

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



Por:

EDUARDO ZAMBRANO (1)

RESUMEN

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

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

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

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

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

EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA TERMICA SUPERFICIAL

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

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

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

En Abril del año siguiente (fig. 3) la distribución de la temperatura superficial fue muy distinta a la observada en Mayo de 1974, y así tenemos que con relación a Mayo último, la temperatura en la esquina noroeste fue 1.5°C más alta mientras que al sur de los 0° frente a las costas ecuatorianas las aguas fueron hasta 2°C más frías como consecuencia de un débil flujo hacia el norte de las aguas de la corriente costera del Perú. Entre las islas Galápagos y Esmeraldas se proyectó un flujo de aguas cálidas hacia el sur representada por el plegamiento de la isoterma de 25°C que sin embargo no afectaron las costas peruanas donde la temperatura fue algo menor que 22°C , mientras que al oeste de 85°W se ubicó una lengua de agua con temperatura superior a los 26°C provenientes del sur. A partir de este mes se inicia un acelerado proceso de enfriamiento en toda la región, retirándose las aguas cálidas y frente al Perú se observa un descenso de la temperatura como consecuencia de los afloramientos costeros, al igual que se restablece el frente ecuatorial. Este enfriamiento es máximo en Octubre (fig. 4) presentándose frente a Talara un gran núcleo menor de 17°C encontrándose toda la costa peruana cubierta por la isoterma de 18°C mostrando evidencia de un fuerte flujo hacia el noroeste de la corriente costera del Perú. Al norte del frente ecuatorial la temperatura se incrementa hasta alcanzar los 26°C al noroeste. El avance hacia el este de la lengua de agua centrada entre los 0.5°S y 1.5°N rebasa los 90°W donde parte de esta se dirige al sur hasta los 4°S , manifestándose este flujo mucho más intenso ahora que en Octubre de 1974 además la temperatura en toda la región es 1°C menor que en Octubre anterior.

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

VARIACIONES LATITUDINALES DE LAS TEMPERATURAS

La distribución de la temperatura en función del tiempo a lo largo de las secciones de 82.5°W y 100°W (figs. 6 y 7) muestra claramente y de acuerdo a lo expresado por Wyrski (1977) la presencia de un ciclo anual, de calentamiento de Noviembre a Abril de enfriamiento de Junio a Septiembre. En la presente distribución estos rangos se cumplen para las latitudes al sur del Ecuador, pues hacia el norte el ciclo anual de calentamiento es de Diciembre a Abril y la de enfriamiento de Mayo a Septiembre, lo que pone de manifiesto que al sur del Ecuador la estación de calentamiento se inició un mes antes que en el lado norte, mientras que la época de enfriamiento se inicia un mes después. Al sur del Ecuador en ambas secciones se producen las mayores variaciones térmicas de hasta

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

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

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

CONCLUSIONES

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

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

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

AGRADECIMIENTO

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

BIBLIOGRAFIA

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

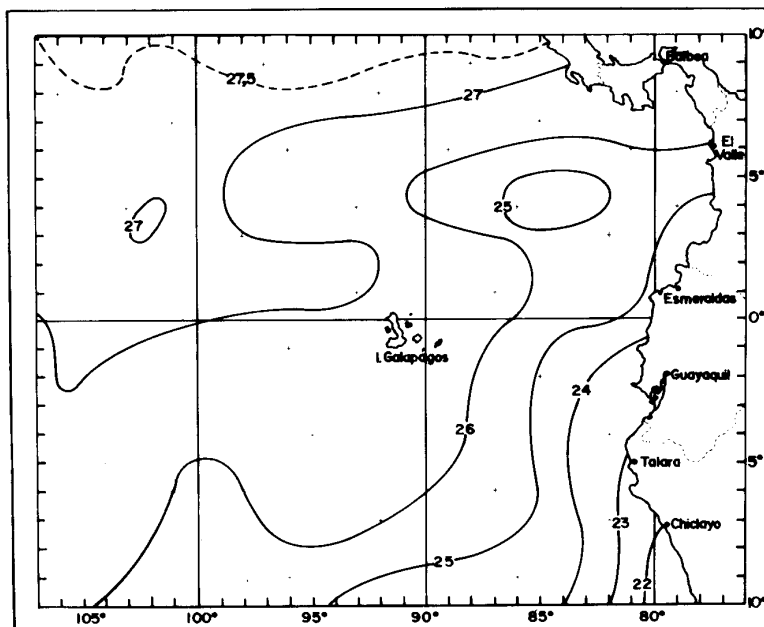


Fig. 1. Temperatura superficial correspondiente a Mayo de 1974

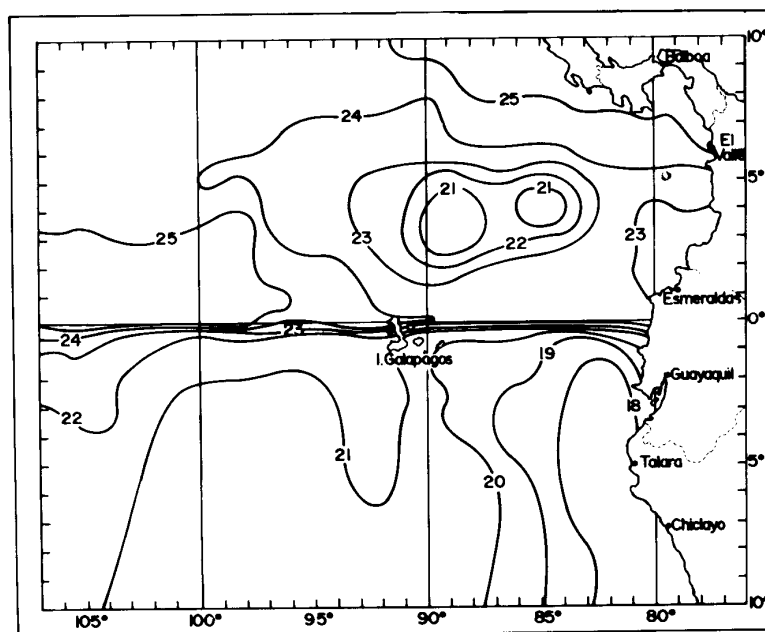


Fig. 2. Temperatura superficial correspondiente a Octubre de 1974

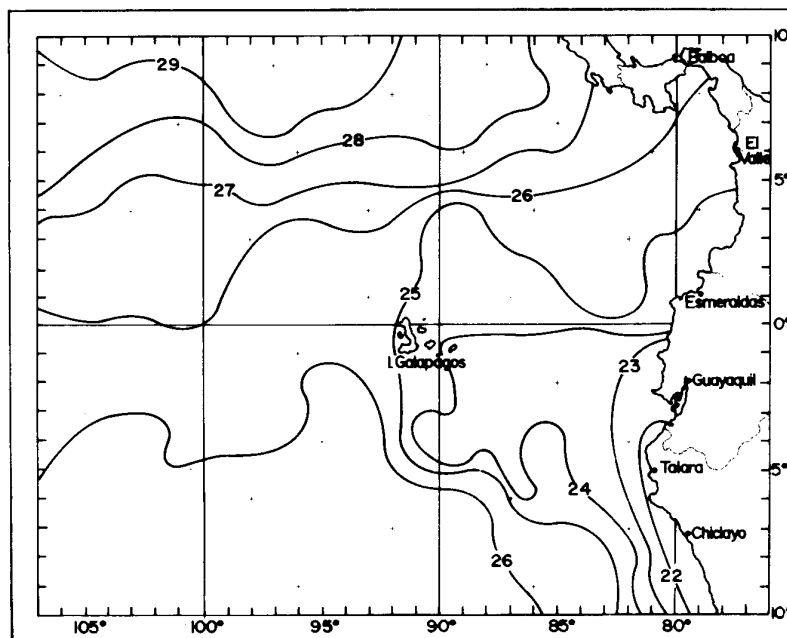


Fig. 3. Temperatura superficial correspondiente a Abril de 1975

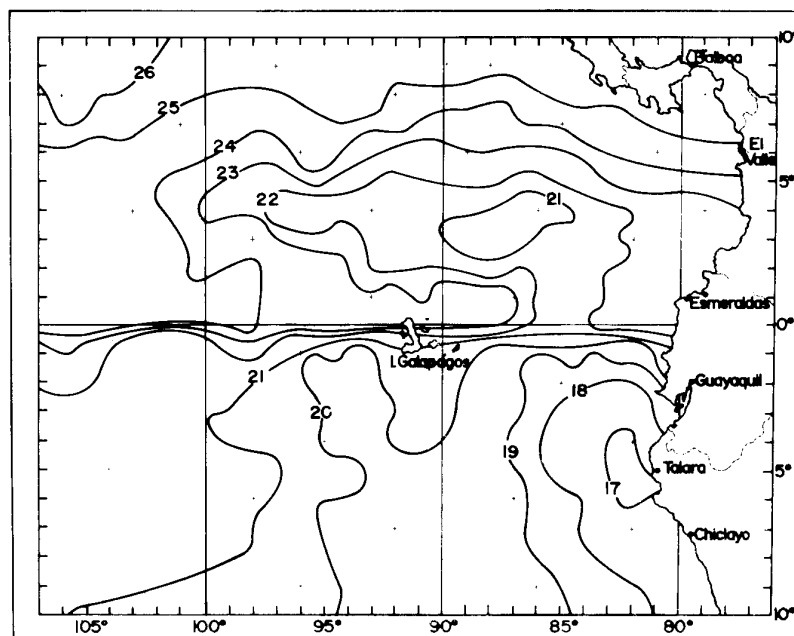


Fig. 4. Temperatura superficial correspondiente a Octubre de 1975

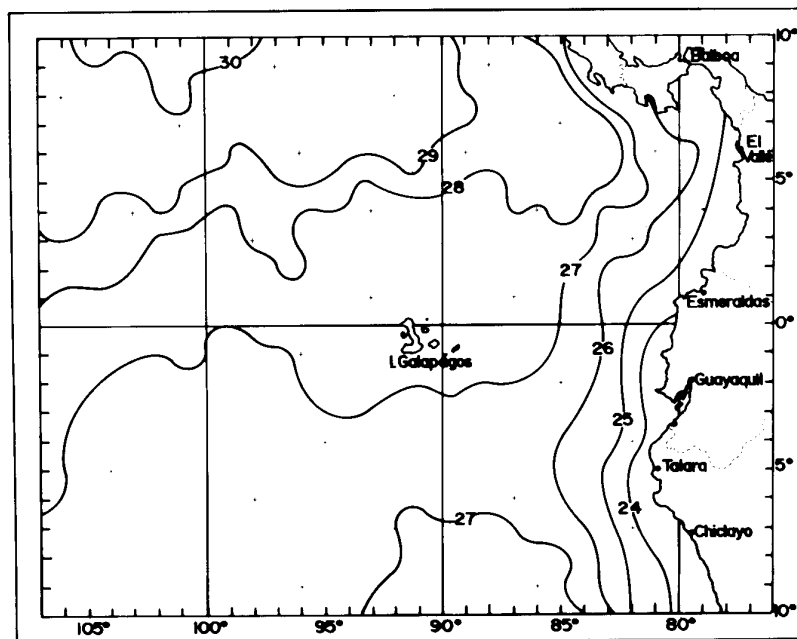


Fig. 5. Temperatura superficial correspondiente a Abril de 1976

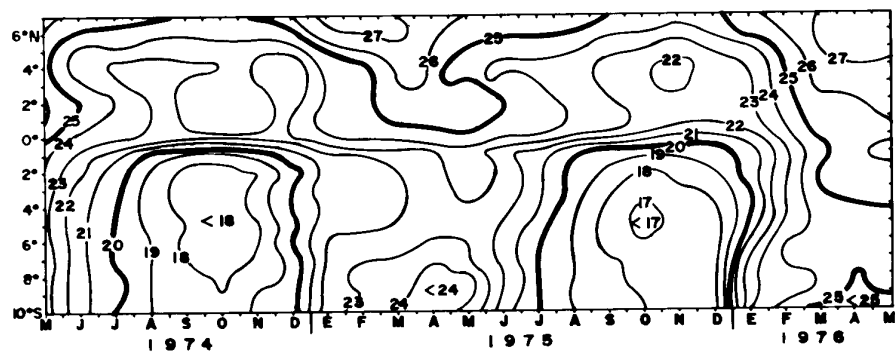


Fig. 6. Evolución del patrón de temperatura superficial a lo largo de 82.5°W en función de espacio y tiempo

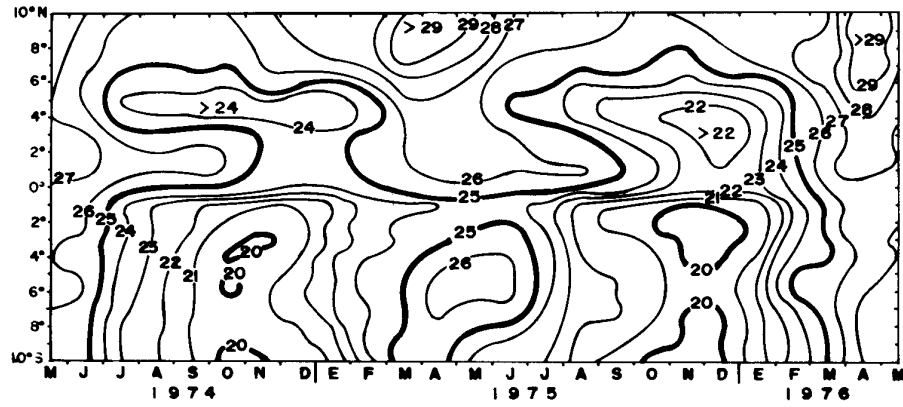


Fig. 7. Evolución del patrón de temperatura superficial a lo largo de 100°W en función de espacio y tiempo

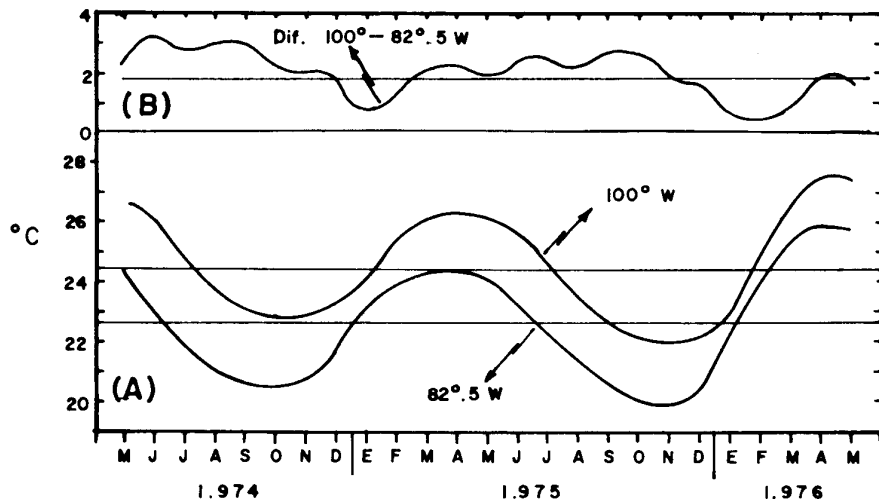


Fig. 8. (A) Media mensual de la temperatura superficial para las secciones ubicadas en 82.5°W y 100°W
(B) Diferencia de la temperatura media mensual entre las dos secciones

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SEDIMENTOS DEL GOLFO DE GUAYAQUIL

Por:

MANUEL VALENCIA TOURIZ (1)

RESUMEN

Con el objeto de realizar el presente trabajo de investigación ecológica fueron colectadas 27 muestras de sedimentos marinos en el Golfo de Guayaquil durante el mes de Octubre de 1976.

Se presentan algunas características químicas de los sedimentos, su clasificación textural y la relación existente entre estas características y la profundidad a que fueron tomados; así como la distribución geográfica de los parámetros analizados.

Se encontraron sedimentos de varios tipos, desde arena gruesa hasta limo. El contenido de Carbono y Nitrógeno Orgánico presenta máximos de 4% y 0.37% respectivamente y se relaciona con la textura del sedimento.

La fracción calcárea es de término medio, con máximos de 30% y está relacionada inversamente con el contenido orgánico.

La relación C/N sugiere un ambiente propicio para la descomposición orgánica. En general no se aprecia una distribución uniforme de los sedimentos en cuanto se refiere al tamaño del grano, la profundidad, y la constitución química lo cual podría estar ocasionado por la dinámica característica de las aguas del golfo.

ABSTRACT

In order to perform this ecological research were collected twenty seven marine sediments samples in the Guayas Gulf, during October, 1976.

Some chemical characteristics of the sediments, their textural classification, the relation between these characteristics and also their geographical distribution, are presented.

Sediments of various types were found; from coarse sand to mud; the content of organic carbon and organic nitrogen presents a maximum value of the 4% and 0.37% respectively, and it is related with the sediment type. The calcareous fraction is of middle term and it is inversely related with the organic content. The C/N relation suggest a propitious environment for the organic decomposition.

In general, it is not evident an uniform distribution of the sediments in referring to the grain size, the collection depth and the chemical composition and it could be caused by the characteristics of the Guayas Gulf water movements.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. Departamento de Ciencias del Mar
División de Oceanografía Química.

Los valores más bajos de carbono orgánico (Fig. 2) entre 0-0.1% se detectaron en las muestras cercanas a la costa, frente a Chanduy, Playas y Posorja y en los canales de Jambelí y el Morro, en sedimentos de profundidades inferiores a los 20 metros. Concentraciones algo mayores, de 1 a 3% se localizaron en la parte central y sur de la zona estudiada, a profundidades entre los 40 y 100 metros; y las más altas concentraciones, del rango de 3 a 4.09%, se encontraron en la porción más alejada de la costa y hacia el Oeste, a profundidades entre 500 y 1.200 metros, lo que confirma con lo manifestado por ROWE (1.978). Geográficamente el nitrógeno orgánico tiene una distribución similar a la del carbono orgánico exceptuándose la zona de mínima concentración donde se puede observar un ligero incremento hacia el Oeste (Fig. 3).

La relación entre carbono y nitrógeno orgánico fue de 11.46 en las muestras arenosas, 11.16 en las de arena limosa, 10.66 en limo arenoso y 11.64 en los sedimentos limosos, lo cual nos confirma que existe marcada diferencia en el contenido de carbono y nitrógeno orgánicos en los diferentes tipos de sedimentos.

La concentración fosfato, Fig. 4, es relativamente pobre en la mayor parte de la zona estudiada, habiéndose encontrado parches de concentración algo mayor en la parte central y occidental del Golfo.

El porcentaje de carbonato de calcio presenta valores que fluctúan entre 0.64% y 30.5%. Se observa que existe una relación directa entre el contenido de carbonato y el tamaño del grano del sedimento, (tabla II), es decir que los valores más altos han sido localizados en sedimentos de grano grueso, arenosos, arena limosa, mientras que los valores menores se han encontrado en los sedimentos de grano más fino.

En lo concerniente a la distribución geográfica de este parámetro, puede observarse que las más bajas concentraciones (de 0-10%) se localizaron en la mayor parte del Golfo, tanto en los canales de Jambelí y el Morro, cuanto en la parte Noroeste, frente a Posorja y Suroeste, de la zona de estudio. El contenido de carbonato va incrementándose a medida que se avanza hacia el Oeste, encontrándose los valores más elevados en las muestras más occidentales (Fig. 5). Resultados semejantes fueron presentados por Benites (1.975).

CONCLUSIONES

Los materiales sedimentarios estudiados son de textura heterogénea, encontrándose en ellos varios tipos, desde arena, hasta limo, presentándose los de grano más grueso hacia la parte más meridional del Golfo, depósitos de arena fina alrededor de la isla Puná y en la parte central del área de estudio y los sedimentos de textura más fina van apareciendo a medida que se avanza hacia el Oeste (Coronel, 1.979 comunicación personal).

Los valores más altos de carbono y nitrógeno orgánicos se han obtenido en la porción más occidental del Golfo, también existen valores relativamente altos en la parte central y Sur de la zona estudiada.

La relación C/N sugiere que las características químicas del fondo favorecen a la descomposición de la materia orgánica.

La concentración de fosfato es relativamente pobre, siendo su distribución comparable con la del carbono y nitrógeno orgánico.

El porcentaje de carbonato presentó valores entre 0.67% y 30.5% lo cual está relacionado con la textura, el contenido orgánico y la profundidad la que fueron obtenidas las muestras.

Encontramos que la distribución textural y química de los sedimentos no es homogénea.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a los Señores Directores del Instituto Oceanográfico de la Armada, por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Benites, S. 1975 Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental del Golfo de Guayaquil. Tesis ps 54-55.
- Kwiecinski, B. et.al 1973 The organic matter and trace - element distribution of the sediments in the Gulf of Panamá. Ps. 382-386.
- Okuda, 1964 Some problems for the determination of organic carbon in marine sediments. Universidad de Oriente, Instituto Oceanográfico. Cumaná, Venezuela. Ps. 107-117.
- Rowe, G. T. 1978 Los ciclos del nitrógeno y el carbono en los sedimentos del Golfo de Guayaquil. CUEA - NEWS LETTER- vol.7 No.1 Enero, 1978 - Ps 38-42.

TABLA I

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LOS SEDIMENTOS

No. Mues.	Latitud	Longitud	Profundidad	Carbono Organico %	Nitrógeno %	C/N	Fosfatos %	Co3Ca %	Cloruros %	Humedad %	Tipo Sedimentario *
1	02° 40' 01"	80° 14' 00"W	12	0.163	0.014	11.64	0.07	0.87	4.54	67.76	limoso
2	02° 44' 05"	80° 26' 54"W	17	0.156	0.016	9.75	0.12	2.44	4.63	20.15	arenoso
3	02° 50' 00"	80° 30' 00"W	18	1.751	0.165	10.61	0.10	2.11	5.19	29.61	arenoso
4	03° 00' 00"	80° 30' 00"W	37	1.068	0.098	10.90	0.07	1.94	8.07	37.49	limosos
5	02° 44' 00"	79° 53' 48"W	14	0.390	0.030	13.00	0.10	0.67	4.20	21.24	arenoso
6	02° 51' 00"	79° 53' 48"W	13	1.702	0.152	11.20	0.11	1.00	10.10	64.66	limoso
7	02° 59' 42"	79° 59' 00"W	14	1.319	0.129	10.22	0.06	0.78	5.15	51.68	limoso
8	03° 07' 00"	80° 09' 54"W	15	0.095	0.075	13.57	0.06	1.31	4.98	23.26	arenoso
9	03° 11' 54"	80° 17' 00"W	43	0.746	0.053	11.84	0.15	2.60	5.63	38.21	arenoso
10	03° 18' 05"	80° 30' 00"W	38	0.535	0.056	9.55	0.07	11.73	6.04	25.82	arenoso
11	03° 18' 05"	80° 40' 00"W	74	1.329	0.159	10.30	0.41	3.50	7.60	38.90	L. arenoso
12	03° 10' 00"	80° 40' 00"W	80	0.550	0.048	11.46	0.08	5.91	7.45	32.54	arenoso
13	03° 00' 00"	80° 40' 00"W	65	0.637	0.073	8.73	0.10	10.55	6.87	25.47	arenoso
14	02° 50' 00"	80° 40' 00"W	40	0.804	0.065	12.37	0.15	27.70	6.63	24.44	arenoso
15	02° 39' 48"	80° 39' 18"W	17	0.031	0.004	9.50	0.08	3.12	6.67	22.13	arenoso
16	02° 30' 00"	80° 50' 00"W	38	0.027	0.002	13.50	0.15	5.04	5.42	24.09	arena L.
17	02° 40' 00"	80° 50' 00"W	88	1.266	0.101	12.53	0.10	15.89	6.58	20.85	arenoso
18	02° 50' 00"	80° 50' 00"W	99	0.609	0.051	11.94	0.06	10.03	7.92	26.24	arenoso
19	03° 00' 00"	80° 50' 00"W	85	0.592	0.047	12.60	0.09	9.97	6.19	25.29	arenoso
20	03° 10' 00"	80° 50' 00"W	75	0.428	0.033	12.97	0.08	10.72	5.19	21.41	arenoso
21	03° 18' 00"	80° 50' 00"W	74	0.715	0.073	9.79	0.06	4.20	6.79	25.88	arena L.
22	03° 10' 00"	81° 00' 00"W	625	4.092	0.326	12.55	0.08	6.92	14.22	57.13	limoso
23	03° 00' 48"	81° 00' 00"W	542	2.080	0.143	14.54	0.15	10.27	10.20	46.71	limoso
24	02° 50' 00"	81° 00' 00"W	375	2.062	0.187	11.03	0.08	27.70	10.94	47.47	L. arenoso
25	02° 40' 00"	81° 00' 00"W	425	2.005	0.197	10.18	0.11	30.50	9.08	51.28	arena L.
26	02° 50' 00"	81° 10' 00"W	750	2.049	0.186	11.02	0.07	10.82	10.80	51.74	limoso
27	03° 01' 00"	81° 00' 30"W	1.200	4.083	0.369	11.06	0.06	3.22	14.03	8.91	limoso

* DATOS PROPORCIONADOS POR EL GEOLOGO VICENTE CORONEL

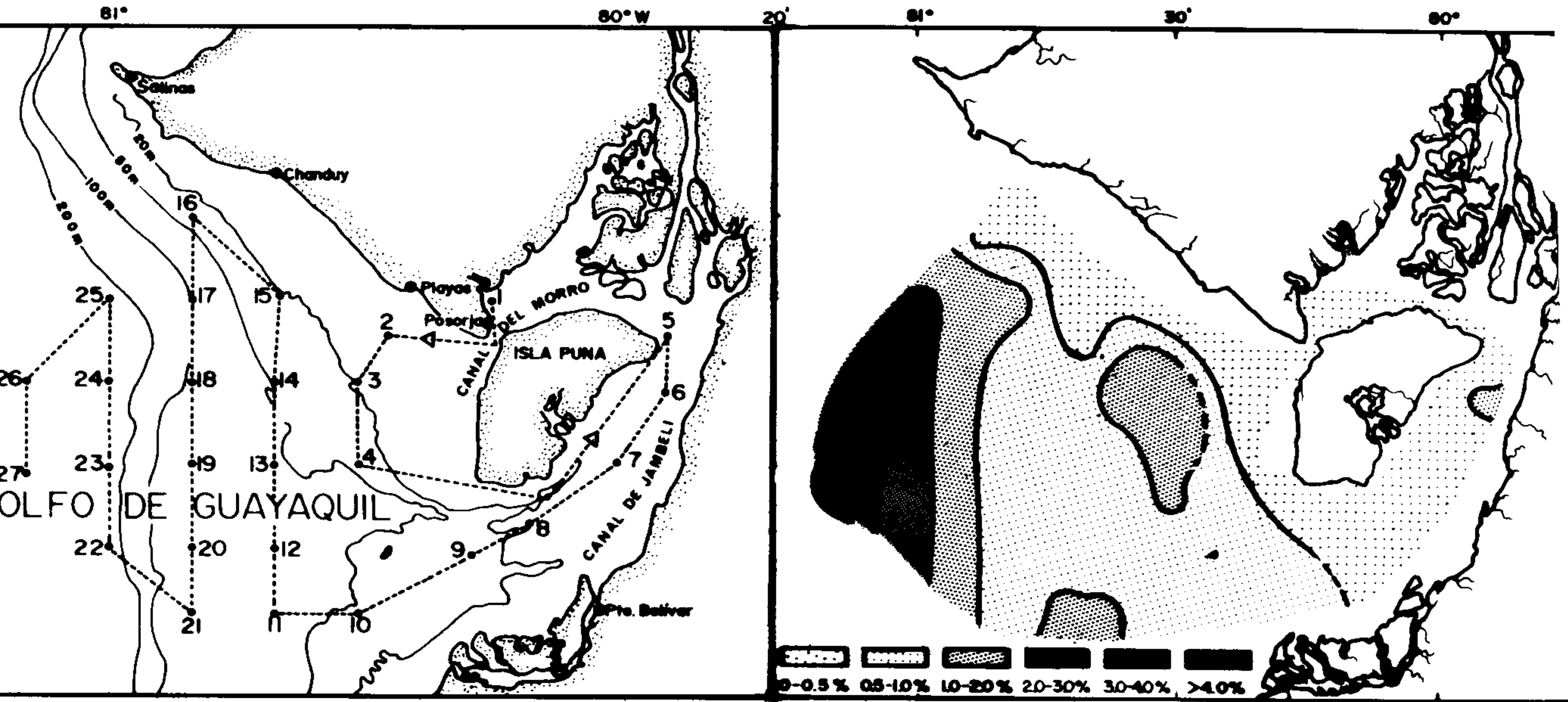
JEFE DE LA DIVISION DE GEOLOGIA MARINA DEL INOCAR.

TABLA II

RELACION ENTRE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS

Y LOS TIPOS DE SEDIMENTOS

Tipos de Sedimento	Carbono Orgánico %			Nitrógeno Orgánico %			Fosfatos %			Carbono/Nitrógeno %			Co ₃ Ca %			Cloruros %		
	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom
Arenoso	1.75	0.04	0.61	0.17	0.004	0.05	0.15	0.06	0.09	13.6	8.7	11.5	27.7	0.67	8.20	7.92	4.20	6.01
Arena L.	2.00	0.03	0.92	0.20	0.002	0.09	0.13	0.06	0.10	13.5	9.8	11.2	30.5	4.20	13.3	9.08	5.42	7.10
Limo A.	2.07	1.33	1.70	0.19	0.129	0.16	0.11	0.08	0.09	11.0	10.3	10.7	27.7	3.50	15.6	10.9	7.60	9.27
Limoso	4.09	0.16	2.07	0.37	0.014	0.18	0.13	0.06	0.08	14.5	10.2	11.6	10.8	0.78	4.48	14.2	4.54	9.64



1. Ubicación del Area de Estudio y Estaciones de Muestreo

Fig. 2. Distribución de Carbono Orgánico

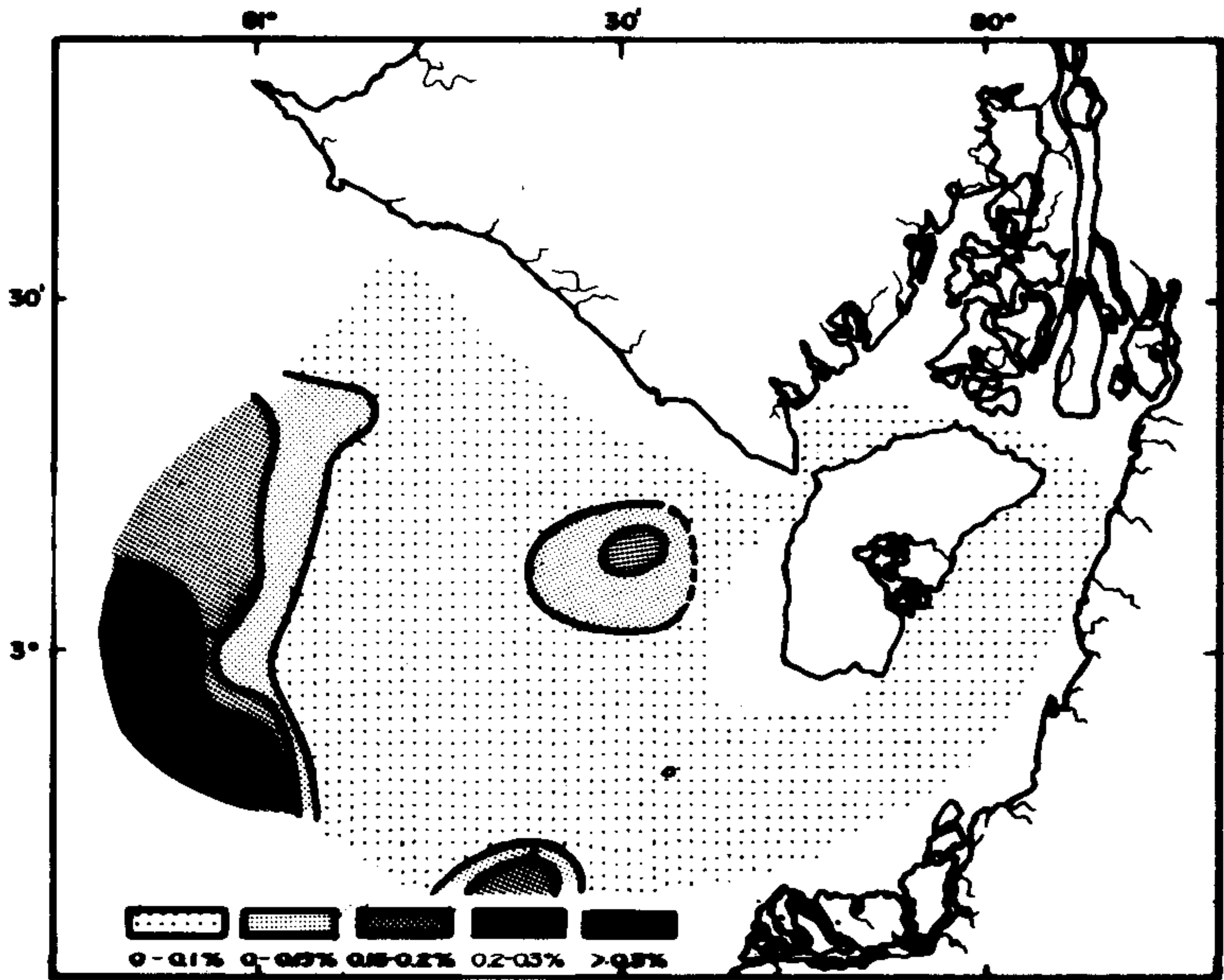


Fig. 3. Distribución de Nitrógeno Orgánico

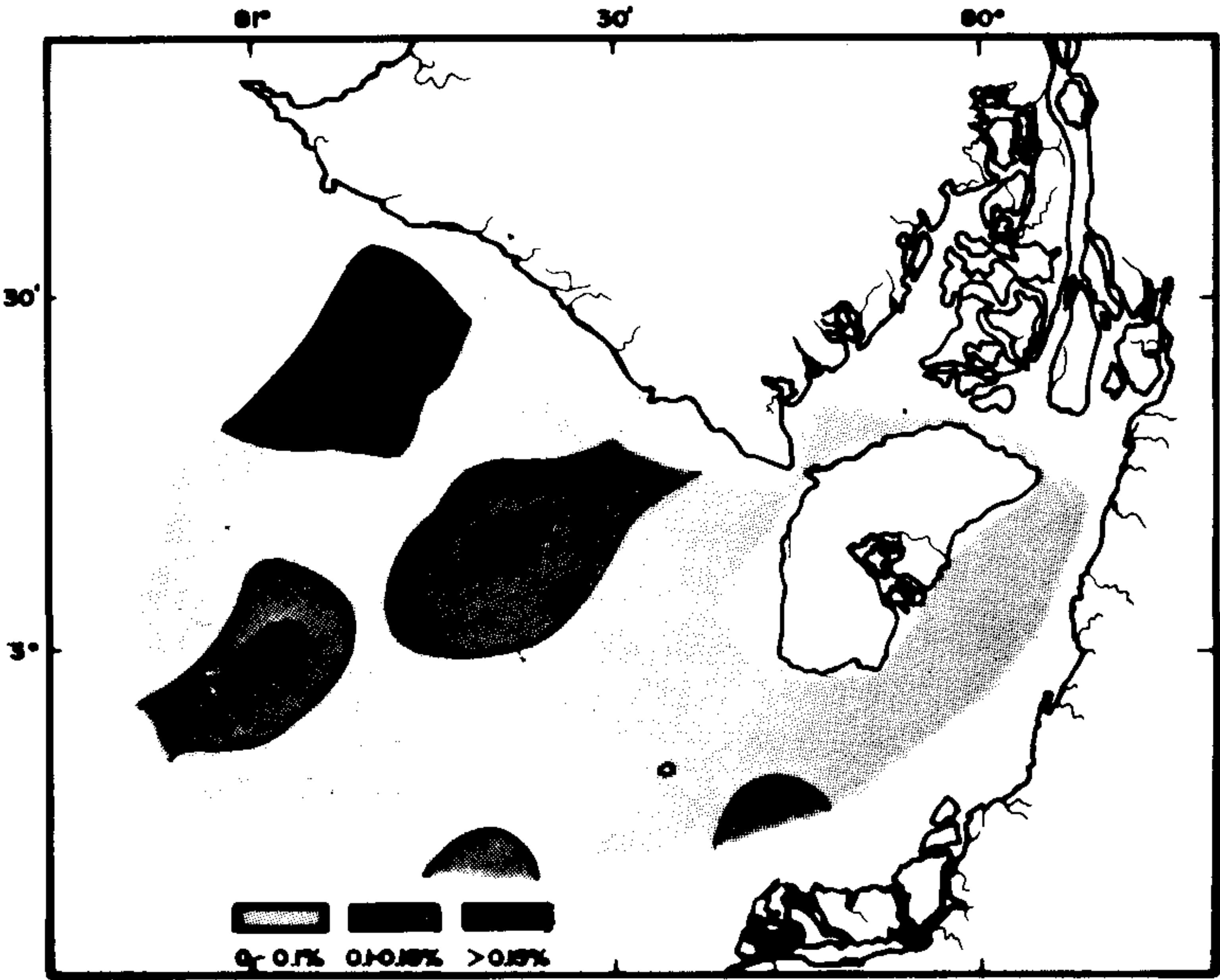


Fig. 4. Distribución de Fosfato

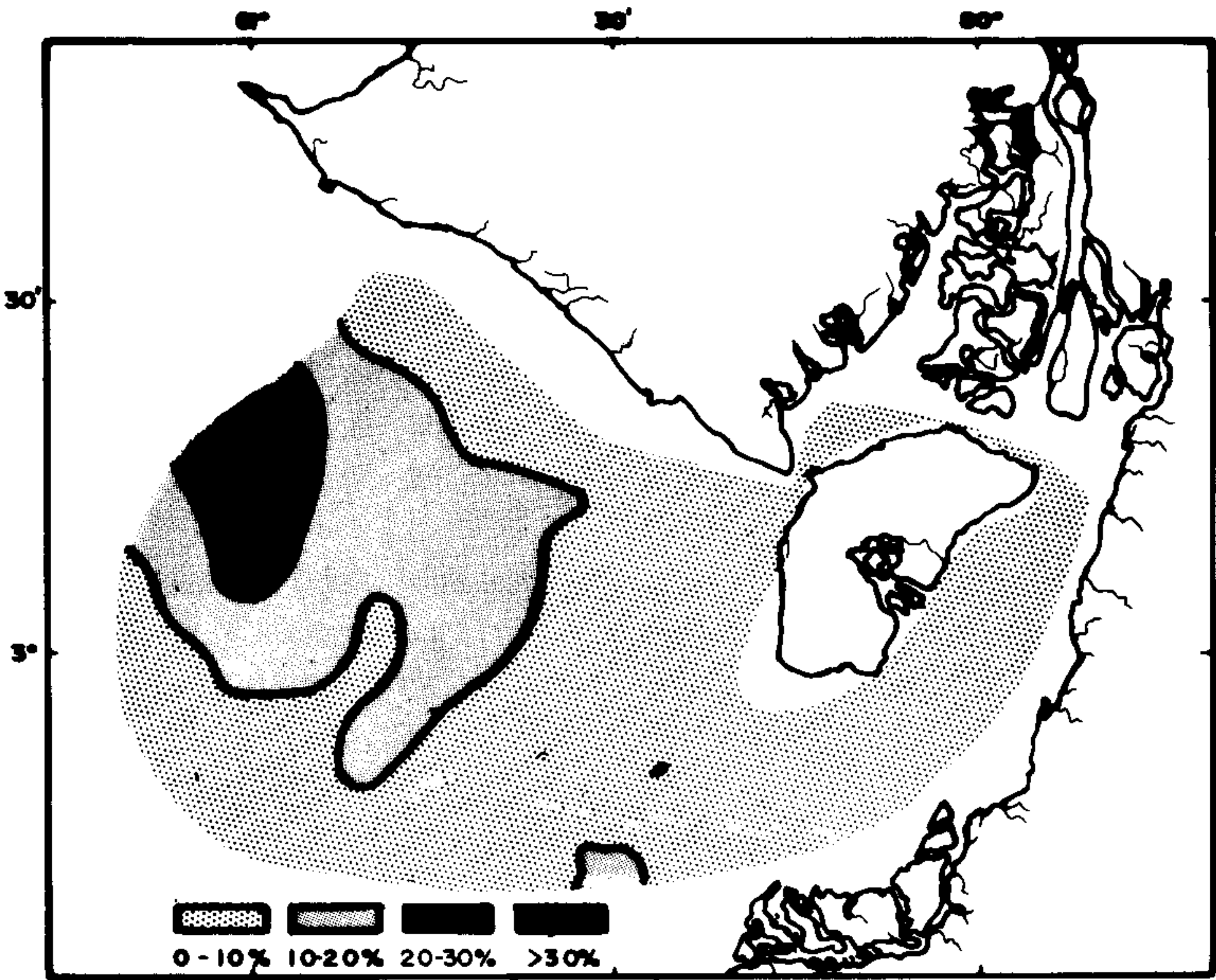


Fig. 5. Distribución de Carbonato de Calcio

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

Por:

ROBERTO JIMENEZ (1)

DOLORES BONILLA (1)

RESUMEN

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

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

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

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

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

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

ABSTRACT

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

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

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

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

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

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

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

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

INTRODUCCION

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

MATERIALES Y METODOS

1. Muestras:

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

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

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

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

a) PIGMENTOS:

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

b) ANALISIS CUALI-CUANTITATIVO DEL FITOPLANCTON:

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

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

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

c) ANALISIS CUALI-CUANTITATIVO DEL ZOOPLANCTON:

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

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

CARACTERISTICAS HIDROGRAFICAS DEL FRENTE ECUATORIAL:

Cromwell y Reid (1956) han definido lo que es un frente oceánico, señalando que es una banda a lo largo de la superficie del mar a través de la cual la densidad cambia abruptamente, además de la densidad, temperatura y salinidad, otras propiedades pueden cambiar de igual forma a través de un frente, incluyendo velocidad de las corrientes y concentraciones de materiales disuelto y suspendido,

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

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

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

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

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

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

- 1) El afloramiento ecuatorial asociado con la divergencia inducida por el viento y la Subcorriente Ecuatorial, parece ser el mayor origen del agua fría del frente ecuatorial al Oeste de las Islas Galápagos.
- 2) La subcorriente Ecuatorial se extiende al Este de las Islas Galápagos más allá de los $85^{\circ}30'$ W, (Pak y Zaneveld, 1973) encontrándose así la Subcorriente asociada con el afloramiento al lado Este de las Islas Galápagos.
- 3) Se observa que un bien definido Frente Ecuatorial está asociado con el afloramiento ecua-

torial al Este de las Islas Galápagos.

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

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

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

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

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

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

Frontier (1979) ha analizado las consideraciones ecológicas de las zonas frontales, señalando que los desplazamientos de agua, tienen como consecuencia el poner en contacto comunidades de madurez diferentes, resultando transferencias de biomasa y de energía y consecuencias sobre la dinámica de las poblaciones colocadas de una y otra parte del contacto.

Frontier (op.cit) igualmente señala que, en el frente térmico de la costa Oeste africana en la latitud del Cabo López (Gabon) la riqueza en fito y zooplancton, es tres veces más importante del lado de las frías, que del de las aguas calientes, sin embargo la biomasa explotada (concentraciones de atunes de aletas) se relaciona al ecosistema de aguas calientes. La coincidencia es también conocida y utilizada por los cetáceos explotados, a tal punto que las zonas frontales constituyen un indicio para la prospección ballenera.

RESULTADOS Y DISCUSION DE DATOS

FITOPLANCTON TOTAL: DISTRIBUCION HORIZONTAL Y VERTICAL

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

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

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

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

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

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

Hacia los 10m. de profundidad (fig.6) y al sur, se incrementan las concentraciones de fitoplancton, con una proyección noreste que se extiende al norte del Ecuador con concentraciones entre 600-200 cel/ml. Registros menores se localizan al noreste, caracterizados por el avance de aguas más cálidas y con la predominancia de los dinoflagelados como las especies de: *Gymnodinium*, *Peridinium* y *Ceratocorys* y concentraciones menores de diatomeas y cocolitofóridos para esta misma zona.

A esta profundidad la distribución del fitoplancton total caracteriza bastante bien la distribución en el espacio del Frente Ecuatorial.

A los 20 metros de profundidad (fig.7) como en los niveles anteriores se mantienen las altas concentraciones celulares en la parte sur, especialmente en la periferia del Golfo de Guayaquil, ocasionada por la predominancia de cocolitofóridos con un promedio de 1'000.000 cel/ml en la columna de 50m. La especie *Emiliania huxleyi* que llega un máximo de 120.000 cel/l en la estación 33, estuvo predominante en toda el área estudiada del Frente Ecuatorial, pudiendo esta especie desempeñar un rol

RESULTADOS Y DISCUSION DE DATOS

FITOPLANCTON TOTAL: DISTRIBUCION HORIZONTAL Y VERTICAL

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

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

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

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

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

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

Hacia los 10m. de profundidad (fig.6) y al sur, se incrementan las concentraciones de fitoplancton, con una proyección noreste que se extiende al norte del Ecuador con concentraciones entre 600-200 cel/ml. Registros menores se localizan al noreste, caracterizados por el avance de aguas más cálidas y con la predominancia de los dinoflagelados como las especies de: *Gymnodinium*, *Peridinium* y *Ceratocorys* y concentraciones menores de diatomeas y cocolitofóridos para esta misma zona.

A esta profundidad la distribución del fitoplancton total caracteriza bastante bien la distribución en el espacio del Frente Ecuatorial.

A los 20 metros de profundidad (fig.7) como en los niveles anteriores se mantienen las altas concentraciones celulares en la parte sur, especialmente en la periferia del Golfo de Guayaquil, ocasionada por la predominancia de cocolitofóridos con un promedio de 1'000.000 cel/ml en la columna de 50m. La especie *Emiliania huxleyi* que llega un máximo de 120.000 cel/l en la estación 33, estuvo predominante en toda el área estudiada del Frente Ecuatorial, pudiendo esta especie desempeñar un rol

riormente por Jiménez y Pesantes (1978) para esta localidad. Corresponden a esta área diatomeas características de la Corriente Peruana como son la predominancia de *Chaetoceros*, *Bacteriastrum*, *Rhizosolenia*, *Nitzschia* etc. Se encuentran predominantes especialmente en la estación 26 con: *Chaetoceros socialis* Ch. *Affinis*, Ch. *eibenii*, Ch. *lorenzianus*, Ch. *peruvianus*, Ch. *compressus* Ch. *curvisetus*, Ch. *laciniosus*, *Bacteriastrum hyalinum*, B. *elegans* *Rhizosolenia fragilis*, R. *Setigera*, R. *alata*, R. *stolterfothii*, *Thalassiosira* sp. *Nitzschia seriata*, N. *sicula*, N. *closterium*, etc. en menor proporción se encuentran *Thalassiotrix frauenfeldianum*, T. *heteromorpha*, *Thalassionema* sp. y *Coscinodiscus* sp. Las concentraciones de diatomeas decrecen paulatinamente hacia el Norte con una composición diatómica de mezcla constituida por especies de aguas oceánicas ecuatoriales como son: *Planktoniella sol*, *Nitzschia sicula*, N. *bicapitata*, N. *longissima* *Asteromphalus heptatis*, *Thalassiotrix* sp, *Coscinodiscus* sp. *Lauderia borealis*, *Thalassionema* sp. y especies de la Corriente de Perú con *Rhizosolenia* y *Chaetoceros* principalmente.

Los máximos de diatomeas presentan un giro Noroeste Sureste que delimita muy bien el límite septentrional del Frente Ecuatorial con la isoterma de 22°C; al Norte de esta región los valores decrecen en forma significativa ligadas a la temperatura más altas. En la estación 33 al Norte se elevan considerablemente las concentraciones de diatomeas (6.000 cel/l) y corresponden igualmente a un máximo de clorofila en superficie (3.0 mg/m³). Corresponden a esta estación diatomeas propias de aguas frías y de afloramiento (aunque esta condición no se observó a través del estudio de la distribución vertical de la temperatura, salinidad, etc) como: *Thalassiosira* sp., *Chaetoceros* sp., Ch. *deci-piens*, Ch. *radicans*, *Rhizosolenia alata*, R. *catranscanei*, R. *calcavaris*, R. *stolterfotii*, *Guinardia flaccida* etc. y en forma masiva, el cocolitofórido *Emiliana huxleyi*.

Hacia los 10 metros de profundidad (fig.11) es donde mejor se definen las características de las diatomeas en su abundancia, composición y distribución con respecto a las características hidrográficas del Frente Ecuatorial. Sus máximos (entre 5.000-3.000 cel/l) tienen una distribución Noroeste-Sureste, limitados por la isoterma de 21°C que presenta similar distribución. Valores sobre 5.000 cel/l se localizaron hacia el Oeste y al Sur decrecen en forma significativa, con registros inferiores a 500 cel/l ligadas a las aguas con temperaturas superiores a los 22°C. En el externo del Golfo de Guayaquil los máximos de diatomeas se localizan en este nivel. Con respecto a la composición específica, se observa similar distribución que en superficie, aunque se hace más comprensible la presencia del parche de alta concentración de diatomeas en superficie en la Estación 33 hacia este nivel, ya que se visualiza una dispersión de este parche de alta productividad hacia el Sur-este en forma más homogénea y acorde al desplazamiento de esta corriente oceánica hacia el continente y Sur del Ecuador. Igualmente hay un incremento de diatomeas al Norte de la Estación 33, (Est.35) con especies características de aguas de alta productividad (8.000 cel/l) sin embargo consideramos que las altas concentraciones hacia esta latitud al Norte del ecuador se deben a una dispersión del fitoplancton hacia esta localidad y que el origen de estos máximos diatómicos se localizan al Sur del Ecuador, lo que se confirman con la distribución del máximo de clorofila para este nivel que corresponde a un valor a 0.3 mg/m³ de clorofila hacia la estación 33.

Hacia los 20 metros de profundidad (fig.12) se observa igualmente una distribución similar que hacia los 10 metros con respecto a las concentraciones entre 3.000-5.000 cel/l, es decir Noreste Sur-este. Sin embargo, los máximos de diatomeas para este nivel se restringen al Sur con concentraciones mayores de 5.000 cel/l., no apareciendo hacia el Oeste los máximos diatómicos que caracterizan los niveles superficiales y el estrato de los 10 metros.

