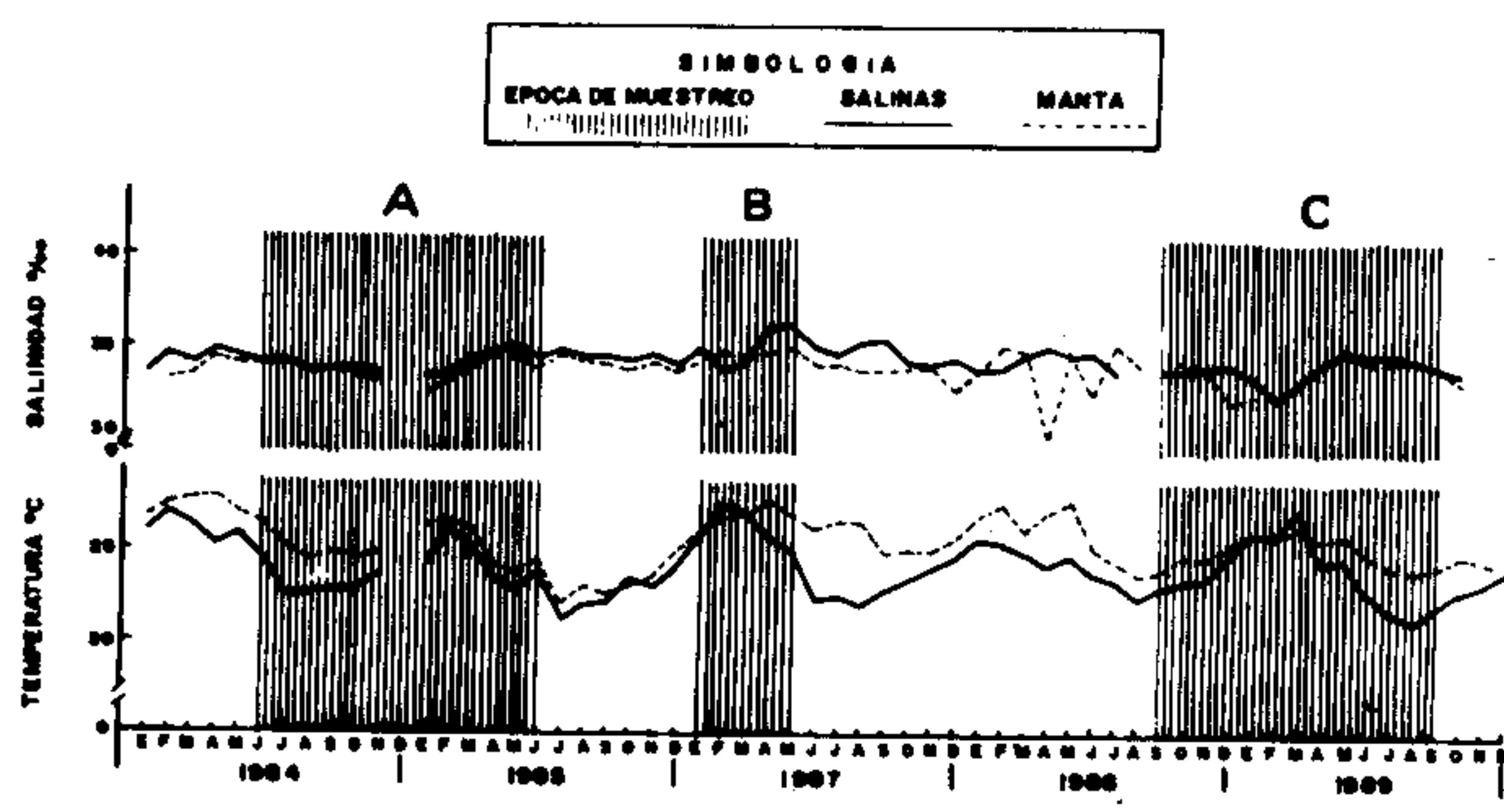


Fig. 3. Variaciones de medias mensuales de temperatura y salinidad de Manta y Salinas. A, B, C, son los períodos de exposición de los paneles de maderas.

En 1984-85, la abundancia de *Limnoria* sp. se presentó durante toda la época de muestreo. En 1987, de enero a mayo, no se encontraron. En 1988-89, su abundancia fue menor especialmente en invierno, comparada con los años 1984-85. Según las condiciones oceanográficas en 1987, se presentaron anomalías como "El Niño" no intenso, desde febrero comenzando a retornar a lo normal en mayo (Cucalón y Maridueña, 1988). Estas anomalías también se detectaron frente a las costas de Perú y Chile.

CONCLUSIONES

Se registro de *Limnoria* sp. a lo largo de las costa ecuatoriana en Manta, Salinas y Galápagos. Prefieren áreas con alta salinidad y no se encuentran en áreas estuarinas. La salinidad y temperatura tienen una relación directa con el habitat y su posible migración durante eventos como "El Niño" en 1987.

La infestación causada por *Limnoria* es superficial y fácilmente confirmado durante una examinación de un pilote, sucediendo lo contrario con los teredínidos, no es realmente accesible a simple vista.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis agradecimientos al señor Director y al Jefe de Ciencias del Mar del Instituto Oceanográfico de la Armada, cuyo decidido apoyo hizo posible la realización de este trabajo y al señor Víctor Mesías O. por la diagramación y dibujos realizados.

BIBLIOGRAFIA

Arnold, A., 1968.- The Sea-Beach at ebb-tide: VI Arthropoda. Dover Publications INC., New York. p. 237-298.

Arnts, W., 1985.- The two Faces of "El Niño 1982-83. Sonderdruck aus Bd. 31, H.I, S. p. 1-46.

Barnes, H., 1974.- Zoología de Invertebrados. Interamericana, 3er. edic. p. 1-807.

Boyle, P. y R. Mitchell, 1984.- The Microbial Ecology of Crustacean Wood Borers. Marine Biodegradation: An Interdisciplinary Study. In Proceedings of the Symposium on Marine Biodegradation, Uniformed Services University of Health Sciences, 20-23 abril 1981, eds. J. Costlow y R. Tipper. Naval Institute Press. Annapolis, Maryland 21402 p. 17-24.

Bultman, J., 1978.- The naval Research Laboratory and Marine Wood-destroyers. Naval research, Arlington. 21 (8): 1-29.

Calvo, G., 1984.- Ataques de organismos perforantes a 6 especies de maderas expuestas al medio marino. Contrib. Dpto. Ocean. (F.H.C.) Montevideo. 1(3): 1-19.

Cruz, M., G. Torres y F. Villamar, 1987.- Moluscos bivalvos perforadores de la madera *Rhizophora harrisoni* (mangle). Acta Oceanográfica del Pacífico. 4(1): 121-160.

Cruz, M., G. Torres, y F. Villamar, 1989.- Estudio comparativo de los moluscos bivalvos perforadores de las maderas más resistentes (laurel, moral, palo de vaca) y la más "atacada" (mangle) en la costa ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico. 5(1): 49-55.

Cucalón, E. y L. Maridueña, 1988.- El Fenómeno El Niño de 1987 y sus efectos en la pesquería pelágica ecuatoriana. International Symposium on Living Resources and Fisheries CPPS/FAO/IOC/UNEP/CEE. Viña del Mar, Chile 9-13 mayo, p: 12.

Eltringham, S. y R. Hockley, 1961.- Migration and reproduction of the wood-boring isopod, *Limnoria*, in Southampton water. Limnol. Oceanogr. 6: 467-482.

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

Fricker, A., 1967.- Biological Oceanography: Fouling and deterioration. Since and the sea. U.S. Naval Oceanographic Office. Washington D.C. p. 18-19.

Fundación Pedro Vicente Maldonado, 1987.- Ecuador perfil de sus recursos costeros. PMRC

- Proyecto de Manejo de Recursos Costeros. p. 1-260.
- Helday, R. y A. Kocatas, 1972.- Isopodos collected in Izmir Bay, Aegean sea. Crustaceana: studies on Peracarida (Isopoda, Tanaidacea, Amphipoda, Mysidacea, Cumacea) 3: 193-220.
- Gallardo, V., 1985.- Efectos del Fenómeno de "El Niño" sobre el bentos sublitoral frente a Concepción, Chile. En "El Niño" y su impacto en la fauna marina. Inst. del Mar del Perú, eds. W. Arnts, A. Landa y J. Tarazona. p. 79-86.
- Johnson, M., 1935.- Seasonal migrations of the wood-borer *Limnoria lignorum* (Rathke) at Friday Harbor, Washington. Reprinted from Biological Bulletin, LXIX (3): 427-438.
- Johnson, M. y R. Menzies, 1956.- The migratory habits of the marine gribble *Limnoria tripunctata* Menzies in San Diego Harbor, California, Reprinted from Biological Bulletin, 110 (1): 54-68.
- Miller, R., 1966.- Distribution of Marine Wood-boring organisms in the Tropical Eastern Pacific Ocean. In Proceedings of the Symposia of the Galápagos International Scientific Project, ed. by R. Bowman (18): 145-148.
- Moreano, H., 1983.- Interacción Océano-Atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. 2(1): 1-11.
- Moreano, H., E. Zambrano, R. Trejos de Suéscum y N. Paredes, 1986.- El Niño 1982-1983. Su formación, su desarrollo y sus manifestaciones en aguas ecuatorianas del Pacífico. Acta Oceanográfica del Pacífico. 3(1): 1-23.
- Pillai, T., 1973.- Pest and predators in Coastal Aquaculture Systems of the Indo-Pacific Region. In Coastal Aquaculture in the Indo-Pacific Region: VI-Pest and Predators. Edi. T V R. Pillay. p. 456-470.
- Perkins, E., 1974.- The Biology of Estuaries and Coastal Waters: Fouling and boring organisms. Edit. Academic Press. Inc. (London). Ltd. 12: 353-393.
- Powell, Ch., 1979.- Isopods Other Cyathura (Arthropoda: Crustacea: Isopoda). Chapter 10: 325-343.
- Reish, D., 1972.- Biological changes in Los Angeles Harbor following pollution abatement. Calif. Mar. Res. Comm., CalCOFI Rept., 16: 118-121.
- Reish, D. y J. Barnard, 1979.- Amphipodos (Arthropoda: Crustacea: Isopoda: Anthuridae). Pollution Ecology of Estuarine Invertebrates. Chapter 11: 345 - 370.
- Santhakumaran, L., 1976.- Marine Wood-borers from the west Coast of India, with a note on the distribution of various species along the Indian Coast. Research Officer Wood Preservation Centre (marine). Bombay (India). p. 231-240.
- Turner, R., 1984.- An Overview of Research on Marine Borers: Past Progress and Future Direction. Marine Biodeterioration: An Interdisciplinary Study. In Proceedings of the Symposium on Marine Biodeterioration, Uniformed Services University of Health Sciences, 20-23 abril 1981, eds. J. Costlow y R. Tipper. Naval Institute Press. Annapolis, Maryland 21402, p. 3-16.
- Wood, E., 1967.- Some economic aspects of water microbiology: Marine Borer and microbiology. In Microbiology of Oceans and Estuaries. Elsevier Publish. Comp. Vol. 3(VIII): 206-225.

BIOENSAYO PARA CALCULAR EL CL₅₀ DEL DISPERSANTE DE PETROLEO BP 1100-WD CON LARVAS DE CAMARON *PENAEUS VANNAMEI*

Por:

FRANCISCO VILLAMAR F. (1)

RESUMEN

*En el presente estudio se realiza un bioensayo para determinar la concentración media letal (CL₅₀) del dispersante de petróleo BP 1100-WD, para lo cual se utilizó larvas de camarón *Penaeus vannamei*.*

Los valores obtenidos en la primera prueba de tanteo, se ubicó el CL₅₀ entre las concentraciones 5.6 y 10 PPM, en la segunda prueba el CL₅₀ se encontró entre las concentraciones 4 y 5 PPM.

El valor de Chi² (X²) para determinar la homogeneidad de la población fue de 0.4340 valor que es menor al de la Tabla de Pearson, por lo tanto se acepta la hipótesis, porque existe homogeneidad en la población ensayada y el valor de CL₅₀ es válido estadísticamente.

El valor de la curva de mortalidad fue: $Y = 5.3157 + 2.900535 (x - 0.7874)$

Se describe el método estadístico de Bliss (1935-1938), mediante el cual fueron obtenidos los datos presentados en la Tabla III y el resultado del CL₅₀ = 4.77 ± 1.67 PPM.

ABSTRACT

*A bioassay is performed in this investigation in order to determine the median lethal concentration (CL₅₀) of petroleum dispersant BP 1100-WD, for which *Penaeus vannamei* shrimp larvae were used.*

The values obtained in the first screening test determined the CL₅₀ to be between a concentration of 5.6 and 10 PPM; in the second test the CL₅₀ was between the concentration of 4 and 5 PPM.

The value of chi² (X²) corresponds to 0.4340, which is less than that of the Pearson table. Therefore, the hypothesis is accepted upon finding the existence of homogeneity in the population and the CL₅₀ value statistically valid.

The value of the mortality curve was: $Y = 5.3157 + 2.900535 (x - 0.7874)$

The investigation describes the statistical Bliss method (1935-1938) through which the data presented in Table III, and the result was obtained CL₅₀ = 4.77 ± 1.67 PPM.

INTRODUCCION

Teniendo en cuenta la necesidad de determinar los efectos biológicos de ciertos contaminantes que llegan al mar cuya sustancia fisiológicamente activa se desconoce, se están implementando los estudios de bioensayos, utilizando organismos vivos en condiciones de laboratorio debido a la información bastante rápida

con que se puede obtener de las dosis letales (DL) y medias letal (CL₅₀) que afectan la sobrevivencia de los organismos marinos y estuarinos (Bellan, 1981).

Este estudio de carácter preliminar sobre el cálculo de la concentración media letal (CL₅₀) de agentes contaminantes con especies marinas provenientes del Golfo de Guayaquil en condiciones de laboratorio,

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR.- P.O. Box, 5940.- Guayaquil - Ecuador.

servirán para determinar en forma indirecta, el efecto biológico que se producen en los organismos vivos del plancton y bentos de la costa ecuatoriana.

De esta forma se evalúa el daño orgánico y la capacidad de bioacumulación que tienen ciertos organismos marinos. Además, se desea conocer los grados de toxicidad de algunos compuestos antropogénicos como información valiosa y establecer el impacto potencial en el medio marino.

De acuerdo a Stora (1974) es posible realizar un análisis homogéneo de la población muestreada y obtener un valor correcto de la concentración letal junto a los límites de confianza de esos valores. Si la población de los organismos vivos es heterogénea, la mortalidad a diferentes concentraciones producida por una toxina, puede ser significativa. Por esta razón las mayores determinaciones de concentraciones letales, son reportadas solamente con un rango de valores entre los cuales la verdadera concentración es para el 50% de mortalidad (CL_{50}), u otra medida de toxicidad porcentual.

En definitiva el propósito de realizar bioensayos es la de comparar la toxicidad de diferentes compuestos y conocer la sensibilidad de las diversas especies, para determinar los mecanismos de los efectos de las sustancias ensayadas (Alcazar, 1988).

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de bioensayos del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, durante el mes de diciembre de 1989. Se aplicó la metodología básica para pruebas de toxicidad y bioensayos de tipo estático de corta duración recomendadas por FAO (1981), propuestas por la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Se seleccionó el dispersante de petróleo BP 1100-WD, por considerarse una sustancia de toxicidad media (Nagell, 1974) y se utilizó post-larvas (PL 5) de camarón blanco *Penaeus vannamei* provenientes del Golfo de Guayaquil como organismos sensibles a la experimentación de acuerdo a Leong (1983), además por ser de importancia comercial para el Ecuador (Cun, 1982).

Las larvas con longitud de 5 ± 1 mm. fueron aclimatadas a las condiciones del laboratorio: 26°C de temperatura, 5.5 ml/l inicial y 4.2 ml/l final de oxígeno disuelto, luminosidad relativa al día o la noche y; 34‰ de salinidad, durante tres días consecutivos. Al mismo

tiempo se las alimentó con células del fitoplancton, *Tetraselmis* sp. y *Chaetóceros* sp.

En el primer experimento o prueba de tanteo, se utilizaron cinco concentraciones de BP 1100-WD: .56 - 1 - 5.6 - 10 - 100 PPM (escala logarítmica) y un control de mortalidad observada para determinar el 50% de organismos muertos (CL_{50}) (Tabla I).

En la segunda prueba se utilizaron ocho concentraciones de BP 1100-WD: 4-5-6-7-8-9-10-20 PPM (escala aritmética) y un control. Los valores de mortalidad observada y el CL_{50} se encuentran en la Tabla II.

En el primero y segundo experimento se introdujo cinco larvas para cada concentración y el mismo número para el control en recipientes de vidrio de 125 ml.

Las observaciones se las realizaron a las 24-48-72 y 96 horas de exposición, con el objeto de extraer y contabilizar los organismos muertos, considerados de tal manera por la cesación de sus movimientos. Las diluciones no fueron cambiadas pero si oxigenadas cada 24 horas durante un minuto.

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente aplicando el método de Bliss (1935-38) en Stora (1974), para determinar el CL_{50} , el mismo que se basa en la relación dosis-efecto. Este método tiene una variación lineal de los probits de mortalidad en función de los logaritmos de las concentraciones; además minimiza los extremos y maximiza las concentraciones medias. Para éste efecto se realizan ciertas transformaciones hasta llegar a una recta de regresión, considerada como información válida estadísticamente.

Por ser esta la primera contribución aplicando este método bioestadístico, se transcribe el método de Bliss, mediante el cual fueron obtenidos todos los datos expuestos en la Tabla III, de la siguiente manera:

- 1.- Convertir las concentraciones usadas a logaritmo.
- 2.- Convertir el número de animales muertos a porcentajes.
- 3.- Establecer los probits empíricos de las tablas de Bliss, los mismos que están en función del porcentaje de muertos.
- 4.- Graficar una curva provisional, para lo cual los probits empíricos son ploteados frente al loga-

ritmo de las concentraciones, trazando una línea que pase por estos puntos, ya sea a ojo o siguiendo el método de mínimos cuadrados con la fórmula $y' = a + bx$.

- 5.- Se estiman los probits esperados a partir de la recta anterior y se obtienen valores probables de probits correspondientes a cada logaritmo de las concentraciones, los mismos que pueden ser leídos directamente del gráfico o a través de la ecuación del punto cuatro.
- 6.- Se calculan los probits corregidos (Y), para establecer la curva de mortalidad según las siguientes ecuaciones:

$$\text{si } y' > 5 \text{ entonces } y = (Y + \frac{Q}{Z}) - q \left(\frac{1}{Z} \right)$$

$$\text{si } y' < 5 \text{ entonces } y = (Y - \frac{P}{Z}) + p \left(\frac{1}{Z} \right)$$

$(Y + Q/Z)$, $(Y - P/Z)$, $(1/Z)$, son parámetros que se leen en las tablas de Bliss de los probits esperados y que corresponden en el mismo orden a máximo corregido, mínimo corregido y rango, además q y p representan proporción de sobrevivencia y muertos respectivamente, expresados en valores comprendidos entre cero y uno.

- 7.- Cada valor de los probits está ligado a un valor de peso que se estima por la ecuación: $W = N (Z^2/PQ)$, donde N es el número de animales en cada concentración.
- 8.- Se calcula la curva de mortalidad con los logaritmo de las concentraciones (X), los probits corregidos (Y), y los coeficientes de ponderación (W), según:

$$Y = \bar{y} + b (X - \bar{x}) \quad (8)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum (wy)}{\sum (w)} \quad (8.1)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum (wx)}{\sum (w)} \quad (8.2)$$

$$b = \frac{\sum (wxy) - \bar{y} \sum (wx)}{\sum (wx^2) - \bar{x} \sum (wx)} \quad (8.3)$$

$$X = \bar{x} + \frac{1}{b} (Y - \bar{y}) \quad (8.4)$$

Donde Y de la ecuación (8.4) es un valor obtenido de las tablas de Bliss para los porcentajes de muertos. Así, CL_{50} se lee 50%.

9. El cálculo de la linealidad entre los valores observados y la curva de mortalidad se determina por medio del análisis del χ^2 (χ^2) según la ecuación:

$$\chi^2 = [\sum (wy^2) - \bar{y} \sum (wy)] - b [\sum (wxy) - \bar{y} \sum (wx)]$$

con n - 2 grados de libertad y 95% de confianza leídos en las tablas de Pearson n será el número de concentraciones usadas. Si el valor dado en la tabla de Pearson es más alto que los valores calculados para un límite de confianza del 95% podemos estar seguros de la linealidad de la curva y la homogeneidad de la población.

10. El valor de la varianza y la desviación estándar son obtenidos mediante la ecuación:

$$v (\log LC_{50}) = \frac{1}{(b)^2} \left[\frac{1}{b} \frac{(Y - \bar{y})^2}{\sum (wxy) - \bar{y} \sum (wx)} + \frac{1}{\sum (w)} \right]$$

$$\text{Desviación estándar} = \text{Antilog} [2 \sqrt{v (\log CL_{50})}]$$

$$\text{El valor del } CL_{50} \text{ será: } CL_{50} \pm 2\sigma$$

$$CL_{50} = 4.77 \pm 1.67 \text{ PPM.}$$

RESULTADOS

Se determinó el grado de toxicidad del dispersante de petróleo BP 1100-WD, mediante el uso de larvas de camarón *Penaeus vannamei* (Tabla III).