Este esquema de distribución de diatomeas para este nivel nos confirma que existe un patrón de distribución ligado íntimamente a las condiciones hidrográficas, principalmente al sistema de masas de agua superficiales dominantes Noroeste-Sureste que condiciona la distribución de diatomeas para estos niveles y para la posición latitudinal del Frente Ecuatorial.

En el estrato de los 30 metros (fig.13) se observa una apreciable reducción de las concentraciones de diatomeas, restringiéndose los máximos diatómicos hacia el Sur y al área oceánica (Est.27) con

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

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

COCOLITOFORIDOS:

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

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

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

Es interesante anotar, que los cocolitofóridos de superficie contabilizados en esta área correspondieron a especies pequeñas que fueron difíciles de ser identificadas; encontrándose células de mayor tamaño hacia los 50 metros, con la presencia de las siguientes especies: *Emiliana huxleyi*, *Helicosphaera carteri*, *Calytrosphaera sphaeroidea*, *Syracosphaera* sp. y *Pontosphaera* sp. Igualmente, el máximo de estas concentraciones se localiza hacia los 30 metros con más de 6'000.000 cel/l (Est.6) indicando estas observaciones que el origen de esta multiplicación fitoplanctónica se localiza en niveles superficiales pero con concentraciones mayores en profundidad, tal vez como una respuesta fisiológica de estas células a una luz más atenuada, o a una caída de importancia hacia estos niveles que determina que las células se encuentran de mayor tamaño por presentar un estado más avanzado de su desarrollo evolutivo y que determina (en particular para estas células) que sean más fácil identificarlas por presentar, sus características morfológicas más definidas.

Hacia el área oceánica Sur (Est.26 y 27) son predominantes: *Emiliana huxleyi*, *Discosphaera tubifer* y *Calytrosphaera sphaeroidea* y en menores concentraciones: *Cycloccolithus leptoporus*, *Pontosphaera discopora*, *Helicosphaera carteri*, *Acanthoica acanthos*, *Syracosphaera* sp., *Michaelsarsia* sp., *Calytrosphaera* sp.

Más al Norte (Est. 8, 23 y 29) disminuyen los cocolitofóridos, aunque se mantienen aún altas concentraciones entre 100.000 cel/l y 600.000 cel/l; están presentes en esta área: *Emiliana huxleyi*, *Discosphaera tubifer*, *Calytrosphaera sphaeroidea* en forma igualmente predominantes acompañadas de: *Cyclocolithus leptoporus*, *Pontosphaera discopora*, *Acanthoica acanthos*, *Umbilicosphaera sibogae*, *Hymenionas roseola*, *Braarudosphaera bigelowi*, *Coccolithus pelagicus*, *Syracosphaera pulchra*, *S. cornifera*, *S. Brantii*, *Honwzygosphaera* sp. *Rhabdosphaera* sp. etc.

En el límite Norte del Frente Ecuatorial, (Est. 12,14,16,19,33 y 35) las concentraciones de cocolitofóridos disminuyen aunque no en forma muy significativa, manteniéndose los máximos siempre en los niveles subsuperficiales. Permanece predominante en esta área *Emiliana huxleyi* acompañada de *Helicosphaera corteri* y *Calytrosphaera* sp. encontrándose presentes también *Hymenomas roseola*, *Syracosphaera cornifera*, *S. subsalsa*, *Anthosphaera quadricornu*, *Pontosphaera discopora*, *Braarudosphaera bigelowi*, *Calytrosphaera sphaeroidea*, *Rhabdosphaera* sp. etc.

Si se observan cambios sustanciales en la distribución de las especies de cocolitofóridos para las áreas meridional y septentrional del Frente Ecuatorial, es apreciable las altas concentraciones al Sur disminuyendo paulatinamente hacia el límite Norte del Frente.

Muchas de las especies identificadas en este estudio, correspondieron a las especies características de la Corriente Sur Ecuatorial y que han sido mencionadas anteriormente por Hasle (1960) en el Pacífico Central, y por Jiménez (1977) al Sur de las Islas Galápagos.

En general la distribución horizontal y vertical de los cocolitofóridos es muy similar a la que presentan las diatomeas, así como las áreas de sus máximas concentraciones celulares.

DINOFLAGELADOS:

Los dinoflagelados presentaron un patrón de distribución horizontal y vertical, así como las áreas de sus máximas concentraciones celulares contrapuesto al de las diatomeas y cocolitofóridos.

Las máximas concentraciones de los dinoflagelados, se localizan en el estrato de los 10-30 metros, con registros inferiores en superficie y mínimos hacia los 50 metros.

En superficie (fig.20) la distribución de los dinoflagelados es bastante homogénea; los registros entre 2.000-1.000 cel/l se distribuyen en una dirección Noroeste-Sureste que corresponde al límite de las isotermas de 20°C, correspondiendo estas concentraciones de dinoflagelados relativamente altas a temperaturas que fluctúan entre los 20°C - 23°C; concentraciones menores se registran en las aguas con temperaturas superiores a los 24°C y en las aguas ligadas a temperaturas menores a 20°C, excepto en las estaciones 26 y 27 (altura del Golfo de Guayaquil) que corresponden a temperaturas bajas entre 17°C y 19°C y que se incrementa el número de estas células, pudiéndose atribuir este aumento, a la presencia de condiciones favorables del medio (como el incremento de nutrientes). Las especies identificadas para esta área corresponden principalmente a especies pequeñas de rápido crecimiento en condiciones óptimas como *Gymnodinium* sp. que en la estación 6 llega casi a predominar con 1.500 cel/l.; en menor cantidad se encontraron: *Prorocentrum* sp., *Diplopsalis lenticula*, *Peridinium pedunculatum*, *P. depressum*, *Oxytoxum* sp. y *Podolampas* sp. Ligadas a las temperaturas más altas del Golfo de Guayaquil (Est. 3 y 4) se encontraron especies de aguas cálidas como: *Ceratocorys armata*, *Peridium sphaericum* y *Ceratium* sp.

Hacia los 10 metros de profundidad (fig.21) las concentraciones de dinoflagelados se incrementan con registros entre 4.000-7.000 cel/l. con una distribución Noroeste-Sureste que tipifica bastante bien la distribución geográfica que presenta el Frente Ecuatorial, se encuentran igualmente predominantes en este nivel: *Gymnodinium* sp. (con 4.400 cel/l en la estación 3), *Dinophysis* sp., *Oxytoxum* p., *Phalacroma* sp. *Peridinium divergens*, *Peridinium quarnerense*, *P. pedunculatum* y *Ceratocorys arma-*

ta; concentraciones menores se registran hacia la parte más oceánica y hacia las áreas neríticas de la costa de Ecuador.

En el nivel de los 20 metros (fig.22), las concentraciones mayores fluctúan entre 2.000-5.000 cel/l, en la zona Norte, con una distribución Noreste-Sureste que invierte en forma radical el sentido de las concentraciones mayores de fitoplancton para la diatomeas y cocolitofóridos. Este patrón particular de distribución parece que obedece a las exigencias térmicas que presenta este grupo, pues numerosos autores atribuyen a los dinoflagelados como característicos de aguas cálidas. Hacia el Sur disminuyen apreciablemente su número con registros entre 200-400 cel/l., excepto en la estación 4 en que se incrementa su número, posiblemente por la influencia térmica, así como del material terrígeno que aporta el Golfo de Guayaquil al Océano Pacífico.

En el nivel de los 30 metros (fig.23), en el Norte, se reduce el área influenciada por las altas concentraciones de dinoflagelados, aunque indudablemente su centro de máximas concentraciones celulares, se origina al Norte del Frente Ecuatorial caracterizando las aguas más cálidas que proceden de la Cuenca de Panamá, hacia el Sur disminuye el número de células aunque se manifiesta un ligero incremento en el límite Sur.

Hacia los 50 metros de profundidad (fig.24), la población de dinoflagelados decrece en forma significativa con registros ínfimos en el área Norte caracterizada por corriente de origen oceánico subsuperficial de bajas temperaturas; se registra un parche de 500-1.000 cel/l en el área Sur, caracterizando una corriente que fluye del Sur en sentido contrario a la del Norte y de diferente característica, que es observable a través del cálculo de la anomalía termostérica, a esta profundidad.

En general no se ha observado una distribución que caracterice los distintos ambientes ecológicos que delimiten el Frente Ecuatorial en cuanto a la composición específica de los dinoflagelados por presentar una distribución bastante homogénea de Norte a Sur especialmente las especies pequeñas de *Gymnodinium* y *Peridinium* mayormente no identificadas, pudiéndose registrar a través del método empleado (Utermohl) las especies de mayor tamaño que son utilizadas con mayor frecuencia como indicadores de masas de agua. Sin embargo, los niveles de población registrados, han caracterizado muy bien el avance de estos organismos ligados a las temperaturas más cálidas y por lo tanto han delimitado el margen septentrional del Frente Ecuatorial en los estratos superficiales y en profundidad, sus registros mínimos están determinados por la presencia de una corriente fría de origen oceánico que posiblemente no es favorable para la multiplicación de estos organismos.

RESULTADOS Y DISCUSION DE DATOS

ANTECEDENTES

PIGMENTOS:

Durante la expedición "EASTROPIC" auspiciada por el Instituto Scripps de Oceanografía, en aguas del Océano Pacífico Oriental durante los meses de Octubre a Diciembre de 1955, se realizaron investigaciones sobre la producción primaria y clorofilas (Holmes et al. 1957). Las aguas ecuatorianas fueron cubiertas con 8 estaciones entre los 0°57'N y 2°48'S y entre los 83°20'W y 84°12'W.

En general las condiciones hidrográficas se presentaron similares a las observadas en nuestro crucero, especialmente en relación a la distribución en superficie de la temperatura (24°C al Norte y entre 17°C y 18°C al Sur) y salinidad (Entre 33.5 y 34‰), sugiriéndonos estos datos que pudo estar presente también en esta época del año el Frente Ecuatorial.

Las clorofilas fluctuaron en esta área entre 0.4 y 0.5 mg/m³ con un máximo de 2.0 mg/m³ de clorofila *a* al Sur, que (oxígeno 5.80 ml/l máximo) correspondió al valor más alto registrado en esta expedición; igualmente correspondió a una alta producción primaria en superficie.

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

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

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

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

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

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

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

DISTRIBUCION VERTICAL Y HORIZONTAL

CLOROFILA "a":

De la observación de la figura 25 se puede anotar que, en aguas superficiales, se determinaron elevadas concentraciones de clorofila *a* (entre $0.5-4.0 \text{ mg/m}^3$) en el Golfo de Guayaquil con una prolongación de valores relativamente altos (entre $0.3-0.4 \text{ mg/m}^3$) hacia aguas más oceánicas. Valores decrecientes entre $0.2-0.1 \text{ mg/m}^3$ se registraron hacia el Noreste, hasta el Ecuador.

Hacia el Noroeste entre 0° y 1°S se registró un área de altas concentraciones de clorofila entre $0.5-3.0 \text{ mg/m}^3$. En la Est. 33 se registró el máximo clorofílico con 21 mg/m^2 para la columna de agua de 50m. de profundidad.

La relación clorofila *a* feopigmentos (0.96) a 0m en esta estación está asociada a la presencia de una población muy activa de diatomeas, propia de las áreas de afloramiento y de crecimiento vigoroso del fitoplancton (Mendiola & Estrada, 1976).

Estas altas concentraciones de clorofila para un área oceánica tropical es altamente significativa y

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Esta particular distribución de la concentración de clorofila de 0.2 mg/m^3 a las profundidades de 20 y 30 metros la atribuimos al avance de aguas oceánicas subsuperficiales más frías que indudablemente afectarían la distribución del fitoplancton hacia estos niveles.

A los 50 m. de profundidad (fig.29) decrecen significativamente las concentraciones de clorofila *a* con registros ínfimos de 0.1 mg/m^3 para las aguas oceánicas, localizándose áreas de parches menores de concentraciones de 0.2 mg/m^3 en las áreas que son afectadas por la Corriente de Perú al Sur.

En todas las estaciones muestreadas el contenido de la clorofila *a* en la columna de agua de 50m. fluctuó entre 1.88 mg/m^2 (estación 15) y 83.51 mg/m^2 (estación 3) con un promedio de 12.23 mg/m^2 .

FEOPIGMENTOS:

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

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

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

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

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

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

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

Hacia el Norte igualmente los máximos entre 5-10 mg/m³ se localizan al Sur del Ecuador, con una proyección del máximo hacia el Este.

Las concentraciones entre 1-5 mg/m³ se localizan al Norte y en las áreas más próximas al continente.

Las altas concentraciones de feopigmentos encontradas en el mar ecuatoriano pueden coincidir en esta ocasión con el patrón normal de las aguas, con relación a la presencia del Frente Ecuatorial y a los registros considerablemente altos del volumen del zooplancton como producto igualmente de una alta biomasa fitoplanctónica.

ZOOPLANKTON:

BIOMASA:

Desde los días de Hensen y la Expedición Plankton de 1889 los mares tropicales han sido considerados menos productivos que aquellos de las altas latitudes. La explicación de esta aseveración está usualmente basada en la teoría que en los trópicos el calentamiento superficial resulta en una estratificación estable de la columna de agua, impidiendo la mezcla vertical por convección, la cual arrastra nutrientes a la zona eufótica. Tal estratificación térmica aparentemente existe a través de muchas de las áreas tropicales y subtropicales del Pacífico.

King y Desmond (1953) enfatizan que desde la época del crucero *Carnegie* realizado en el Pacífico central y oriental en 1929, se encontraron que estas condiciones generales, dinámicamente estables, son interrumpidas en el Ecuador por una fuerte divergencia la cual está acompañada por un afloramiento. Esta condición fué considerada responsable del enriquecimiento de los niveles superficiales y de la presencia de altas concentraciones de plancton que fueron encontradas en las latitudes subtropicales.

La frecuente presencia de la convergencia entre los 2° a 5°N también contribuye a esta aparente gran abundancia de organismos en la región ecuatorial. Los organismos que flotan indudablemente se congregan en esta zona de discontinuidad, el zooplancton capaz de resistir las corrientes que se hunden, también tendería a concentrarse en los niveles superficiales. Cuando una fuerte convergencia ha persistido por un suficiente espacio de tiempo, resultaría una área de relativa alta abundancia de plancton, proveyendo de alimento a los animales planctófagos, como los peces.

Forsberg y Joseph (1964) al describir la producción biológica en el Pacífico Oriental resumen la información de diversos autores sobre los altos volúmenes de zooplancton encontrados cerca del ecuador, especialmente al Oeste de las Galápagos, igualmente los autores encontraron altas concentraciones entre las islas y el continente, localizándose los máximos más al Norte del Ecuador que al Sur; dichos autores sugieren que una posible causa de esta particular distribución, puede ser atribuida a los vientos alisios del Sureste, conduciendo las aguas de la superficie hacia el Norte. En la Expedición Shellback, realizada en el Pacífico Oriental entre Mayo y Agosto de 1952 se localizaron altos volúmenes de zooplancton entre 200-500 ml/1.000 m³ en aguas más próximas a la costa de Ecuador; volúmenes sobre los 500 ml/1.000 m³ en el Golfo de Guayaquil. En aguas más oceánicas entre Galápagos y el continente los volúmenes fluctuaron entre 75 y 200 ml/1.000 m³. (Holmes, Shaefer y Shimada, 1957).

También las mayores biomásas de zooplancton encontradas por Holmes, Shaefer y Shimada (1957) en la Expedición EASTROPIC en el Pacífico oriental en Octubre-Diciembre de 1955 se localizaron entre las Islas Galápagos y el continente, con concentraciones entre 200-500 ml/1.000 m³, registros superiores a 500 ml/1.000 m³ fueron encontrados en las proximidades del continente a la altura del Golfo de Guayaquil. La comparación entre los volúmenes del zooplancton estimados durante la Expedición Eastropic en 1955 nos da alguna idea de la variabilidad que puede ocurrir en diferentes estaciones y años. Los volúmenes del zooplancton en 1952 fueron generalmente más bajos que en 1955. Sin embargo, debe advertirse que ciertas áreas de muy bajos volúmenes aparecen en ambos años en las mismas localidades. Merecen citarse especialmente las áreas de la región de la corriente del Perú, Golfo de Guayaquil y a lo largo del Ecuador, con altos volúmenes de plancton.

Patzert (1978) en el atlas "El Niño Watch" presenta la distribución de la biomasa del zooplancton colectada en arrastre verticales de 100 metros a la superficie para el Pacífico Oriental Tropical para Febrero-Marzo de 1975, época en que se manifestaron las características anómalas de "El Niño" para las aguas ecuatorianas; las concentraciones más altas se dieron al Sur de la Puntilla de Santa Elena y Golfo de Guayaquil y hacia el Oeste hasta el 84°W, con una biomasa entre 500-700

ml/1.000 m³. Hacia el Norte y Oeste, hasta la parte oriental de las Islas Galápagos las concentraciones decrecen 300-200 ml/1.000 m³, área que estuvo más afectada por el calentamiento anómalo de "El Niño".

Para Mayo de 1975 las condiciones normales se restablecen para las aguas ecuatorianas al replégarse las aguas más cálidas; (entre 25°-27°C) al Norte del Ecuador, y es para esta época en que se localizan altas biomasa de zooplancton entre 500-700 ml/1.000 m³ entre el ecuador y el Golfo de Guayaquil, al Sur.

Para la época de nuestro crucero (Septiembre, 1974) una alta biomasa de macro-zooplancton (malla de 600 u) entre 2.000-2.500 ml/1.000 m³ correspondió a las áreas de la región Sur del Frente Ecuatorial (fig.35) especialmente a las áreas comprendidas entre las isothermas de 19° y 20°C. Rodeando este núcleo, altos volúmenes de plancton de 1.000 ml/m³ se extienden hacia el Norte, pero sin llegar al Ecuador donde se ubican las isothermas de 23° y 24°C. Volúmenes relativamente altos entre 600 y 500 ml/1.000 m³ se localizan en el Ecuador y al Suroeste, en las áreas donde se ubican las isothermas de 18° y 19°C. De esta descripción, podríamos concluir que los máximos volúmenes de macrozooplancton se localizan en el área del Frente Ecuatorial comprendida entre las isothermas superficiales de 19° y 22°C, decreciendo en las áreas meridional y septentrional del Frente, es decir donde se localizan las temperaturas más extremas que corresponden a las isothermas de 19°C al Sur y entre 23° y 24°C al Norte.

También los volúmenes de microplancton (arrastré vertical de 100 m. a la superficie, malla de 150 u) más altos entre 1.500-1.000 ml/1.000 m³ se ubican al Sur del Frente Ecuatorial (fig.36) y especialmente donde se localizan las temperaturas más bajas, (18° y 19°C). Hacia el Norte y hasta 1°N se localizan también altas concentraciones de microplancton con volúmenes de 800 ml/1.000 m³, hacia el Ecuador los valores decrecen paulatinamente, registrándose los mínimos hacia esta latitud con volúmenes de 300 ml/1.000 m³. Cabe hacer resaltar que aunque la diferencia de mallas en las redes utilizadas (600 u y 150 u) fué grande y los constituyentes del plancton de ambas redes variaron apreciablemente, existe coincidencia en la localización de los máximos y mínimos volúmenes planctónicos colectados.

Santander (1974) ha señalado también para las aguas costeras peruanas, máximos de 1.000 ml/1.000 m³ a la altura de Punta Aguja entre Agosto y Septiembre de 1971 (temp. 15°-18°C) extendiéndose esta alta biomasa planctónica hacia el Sur en Noviembre del mismo año, cuando se aprecia un notable incremento de la temperatura del mar (predominan temperaturas entre 18°-20°C).

Pero la distribución de los altos volúmenes de zooplancton es mayor en Marzo de 1972 cuando las temperaturas predominantes fluctúan entre 21° y 23°C. Esas altas concentraciones se debieron principalmente a Doliolidos que sumados a altos valores de copépodos se presentaron en toda el área explorada de las aguas costeras peruanas. Las circunstancias antes expuestas nos permitirían interpretar, que aún para las áreas afectadas por aguas afloradas, un incremento de la temperatura superficial, favorece el desarrollo del zooplancton en general o por los menos de algunos componentes del mismo que origina altos volúmenes planctónicos cuando se presentan estas condiciones determinadas.

Los altos volúmenes de zooplancton en el Frente Ecuatorial determinaría que en estas aguas se localicen altas concentraciones de albacora y barrilete; en un estudio de 22 áreas de cinco grados del Pacífico oriental, un promedio de 46 de la captura anual retenida del barrilete provino del área del Golfo de Guayaquil (Informe Anual: 1976, de la Com.Int.Atuhn.Trop., 1977 pag.108), igualmente éstos peces aparecen en las regiones de confluencia de agua de varios orígenes como ha sido detectado en otras regiones del Pacífico, donde se presentan condiciones similares, (Alvaríño, 1970).

DISTRIBUCION HORIZONTAL

De la preclasificación realizada de los grupos que componen el zooplancton se han confeccionado mapas de distribución de los grupos predominantes en las muestras analizadas y se presentan en porcentajes respecto al total de los zooplanctones, por estaciones.

1. COPEPODOS:

Los copépodos (fig.37) presentan sus máximos de abundancia en las áreas de mayor concentración de fitoplancton, es decir en el límite Sur del Frente Ecuatorial, con porcentajes altos que alcanzan el 80% con respecto al total, de los zooplanctones, las concentraciones de copépodos van decreciendo paulatinamente hacia el Norte hasta cerca del ecuador que llega a un porcentaje del 50%; hacia el Norte del ecuador y hacia las proximidades de las aguas costeras, los copépodos decrecen, correspondiéndoles porcentajes entre el 20 y el 40%, a estas áreas igualmente correspondieron las mayores concentraciones de larvas de peces que posiblemente ingieren grandes cantidades de estos organismos, lo que origina una disminución apreciable de este grupo planctónico. Según Lebour, a pesar de que el fitoplancton pueda ser ingerido en cierta cantidad, el alimento básico para muchas larvas de peces está constituido por los copépodos y entre éstos como más frecuentes figuran: *Temora*, *Acartia*, *Calanus*, *Pseudocalanus* y *Oithona*.

Es importante señalar que los copépodos como plancton animal herbívoro realizan un pastoreo (grazing) sobre las áreas donde se presentan las mayores concentraciones de fitoplancton y especialmente diatomeas, correspondiendo la distribución a una extensa área del Frente Ecuatorial que se extiende desde el ecuador hasta los 3°S disminuyendo hacia la costa donde se localiza un plancton carnívoro compuesto principalmente por larvas de peces y quetognatos.

Steeman Nielsen (1937) considera que en general, la cantidad de zooplancton está directamente relacionada a la cantidad de fitoplancton. Nuestra investigación parece confirmar este acierto en consideración a las condiciones "estables" que se pueden presentar en el Frente Ecuatorial favoreciendo el desarrollo de ambos componentes planctónicos. Pero sin embargo, enfatiza el mismo autor, el hecho que debido al más lento desarrollo del plancton animal y el efecto de las corrientes, un rico desarrollo de las diatomeas no necesariamente significa la presencia en la misma localidad de una abundante población de copépodos. El efecto de una producción grande de fitoplancton sobre el zooplancton, puede aparecer en una área más distante.

Los cambios globales, en la secuencia del zooplancton a lo largo del año, son más relevantes en la zona nerítica que la oceánica, pues, aparte de la mayor importancia del meroplancton, estas áreas están sujetas a notables invasiones de especies alóctonas, (Margalef. 1967).

Con pocas excepciones, los copépodos son la causa principal de las fluctuaciones de las concentraciones del zooplancton, y entre éstos, los incrementos de población, se deben a unas pocas especies.

2. EUFAUSIDOS:

Los eufáusidos (fig.38) al igual que los copépodos presentan sus máximos de abundancia en las áreas de mayor concentración de fitoplancton; es decir en la parte externa del Golfo de Guayaquil, constituyendo entre el 10 al 15% del plancton de esta área y hacia el Noroeste (estación 32) que alcanza también un 10%.

Parece que la distribución de los eufáusidos en el Frente Ecuatorial está muy influenciada por el gradiente térmico que caracteriza estas aguas, al localizarse sus mayores porcentajes (4-10%) entre las isotermas de 19°C y 21°C, bajo y sobre estos rangos de temperatura los porcentajes de es-

tos organismos decrecen apreciablemente; hacia el Norte, en aguas más cálidas, la isoterma de 22°C parece que constituye el límite donde comienzan a decrecer los valores porcentuales de este grupo planctónico.

Antezana y González (1976) han señalado en detalle las distribuciones de las especies de eufáusidos con respecto al Frente Ecuatorial para la época de este estudio (Septiembre de 1974), indicando las especies o grupos de especies que caracterizan tanto el límite austral, como el septentrional del Frente. Los autores antes mencionados han indicado que *Euphausia lamelligera* es una especie, cuyo patrón de distribución sigue en cierto modo el Frente Ecuatorial, definido hidrológicamente, así esta especie origina un interés biológico particular para caracterizar esta condición oceanográfica en aguas ecuatorianas, mientras las otras especies de eufáusidos delimitan las áreas tropicales en el sector septentrional y las de la Corriente de Perú en el sector austral del Frente.

3. DOLIOLIDOS:

Algunos autores atribuyen los aumentos del plancton en las latitudes medias y bajas, a la presencia del salpas y doliólidos. En el Mediterráneo las invasiones de salpas coinciden prácticamente con las grandes proliferaciones de fitoplancton.

Para nuestra área de estudio el mayor número de salpas (animales fitófagos) se localizó en la estación 5 en la parte externa del Golfo de Guayaquil, mientras los doliólidos (fig.39) se distribuyen más regularmente en el Frente Ecuatorial, correspondiendo sus mayores porcentajes hacia las aguas costeras y especialmente hacia el Sur del Frente (Estaciones 5,23,24) igualmente un mayor porcentaje se localizó en la latitud ecuatorial.

4. QUETOGNATOS:

Los quetognatos, al igual que medusas, ctenóforos, algunos poliquetos típicamente planctónicos, determinadas especies de pterópodos, así como muchas larvas de decápodos y peces se presentan como verdaderos carnívoros.

Los quetognatos en nuestra área de estudio (fig.40) presentaron su mayor porcentaje en las proximidades de la costa, cerca a Manta, constituyendo un máximo del 40% en esta localidad, formando una cuña que se extiende hacia el Oeste, decreciendo el número porcentual de estos organismos constituyendo el 10% del total del zooplancton en estas áreas, parece que esta cuña de mayor porcentaje de quetognatos estuviera limitada por aguas de temperaturas superiores a 22°C, y constituiría esta área el límite más estrecho entre las aguas influenciadas por la Corriente de Perú y las aguas tropicales ecuatoriales.

Un rápido análisis de la composición específica de los quetognatos en las estaciones 10,11 y 12 (donde se localizó este máximo) permitió determinar que los quetognatos presentes en esta área estuvieron constituidas por especies neríticas y oceánicas, con la predominancia de *Sagitta enflata* que es cosmopolita y especies oceánicas típicas de aguas tropicales y también de *S. peruviana* especie típica de las aguas neríticas de la Corriente del Perú, si asumimos la expatriación de esta especie a esta latitud se determinaría la influencia de la Corriente Peruana en las aguas costeras ecuatorianas por lo menos en algunas épocas del año.

5. HUEVOS Y LARVAS DE PECES:

Es evidente que el número de huevos de peces variará en proporción con la magnitud de la población adulta en una determinada región. Sin embargo, el número de huevos, larvas y juveniles que sobreviven varía en los distintos años, de tal modo que de una población reproductora numerosa pueden resultar pocos reclutas y viceversa.

La larva al nacer está expuesta a la acción de varios agentes, físicos, químicos, además del hambre, enfermedades y depredación. Las pérdidas que resultan por falta de alimento han de ser elevadas ya que la diminuta larva requiere cantidades específicas de alimento, en cuanto al tamaño de la partícula alimenticia y su calidad nutritiva (Alvariño, 1976).

Sin embargo, la escasez de alimento no es el único peligro con que se enfrentan las larvas, ya que medusas, sifonóforos ctenóforos, quetognatos, poliquetos y otros zooplanctones carnívoros imponen una tasa a la delicada población de larvas, y que además compiten con aquellos para obtener alimento. Durante algunos años esos voraces animales aparecen en cantidades considerables, y los efectos que producen, crean ciertas situaciones en el balance ecológico del plancton (Alvariño, op.cit.).

La temperatura del mar, afecta a los huevos durante el periodo de incubación y larval del saco vitelino, resultando crítica para el desarrollo, ya que modifica la actividad metabólica del animal, y por lo tanto la duración de las fases larvales (periodo más vulnerable en el ciclo vital del pez) y como resultado en la eventual supervivencia alcanzada durante dichas fases.

También Alvariño (op.cit.) analizando los datos que presenta Russell en el área de Plymouth, observó que la abundancia de larvas de peces coincidía con abundante alimento planctónico en la misma región, y la escasez de larvas correspondían con un elevado número de medusas, sifonóforos y ctenóforos en el plancton.

Las breves apreciaciones sobre el ictioplancton que hemos expuesto, tienen por objeto llamar la atención en la importancia futura que se debe dar en nuestro país, a los estudios de huevos y larvas de peces, ya que cualquier desbalance en el ecosistema marino, afecta directamente a este grupo biológico y por ende a las pesquerías del Ecuador.

De la preclasificación de los organismos que componen el zooplancton en el crucero de Septiembre de 1974 se pudo realizar la distribución de algunos componentes del ictioplancton. La mayor abundancia de huevos y larvas de peces se localizan en el Golfo de Guayaquil (fig.41) con un máximo del 25% extendiéndose esta dispersión hacia las aguas más oceánicas y hacia el Noroeste, presentando este patrón de distribución similar al observado en las áreas de mayor dispersión del fitoplancton. Hacia las áreas más oceánicas la abundancia de huevos y larvas de peces disminuye, pero más sensiblemente hacia el Norte de Manta, en que se registra el más bajo número porcentual, menos del 5%.

Podríamos afirmar a través de estas observaciones que existe una estrecha relación entre la abundancia fitoplanctónica de las aguas costeras del Ecuador y la presencia de los máximos de huevos y larvas para estas mismas aguas, por otro lado, la escasez de huevos y larvas al Norte de Manta y hacia el Oeste estaría afectada por una mayor predominancia del zooplancton carnívoro, especialmente sifonóforos (fig.42) que se localizan justamente sus mayores porcentajes al Sur del área investigada. También los números porcentuales más altos de quetognatos se localizaron en esta área, pudiéndose interpretar esta particular distribución de los dos grupos de carnívoros como poblaciones que afectarían la población de larvas en esta región con activa depredación. Es importante señalar que también el mayor número de ctenóforos y poliquetos contabilizados se ubican al Norte de Manta especialmente en las estaciones 11,12 y 13. Estas observaciones deberán ser comprobadas en futuras investigaciones del ictioplancton.

6. LARVAS DE CRUSTACEOS:

Las larvas de crustáceos en su generalidad se presentan como verdaderos carnívoros. Estas larvas alcanzan sus mayores porcentajes, hacia las aguas oceánicas, (entre el 5-15%) especialmente al Sur del Frente Ecuatorial, (fig.43) es decir ligados a las aguas más frías del frente térmico (estaciones 27 y 28) también al Norte del ecuador se nota un ligero incremento. En las aguas de transición, así

como hacia las proximidades de la costa el número porcentual de larvas de crustáceos disminuye apreciablemente. Es interesante observar, que el máximo de huevos y larvas de peces se presenta hacia el interior del Golfo de Guayaquil, mientras el máximo de larvas de crustáceos se presenta en sentido opuesto a este, es decir a la altura del Golfo, pero hacia la parte más oceánica. La comprensión de la distribución de este grupo biológico, podría ser mejor interpretada cuando se realice un análisis detallado de la composición específica de este plancton, así como de las condiciones oceanográficas más sobresalientes que afectan esta distribución.

RESUMEN Y CONCLUSIONES:

1. El Frente Ecuatorial estuvo bastante desarrollado con una posición Noroeste-Sureste, caracterizada por un gradiente de temperatura entre 18° - 24° C por salinidades entre 35.0‰-33.0‰.
2. Las mayores concentraciones de fitoplancton en el Frente Ecuatorial se localizaron entre los 10-20 metros de profundidad, y las menores concentraciones en la superficie y entre los 30-50 metros.
3. Con respecto a la distribución horizontal del fitoplancton, las mayores concentraciones celulares se localizaron al Sur del Frente Ecuatorial, decreciendo las concentraciones fitoplanctónicas hacia el noreste.
4. Los niveles de población del fitoplancton presentaron especiales características con respecto a las condiciones hidrográficas. Las diatomeas y cocolitofóridos predominaron en las aguas ligadas a las temperaturas más frías, en la parte meridional del Frente, mientras los dinoflagelados estuvieron predominantes al noreste, caracterizado por el avance de aguas más cálidas.
5. Los cocolitofóridos constituyeron el grupo cuantitativamente más importante dentro de la biomasa fitoplanctónica. La especie *Emiliania huxleyi* que contabilizó hasta 120.000 cel/l en una estación, estuvo predominante en toda el área del Frente Ecuatorial.
6. Las concentraciones fitoplanctónicas encontradas durante esta investigación se pueden atribuir a una región de alta fertilidad biológica, en comparación con otras épocas del año para la misma región o para otras áreas tropicales.
7. Los más altos valores de clorofila *a* se presentan en el Golfo de Guayaquil (entre 0.5-4.0 mg/m³) y valores relativamente altos (entre 0.3-0.4 mg/m³) en aguas meridionales del frente ecuatorial, en las aguas intermedias las clorofilas presentan valores decrecientes (entre 0.2-0.1 mg/m³) y al Noreste se registran los mínimos de clorofilas ligados a las aguas más cálidas.
8. En general las menores concentraciones de feopigmentos se localizan en las áreas próximas a la costa. Al Norte y Sur de la latitud ecuatorial en la parte oceánica se localizan los máximos (entre 5-15 mg/m³) especialmente en el estrato entre los 10 y 20 m. de profundidad a los 30 m. de profundidad en el área Sur se localiza los valores más altos (entre 10-13 mg/m³).
9. Se encontró una estrecha relación entre las máximas concentraciones de fitófagos principalmente eufáusidos y copépodos y la localización de los máximos de feopigmentos tanto en el Ecuador en aguas del límite Norte del Frente, como en el límite Sur, a la altura del Golfo de Guayaquil.
10. Una alta biomasa de macro-zooplancton (entre 2.000-2.500 ml/1.000 m³) correspondió a las áreas de la región Sur del Frente Ecuatorial comprendidas entre las isotermas de 19° y 20° C.

Las zonas intermedias del frente presentan igualmente altos volúmenes del plancton (1.000 ml/1.000 m³) volúmenes relativamente menores (entre 600-500 ml/1.000 m³) se localizan en el Ecu-

dor y al Suroeste, es decir donde se localizaron las temperaturas más extremas que corresponden a las isotermas de 18°C al Sur y entre 23° y 24°C al Norte.

11. Los volúmenes más altos de microplancton (entre 1.500-1.000 ml/1.000 m³) se ubicaron al Sur del frente y asociados a las temperaturas más bajas (18° y 19°C) y en sentido opuesto al máximo de macro-zooplancton, aunque a la misma latitud. En las aguas intermedias del frente se localizaron también altos volúmenes, (800 ml/1.000 m³) con volúmenes de 300 ml/1.000 m³. En general entre el macro-zooplancton y el microplancton, existió coincidencia en la localización de los máximos y mínimos volúmenes planctónicos colectados.

12. La distribución de los diferentes componentes del zooplancton estuvo fuertemente relacionada a las particulares condiciones hidrográficas y del fitoplancton que caracterizan las aguas del Frente Ecuatorial. El estudio de los diferentes componentes específicos del zooplancton, como se ha realizado con foraminíferos planctónicos y eufáusidos permitirán en el futuro caracterizar mejor las distintas masas de agua que tipifican el frente, especialmente en sus márgenes de dispersión, donde es más difícil definir con parámetros físico-químicos.

13. La mayor abundancia de huevos y larvas de peces se localizan en el Golfo de Guayaquil, extendiéndose esta dispersión hacia las aguas más oceánicas y hacia el Noroeste, presentando este patrón de distribución similar al observado en las áreas de mayor dispersión del fitoplancton.

Podríamos afirmar a través de estas observaciones que existe una estrecha relación entre la abundancia fitoplanctónica en las aguas costeras del Ecuador y la presencia de los máximos de huevos y larvas de peces para estas mismas aguas.

14. Las condiciones hidrográficas que favorecen las altas biomásas de fitoplancton, los altos volúmenes de microplancton y macro-plancton asociados al límite Sur del Frente Ecuatorial, determinaría que en estas aguas, se localicen estas concentraciones de albacora y barrilete, un promedio de 46% de la captura anual del barrilete del Pacífico Oriental, provino del área del Golfo de Guayaquil.

BIBLIOGRAFIA

- Alvariño, A., 1970. Study of Albacore catches in the Pacific. Proceedings; Twenty-First Tuna conference. Univ. of California U.S.A.
- Alvariño, A. 1976. El zooplancton y la Pesca. Mem. Simp. Recur. Pesq. Masivos México. Ensenada, B.C., del 28 de Septiembre de 1976.
- Antezana T. y M.C. de González, 1979. Distribución de los eufáusidos epipelágicos del Ecuador y su validéz como indicadores de masas de aguas (crustacea, zooplancton) Publ. Inst. Ocean. Armada INOCAR Vol. 3 No. 1.
- Cornejo de González, M. 1976. Estudio preliminar de los Eufáusidos en el mar ecuatoriano. Publ. INOCAR CM-BIO-11-76,46 pp. Guayaquil, Ecuador.
- Cromwell, T. and J.L. Reid. 1956. A study of Oceanic Fronts. *Tellus* VIII (1) 94-101.
- Chin, E. 1970. Southeast Pacific Expedition of the R/V Anton Bruun. General Account Station Lists, and Hydrographic Data. Anton Bruun Reports. Ed. E. Chin. Texas A&M. University Mar. Lab. Galveston, Texas.
- Eastropac Atlas 1974. Biological and nutrient data. Ed. C.M. Love U.S. Depart. of Commerce, Vol. 8 Circ. 330.
- Enfield, D. 1976. Oceanografía de la región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos físicos. Reunión de Trabajo sobre el fenómeno conocido como "El Niño". Guayaquil, Ecuador, 4-12 de Diciembre de 1974. FAO Inf. Pesca, (185): 411 p.
- Forsbergh, E. and J. Joseph 1964. Biological production in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull 8(9): 477-527.
- Frontier, S., 1979. Interfase entre dos ecosistemas ejemplos en el campo de la oceanografía. An. del Inst. Ocean. (en prensa).
- Hasle, G. 1960. Plankton coccolithophorids from the Subantartic and Ecuatorial Pacific. *Nytt Magazin for Botanikk* Vol. 8.
- Holmes, R.M., M.G. Shacfer y B.M. Shimada 1957 Primary production, chlorophyll and zooplankton volumes in the Tropical Eastern Pacific Ocean. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. 2: 129-169.
- Jiménez, R. 1975. Composición y variaciones del Fitoplancton Marino del Golfo de Guayaquil y áreas adyacentes. Tesis Doctoral Universidad de Guayaquil.
- Jiménez, R. 1976. Oceanografía de la Región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Biológicos. Reunión de Trabajo sobre el Fenómeno conocido como "El Niño". Guayaquil, Ecuador, 4-12 de Diciembre de 1974. FAO Inf. Pesca, (185): 411 p.
- Jiménez, R. 1977. Biomasa y composición del fitoplancton al oeste de las Islas Galápagos, Ecuador, Bol. ERFEN Vol. 1 No.2.
- Jiménez, R. y F. Pesantes 1978. Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. Publ. Ins. Ocean. de la Armada. INOCAR. Vol. 2, No. 1, 30 pp.

- Jiménez R., 1979. Mise en evidence de l'upwelling equatorial a l' est des Galapagos. Cah. O.R.S.T.O.M., ser Oceanogr., (en prensa).
- Knauss, J.A. 1957. An observation of an Oceanic Front. Tellus (9): 234-236.
- Knauss, J.A. 1966. Further Measurements and observations on the Cromwell Currents. J. Mar. Research 24 (2).
- Kun. M.C., A.F. Bolkov y E.P. Karedin, 1974. Instrucción para obtención y procesamiento primario del plancton en el mar. Inst. Invest. Ocean. y Pesq. del Pacífico (Tinro) Vladivostok. (Traducido del Ruso).
- Luzuriaga de Cruz, M. 1976. Foraminíferos planctónicos vivos en aguas superficiales ecuatorianas durante El Niño. Publ. Inst. Ocean. de la Armada. CM-BIO.
- Margalef, R. 1967. Distribución geográfica en Ecología Marina. Fundación La Salle ed. 711 pp.
- Miró M. de R. Jiménez, E. Gualancañay y M. Luzuriaga 1974. Producción primaria y pigmentos fotosintéticos del fitoplancton marino del Ecuador. Publ. Inst. Ocean. de la Armada CM-BIO-1.
- Miró M.D. y M. Luzuriaga, 1974. Foraminíferos planctónicos vivos en aguas superficiales ecuatorianas, Publ. INOCAR-CM-BIO-3-74 14 pp. Guayaquil, Ecuador.
- Nelsen, S. 1937. On the relation between the quantities of phytoplankton and zooplankton in the sea. Jour du conseil Perm. Intern. pour l' Expi. de la Mer, 12: 147-154.
- Owen, R.W. y B. Zeitzschel, 1970. Phytoplankton production: seasonal change in the oceanic eastern tropical Pacific, Mar. Biol. 7(1): 32-36.
- Patzert, W.C. 1978. El Niño watch Atlas: Physical Chemical and Biological Oceanographic and Meteorological Data. Univ. of California. La Jolla, California.
- Pak, H. and J.R. Zaneveld, 1974. Equatorial Front in the Eastern Pacific Ocean. J. Phys. Oceanogr., Vol. 4, 570-578.
- Pesántes, F. 1978. Dinoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil Publ. Inst. Ocean. Armada. INOCAR Vol. 2, No. 2, 46 p. 26 lam.
- Rojas de Mendiola, B. y M. Estrada 1976 El fitoplancton en el área de Pimentel. Verano de 1972. Inv. Pesq. 40(2) 463-490.
- Santander, H. 1974. Cosecha Estable del Zooplancton. Inst. Mar. Perú. Serie Inf. Esp. No. IM-148.
- Stevenson, M. y B. Taft. 1971 New Evidence of the Equatorial Undercurrent East of the Galapagos Islands. Jour. Mar. Research 29(2): 103-115.
- Wooster, W. 1969. Equatorial front between Peru and Galapagos. Deep. Sea Res. Supl. Vol 16: 407-419.
- Wyrtki, K. 1965. Surface Currents of the easter tropical Pacific ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. 9(5): 271-303.

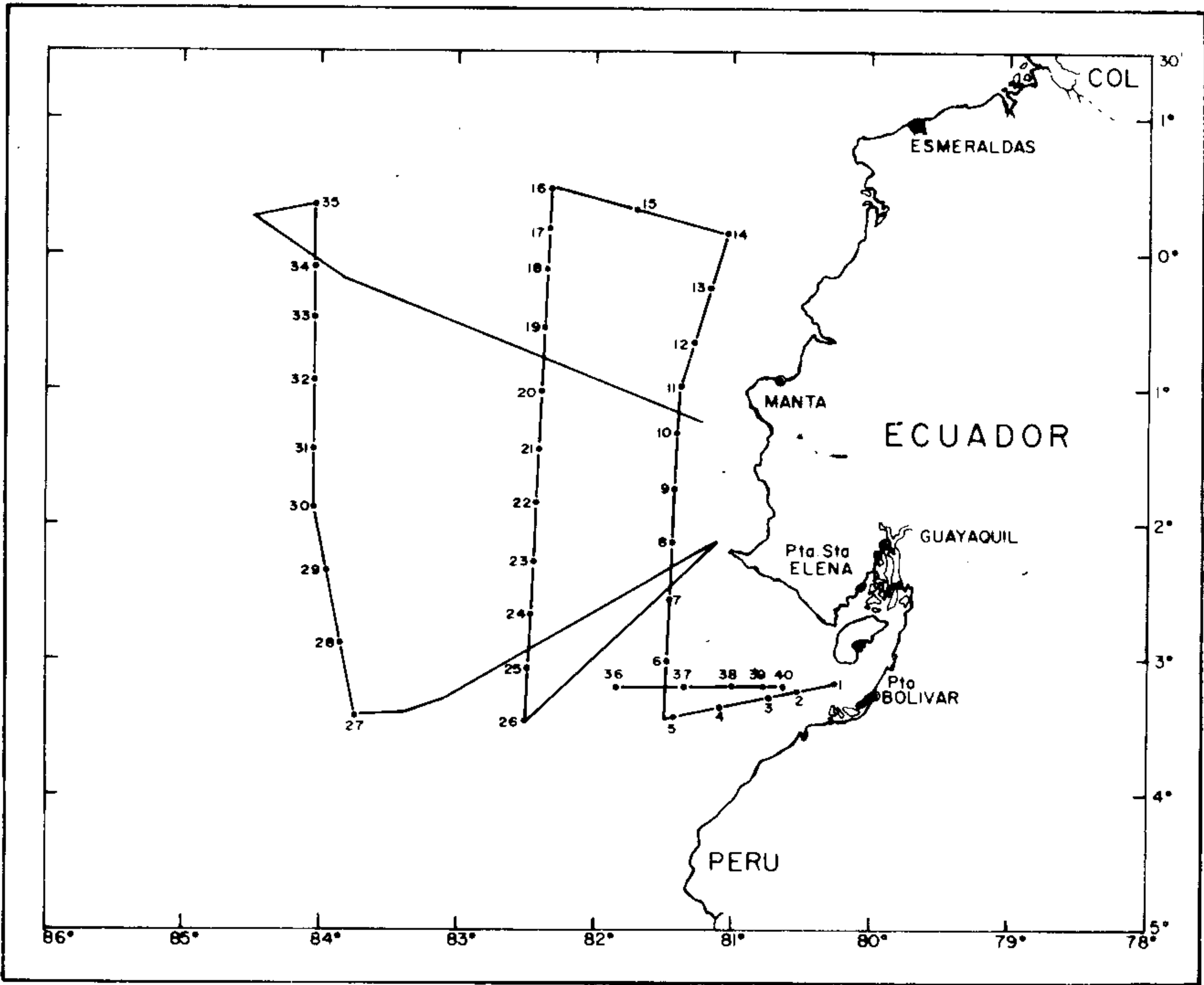


Fig. 1. Derrota Final “Bae Orión Tercer Crucero Oceánico 12-22 Sept. de 1974.

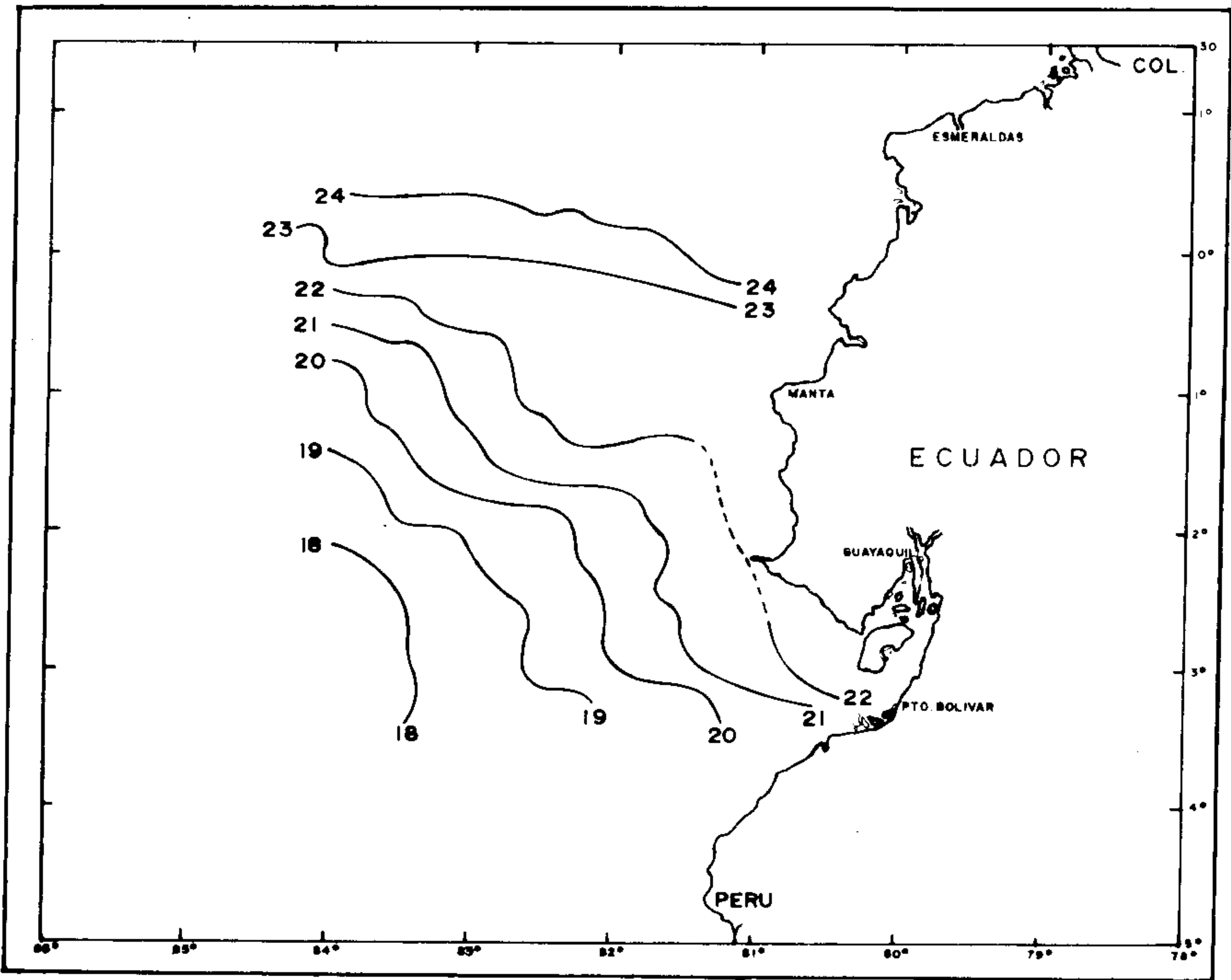


Fig. 2. Temperatura Superficial Tercer Crucero Oceánico Sept. 12-27 de 1974.

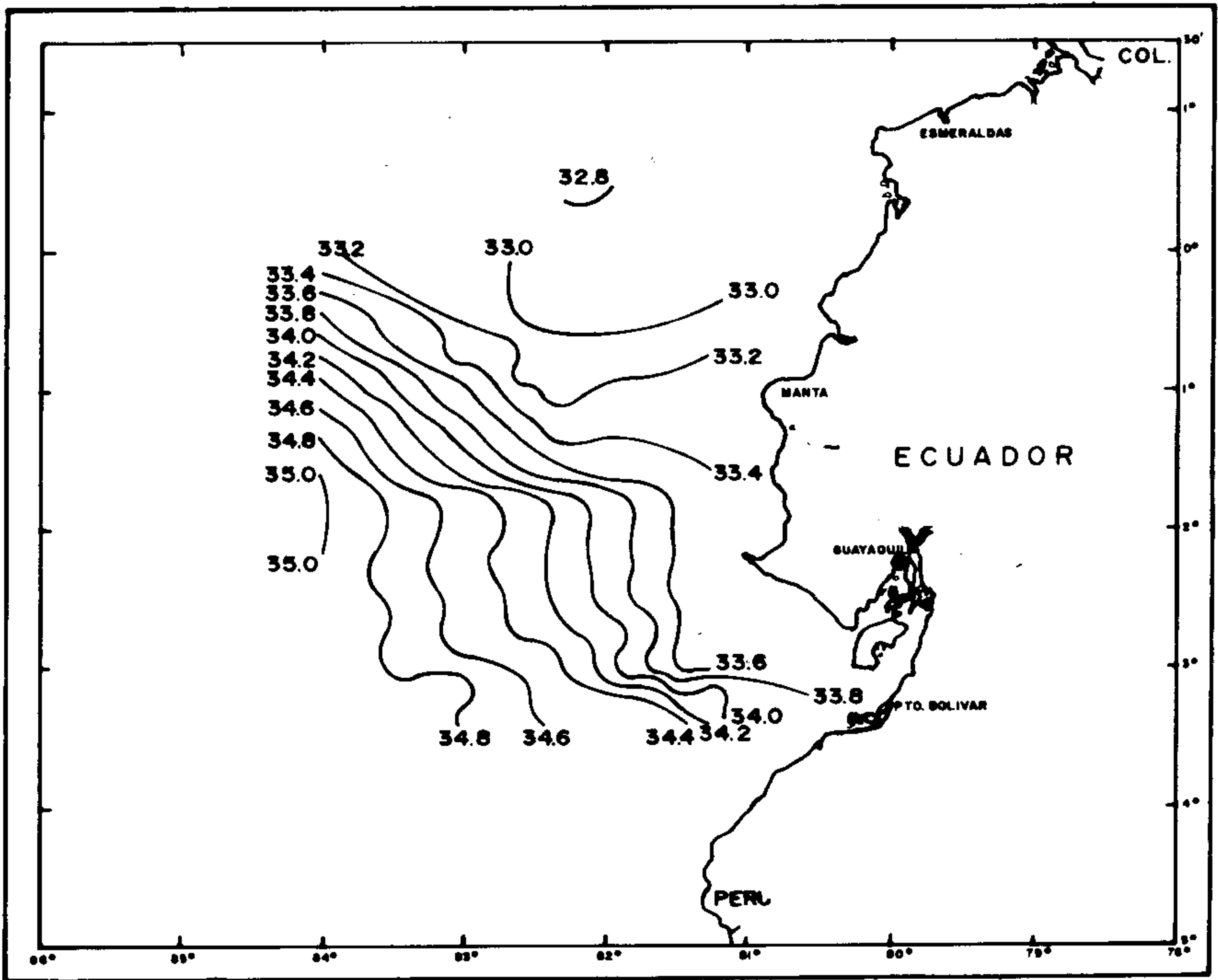


Fig. 3. Salinidad Superficial Tercer Crucero Oceánico Sept. 12-27 de 1974.

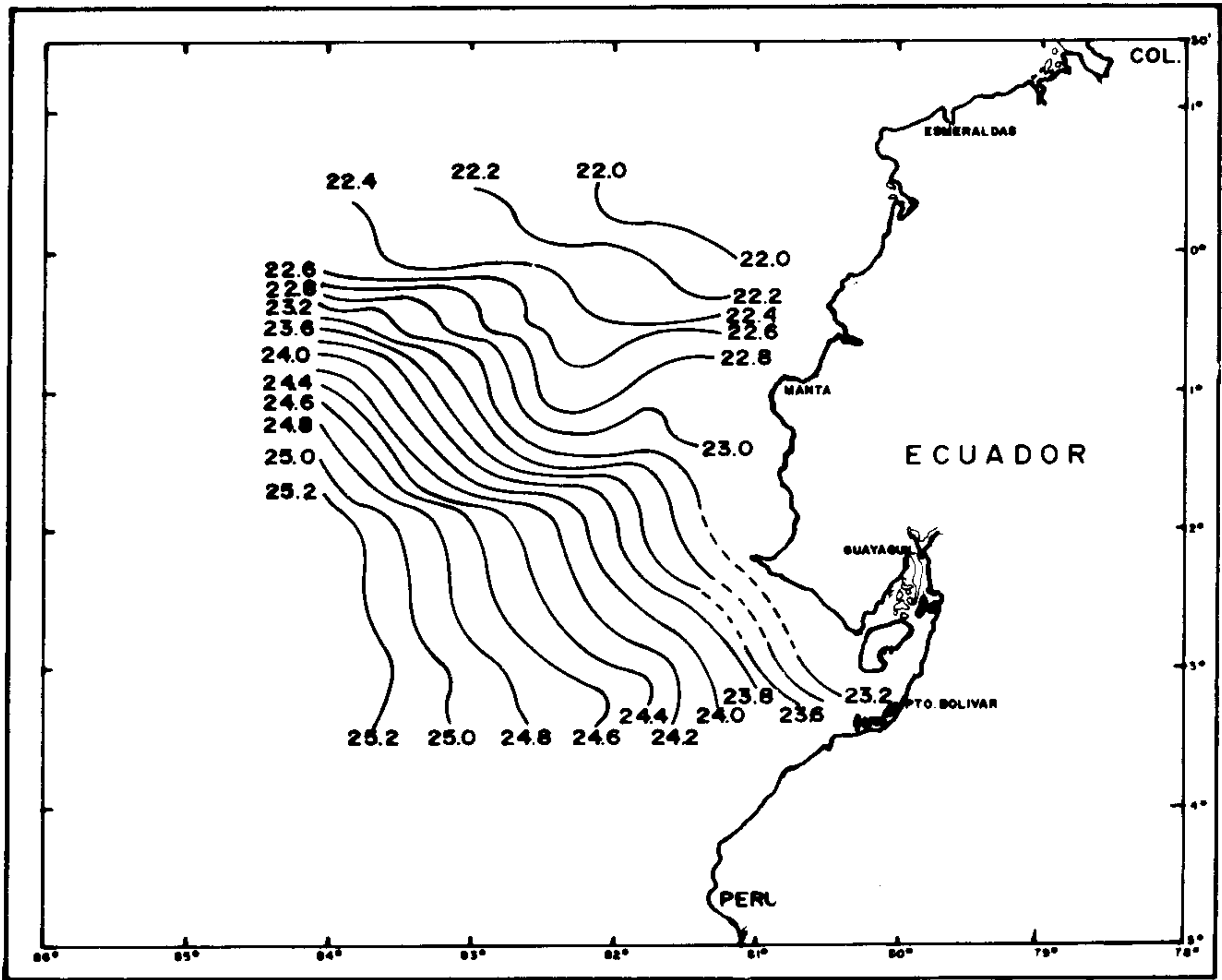


Fig. 4. Densidad Superficial Tercer Crucero Oceánico Sept. 12-27 de 1974.

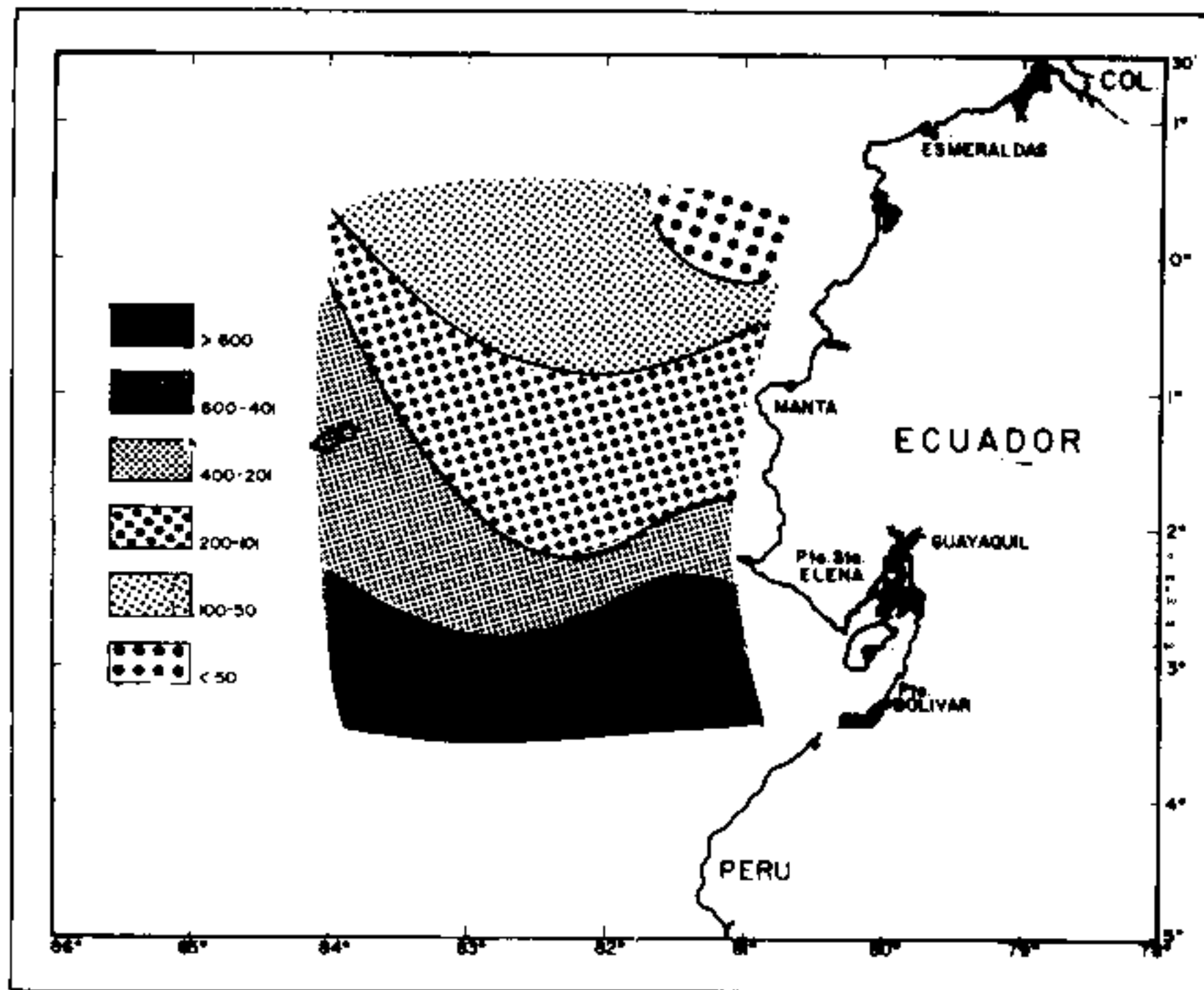


Fig. 5. Distribución de concentraciones de fitoplancton, expresadas en cel/ml. (superficie) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

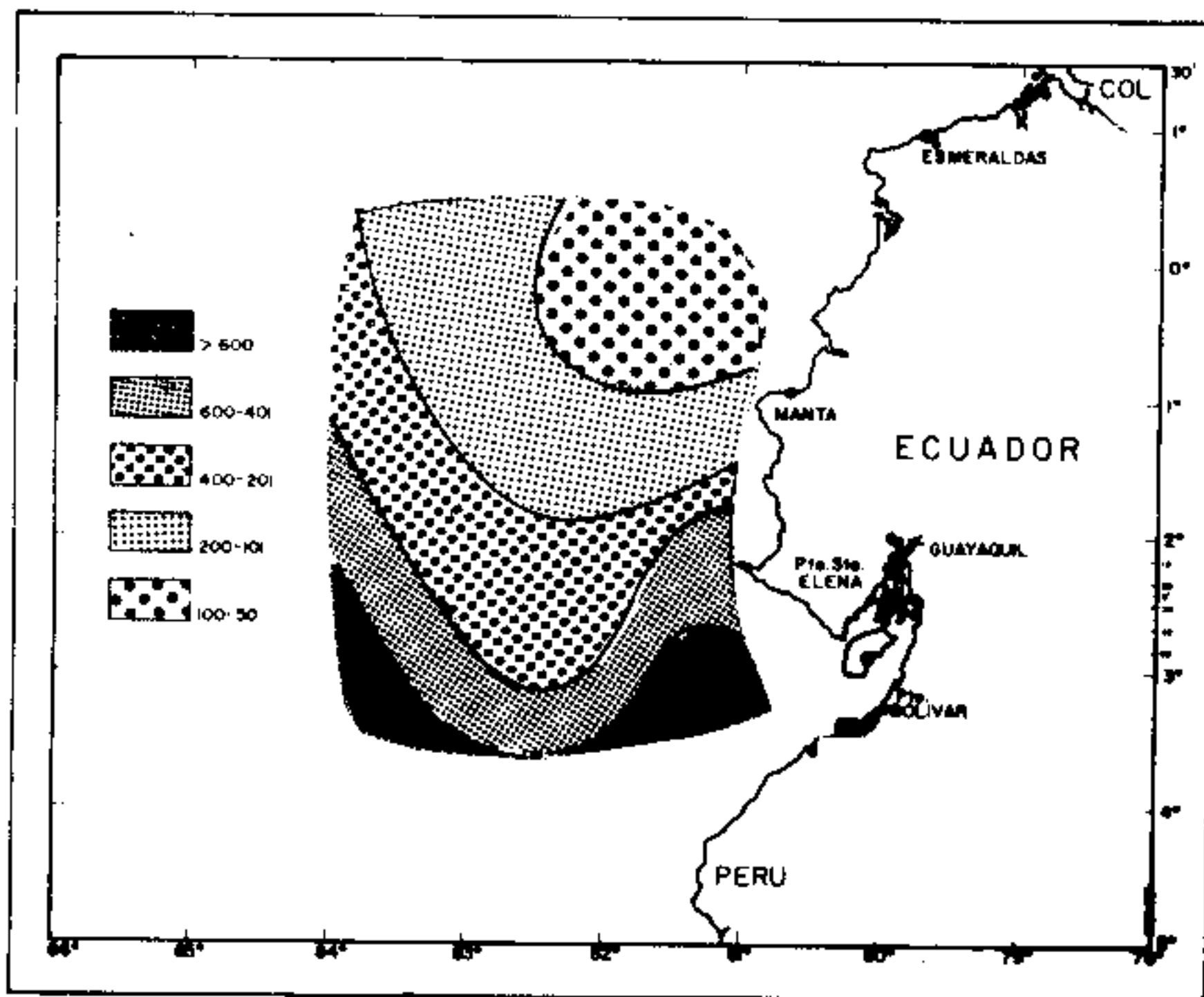


Fig. 6. Distribución de concentraciones de fitoplancton expresadas en cel/ml. (10 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

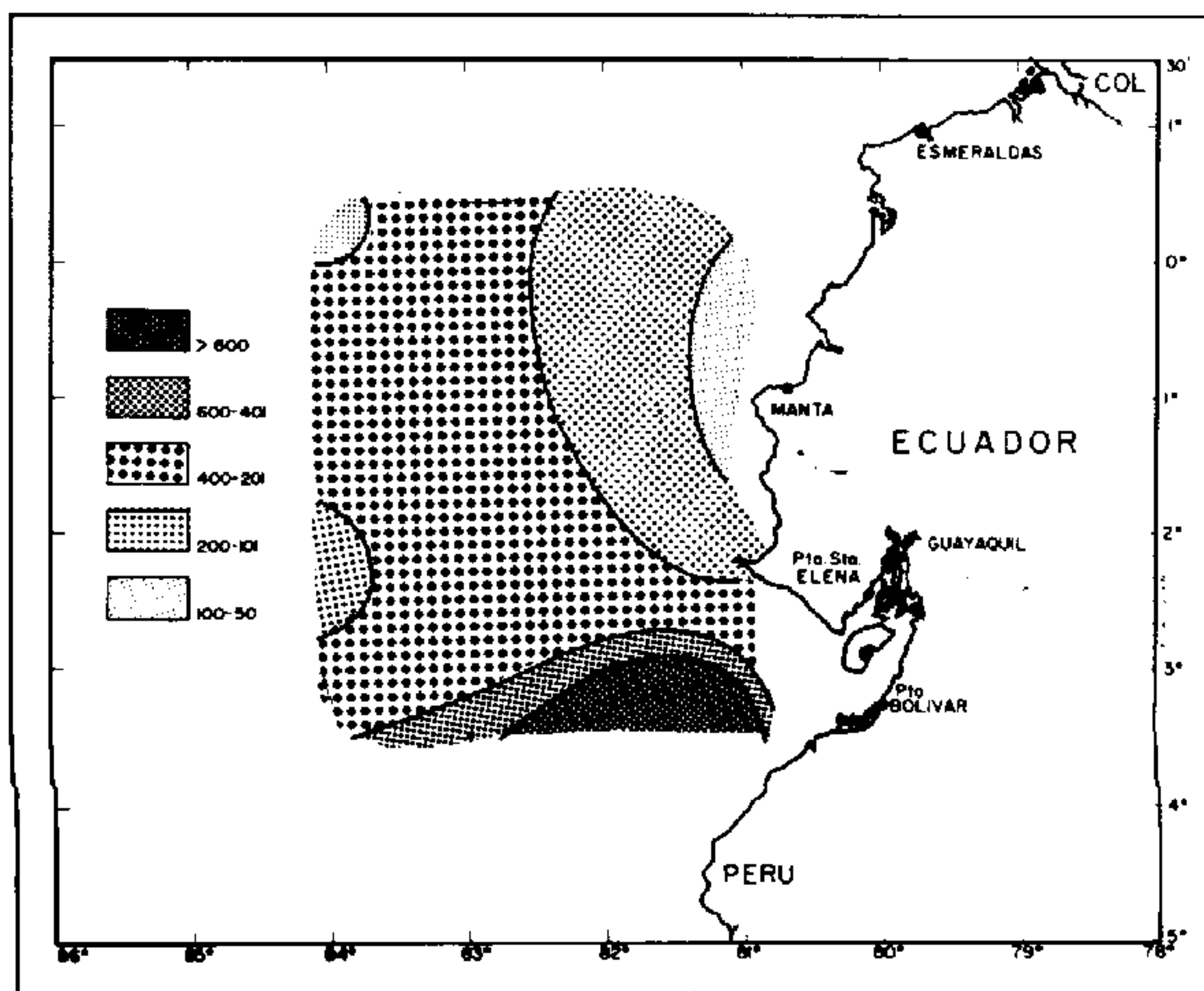


Fig. 7. Distribución de concentraciones de fitoplancton, expresadas en cel/ml (20 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

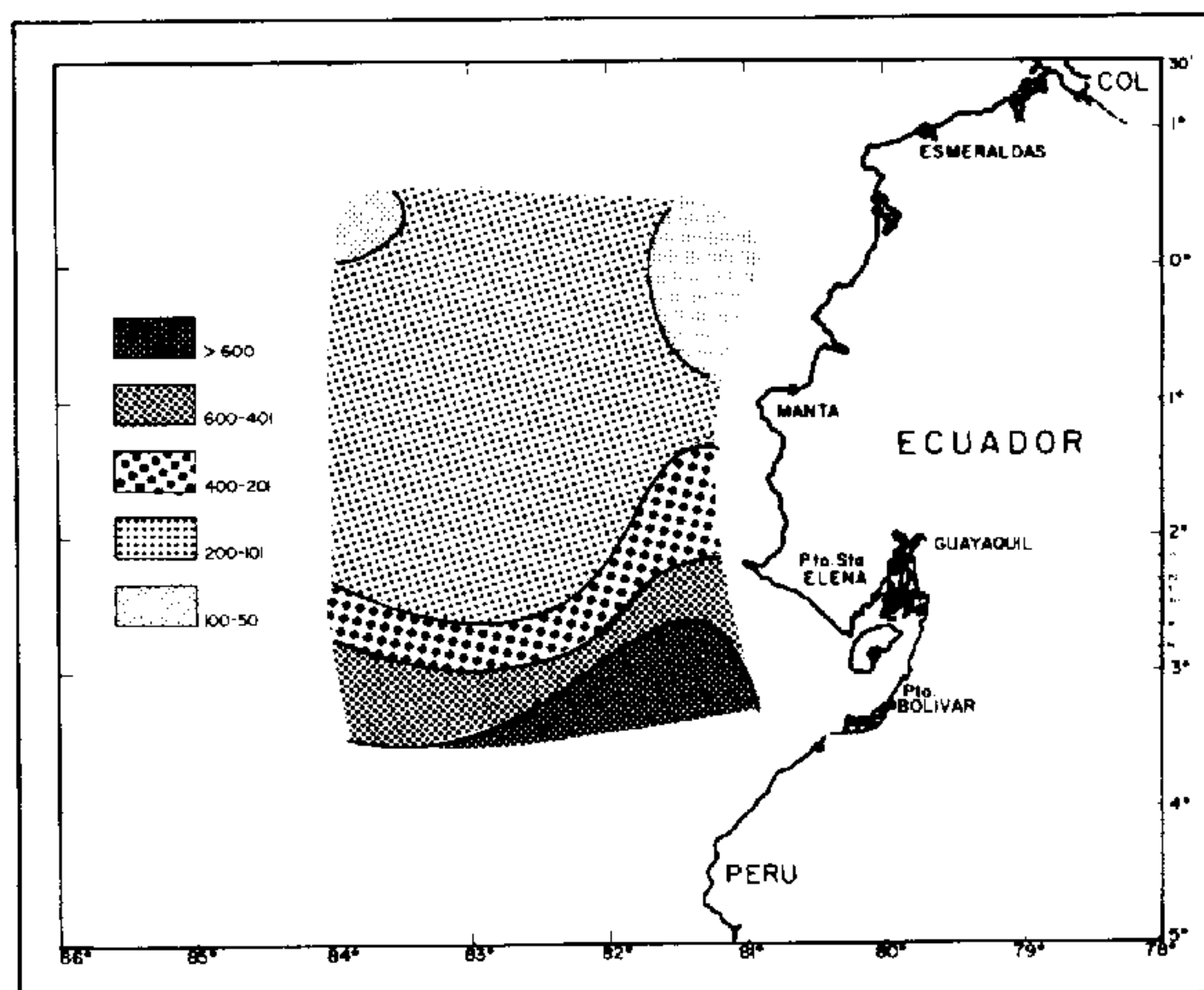


Fig. 8. Distribución de concentraciones de fitoplancton, expresadas en cel/ml (30 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

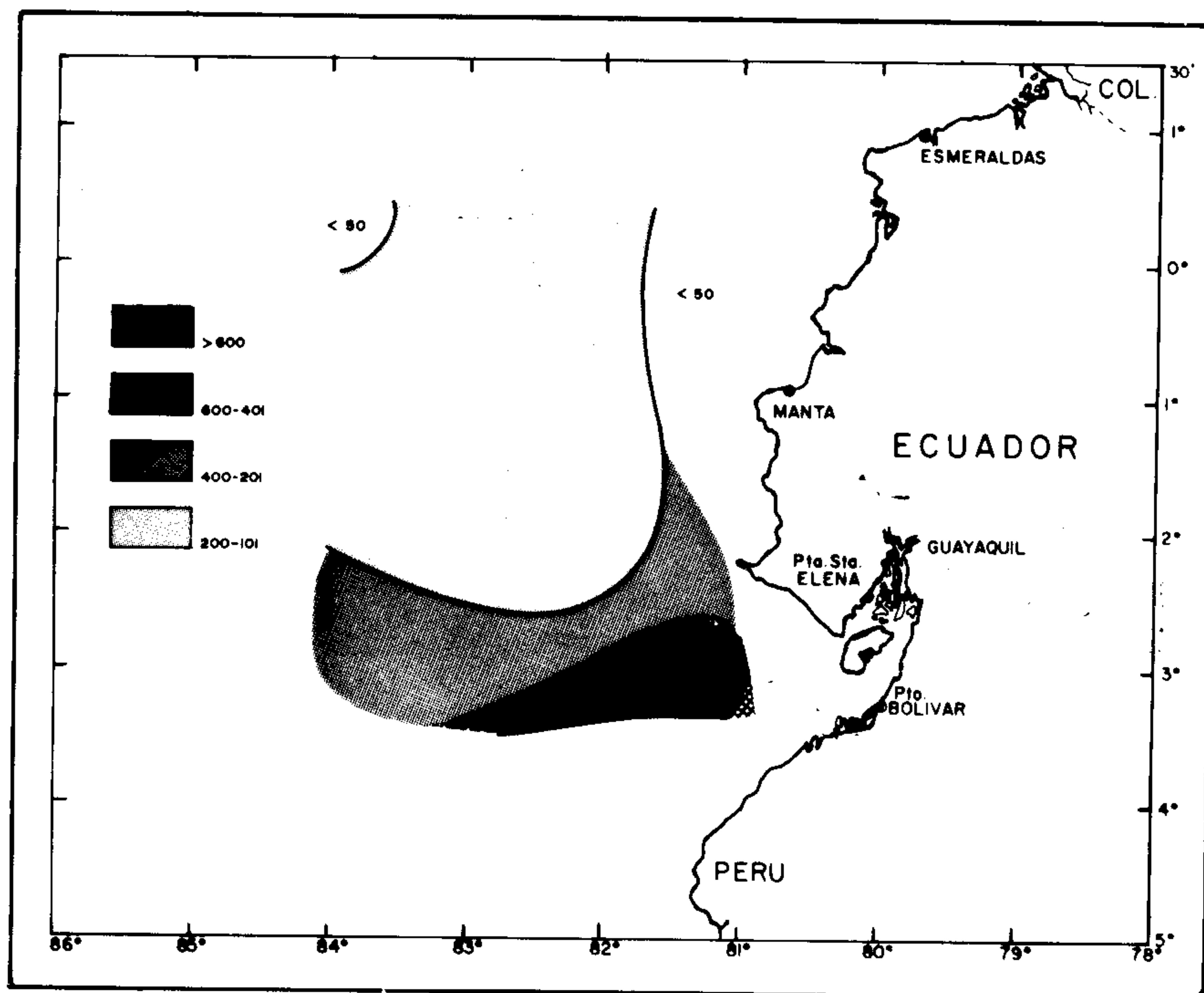


Fig. 9. Distribución de concentraciones de fitoplancton, expresadas en cel/ml (50 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

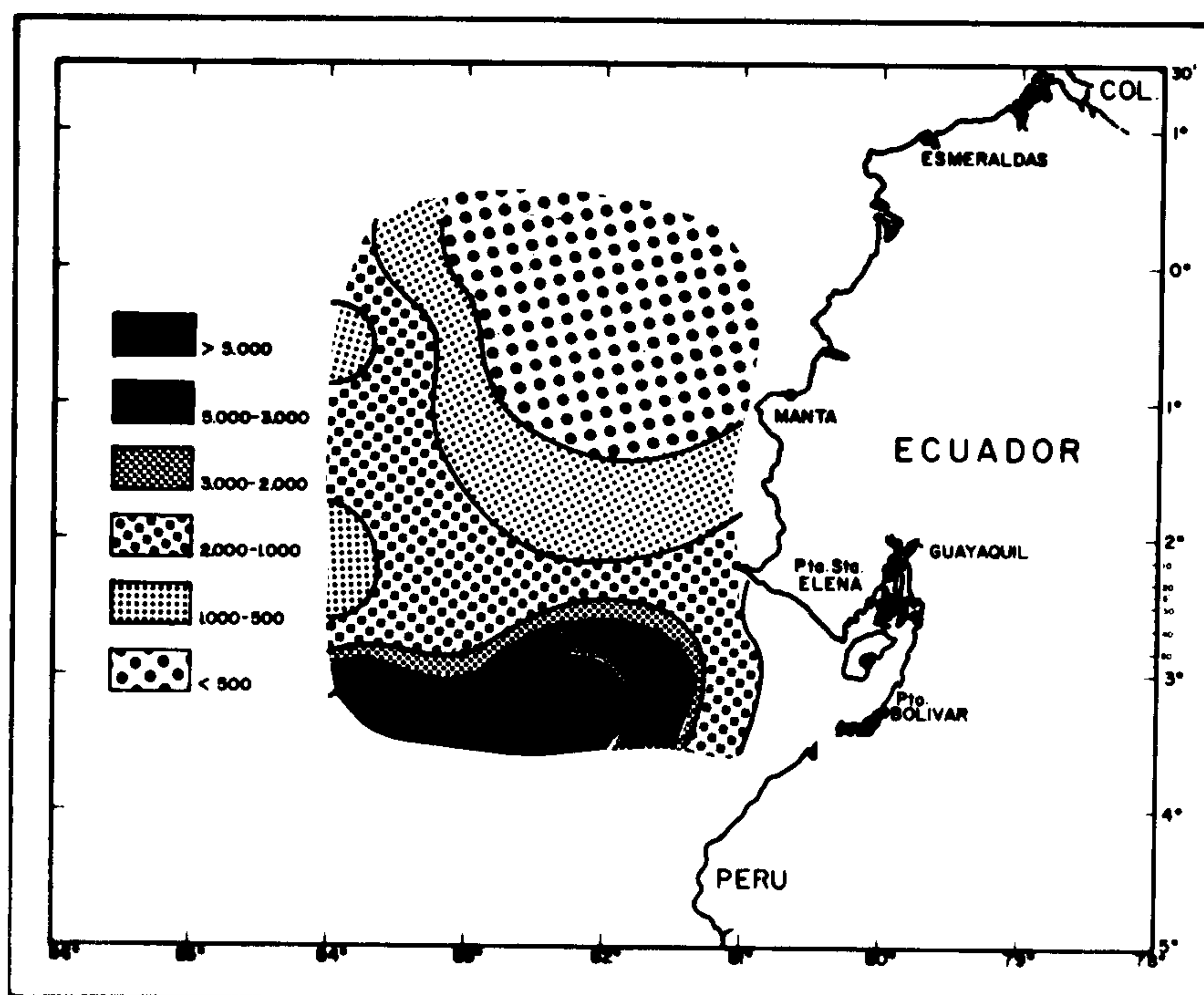


Fig. 10. Distribución de concentraciones de Diatomeas, expresadas en cel/ml (Superficie) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

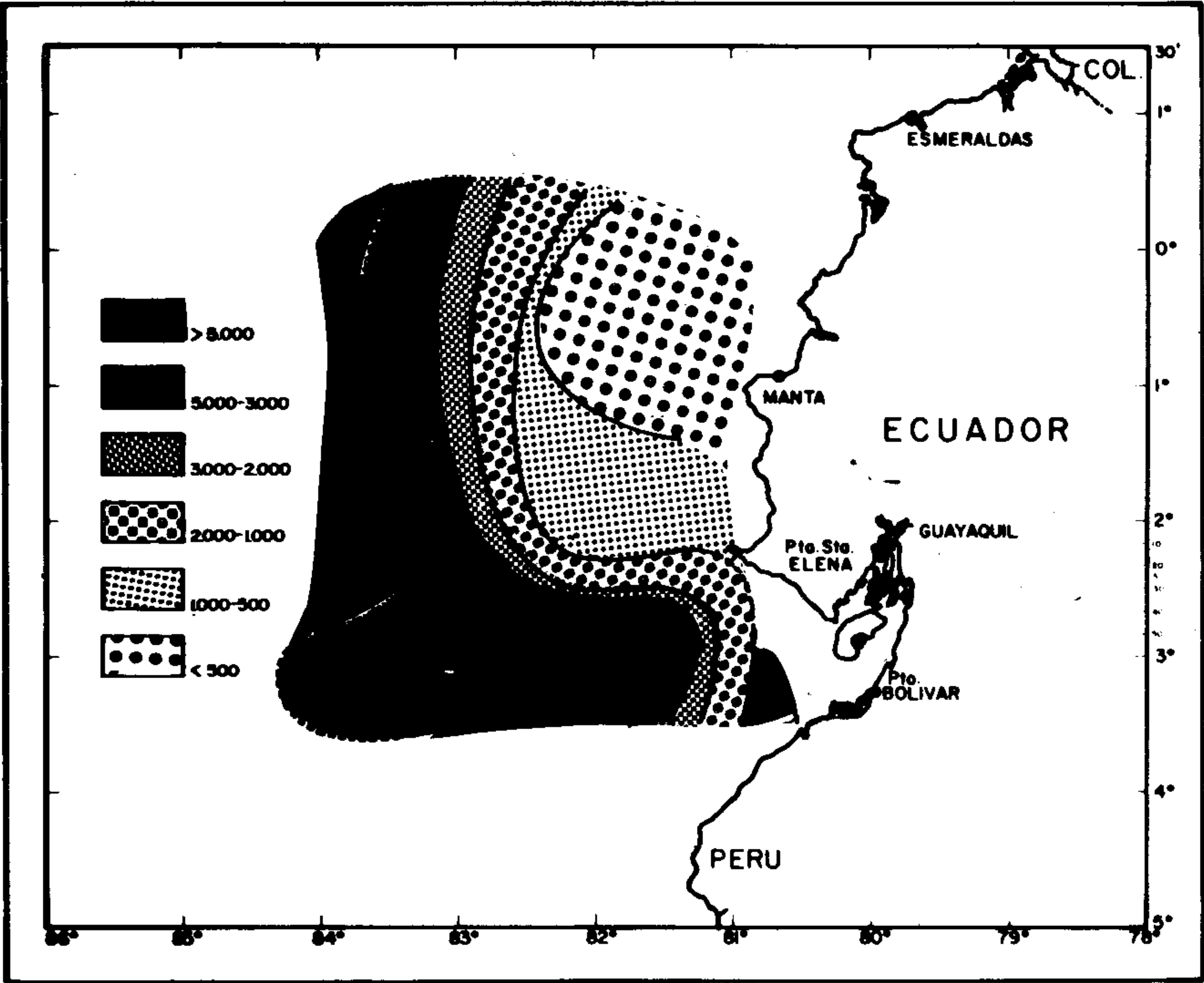


Fig. 11. Distribución de concentraciones de Diatomeas, expresadas en cel/ml. (10 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

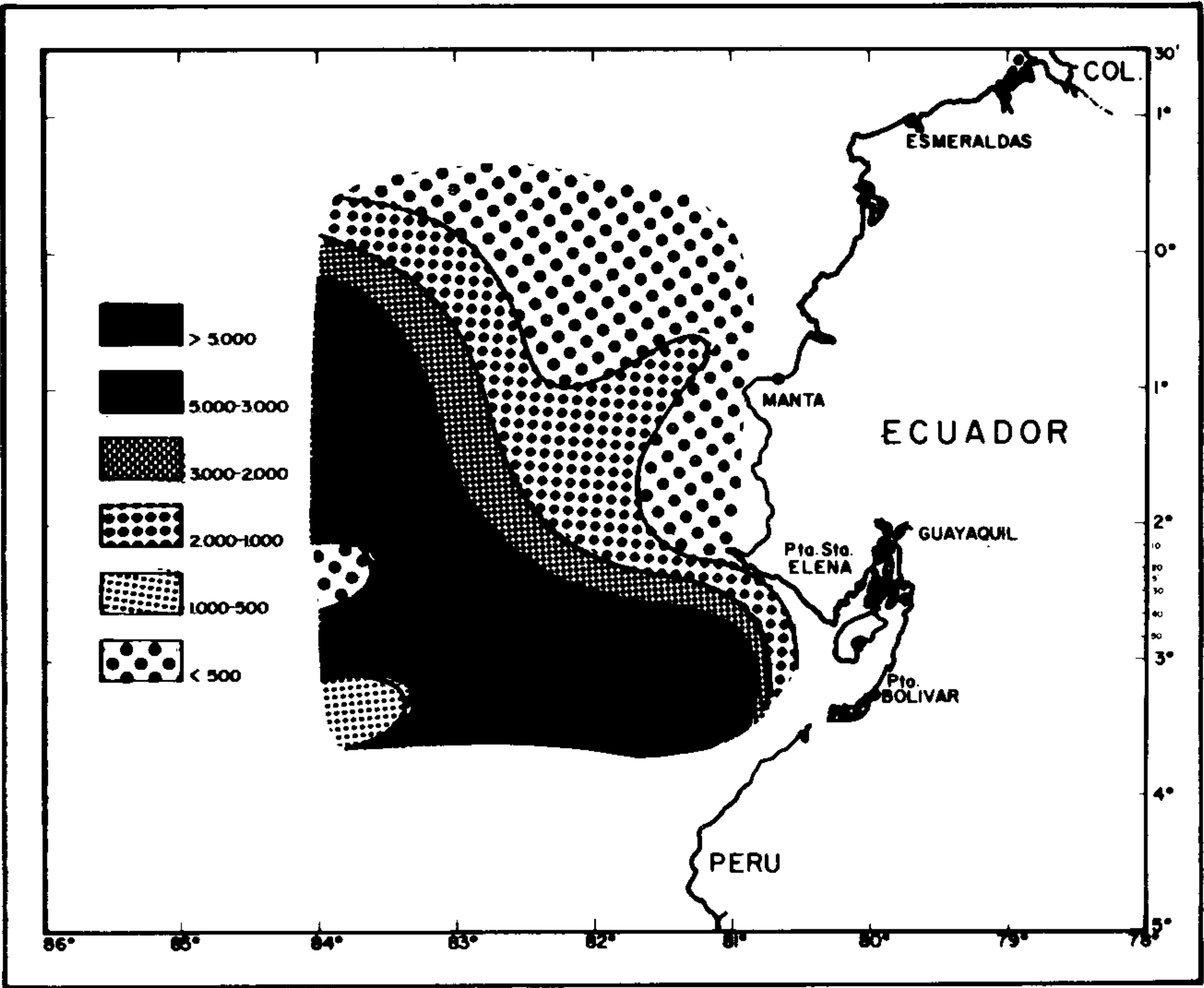


Fig. 12. Distribución de concentraciones de Diatomeas, expresadas en cel/ml (20 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

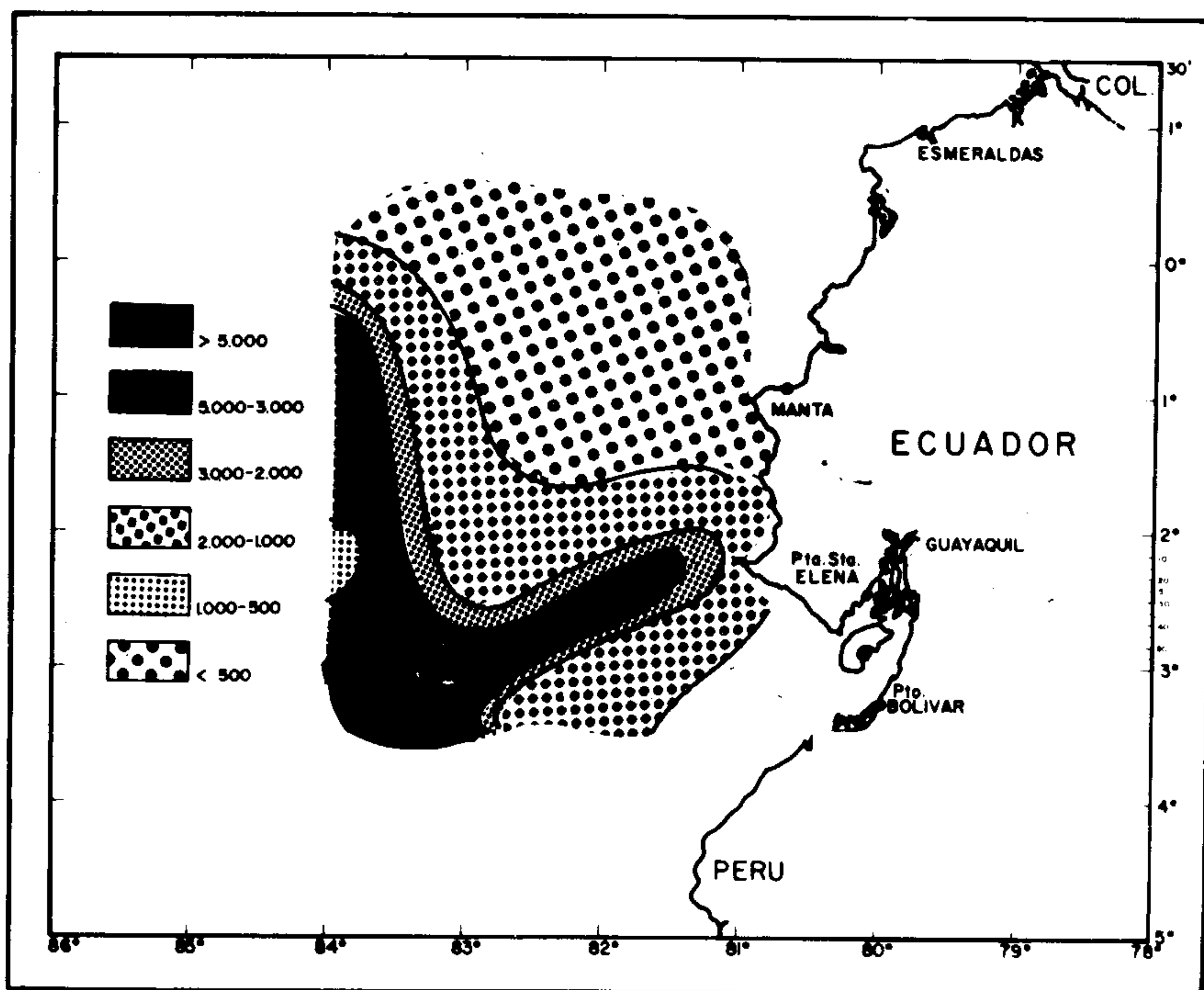


Fig. 13. Distribución de concentraciones de Diatomeas, expresadas en cel/ml (30 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

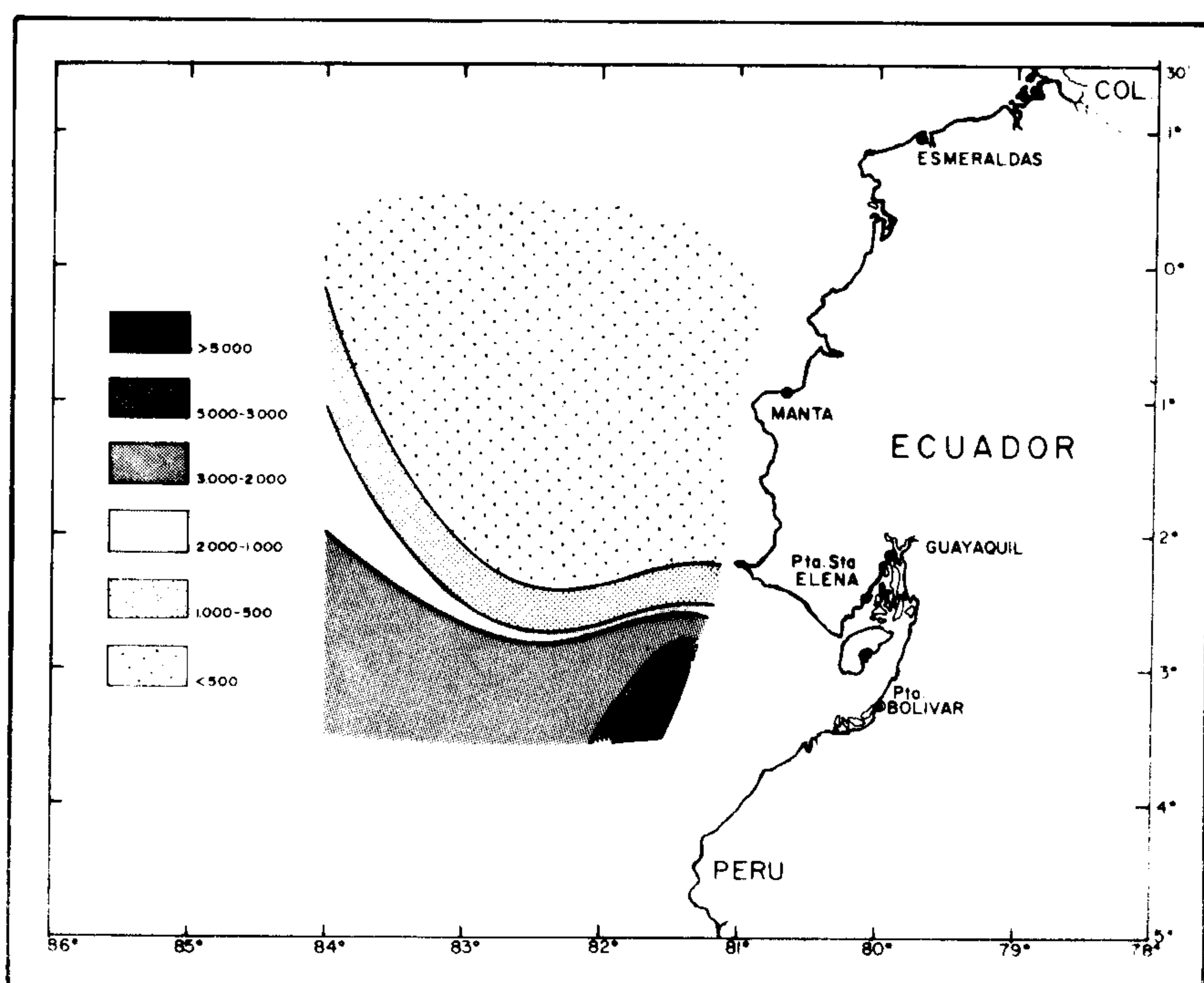


Fig. 14. Distribución de concentraciones de Diatomeas, expresadas en cel/ml (50 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

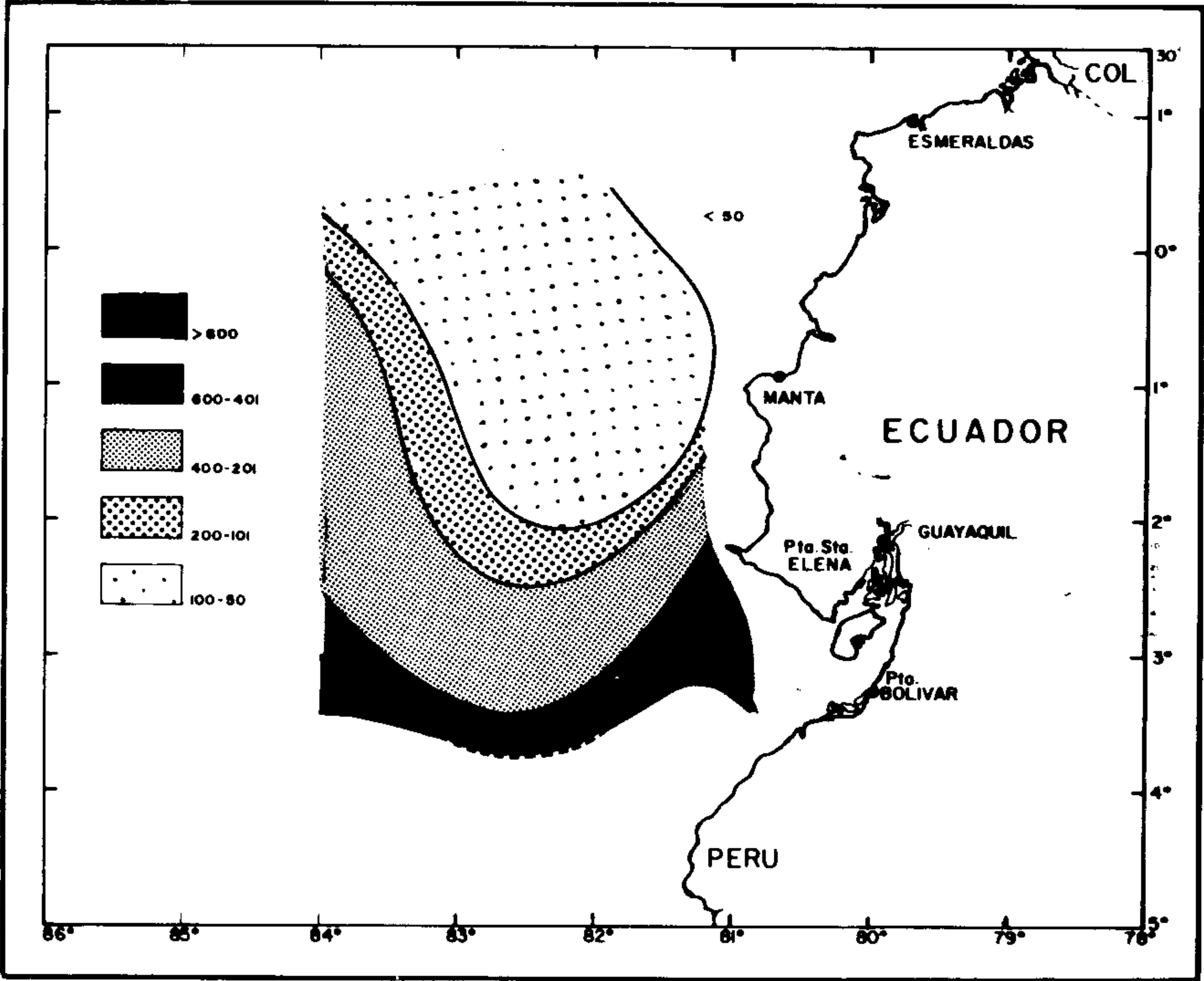


Fig. 15. Distribución de concentraciones de Cocolitofóridos, expresados en cel/ml. (Superficie) o millares de células por litro “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