En la primera prueba la concentración media letal (CL_{50}) se ubicó entre 5.6 y 10 PPM a las 96 horas de exposición (Tabla I). En la segunda prueba definitiva el CL_{50} - 96h. la concentración media letal recayó entre 4 y 5 PPM (Tabla II).

En ésta segunda ocasión a los datos se les aplicó el método estadístico de Bliss, mediante el cual se obtuvo como resultado que el CL_{50} a 96 horas es de 4.77 ± 1.67 PPM., con n - 2 grados de libertad y 95% de

HORAS CONC. PPM	24	48	72	96	CL ₅₀
0.56	0	0	0	0	5.6 - PPM
1	0	0	0	2	
5.6	0	0	1	2	
10	3	3	4	4	
100	5	5	5	5	

TABLA I.- Mortalidad de *Penaeus vannamei* con BP 1100 -WD Cálculo del CL₅₀ Primer Experimento

HORAS CONC. PPM	24	48	72	96	CL ₅₀
4	0	0	0	2	4 - 5 PPM
5	0	0	3	3	
6	0	0	3	3	
7	0	0	3	3	
8	0	0	4	4	
9	0	3	4	4	
10	3	5	5	5	
20	3	5	5	5	

TABLA II.- Mortalidad de *Penaeus vannamei* con BP 1100 - WD Cálculo del CL₅₀ Segundo Experimento.

PPM	Mortalidad	%	Logaritmo de las concentraciones	Probits empíricos	Probits probables esperados	Probits corregidos	$\frac{z^2}{PQ}$	W	WX	WY	WYX	WX ²	WY ²
4	2	40	0.60206	4.74700	4.79	4.7468	0.62740	3.1314	1.8853	14.8639	8.9490	1.1350	70.5559
5	3	60	0.69897	5.25300	5.08	5.2512	0.63476	3.1738	2.2184	16.6661	11.6491	1.5506	87.5165
6	3	60	0.77815	5.25300	5.31	5.1630	0.61454	3.0727	2.3910	15.8642	12.3447	1.8606	81.9064
7	3	60	0.84510	5.25300	5.51	5.2383	0.57869	2.8935	2.4453	15.1566	12.8089	2.0665	78.3944
8	4	80	0.90309	5.84200	5.68	5.8321	0.53686	2.6843	2.4242	15.6551	14.1379	2.1892	91.3015
9	4	80	0.95424	5.84200	5.83	5.8405	0.49324	2.4662	2.3533	14.4039	13.7448	2.2457	84.1268
10	5	100	1.00000	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
20	5	100	1.30103	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

SUMATORIA 17.4218 13.7174 92.6099 73.6345 11.0476 494.8016

$\bar{x}$ = 0.7814 $\bar{y}$ = 5.3157 b=2.9005 x^2 0.4340 log. CL₅₀ = 0.6785 v (log. CL₅₀) = 0.0125285 CL₅₀ = 4.77 ± 1.87 PPM.

ECUACION DE LA CURVA DE MORTALIDAD: $Y = 5.3157 + 2.900535 (X - 0.7874)$

TABLA III.- Cálculo Numérico del CL₅₀ - 96 horas para *Penaeus vannamei* con BP 100 - WD

CONCENTRACION DE BP 1100 - WD	MUERTOS OBSERVADOS	% MORTALIDAD OBSERVADA	% MORTALIDAD ESPERADA	MORTALIDAD OBSERVADA MENOS ESPERADA	Chi ²
20	5/5	100 (97.4)	92	5.4	0.04
10	5/5	100 (97.4)	85	12.4	0.105
9	4/5	80	80	0	0.
8	4/5	80	75	5	0.014
7	3/5	60	70	- 10	0.
6	3/5	60	60	0	0.
5	3/5	60	50	10	0.040
4	2/5	40	40	0	0.

$$S = \frac{CL_{84} / CL_{50} + CL_{50} / CL_{16}}{2} = 1.12$$
$$f CL_{50} = S^{2.77} / \sqrt{n'} = 1.058$$
$$N' = 40 \quad CL_{84} = 10$$
$$K = 8 \quad CL_{50} = 4.7$$
$$\quad \quad CL_{16} = 2.3$$

$$0.159$$
$$(10 \times 0.159 = 1.59)$$

TABLA IV.- Cálculo del CL₅₀ - 96h., método monográfico de Litchfield y Wilcoxon para *P. vannamei*.

confianza (Tabla III, fig. 1). Por lo tanto, se acepta la hipótesis por existir homogeneidad en la población y el valor obtenido para el CL₅₀ es válido estadísticamente.

El valor de la curva de mortalidad es $y^1 = 5.3157 + 2.900535(x - 0.7874)$.

Mediante los métodos: Litchfiel - Wilcoxon el CL₅₀ = 4.7 PPM. (Tabla IV, Fig. 2); cálculo gráfico aritmético el CL₅₀ = 4.5 PPM. (Fig. 3); cálculo gráfico logarítmico el CL₅₀ = 4.7 PPM. (Fig. 4).

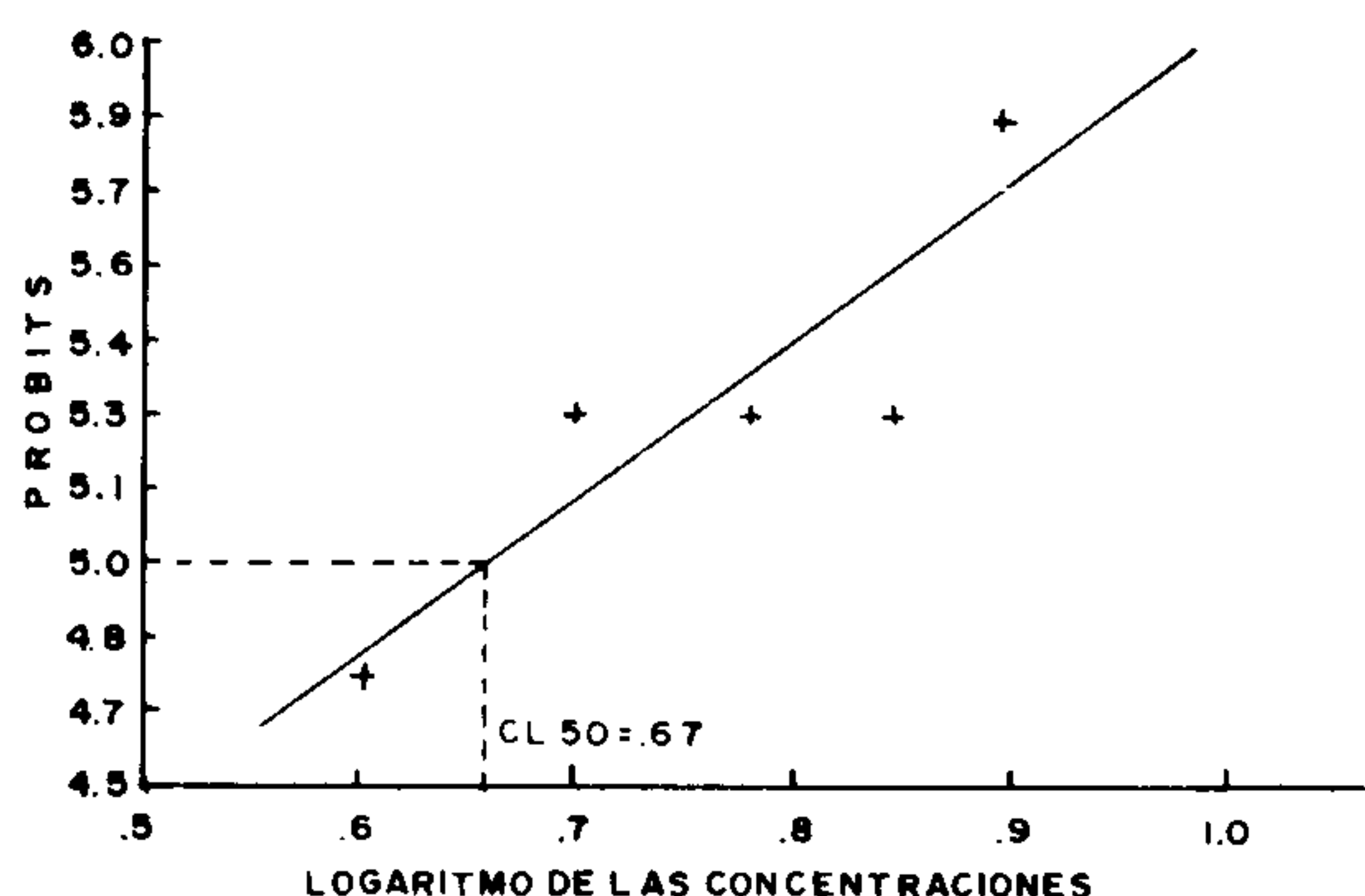


Fig. 1. Curva Provisional de Mortalidad para *Penaeus vannamei*.

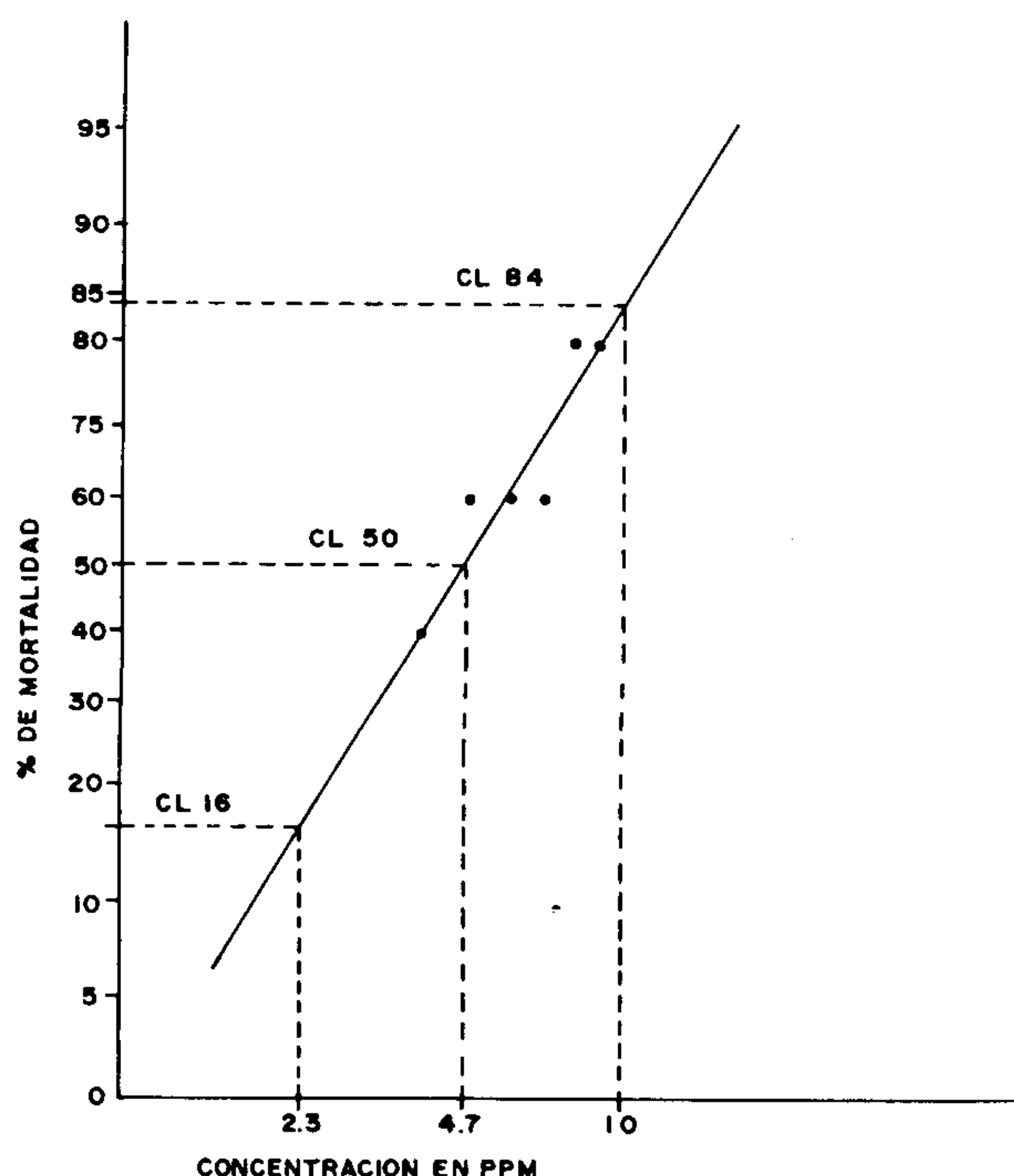


Fig. 2. Cálculo del CL₅₀ - 96 h., método monográfico de Litchfield y Wilcoxon para *Penaeus vannamei*.

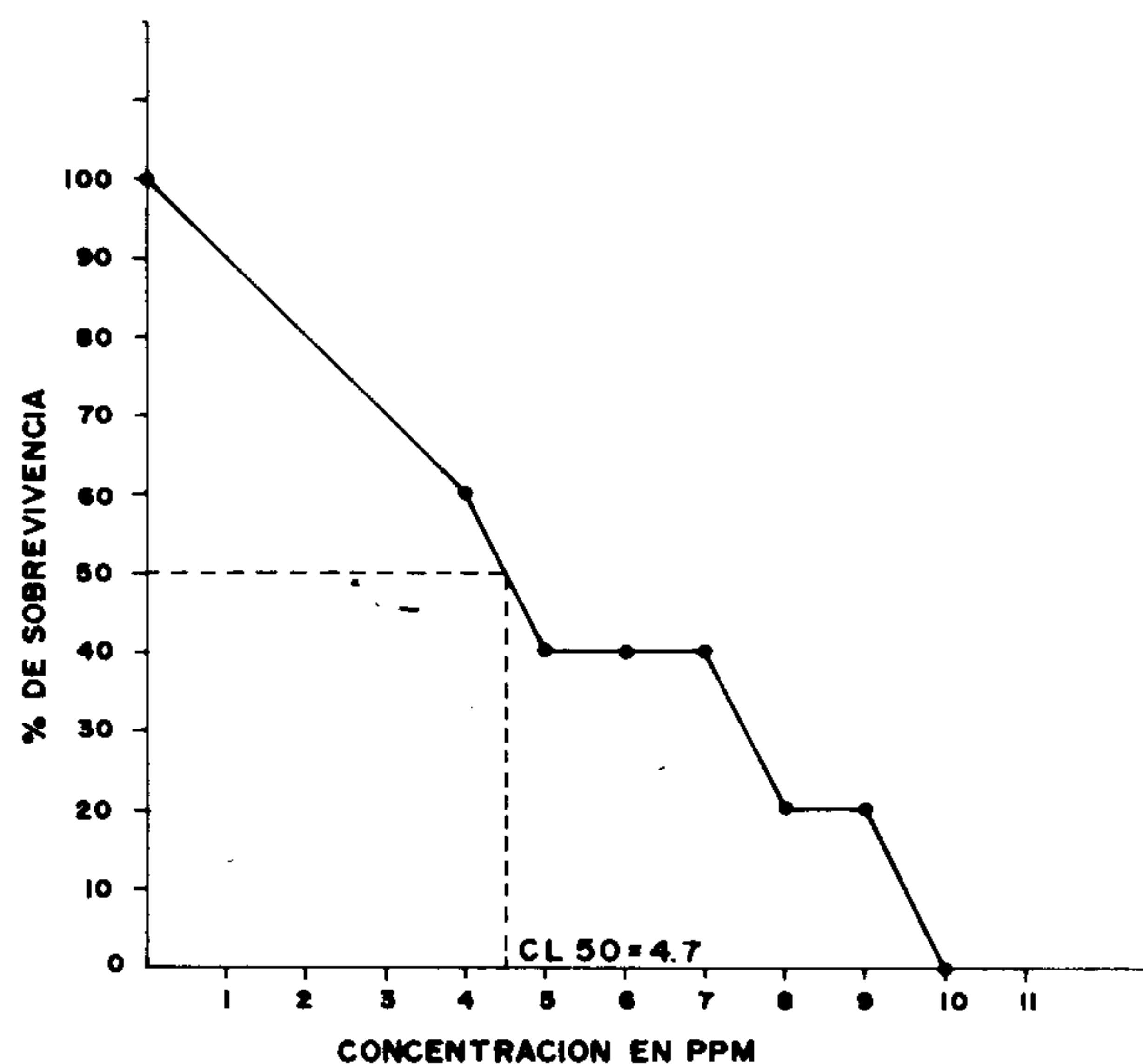


Fig. 3. Cálculo del CL₅₀ - 96 h., método gráfico aritmético para *Penaeus vannamei*.

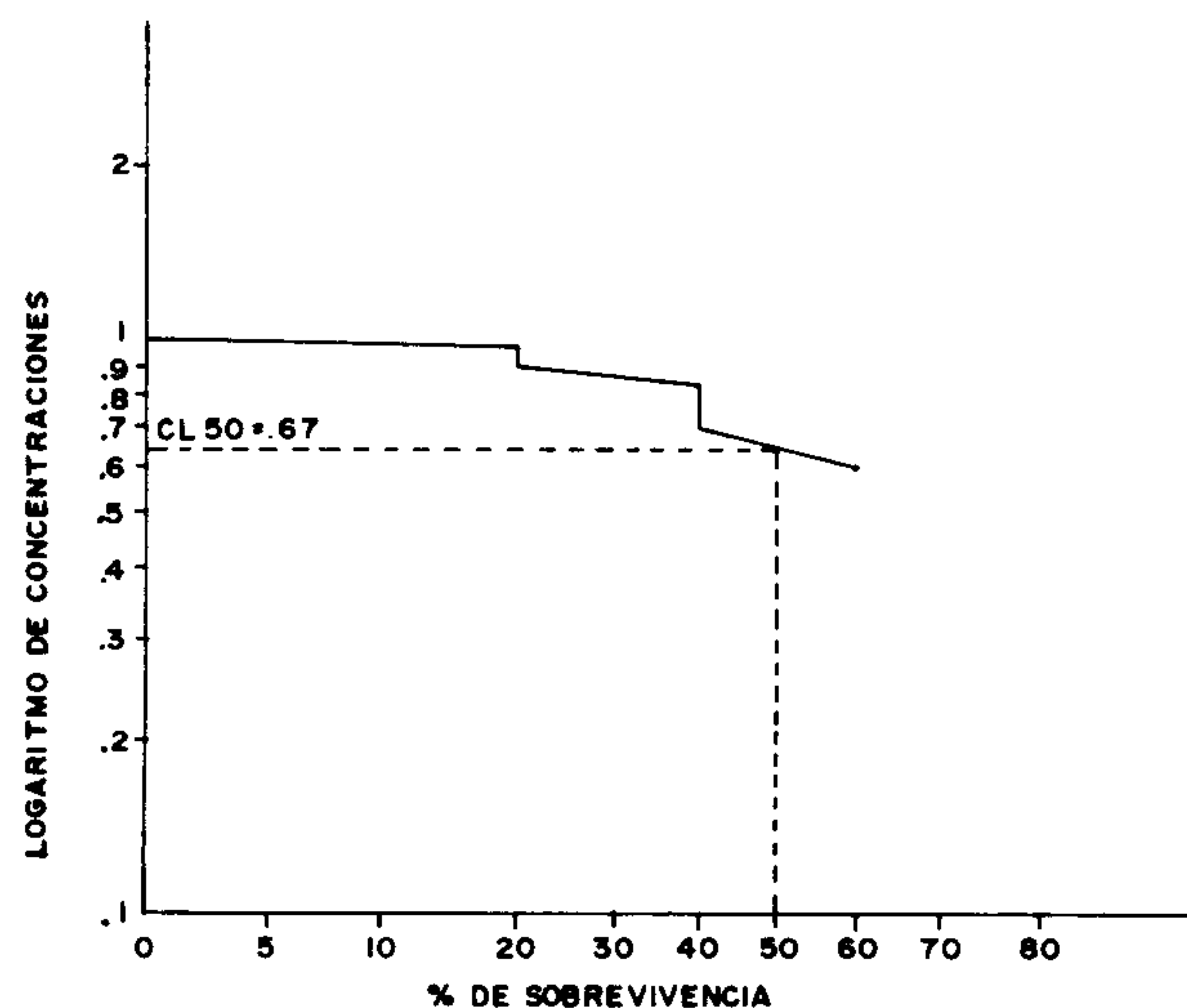


Fig. 4. Cálculo del CL₅₀ - 96 h., método gráfico logarítmico para *Penaeus vannamei*.

CONCLUSIONES

A través de éste estudio sobre el análisis de la concentración media letal (CL₅₀), se ha logrado una apreciación significativa de la toxicidad del dispersante de petróleo BP 1100 - WD sobre las larvas de camarón *Penaeus vannamei*.

Aunque el presente bioensayo tuvo el carácter de preliminar se puede concluir de la experiencia del mismo las siguientes observaciones:

El análisis demuestra cómo el dispersante al entrar en contacto con las células vivas del camarón destruye progresivamente los epitelios, la superficie de

las branquias, el esófago y el hepatopaneas deja de funcionar normalmente produciéndose la muerte del organismo en el menor tiempo de exposición.

Se considera que el BP 1100 - WD es tóxico para las larvas de camarón *Penaeus vannamei* y su grado de toxicidad puede ser igual o mayor en otros organismos marinos tales como el fitoplancton y el zooplancton.