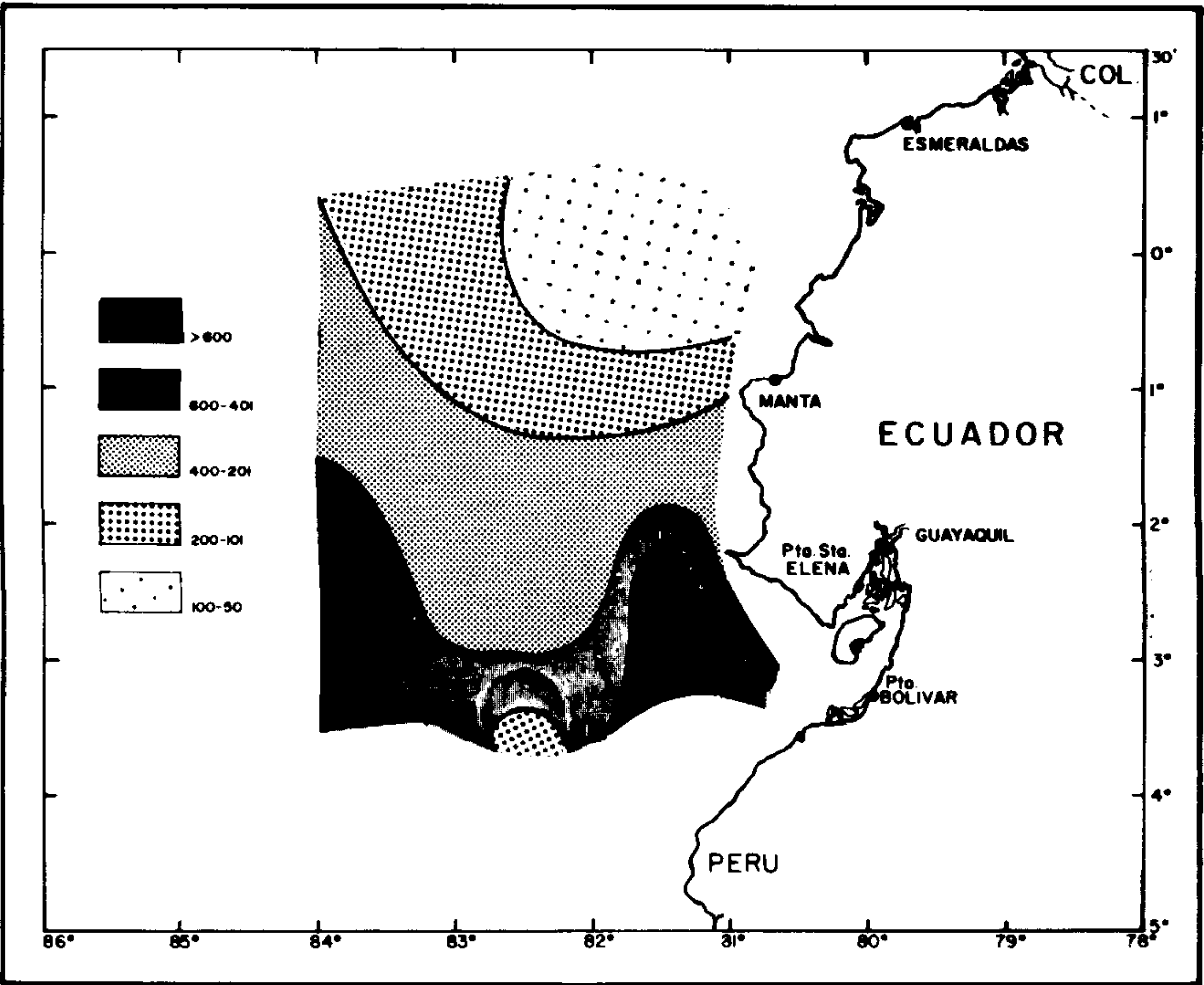


Fig. 16. Distribución de concentraciones de Cocolitofóridos, expresados en cel/ml. (10 metros) o millares de células por litro “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

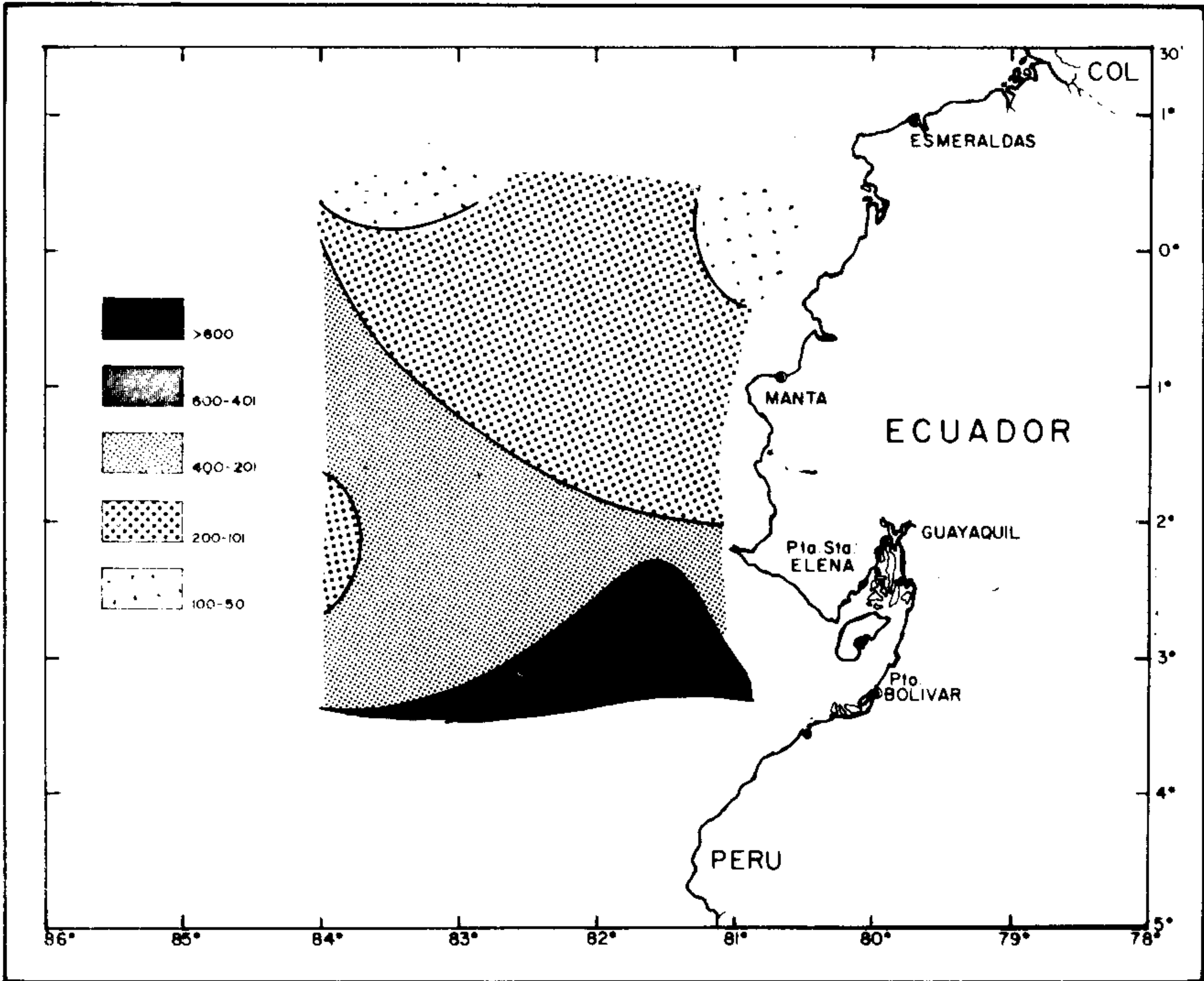


Fig. 17. Distribución de concentraciones de Cocolitofóridos, expresados en cel/ml (20 metros) o millares de células por litro “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico, 1974.

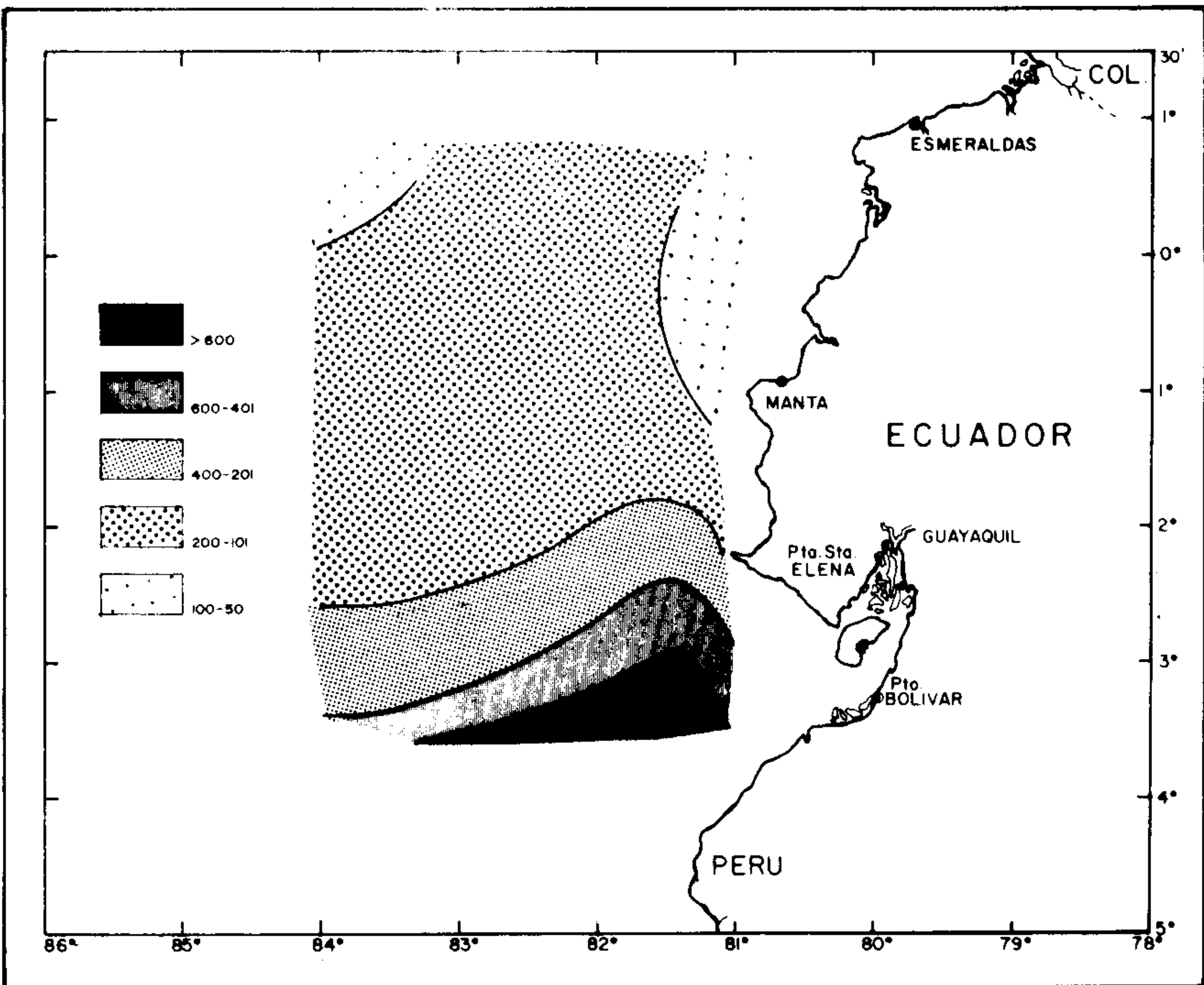


Fig. 18. Distribución de concentraciones de Cocolitofóridos, expresados en cel/ml (30 metros) o millares de células por litro “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

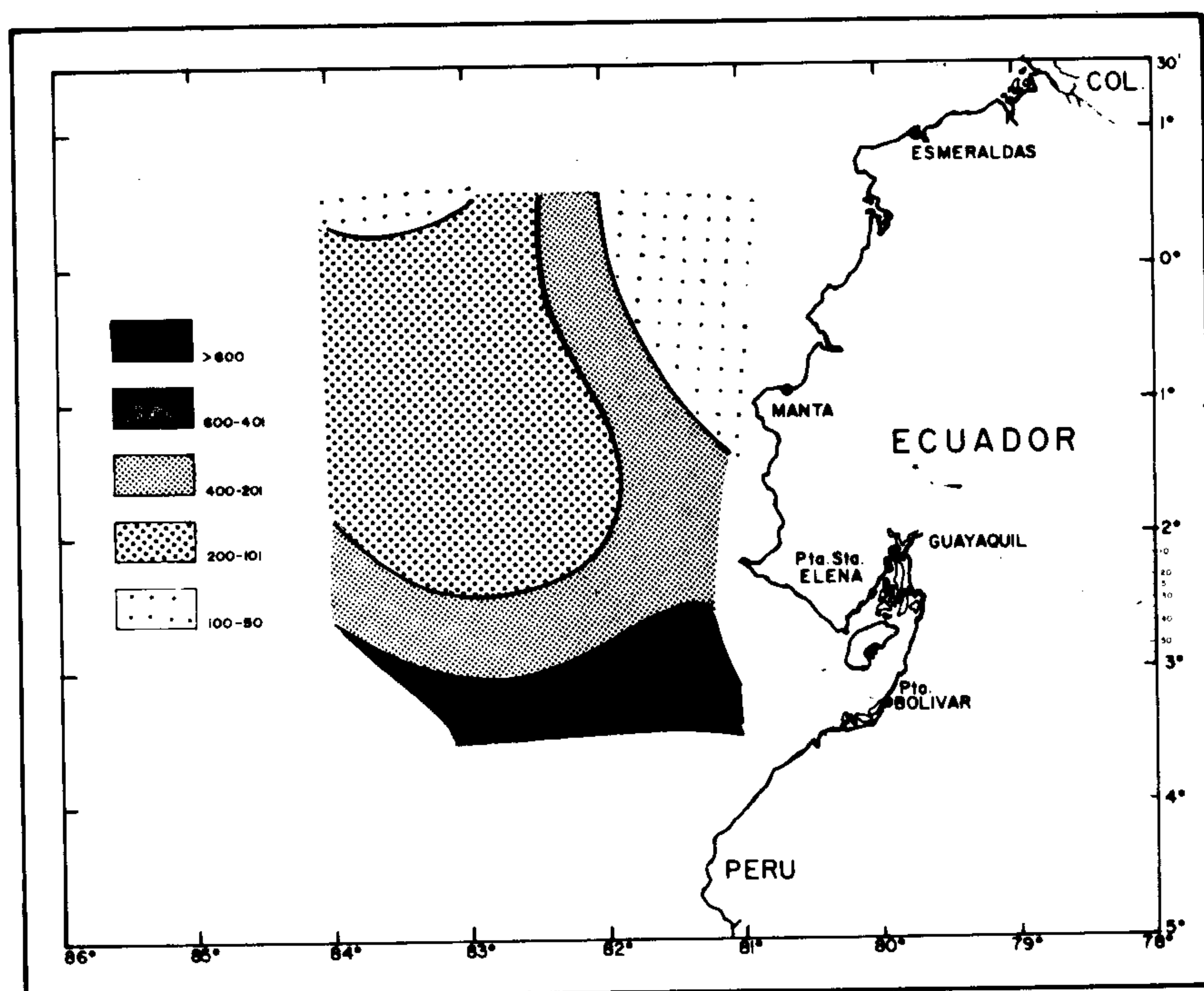


Fig. 19. Distribución de concentraciones de cocolitofóridos, expresados en cel./ml. (50 metros) o millares de células por litro "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

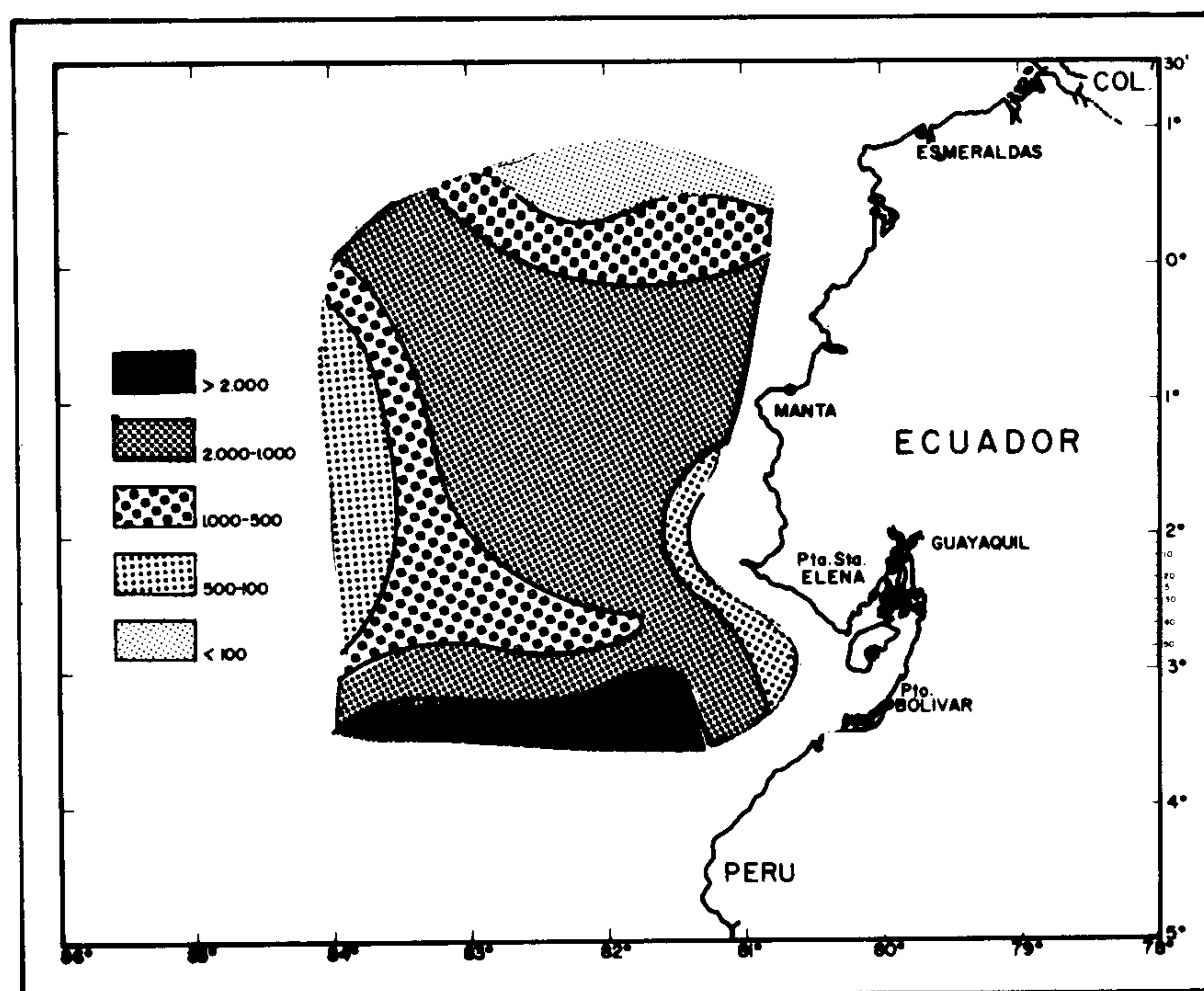


Fig. 20. Distribución de concentraciones de dinoflagelados, expresadas en cel./ml (Superficie) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

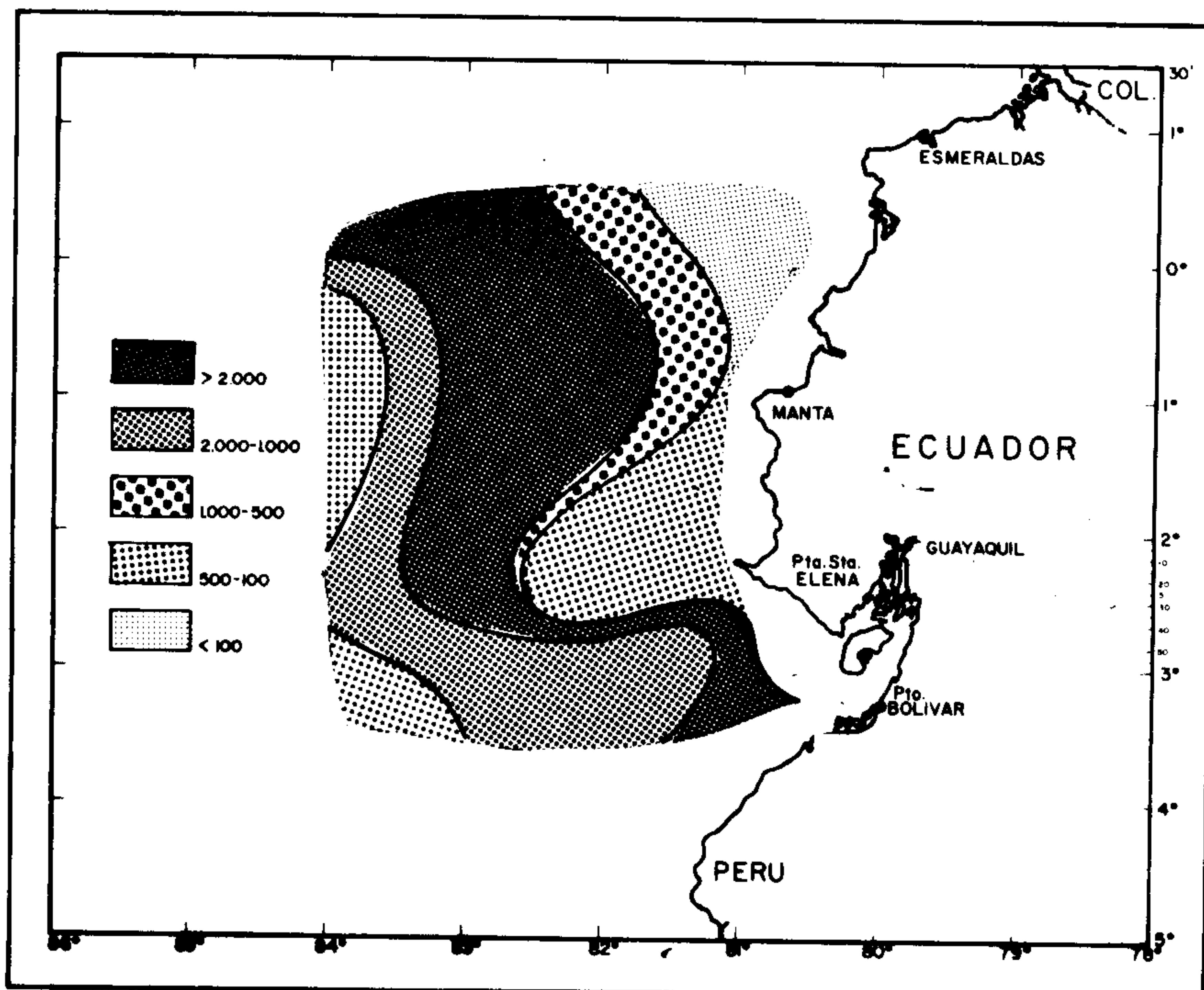


Fig. 21. Distribución de concentraciones de dinoflagelados, expresados en cel/ml. (10 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974

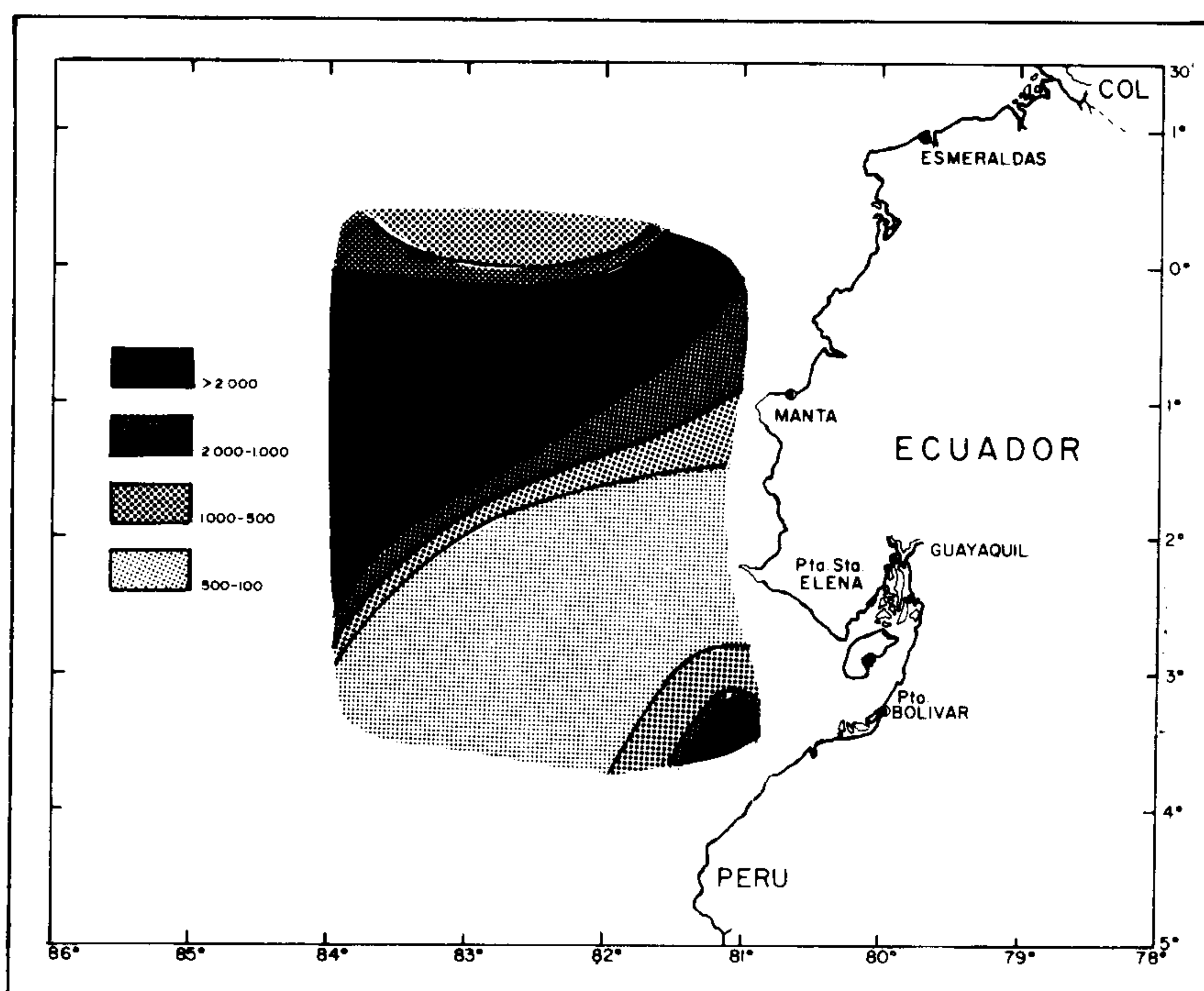


Fig. 22. Distribución de concentraciones de dinoflagelados, expresados en cel/ml (20 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

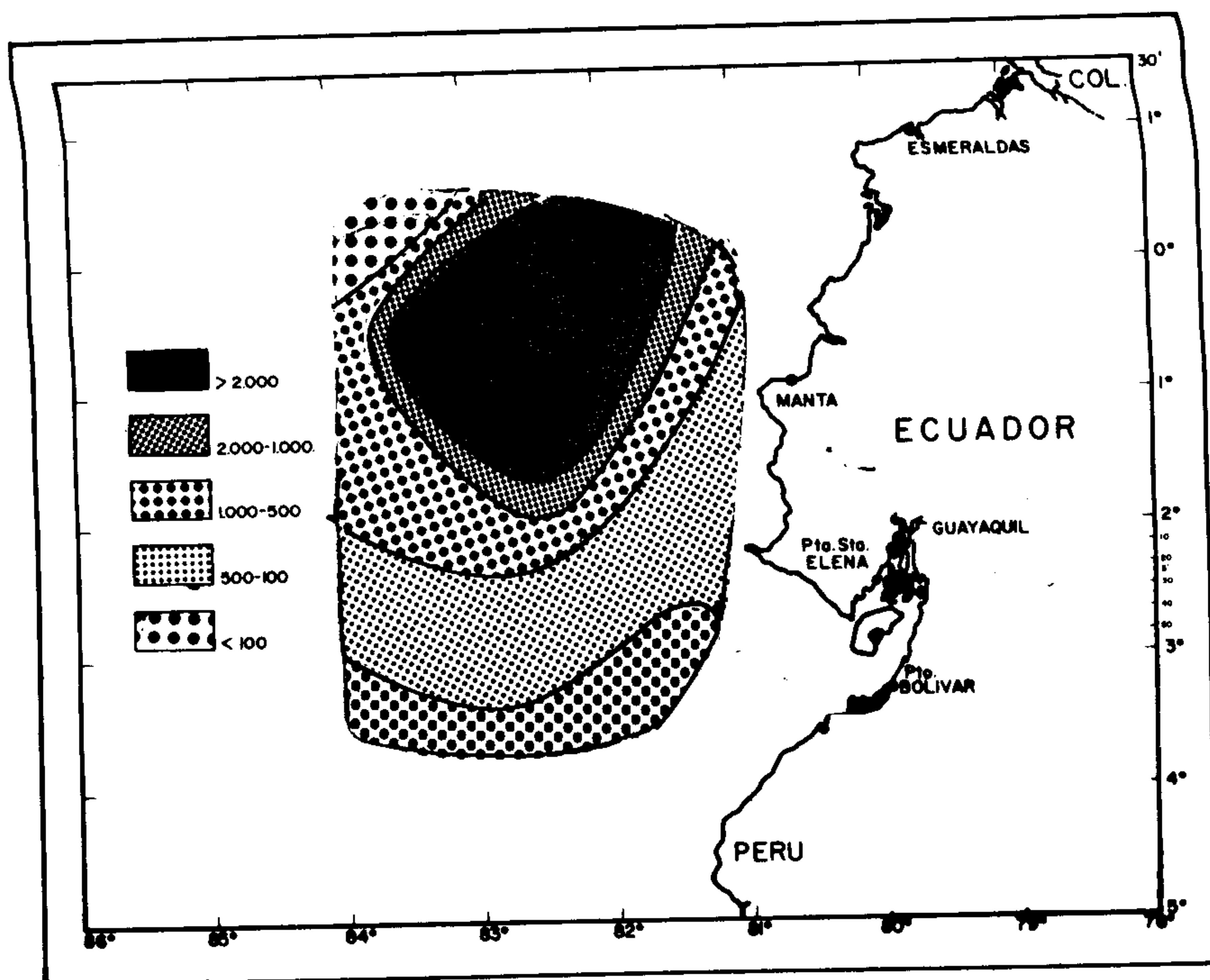


Fig. 23. Distribución de concentraciones de dinoflagelados, expresados en cel/ml (30 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

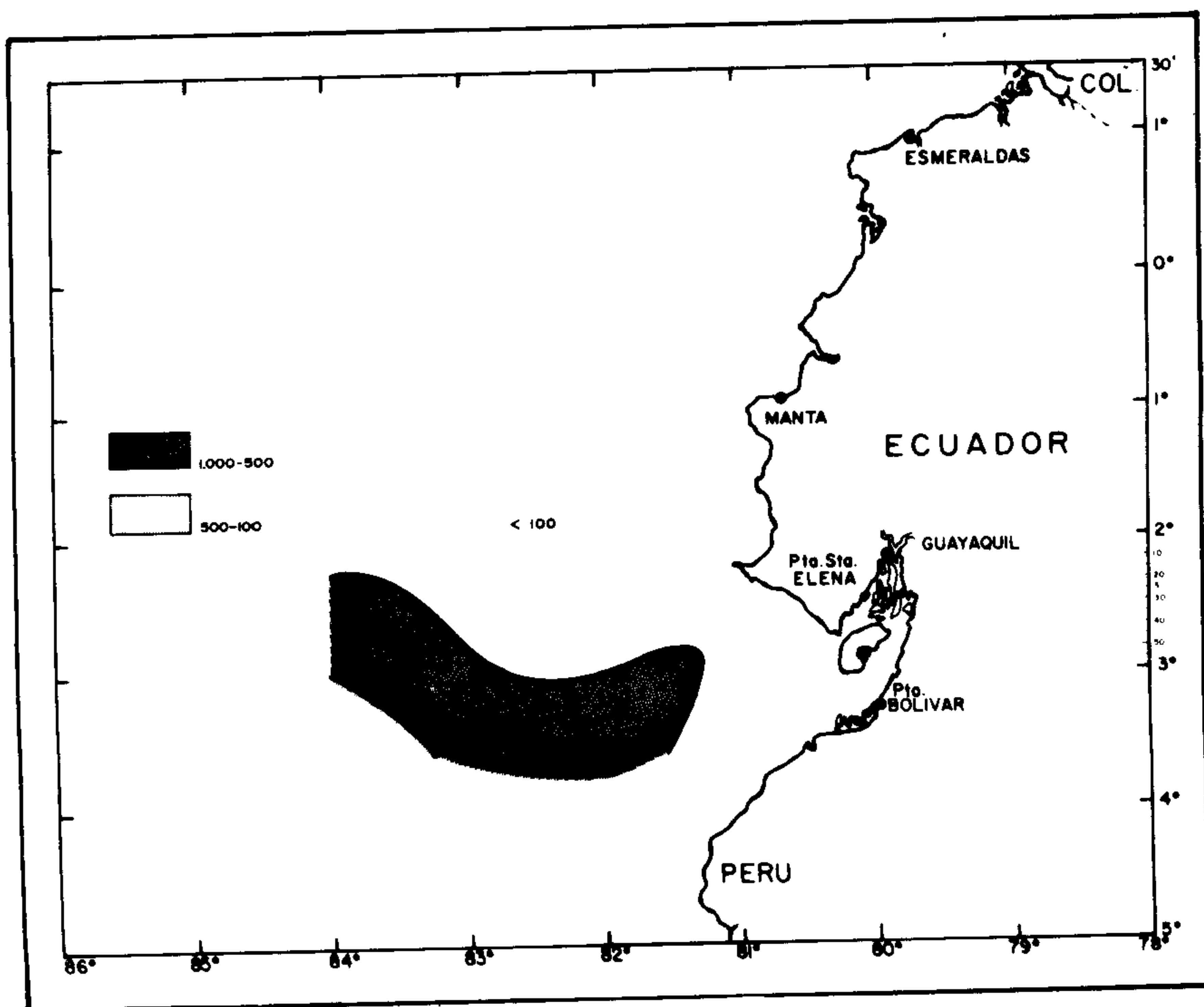


Fig. 24. Distribución de concentraciones de dinoflagelados, expresados en cel/ml (50 metros) "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974

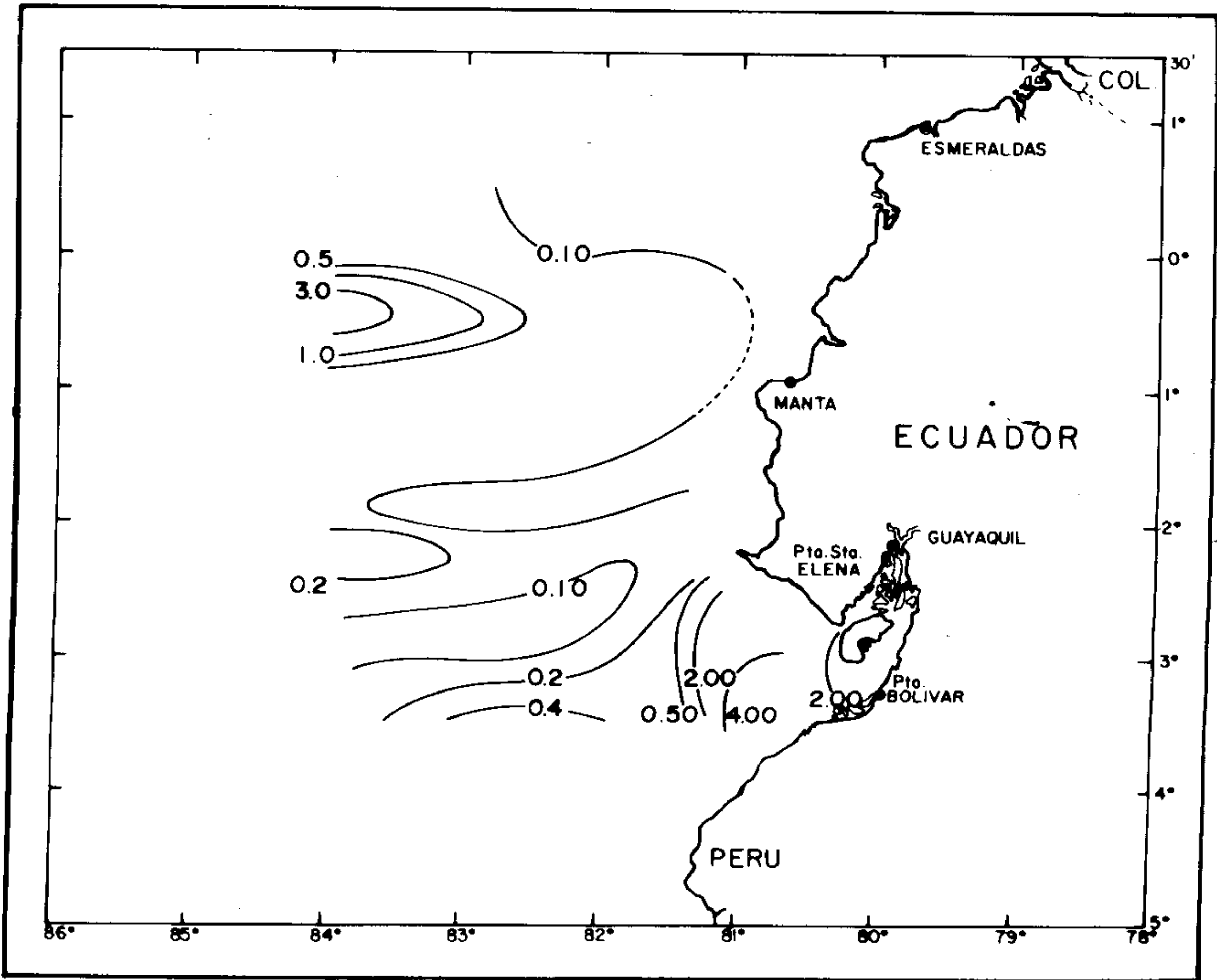


Fig. 25. Concentración de clorofila a en mg/m^3 en superficie “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

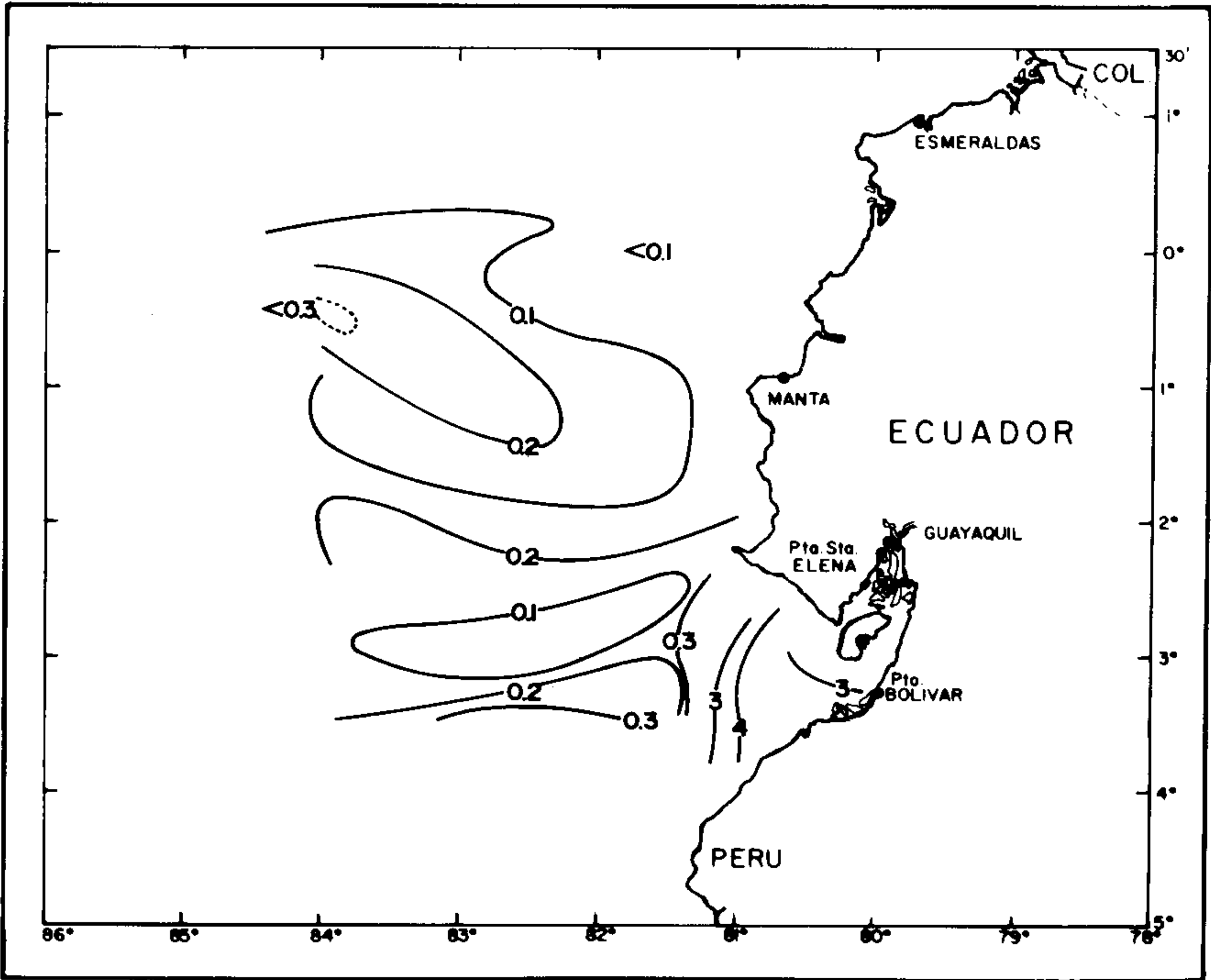


Fig. 26. Concentración de clorofila a en mg/m^3 a 10 metros de profundidad “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974

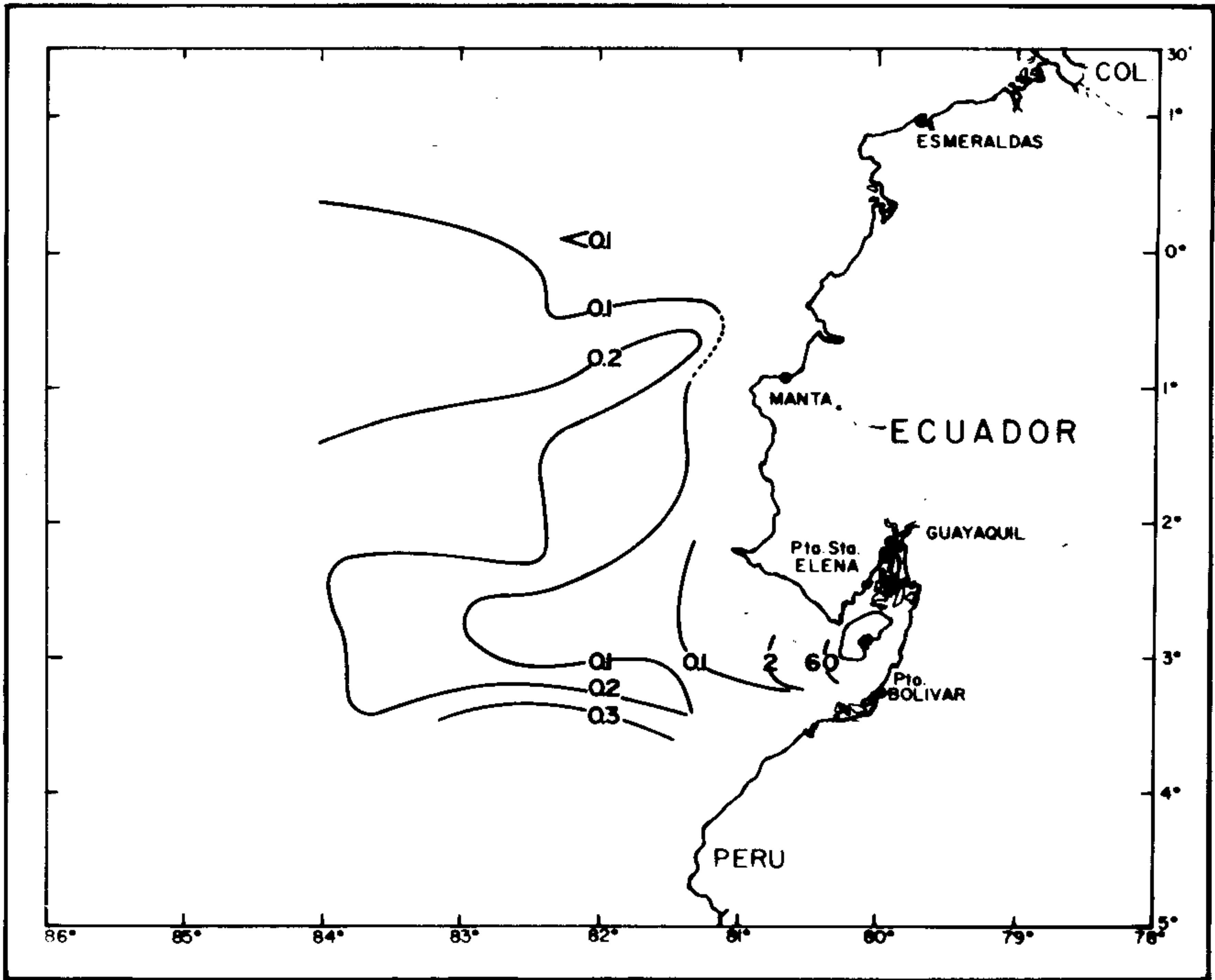


Fig. 27. Concentración de clorofila a en mg/m^3 , a 20 metros de profundidad “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

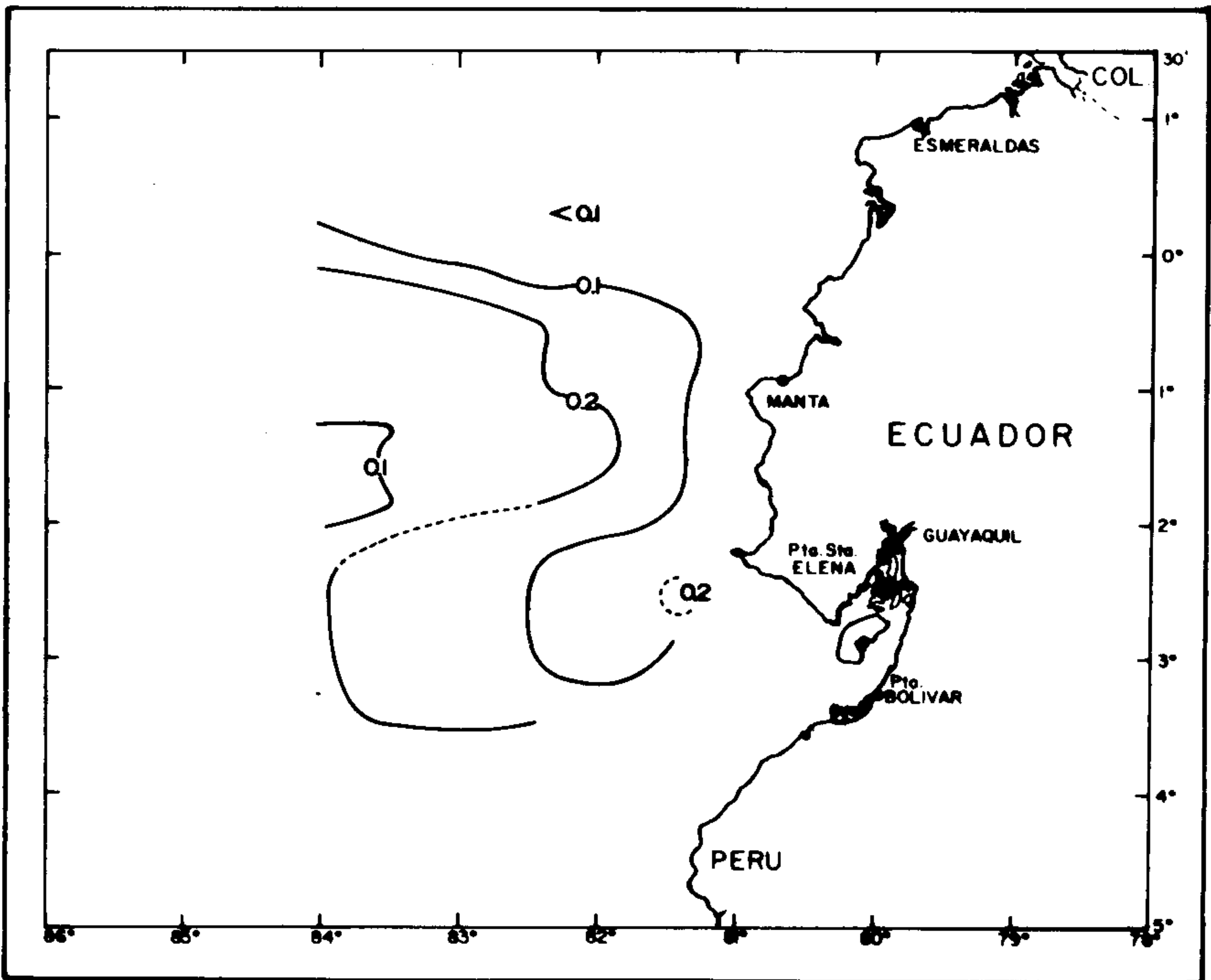


Fig. 28. Concentración de clorofila a en mg/m^3 a 30 metros de profundidad “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

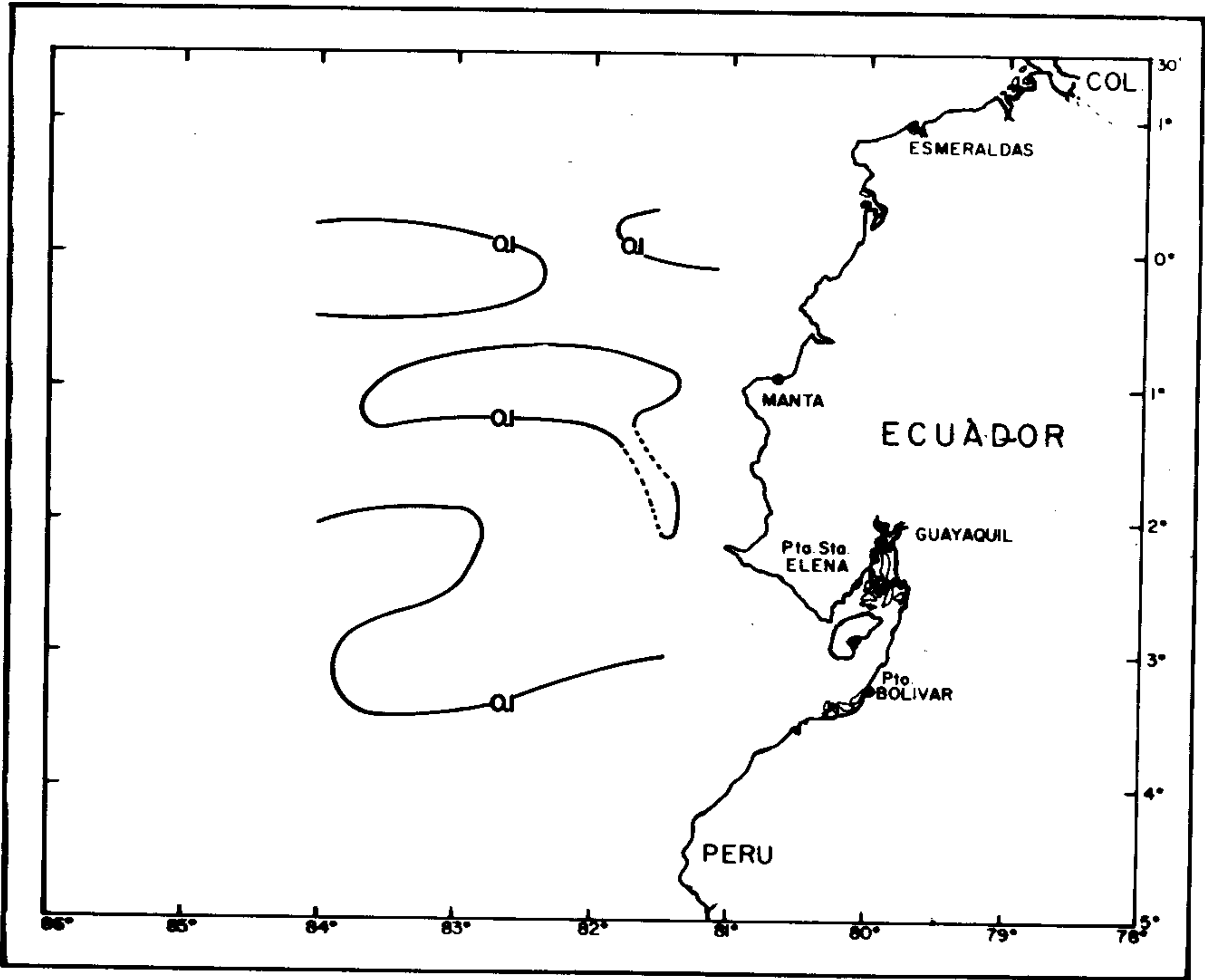


Fig. 29. Concentración de clorofila a en mg/m^3 a 50 metros de profundidad “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

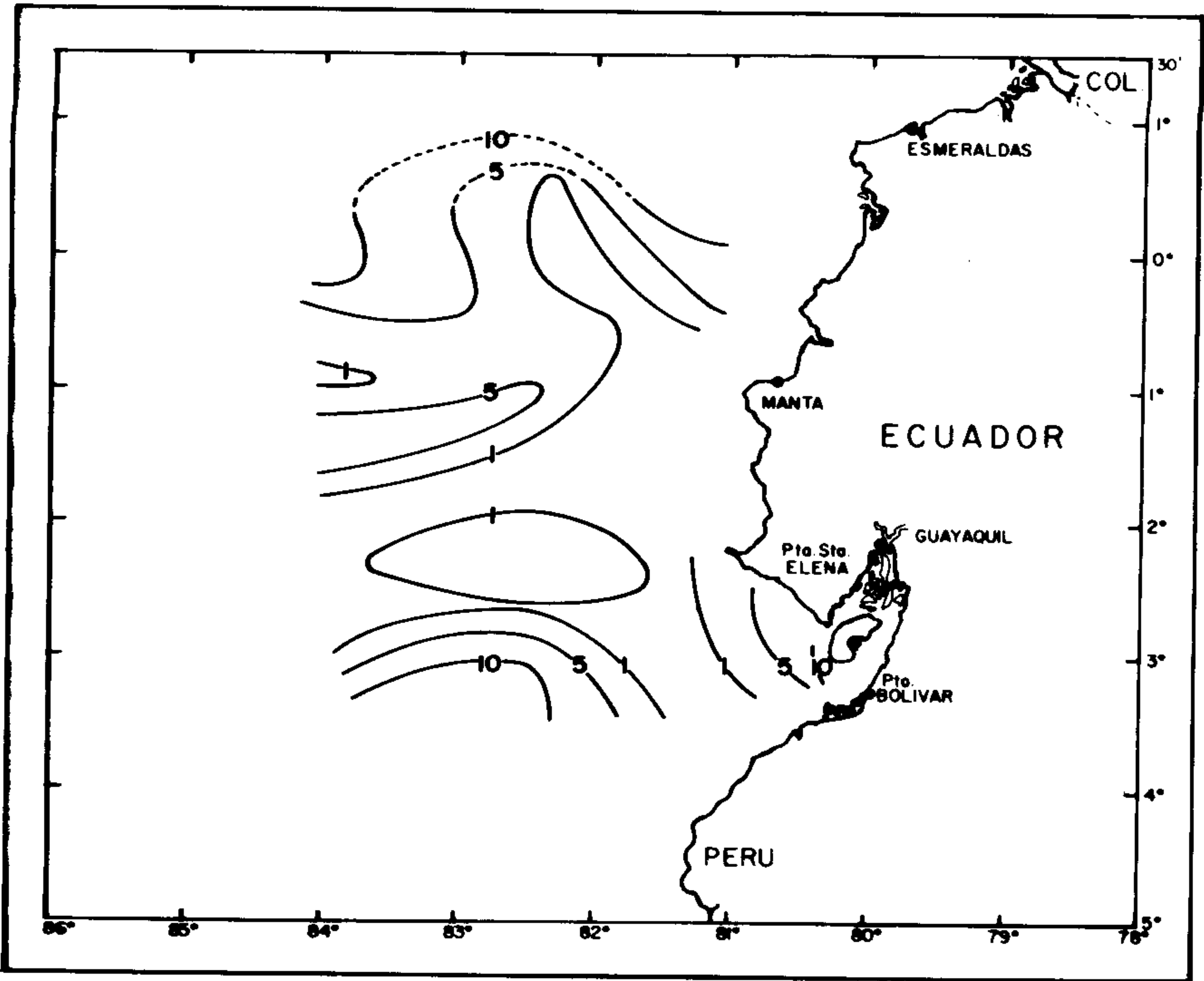


Fig. 30. Concentración de feofitinas en mg/m^3 en superficie “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

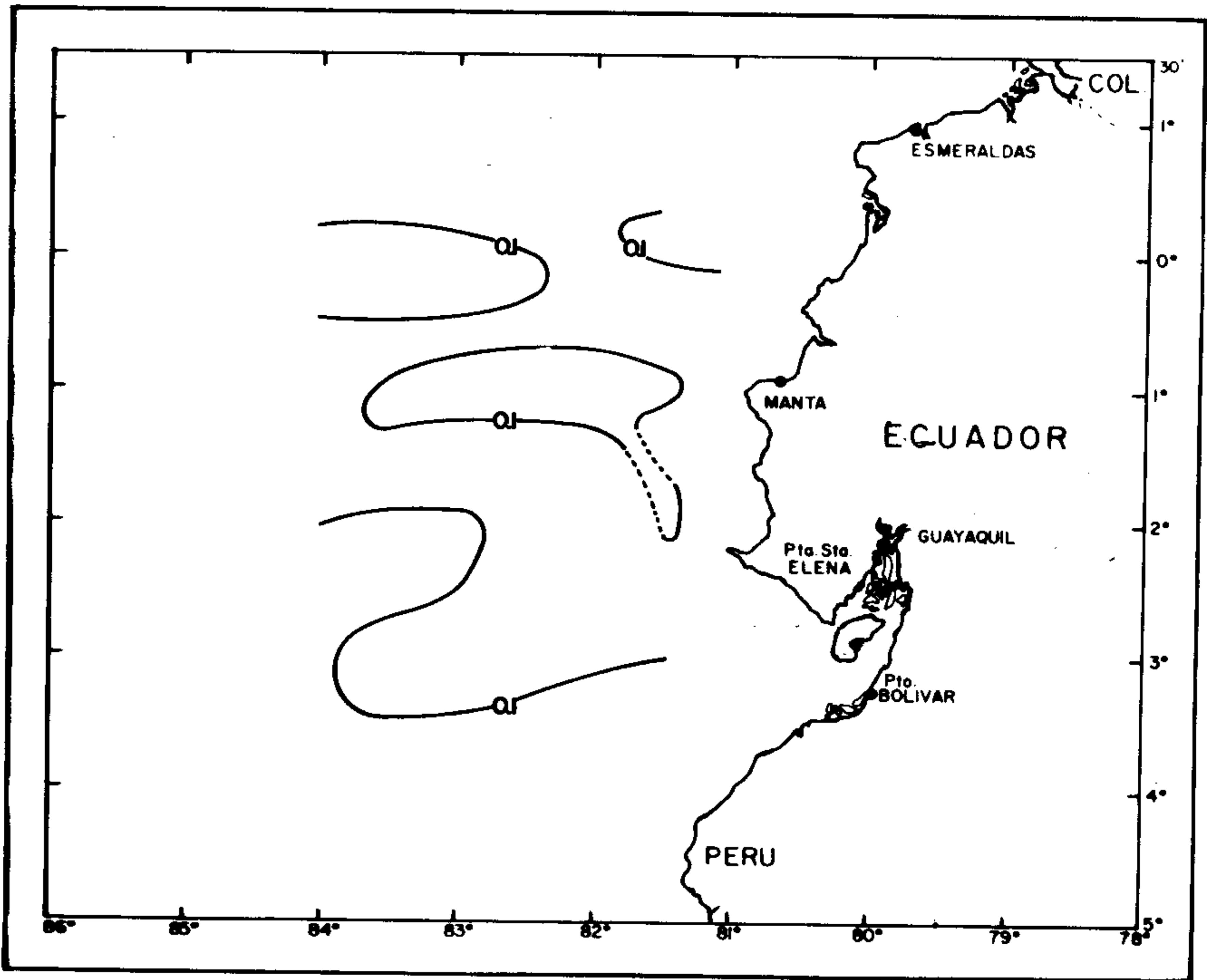


Fig. 29. Concentración de clorofila a en mg/m^3 a 50 metros de profundidad “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

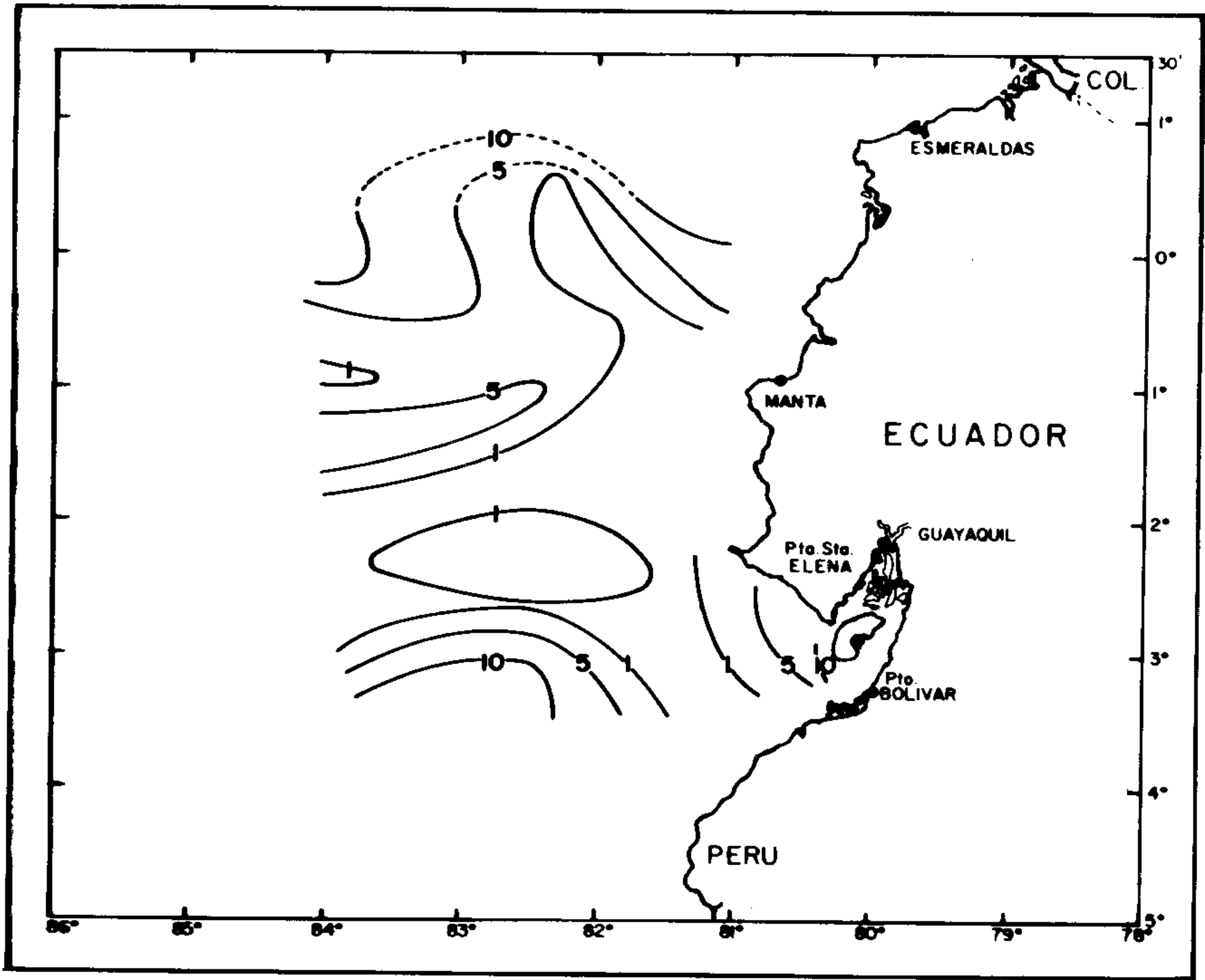


Fig. 30. Concentración de feofitinas en mg/m^3 en superficie “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

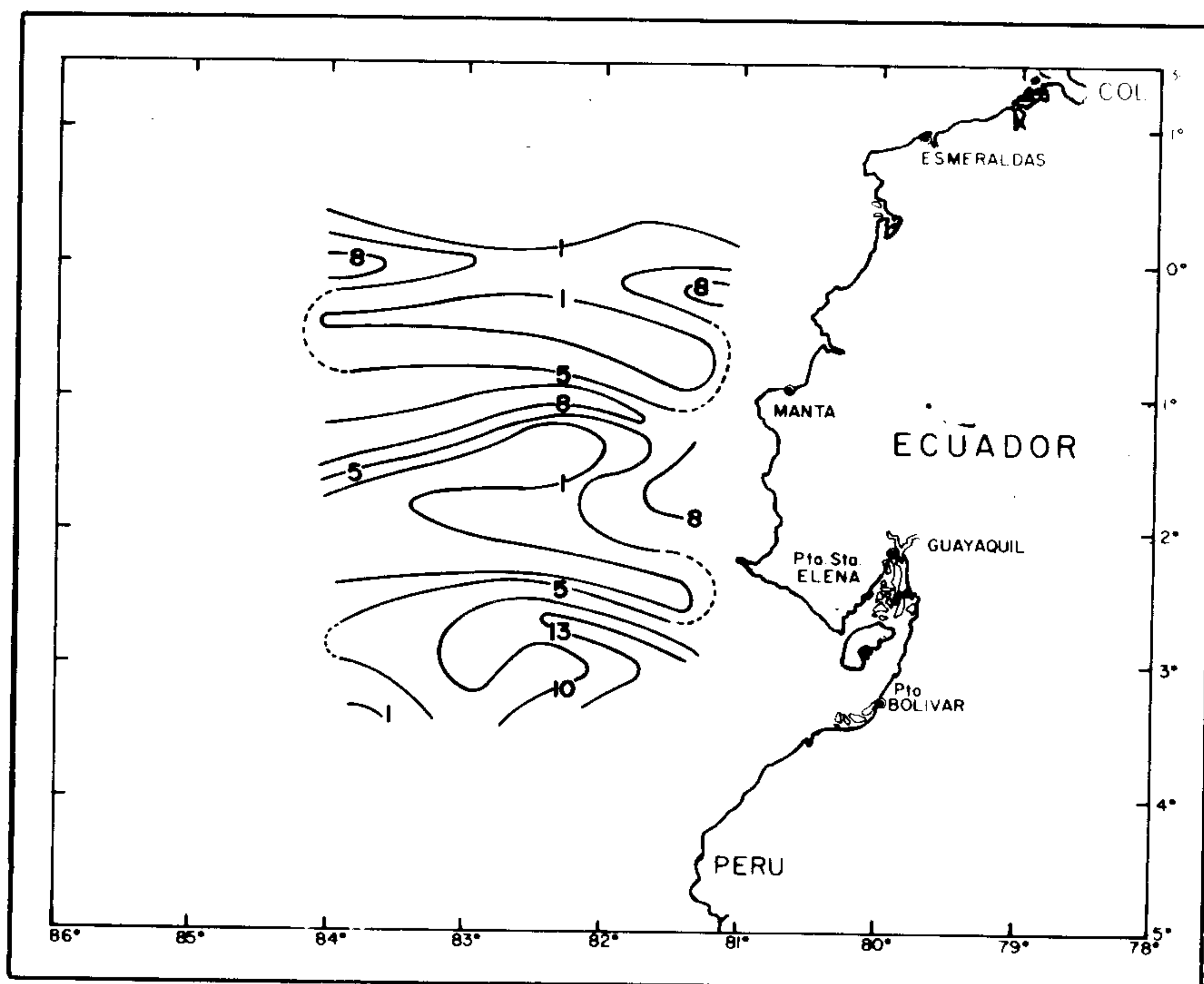


Fig. 33. Concentración de feofitinas en mg/m^3 a 30 metros "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

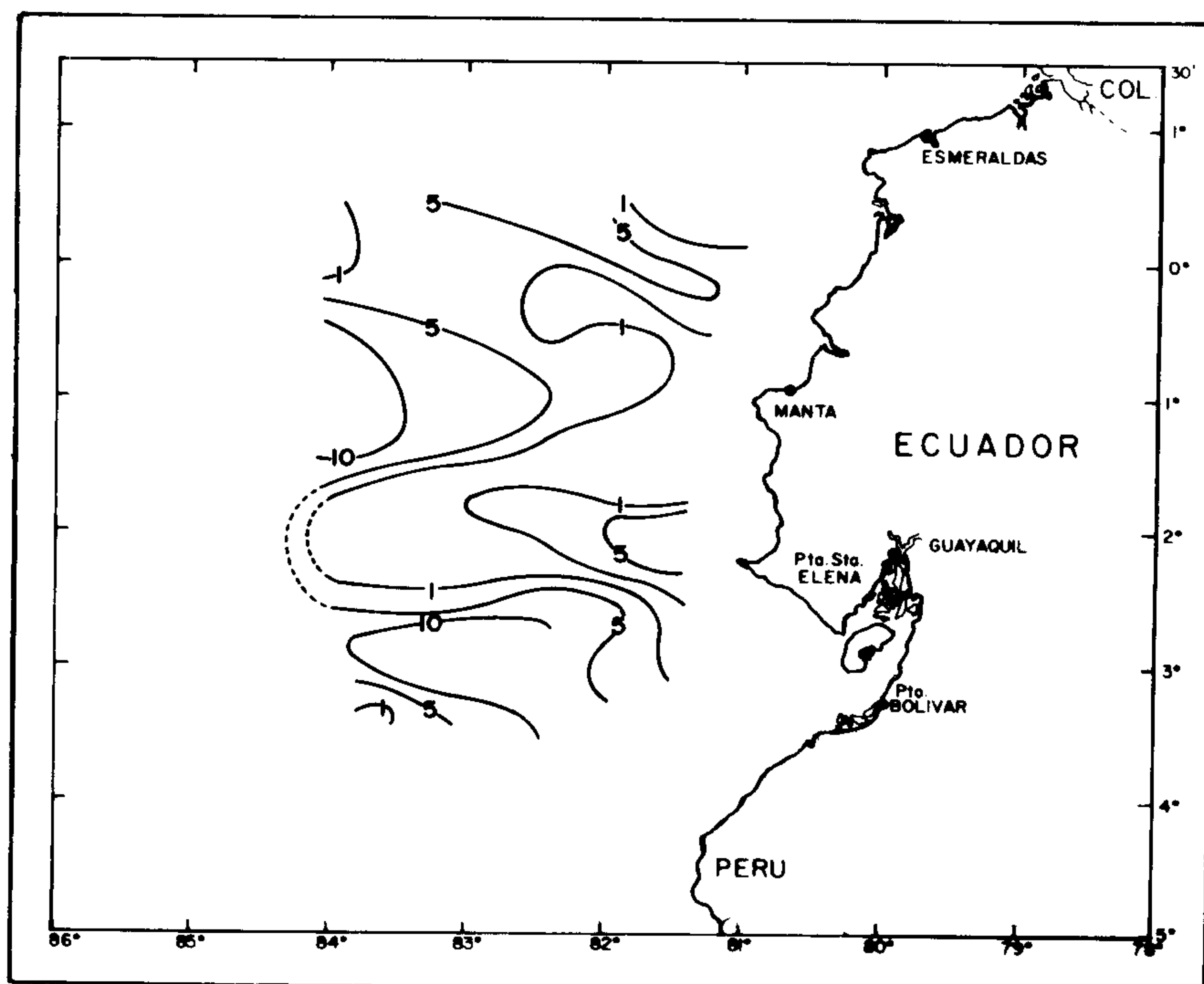


Fig. 34. Concentración de feofitinas en mg/m^3 a 50 metros "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico 1974.

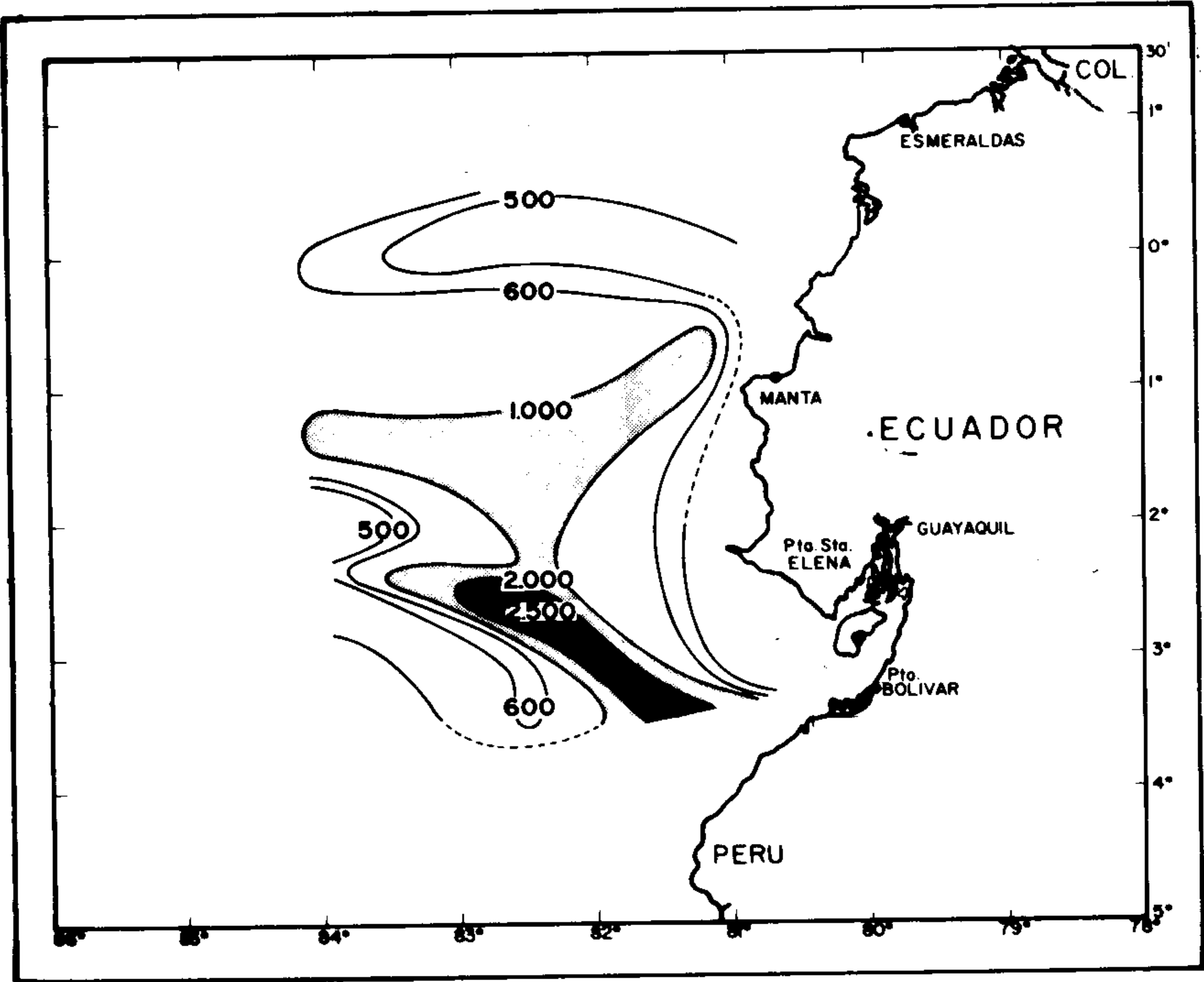


Fig. 35. Volúmenes de Macroplankton en ml/1.000m³ (Red 600 u) “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

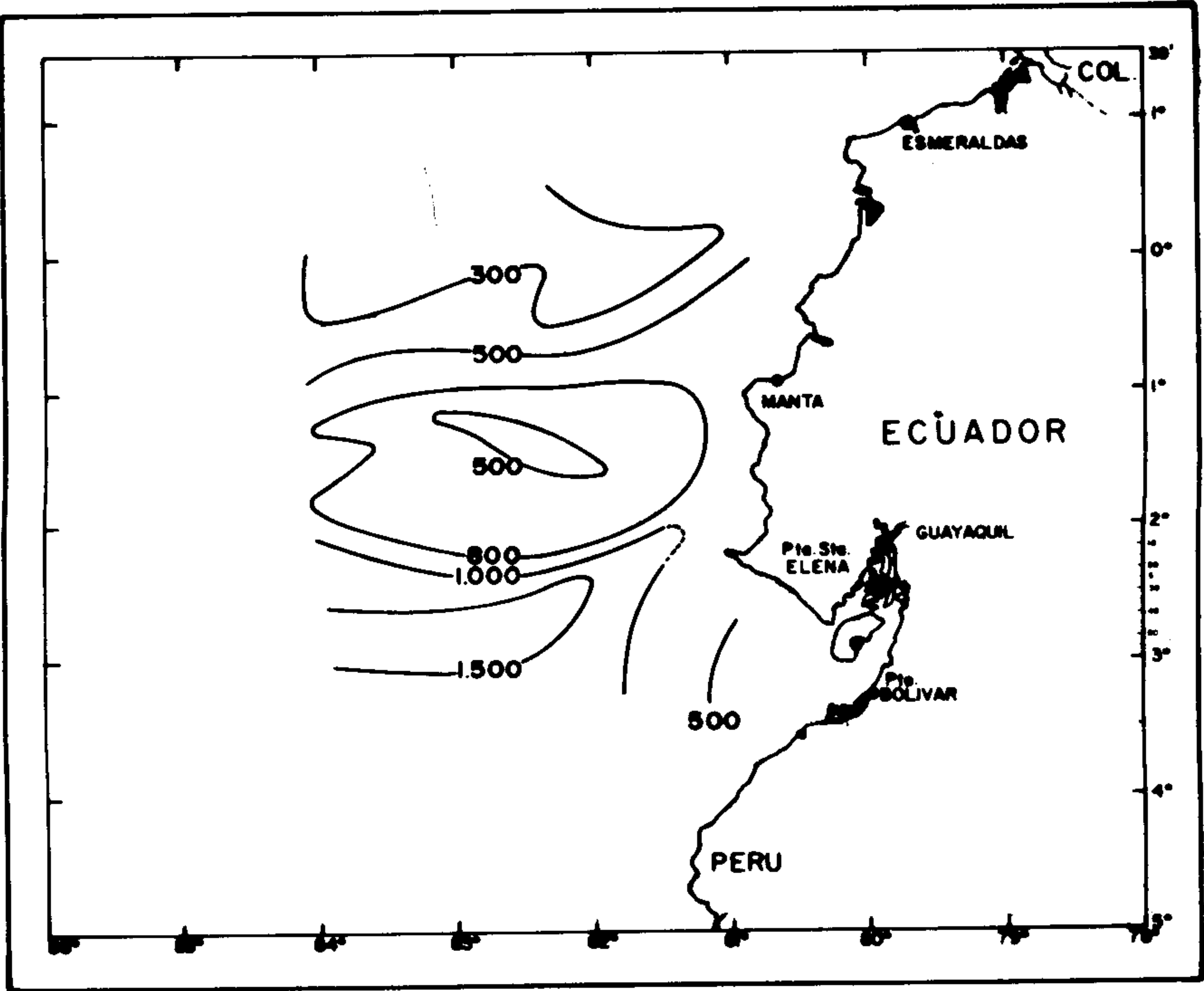


Fig. 36. Volúmenes de Microplankton en ml/1.000m³ (Red 150 u) “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

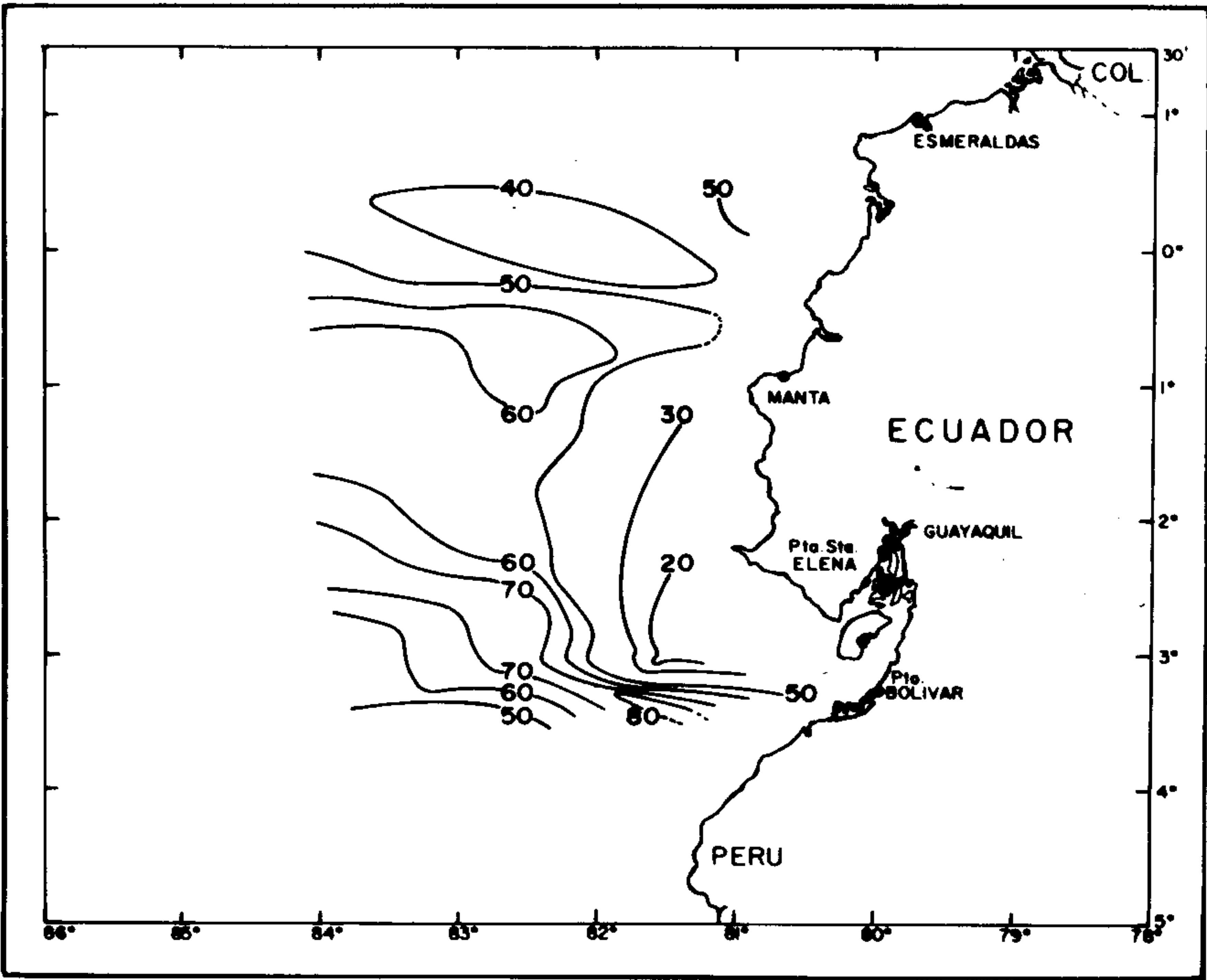


Fig. 37. Distribución de Copépodos en porcentajes respecto al total de los zooplanctones por estaciones “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

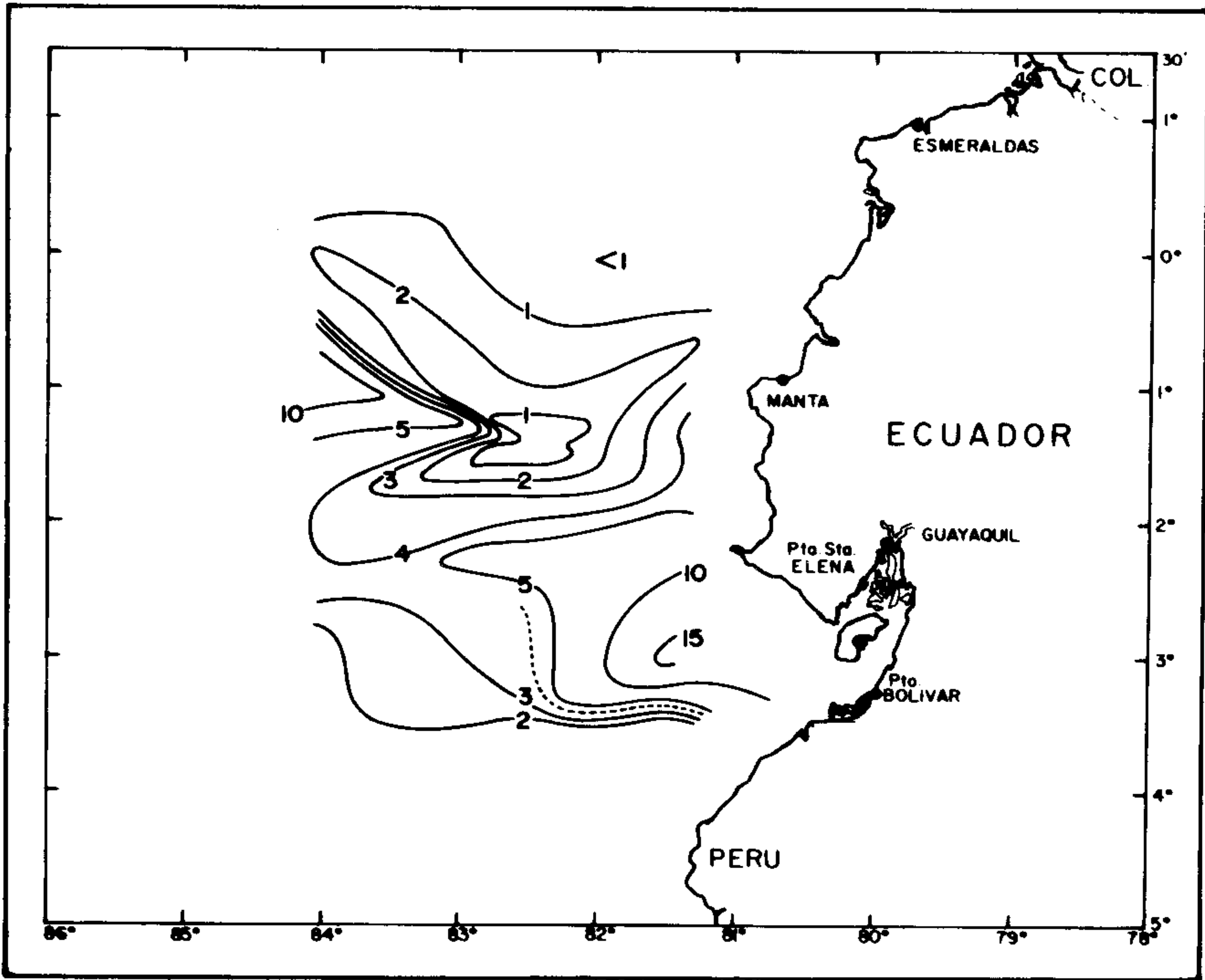


Fig. 38. Distribución de los Eufáusidos, en porcentaje respecto al total de los zooplanctones por estaciones “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

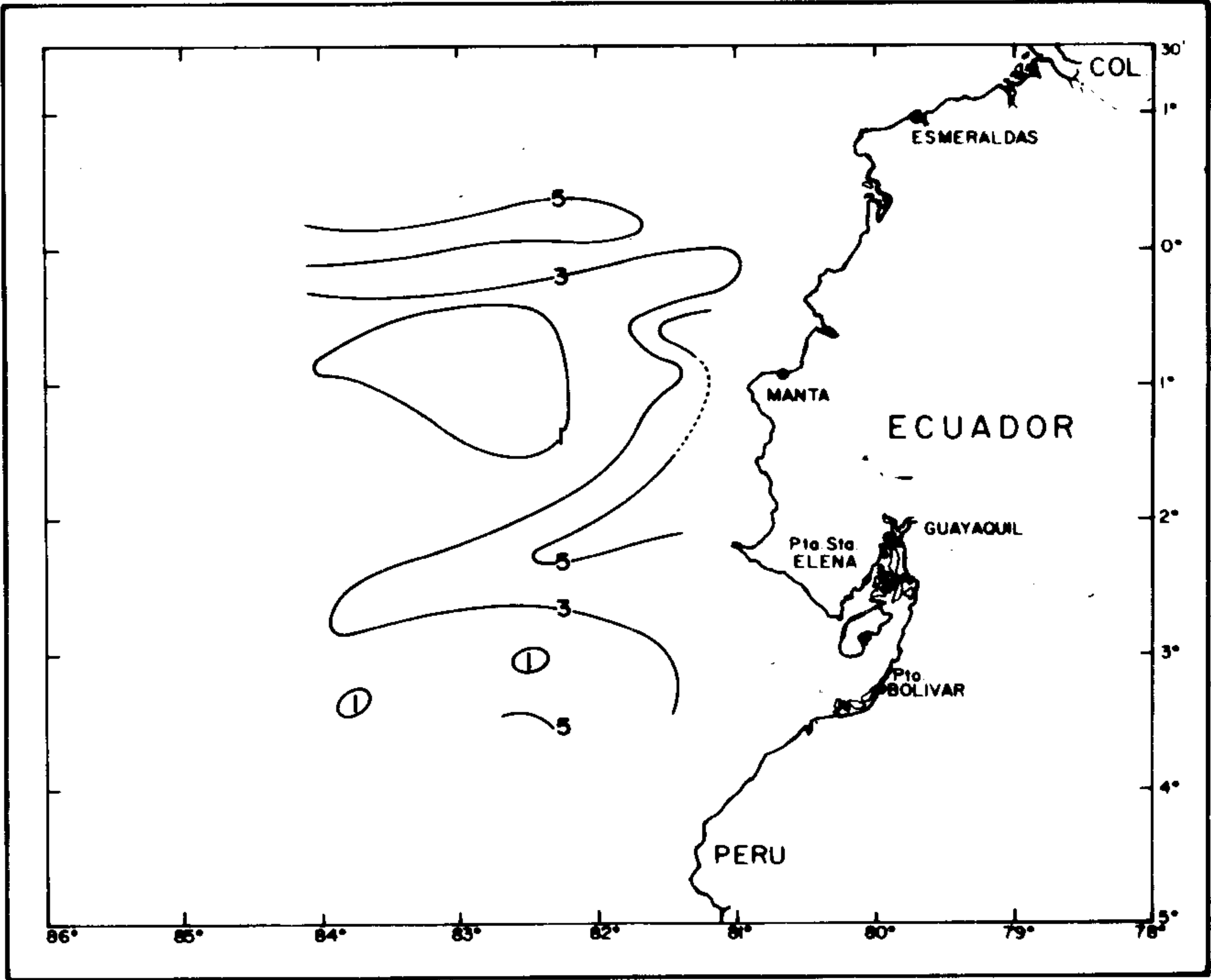


Fig. 39. Distribución de Doliolides, en porcentajes respecto al total de los zooplanctontes por estaciones “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

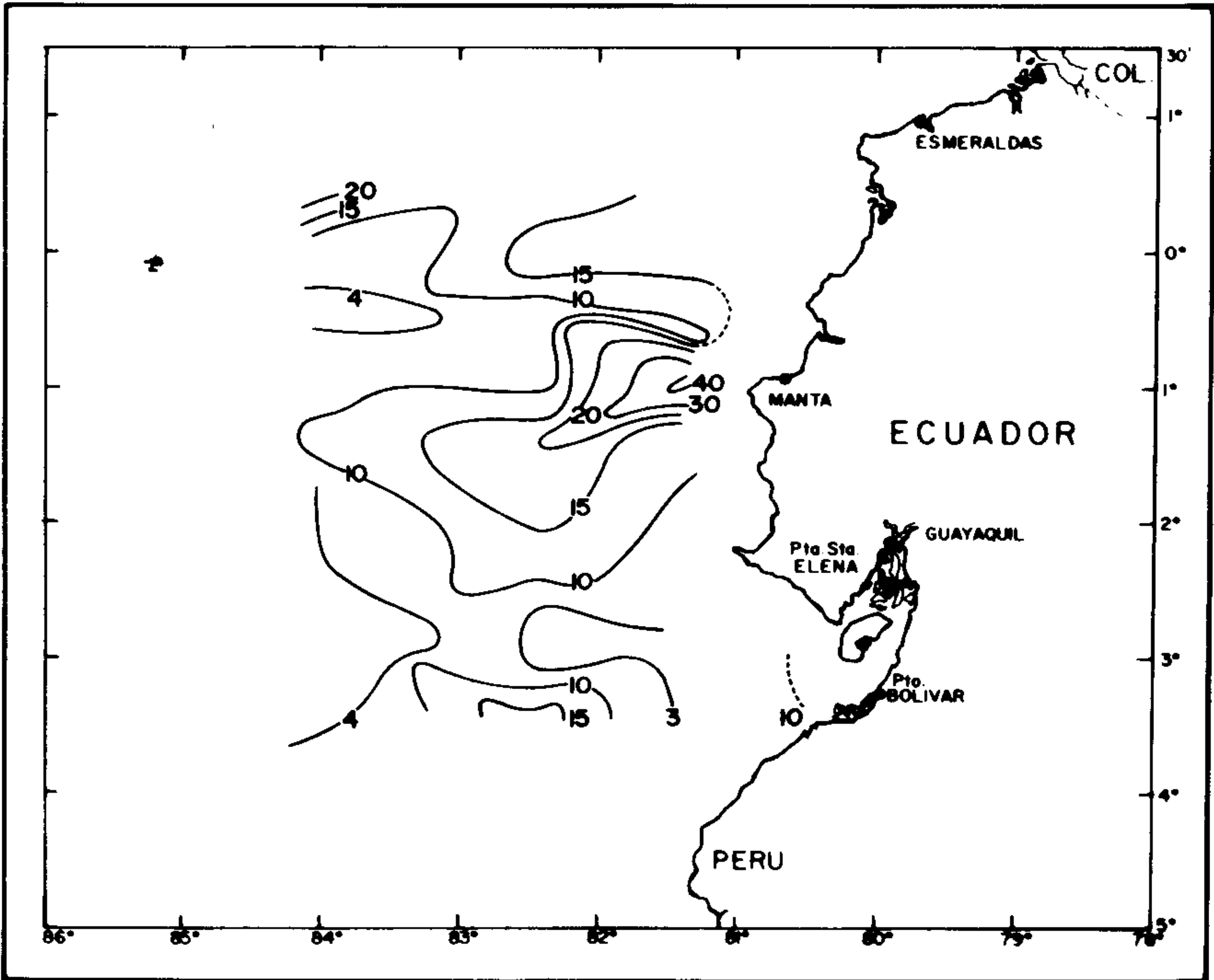


Fig. 40. Distribución de los Quetognathos, en porcentajes respecto al total de los zooplanctontes por estaciones “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico 1974.

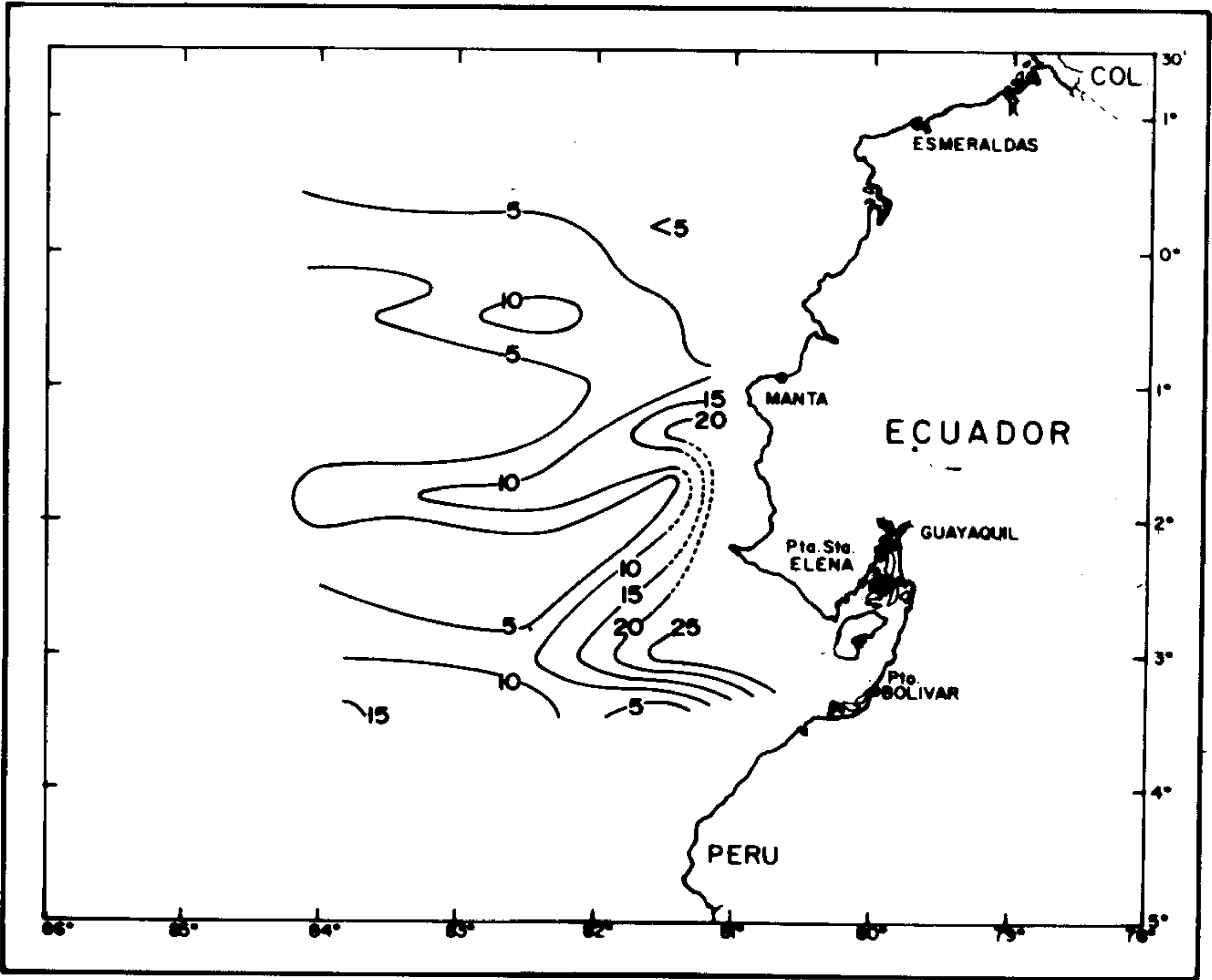


Fig. 41. Distribución de huevos y larvas de peces, en porcentajes respecto al total de los zooplanctones por estaciones “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico, 1974

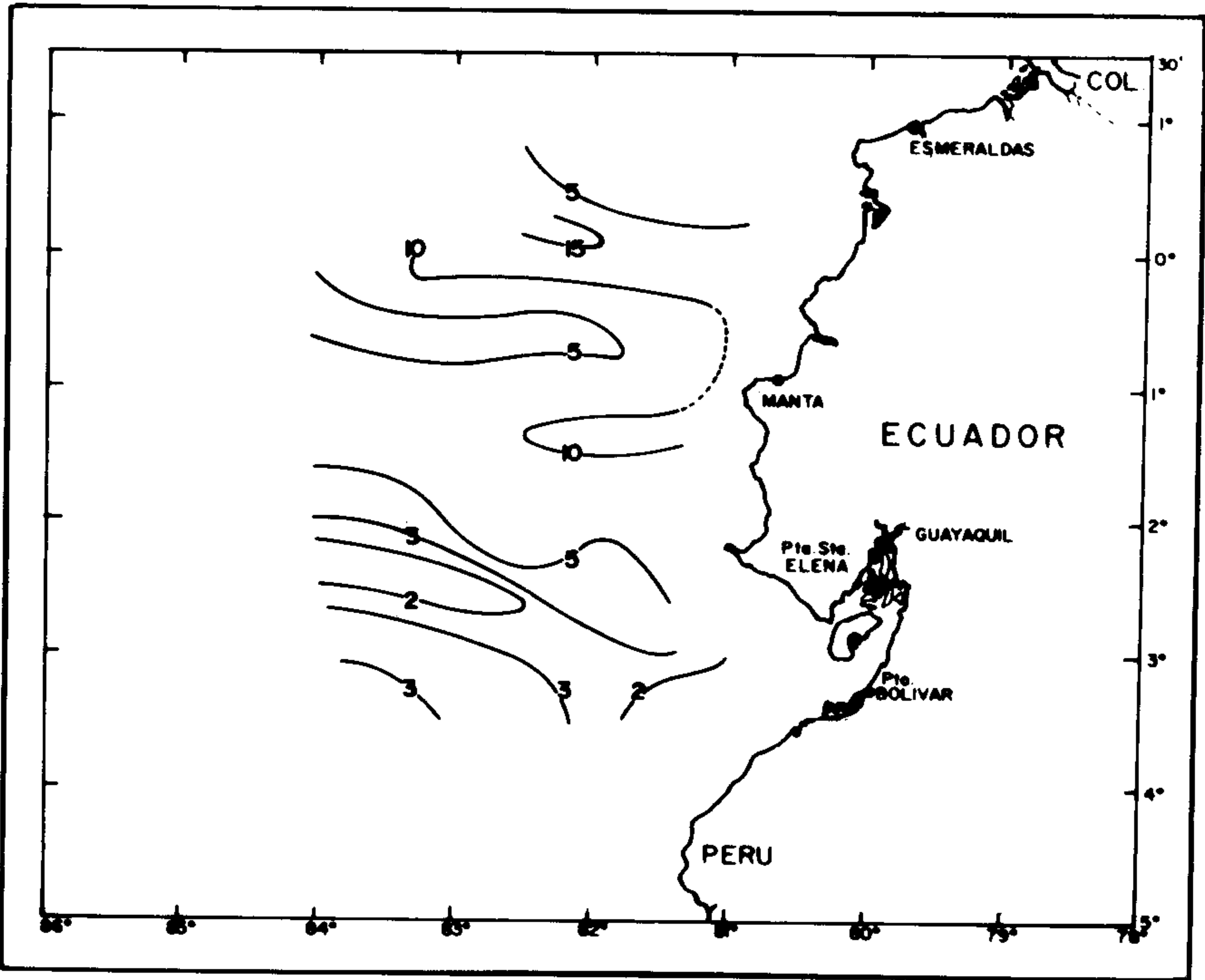


Fig. 42. Distribución de los Sifonóforos, en porcentajes respecto al total de los zooplanctones por estaciones “Bae Orión” Tercer Crucero Oceánico, 1974.