Durante el bioensayo se observó la sensibilidad y la resistencia que demostraron las larvas ante este tipo de contaminante, presumiéndose que la cutícula o exoesqueleto les sirve como protección al medio externo por poseer fuertes características hidrofóbica (Nagell, et al., 1974).

El grado de toxicidad del BP 1100 - WD, depende de la concentración y difiere de un organismo a otro, en éste trabajo se comprobó que los efectos letales estuvieron entre las concentraciones de 10 y 20 PPM a 96 horas aproximadamente y las concentraciones menores a 5 PPM fueron las más tolerantes, especialmente cuando se observó el efecto sinérgico.

Se concluye que el poder de toxicidad del BP 1100 - WD es menos tolerado por los organismos marinos que el mismo petróleo, ya que el poder solvente seguirá siendo tóxico, propio de los dispersantes, aún en bajas concentraciones. Un factor de interés práctico considerado en este trabajo fue la temperatura porque la toxicidad de los dispersantes difiere si esta es alta o baja (Stewart, 1975).

El CL_{50} obtenido por el método gráfico (Fig. 1) y mediante el cálculo de Bliss (Tabla III), el que proporciona tablas de probabilidades, han sido las alternativas para comprobar en mejor forma el grado de toxicidad de BP 1100 - WD ya que existen otros métodos como el de Litchfield y Wilcoxon (1949) eminentemente gráficos. Por lo tanto, se comparó los resultados obtenidos con gráficos aritméticos y cálculos logarítmicos, los cuales coinciden y su validez bioestadística se nota en los grados de libertad y el porcentaje de confianza que nos brinda las tablas estadísticas de Pearson (1958).

Las larvas de *Penaeus Vannamei* durante el tiempo de ensayo no detuvieron su actividad de crecimiento (Ecdisis), pasando de un estadio a otro, lo cual significa que las larvas fueron tratadas con especial cuidado y aclimatación requerida.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis agradecimientos al señor Director y al Jefe del Departamento de Ciencias del Mar del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo científico. Además, al Biólogo Nelson Villacís

por su valiosa colaboración y entusiasmo en esta primera contribución sobre el estudio de bioensayos con organismos marinos y al señor Víctor Mesías por la diagramación.

BIBLIOGRAFIA

- Alcazar, F., 1988.- Documento guía del Curso Regional CPPS/PNUMA/COI, sobre Bioensayos y pruebas de toxicidad en organismos marinos del Pacífico Sudeste. Cartagena. Colombia, 162 p.
- Bellan, G., 1981.- Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 7. Selected Bioassay for the Mediterranean (Tests Used by FAO (GFCM)/UNEP. Joint Coordinated Project on Pollution in the Mediterranean. Fish. Tech. Pap., (208): 31.
- Cun, M., 1982.- Guía práctica para la cría de camarones comerciales (*Penaeus*) en Ecuador. Inst. Nac. de Pesca. Bol. Cient. Tec., 5(1): 29.
- FAO, 1981.- Manual de métodos de investigación del medio ambiente acuático. Parte 4a. Bases para la elección de ensayos biológicos para evaluar la contaminación marina. FAO, Doc. Tec. PESCA. (164): 34.
- Leong, J., 1983.- A bioassay system for studying diseases in juvenile Penaeid shrimp. CRC Handbook of Mariculture. Crustacean Aquaculture. Florida. 1: 321-327.
- Litchfield y Wilcoxon, 1949.- Método Monográfico para obtener el valor CL_{50} y sus límites de confianza. Manual de operaciones del Envirotox Flow - thru Dilutor System, Easley. USA. 25 - 35 p.
- Nagell, B., M. Notini y O. Grahn, 1974.- Toxicity of four oil dispersants to some animals from the Baltic Sea. Mar. Biol. 28(4): 237-243.
- Pearson, E. y H. Hartley, 1958.- Biometrika tables for statisticians. 1. London, Cambridge University Press, 2nd. ed: 240 p.
- Stora, G., 1974.- Computation of lethal concentrations. Mar. Biol. Bull. 5(5): 69-71.
- Stewart, N., 1975.- Methods for Acute Toxicity Tests with fish, Macroinvertebrates, and Amphibians. National Water Quality NTS. PB-242 105. Ecological Research. EPA - 660/375-009:61.

ESTUDIO COMPOSICIONAL DE LAS ARENAS FERROTITANIFERAS DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE EL ESTERO DATA DE POSORJA Y EL MONASTERIO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DEL GUAYAS, ECUADOR.

Por:

BOLIVAR SOLEDISPA (1)

JOHNNY VILLACRES (1)

RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados de la composición sedimentológica y mineralógica de las arenas ferrotitaníferas depositadas en el sector de playa comprendido desde el Estero Data de Posorja hasta el Monasterio de Santa Teresa (Provincia del Guayas).

Fueron analizadas un total de 28 muestras de arena, que corresponden a 7 perfiles perpendiculares a la playa y a 4 muestras por perfil, y de cuyos resultados se determinó una predominancia de asimetría hacia los tamaños gruesos, lo cual supone un ambiente erosivo en la época en que se realizó el muestreo.

Observando la composición mineralógica se determinó que estas arenas son provenientes de rocas ígneas básicas.

La mayoría de los minerales presentan enriquecimiento de hierro y titanio, lo cual permitiría elevar el porcentaje de estos elementos, al momento de que estas arenas sean explotadas.

Muchos indicios señalan que la depositación de estas arenas está relacionada con fenómenos anómalos eventuales, debido a los cuales aumenta la velocidad de las corrientes y olas en determinada época.

ABSTRACT

This paper presents the results of the sedimentological and mineralogical composition of the ferrotitaniferous sands deposited on the beach from Data de Posorja to Monasterio Santa Teresa (Guayas Province).

Twenty eight samples of sand were analyzed, which correspond to seven profiles perpendicular to the beach and four samples per profile. Predominance of asymmetry to the coarse size suggest an erosive environment at the time sampling was performed.

The mineralogical composition indicates this sand was derived from basic igneous rocks.

Most of the minerals are enriched in iron and titanium which will fairly good profit at the moment of exploitation.

Some physical indications suggest that sand deposition within this area is related to eventual phenomena which increase current velocity and waves at determined seasons.

INTRODUCCION

Pese a que se conoce que las arenas ferrotitaníferas se encuentran presentes en las playas ecuatorianas, especialmente en las de las provincias de Guayas, Manabí y Esmeraldas, es poco el interés demostrado

por los investigadores para aprovechar este recurso natural.

El INOCAR lleva a cabo el proyecto del estudio de los sedimentos de la plataforma continental y de las playas del Ecuador, y dentro del cual se ha considerado

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR.- P.O. Box. 5940. Guayaquil - Ecuador

la investigación de las arenas ferrotitaníferas para un inventario de los recursos naturales de nuestro país, el mismo que permitirá fomentar no sólo el desarrollo del sector minero, sino también otros sectores productivos como la industria metal-mecánica, química, etc.

En el presente artículo se trata de remarcar las características mineralógicas y la génesis de este tipo de arena en un sector de playa situada en la zona costera de la provincia del Guayas.

Se pretende con este estudio:

- Establecer las condiciones y mecanismos que favorecieron la acumulación de las arenas ferrotitaníferas en las playas, así como su potencial económico y su probable extensión a la zona sumergida.
- Estudiar estos minerales detríticos pesados, como posible fuente para la obtención de hierro y titanio.
- Iniciar el inventario de estos depósitos a nivel nacional.

La primera fase de este estudio comprende las playas situadas en la zona costera de la provincia del Guayas, para lo cual en el mes de febrero de 1989, se realizó un trabajo de reconocimiento de las playas situadas al sur y suroeste de la Isla Puná, así como de las playas ubicadas entre Posorja y Engabao (Fig. 1).

En este reconocimiento se localizó un depósito significativo de arenas "negras", ubicado en la playa comprendida entre el Estero Data de Posorja y el Monasterio de Santa Teresa (Fig. 2), el mismo que fue escogido para posteriormente realizar un muestreo sistemático de arenas, y cuyo análisis sirvió de base para la redacción de este artículo.

GENERALIDADES DE LAS ARENAS DE LAS PLAYAS

En algunas playas determinados minerales se enriquecen localmente, formando los llamados placeres. La existencia de estos yacimientos depende no sólo de las condiciones locales, sino también de la presencia de la roca madre de la costa. Las más favorables son las playas vecinas a la desembocadura de grandes ríos, que cubren zonas integradas por rocas cristalinas.

En varias áreas prevalecen ciclos estacionales en los cuales una playa puede perder una gran cantidad de arena en una estación y, recobrarla en otra. A lo largo

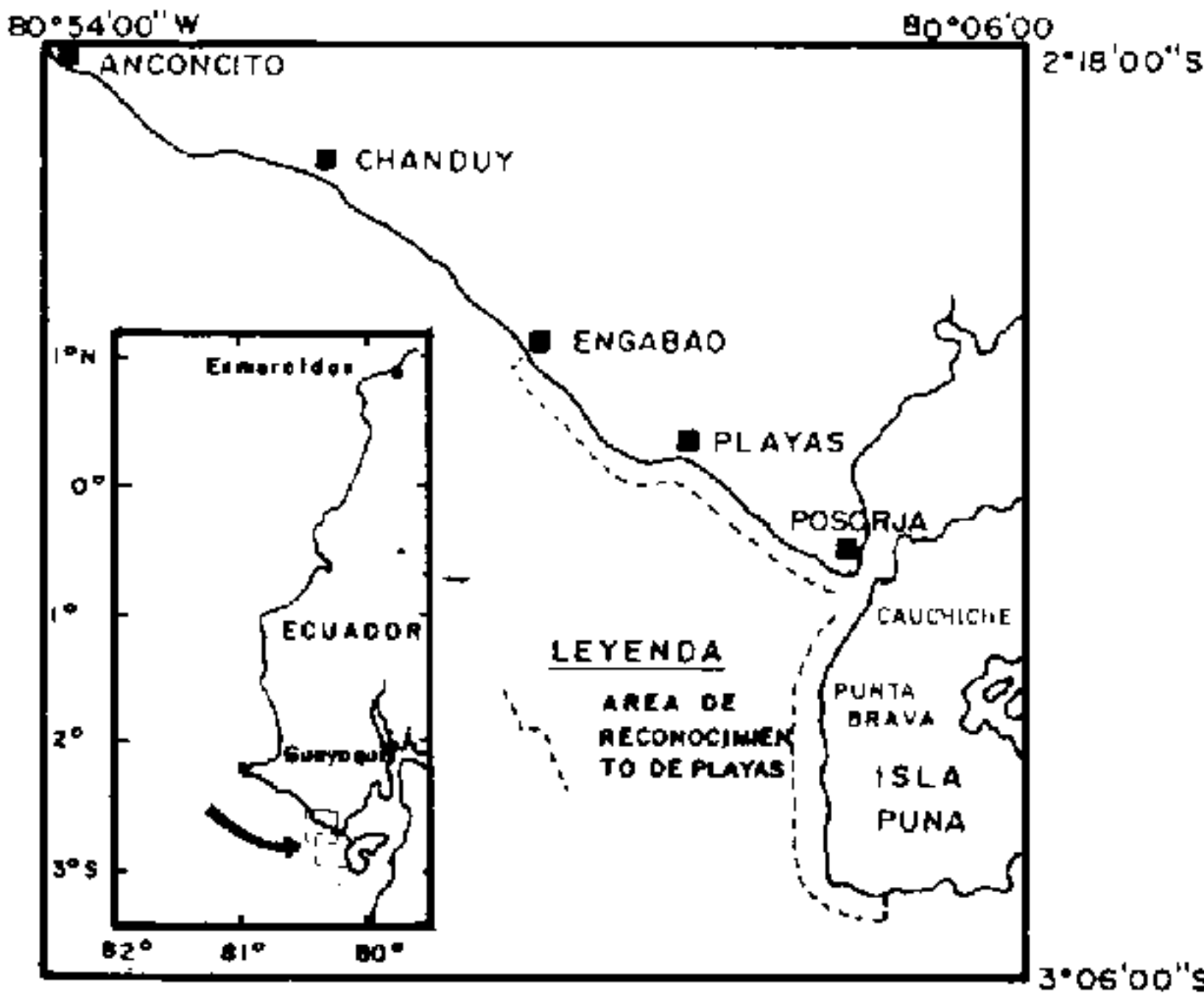


Fig. 1. Mapa de ubicación de las áreas de reconocimiento de playas.

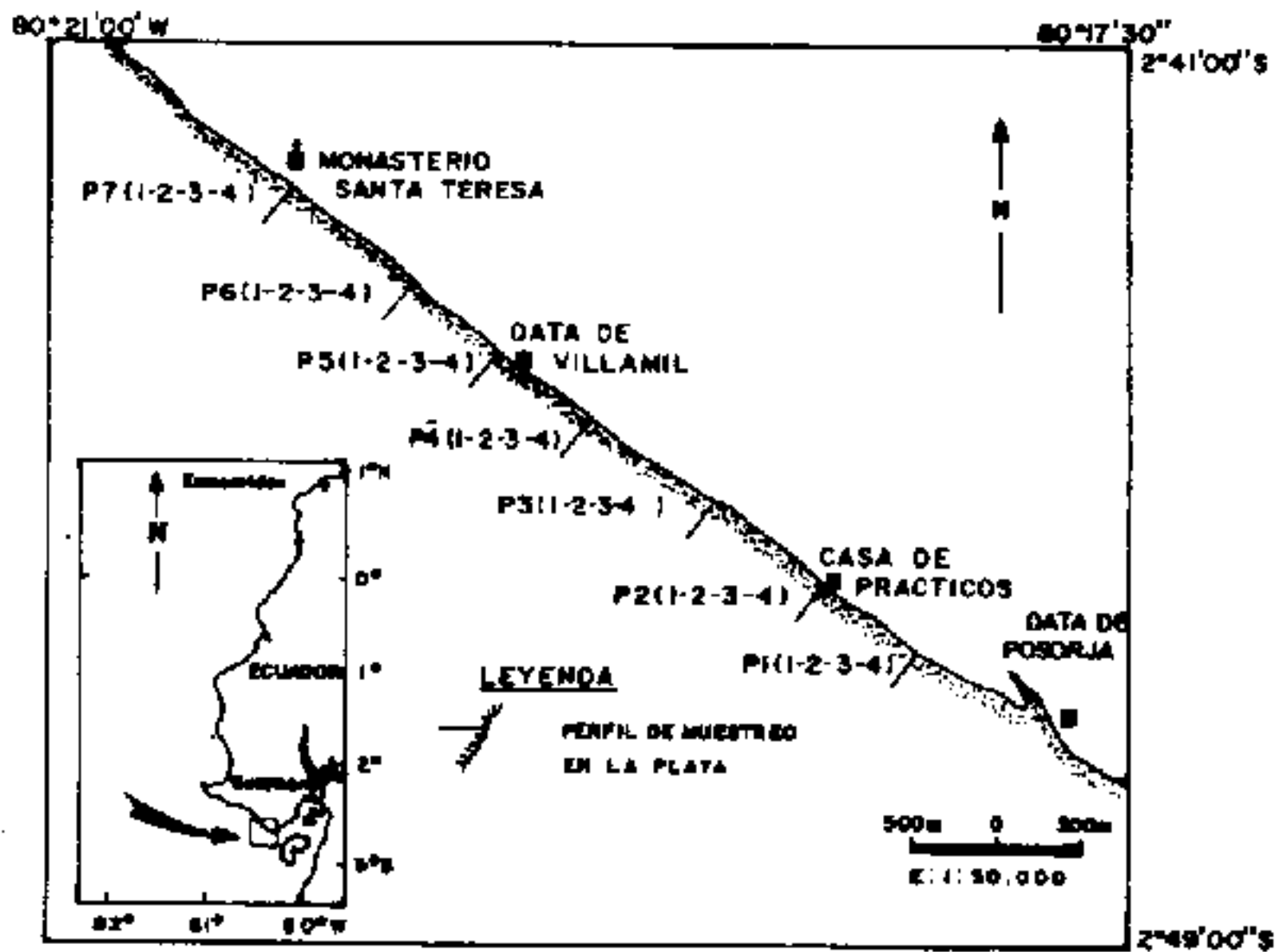


Fig. 2. Mapa de ubicación de perfiles de muestreo.

de ciertas costas, por ejemplo las de California, las arenas de playas son normalmente movidas hacia el mar o en dirección sur, durante los meses de invierno y, hacia la costa o en dirección norte durante los meses de primavera y verano (Mero, 1965).

En general, los placeres son el resultado de tres procesos separados y sucesivos:

- 1.- La meteorización de las rocas de tierra firme.
- 2.- El transporte fluvial durante el cual los fragmentos de rocas y minerales se desintegran hasta las dimensiones de grava, arena y arcilla, y;
- 3.- Diferentes mecanismos de separación debidos a la acción de las olas, las corrientes y las mareas a lo largo de las playas y, con frecuencia, también del viento.

Aunque los placeres están compuestos por minerales pesados, con densidades superiores a 2.9 g/cm³, pueden subdividirse en un grupo de placeres

pesados (oro, platino, casiterita) y placeres menos pesados (rutilo, ilmenita, circón, monacita, diamantes y otras gemas minerales, cromita, magnetita). Los minerales más pesados tienden a permanecer cerca de su roca madre y se encuentran en su mayoría en los lechos de los ríos y en el fondo de las depresiones, mientras que los más ligeros se encuentran, en gran parte, en las playas. Ambos tipos pueden también estar presentes en playas anegadas del Pleistoceno y en lechos fluviales cubiertos ahora por hasta 150 m. de agua.

Hay ciertos metales económicos y estratégicos como el titanio, cromo y circón, que están incorporados dentro de los minerales pesados y que, en virtud de sus altas densidades y pequeño tamaño de grano, vienen concentrados en las arenas próximas a la costa.

La mayor parte de la producción de los minerales de titanio (rutilo e ilmenita), procede principalmente de los depósitos de placer de playas en Nueva Zelandia, Australia y Africa del Sur. Debido a su resistencia química y mecánica, estos minerales se encuentran por lo general muy lejos de la roca madre.

El mineral de estaño (casiterita) es hoy el mineral de placer marino más importante económicamente. Alrededor de la mitad del consumo mundial de estaño se extrae actualmente del mar, sobre todo a lo largo del arco que va desde Birmania, pasa por Tailandia y Malasia hasta Indonesia.

La cromita y la magnetita son los constituyentes más importantes de ciertas playas de arenas "negras" que se extienden parcialmente mar adentro. Se conoce la gran producción de arena de hierro de playa y de mar adentro en el Japón, Filipinas y Nueva Zelandia.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio es una extensión de aproximadamente 5 km. de playa y se encuentra ubicado al sur de la provincia del Guayas entre el Estero Data de Posorja y el Monasterio de Santa Teresa (Fig. 2). Las poblaciones más cercanas al área en mención son: Posorja y General Villamil (Playas), que se dedican a la pesca y en menor grado esta última, al turismo, y a las que se puede llegar por vía terrestre y marítima.

La costa del área de estudio es del tipo E, según la clasificación de Ottman (1967), es decir, una costa baja, rectilínea, con playas arenosas, presentando barrera litoral y campos de dunas que limitan la laguna litoral semiemergida del Río Arenas y sus afluentes. Los salitrales asociados con las lagunas están ocupados

por camarónicas. El ambiente costero es acrecional (Ayón, 1988), aunque posteriores observaciones de campo determinan que también se presentan con ciclos estacionales de erosión.

La línea de playa presenta una orientación noroeste-sureste.

La principal cuenca hidrográfica es el sistema estuarino Río Guayas-Estero Salado. El Río Guayas, que nace de la unión de los ríos Daule y Babahoyo al norte de Guayaquil, presenta una anchura de 1.5 km., con una profundidad de 10 a 20 metros cerca de la ciudad antes mencionada; desemboca en el canal de Jambellí, donde presenta una anchura de 25 km., con profundidades cercanas a los 30 metros.

Existe además la vertiente sur-occidental formada por los ríos Zapotal, Chongón y Daular, que drena la zona más árida, comprendida entre la Península de Santa Elena y Chongón Colonche. Por último, la vertiente sur-oriental formada por el Río Jubones.

En cuanto al clima, el sur de la provincia de Manabí y noroeste de la provincia del Guayas, presentan un ambiente de sequía, especialmente en la Península de Santa Elena. Estas condiciones se interrumpen hacia el este, en la zona meridional de la Cuenca del Río Guayas, donde el clima se caracteriza por temperaturas medias, alta humedad y abundantes precipitaciones en la época invernal (Preston, 1959)

CONDICIONES AMBIENTALES

VIENTOS Y OLAS

Los factores dinámicos que influyen directamente en la playas del área de estudio son dos: vientos y olas.

Según los datos obtenidos entre los años 1963 y 1971 de la estación meteorológica de Playas, los vientos que predominan en el área de estudio provienen del suroeste y en menor proporción, del este y norte (Sánchez, 1978).

La dirección predominante de las olas del suroeste, explica el porqué las playas situadas entre la Puntilla de Santa Elena y Punta del Morro, incluyendo el área estudiada, son sometidas a fuertes oleajes (Sánchez, 1978).

Actualmente no se han realizado mediciones de corrientes en el área en mención, pero según Murray, et

al., (1975), a 3 millas frente a General Villamil (Playas) se presenta una deriva en dirección oeste-noroeste de 11 cm/s para el mes de noviembre, en que fueron realizadas esas mediciones.

Stevenson, et al., (1973), también determinaron que a 8 millas frente a Chanduy actúa una deriva hacia el noroeste, con mayores velocidades en el fondo, llegando a tener hasta 23 cm/s a 20 m de profundidad para el mes de julio en que fue realizada aquella investigación.