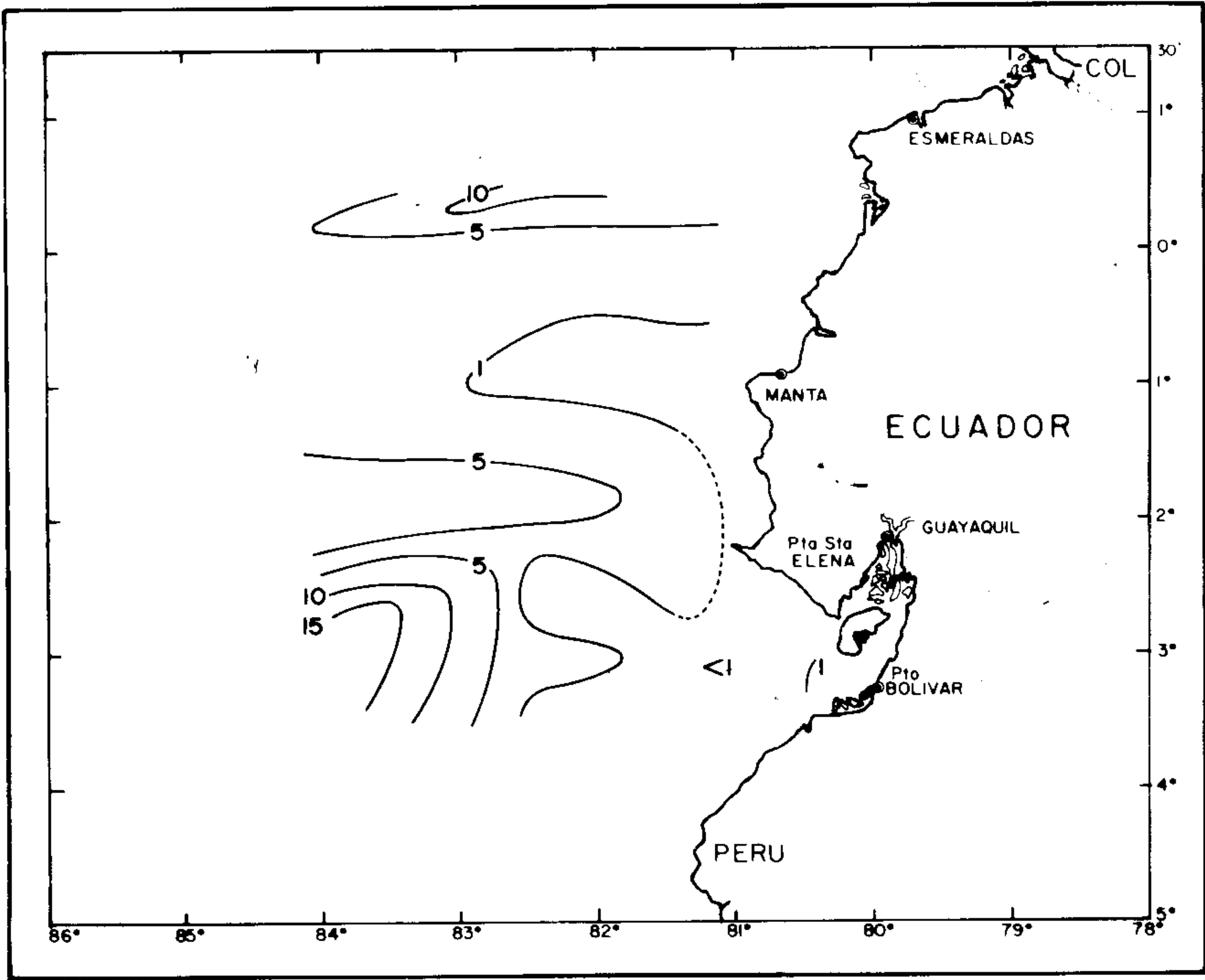


Fig. 43. Distribución de larvas de crustáceos, en porcentajes respecto al total de zooplanctones por estaciones "Bae Orión" Tercer Crucero Oceánico, 1974.

DESCRIPCION DE UN NUEVO GENERO Y DOS ESPECIES DE MOLUSCOS, (BIVALVIA), PARA EL PACIFICO ECUATORIANO

Por:

MANUEL CRUZ P (1)

RESUMEN

Se describe un nuevo género: *Eucrassinella* y dos nuevas especies: *Eucrassinella manabiensis* y *E. aequatorialis*; que pertenecen a la familia *Crassatellidae*. Se agrega un cuadro comparativo de los géneros ya existentes con el nuevo y otro cuadro de las dos especies recién descritas. De los ejemplares recolectados ocho pertenecen a *E. manabiensis* y uno a *E. aequatorialis*. Las dos especies fueron encontradas en la plataforma de la Provincia de Manabí y la primera también en los sedimentos recientes del Archipiélago de Jambelí. (Provincia de El Oro, Ecuador).

ABSTRACT

Species of a new genus *Eucrassinella* and two species of mollusks *Eucrassinella manabiensis* and *E. aequatorialis* are described in this paper, their principal characteristic also compared with those of closely similar species already described by other authors. The species have been found in the inner continental shelf of the Manabi Province and within recent sediments of the Archipiélago of Jambelí, El Oro Province, both in Ecuador.

INTRODUCCION

Los ejemplares fueron recolectados en la Provincia de Manabí, durante un muestreo realizado en Junio y Julio de 1974; posteriormente se recolectó otra valva en el estero Pongal del Archipiélago de Jambelí, en Agosto de 1975. (Fig.A). De las 110 muestras analizadas precedentes de Manabí, sólo en 6 de ellas, se han encontrado 8 valvas que pertenecen a *E. manabiensis* y 1 a *E. aequatorialis*.

Las valvas encontradas pertenecen a la familia *Crassatellidae*, están completas y no presentan procesos de fosilización, además sus características taxonómicas no coinciden con las del género *Eucrassatella* ni *Crassinella* sino a una combinación de estos, razón por la que se ha denominado *Eucrassinella* al nuevo género.

El Dr. Joseph Rosewater del Smithsonian Institution, cree que las valvas se parecen al género fósil *Scambula*, pero también a los géneros *Eucrassatella* y *Crassinella* aunque la similitud con este último es mucho menor, el autor comparte la idea con el Dr. Rosewater y por estar las valvas frescas, no pertenecen al género fósil *Scambula* y se ha creído conveniente describir el género antes mencionado que incluye dos especies: *manabiensis* y *aequatorialis*.

METODOLOGIA

Para la recolección de las muestras de sedimentos se utilizó como extractor la draga Van Veen.

Las mismas que fueron estudiadas en el laboratorio de Biología Marina del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. Para comprobar su identificación se consultó a Olsson, A. 1961;

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

Keen, M. 1971; Dall, H. 1909 entre otros y se envió el dibujo y la descripción de las valvas al National Museum of Natural History Smithsonian Institution a la persona del Dr. Joseph Rosewater, Curator of the Department of Invertebrate Zoology (mollusks).

SISTEMATICA

Filum **MOLLUSCA**
Clase **PELECYPODA**
Orden **VENEROIDA**
Familia **CRASSATELLIDAE**

Conchilla sólida, subtriangular, con fuerte escultura concéntrica por lo menos en su parte superior. Charnela con 2 dientes cardinales en cada valva y el lateral posterior más delgado y largo que el anterior. Ligamento interno alojado en una fosa o resillium de forma subtriangular. Integropaleados. Umbos más o menos opistogiros.

La familia *Crassatellidae* comprende 7 especies distribuidas en dos géneros: *Eucrassatella* y *Crassinella*. Sus nombres son: *Eucrassatella* (H) *digueti* Lamy, 1917; *E. (H) gibbosa* Sowerby, 1832; *Crassinella adamsi* Olsson, 1961; *C. mexicana* Pilsbry and Lowe, 1932; *C. pacifica* (C.B. Adams, 1852); *C. varians* (Carpenter, 1857) y *C. ecuadoriana* Olsson 1961.

Sólo dos especies no han sido reportadas para Ecuador por otros autores y ellas son: *E. (H) digueti* Lamy y *C. mexicana* Pilsbry and Lowe. Esta última ya fue reportada anteriormente por Cruz, 1977, en "Bivalvos de la Plataforma Continental de la región norte de Ecuador."

Eucrassinella gen. n.

Descripción: Conchilla sólida de forma alargada-subtriangular, con escultura concéntrica fuerte, por lo menos en su parte central, lado posterior más largo y puntudo que el anterior, el cual tiene la margen redondeada. Lúnula superficial y escudo en forma ahusada dos veces o más el largo que el ancho. Charnela fuerte con dos dientes cardinales en cada valva; un lateral anterior en la valva izquierda o un lateral posterior en la valva derecha. Umbos aplanados con escultura concéntrica fina a casi lisa, puntiagudos y ligeramente opistogiros a casi ortogiros. Impresiones de los músculos aductores bien marcados, de tamaños similares y de forma redondeada-ovalada. El interior puede presentar ondulaciones fuertes o débiles que son productos de su escultura concéntrica externa, la cual posee muchas líneas de color café con dirección umbo-márgen ventral. Margen interior ventral lisa.

Dimensiones: Longitud 13 a 18 mm. Altura 8 a 11 mm. Diámetro 2 a 6 mm.

Profundidad: De 0 a 17 metros.

Extractor: Draga Van Veen.

Rango de distribución: Canoa, Provincia de Manabí y Archipiélago de Jambelí, Provincia de El Oro.

COMPARACION

En la tabla 1 se muestra las principales diferencias entre *Eucrassatella*, *Crassinella* y *Eucrassinella*.

TABLA 1.
DIFERENCIAS COMPARATIVAS ENTRE EUCRASSATELLA
Y CRASSINELLA CON EL NUEVO GENERO

	Eucrassatella	Crassinella	Eucrassinella n. gén.
Tamaño	<u>Medianos.</u>	Pequeños.	<u>Medianos.</u>
Forma	<u>Alargadas-subtriangulares.</u>	Triangulares.	<u>Alargadas-subtriangulares.</u>
Escultura	Concéntrica fina en su parte central.	<u>Concéntrica fuerte a lisa en su parte central.</u>	<u>Concéntrica fuerte en su parte central.</u>
Umbo	Redondeado y prominente.	No prominente y <u>bajo</u>	Aplanado y <u>bajo</u>
	<u>Ligeramente opistogiros.</u>	Opistogiros.	<u>Ligeramente opistogiros a ortogiros.</u>
	<u>Con escultura fuerte.</u>	<u>Con escultura fuerte, débil a lisa.</u>	Con escultura <u>débil a lisa.</u>
Diámetro	<u>Mediano.</u>	Pequeño.	<u>Mediano.</u>

NOTA: Las palabras subrayadas indican similitud de características.

Eucrassinella manabiensis sp. n.
Figs. 1, 2, 5 y 6

Descripción: (Lado Externo) Conchilla alargada-subtriangular, sólida y delgada, el lado anterior es más corto y esta distancia umbo-extremo anterior es aproximadamente 1/4 de su longitud total. El lado posterior se adelgaza hasta terminar en una punta roma, su escultura concéntrica es más irregular en su lado anterior y posee fuertes líneas, que se asemejan a olas, las que se van haciendo más débiles hacia el umbo; los interespacios son más o menos similares al grosor de sus líneas. El umbo es plano y bajo, con escultura concéntrica fina como hilos, que se van haciendo lisos hacia su protoconcha, la cual es puntiaguda con dirección recta (ortogiro) o ligeramente hacia atrás (opistogiros). figs. 1, 6. (Lado Interno) El interior es porcelanado y comunmente blanco. Las impresiones de sus músculos aductores y pedales como de su línea paleal, son bien marcadas. Integropaleadas. La cavidad que ocupaba la masa visceral (lado interior de la valva) presenta ondulaciones, que son causadas por su escultura concéntrica externa. Borde ventral liso. Charnela con dos dientes cardinales en cada valva; un lateral anterior en la valva izquierda y un lateral posterior en la valva derecha; este último es alargado y termina a la altura del músculo aductor posterior. Ligamento interno, que se aloja en un resillium o fosa, detrás de los dientes cardinales. Lúnula superficial. Escudo no muy marcado, y de forma ahusado figs. 2, 5. El color varía de rojo oscuro, café, crema a blanco. Es muy frecuente que presente en su lado externo líneas cafés que tienen dirección umbo-margen ventral. El Holotipo se encuentra en el Museo de Biología Marina del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador con el No. 2 y el Paratipo en el National Museum of Natural History Smithsonian Institution con los números: USNM 768219 y USNM 762218.

Dimensión: Longitud 13 mm, Altura 8 mm, Diámetro 2 mm.
Profundidad: Encontrada a 11, 13 y 17 metros.
Extractor: Draga Van Veen.
Rango de distribución: Canoa, Machalilla, Provincia de Manabí y Archipiélago de Jambelí, Provincia de El Oro.

Eucrassinella aequatorialis sp. n.
Figs. 3, 4 y 7

Descripción: **Lado Externo:** Conchilla alargada-subtriangular, sólida y más ancha que *E. manabiensis*; la distancia umbo-extremo anterior es aproximadamente 1/3 de su longitud total. El lado posterior se adelgaza progresivamente hasta terminar en una punta roma. Su escultura concéntrica en su comienzo es lisa, y luego sus líneas aumentan progresivamente hasta la mitad de la valva donde son fuertes como olas e irregulares en el lado anterior, luego cambia esta escultura por una fina como hilos a casi lisa, que llega hasta la margen ventral, la cual es lisa y más arqueada que *E. manabiensis*. Los interespacios son similares o más anchos que sus líneas. El umbo es plano y ligeramente levantado con escultura concéntrica que va desapareciendo hacia su protoconcha, la que es puntiaguda. Umbos ortogiros a ligeramente opistogiros figs. 4 y 7.
Lado Interno: Su interior es blanco y porcelanado. Las impresiones de sus músculos aductores y pedales, son bien marcados y poco su línea paleal. Integropaleados. El área que ocupaba la masa visceral (lado interno de la valva) presenta leves ondulaciones causadas por su escultura externa. Charnela con dos dientes cardinales en cada valva; un lateral anterior en la valva izquierda y un lateral posterior en la valva derecha. El ligamento interno se aloja en un resillium o fosa, detrás de los dientes cardinales y antes del lateral posterior fig. 3.
Lúnula ligeramente levantada y escudo de forma ahusada. El color varía de café, crema a blanco. Presenta líneas cafés en su lado externo que tienen dirección umbo-margen ventral.
El Holotipo se encuentra en el Museo de Biología Marina del Instituto Oceanográfico de la Armada con el No. 1.

Dimensión: Longitud 18 mm, Altura 11 mm, Diámetro 6 mm.
Profundidad: Superficie (en la playa).
Extractor: Manual.
Rango de distribución: Machalilla, Provincia de Manabí.

COMPARACION

En la tabla 2 aparece destacando las principales diferencias entre *Eucrassinella manabiensis* y *Eucrassinella aequatorialis*.

TABLA 2.
CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE E. MANABIENSIS
Y E. AEQUATORIALIS

	E. manabiensis sp. n.	E. aequatorialis sp. n.
Umbo	Muy bajo y plano.	No muy bajo y plano.
Escultura	Fuerte en toda su valva.	Fuerte la mitad superior y débil como hilos la mitad inferior.
Lado posterior	Se adelgaza casi al final.	Se adelgaza progresivamente.
Interior	Con ondulaciones fuertes.	Con ondulaciones muy suaves.
Diámetro (una valva)	Un milímetro.	Tres milímetros.

AGRADECIMIENTO

Por la presente quiero hacer llegar mis agradecimientos al Director del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador y al Jefe del Departamento de Ciencias del Mar, por la publicación del presente trabajo.

Al Dr. Joseph Rosewater del Smithsonian Institution por su valiosa ayuda de confirmar la identificación de los ejemplares.

De igual manera deseo extender mi gratitud al Ing. Héctor Ayón quien colaboró con una valva procedente del Archipiélago de Jambelí y por la traducción al inglés del resumen; agradezco, también a los Geólogos, Vicente Coronel y José Cuenca, quienes realizaron la recolección de las muestras de sedimentos, finalmente a la Biól. María Luzuriaga de Cruz y a la Dra. Elena Gualancañay por la lectura del manuscrito y al señor Victor Mesías por la elaboración de las figuras.

BIBLIOGRAFIA

- Cruz, M. 1977. Bivalvos de la Plataforma Continental de la región norte de Ecuador. Inst. Oceanogr. Arm. Ecuador, Rev., Biol. 1 (1): 1-54.
- Dall, W.H., 1909. on a collection of shells from Peru, with a summary of the littoral marine mollusca of the Peruvian zoological Province. Proc. U.S. Nat. Mus., Vol. 37, No. 1704, pp. 147-294, pls. 20-28.
- Hertlein, L.G; and A.M. Strong., 1955a. Marine mollusks collected during the "Askoy" Expedition to Panama, Colombia and Ecuador in 1941. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., vol. 107, art. 2, pp. 159-318, pls. 1-3.
- Hertlein and Strong 1955b. Marine Mollusks collected at the Galapagos Islands during the voyage of the velero III, 1931-1932. Essay in the natural sciences in honor of capt. Allan hancock: Univ. Southern Calif. (Los Angeles), pp. 111-145, 1pl.
- Hoffstetter, R., 1952. Moluscos subfósiles de los estanques de sal de Salinas (Pen. de Santa Elena. Ecuador). Comparación con la forma actual de Ecuador. Bol. Inst. Cien. Nat. (Quito), Ecuador, vol. 1, No. 1, pp. 5-79, 19 text. Figs.
- Keen, A.M. 1966. West American Mollusks types in the british Museum (Natural History) II. species described by R.B. Hinds. Veliger, vol. 8, No. 4, pp. 265-275.
- Keen, A.M. 1966a. West American Mollusks types at the british Museum (Natural History), III alcide D'Orbigny's South American collection. Veliger, vol.9, No.1, p. 1-7.
- Keen, A.M., 1971. Sea shells of Tropical West America. Marine mollusks from Baja California a Peru. Stanford University Press, Edit. 2, 1064 pp. Stanford California.
- Macsoy, O. 1969 Estudio sobre una Fauna de Moluscos Fósiles de la formación Río Salado, Península de Paria, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 8(1&2): 3-12; 2 lams, 1 fig.
- Martinez, R. 1966. Algunas Consideraciones acerca del Status Taxonómico. Min de Agr. y Cría. Dir. de Inv. Pesqueras. Cumaná. 6pp.
- Olson, A.A., 1961. Mollusks of tropical eastern Pacific, particularly from the southern half of the Panamic-Pacific faunal province (Panama to Peru). Panamic-Pacific Pelecypoda. Paleontological Research Institution. Ithaca, N.Y. 574 pp., 86 pls.
- Olson, A.A., 1964. Neogene Mollusks from northwestern Ecuador. Paleontological Research Institution, Ithaca, N.Y. 256pp., 38pls.
- Ramorino, L. 1968. Pelecypoda del Fondo de la Bahía de Valparaíso. Rev. de Biol. Mar., 13(3): 175-285.
- Strong, A.M. and L.G. Hertlein. 1939. Marine mollusks from Panama collected by the Allan Hancock expedition to Galapagos Islands, 1931-32 A. Hancock Found. Univ. Calif. Los Ang., vol. 2, No. 12, pp. 177-245, pls. 18-23.
- Wellington, G. 1975. Medio Ambientes Marinos Costeros de Galápagos. Inf. al Dpto. Parque Nac. y Vida Silv. Quito. Santa Cruz, Galápagos.

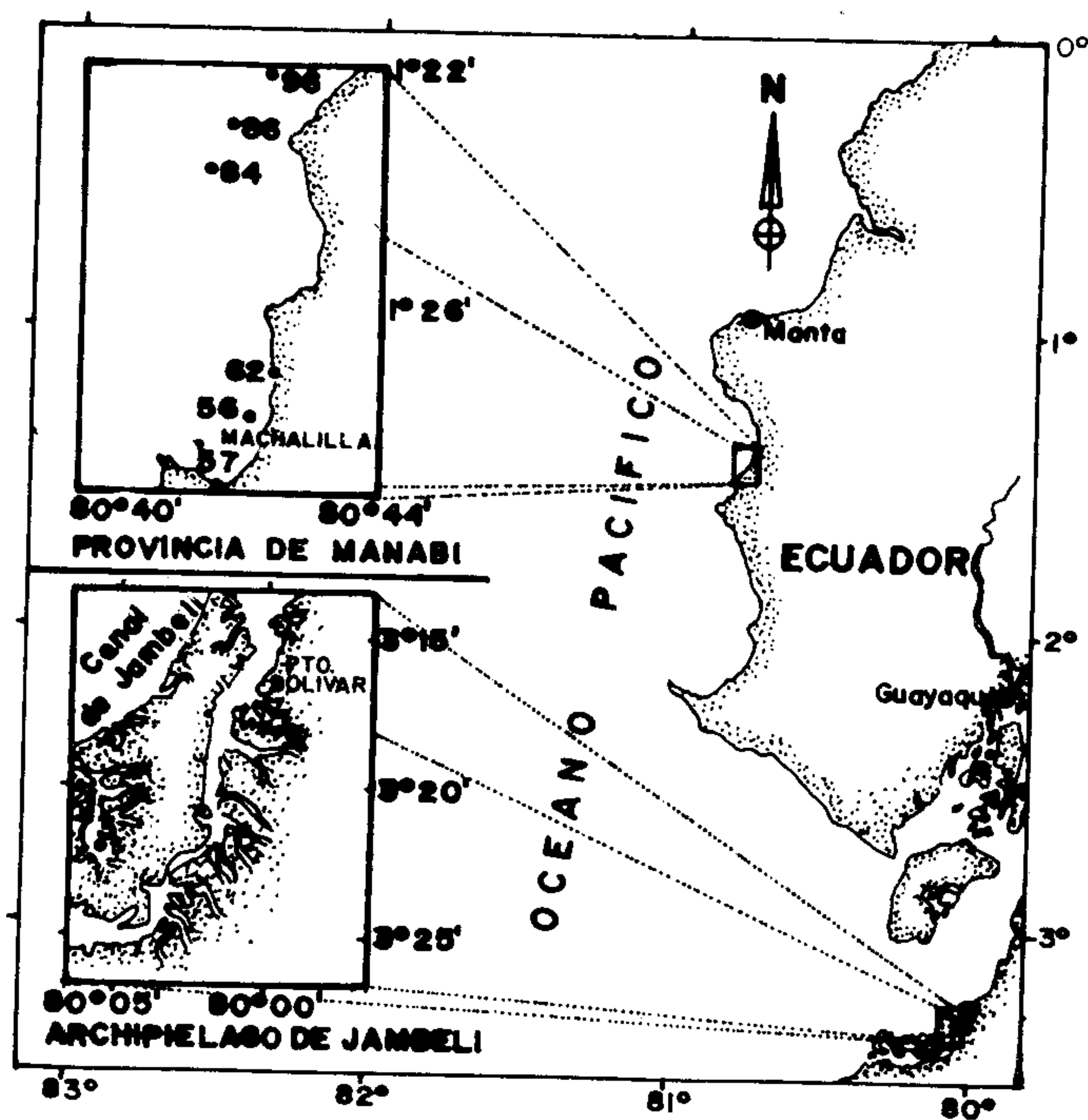


Fig. A. Estaciones donde se encontraron los ejemplares *Eucrassinella manabiensis*. Estaciones: 56, 57, 84, 86, 96 (Prov. de Manabí) *Eucrassinella manabiensis*. Estación 73 (Archipiélago de Jambelí) *Eucrassinella aequatorialis*. Estación: 62 (Prov. de Manabí).

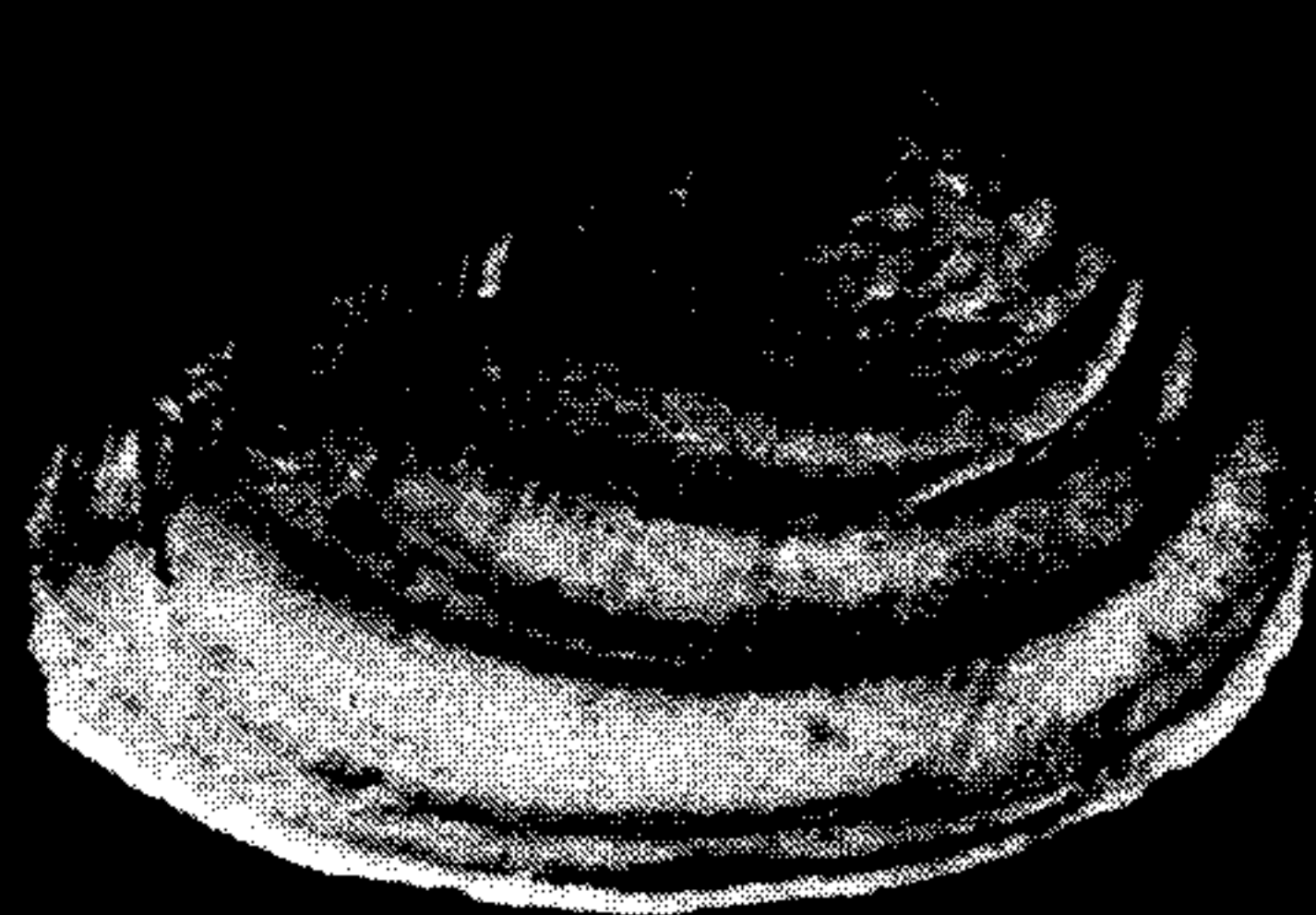


Fig. 1 Lado externo de una valva derecha de *E. manabiensis* mostrando su contorno, escultura y el umbo plano.



Fig. 2 Lado interno de *E. manabiensis* en la que se observa sus impresiones musculares, charnela y las fuertes ondulaciones, producidas por su escultura.

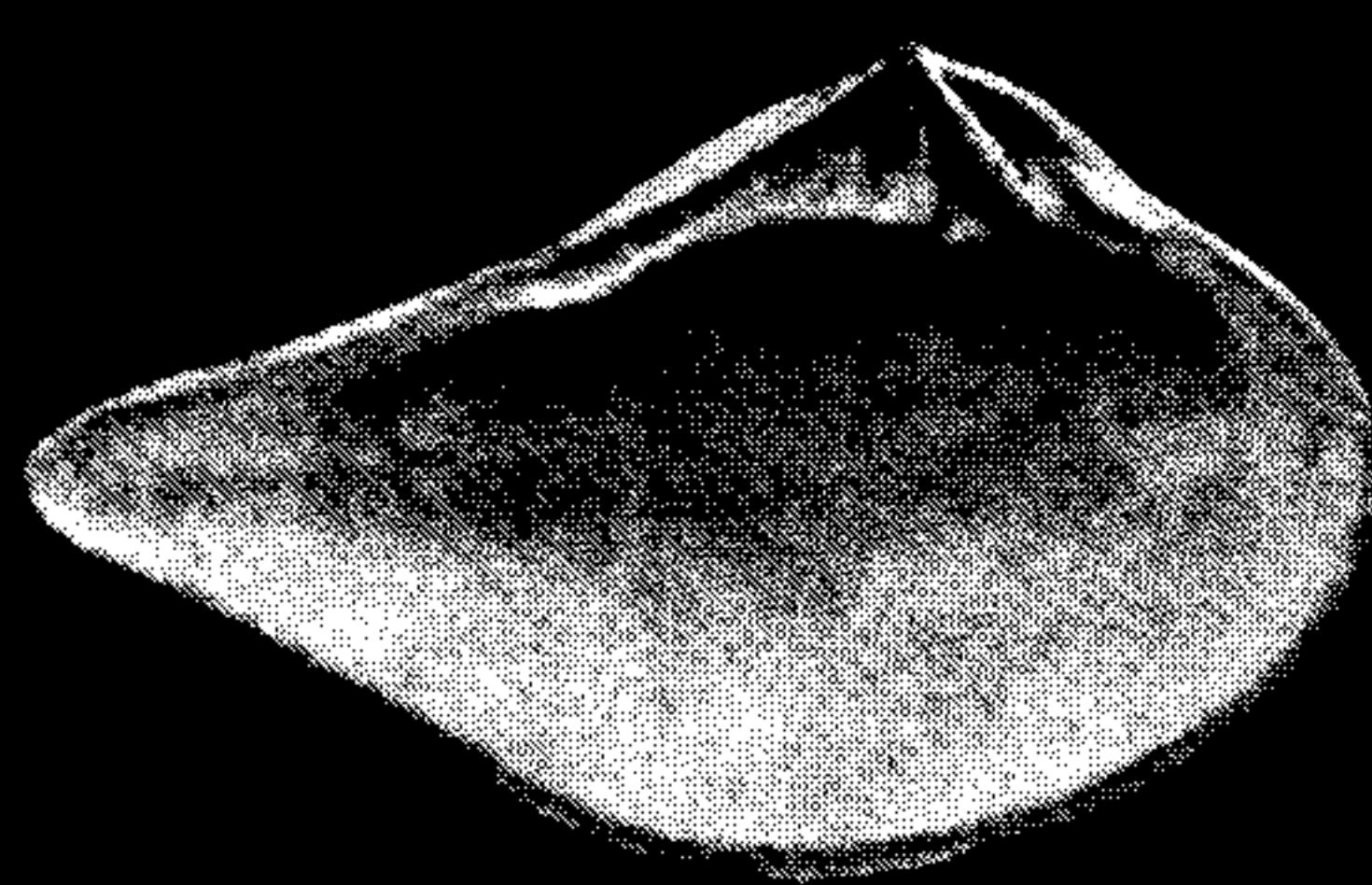


Fig. 3 Lado interno de una valva izquierda de *E. aequatorialis*, presentando la charnela, impresiones musculares y leves ondulaciones concéntricas.

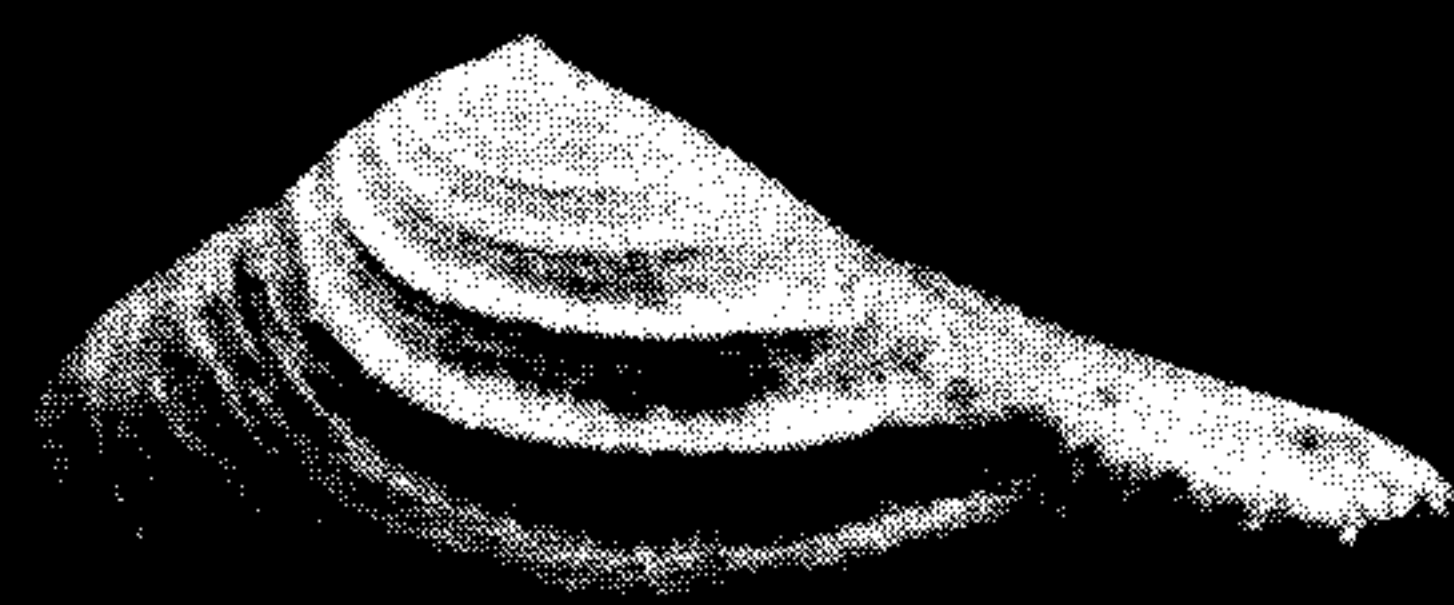


Fig. 4 Lado externo de *E. aequatorialis* en la que se aprecia el umbo, escultura y su contorno.

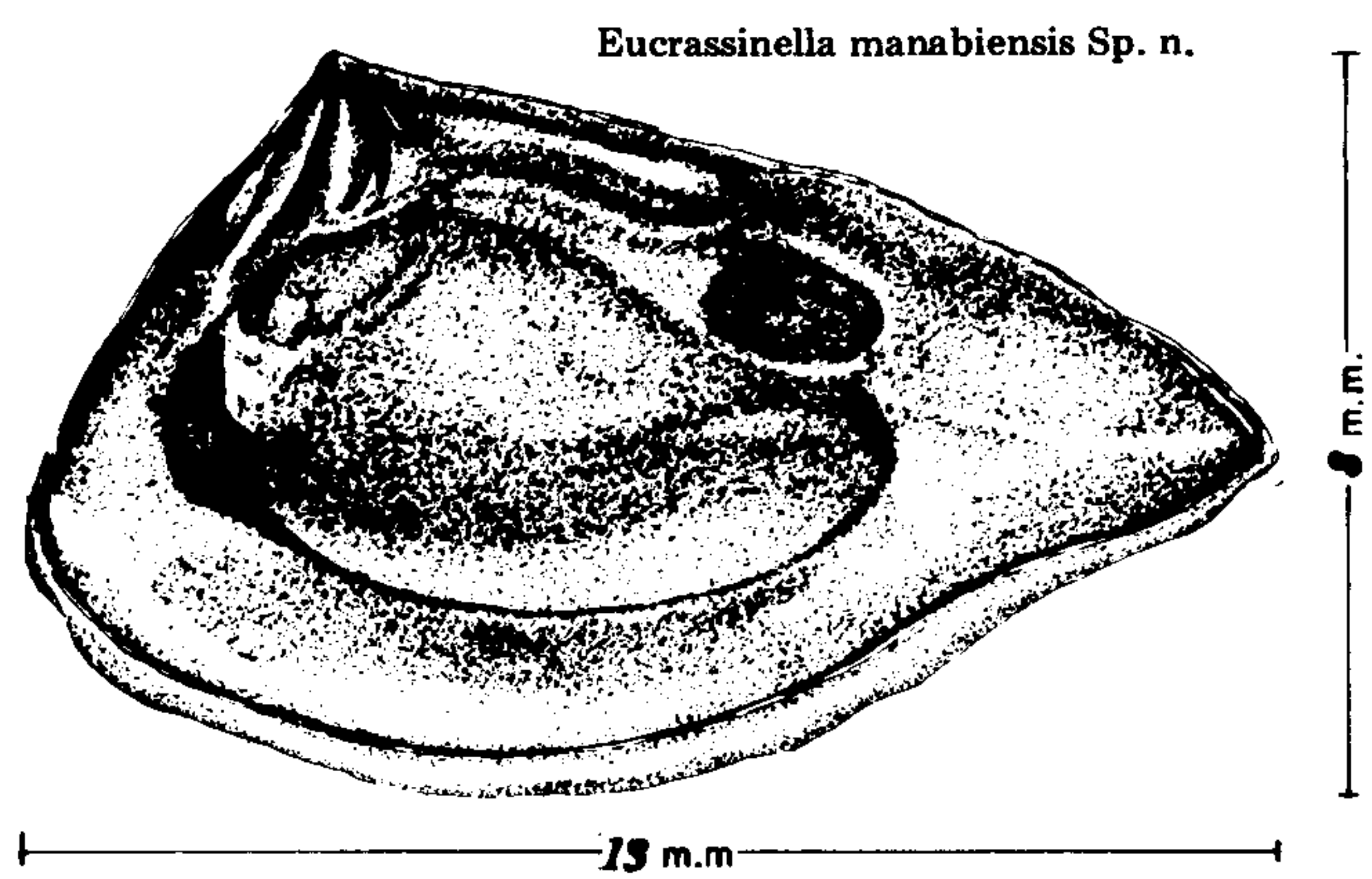


Fig. 5 Lado interno de una valva derecha mostrando sus impresiones musculares. ,

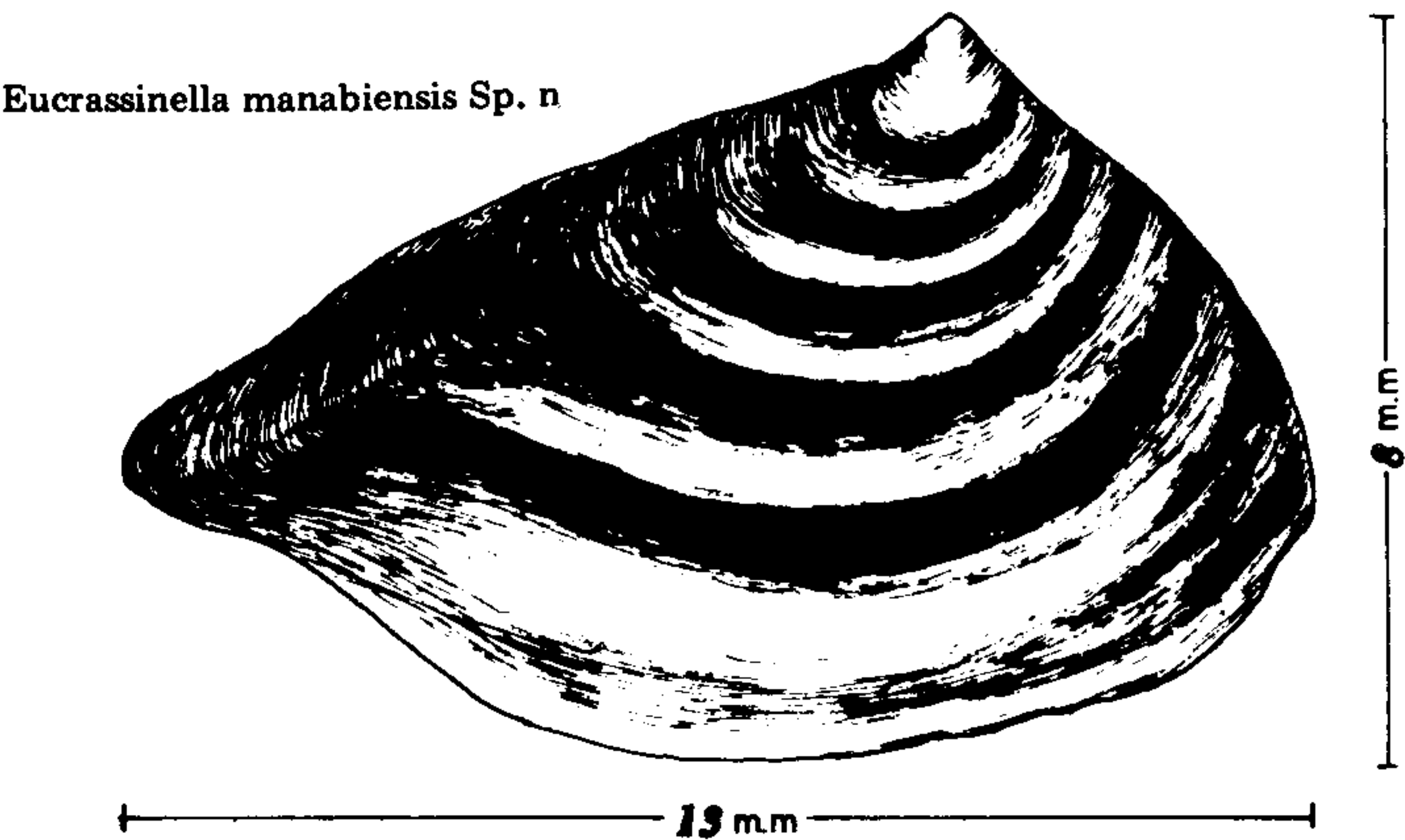


Fig. 6 Lado externo de una valva derecha mostrando su fuerte escultura concéntrica.

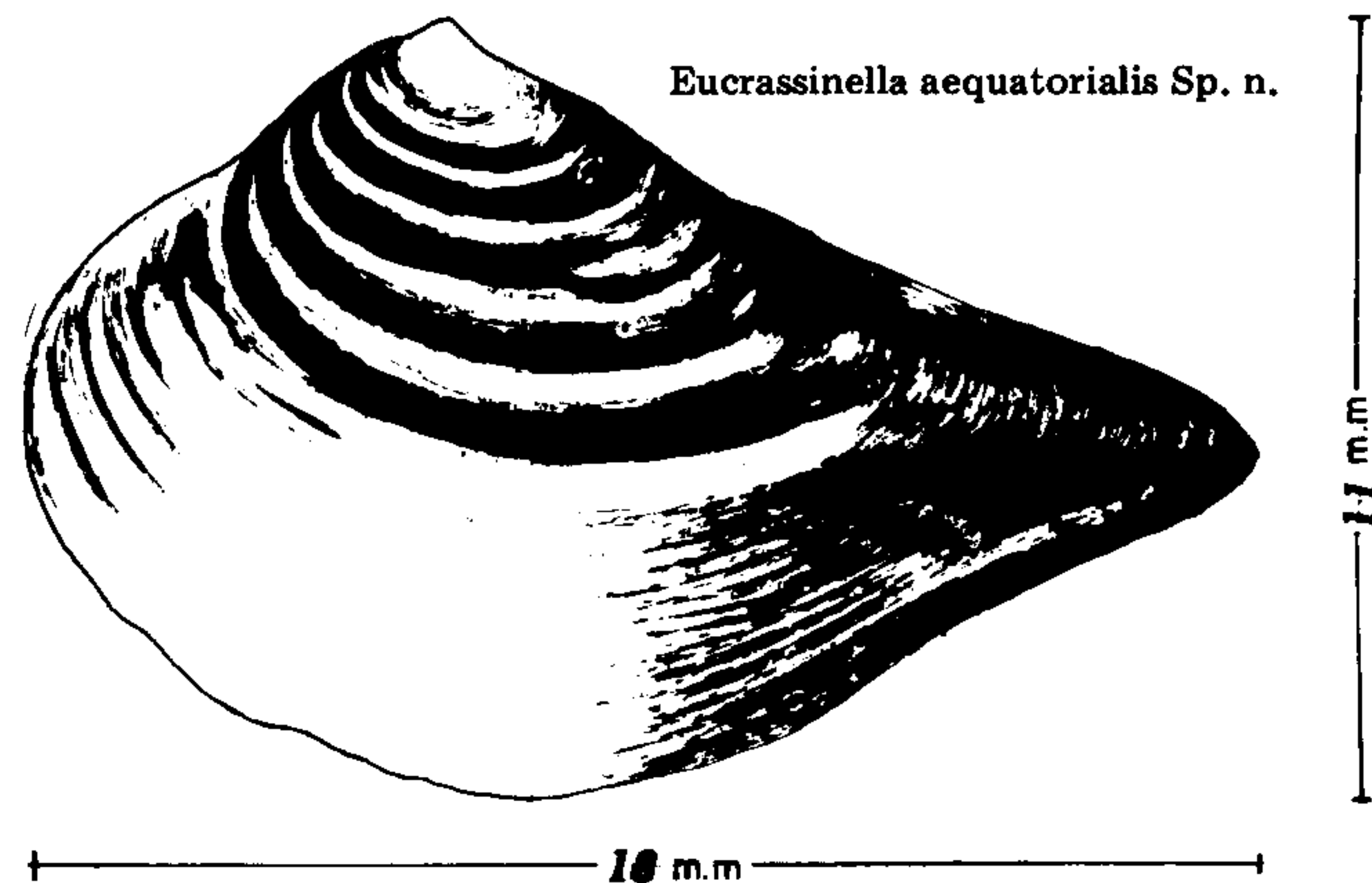


Fig. 7 Lado externo de una valva izquierda mostrando su escultura y el umbo.

NUEVAS LOCALIDADES Y HUESPEDES PARA THALASSOMYCES FAGEI (BOSCHMA) [(ELLOBIOPSIDAE, PROTISTA (INCERTAE SEDIS))*

Por:

MATILDE CORNEJO DE GONZALEZ ((1)

TARSICIO ANTEZANA JEREZ (2)

RESUMEN

A *Thalassomyces fagei* (Boschma) se lo encontró como parásito de *Euphausia distinguenda*, extendiendo así la distribución de estos huéspedes-parásitos para el Pacífico Ecuatorial Oriental.

El mismo parásito se lo encontró en *Nyctiphanes simplex*, en muestras provenientes de las islas Galápagos, siendo ésta la primera cita para el área del Pacífico.

ABSTRACT

Thalassomyces fagei is recorded for the first time on the euphausiid *Nyctiphanes simplex* collected in the Chile-Peru Current and Galapagos Islands. The same parasite is found also on the euphausiid *Euphausia distinguenda* in waters near Ecuador having being both recorded in the Arabian Sea before.

A list, completed after Kane (1954), Vader (1973) and Wing (1975) containing the genera of the *Ellobiopsidae*, the species of *Thalassomyces* and the hosts of *T. fagei* is given.

INTRODUCCION

Con el nombre de epibiontes se define a aquellos organismos que viven en la superficie externa de otros organismos sin causarles daño aparente (comensales) o que les provocan algún efecto negativo en el crecimiento y/o sobrevivencia individual o poblacional (ectoparásitos); se exceptúan los predadores cuyo efecto es la muerte instantánea por ingestión, lo que podría considerarse como un caso de parasitismo extremo.

En el ambiente marino ambos tipos de interacciones se manifiestan con gran exhuberancia en el ambiente litoral, no así en cambio en el ambiente pelágico; aquí predominan los casos de parasitismo y en la mayoría de los casos el endoparasitismo (al menos en la literatura), sobre todo en organismos explotados comercialmente.

Entre los organismos pelágicos, los crustáceos son notorios por servir de substratos a epibiontes y parásitos.

Tregouboff y Rose (1957), señala que un gran número de ellos llevan quistes foréticos de peridíneos, infusorios apostomas, acinetos y ellobiópsidos; estos últimos se integran en una familia que para muchos investigadores (Boschma, 1949; Mc Cauley, 1962; Collard, 1966; Wing, 1975 y otros) tiene entre los Protista la categoría de *incertae sedis*; la familia Ellobiopsidae ha sido incluida por sus afinidades entre los hongos (de ahí su nomenclatura morfológica), los dinoflagelados, las algas incoloras y

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

(2) Departamento de Oceanología, U. de Chile. Cas. 13-D. Viña del Mar.

* Trabajo presentado a las Segundas Jornadas Ecuatorianas de Biología, Guayaquil, Noviembre/78.

los protozoos.

La familia está constituida por aproximadamente 18 especies agrupadas en 5 géneros muy diversos entre sí: *Ellobiocystis* Coutiere, 1911; *Ellobiopsis* Caullery, 1910; *Parallobiopsis* Collins, 1913; *Rhizellobiopsis* Hovasse, 1926 y *Thalassomyces* Niezabitowski, 1913.

El género *Thalassomyces* (*Amallocystis*, Fage 1936) está constituido por 12 especies parásitas únicamente de anfípodos, misidáceos, eufáusidos y decápodos; ellas son en orden alfabético:

T. albatrossi Wing (1975)
T. boschman Nouvel (1953)
T. californiensis Collard (1966)
T. capillosus Fage (1938)
T. fagei Boschma (1948)
T. fasciatus Fage (1936).

T. marsupii Kane (1964)
T. niezabitowskii Hoenigman (1960)
T. nouveli Hoenigman (1954)
T. racemosus Coutiere (1911)
T. spiezakobii Niezabitowski (1913)
T. umbellatus Boschma (1949)

Diversos problemas relacionados con los elobiópsidos que incluyen: descripción, claves de identificación y lista de géneros y especies, distribución, reproducción, etc., han sido revisados recientemente por Kane (1964), Collard (1966), Galt y Whisler (1970), Vader (1973) y Wing (1975).

El material estudiado en este trabajo proviene de muestras de plancton colectadas en 1.- Aguas oceánicas del Ecuador durante el 3er. Crucero del BAE. "Orión" del Instituto Oceanográfico de la Armada, 2.- Aguas del Archipiélago de Colón (Galápagos) durante la expedición Krill Cr.3 a bordo del R.V. "A. Agassiz" de Scripps Institution of Oceanography, y 3.- en aguas del norte de Chile durante la Expedición MARCHILE VI, a bordo del A.G.S. "Yelcho" de la Armada de Chile. Agradecemos a los científicos y tripulantes responsables de la colección del material planctónico en esos cruces por habernos posibilitado su estudio.

RESULTADOS

Las especies del género *Thalassomyces* se diagnostican por poseer un órgano de fijación de compleja estructura, provistos de gruesas ramificaciones radiculiformes que se introducen en el tejido del huésped (Kane, 1954). *T. fagei* se caracteriza por poseer entre 10 a 50 trofómeros, cada uno de los cuales posee entre 1 y 9 gonómeros (generalmente 4), siendo el terminal de forma globular-oval. Esta especie es el único elobiópsido parásito de eufáusidos, y vive solamente sobre el dorso de los somitos torácicos de estos crustáceos planctónicos.

En el material examinado *T. fagei*, se encontró adherido sobre la línea media dorsal del caparazón de un macho de *Euphausia distinguenda*, 12,5 mm de longitud (fig. 1). El parásito tenía 14 trofómeros dispuestos radialmente respecto al pedúnculo primario con 3-6 gonómeros por trofómeros, los gonómeros terminales medían entre 0,12 y 0,18 mm de diámetro (fig. 2). *T. fagei* había sido citada como parásito de 3 hembras, 11 machos y 2 juveniles de *E. distinguenda* capturados en el Mar de Arabia, (Wiegmann, 1970); en esta oportunidad se encontró en 00°57' S. y 84°03' W, extendiendo así la distribución de este par de huésped-parásito al Pacífico Ecuatorial Oriental.

También se encontró *T. fagei* en 3 especímenes hembras de *Nyctiphanes simplex* (que medían 7,5 mm, 7,2 mm y 9,8 mm respectivamente) capturados cerca de Islas Galápagos en 00°50' S. y 89°39' W; el parásito estaba adherido en el último segmento torácico en dos de ellos y sobre el área hepática en el tercero; presentaba entre 6 a 9 trofómeros y de 3 a 4 gonómeros por trofómeros; los gonómeros medían entre 0.06 a 0.10 mm de diámetro y algunos estaban recién en formación.

N. simplex cuya dispersión latitudinal alcanza 38 S (Antezana, in litteris), fue capturada en la

Corriente de Chile-Perú en 20°16' S. y 72°51' W. Se trató de una hembra de 8.33 mm de longitud, sobre cuya área hepática se encontraba adherido el parásito (fig. 3) éste presentaba 25 trofómeros con 1 a 6 gonómeros por trofómeros; los gonómeros terminales tenían 0,09 a 0,10 mm de diámetro, algunos se encontraban en formación y otros en la fase de postesporulación (fig. 4).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los huéspedes de *T. fagei* de las Islas Galápagos mostraban una apariencia algo diferente en comparación a los no parasitados; eran más delgados, la cutícula de su esqueleto era más frágil y el tamaño mucho menor.

En esta la primera cita de *T. fagei* en *N. simplex* en estas áreas del Pacífico. La lista de huéspedes de *T. fagei* queda así constituida por las siguientes 21 especies ordenadas alfabéticamente:

<i>Euphausia diomedae</i>	<i>Euphausia tenera</i>
<i>Euphausia distinguenda</i>	<i>Euphausia vallentini</i>
<i>Euphausia frigida</i>	<i>Meganyctiphanes norvegica</i>
<i>Euphausia hemigibba</i>	<i>Nematoscelis difficilis</i>
<i>Euphausia krohnii</i>	<i>Nyctiphanes australis</i>
<i>Euphausia lucens</i>	<i>Nyctiphanes capensis</i>
<i>Euphausia pacifica</i>	<i>Nyctiphanes simplex</i>
<i>Euphausia pseudogibba</i>	<i>Thysanoessa gregaria</i>
<i>Euphausia recurva</i>	<i>Thysanoessa inermis</i>
<i>Euphausia sanzoi</i>	<i>Thysanoessa raschii</i>
<i>Euphausia similis</i>	

Esta extensa lista de huéspedes de *T. fagei* (única y exclusivamente eufáusidos) demuestra la gran especificidad parasitaria observada no tan sólo en esta especie, sino en los representantes del género *Thalassomyces* y de la familia *Ellobiopsidae*; especificidad entendida en el sentido de Baer (1971) como un alto grado de intimidad que existe entre un parásito y un huésped o grupo de huéspedes ecológica o filogenéticamente emparentados. En este caso (*T. fagei* y especies de eufáusidos), ambas poblaciones habrían tenido una larga y común historia evolutiva que se remontaría a las primeras etapas de la especiación en el orden *Euphausiacea*.

Por ello podemos esperar que este parasitismo tenga un efecto reducido sobre los eufáusidos, si no a nivel individual, al menos poblacional. Observamos además que los huéspedes son en su mayor parte de hábitos pelágicos y también pertenecientes a géneros eminentemente endémicos de la zona epipelágica (*Euphausia*, *Meganyctiphanes* y *Nyctiphanes*); ello viene a indicar que tal especificidad parasitaria estaría fuertemente determinada por factores ecológicos más que por factores puramente filogenéticos.

Desde un punto de vista experimental, no se ha logrado resultados definitivos sobre el efecto del parásito en el metabolismo del huésped-individuo, aunque se supone que es múltiple y que el parásito actúa sobre la gametogénesis, ecdisis y nutrición del huésped. Poco o nada se sabe sobre su efecto como factor de regulación de la población, aunque suponemos que es importante a nivel de individuo o deme, pero secundario a nivel de especie. Se ha observado a este respecto, que el parásito ocurre en animales de diversas tallas, que éstos encuentran en diversas fases de la gametogénesis y que infestan un gran número de especímenes en ciertas épocas del año (Mauchline, 1966); por otra parte Collard (1966) observó en un período de horas y días, la formación de nuevos gonómeros, su degeneración y quizás un modo de esporulación. Estas observaciones llevarían a suponer un rápido crecimiento del parásito y una esporulación e infestación masiva de la población huésped bajo determinadas condiciones ecológicas. Como factor de mortalidad, el parasitismo de *T. fagei* pareciera ser puntual, iterativo, pero importante a nivel individual y reducido a nivel específico.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su reconocimiento al Director y Sub-director del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador; a la Organización de los Estados Americanos (OEA), por su Proyecto Multinacional de Ciencias del Mar y al Departamento de Oceanología, Universidad de Chile, por el apoyo y colaboración en la realización del presente trabajo.

Así como a la Srta, Nora Aguirre del Departamento de Oceanología por las fotografías que aparecen.

BIBLIOGRAFIA

- Antezana, T. In Litteris. Distribución y Zoogeografía de los Eufáusidos epipelágicos de Chile (Crustacea, Zooplankton). *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*.
- Baer, J. G., 1971. Les parasites. Edic. Guadarrama S.A. Madrid (en español). 256 pp.
- Boschma, J., 1949 Ellobiopsidae. "Discovery" Rep. 25:281-314.
- Collard, S. B., 1966 *Thalassomyces californiensis* sp.n.; a parasite of the nervous system of a shrimp, *Pasiphaea emarginata* Rathbun K. Ned. Akad. Wet., Proc. Ser. C. Biol. Med. Sci. 69 (1):37-49.
- Caullery, M., 1910 *Ellobiopsis chattoni* n.g., n.sp. parasite de *Calanus helgolandicus* Claus, appartenant probablement aux Peridiniens. *Bull. Sci. Fr. Belg.* 44:201-214.
- Collin, B., 1913. Sur un Ellobiopside nouveau, parasite des; Nebalies (*Parallobiopsis* coutiere n.g., n.sp.) *C. R. Acad. Sci. Paris* 156:1331-1333.
- Coutiere, H., 1911 Les Ellobiopsidae des crevettes bathypelagiques. *Bull. Scient. Fr. Belg. Ser. 7*, 45:187-207.
- Fage, L., 1936 Sur un Ellobiopside nouveau *Ammalocystis fasciatus* g. et. sp. nov., parasite des Mysidacés bathypelagiques. *N. et. R.* 145-154.
- Galt, J. H. y H. C. Whisler, 1970 Differentiation of flagellated spores in *Thalassomyces* ellobiopsid parasite of Marine Crustaceae. *Arch. Mikrobiol.* 71.
- Hoenigman, J. 1954 Novostic Področja Jadranskega Zooplanktona. (O najdbi ellobiopsidov) (Fr. summ.) *Biol. Vestn.* 3:106-116.
- Hoenigman, J. 1960 Faits Nouveaux concernant les Mysidaces (Crustacea) et leurs epibiontes dans l'Adriatique *Rapp. P.V. Reún. Comm. Int. Explor. Sci. Mer Mediterr.* 15: 339-343.
- Hovasse, 1926 *Parallobiopsis coutiers* Collin., Morphologie, cytologie, évolution, affinité des Ellobiopsides *Belgique.* 60:409-446.
- Kane, J. E., 1964 *Thalassomyces marsupii*. a new species of ellobiopsid parasite on the hyperiid amphipod *Parathemisto gaudichaudii* (Guer). *N.Z.J. Sci* 7:289-303.
- Mauchline, J., 1966 *Thalassomyces fagei*, an ellobiopsid of the euphausiid crustacean, *Thysanoessa raschii*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 46:531-539.
- Mc Cauley, J. E., 1962 Ellobiopsidae from the Pacific. *Science (Wash., D. C.)*. 137:867-868.
- Niezabitowski, E. L., 1913 Pasorzyty roslinne morskich rakow glebinowych rodzaju *Pasiphaea* Kosmos, *Lwow.* 38:1563-1572.
- Nouvel, H., 1953 Un Ellobiopsidae nouveau (*Ammalocystis boschmai* n. sp.) parasite d'un Mysidacé en Méditerranée. *Vie. Milieu* 4:57-58.
- Tregouboff, G. H. y Rose, 1957. Manuel de Planctonologie Méditerranéene, tome I y II CNRS. Paris

587 pp. 207 láminas.

Vader, W., 1973 A bibliography of the Ellobiopsidae, 1959-1971, with a list of *Thalassomyces* species and their hosts. *Sarsia* 52:175-180.

Weigmann, R., 1970 Zur Ökologie und Ernährungsbiologie der Euphausiacean (Crustacea) im Arabischen Meer, *Meteor Forsch. Ergebn. Ser. D.*, 5:11-52.

Wing, B. L., 1975 New records of Ellobiopsidae (Protista (incertae sedis)), from the North Pacific with a description of *Thalassomyces Albatrossi* n. sp., a parasite of the mysid *Stilomysis major*. *Fish. Bull. U.S.* 73(1):169-185.



Fig. 1 Macho de *Euphausia distinguenda*, Hansen con *Thalassomyces fagei*, Boschma sobre su cefalotórax.

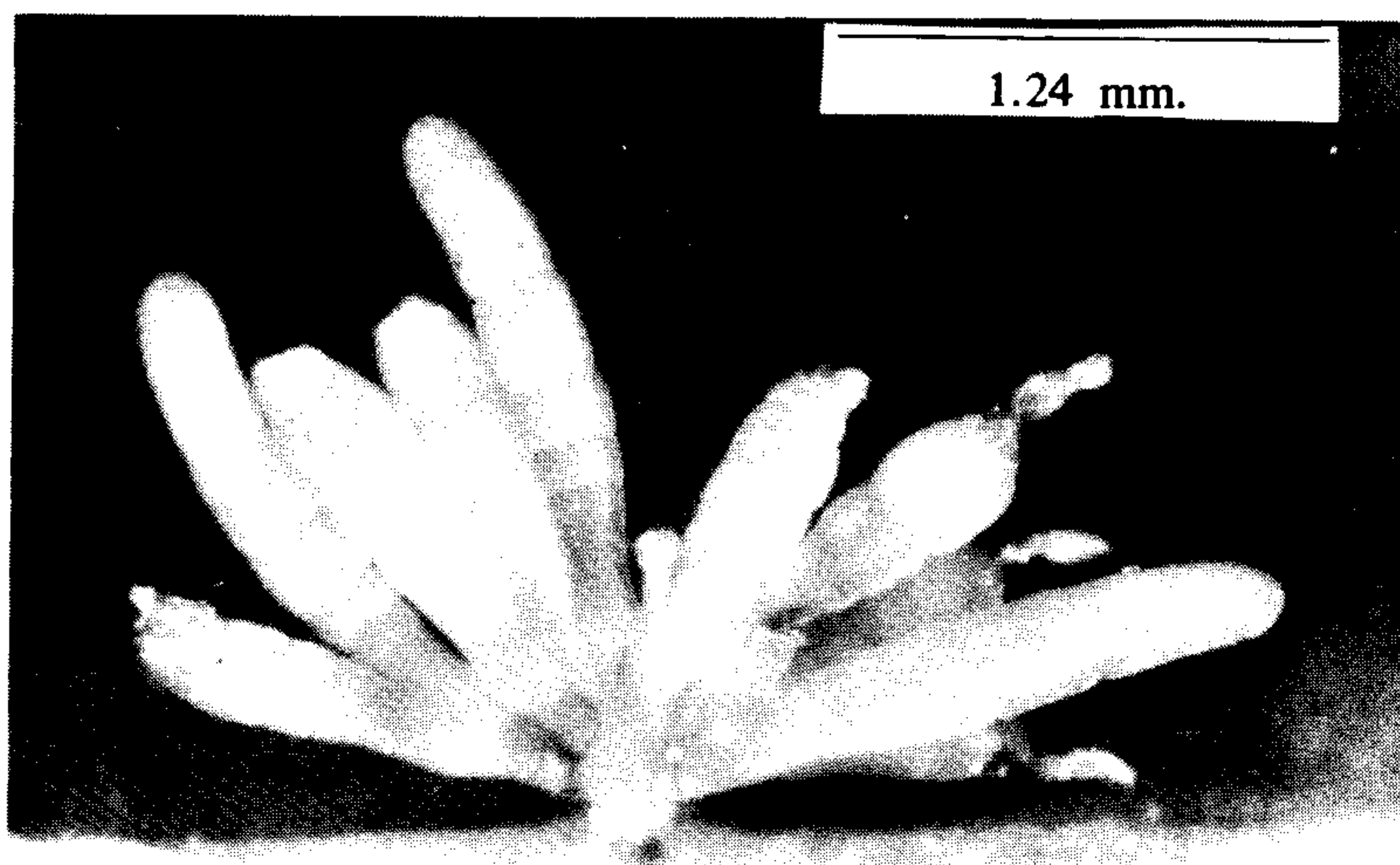


Fig. 2 *Thalassomyces fagei*, Boschma, sobre el cefalotórax de *Euphausia distinguenda*.

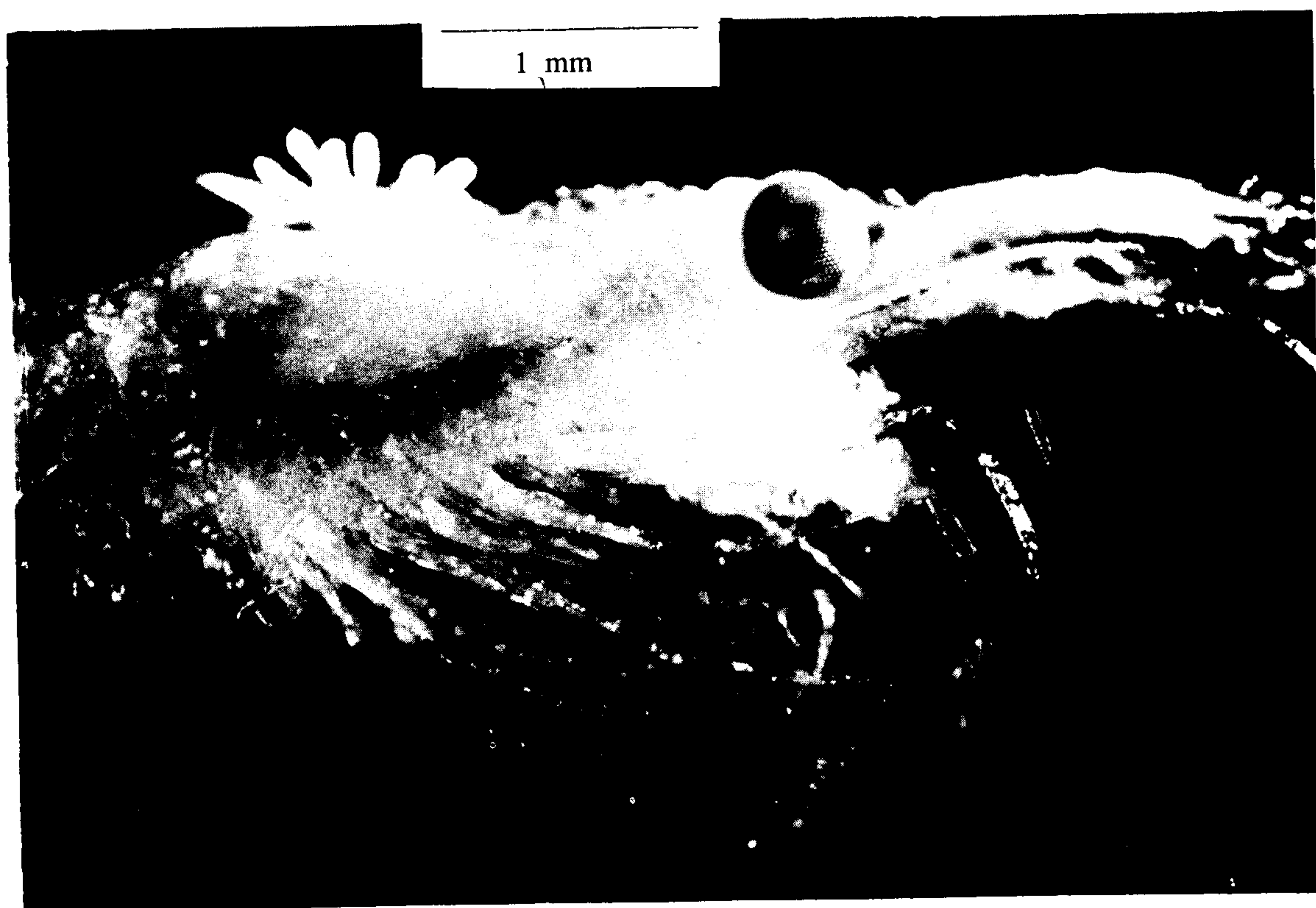


Fig. 3. Hembra de *Nyctiphanes simplex*, Hansen con *Thalassomyces fagei*, Boschma.

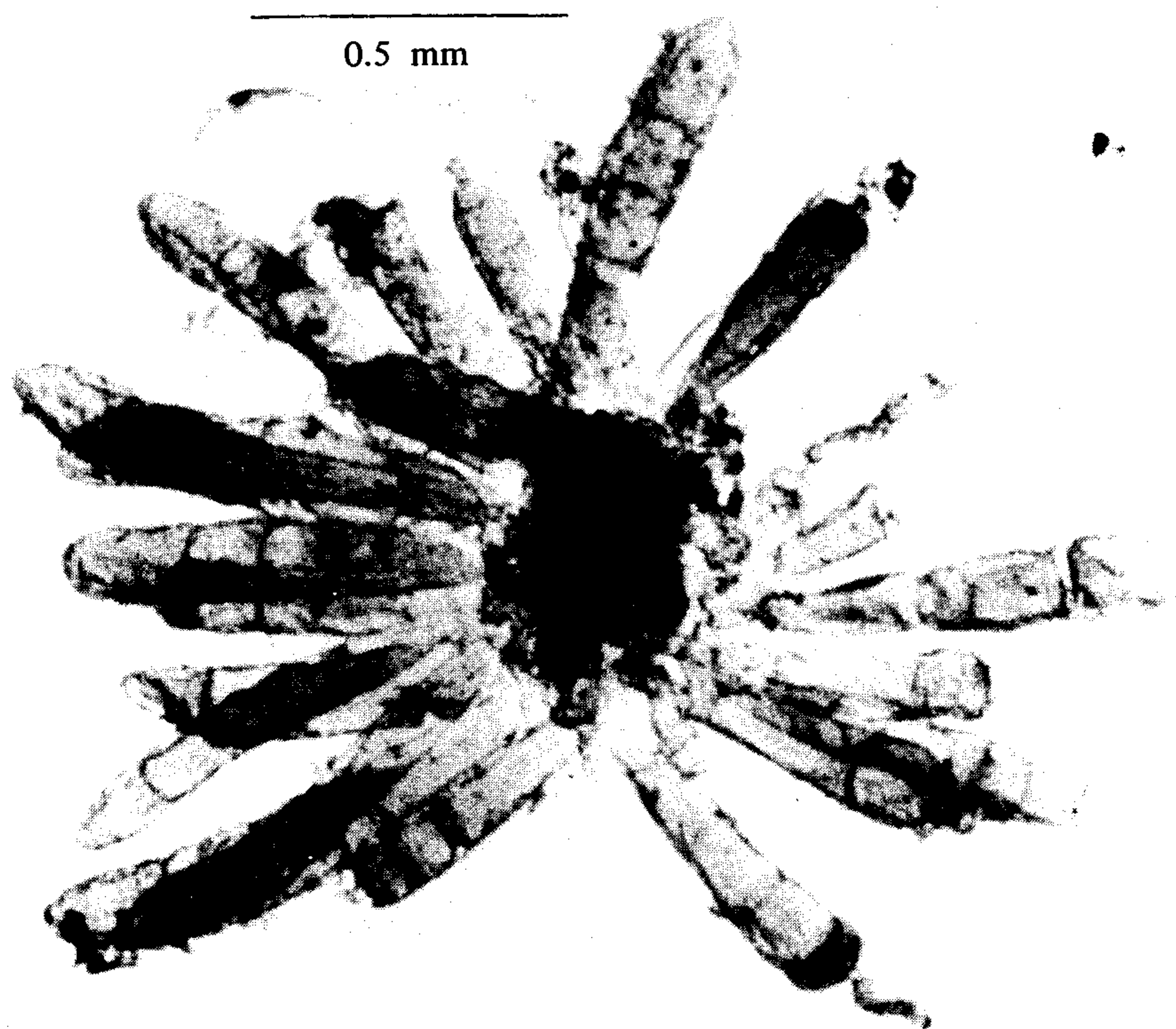


Fig. 4. *Thalassomyces fagei*, Boschma, sobre el cefalotórax de *Nyctiphanes simplex*.

LISTA DE LA FAUNA SUBLITORAL BENTONICA DEL ESTERO SALADO INFERIOR, ECUADOR.

Por:

MANUEL CRUZ (1)

MATILDE DE GONZALEZ (1)

ELENA GUALANCAÑAY (1)

FRANCISCO VILLAMAR (1)

RESUMEN

La siguiente lista de la fauna bentónica está basada en el análisis de 22 muestras colectadas en el Estero Salado (fig. 1), durante dos salidas de campo en Octubre de 1978. En su mayoría las muestras fueron colectadas usando una pequeña draga de arrastre bentónico para rocas, con una red cuya abertura de malla de pulgada y media, cubierta con una lona protectora. Pocas muestras fueron colectadas con una pequeña draga Van Veen. La draga de arrastre muchas veces se taponaba con el sedimento y hacia posible coleccionar animales pequeños que se encontraban en el lodo con arena. A bordo las muestras fueron tamizadas en mallas de 2 mm y 1 mm; los animales separados de los tamices se preservaron en formol neutralizado. La salinidad y temperatura de la superficie del agua fue determinada en varios puntos del área muestreada.

ABSTRACT

The following list of benthic fauna is based upon an analysis of 22 benthic samples these samples were collected in two cruises in October, 1978 in the Estero Salado (figure 1). Most of the samples were collected using small rock dredge fitted with a net of one half inch mesh covered with a canvas protector. A few of the samples were collected with a small Van Veen grab. The dredge often became clogged with sediments and therefore it was possible to collect some of the small animals which remained embedded in the mud with sand. Samples were sieved through 2mm and 1mm sieves, the animals removed, and this sorted material preserved in neutral formalin. The salinity and temperature of the surface water was determined at several points throughout the area sampled.

RESULTADOS

El Estero Salado es largo y en su final no recibe aporte de ríos (fig. 2), se extiende desde el Canal del Morro al Sur hasta cerca de Guayaquil en su parte superior. Esto es parte de un sistema del río Guayas y pudo haber sido en un tiempo, el mayor conductor del río Guayas; sin embargo, hasta la presente fecha no hay persistencia del río en el estuario. Los aportes de agua dulce para este estuario son:

- 1.— Un pequeño transporte de agua dulce desde el río Guayas a través del Canal Puná o Cascajal; aunque la salinidad del agua transportada tiene usualmente 25 a 30‰ este flujo es probablemente el mayor origen (por volumen) de agua dulce para el Estero Salado. Esta agua mezclada, más el agua del Golfo de Guayaquil a través del Canal del Morro es transportada a los estuarios por las corrientes producidas por las mareas.

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

- 2.— En las estaciones lluviosas, el agua dulce va por los riachuelos a los canales del estuario superior.
- 3.— El influjo de agua dulce de aguas servidas provenientes de Guayaquil ha sido estimado aproximadamente en 100 L/seg. (Arriaga, 1976).
- 4.— Una pequeña cantidad de agua desde el río Guayas puede entrar al Estero Salado a través del Estero Cobina, los barcos pasan por la exclusiva entre el río Guayas y Cobina.

Durante Octubre y Noviembre de 1978, en el período de este estudio, la salinidad del Estero fue relativamente alta (25-30 ‰) desde Puerto Nuevo a Posorja. Las salinidades en el Estero, particularmente por Puerto Nuevo, es muy variable de año a año. Suéscum y Olaya (1976) midieron la salinidad de superficie y cerca del fondo entre Puerto Nuevo y Guayaquil en sus estudios la salinidad varió entre 6.5 y 14.4‰ dependiendo de su localización, ellos encontraron solamente una diferencia de más o menos 2‰ en las estaciones entre las épocas estacionales húmeda y seca. En cambio Arellano (comunicación personal), del Departamento de Ciencias Marinas de la Politécnica del Litoral ha medido salinidades sobre 33‰ en el Estero Salado de Guayaquil; Murray, et-al (1973) reportó una salinidad de 29‰ junto a Guayaquil. Agregando a estas observaciones de salinidad; Cruz, R. (1974) reportó la presencia de bancos de *Crassostrea corteziensis* muertas, en la zona intertidal del Estero Salado superior y supone los motivos a salinidades bajas en el pasado.

Para el Estero Salado inferior, Pesantes (1975) reportó salinidades que variaron desde 22 a 24‰ en la estación húmeda y 30 a 31‰ en la estación seca. No hay períodos largos o continuos sobre la salinidad en algún lugar o estación del Estero Salado, lo que hace imposible explicar las variaciones de un tiempo a otro y de lugar a lugar. En resumen parece que el Estero Salado, como su nombre lo indica es un estuario de alta salinidad con solo ligeros cambios desde el estuario inferior hasta el superior, pero posiblemente con cambios significantes de un año a otro, dependiendo de la intensidad de lluvias en la estación húmeda o lluviosa.

Una segunda característica del Estero Salado que no es usual para los estuarios de este tamaño es la profundidad de los canales. Estos canales tienen de 5 a 10 metros de profundidad a través de su extensión, excepto en los brazos pequeños del estero superior, donde llegan a ser menos profundos. El mantenimiento de la profundidad de esos canales es probablemente el resultado de fuertes corrientes de las mareas las cuales permiten la acumulación de sedimentos solamente en áreas protegidas por puntillas o mangles.

Las mareas diurnas en el Estero Salado varían desde aproximadamente 3 metros cerca de Posorja, 3.5 metros cerca de Puerto Nuevo y 4 m, junto a Guayaquil. La corriente de la marea en el estuario del río Guayas, puede ser muy fuerte (sobre 100 cm/seg; Murray, et.al., 1973).

Esas corrientes son muy importantes en el control de la distribución de las comunidades bentónicas, tipo de sedimento, la distribución de larvas, y los efectos directos en el crecimiento y fisiología de los animales. Las corrientes provocan una fuerte mezcla que tiende a homogenizar las características físicas y químicas del agua, tanto horizontal como verticalmente.

Hay pocos reportes disponibles sobre la disponibilidad de nutrientes del Estero Salado. Pesantes (1975) reportó concentraciones de nitrito (0.3 a 0.4 mlgr/L), fosfato (2 ugat/L) y silicato (60 a 80 ugat/L) para el estero inferior, sin embargo nitrato y amonio, los dos nutrientes primarios del fitoplancton no fueron medidos. En la parte del estero superior Suéscum y Olaya (1976) reportaron nitrato (7 a 30 ugat/L), nitrato (0.04 a 9.3 ugat/L) y fosfato (0.5 a 19 ugat/L) los cuales sugirieron un enriquecimiento considerable debido a la ciudad de Guayaquil, sin embargo en la vecindad de Puerto Nuevo y también en el Estero Salado inferior, las aguas permanecen limpias (leve marea) indicando relativamente una baja biomasa del fitoplancton comparado a lo que podría haberse esperado.

Allí no ha habido estudios completos de la distribución de nutrientes en el Estero Salado, ni en el espacio, ni en el tiempo, tanto que la extensión del enriquecimiento de los nutrientes es desconocido.

Las características geológicas del Estero Salado han sido reportadas detalladamente por dos autores; Cruz (1974) y Benites (1975). El tipo de sedimento presente en el fondo del estuario es la primer variable, la cual controla la distribución de las comunidades bentónicas. Esto es verdad en el Estero Salado donde la salinidad es muy uniforme en muchas partes del estuario. Los tipos de sedimentos presentes son: grava, arena, limo y arcilla con diferentes *habitats* definidos por las varias mezclas y texturas de estos sedimentos es extremadamente parchado y no puede ser pronosticado (especialmente cerca de la costa) en base a los estudios ya mencionados.

En la presente investigación casi todas las estaciones tuvieron diferentes tipos de sedimentos y unas diferentes comunidades de animales. Por esta razón es obvio que esta lista de especies es justamente un comienzo, ya que cientos de muestras debían de ser tomadas y analizadas para hacer una lista completa de la fauna del Estero Salado.

En las muestras colectadas, el sedimento más común encontrado fué moderadamente suave, como el limo-arcilloso. La consistencia de este sedimento implica que el fondo tiene una capa de limo sobre una profunda arcilla consolidada. Estos sedimentos tienen pocos animales. En otras muestras que tuvieron menor lodo, se obtuvo una colección más diversa de animales. La principal diferencia entre las muestras fue que las comunidades de la infauna parecen ser improvisadas, ambas en especies y biomasa, pero las muestras que contenían substrato duro (conchas, gravas y rocas) tuvieron una comunidad muy diversa de animales epibénticos. Tres comunidades epibénticas fueron encontradas.

- 1.- **Arrecife de Sabellaria.**— Entre la Isla Zapatero y la Isla Manglecito cerca de Posorja, en aguas poco profundas, es un arrecife el cual está compuesto por granos de arena cementados que forman tubos de poliquetos del género *Sabellaria* sp. Entre los tubos, hay espacios los que proveen lugares adecuados para que viva una diversa fauna de poliquetos, artrópodos y equinodermos.
- 2.- **Conchas, fondo gravoso.**— Lejos del punto norte y sur de la entrada del estero Sabana Grande en el Estero Salado, hay fondo gravoso con conchas las cuales tienen una fauna rica y diversa. Se incluyen en esta fauna los celenterados, poliquetos, moluscos, artrópodos y equinodermos.
- 3.- **Arrecife de Mytella.**— Aproximadamente en la mitad del Estero Salado a unos 2 km. al norte de Punta Brava, a poca profundidad y cerca de la playa el tipo de sedimento es arena-limosa, cubierto de grandes rocas suaves. Estas rocas son el substrato de grandes poblaciones de *Mytella strigata* y una comunidad asociada de celenterados, poliquetos, moluscos y artrópodos. Las rocas generalmente están perforadas por bivalvos y poliquetos.

La fig. 1 es un mapa de las localizaciones donde las muestras de la fauna bentónica fueron colectadas, identificadas y sus nombres listados aquí. Todos estos animales vienen de los fondos sublitorales localizados por lo menos a diez metros desde la orilla. No fue posible obtener organismos en la mitad del canal, porque no habían animales bentónicos o se escaparon a través de la malla de pulgada y media de la draga de arrastre. Todas las muestras se las obtuvo desde el Estero Salado medio al inferior. La lista podría ser ampliada considerablemente por colecciones intertidales en los manglares, en el lodo y especialmente en la arena, entre la isla Escalante y la isla Puná, debido a las grandes distancias entre las muestras colectadas para este estudio es imposible plotear o realizar distribuciones y abundancias de las especies y por lo tanto delimitar las diversas comunidades bentónicas.

La siguiente lista de la fauna incluye muchos especímenes los cuales han sido identificados solamente a nivel de filo como: Briozoa con 3 especies. En otros grupos se llegó a nivel de clase como: Hidrozoa con 3 especies, Antozoa con 2 especies, Turbellaria con 1 especie y Ascidiacea con 1 especie. En el filo Echinodermata fue posible identificar el género: *Encope* y las especies: *Ophiolepis va-*

riegata Lutken y *Ophiothrix spiculata* Le Conte.

Este trabajo fue preparado por un grupo de biólogos del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador con la cooperación del Dr. William W. Kirby-Smith del Laboratorio Marino de la Universidad de Duke, quien trabajó en INOCAR como asesor de O.E.A, a través del Proyecto Multinacional de Ciencias del Mar.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a las personas e instituciones que nos apoyaron para llevar a cabo este listado:

Al Director y Jefe del Departamento de Ciencias del Mar del Instituto Oceanográfico de la Armada.

A la Organización de los Estados Americanos por el financiamiento del Proyecto: "Estudio de los Ecosistemas Neríticos Tropicales".

También al Dr. William W. Kirby-Smith por su valiosa colaboración como asesor y al Sr. Victor Mesías quien hizo las ilustraciones.

BIBLIOGRAFIA

- Alvariño, A., 1970. Study of Albacore catches in the Pacific. Proceedings; Twenty-First Tuna conference. Univ. of California U.S.A.
- Alvariño, A. 1976. El zooplancton y la Pesca. Mem. Simp. Recur. Pesq. Masivos México. Ensenada, B.C., del 28 de Septiembre de 1976.
- Antezana T. y M.C. de González, 1979. Distribución de los eufáusidos epipelágicos del Ecuador y su validéz como indicadores de masas de aguas (crustacea, zooplancton) Publ. Inst. Ocean. Armada INOCAR Vol. 3 No. 1.
- Cornejo de González, M. 1976. Estudio preliminar de los Eufáusidos en el mar ecuatoriano. Publ. INOCAR CM-BIO-11-76,46 pp. Guayaquil, Ecuador.
- Gromwell, T. and J.L. Reid. 1956. A study of Oceanic Fronts. Tellus VIII (1) 94-101.
- Chin, E. 1970. Southeast Pacific Expedition of the R/V Anton Bruun. General Account Station Lists, and Hydrographic Data. Anton Bruun Reports. Ed. E. Chin. Texas A&M. University Mar. Lab. Galveston, Texas.
- Eastropac Atlas 1974. Biological and nutrient data. Ed. C.M. Love U.S. Depart. of Commerce, Vol. 8 Circ. 330.
- Enfield, D. 1976. Oceanografía de la región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos físicos. Reunión de Trabajo sobre el fenómeno conocido como "El Niño". Guayaquil, Ecuador, 4-12 de Diciembre de 1974. FAO Inf. Pesca, (185): 411 p.
- Forsbergh, E. and J. Joseph 1964. Biological production in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull 8(9): 477-527.
- Frontier, S., 1979. Interfase entre dos ecosistemas ejemplos en el campo de la oceanografía. An. del Inst. Ocean. (en prensa).
- Hasle, G. 1960. Plankton coccolithophorids from the Subantartic and Ecuatorial Pacific. Nytt Magazin for Botanikk Vol. 8.
- Holmes, R.M., M.G. Shaefer y B.M. Shimada 1957 Primary production, chlorophyll and zooplancton volumes in the Tropical Eastern Pacific Ocean. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. 2: 129-169.
- Jiménez, R. 1975. Composición y variaciones del Fitoplancton Marino del Golfo de Guayaquil y áreas adyacentes. Tesis Doctoral Universidad de Guayaquil.
- Jiménez, R. 1976. Oceanografía de la Región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Biológicos. Reunión de Trabajo sobre el Fenómeno conocido como "El Niño". Guayaquil, Ecuador, 4-12 de Diciembre de 1974. FAO Inf. Pesca, (185): 411 p.
- Jiménez, R. 1977. Biomasa y composición del fitoplancton al oeste de las Islas Galápagos, Ecuador, Bol. ERFEN Vol. 1 No.2.
- Jiménez, R. y F. Pesantes 1978. Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. Publ. Ins. Ocean. de la Armada. INOCAR. Vol. 2, No. 1, 30 pp.

water Records Smithsonian Contrib. Zool. No. 221.

- Fauchald, K. 1977b The Polychaete worms Definitions and Keys to the orders, families and general Nat. Hist. Mus. Los Angeles Sc. Series 28:1-190.
- Garth, J.S. 1946 Littoral Brachyuran Fauna of the Galapagos Archipelago. Allan Hancock Pacific Expeditions. Vol. 5 No. 10. Los Angeles California.
- Glaseell, S.A. 1938 Three new Anomuran crabs from the Gulf of California. Allan Hancock Pacific Expeditions. Vol. 5, No.1.
- Gosner, L.K. 1971 Guide to Identification of Marine and Estuarine invertebrate. Ed. John Wiley & Sons, INC.
- Gore, R.H. and L.G. Abele 1976 Shallow water Porcelain crabs from the Pacific coast of Panamá and Adjacent Caribbean waters. (Crustacea: Anomura: Porcellanidae) Smithsonian Contributions to Zoology, No. 237.
- Gualancañay, E. 1978 Foraminíferos Bentónicos Recientes de la Provincia de Manabí (Ecuador). Tesis Doctoral, Univ. Guayaquil, 1-81 p.
- Haig, J. 1960 The Porcellanidae (Crustacea: Anomura) of the Eastern Pacific. Allan Hancock Pacific Expeditions. Vol. 24 California Press.
- Hartman, O. 1939 Polychaetous Annelids Part. I. Aphroditidae to Pisionidae. New Species of Polychaetous Annelids from Southern. California Allan Hancock. Vol. 7, No.1 y 2.
- Hartman, O. 1950 Gonianidae, Glyceridae, Nephtyidae. Allan Hancock Pacific Expeditions. Vol. 15, No. 1: 1-131.
- Hilton, W.A. 1942 Pycnogonids from Allan Hancock Expeditions. Allan Hancock Pacific Expeditions Vol. 5, No.9.
- Keen, A. M. 1971 Sea Shells of Tropical west America Stanford Univ. Press Stanf. Calif. 2da. Edit. 1064 p.
- Manning Raymon, B. 1974 Marine Flora and Fauna of the Northeastern United States Crustacea: Stomatopoda. U.S. Government Printing Office.
- Murray, S.D. Siripong A. and J. Santoro 1973 Circulation and Salinity distribution in the Río Guayas Estuary, Ecuador (Estuarine Research) Coastal Studien Institute, L.S. U. 1-23 p.
- Olsson, A.A. 1961 Mollusks of the Tropical Eastern Pacific Particularly from the Southern Half of the Panamic-Pacific Faunal Province (Panama to Peru) Panamic. Pacific. Pelecypoda. Paceontological Research Institution ITHACA, N.Y. 574 pp. 86 pls.
- Pettibone, M.H. 1949 Polychaetous Annelids of the Polynoidae from the North Eastern Pacific, with a Description of a new species U.S. Nat. Mus., Bull 1414: 1-6.
- Pesantes, V.F. 1975 Distribution de las Propiedades Físicas y Químicas del Golfo de Guayaquil. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, 3:21-37.

- Rathburn, M.J. 1918 The Grapsoid crabs of América. Bull 97, U.S. Mus., 1-46 p. 1-161 pls.
- _____ The Concroid Crabs of America of the Families Euryalidae Portunidae, Atelecy-
chidae, Cancridae and Xanthidae. Bull 152, U.S. Nat. Mus 1-593 p. 1-230 pls.
- _____ The Oxystomatous and Allied crabs of America, Bull, No.166, U.S. Nat. Mus.
1-272 p. pls. 1-86.
- Schmitt, W.L. 1921 The Marine Decapod Crustacea of California, University of Calif. Publ. Zool. Vol.
23, 1-470 p. 1-50 pls., text figs. 1-165.
- Strenth, N.E. 1976 A review of the Systematic and Zoogeography of the Freshwater species of Palae-
monetes Heller of North America (crustacea: Decapoda). Smithsonian Contribu-
tions to Zoology No. 228.
- Suescum, G.T. y S. Olaya, 1976 Estudio Preliminar de Aguas Características de los Esteros del Salado.
Revistas de la Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador, 97-105 p.
- Walton, B. C. 1954 The Genus Pylopagurus (Crustacea: Anomura) in the Pacific with description of
two new Species. Allan Hancock Pacific Expeditions. Vol. 18, No.2.

LISTA DE LA FAUNA BENTONICA DEL ESTERO SALADO INFERIOR

NOMBRES DE LAS ESPECIES	E S T A C I O N E S																					
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
FILUM MOLLUSCA:																						
CLASE BIVALVIA O PELECYPODA:																						
<i>Anadora emarginata</i> (Sowerby)						+		+		+			+	+						+		
<i>Anadara tuberculosa</i> (Sowerby)													+							+		
<i>Anomia peruviana</i> D'Orbigny								+					+							+		
<i>Arcopsis solida</i> (Sowerby)									+	+			+	0								
<i>Argopecten circularis</i> (Sowerby)						+			+				+									
<i>Barbatia gradata</i> (Broderip and Sowerby)						+			+				+									
<i>Cardita affinis</i> (Sowerby)						+			+				+									
<i>Cardita laticostata</i> Sowerby									+				+			+		*		+		
<i>Cardita radiata</i> (Sowerby)						+							+					*			+	
<i>Cyclopecten exquiritus</i> Grau								*														+
<i>Corbula amethystina</i> Olsson		*		0	*	*			+				+					*				
<i>Corbula bicarinata</i> (Sowerby)		+			+								+					+		+		
<i>Corbula biradiata</i> (Sowerby)		+	+															*			+	
<i>Corbula nuciformis</i> (Sowerby)														+		+						
<i>Corbula tenuis</i> (Sowerby)																			+		*	
<i>Corbula tumaca</i> Olsson		+		+																		
<i>Crassinella adamsi</i> Olsson															+							
<i>Crassinella pacifica</i> (C.B. Adams)						+							+	+	+				+	+	+	+
<i>Cumingia lamellosa</i> Sowerby		+							+				+									
<i>Chione subimbricata</i> (Sowerby)						+																
<i>Chione subrugosa</i> (Sowerby)	+								+													
<i>Divalinga perparvula</i> (Dall)														+								
<i>Donax gracilis</i> Hanley				+				+		*			+	+		+				+	+	
<i>Donax mancorensis</i> Olsson										0												
<i>Donax obesus</i> D'Orbigny										*												
<i>Dosinia dunkeri</i> (Philippi)													+					+		+	+	
<i>Felaniella sericata</i> (Reave)					+								+	+						+	+	
<i>Horimetus dombei</i> (Hanley)	+	+			+																	
<i>Glycymeris delessertii</i> (Reeve)						+							+									
<i>Leptopecten velero</i> (Hertlein)						*		+		+			+	+						+	+	+

NOMBRES DE LAS ESPECIES

[illegible]

ESTACIONES

[illegible]

NOMBRES DE LAS ESPECIES	E S T A C I O N E S																						
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Turritella nodulosa King and Broderip					+									+									
Turbonilla sp.				+																			
CLASE SCAPHODA:																							
Dentalium quadrangulare																				+			
Cadulus sp.												+	+										
FILUM ANNELIDA:																							
CLASE POLYCHAETA:																							
ORDEN PHYLODOCIDA:																							
Nereis succinea		0					0																
Nereis sp.				0				0									0	0					
Lepidonotus hupferi					0		0	0															
Lepidonotus croslandi							0																
Sthenelais fusca							0																
Nephtys singularis										0													
Syllis sp.							0																
ORDEN TERESELLIDA:																							
Terebella sp.		0			0	0	0	0										0					
Sabellaria sp.							0	0					0	0									
ORDEN EUNICIDA:																							
Eunice sp.					0													0					
Lumbrineris sp.		0		0	0		0					0	0	0			0	0	0				
Chloea sp.				0																			
Onuphis sp.				0																0			
FILUM ARTHROPODA:																							

[illegible]

NOMBRES DE LAS ESPECIES	ESTACIONES																					
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ANOMURA:																						
<i>Callianassa</i> sp.						0																
<i>Holopagurus</i> sp.?																						
<i>Megalobrachion festai</i>							0															
<i>Megalobrachion</i> sp. "A"							0															
<i>Megalobrachion</i> sp. "B"							0															
<i>Pisidia magdalenensis</i>							0															
<i>Upogebia</i>				0			0															
BRACHYURA:																						
<i>Heterocrypta</i> sp.		0				0	0													0		
<i>Panopeus purpureus</i>														0								
<i>Portunus stanfordi</i> ?					0	0																
<i>Pugettia</i> sp.					0		0															
<i>Uca</i> sp.														0								
<i>Xanthidae</i>					0	0	0	0							0		0	0		0		
FILUM PROTOZOA:																						
CLASE SARCODINA:																						
ORDEN FORAMINIFERIDA:																						
<i>Bolivina acutula</i> Bandy				+																		
<i>Buliminella elegantissima</i> (D'Orbigny)																	+					
<i>Elphidium articulatum</i>																						
(D'Orb.), F. typica (D'Orb.)				+										+	+	+	+	+				+
<i>Elphidium articulatum</i> (D'Orb.), F. spinata																						
Cushman & valentine				+																		
<i>Nonion pizarrense</i> Berry																						
<i>Pseudononion japonicum</i> (Asano)														+	+					+		
<i>Rotalia beccarii</i> (Linne)		*		*										+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trochammina advena</i> Cushman		+		+																		

Nota: Se consideró necesario seleccionar las estaciones para el estudio de los Foraminíferos.

Simbología: 0 = Vivos + = Muertos * = Vivos y Muertos.