Benites (1975), relacionando parámetros mineralógicos de los sedimentos del Río Guayas con los situados frente a Playas y Chanduy, determinó que las aguas provenientes del Canal del Morro y del de Jambelí, son arrastrados en dirección norte y noroeste.

CORRIENTES LITORALES

Las corrientes litorales han sido reconocidas como el principal agente formador y destructor de playas, y son aquellas que fluyen paralelas a ésta, y están restringidas principalmente al sector comprendido entre la rompiente más lejana y la línea de agua. Se originan debido al ángulo con que se aproximan las olas a la playa. Según los estudios realizados por Sánchez (1978), se han encontrado velocidades de corriente litoral de hasta 0.47 m/s, con ángulos de rompiente de 15 grados, pudiendo ser mayor (45 grados) y dirigidas siempre hacia el sureste.

TRANSPORTE LITORAL

El transporte litoral es el movimiento de material sedimentario en la zona litoral, debido a la acción de olas y corrientes.

En el área de estudio el transporte litoral se produce siempre hacia el lado izquierdo, tomando como referencia la de un observador parado en la playa mirando hacia el mar (Sánchez 1978), reafirmando esta aseveración la posición de la flecha acrecional situada en la desembocadura del Estero Data de Posorja, cuya orientación es hacia la dirección predominante del transporte litoral.

METODOLOGIA DE TRABAJO

DE CAMPO

Para esta investigación se planificó un trabajo de reconocimiento de las playas de la provincia del Guayas y un muestreo de arena en cada una de las estaciones del

año (invierno y verano), en un área a ser seleccionada después de dicho reconocimiento.

El trabajo de reconocimiento se llevó a cabo en el mes de febrero de 1989, y tuvo lugar en las playas de la zona costera sur de la provincia del Guayas, especialmente las playas situadas al oeste y suroeste de la Isla Puná, así como las que se encuentran entre Posorja y Engabao.

En este reconocimiento se descartó el área de Puná, por cuanto la dimensión del depósito de arena ferrotitanífera ubicado en la zona de Cauchiche (Fig. 1), se había reducido considerablemente por la explotación artesanal que están realizando los pobladores de dicho lugar.

En el área de Engabao se localizaron pequeños depósitos tanto en longitud como en espesor, especialmente en la zona circundante al Estero Acumbe, los mismos que estaban cubiertos en parte, por una capa de arena gris clara de 40 cm. de espesor.

El depósito más importante y en el que se decidió realizar un muestreo sistemático de arena, es el que está localizado entre el Estero Data de Posorja y el Monasterio de Santa Teresa (Figs. 1 y 2), el mismo que tiene aproximadamente 5 km. de longitud con una anchura de 10-12 metros, un espesor de 40-50 centímetros y se extiende desde casi la parte central de la playa hasta la berma (parte superior de la playa).

En dicha área se realizaron 7 perfiles de muestreo transversales a la playa, en los que se tomaron 4 muestras por perfil: la primera en la berma (parte superior de la playa); la segunda y la tercera a 5 y 10 metros desde la berma hacia el mar, respectivamente; y la cuarta, en la línea de baja marea. El espaciamiento entre perfiles fue de 700-900 metros.

Al mismo tiempo que se llevaron a cabo los perfiles de muestreo, se hizo la nivelación de la playa, para lo cual la distancia y el desnivel entre estaciones fue medido utilizando una cinta métrica y una regla graduada en centímetros.

Cabe indicar que se considera como berma a un cordón de pequeña altura, situado en la parte superior de la playa y que se extiende paralelo a la línea de agua, es angosto y con mayor pendiente del lado del mar, que del lado opuesto (Teruggi, 1959).

Las muestras fueron extraídas utilizando un tubo plástico de 70 cm. de largo y 4 cm. de diámetro.

En la Tabla I se presenta los perfiles muestreados, las distancias entre ellos y el espaciamento entre muestras.

La Fig. 3 muestra un perfil típico del área de playa en el que se realizó el muestreo de arena, y en el que se representa, como ejemplo, el perfil 1, con las muestras signadas como M-1, en la berma; M-2, M-3, a 5 y 10 metros de M-1; y por último M-4 ubicada cerca de la línea de baja marea.

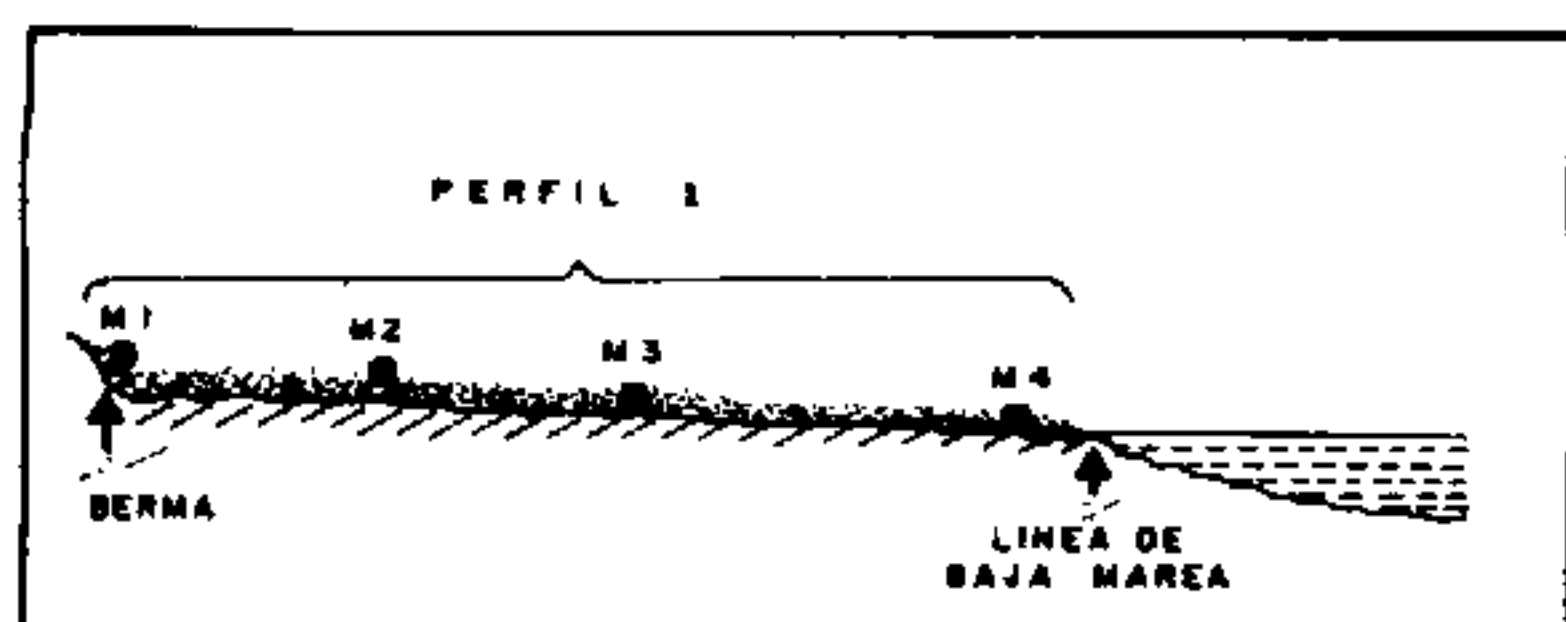


Fig. 3. Esquema de un perfil de muestreo.

DE LABORATORIO

Las muestras fueron sometidas al análisis granulométrico y mineralógico.

Para el análisis granulométrico se tamizó la muestra de arena en un juego de tamices escalonados entre 0.063 y 4 mm., luego se realizó el lavado de la muestra para separar la fracción gruesa de la fina, aunque en su mayoría las muestras contienen menos del 1% de limo-arcilla. Las fracciones retenidas en los tamices # 120 equivalente a 3 Phi, fueron separadas para su respectivo análisis mineralógico.

Los parámetros estadísticos se obtuvieron de acuerdo a un programa elaborado en el Centro de Datos Oceanográficos de la Armada (CENDOC).

Los porcentajes de los diferentes tamaños de grano y los parámetros estadísticos, están registrados en las Tablas II y III, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

GRANULOMETRIA

Una vez realizado el análisis granulométrico, los datos de dicho análisis sirvieron para elaborar una serie de gráficos denominados histogramas y curvas acumulativas, y cuya interpretación ayudará a clasificar las muestras de arena.

HISTOGRAMAS

El histograma es un gráfico formado con barras verticales, las cuales representan los porcentajes de las clases de tamaños. Estos gráficos son útiles en la interpretación de las características generales de la distribución del tamaño de un sedimento (León, et al., 1976).

En base a los porcentajes de la fracción retenida (Tabla II), se elaboraron los histogramas de cada una de las muestras, aunque, debido a la semejanza de estas figuras, solamente se presenta un histograma de cada uno de los perfiles (Fig. 4).

Analizando la totalidad de los histogramas se observa claramente una gran similitud entre ellos, ya que todos son unimodales, es decir, uno de los tamaños de grano, que es la clase modal principal, se presenta con mayor porcentaje que los demás, y se ubica principalmente en el rango de 2 a 3 Phi, que corresponde a las arenas finas y se localizan en casi todo el área con un total de 26 muestras. En las dos muestras restantes, la clase modal principal se ubica en el rango de 1 a 2 Phi, que corresponde a las arenas medianas, y se localizan en el sector cercano al Estero Data de Posorja.

Junto a la clase modal principal, se ubica el tamaño de grano que le sigue en porcentaje correspondiente a la clase modal proximal, que está representada, en la mayoría de las muestras, por arena mediana.

Esto demuestra que las arenas finas predominan en el área de estudio, mezcladas principalmente con arenas medianas, a excepción de las muestras signadas con M-1 de los Perfiles 2 y 3, que además de los dos componentes señalados anteriormente, también presentan un promedio de 4% de arena gruesa, las mismas que están ubicadas cerca del Estero Data de Posorja.

El hecho de que todas las muestras sean unimodales, se debe a que las arenas son trabajadas por las olas, actuando éstas, como un excelente agente seleccionador de sedimentos.

CURVAS ACUMULATIVAS

Otro de los gráficos utilizados en el estudio de las arenas son las curvas acumulativas (Fig. 5), llamadas así porque cada tamaño representa no sólo el porcentaje propio sino el de todos los anteriores.

El análisis granulométrico proporciona normalmente una curva en forma de "S". En el eje de las

PERFIL	MUESTRA	DISTANCIA ENTRE MUESTRA (m)	LONGITUD DEL PERFIL (m)	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	DISTANCIA ENTRE PERFILES (m)
1	M - 1	0	18	0.70	0
	M - 2	5		0.70	
	M - 3	5		0.70	
	M - 4	8		0.70	
2	M - 1	0	19	0.70	700
	M - 2	5		0.70	
	M - 3	5		0.70	
	M - 4	9		0.70	
3	M - 1	0	19	0.70	800
	M - 2	5		0.70	
	M - 3	5		0.70	
	M - 4	9		0.70	
4	M - 1	0	18	0.70	900
	M - 2	5		0.70	
	M - 3	5		0.70	
	M - 4	8		0.70	
5	M - 1	0	19	0.70	700
	M - 2	5		0.70	
	M - 3	5		0.70	
	M - 4	9		0.70	
6	M - 1	0	18	0.70	700
	M - 2	5		0.70	
	M - 3	5		0.70	
	M - 4	8		0.70	
7	M - 1	0	18	0.70	900
	M - 2	5		0.70	
	M - 3	5		0.70	
	M - 4	8		0.70	

TABLA I.- Datos de campo del muestreo realizado.

ANALISIS GRANULOMETRICO											
Número de de Tamiz		18	25	35	45	60	80	120	170	230	TEXTURA
Diámetro en Phi		0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	
Perfil	muestra	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ARENA
1	M - 1	5.11	0.03	0.08	4.08	29.40	1.37	57.92	1.88	0.10	fina-mediana
	M - 2	0.19	0.11	0.35	8.47	36.77	21.69	31.23	1.06	0.07	fina-mediana
	M - 3	0.20	0.28	0.85	10.62	41.38	9.55	35.36	1.48	0.03	mediana-fina
	M - 4	0.00	0.19	0.25	2.77	24.34	3.34	60.64	8.04	0.38	fina-mediana
2	M - 1	0.00	0.07	0.15	4.78	29.36	11.25	51.45	2.75	0.10	fina-mediana
	M - 2	0.19	0.29	0.94	9.26	34.48	18.20	33.98	2.29	0.08	fina-mediana
	M - 3	0.29	0.04	1.47	12.37	39.39	13.78	31.43	0.98	0.06	mediana-fina
	M - 4	0.00	0.00	0.16	2.26	21.80	2.85	63.29	9.14	0.46	fina-mediana
3	M - 1	4.85	4.86	0.49	8.70	34.78	6.07	25.84	7.43	2.09	mediana-fina
	M - 2	0.02	0.03	0.17	5.00	33.60	0.96	58.48	1.53	0.11	fina-mediana
	M - 3	0.04	0.16	0.58	8.29	39.51	1.24	48.93	1.03	0.07	fina-mediana
	M - 4	0.00	0.01	0.16	6.03	41.39	3.65	48.18	0.51	0.03	fina-mediana
4	M - 1	0.00	0.00	0.00	0.75	16.61	6.50	70.98	4.86	0.23	fina-mediana
	M - 2	0.00	0.23	0.25	2.74	23.87	3.24	66.77	2.75	0.10	fina-mediana
	M	0.11	0.35	0.55	2.85	20.46	7.19	60.84	6.50	1.08	fina-mediana
	M - 4	0.00	0.00	0.02	0.88	7.29	7.03	77.12	7.11	0.51	fina
5	M - 1	0.00	0.00	0.00	0.44	7.64	1.76	75.26	14.58	0.27	fina-muy fina
	M - 2	0.00	0.03	0.12	1.20	14.40	1.04	75.22	7.68	0.24	fina-mediana
	M - 3	0.02	0.03	0.01	1.16	18.02	1.04	74.06	5.42	0.18	fina-mediana
	M - 4	0.86	0.23	0.55	1.23	13.15	2.29	74.06	6.94	0.60	fina-mediana
6	M - 1	0.09	0.21	0.20	0.88	14.80	1.05	71.67	10.33	0.40	fina-mediana
	M - 2	0.00	0.21	0.56	1.86	11.87	1.87	73.20	10.05	0.33	fina-mediana
	M - 3	0.00	0.07	0.27	2.39	19.19	1.60	70.85	5.15	0.43	fina-mediana
	M - 4	0.00	0.08	0.15	0.64	12.73	3.41	81.72	1.07	0.14	fina-mediana
7	M - 1	0.00	0.01	0.01	1.64	18.49	0.41	73.68	5.08	0.63	fina-mediana
	M - 2	0.03	0.06	0.48	6.95	31.75	1.01	57.49	2.09	0.08	fina-mediana
	M - 3	0.09	0.16	0.69	8.40	38.98	0.92	49.15	1.26	0.09	fina-mediana
	M - 4	0.00	0.07	0.28	5.81	26.94	4.13	58.10	4.26	0.36	fina-mediana

TABLA II.- Porcentajes de los diferentes tamaños de granos retenidos en un juego de tamices.

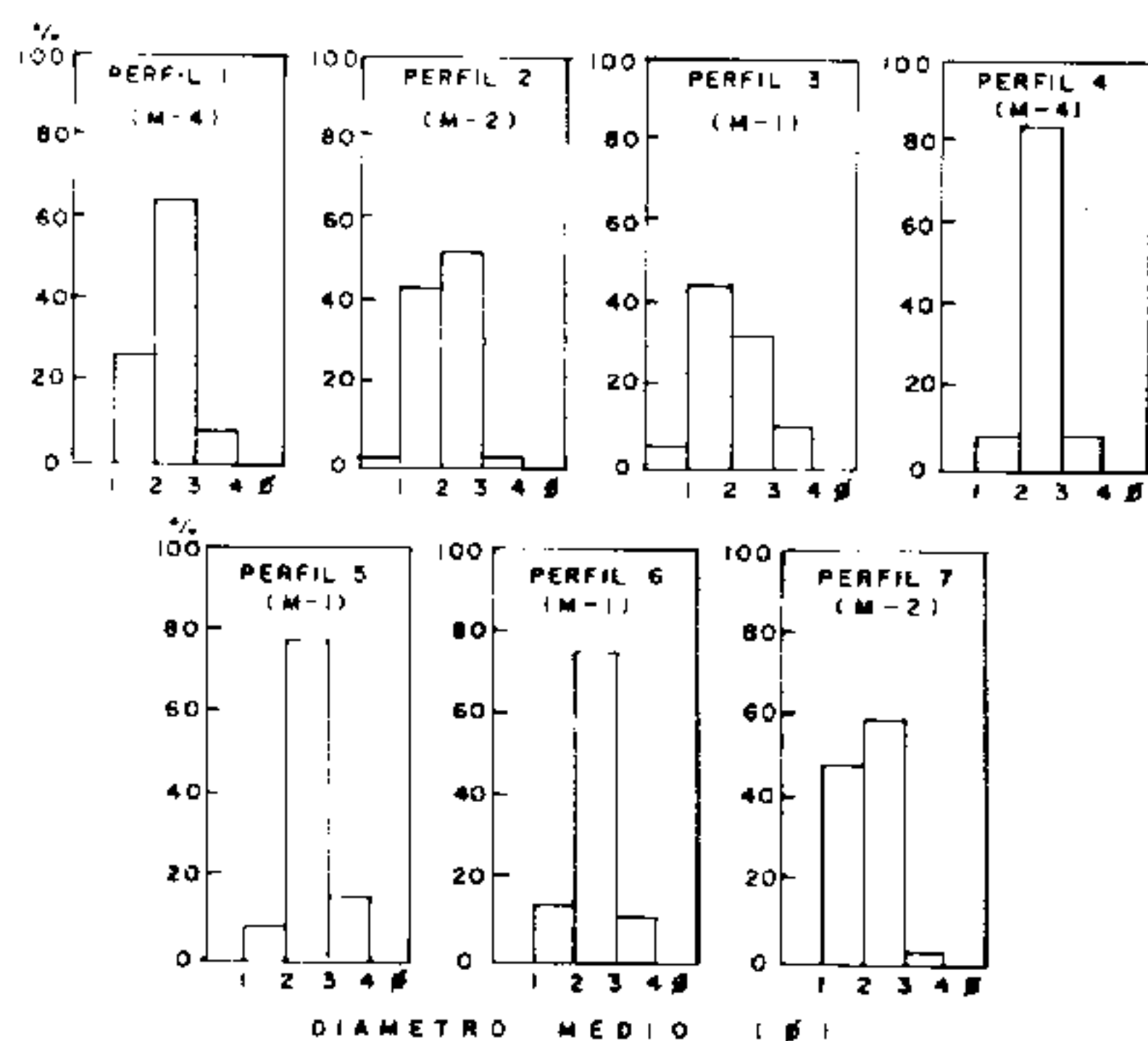


Fig. 4 Histogramas de algunas muestras.

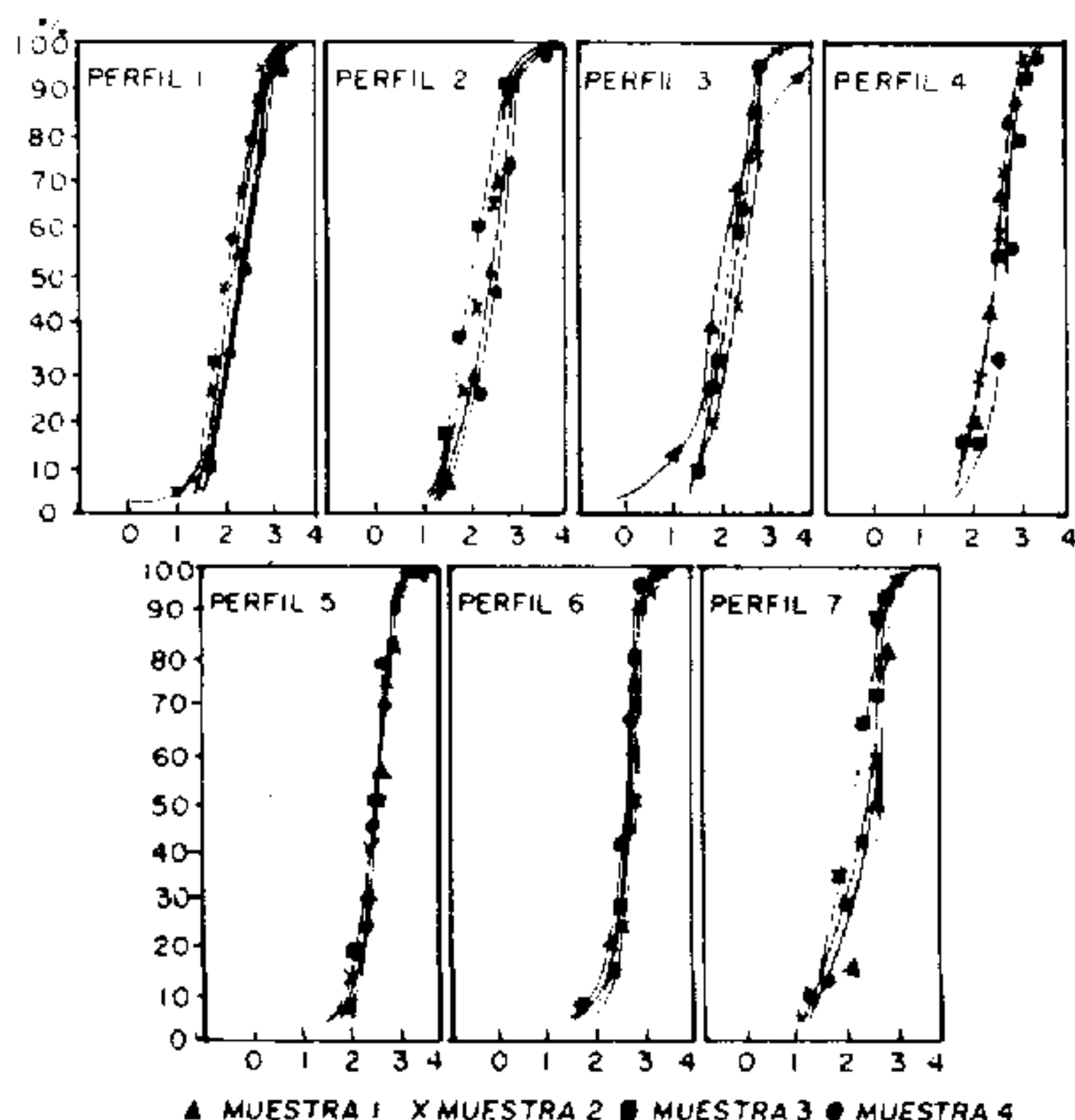


Fig. 5. Curvas acumulativas de las muestras tomadas en los siete perfiles.

abscisas se representan los tamaños de grano en unidades Phi, y en las ordenadas una escala normal de 0 a 100%. Esta curva tiene la ventaja de que en ella se pueden leer todos los parámetros estadísticos y se pueden comparar de esta manera, todas las muestras (León, et al., 1976).

La Fig. 5 presenta las curvas acumulativas que toman forma de "S", caracterizadas por dos inflexiones que están unidas por un segmento rectilíneo, con una pendiente muy acusada. Se observa además que hay una gran similitud entre ellas, ya que todas las curvas caen dentro del rango de 1 a 3 Phi, es decir, en el correspondiente a los tamaños de arena fina y mediana,

con la diferencia de que en la mayoría de las muestras, la mayor parte de las partículas están agrupadas alrededor del rango de 2 a 3 Phi, que corresponden a las arenas finas. La única diferencia la presentan los Perfiles 1 y 3, en los cuales la parte inferior de las curvas de las muestras signadas con M-1, se prolonga hasta el rango de 0 - 1 Phi, que corresponde a las arenas gruesas, aunque su porcentaje es mínimo con relación al total de la muestra, las mismas que están ubicadas en el sector del Estero Data de Posorja.

PARAMETROS ESTADISTICOS

Otro de los factores utilizados en el análisis de las arenas son los parámetros estadísticos, entre los cuales tenemos: mediana, media, desviación estándar y asimetría.

De acuerdo con Folk and Ward (1957), estos parámetros estadísticos, son criterios útiles en la distinción de ambientes de deposición tales como fluviales, de playas y de dunas.

La mediana es un parámetro estadístico que refleja la tendencia central de la distribución y representa el tamaño de la mitad de las frecuencias, esto es, el tamaño para el cual el 50% de los clastos son mayores, y el otro 50% lo ocupan los clastos menores que él (Mingarro y Ordóñez, 1982).

Este parámetro presenta valores en el rango de 2.74 Phi como máximo y 1.94 Phi como mínimo (Tabla III), que equivale a un diámetro de 0.14 y 0.25 mm., respectivamente. Sin embargo, cabe señalar que la mayoría de las muestras (26), poseen valores de medianas superiores a 2 Phi.

Los valores promedio de la mediana de las muestras signadas con M-1, M-2, M-3 y M-4, indican poca variación y van desde 2.54 Phi a 2.61 Phi, notándose una disminución en el tamaño del grano en las muestras ubicadas en la línea de baja marea, aumentando ligeramente dicho tamaño hacia la berma.

Comparando los valores de la mediana y la media (Tabla III), se aprecia que esta última es ligeramente menor, es decir, según estos últimos valores, los granos son algo más gruesos que según los valores de la mediana. Solamente en sedimentos constituidos casi exclusivamente de una sola clase modal, la mediana y la media son prácticamente iguales (Morais, 1980).

La desviación estándar presenta dos valores que en orden descendente de predominancia son: los

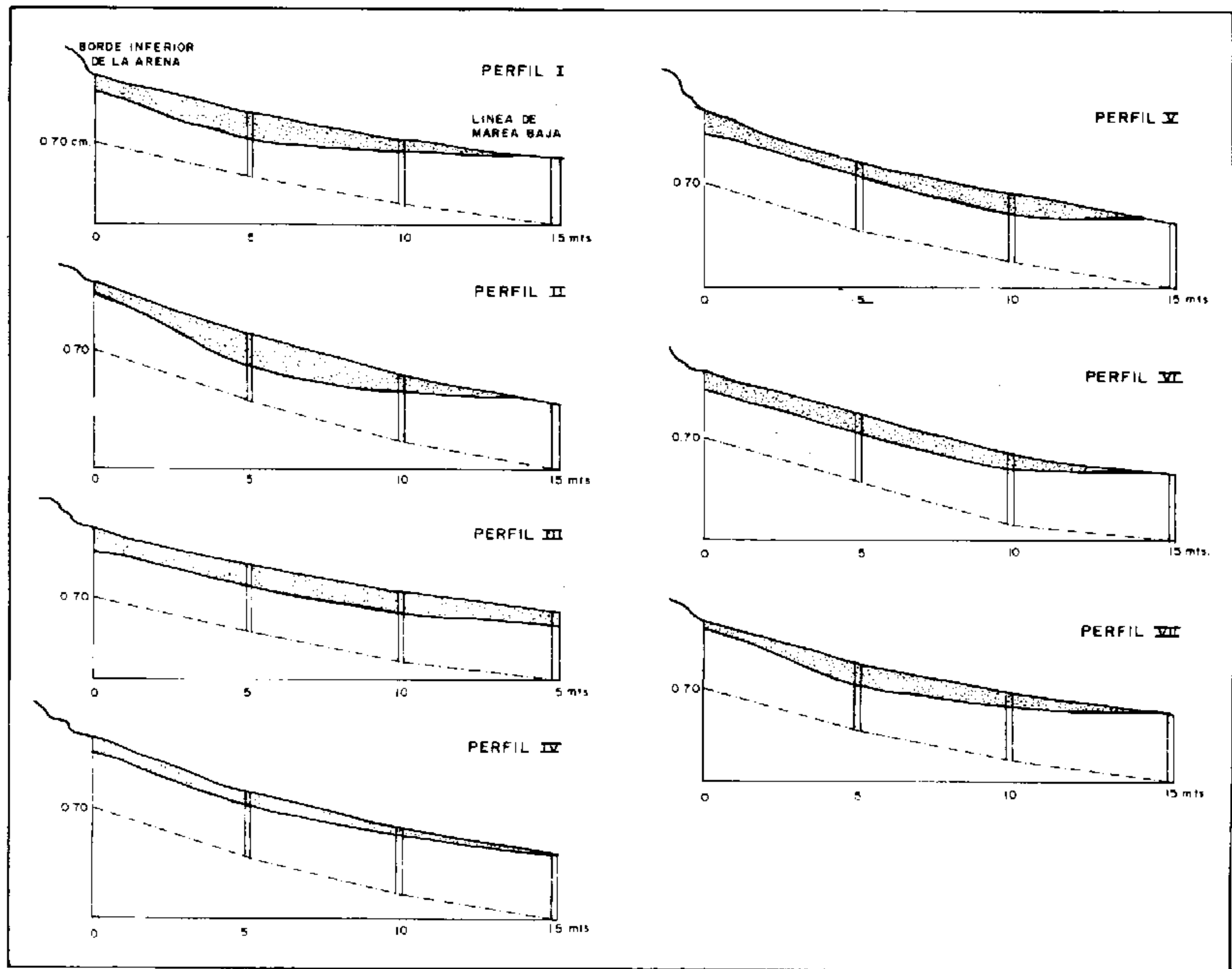


Fig. 6. Cortes transversales de los perfiles de muestreo.

que van desde 0.50 Phi a 0.71, que son las arenas moderadamente bien clasificadas y se ubican desde el sector del Estero Data de Posorja hasta aproximadamente la mitad del área de estudio; y los que van desde 0.35 Phi a 0.50 Phi, que son las arenas bien clasificadas y se ubican desde la mitad del área en mención hasta aproximadamente el Monasterio de Santa Teresa.

Cabe mencionar que las muestras M-1 de los Perfiles 1 y 3, son las únicas que presentan valores que contrastan con los valores de las demás, ya que son: moderadamente clasificado y mal clasificado, respectivamente, y se debe posiblemente a los porcentajes de arena gruesa que poseen las dos muestras antes mencionadas, y se ubican, como se indicó anteriormente, en el sector cercano al Estero Data de Posorja.

Se puede deducir entonces que, aunque se presentan diferentes valores de desviación estandard, las arenas del área estudiada poseen un buen grado de clasificación, debido posiblemente a la dinámica de las aguas en dicho sector.

En cuanto al grado de asimetría, las muestras de arena presentan preferentemente asimetrías negativas, es decir, los sedimentos son muy asimétricos hacia los tamaños gruesos desde aproximadamente el centro del mismo, hasta el Monasterio de Santa Teresa.

Esta predominancia de asimetría hacia los tamaños gruesos refleja un ambiente erosivo, complementado con la elevada pendiente de la playa. Esta erosión se reafirma ya que en la fecha en que se realizó el reconocimiento de las playas (febrero/89), la capa de arena “negra” estaba cubierta por una capa de arena gris clara de aproximadamente 40 cm. de espesor; además el comportamiento dinámico de las aguas era normal.

Cuando se realizó el muestreo de arenas en dicho depósito (junio/89), era fuerte la agitación de las aguas y había sido erosionada la capa de arena que lo cubría, dejando al descubierto dicho depósito de arena ferrotitanífera. Además, la subida del nivel del mar en las mareas de sicigia parece ser uno de los principales factores indirectos de erosión de estas playas rectilíneas (Sánchez, 1978).

Esto induce a pensar que el comportamiento dinámico de las aguas es muy variable, pudiendo afirmar que en el mes de febrero/89, las playas de dicho sector estaban en una etapa de acreción; mientras que en el mes de junio del mismo año, éstas estaban erosionándose.

Además de los histogramas, curvas acumulativas y parámetros estadísticos utilizados en este estudio, se elaboró una clasificación textural con los valores presentados en la Tabla II, para lo cual se utilizó la escala de Wentworth (1922), que comprende los siguientes intervalos:

- Arena muy gruesa	(-1 Phi a 0 Phi)
- Arena gruesa	(0 Phi a 1 Phi)
- Arena mediana	(1 Phi a 2 Phi)
- Arena fina	(2 Phi a 3 Phi)
- Arena muy fina	(3 Phi a 4 Phi)

La clasificación textural de cada muestra de arena se hizo tomando en cuenta las dos fracciones que presentan el mayor porcentaje de granos y cuyo análisis permite deducir la predominancia del grupo de las arenas finas-medianas (24 muestras); luego siguen las medianas-finas en menor proporción (3 muestras); y por último las finas-muy finas.

COMPOSICION MINERALOGICA

Para el estudio mineralógico de las arenas ferrotitaníferas se trabajó en la fracción retenida en el tamíz # 120 (0.125 mm.), realizándose una separación de minerales livianos y pesados, utilizando para este efecto bromoformo ($d = 2.8$).

Una vez obtenidas las fracciones livianas y pesadas, fueron lavadas con acetona, obteniéndose después el peso correspondiente.

La fracción pesada fue sometida a un imán permanente para realizar la separación de la fracción magnética.

Observándose la Tabla IV de la composición mineralógica se define que el porcentaje de minerales magnéticos en los perfiles 1, 2 y 7, aumenta en la parte media, por presentarse la morfología de la playa en esta zona de forma cóncava, comportándose como un plato de concentración o dique de contención para la acción selectiva del oleaje (Figs. a, b y g).

En los perfiles 3, 4, 5 y 6 el mayor porcentaje de minerales magnéticos se concentra bajo la berma, y

empieza a disminuir a medida que nos acercamos a la línea de marea baja (Figs. c, d, e y f), por la disminución de la pendiente; anotándose por consiguiente que la morfología de la playa juega un papel muy importante en la concentración de los minerales magnéticos.

MINERALES LIVIANOS

El porcentaje de minerales livianos encontrados en el área de estudio varía desde 89, 25% a 2.17%, observándose los mayores valores en los puntos de marea baja, disminuyendo dicho porcentaje hacia la berma.

Los minerales encontrados dentro de esta fracción son cuarzo, feldespatos, alteritas y carbonatos de calcio y cuyos porcentajes, en cada una de las muestras, se observan en la Tabla V.

CUARZO.- Es el mineral predominante en la fracción liviana, su porcentaje varía del 47.22% al 71.13%. Se presentan en granos irregulares, equidimensionales y redondeados a subangulares en su mayoría limpios de óxidos e inclusiones.

FELDESPATOS.- El porcentaje de feldespatos varía desde el 13.40% hasta el 29.92%. Los granos en su mayoría son parecidos al cuarzo, mostrando algunos de ellos un hábito alargado, observándose pocos individuos redondeados.

ALTERITAS.- Las alteritas son fragmentos de rocas y minerales muy alterados de diverso origen, presentándose opacos o poco traslúcidos.

La forma de este tipo de individuos es en su gran mayoría redondeada, variando su porcentaje desde 5.49% hasta 21.05%, encontrándose los mayores valores en la desembocadura del Estero Data de Posorja.

CARBONATO DE CALCIO.- El porcentaje de carbonato de calcio varía desde 2.11% hasta 10.34% y pertenecen a restos de organismos marinos.

MINERALES PESADOS

Los minerales pesados se encuentran en porcentajes que varían del 10.60% al 92.66%. Los más bajos valores de pesados fueron encontrados en la línea de marea baja.

Los valores porcentuales de los diversos minerales observados en la fracción pesada se muestran en la Tabla VI, siendo estos:

PIROXENOS.- Es el mineral predominante en la fracción pesada variando su porcentaje de ocurrencia del 21.82% al 66.66%, identificándose cuatro especies diferentes como son: hipersteno, augita, henstatita y eigerina; siendo el hipersteno el que mayor porcentaje presentó dentro de este grupo, siguiéndole en importancia relativa la augita y la henstatita, encontrándose muy pocos individuos de eigerina.

Casi la totalidad de estos minerales presentan inclusiones opacas, mostrándose en estado fresco y con poca redondez.

ANFIBOLES.- Dentro del grupo de los anfíboles destaca la hornblenda, mostrándose en granos de color verde a castaño oscuro. La mayoría de los individuos se presentan frescos y sin inclusiones.

El porcentaje de anfíboles varía del 7.85% al 57.69%, encontrándose los más altos valores en la línea de marea baja.

MINERALES OPACOS

Los minerales opacos fueron estudiados en una lámina pulida, observándose que el mineral de mayor abundancia presente fue la hematita, siguiéndose en porcentaje de ocurrencia la ilmenita.

La hematita se observó en granos puros, con desmezclas de ilmenita, rutilo e inclusiones de pirita autigénica o en algunos casos alteradas y oxidadas en los bordes.

La ilmenita se presentó en su totalidad sin desmezclas y alteración.

El porcentaje de minerales opacos varía de 1.19 a 55.16% en la fracción pesada.

EPIDOTAS.- Se observó en granos muy redondeados a subredondeados de color verde oscuro. El porcentaje de este mineral va del 0.71% al 21.14%. Los mayores porcentajes se encuentran en la desembocadura del Estero Data de Posorja.

ALTERITA.- Presenta características similares a las encontradas en la fracción liviana, el porcentaje de ocurrencia fluctúa entre 1.28% al 12.50%.

RUTILO.- Se encontraron muy pocos individuos, de color negro y forma esferoidal. El porcentaje de rutilo varía del 0.00 a 3.57%.

TURMALINA.- El porcentaje de este mineral varía de 0.00% a 2.08%, cristalográficamente se presentan con las aristas redondeadas y de color negro.

APATITO.- Se encuentran muy raros individuos, variando su porcentaje de 0.00% a 1.53%.

GRANATE.- En general se presentan de color oscuro, de forma redondeada y subangulosa. El porcentaje observado va de 0.00% a 2.06%.

CIRCON.- Se depositan en cristales redondeados y alargados. De color rosa pálido e incoloros. No presentan inclusiones y su porcentaje varía de 0.00% a 1.42%.

SIDERITA.- Estos minerales de origen autigénico, se presentan en colores de rosa pálido a oscuro, y su porcentaje varía de 0.00% a 8.97%.

MINERALES MAGNETICOS

El porcentaje de minerales magnéticos, obtenidos por separación con un imán permanente varía de 0.15% a 20.40%.

Consiste en su totalidad de titanomagnetita, magnetita y desmezclas de magnetita e ilmenita, las cuales fueron objeto de un estudio aparte y su composición obtenida en un microscopio electrónico.

ORIGEN DE LAS ARENAS Y TIPO DE DEPOSITO

Las rocas madres de las arenas depositadas en las playas de estudio son volcánicas de tipo básico, si se toma en cuenta la abundancia de piroxenos, anfíboles, magnetita e ilmenita.

La presencia de ciertos minerales como son: turmalina, rutilo, circón, apatito, etc., típicos de rocas metamórficas y ácidas, se debe probablemente a la contribución de las rocas sedimentarias aflorantes en la costa ecuatoriana, las cuales poseen dentro de sus clastos material procedentes de otras áreas situadas más al sur, depositadas en la zona en épocas geológicas anteriores, siendo arrastrados y depositados en el área por las corrientes marinas o por deslizamientos.

También se debe tomar en cuenta que puede existir un aporte efectivo procedente de la sierra ecuatoriana, por acción el Río Guayas, el cual acarrea una gran cantidad de sedimentos hacia el mar; además, los ríos intermitentes y las corrientes marinas pueden acarrear material desde las zonas más apartadas del litoral.

Perfil	Muestra	Media F	Grado de Clasificación F	Asimetría
1	M - 1	2.17	0.76	-0.63
	M - 2	2.12	0.54	0.07
	M - 3	2.09	0.57	0.22
	M - 4	2.47	0.54	-0.48
2	M - 1	2.33	0.51	-0.42
	M - 2	2.14	0.57	0.02
	M - 3	2.06	0.57	0.19
	M - 4	2.51	0.53	-0.41
3	M - 1	2.08	1.05	0.13
	M - 2	2.32	0.52	-0.49
	M - 3	2.19	0.57	-0.47
	M - 4	2.21	0.53	-0.16
4	M - 1	2.54	0.44	-0.49
	M - 2	2.44	0.50	-0.52
	M - 3	2.48	0.53	-0.41
	M - 4	2.65	0.32	-0.13
5	M - 1	2.71	0.34	-0.08
	M - 2	2.59	0.44	-0.40
	M - 3	2.55	0.47	-0.50
	M - 4	2.58	0.47	-0.44
6	M - 1	2.60	0.49	-0.40
	M - 2	2.61	0.39	-0.24
	M - 3	2.53	0.49	-0.51
	M - 4	2.58	0.34	-0.40
7	M - 1	2.55	0.48	-0.50
	M - 2	2.30	0.56	-0.52
	M - 3	2.19	0.57	-0.47
	M - 4	2.36	0.54	-0.50

TABLA III. Parámetros estadísticos de las muestras de arena.

PERFIL I	LIVIANOS	PESADOS	MAGNETICOS
1	25.12	73.08	1.79
2	17.64	78.78	3.57
3	21.93	75.48	2.58
4	89.25	10.60	0.15
PERFIL II			
1	10.58	84.70	4.72
2	17.14	74.03	8.83
3	10.36	85.94	3.70
4	86.36	13.49	0.15
PERFIL III			
1	7.80	88.22	3.98
2	14.14	83.65	2.21
3	4.66	92.11	3.23
4	37.80	61.49	0.71
PERFIL IV			
1	4.94	89.55	5.51
2	21.63	74.82	3.55
3	16.30	82.40	1.30
4	43.39	55.68	0.93
PERFIL V			
1	9.57	70.03	20.40
2	5.87	83.50	10.63
3	16.00	78.07	5.93
4	88.87	10.94	0.19
PERFIL VI			
1	4.43	89.39	6.18
2	9.83	85.26	4.91
3	38.64	59.14	2.22
4	87.87	12.03	0.28
PERFIL VII			
1	15.84	79.14	5.02
2	6.33	83.68	9.99
3	2.17	92.66	5.17
4	82.47	17.26	0.27

TABLA IV. Composición mineralógica aproximada de las arenas ferrotitaníferas correspondiente a la malla No. 120 (0.125 mm).

PERFIL I	CUARZO	FELDESPATOS	ALTERITAS	CARBONATOS
1	71.13	13.40	10.30	5.15
2	67.28	16.82	11.21	4.67
3	67.44	18.60	6.97	6.97
4	62.83	20.85	13.27	3.53
PERFIL II				
1	47.22	26.38	19.44	6.94
2	52.54	20.33	18.64	8.47
3	68.13	24.17	5.49	2.19
4	69.31	17.91	8.54	4.24
PERFIL III				
1	55.26	18.42	21.05	5.26
2	54.54	21.81	18.18	5.45
3	57.89	22.36	15.78	3.94
4	60.43	20.87	10.98	7.97
PERFIL IV				
1	50.00	26.92	15.38	7.96
2	53.44	24.13	12.06	10.34
3	58.19	19.63	15.34	6.84
4	55.55	19.04	15.87	9.52
PERFIL V				
1	56.34	18.31	15.32	10.03
2	58.63	17.26	16.16	7.95
3	60.37	20.75	13.20	5.66
4	60.48	20.93	14.16	4.43
PERFIL VI				
1	57.08	22.34	11.36	9.22
2	57.14	22.85	11.42	8.57
3	53.33	22.22	15.55	8.88
4	50.96	22.48	17.34	9.22
PERFIL VII				
1	60.00	20.95	12.38	6.66
2	53.16	24.05	16.45	6.32
3	53.62	24.63	14.49	7.24
4	54.82	25.42	17.12	2.64

TABLA V.- Composición porcentual de minerales livianos correspondiente a la malla No. 120 (0.125 mm).

Perfil I	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	62.07	23.37	7.59	1.12	2.53	1.26	1.53	-	-	0.53	-
2	50.33	22.75	13.78	2.17	2.06	3.44	1.37	0.68	0.68	2.06	0.68
3	50.78	30.14	4.41	3.67	5.14	0.73	0.73	1.47	0.73	1.47	0.73
4	38.42	33.33	1.19	21.14	2.38	-	-	1.19	-	1.16	1.19
Perfil II											
1	45.03	23.33	17.49	5.00	5.83	0.83	-	-1.66	-	0.83	-
2	49.65	8.66	29.12	4.72	5.51	0.78	-	0.78	-	-	0.78
3	45.95	34.42	9.82	4.91	4.09	-	0.81	-	-	-	-
4	29.01	57.69	8.97	5.12	3.41	-	-	-	-	-	-
Perfil III											
1	61.47	22.22	9.62	3.70	2.96	-	-	-	-	-	-
2	57.34	33.33	6.24	2.08	2.48	-	2.08	2.08	0.16	-	-
3	53.37	17.29	24.05	0.75	1.50	-	0.75	1.50	-	0.75	-
4	46.86	28.12	3.12	5.20	12.50	1.04	1.14	2.01	-	-	-
Perfil IV											
1	66.66	18.94	5.40	5.40	2.70	-	-	-	-	0.90	-
2	59.20	17.34	13.26	6.12	4.08	-	-	-	-	-	-
3	49.71	35.40	2.89	4.34	2.89	1.89	1.44	-	-	1.44	-
4	45.00	38.94	2.67	3.57	5.35	1.78	0.89	-	-	0.91	0.89
Perfil V											
1	27.85	7.85	55.16	0.71	-	3.57	1.42	-	0.71	0.71	1.42
2	65.18	10.09	11.92	7.33	2.75	0.91	-	-	-	0.97	0.85
3	52.33	23.40	15.88	3.73	1.86	2.80	-	-	-	-	-
4	50.83	29.48	10.16	5.68	2.36	1.49	-	-	-	-	-
Perfil VI											
1	66.61	18.36	8.07	2.16	1.96	0.96	-	1.32	-	0.56	-
2	59.43	23.30	9.02	2.25	2.20	0.80	0.75	1.50	-	0.75	-
3	51.21	26.82	7.38	8.53	2.43	1.21	-	1.11	-	1.31	-
4	21.82	51.28	2.56	10.25	1.28	2.56	-	8.97	1.28	-	-
Perfil VII											
1	59.99	17.54	11.66	3.33	1.66	2.50	0.83	0.72	-	0.94	0.83
2	52.97	27.30	5.94	3.94	1.96	-	1.28	1.38	0.87	1.40	0.98
3	53.51	23.64	7.03	4.22	2.79	2.94	1.40	1.46	1.53	0.70	0.78
4	51.93	30.42	1.80	6.83	2.96	1.16	1.40	1.60	1.26	0.64	-

TABLA VI. Composición porcentual de minerales livianos correspondiente a la malla No. 120 (0.125 mm).

A = Piroxenos C = Opacos E = Alteritas G = Turmalina I = Apatito K = Circón
 B = Anfíboles D = Epídotos F = Rutilo H = Siderita I = Granate

Según otros autores (Teruggi, et al., 1964), se sostiene que la concentración de minerales pesados se produce únicamente en los lugares donde, por acción de constantes derivas, olas, etc., hay un aporte mayor de éstos. Es por esto que la acción selectiva del oleaje se vincularía directamente con la mayor cantidad de minerales pesados en las arenas, y por consiguiente, los concentrados naturales dependerían para su formación no sólo del oleaje sino de la contribución y remoción de estos minerales.

Ello propone un transporte de dichos materiales hasta la costa, con lo cual se explicaría el porqué de las concentraciones de magnetita, ilmenita y otras especies pesadas en ciertos lugares de la costa, lo que tendría lugar por corrientes marinas periódicas como "El Niño" en nuestra costa ecuatoriana, y acerca de la cual existe una relación de indicios indirectos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los estudios realizados se pudo determinar que las arenas del área se presentan unimodales, evidenciando de esta forma, la buena clasificación a la que son sometidas por la acción de las olas.

La asimetría hacia los gruesos, determinada en base a los parámetros estadísticos, evidencia un ambiente erosivo durante los meses en que se realizó el muestreo.

Observando la morfología de la costa, principalmente la flecha formada en la desembocadura del Estero Data de Posorja y las lagunas costeras formadas atrás de la playa, se deduce que las corrientes litorales se mueven en sentido sureste corroborando lo dicho por Sánchez (1978), y que el área es netamente acrecional con períodos de erosión.

En cuanto a la génesis de las arenas se evidencia una predominancia de rocas básicas procedentes de la Formación Piñón; y de la erosión de rocas de edad terciaria y cuaternaria aflorantes a lo largo de la costa ecuatoriana.

La presencia de minerales como circón, rutilo, turmalina y apatito en los sedimentos, podría relacionarse a la carga sedimentaria que proviene del sur, arrastrada por las corrientes y a la erosión de rocas sedimentarias aflorantes a lo largo de la costa las cuales poseen dentro de sus clastos, fragmentos de rocas metamórficas e ígneas ácidas.

Por lo observado en los porcentajes relativos y en la composición mineralógica, estas arenas son una

gran fuente para la obtención de hierro y titanio por poseer, la mayoría de los individuos, inclusiones que pueden elevar el porcentaje de los minerales antes mencionados. Los minerales de interés económico contenidos dentro de las arenas depositadas en el área de estudio son: la magnetita y los minerales opacos no magnéticos (hematita, ilmenita, etc) por ser estos los que en mayor porcentaje se presentan para ser objeto de explotación.

Se descarta el rutilo, circón, etc., por presentarse en un porcentaje muy bajo pero que pueden contribuir al enriquecimiento del material para obtener titanio.

Además de los minerales opacos magnéticos y no magnéticos se debe tomar en cuenta que otros minerales como los piroxenos, anfíboles, etc., poseen inclusiones que contienen hierro y titanio, los cuales pueden ayudar también al enriquecimiento del material.

La alta concentración de estas arenas en ciertas áreas se debe especialmente a la acción de las olas y corrientes; además, que las pendientes de las playas en esta zona son muy elevadas, ayudando de esta forma a la depositación de minerales pesados.

Se puede observar que estas arenas se depositan y se concentran especialmente en épocas donde se produce un aumento en la velocidad de las corrientes y derivas, producidas por un fenómeno eventual.

Se recomienda en el futuro realizar estudios pirometalúrgicos y geoquímicos, para poder evaluar la cantidad de hierro y titanio que se puede obtener a partir de una determinada cantidad de arena.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su reconocimiento a los directivos del INOCAR, por el apoyo brindado para la publicación del presente trabajo. De igual forma, nuestro agradecimiento al TNN-UN Fernando Zurita F., por su valiosa colaboración en la lectura del manuscrito. Al Sr. Ernesto Zavala, por la elaboración de los dibujos que ilustran este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

Ayón, H., 1988.- Grandes razgos geomorfológicos de la costa ecuatoriana. Proyecto de Manejo de Recursos Costeros. Ministerio de Energía y

- Minas, Universidad de Rhode Island y Agencia para el Desarrollo Internacional de los EE. UU. Informe No. 1, p: 18.
- Benítez, S., 1975.-** Morfología y sedimentos de la plataforma continental del Golfo de Guayaquil. Tesis de Grado. ESPOL, Guayaquil, p. 17.
- Folk, R., y W. Ward, 1957.-** Brazos River Bar. A study in the significance of grain size parameters. Jour. Sedim. Petr., Washington, 27:3-27; en Morais, J., 1980. Archivos de Ciencias do Mar. Vol. XX- dezembro, Num. 1 e 2. Fortaleza-Ceará-Brasil.
- León, R. y M. Cobos, 1976.-** Determinación del medio ambiente de sedimentación de una arena del área del Rodador, zona sur, a partir de análisis granulométricos; Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, p. 19.
- Mingarro, F. y S. Ordóñez, 1982.-** Petrología Exógena I; Hipergénesis y sedimentogénesis alóctona; Editorial Rueda. Madrid, España, p. 222.
- Morais, J., 1980.-** Aspectos do transporte de sedimentos no litoral do Municipio de Fortaleza, Estado de Ceará, Brasil. Arquivo de Ciencias del Mar. Vol. XX, dezembro, p. 81.
- Murray, S., Condon, D., Siripong, A. y J. Santoro, 1975.-** Circulation and salinity distribution in the Rio Guayas estuarine, Ecuador. En Estuarine Research. Vol. II. Academic Press, N. Y.
- Ottman, F., 1967.-** Introducción a la Geología Marina y Litoral. EUDEBA. En Manuel De Miró, 1972, Curso de Geología Marina. Programa de Investigación y Exploración Oceanográfica 1971-1975, p.6.
- Preston, J., 1959.-** Información preliminar sobre los recursos, usos y problema de la zona costera ecuatoriana. Seminario sobre ordenación y desarrollo integral de las zonas costeras. Guayaquil, Ecuador, 18-27 de mayo 1981. Por el Dpto. de Asuntos Sociales de las NN. UU.
- Sánchez, E., 1978.-** Transporte litoral en General Villamil (Playas); Dpto. de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL. Tesis de Grado; p. 9-10-11 y 12.
- Teruggi, E., 1959.-** Las arenas de la costa de la provincia de Buenos Aires entre Cabo San Antonio y Bahía Blanca. Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas. La Plata, República de Argentina, p. 10.
- Teruggi, E., Etchichury, M. y J. Remiro, 1964.-** Las arenas de la Bahía San Blas, su investigación por minerales de hierro, titanio, circonio. Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires, Argentina. En Angelelli y Chaar, 1964. Las arenas de la Bahía San Blas, su investigación por minerales de hierro, titanio y circonio, Buenos Aires. Informe No. 122. p. 12-31.
- Wentworth, C., 1922.-** A scale of grade and class terms for clastic sediments. Jour. Geol. En Folk, 1969. Petrología de rocas sedimentarias. Instituto de Geología de la UNAM, México, p. 63.

ESTUDIO DE LA MATERIA ORGANICA EN LOS SEDIMENTOS DEL RIO JUBONES, EN EL AREA COMPRENDIDA ENTRE EL PUENTE LA IBERIA HASTA SU DESEMBOCADURA

Por:

MARIANA JACOME DE SOLORZANO (1)
LILIANA LLANOS DE BONILLA (1)

RESUMEN

Con el fin de conocer algunas características del contenido de materia orgánica en los sedimentos del Río Jubones, se realizó una campaña entre el 9 y 14 de mayo de 1989 tomándose muestras representativas del fondo en un total de 5 perfiles (3 muestras por perfil) que abarcan desde el puente la Iberia hasta la desembocadura del río, determinándose carbono orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total.

En general como un rasgo característico de los sedimentos del Río Jubones, se aprecia muy abundante el contenido de materia orgánica, cuyos máximos valores se encuentran localizados principalmente en su desembocadura; este elevado porcentaje parece estar favorecido por las características geomorfológicas del cauce. Sin embargo la razón carbono/nitrógeno, indica equilibrio y desarrollo normal en el proceso de deposición y descomposición de la materia orgánica, además la textura establece que se trata de una arena gruesa moderadamente clasificada, la misma que disminuye de tamaño a medida que el río se acerca a su desembocadura.

ABSTRACT

In order to know some characteristics about the organic matter content in the Río Jubones, samples were obtained from 9 to 14 of may 1989 from bottom in a total of 5 profiles (3 samples a profil) from Iberia bridge to the mouth of the river obtaining organic carbon, organic nitrogen and total phosphorus.

In general, as a special characteristic of the Río Jubones sediments, it is noticed a high level of organic matter, with maximum values placed at the mouth of the river; this high percentage seems to be favoured by the geomorphologic characteristics of the ditch. However, the carbon/nitrogen rate indicates a equilibrium and normal development in the deposition and decomposition process of the organic matter; furthermore, texture analysis indicates predominance of moderately clasified coarse sand, fining to the river mouth.

INTRODUCCION

El Instituto Oceanográfico de la Armada a través de la División de Geología Marina realiza un amplio programa de investigación, dentro del cual consta el estudio de ambientes fluviales con fines de conservación ecológica.

Dentro de este contexto se planificó en el mes de mayo de 1989 realizar un muestreo de sedimentos superficiales de fondo en un sector del Río Jubones, a solicitud del Programa Nacional del Banano, para determinar su grado de sedimentación y contaminación.

Dada la importancia que tiene el estudio de los parámetros químicos en los sedimentos de fondo, ya

que los mismos permiten establecer las condiciones oxígeno-reductoras del medio, la densidad poblacional de la fauna bentónica, la actividad de los microorganismos y la naturaleza del depósito sedimentario, se analizó el contenido porcentual del material orgánico como posible factor de contaminación (Bonilla y García, 1975).

Más aún este tipo de análisis es fundamental no sólo porque aporta información sobre la composición del sedimento, sino también, porque la presencia de materia orgánica junto con la actividad bacteriana, influyen en las condiciones físico-químicas que prevalecen en los mismos. La presencia de materia orgánica en los sedimentos depende de varios factores principales: el aporte del material orgánico de los organismos bentónicos y planctónicos que habitan en las aguas, la

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR.- P.O. Box. 5940.- Guayaquil - Ecuador.

velocidad de su descomposición una vez depositado y el movimiento de las aguas en las cuales la materia orgánica se deposita.

Entre los principales constituyentes de la materia orgánica se encuentran: el carbono orgánico, nitrógeno orgánico, fósforo total, pigmentos y carbohidratos, los cuales conforman los elementos básicos en la estructura y en la actividad metabólica de los organismos.

En razón de no existir literatura sobre las características químicas de los sedimentos del área en mención, el presente estudio contiene información que servirá de guía para futuras investigaciones. El principal objetivo de este trabajo es determinar cuantitativamente el contenido de materia orgánica en base a la concentración de carbono orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total, tratando de sugerir el posible origen del material orgánico sedimentario en el Río Jubones.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra localizada al norte de la provincia de El Oro-Ecuador (Fig. 1), y comprende un sector del Río Jubones desde el perfil del puente La Iberia hasta la desembocadura del Río.

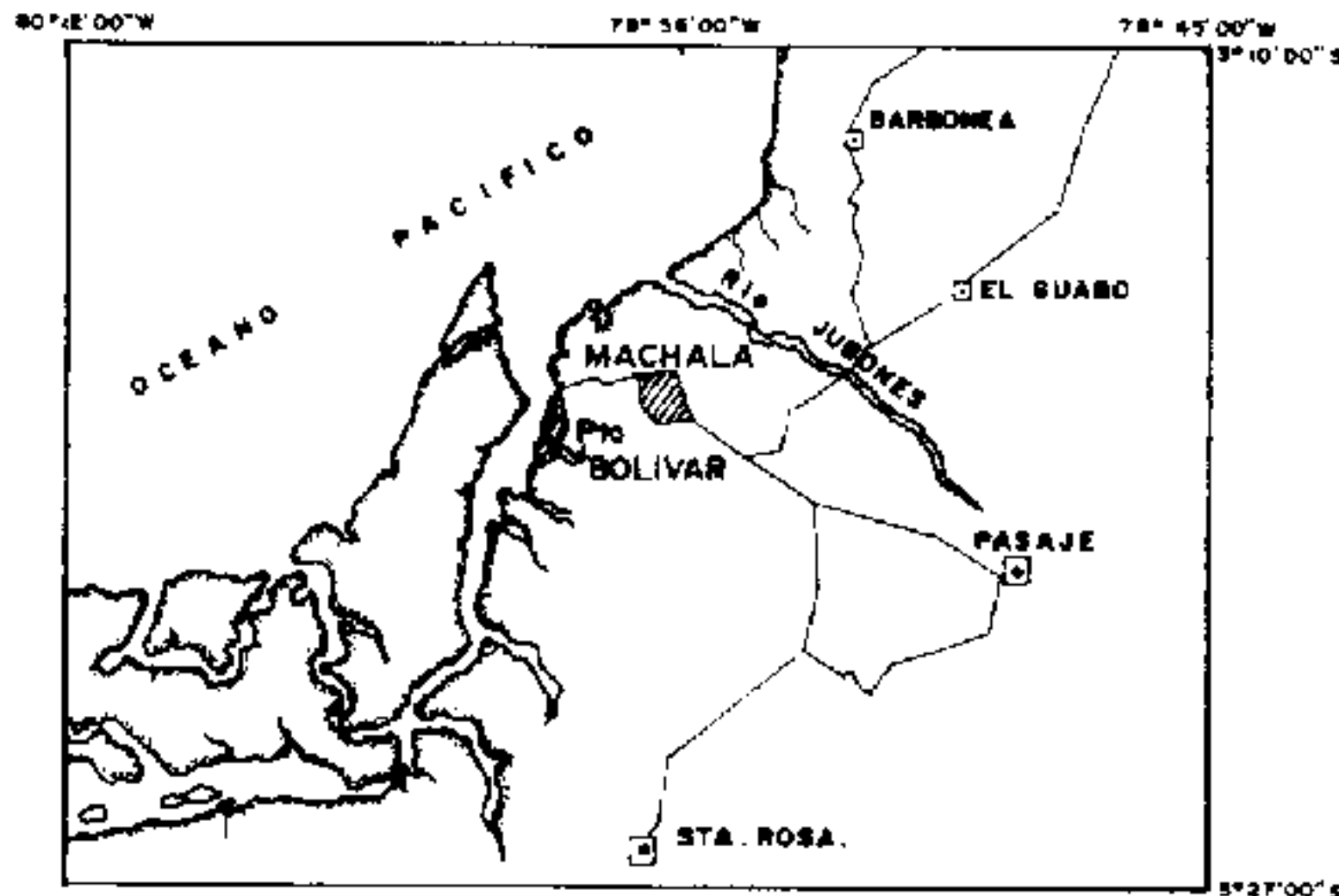


Fig. 1. Área de estudio - provincia de El Oro (Río Jubones). Ecuador.

El Río Jubones tiene una longitud de 154 kilómetros y drena una cuenca de 4.285 kilómetros cuadrados. Su descarga media a la salida es de 52.4 metros cúbicos por segundo.

Actualmente es el Río de mayor utilización en la provincia de El Oro, riega casi 26.000 hectáreas y aporta caudal para el consumo urbano de Machala (Fundación Pedro Vicente Maldonado, 1987).

Se trata de una zona esencialmente agrícola y su economía descansa en la producción bananera de ex-

portación, la misma que alcanza cifras considerables. El Río Jubones proporciona la mayor parte del agua de riego, ocasionando también agudos problemas de sedimentación, inundación de plantaciones, erosión de márgenes y cambio de curso del cauce.

Geológicamente la zona se divide en dos sectores diferentes que forman la sierra y la llanura costanera. Esta última, de tierra agrícola fértil, contiene arenas, limos y arcillas, habiendo sido parcialmente formada por el depósito de sedimentos fluviales. La edad de las rocas de la sierra varía del Pre-Cámbrico al Pleistoceno (Consejo Provincial de El Oro).

Las condiciones climáticas son típicas de zonas tropicales, distinguiéndose porque las lluvias se circunscriben a la época invernal; en el verano es casi seco, comenzando las lluvias en diciembre y sus totales anuales fluctúan entre 1.500 y 2.000 mm. Las máximas absolutas de temperatura son menores que los 39°C, las mínimas absolutas son inferiores a los 18°C (Blandin, 1977).

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de sedimentos fueron recolectadas sistemáticamente en 5 perfiles transversales al cauce del río, tomando tres muestras de sedimento de fondo por perfil con una draga de tipo Van-Veen. La ubicación de cada perfil de muestreo fue preestablecida en un mapa. Su distribución se indica gráficamente en la Fig. 2. Las muestras colectadas fueron envasadas y preservadas para su posterior análisis.

En el laboratorio las muestras de sedimento fueron desecadas en la estufa a 60°C hasta peso constante, después se homogenizaron mediante trituración en mortero, para luego realizar los siguientes análisis por duplicado.

CARBONO ORGANICO:

Fue determinado por oxidación del carbón con una solución ácida de dicromato de potasio (Johnson, 1949) adaptada como técnica espectrofotométrica por Strickland y Parson (1972).

NITROGENO ORGANICO

Se determinó por el método micro-kjeldahl, basado en la destrucción de la materia orgánica nitrogenada por medio del ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador.

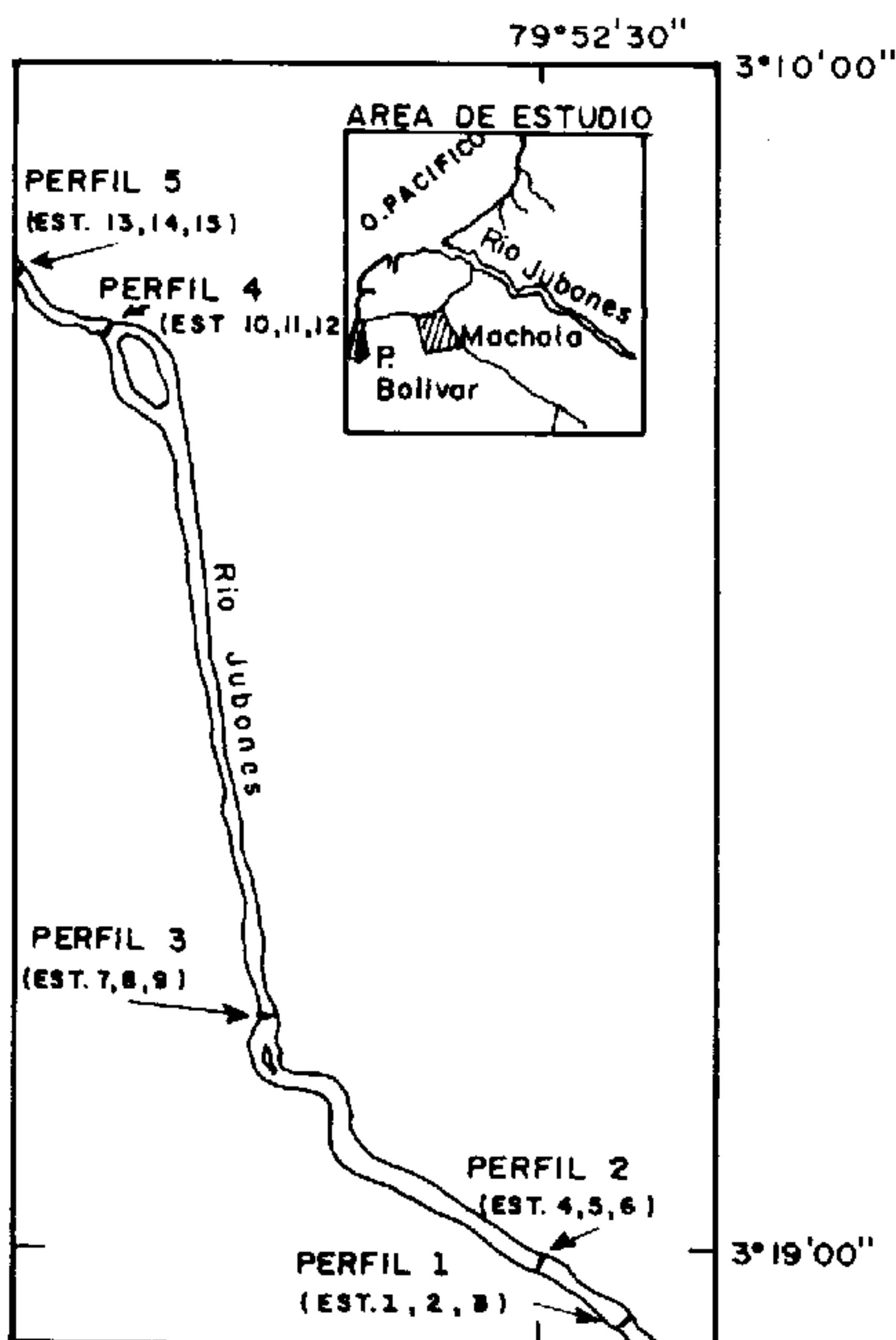


Fig. 2. Ubicación de perfiles y estaciones de muestreo.

Se libera amoníaco combinándose con el ácido sulfúrico, resultando sulfato de amonio estable que permite la valoración de nitrógeno con hidróxido de sodio 0.04N.

FOSFORO TOTAL

Determinado por el método de estimación espectrofotométrica. La digestión y extracción total se realiza con ácido perclórico (ClO_4H), a temperatura de 130° a 140°C hasta sequedad, oxidando el fósforo orgánico a fosfato determinando su concentración por el método del ácido ascórbico a una longitud de onda de 882 nm, según Murphy-Riley (1962).

ANÁLISIS TEXTURAL

La textura del sedimento fue determinado en base al análisis granulométrico. En la fracción gruesa (grava-arena) se efectuó un tamizaje seco, utilizando un juego de tamices de 4.0 mm a 0.0063 mm. La

fracción fina (limo-arcilla), pasante del tamiz 230, fue analizada por el método de la pipeta.

RESULTADOS

Las características químicas de los sedimentos del Río Jubones, determinadas en base a los análisis descritos se presentan en la Tabla I, y son los siguientes:

FOSFORO TOTAL

Es uno de los elementos de mayor importancia para el crecimiento de los organismos acuáticos, principalmente en el ciclo del ácido nucleico. Hart et al. (1976) afirma que bajo ciertas condiciones el fósforo puede ser liberado de los sedimentos a la columna de agua, y este es aprovechado potencialmente como un nutriente para el crecimiento del fitoplancton.

De los resultados obtenidos (Tabla I y Figs. 3, 4, 5) se establece que los valores de fósforo fluctuaron entre 0.08 y 0.74%.

Valores bajos se encontraron en las estaciones 8 y 9 perfil No. 3 con una concentración de 0.080-0.090%, ubicadas frente a la población de Palestina. En este perfil la mayor profundidad se ubica en el centro del río (1.70 m), mientras que los márgenes presentan 0.40 y 0.50 m.

Los porcentajes más elevados se registraron en las estaciones 1-2 perfil No. 1 con una concentración de 0.75 - 0.57% ubicadas a unos 300 m. del puente La Iberia y en la estación 15 perfil No. 5 con una concentración de 0.92% situada a 300 m. río arriba. Cabe mencionar que en este perfil se observa una misma profundidad a todo lo ancho del río (0.50 m.) notándose un gran bajo en la desembocadura formado por arena, restos vegetales, basura, etc., los mismos que taponan dicha desembocadura y hacen que las mareas (flujo y reflujo) no tengan influencia en el río.

En lo referente al resto de las estaciones no existen variaciones notables de fósforo total que indiquen condiciones anómalas.

CARBONO ORGÁNICO

Es el principal constituyente y forma el 50 ó 60% del total de la materia orgánica. La cantidad de carbono varía según las condiciones de sedimentación y es de origen animal o vegetal.

De acuerdo con el mapa de concentraciones (Figs. 6, 7 y 8) se observa que los porcentajes de carbono orgánico en el Río Jubones se presentan eleva-

dos, con valores que oscilan entre el 5% al 17%. Cabe indicar que el máximo valor se encuentra localizado en la desembocadura del río (Est. 13, perfil No. 5) con una concentración de 17.35% y a una profundidad de 0.50 m.

En la parte sur el contenido de carbono orgánico presenta valores que varían del 5% en la Est. 3 al 10% en la Est. 4 del perfil No. 2, observándose profundidades entre 0.40 y 0.50 m. notándose además la presencia de bancos de arena.

NITROGENO ORGANICO

Es un índice del total de la materia orgánica. Los valores en los sedimentos suelen oscilar entre 0.05 y 0.5% del peso seco. El nitrógeno que sólo constituye alrededor del 6% del total de la materia orgánica, está más sujeto a oxidación que el carbono y puede desaparecer de los sedimentos en medios oxidantes, pasando en disolución al agua de mar en forma de nitritos y nitratos (De Miró, 1972).

La distribución del contenido de nitrógeno orgánico en esta investigación (Figs. 6, 7 y 8) indican que las concentraciones se presentan relativamente elevadas en toda la zona de estudio, observándose una correlación significativa entre el carbono y el nitrógeno pues ambos presentan concentraciones similares; así se ve que los máximos valores se ubican en el perfil No. 5.

RELACION CARBONO-NITROGENO

La razón carbono-nitrógeno (C/N) presenta la magnitud de sus concentraciones similares en toda el área de estudio y muy cercano al valor de trask (10%) (Figs. 3, 4 y 5). Los valores de las razones C/N oscilan entre 7.45-14.57% observándose que el máximo valor se encuentra ubicado cerca de la desembocadura del río.

DISCUSION DE RESULTADOS

De acuerdo con los resultados mencionados anteriormente se puede analizar ciertos factores principales que controlan la distribución porcentual, el ambiente de deposición y la posible fuente de origen de la materia orgánica.

De manera general se observa un alto contenido de carbono y nitrógeno orgánico especialmente en la desembocadura, lo que viene a ser una característica interesante del tipo de sedimento en el Río Jubones. A

pesar de encontrarse altos valores de carbono y nitrógeno/orgánico (Tabla I), las concentraciones carbono/nitrógeno (7-14%) se presentan normales, lo que indica que el proceso de deposición y de descomposición de la materia orgánica se desarrolla en condiciones relativamente favorables. Esta relación tiende a mantener un equilibrio ecológico en el medio agua-sedimento, ayudado por la vegetación del área que precipita materiales disueltos y suspendidos, como materia orgánica vegetal, que junto con el posible aporte de material acarreado por los ríos determinan el alto contenido de materia orgánica que existe en estos sedimentos. Este proceso sucesivo contribuye a la acumulación del material orgánico, dependiendo además de las características del ambiente sedimentario imperante en el área: topografía del fondo, profundidad, temperatura, salinidad y aspectos dinámicos del agua (Bonilla, 1979).

Esto hace pensar que las características químicas (carbono orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total), que conforman la materia orgánica tengan posiblemente en mayor proporción un origen vegetal, debido a que la zona es eminentemente agrícola, ganadera, minera, etc., esto hace que el río transporte los desechos, materiales tanto del hombre y de estas áreas.

Es interesante resaltar que las máximas concentraciones se encuentran ubicadas en el perfil No. 5 aproximadamente a unos 300 m de la desembocadura, la misma que se encuentra taponada notándose un gran bajo formado por arena, restos vegetales, etc., lo cual limita el intercambio de agua del río con el exterior (Soledispa, 1989). Esto es ayudado por la velocidad de

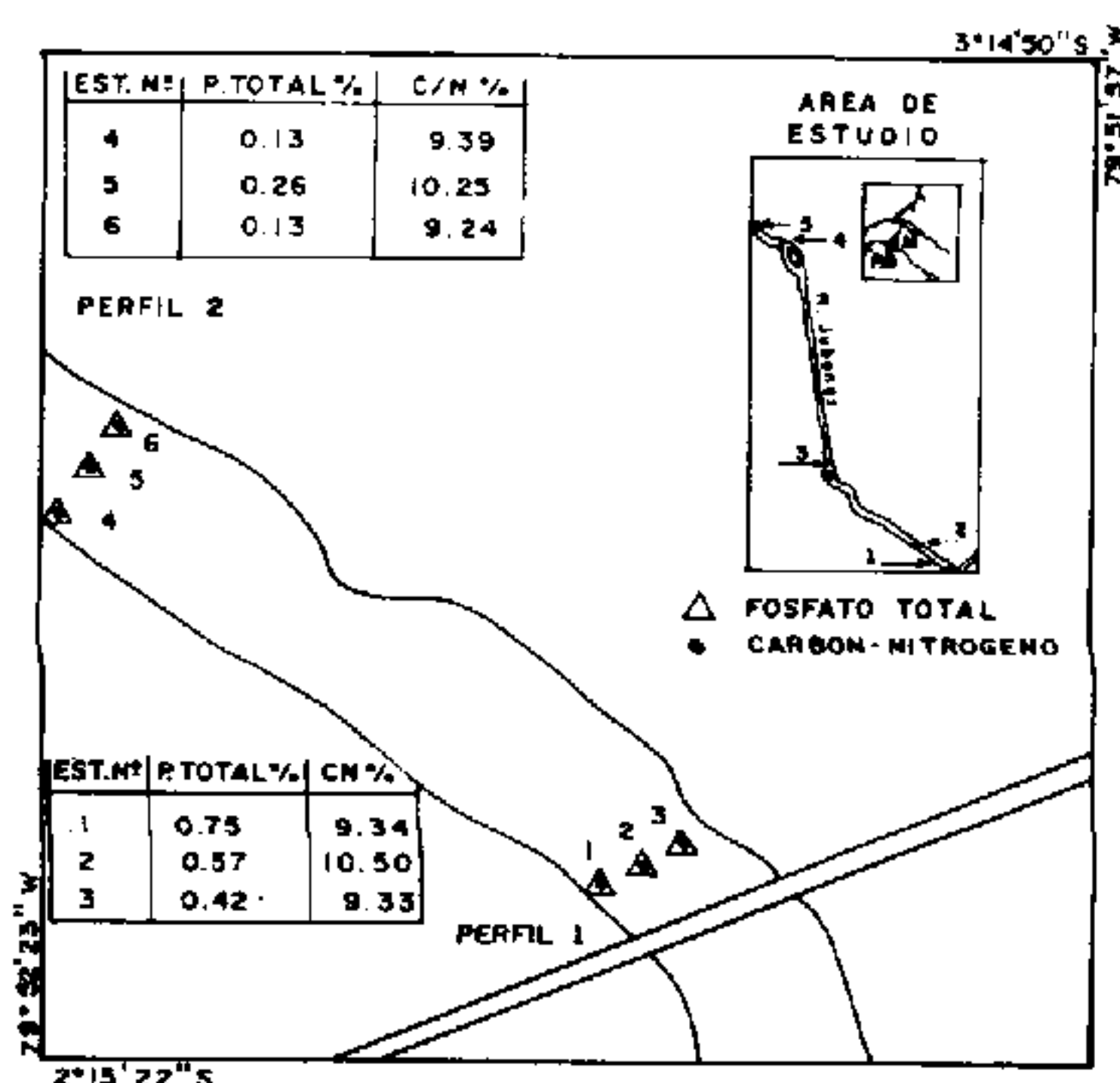


Fig. 3. Concentración de fósforo total (%), relación carbono-nitrógeno C/N (%).

PARAMETROS QUIMICOS							
Perfil No.	Estac. No.	Prof. (m.)	Carbón orgánico (%)	Nitrógeno orgánico (%)	Fósforo total (%)	Relacion C/N	Textura
1	1	1.60	7.10	0.76	0.75	9.34	arenosa
	2	0.60	9.25	0.50	0.57	10.50	arenosa
	3	1.60	5.32	0.57	0.48	9.34	arenosa
2	4	2.00	10.35	0.68	0.13	9.34	arenosa
	5	0.50	6.25	0.61	0.26	10.25	ar. gravosa
	6	0.50	8.45	0.59	0.13	9.24	arenosa
3	7	0.50	16.50	0.65	0.39	10.00	arenosa
	8	1.70	7.75	0.63	0.08	9.13	arenosa
	9	0.50	5.25	0.50	0.09	10.50	arenosa
4	10	1.50	8.45	0.80	0.13	10.56	arenosa
	11	0.40	7.50	0.76	0.41	9.87	arenosa
	12	1.50	13.65	0.49	0.43	7.45	arenosa
5	13	0.50	17.30	1.05	0.36	14.57	arenosa
	14	0.50	12.25	0.90	0.20	13.61	arenosa
	15	0.50	11.85	0.87	0.52	13.62	arenosa

TABLA No. I. Características químicas y texturales de los sedimentos en el Río Jubones.

la corriente, la misma que disminuye paulatinamente al acercarse a la desembocadura (0.51 m/seg), contribuyendo al estancamiento de las aguas, facilitando la sedimentación del material orgánico. A diferencia de lo que se observa en los perfiles 1, 2, 3 donde la

corriente es relativamente mayor (0.90 m/seg), lo cual influye en la productividad de las aguas facilitando la oxidación de la materia orgánica sedimentada al fondo.

La Fig. 9 representa la correlación del carbono

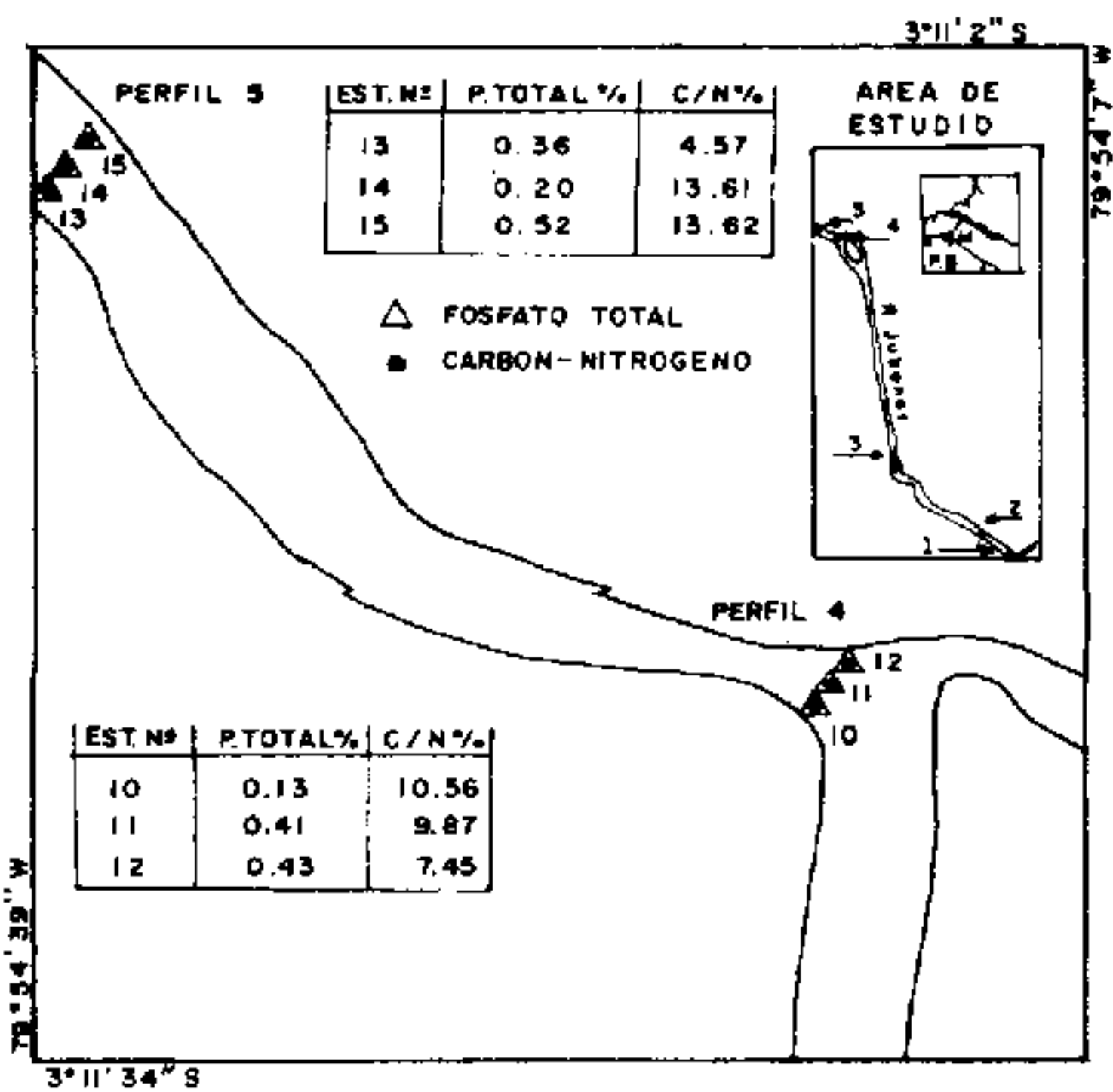
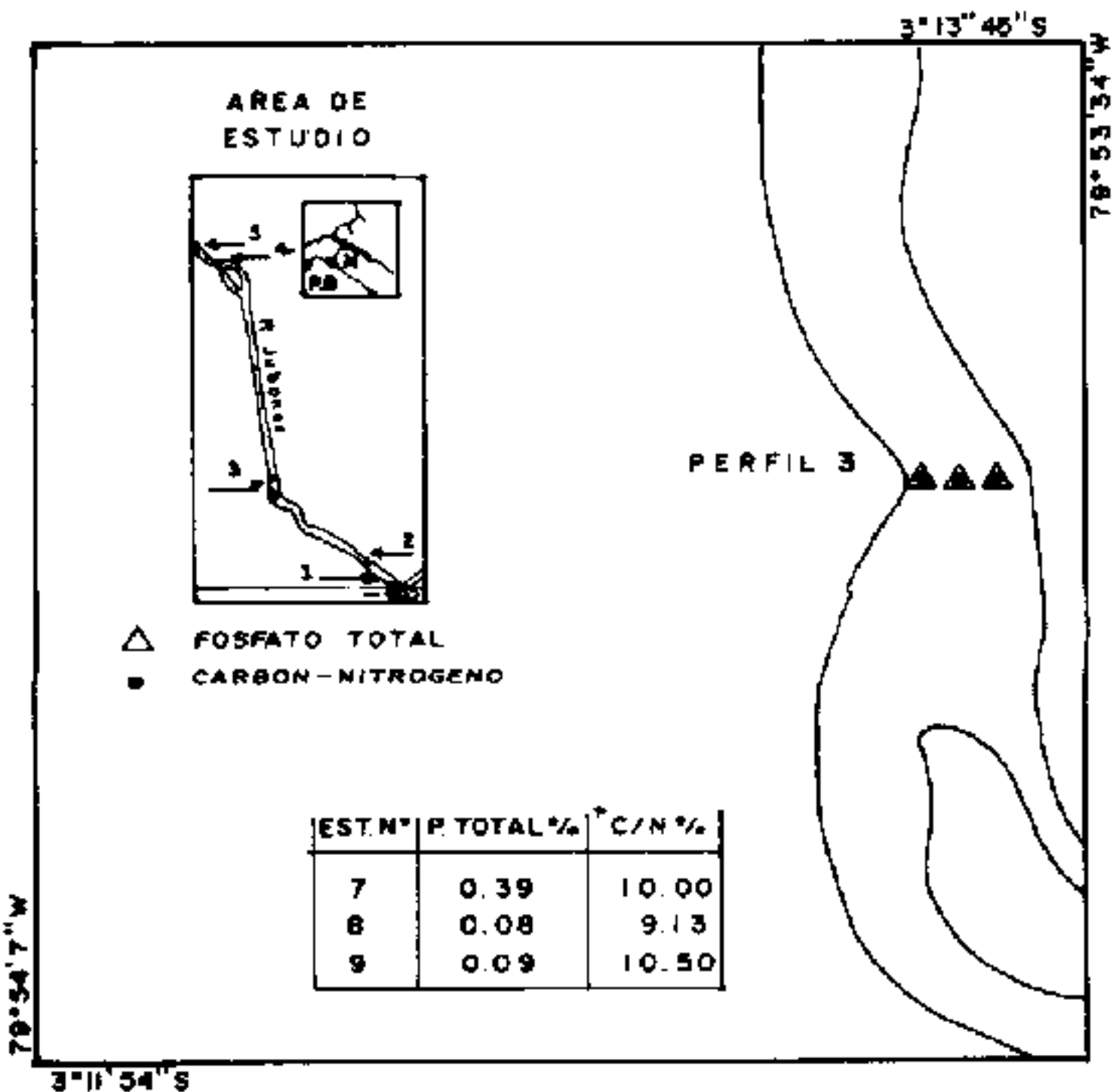


Fig. 4 y 5 . Concentración de fósforo total (%), relación carbono-nitrógeno C/N (%).

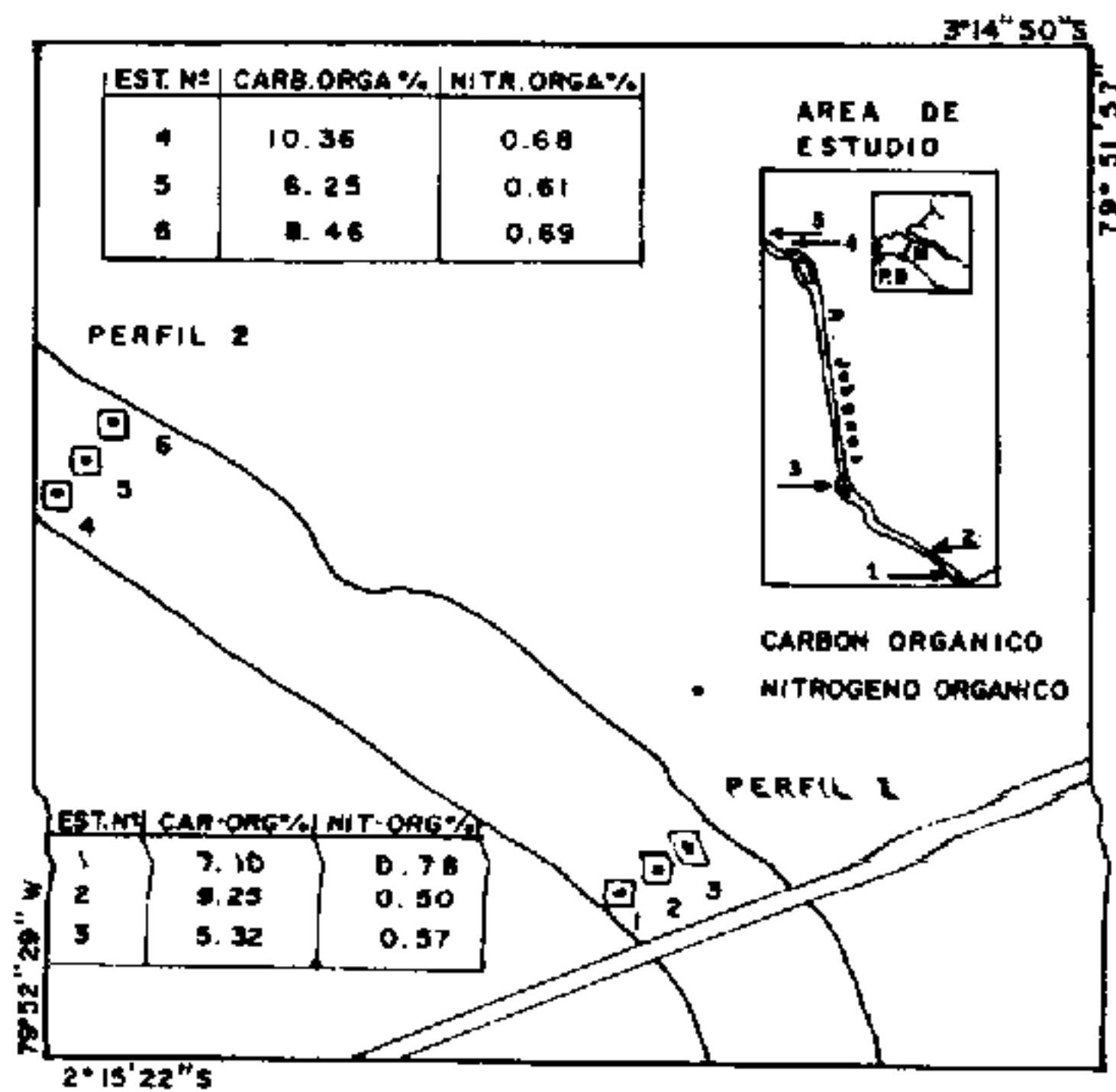


Fig. 6. Concentraciones de carbono y nitrógeno orgánico (%).

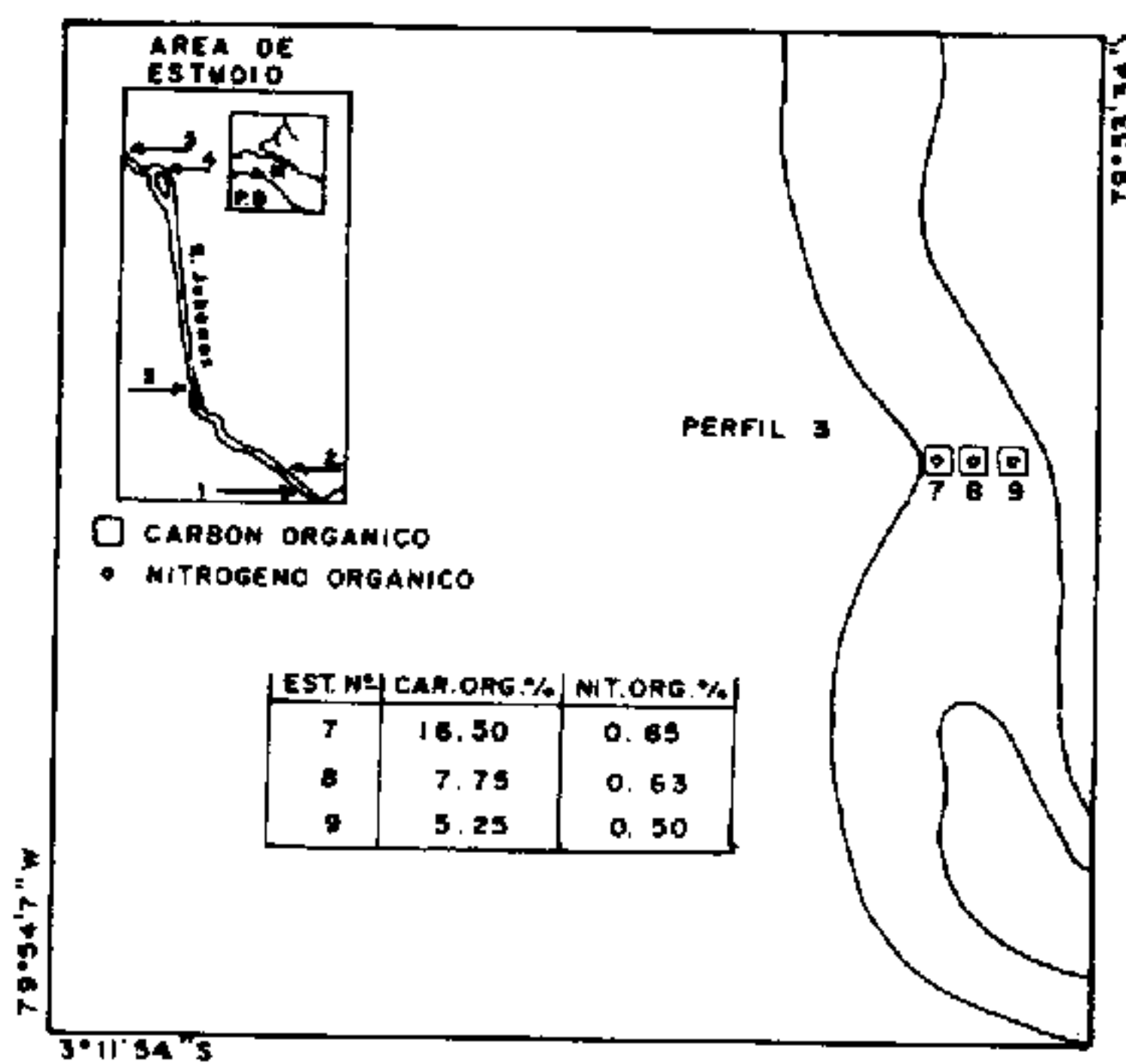


Fig. 7. Concentración de carbono y nitrógeno orgánico (%).

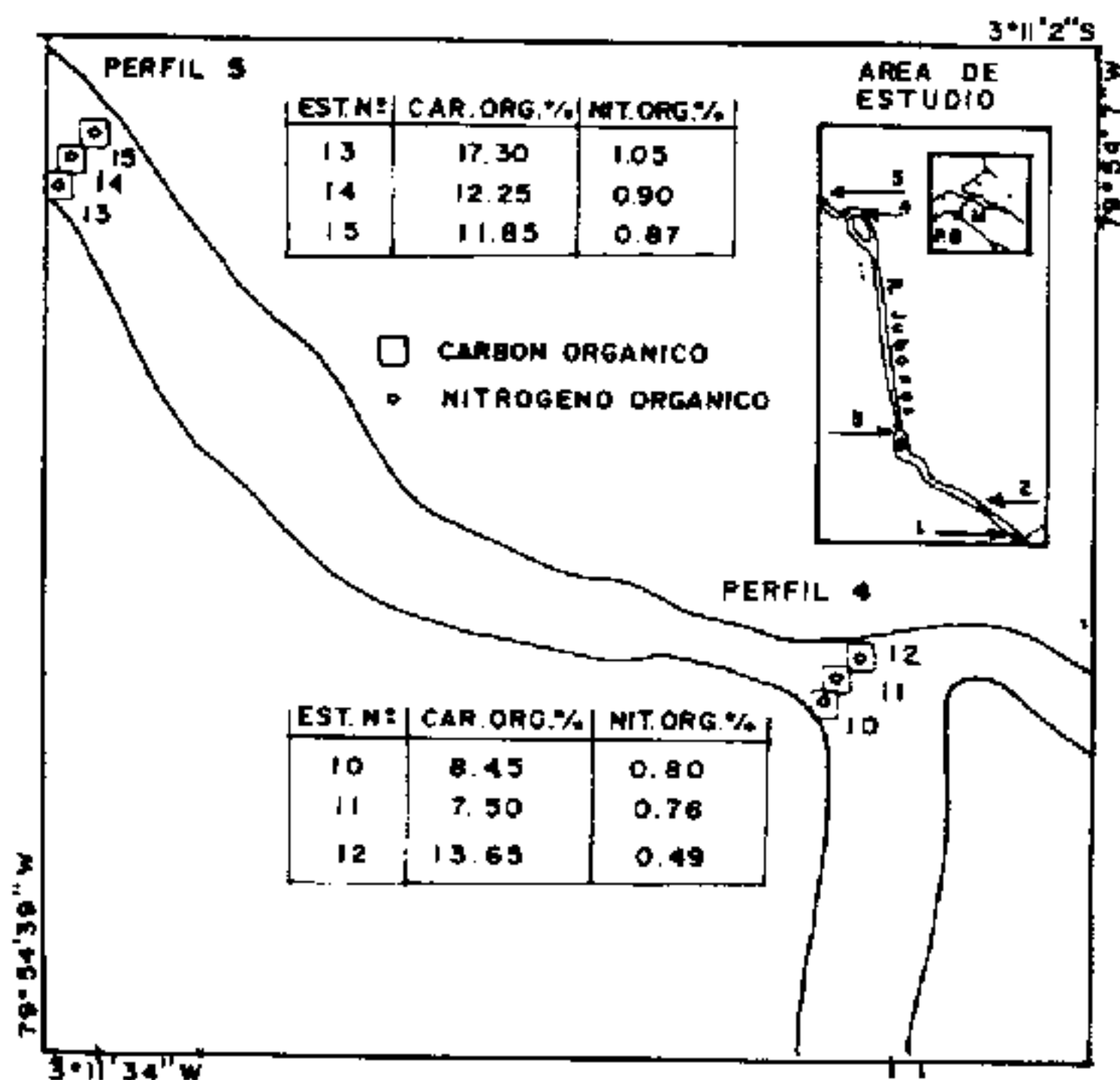


Fig. 8. Concentración de carbono y nitrógeno orgánico (%).

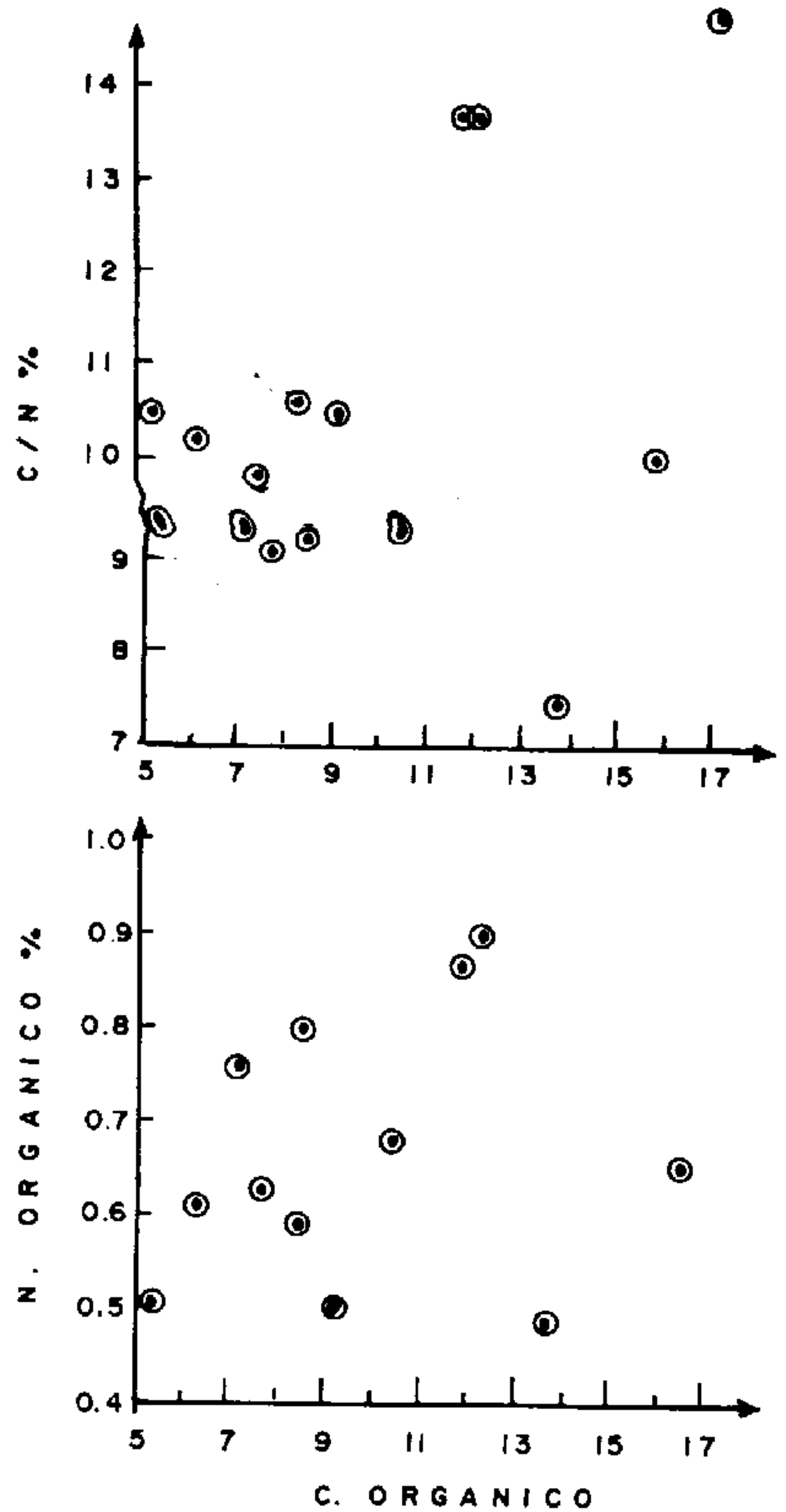


Fig. 9. Correlación del carbono orgánico con el nitrógeno orgánico y la razón C/N.

orgánico con el nitrógeno orgánico y la relación carbono-nitrógeno en los sedimentos del Río Jubones. En general no hay una distribución significativa, sin embargo se observa una cierta relación lineal entre el carbono y el nitrógeno orgánico. De acuerdo con esto las características químicas de los sedimentos indican la presencia de un ambiente propicio para la descomposición orgánica.

No existe correlación entre la textura y el contenido de materia orgánica en los sedimentos del Río Jubones, ya que a porcentajes elevados de materia orgánica debería corresponderse con sedimentos de textura fina (limo-arcilla). Lo cual no se observa en el

presente trabajo de investigación, pues si bien es cierto la distribución de la materia orgánica presenta concentraciones elevadas, en cambio la textura del sedimento corresponde a una arena gruesa, moderadamente clasificada. Sin embargo este tipo de sedimento encontrado favorece; ya que impide la conservación del material orgánico permitiendo a su vez que sufra una gradual oxidación pasando a formar parte de los componentes inorgánicos (Ayarza, 1987).

CONCLUSIONES

De acuerdo con las características químicas de los sedimentos, podemos considerar que la distribución elevada de materia orgánica (carbono orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total) en los sedimentos del Río Jubones parece estar favorecida por las características geomorfológicas del cauce.

Según la razón carbono/nitrógeno se considera que la deposición y descomposición de la materia orgánica se está llevando a cabo en forma relativamente normal. A pesar de que el proceso de sedimentación que se está produciendo en el Río Jubones contribuye a que la acumulación de materia orgánica siga aumentando.

De acuerdo a la génesis de la materia orgánica se puede deducir que el Río Jubones presenta un origen antropogénico (desechos orgánicos provocados por el hombre), con mayor aporte continental.

El material sedimentario del área estudiada está constituido por partículas de textura fundamentalmente arenosa.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Sr. Ernesto Zavala por la elaboración de los dibujos que ilustran este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Ayarza, W., 1987.- Condiciones químicas en los Sedimentos del Complejo Hidrográfico del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil. Rev. Instituto Nacional de Pesca-Guayaquil. p. 1-6.
- Blandín, C., 1977.- El Clima y sus Características en el Ecuador. XI Asamblea general y reuniones Panamericanas de Consulta Conexas. Ecuador. p. 26-27.
- Bonilla, J. y A. García., 1975.- Estudio de algunos parámetros químicos en los sedimentos de la Laguna de Campoma. Rev. Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente Cumaná - Venezuela. p. 55-60.
- Bonilla, J. y A. Lin, 1979.- Materia orgánica en los sedimentos de los golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. Rev. Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná - Venezuela. p. 37-52.
- Consejo Provincial de El Oro.- Estudios de Desarrollo de la Provincia de El Oro, Proyecto Jubones. p. 1-30.
- De Miró, M., 1972.- Manual de Geología Marina. Pulic. INOCAR. Guayaquil. p. 156-165.
- Fundación Pedro Vicente Maldonado, 1987.- Ecuador: Perfil de sus recursos costeros. Boletín Proyecto de Manejo de recursos costeros (PMRC). p. 215-241.
- Hart, B., T. Mc. Gregor, R. J., y W. S. Perriman, 1976.- Nutrient Status of the sediments in lake Mulwala I. Total Phosphorus: Aust J. Mar. Freshwater Res. 27, p. 129-135.
- Johnson, M., 1949.- Determinación de carbón en sustancias orgánicas. J. Biol. Chem., Vol. 181, p. 707-715 en Solórzano, L. 1987. Bol. Cient. Tecn. Vol. 7, No. 1, p. 36.
- Murphy, J., and J. P. Ruley, 1962.- Modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta No. 27, p. 31-36 en Solórzano, L. 1987. Bol. Cient. Tecn. Vol 7, No. 1 p. 36.
- Soledispa, B., 1989.- Informe de comisión del muestreo de sedimentos de fondo y en suspensión, medición de corriente y muestreo de agua para determinar contaminación en Río Jubones. (Manuscrito) INOCAR, 3p.
- Strickland, J. D. H., and T. R. Parsons, 1972.- A practical handbook of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can., No. 167, 1-311.