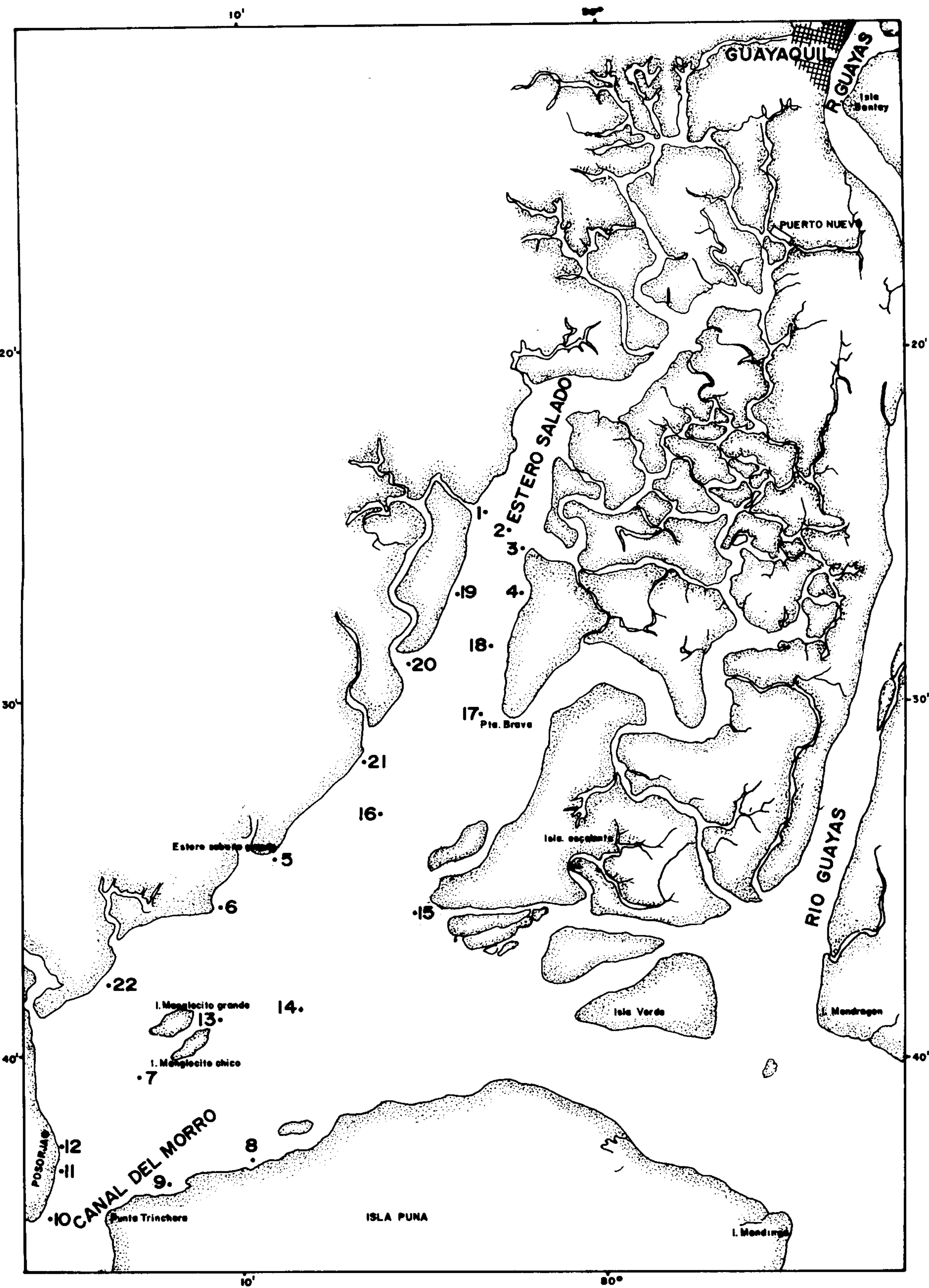


Fig. 1. Posición de las Estaciones en el Estero Salado del Golfo de Guayaquil

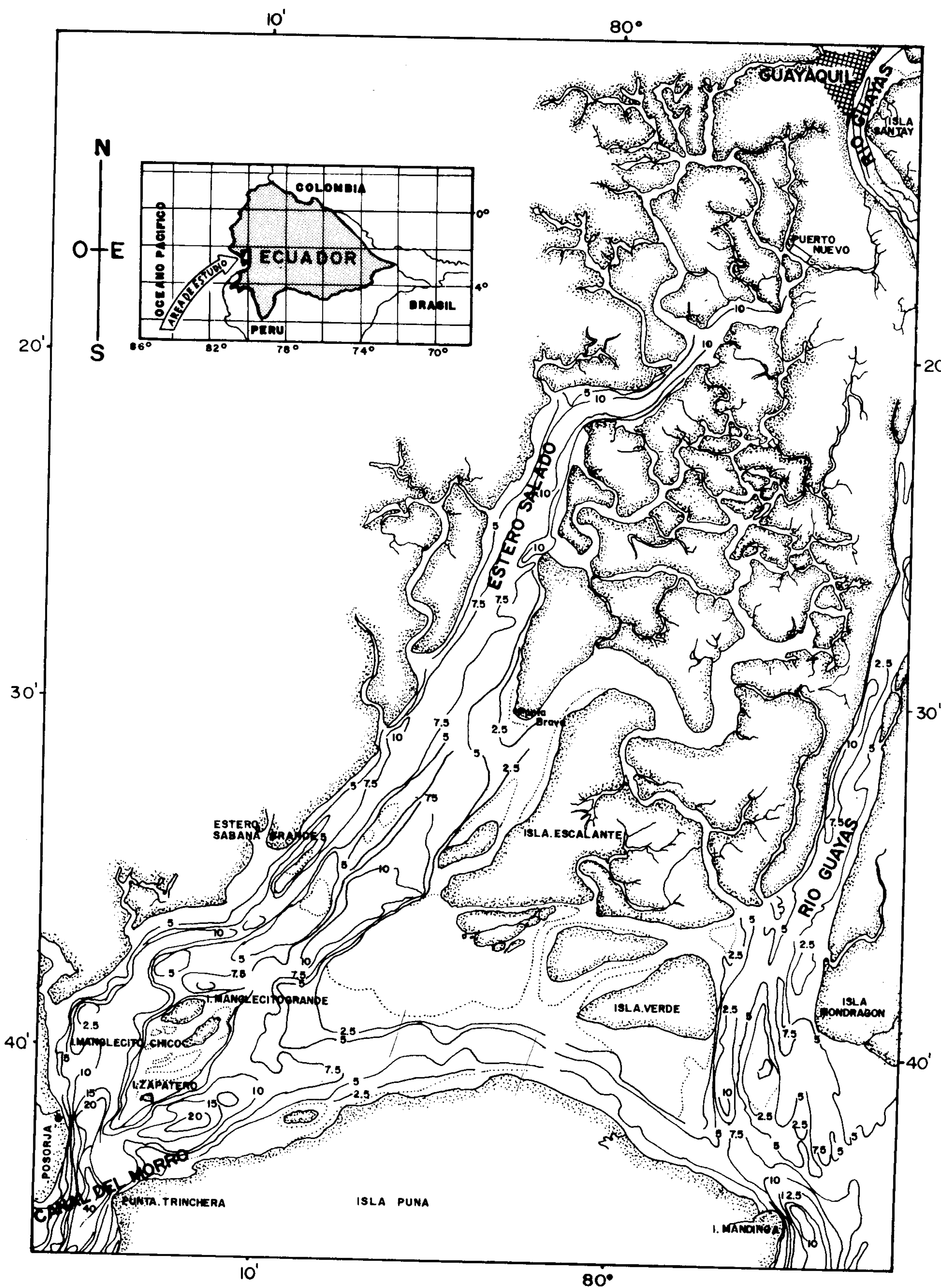


Fig. 2. Mapa del Estero Salado. Golfo de Guayaquil-Ecuador

CORRELACION ESTRATIGRAFICA EN BASE A REGISTROS DE POZOS EN EL GOLFO DE GUAYAQUIL.

Por:

FREDDY SARMIENTO G. (1)

RESUMEN

El presente trabajo se basa en la interpretación de registros eléctricos y convencionales de pozos ubicados en el Golfo de Guayaquil dentro de un área aproximada de 868.911 hectáreas, entre las coordenadas 2° - 4° latitud sur y 80° - 81° longitud oeste. Los perfiles fueron corridos por ADA OIL EXPLORATION CO. entre 1969 y 1972, y mediante su interpretación se elaboraron las columnas estratigráficas respectivas y su correlación con el Graben de Jambelí, se logró determinar el tipo de sedimento predominante en la columna de cada pozo (Amistad 1,2,3,4; Tiburón 1; Esperanza 1). Además se ha realizado el cálculo de los parámetros petrofísicos a ciertos niveles de areniscas seleccionados, que pueden presentar algún interés como reservas de fluido (gas, aceite, o agua), tales como: resistividad de la zona no invadida, densidad de la roca, porosidad, factor de formación, resistividad del agua, saturación de agua, temperatura de formación de las rocas, gradiente geotérmico, salinidad del agua de formación.

ABSTRACT

The present research is based in the electrical and conventional analysis of the well log located at the Gulf of Guayaquil within an area approximate of 868.911 has. between the coordinates 2° - 4° latitude south and 80° - 81° longitude west. These records were run by ADA OIL EXPLORATION CO. between 1969 and 1972; with the data we have obtained stratigraphic columns and performed the correlation analysis of this columns with the Jambelí Graben; the predominant type sediments was determined for each well (Amistad 1,2,3,4; Tiburon 1; Esperanza 1). Also it was performed the petrophysical evaluation at some selected depths of sandstone that could present some interest as fluid reservoir (gas, oil or water), such as: resistivity of no invaded zone, rock density, porosity, formation factor, water resistivity, water saturation, formation temperature of rocks, geothermic gradient, salinity of water formation.

INTRODUCCION

La acumulación de hidrocarburos encuentra condiciones muy favorables en el sistema deltaico, y considerando que en el SW del Ecuador existe el denominado delta del Río Guayas (Faucher y Savoyat, 1973) se han realizado estudios geológicos- geofísicos con el fin de detectar zonas de interés científico y económico. Por el año de 1956 la Manabí Exploration Company elaboró un mapa de contornos aeromagnéticos residual del área Guayas (Calec. Sc. 1:200.000), el cual abarca una gran sección del Golfo de Guayaquil; en 1957 la California-Ecuador Petroleum Company efectuó un desarrollo sísmico en esta zona, cubriendo el área exterior adyacente a la costa sur de la Península de Santa Elena y alrededor de la Isla Puná; posteriormente la Geophysical Associates-International Inc, realizó estudios de magnetometría a lo largo de la costa ecuatoriana; entre 1969 y 1972, el Consorcio del Golfo mediante su operador ADA de Exploración Petrolera C.A. perforó 9 pozos en esta área que según el cuadro de concesiones petrolíferas vigente en el Ecuador, corresponde al denominado Bloque 11 (Colmont, 1978); resultando sólo 3 de ellos productores (Amistad 1,3,4) con 64.4 millo-

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada, División de Geología Marina, Casilla 5940. Guayaquil-Ecuador.

nes pie^3 /día (aproximadamente 1.8 millones m^3 /día), que aún no están siendo explotados comercialmente. Posteriormente, en 1973 a bordo de la M/N Petrel se llevó a cabo un estudio regional, determinándose en base al análisis de líneas sísmicas, que la parte sur de la Península de Santa Elena, en la costa afuera del Golfo de Guayaquil, es un área de baja reflectividad sísmica.

Actualmente la División de Geología Marina del INOCAR realiza el proyecto "Plataforma Continental del Ecuador" y una de las zonas de mayor interés es precisamente el Golfo de Guayaquil; y es por lo cual con la información disponible se ha considerado conveniente analizar ciertos registros de pozos del campo Amistad (fig.1) hasta 2000 pies de profundidad (aproximadamente 600 metros) para determinar la secuencia litológica subyacente del nivel de plataforma, y algunos parámetros petrofísicos que ayuden a la correlación presentada en el corte C-C' (figura 3). Se considera con los gráficos y resultados expuestos a continuación aportar en algo al estudio hidrocarburífero del Golfo de Guayaquil.

GEOLOGIA REGIONAL

El Litoral Pacífico en la parte occidental ecuatoriana, corresponde geológicamente con una zona de plataforma de rápida subsidencia, afectada preferentemente por movimientos verticales de ascenso o descenso de bloques que originaron una espesa columna de sedimentos cretácicos y terciarios que superan los 12.000 metros y donde las facies cambian rápidamente en profundidad (Padula, 1977) favoreciendo la génesis de hidrocarburos. Por la historia de tectonismo activo (IFP, 1966), características físicas de sus sedimentos, los cuales abarcan un lapso estratigráfico que se extiende desde el Cretáceo Superior al Pleistoceno (Cuaternario) (Fig.2), y la sedimentación que actualmente continúa en el graben de Jambelí; la Cuenca del Golfo de Guayaquil se constituye en un área de excelente predisposición para entrapamientos; conteniendo en su columna sedimentaria a la formación Subibaja (Mioceno inferior a medio) de 500 m de espesor, constituida por limolitas grises con delgadas intercalaciones de areniscas de grano fino y compactas, ricas en foraminíferos con restos de moluscos, que es la productora del gas en los pozos Amistad, existiendo la posibilidad de acuerdo a algunos estudios (Padula, 1977) que debido a su composición litológica más hacia el centro de la cuenca reúna caracteres de roca madre y sea la generadora del gas que contienen los niveles de areniscas en los pozos Amistad.

Facucher y Savoyat (1973) establecen los dominios geológicos bien caracterizados para el graben de Jambelí, el mismo que está limitado por fallas de dirección NNE-SSO que separan al Oeste y al Este de la Isla Puná; al norte un dominio oceánico constituido por zonas costeras con basamento volcánico marino y al sur un dominio continental con basamento metamórfico. En 1974 Gueneau, también estableció que esta área fue sitio de subsidencia y espesa sedimentación (desde el Cretáceo superior en Ecuador), ofreciendo las mejores perspectivas petroleras.

UBICACION DE POZOS

En el corte C-C' de dirección NW-SE (fig.3) se han considerado los 6 pozos siguientes: Tiburón 1, Esperanza 1, Amistad 1,2,3 y 4; cuyas coordenadas geográficas fueron obtenidas de los propios registros de pozos perforados por ADA, y ploteados en el respectivo mapa de ubicación (fig.1).

La ubicación de estos pozos corresponde al bloque 11 del cuadro de concesiones petrolíferas del Ecuador, en vigencia, con una extensión aproximada de 868.911 has. cedidas al consorcio ADA Standard Oil de Nueva Jersey (Colmont, 1978). Además partiendo de las coordenadas geográficas se determinaron las distancias respectivas entre los pozos, en su orden de ubicación en el corte C-C', en millas náuticas y se encuentran tabuladas en la Tabla I, lo cual nos ayudaría a dar una mejor apreciación de la relación litológica entre las columnas estratigráficas.

CORRELACION ESTRATIGRAFICA

En base a los registros litológicos, de Resistividad, Gamma Ray, de Densidad, etc. detallados en la Tabla II, se elaboraron las columnas estratigráficas a detalle, hasta los 2.000 pies (600 m) de profundidad, correspondientes a cada uno de los pozos mencionados anteriormente; realizándose luego la correlación estratigráfica en esta área, descrita por Gueneau (1974) como zona de plegamiento compresional.

La secuencia estratigráfica ubicada en el Golfo de Guayaquil en lo que corresponde al presente estudio muestra variación en dirección e inclinación entre los diferentes pozos, de hasta los siguientes rangos de valores en su respectivo orden de ubicación en el corte C—C', los cuales han sido determinados mediante el cálculo de ángulo de inclinación de los estratos correlacionados: en el pozo Tiburón 1, varía entre 3° y 6° hacia el SW, en el pozo Esperanza 1, entre 5° y 12° hacia el SW, en el pozo Amistad 3 se encuentran cambios de dirección y grandes ángulos de inclinación que varían entre 23° y 31° hacia el SE, en el pozo Amistad 2, entre 11° y 24° hacia el SE; y para el pozo Amistad 1 hacia el pozo Amistad 4, la inclinación de los estratos varía entre 3° y 26° hacia el SE. La notable variación de inclinación de los estratos del campo Amistad es muy probable que sea debido al efecto producido por el Graben de Jambelí, la cual está considerada como una zona de gran interés geotectónico, flanqueada por la falla Guayaquil y una falla al lado oriental del graben (Faucher y Savoyat, 1973) (Fig. 1); constituyendo el conjunto geológico más potente y que representa más marcadamente el carácter de subsidencia dentro del litoral Pacífico. En el mapa (Calec Sc 1:200.000) de contornos aeromagnéticos residual del área del Guayas elaborado por Manabí Exploration Co., se presentan posibles fallas a la altura de la Isla Puná (fig. 4) lo que involucraría cambios en la inclinación de los estratos de la región.

La descripción litológica de los pozos indica la presencia de lutita blanda pegajosa verde grisácea con fragmentos de concha en ciertas secciones, con cierto grado de consolidación, indicios de lignito, lutita limosa, arenosa, con intercalaciones de arenisca cuarzosa de diferente tamaño de grano, arenisca limosa blanda, deleznable con fragmentos de concha, escasa presencia de glauconita; determinándose que el tipo de sedimento predominante hasta la profundidad investigada es la arena de baja compactación y se encuentra distribuida de la siguiente manera:

POZO AMISTAD 1.- Arenisca cuarzosa, grano fino a medio, no consolidada. El grano a mayor profundidad tiende de grueso a guijarro conglomerático, además se encuentran fragmentos de concha.

POZO AMISTAD 2.- Arenisca cuarzosa, grano muy fino a fino, no consolidada, fragmentos de concha, presencia de glauconita.

POZO AMISTAD 3.- Predomina la arenisca de tipo limosa.

POZO AMISTAD 4.- Arenisca cuarzosa, no consolidada, granos gruesos a guijarros, fragmentos de concha, presencia de glauconita.

POZO TIBURON 1.- Arenisca algo consolidada, grano fino con fragmentos de concha, presencia de glauconita, arenisca limosa.

POZO ESPERANZA 1.- Observando la columna estratigráfica de este pozo, se determina la presencia de arenisca limosa, aunque existe un predominio de lutita arenosa.

La correlación estratigráfica, detallada hasta los 2000 pies de profundidad de los 6 pozos ubicados en el bloque 11 del Golfo de Guayaquil, se encuentra representada en la figura 3.

RESULTADOS PETROFISICOS

De acuerdo a los valores de los parámetros petrofísicos, las rocas con características de reservorio pueden ser identificadas; por lo cual se ha procedido a interpretar los registros de pozos ya sean convencionales, eléctricos o enfocados, detallados en la Tabla II, y que sirven de apoyo a la correlación estratigráfica. De los valores calculados para cada uno de los pozos considerados en el corte C—C', se puede apreciar que en forma generalizada la resistividad de la zona no invadida tiene un bajo valor el cual corresponde al rango de las arenas saturadas con agua salada; la densidad de la roca en los niveles analizados se mantiene casi invariable entre los 2.11 y 2.14 gramos por centímetro cúbico; caso similar ocurre con la porosidad que alcanza valores promedios entre 31% y 32%; los del factor de formación entre 8.7 y 9.1; los valores de saturación de agua son elevados y su distribución respecto a la profundidad para los pozos Amistad 1,2,3 y Esperanza 1, se observa en la figura 5; la salinidad del agua de formación sufre grandes variaciones para cada pozo, alcanzando su máximo valor en el pozo Amistad 1; el gradiente geotérmico se mantiene casi constante alcanzando un valor promedio de 1.32°C/100 m. A continuación se presentan valores extremos obtenidos aplicando perfilaje de pozos; es necesario aclarar que éstos sirven como referencia para tener una idea firme de la litología de la zona del Golfo de Guayaquil, pues los registros en un gran número carecían de sus respectivas escalas, las mismas que han sido asumidas de una manera adecuada para efecto de cálculos. (Ver tabla III).

DISCUSION

Los niveles de arenisca analizados de las columnas estratigráficas elaboradas para los 6 pozos, corresponden a una misma formación que de acuerdo a las características petrofísicas presentan condiciones de roca reservorio, almacenando elevados porcentajes de saturación de agua de formación de gran salinidad, sin descartar la posibilidad hasta la profundidad analizada de tener una apreciable saturación de hidrocarburos. Analizando la descripción litológica lograda en base a los registros de pozos, la cual en forma generalizada determina la presencia de una arenisca cuarzosa, no consolidada de grano muy fino a fino con tendencia en ciertas secciones a guijarro conglomerático, presencia de fragmentos de concha, glauconita, arenisca limosa con intercalaciones de espesor variable de arcilla verde grisácea lutita arenosa, etc.; lo cual se puede estimar que comparativamente con la descripción litológica presentada por Hoffstetter y Bristow (1977) nos encontramos frente a la formación Progreso, correspondiendo esta litología al relleno terciario del graben de Jambelí.

CONCLUSIONES

La Cuenca del Golfo de Guayaquil que durante el Terciario y el Cuaternario fue lugar de subsidencia y que en la actualidad se encuentra rellena principalmente por el delta del Río Guayas y el relleno del Canal de Jambelí, se constituye por su historia de Tectonismo activo en un área de excelente predisposición para entrapamiento, ofreciendo las mejores perspectivas hidrocarburíferas. Del análisis hasta los 2.000 pies (aprox.600 metros) de profundidad considerados en el corte C—C' se determinan cambios en la inclinación de los estratos lo cual concuerda con el resultado obtenido por algunos autores en cuanto a que en esta zona existe un tipo de plegamiento compresional y las posibles fallas cercanas a la Isla Puná, como se observa en la figura 4.

Los estratos de manera generalizada presentan una inclinación hacia el SW desde el pozo Tiburón 1 hasta el pozo Amistad 3, desde éste hacia el pozo Amistad 4 ocurre un notable cambio de dirección e inclinación hacia el SE. La evaluación petrofísica determina en la secuencia sedimentaria intercalaciones de areniscas y lutitas con un predominio de la arenisca con buenas características de reservorio y grandes saturaciones de agua; variando estas condiciones hacia el pozo Tiburón 1 donde se ha determinado una dificultad en la definición estructural, debido a la baja reflectividad sísmica.

La secuencia sedimentaria originada por el relleno Terciario del graben de Jambelí, a excepción

del pozo Esperanza 1 en el que predomina la lutita arenosa, presenta mayor cantidad de arenisca de baja compactación, blanda, cuarzosa de grano fino, medio a grueso, presencia de guijarro, fragmentos de concha, glauconita, con intercalaciones de lutita blanda pegajosa, verde grisácea, etc, que corresponde a la litología de la formación Progreso.

AGRADECIMIENTO

El autor deja constancia de su agradecimiento al Director del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, CPFG—EM. Fernando Alfaro, al Jefe del Departamento de Ciencias del Mar y miembros de la División de Geología Marina por su valiosa colaboración.

BIBLIOGRAFIA

- Allington A. V. 1977 Petrophysical Review of Guayaquil Basin Wells, Offshore Ecuador. Shell IPM.B.V., Report Ep-45613, pp-128.
- Benites S. 1975 Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental del Golfo de Guayaquil (Tesis) ESPOL Dpto. IGMP. p. 15-22.
- Colmont G. J. 1978 Algunos aspectos sobre el Gas Natural del Golfo ESPOL, Dpto. IGMP, Gquil. pp.20.
- Calec 1956 Mapa Contorno Aeromagnético Residual, Area del Guayas, Ecuador. SC. 1:200.000. Manabí Exp.Co.
- Faucher B/Savoyat E. 1973 Esquema Geológico de los Andes Ecuadotiranos (traduc. S. Benites), Fegm-pe-ESPOL. Gquil.p.25.
- Gubler/Ortynski 1966 Informe preliminar sobre las perspectivas petroleras de las cuencas sedimentarias de la república del Ecuador. IFP Ref. 133738, S.M.G.M. p-10-36-37-45-65.
- Gueneau/Robalino/Trujillo 1974 Geophysical Interpretation and Geological Evaluation of 1973 Petrel Survey offshore Ecuador, Shell IPM.B.V. Report EP-45539, pp-40.
- Hoffstetter R/Bristow 1977 Léxico Estratigráfico Internacional Vol. V. América Latina Fasc. 5a2, Ecuador. Centre Ntnl. Rechenche Scientifique París p. 16-245-246.
- Padula L. 1977 Geología del Litoral Pacífico Ecuatoriano, Universidad de Gquil. Fac. CC.NN. pp.32.
- Pirson Sylvain J. 1963 Handbook of well Log Analysis Pretice Hall Inc. Englewood cliffs, M.J. pp-336.
- Schlumberger Log Interpretation Charts, Dpto. IGMP ESPOL. Gquil. pp-92.

TABLA I
DISTANCIA ENTRE POZOS CONSIDERADOS EN EL
CORTE C.C' EN EL GOLFO DE GUAYAQUIL

Tiburón 1 - Esperanza 1	18,014 millas náuticas
Esperanza 1 - Amistad 3	9,210 millas náuticas
Amistad 3 - Amistad 2	0,919 millas náuticas
Amistad 2 - Amistad 1	1,939 millas náuticas
Amistad 1 - Amistad 4	2,244 millas náuticas

TABLA II

DETALLES DE REGISTROS DE POZOS UTILIZADOS

EN LA CORRELACION ESTRATIGRAFICA EN EL

GOLFO DE GUAYAQUIL

Nombre del Pozo	Ubicación	Tipo de Registro	Profundidad	Fecha
AMISTAD 1.	Lat. 03°15'29.6"S Long. 80°27'29.3"W	Litología	710' - 17.058'	69/09/25
		Resistividad	4500' - 9.200'	69/10/20
		Análisis Cores	715' - 17.058'	69/09/28
		G.R. Densidad	9100' - 11.700'	69/11/11
		Dip. Meter	4503' - 11.735'	70/01/10
AMISTAD 2.	Lat. 03°13'38.8'S Long. 80°26'53.9"N	Litología	750' - 11.305'	
		Resistividad	457' - 11.305'	70/01/10
		Densidad	700' - 4.000'	70/06/12
		Gamma Ray	8400' - 11.000'	70/07/01
AMISTAD 3.	Lat. 03°14'21.5"S Long. 80°27'29.3"W	Litología	700' - 8.837'	70/11/06
		Densidad	700' - 8.650'	70/10/08
		Resistividad	657' - 8.837'	70/12/12
AMISTAD 4.	Lat. 03°17'24.3"S Long. 80°28'18.3"W	Litología	765' - 10.518'	71/05/07
		Resistividad	711' - 10.514'	71/05/02
		Densidad	4600' - 10.300'	71/05/01
ESPERANZA 1.	Lat. 03°10'43"S Long. 80°35'57.1"W	Litología	735' - 14.178'	70/12/20
		Resistividad	707' - 14.178'	70/12/26
		Densidad	700' - 13.800'	70/12/12
TIBURON 1.	Lat. 02°54'19.9"S Long. 80°43'26.7"W	Litología	800' - 12.100'	71/ Ø 6
		Resistividad	792' - 12.100'	71/03/28

TABLA III
RANGO DE VALORES DE LOS PARAMETROS PETROFISICOS
PARA CADA POZO CONSIDERADO EN EL CORTE C-C'

Potencial Espontáneo (SP)	mV	Amistad 1 -30 y -35	Amistad 2 -35 y -40	Amistad 3 -50 y -60	Amistad 4 -20 y -40	Esperanza 1 -18 y -20	Tiburón 1 -20 y -25
RESISTIVIDAD DE LA ZONA NO INVADIDA (Rt)	Ohm.m	3.6 y 4.0	3.0 y 5.0	3.2 y 6.0	3.6 y 6.0	2.0 y 4.0	2.0 y 4.2
DENSIDAD TOTAL DE LA ROCA. (ρ_d)	g/cc	1.95 y 2.23	2.0 y 2.22	2.0 y 2.24		2.03 y 2.25	
POROSIDAD DE LA ROCA. (ϕ_d)	%	25.3 y 40	26.1 y 39.3	25 y 39.4		24.2 y 38.5	
FACTOR DE FORMACION. (Fd)		4.3 y 13	4.9 y 11.5	4.7 y 13.0		5 y 13.2	
RESISTIVIDAD DEL AGUA DE FORMACION (Rw)	Ohm.m	0.09 y .10	.20 y .22	.06 y .09	.085 y .14	.13 y .14	
RESISTIVIDAD APARENTE DEL AGUA (Rwa)	Ohm.m	.33 y .86	.26 y .83	.31 y .98		.151 y .40	
SATURACION DEL AGUA (Sw)	%	34 y 63.7	46.4 y 60.9	26.7 y 45.3		59.1 y 95.2	
TEMPERATURA DE FORMACION (Tf)	°F	88 y 94	86 y 93	87 y 98	85 y 92	85 y 93	
GRADIENTE GEOTERMICO (G)	°F/100	.80 (1.46°C/100m)	.70 (1.27°C/100m)	.88 (1.6°C/100m)	.62 (1.13°C/100m)	.63 (1.15°C/100m)	
SALINIDAD DEL AGUA DE FORMACION	‰	.60 (61.5 g/l)	24.5 (25 g/l)		52 (53 g/l)	40 (41 g/l)	

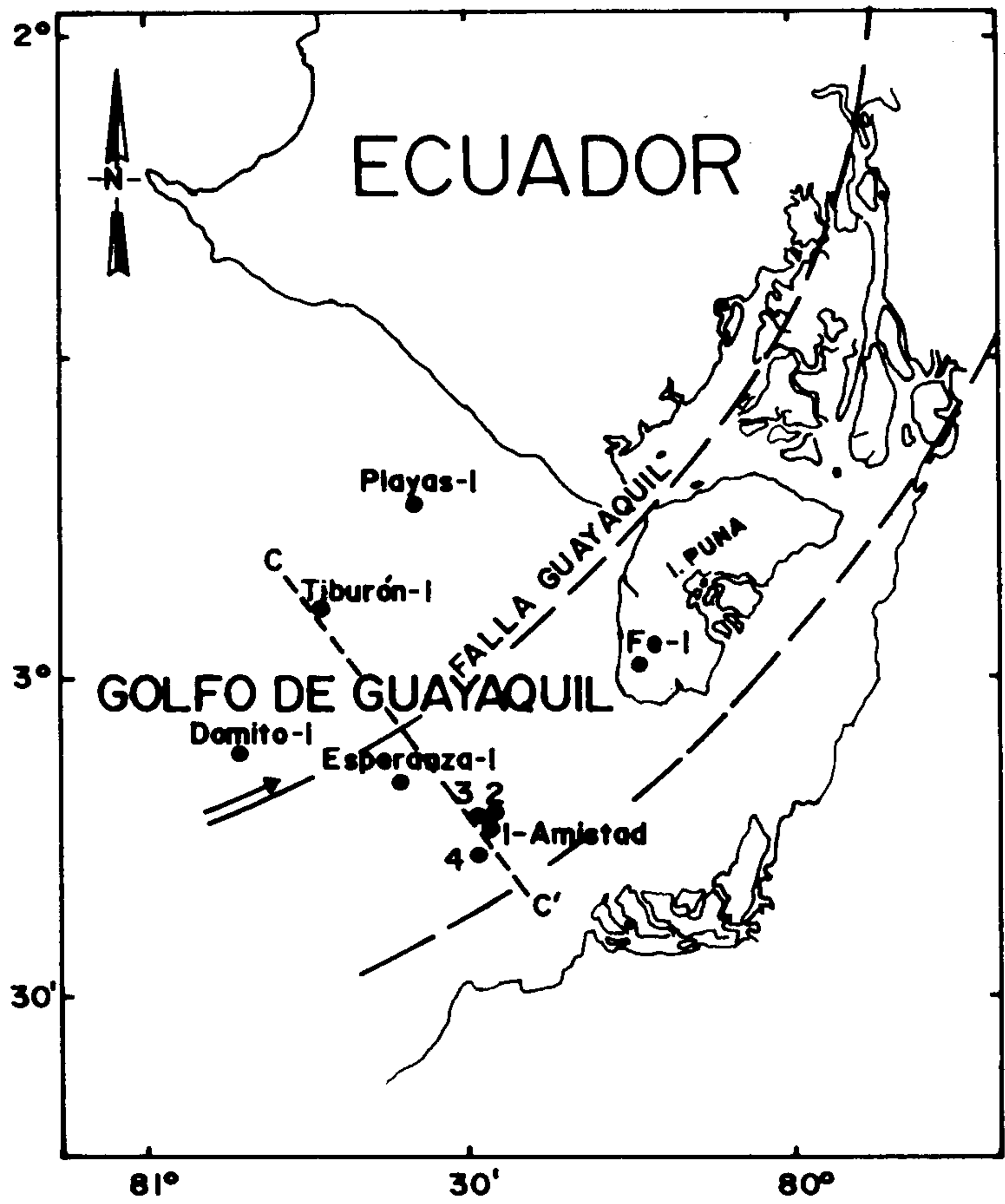


Fig. 1. Mapa de ubicación de los 6 pozos perforados por Ada Oil Exploration Co., considerados en el Corte C-C' Sc 1: 1'000.000.

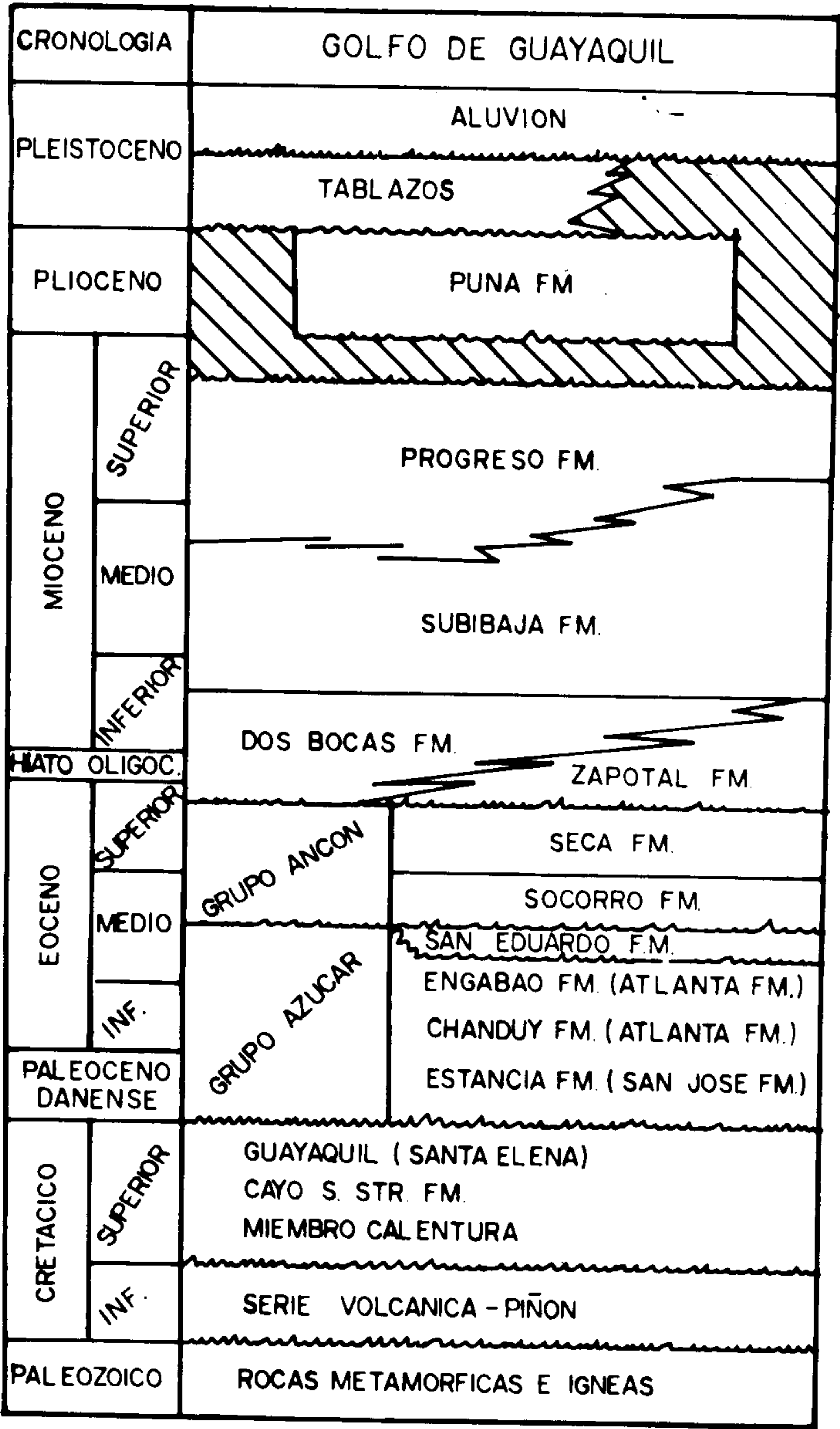


Fig. 2. Columna Estratigráfica del Golfo de Guayaquil tomada de Geología del Litoral Pacífico Ecuatoriano de Padula (CEPE), 1977.

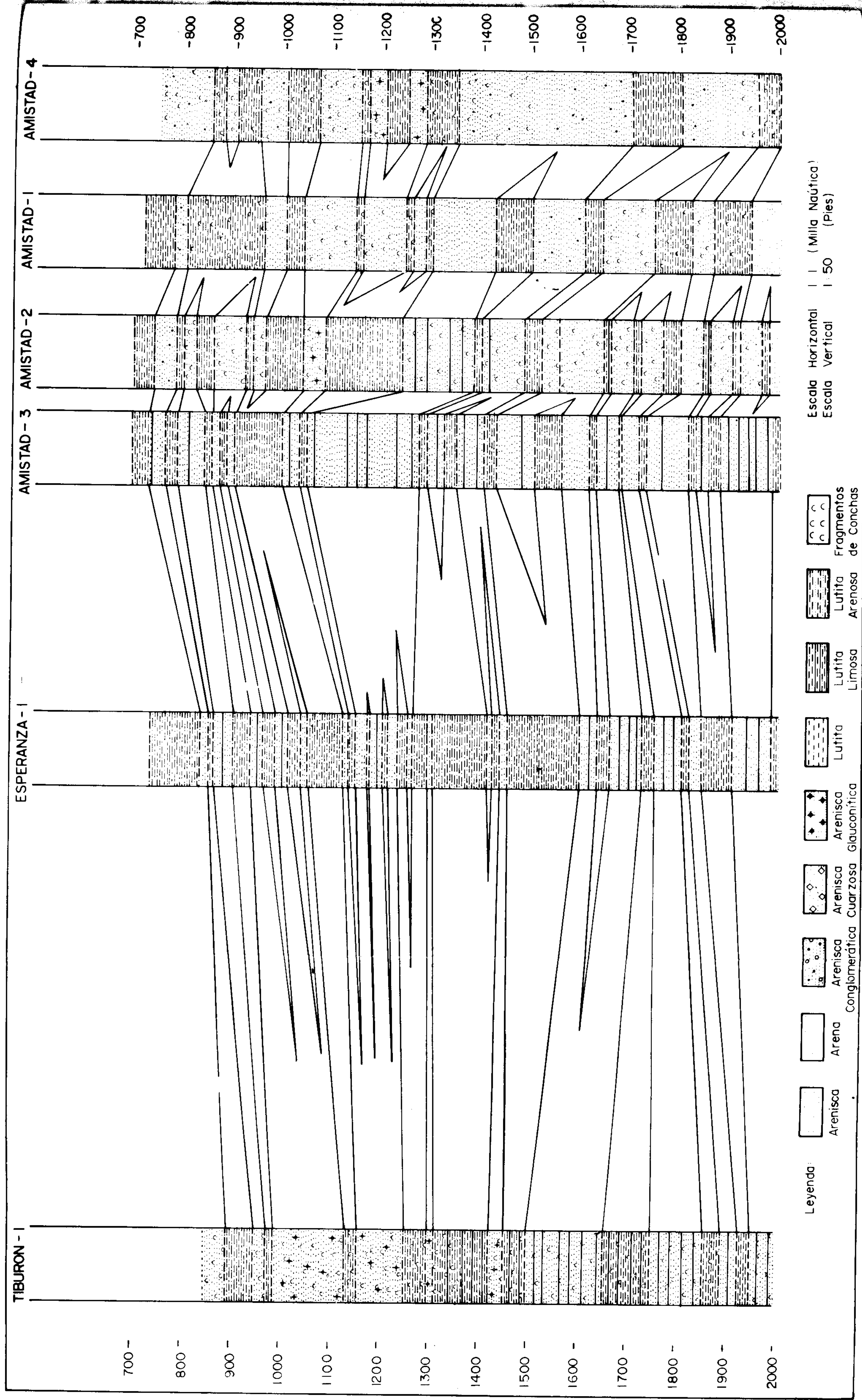


Fig. 3. Correlación Estratigráfica de los 6 pozos considerados en el Corte C-C', hasta los 2.000 pies de profundidad.

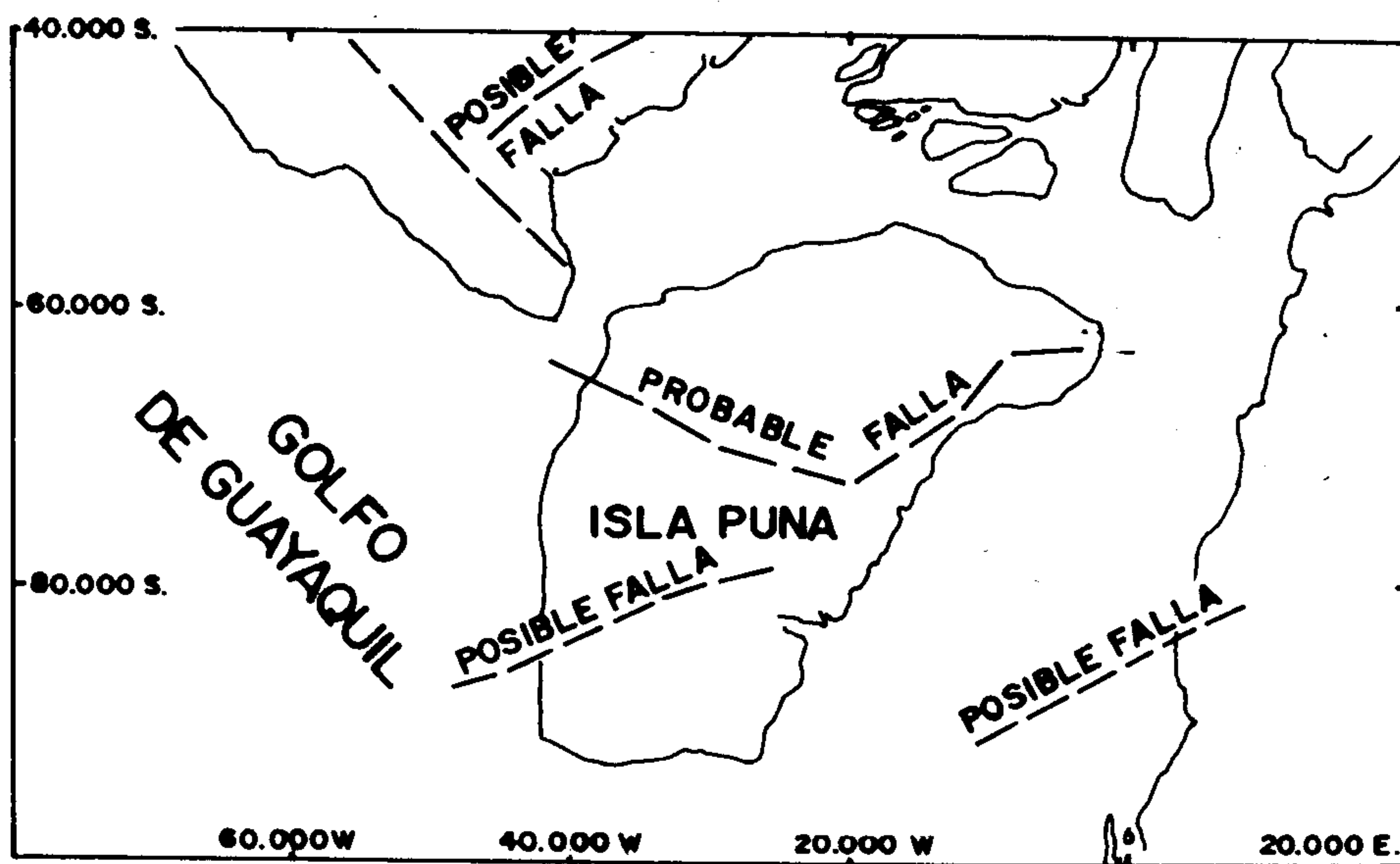


Fig. 4. Ubicación de las posibles fallas determinadas por Calec Sc 1:200.000, a la altura de la Isla Puná.

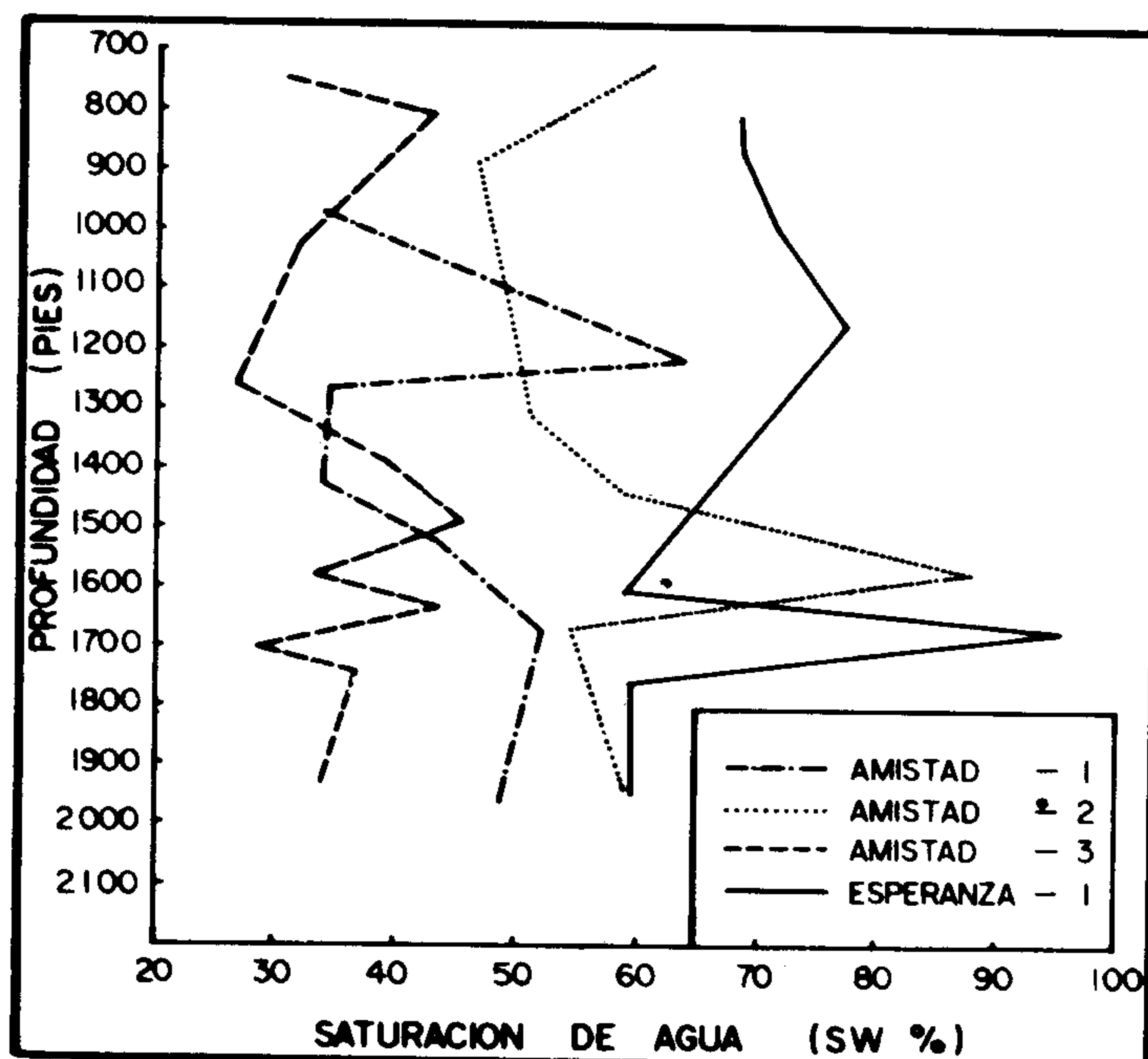


Fig. 5. Gráfico comparativo del % SW vs. profundidad para los pozos Amistad 1,2,3 y Esperanza 1, ubicados en el Golfo de Guayaquil.

MINERALES DE ARCILLA EN EL ARCHIPIELAGO DE JAMBELI

Por:

VICENTE CORONEL (1)

HECTOR A. AYON (2)

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de los análisis térmico-diferenciales para la identificación de minerales de arcillas en el Archipiélago de Jambelí. La distribución de los minerales de arcilla refleja el área de influencia de los principales ríos que drenan áreas de diferente composición mineralógica. Las illitas están distribuidas en todo el Archipiélago. Las smectitas son abundantes en las zonas periféricas. Las cloritas están restringidas a las desembocaduras de los ríos que drenan terrenos metamórficos. La identificación de estos grupos mineralógicos coincide con la de otros estudios de otros autores que han utilizado difracción de rayos X.

ABSTRACT

The results of a clay mineral investigation using the thermal-differential Analysis (DTA) method are presented in this paper. The samples treated with this method were taken from a survey carried out at the Archipelago de Jambeli, Southwest Ecuador. The distribution of the clay mineral groups reflects the area of influence of the main rivers draining rocks of different mineralogic composition. Illites are widely spread in the Archipelago and smectites are abundant in its periphery. Chlorites are restricted to the mouths of the rivers draining metamorphic areas. The same clay mineral groups were also identified by the more precise x-ray diffractometry used in previous but wider scale surveys of other authors.

INTRODUCCION

Durante el año 1975 se realizó un muestreo geológico en el Archipiélago de Jambelí, como parte del Programa de Clasificación de Costas que ejecuta el Instituto Oceanográfico de la Armada. Se tomaron muestras de los sedimentos recientes en el fondo de los canales del Archipiélago; además se realizaron otros trabajos conexos para obtener información geológico-oceanográfica del área. De toda la información procesada, se presentan aquí los resultados de 123 análisis térmico-diferenciales de la fracción fina (limo-arcillosa) de los sedimentos muestreados.

AREA DE ESTUDIO

El Archipiélago de Jambelí ocupa el extremo sur de la costa ecuatoriana (Fig. 1). Tiene una extensión de 260 Km. Es área de manglares, con características acentuadas de progradación de la línea de costa hacia el norte. El Archipiélago está conformado por sedimentos recientes, limo-arcillosos; esporádicamente se observan gravas y arenas. Un amplio canal separa el Archipiélago del continente. Cinco canales menores atraviesan perpendicularmente el Archipiélago, conectando el canal principal y el Golfo de Guayaquil.

(1) Jefe de la División de Geología del Instituto Oceanográfico de la Armada.

(2) Profesor de la Escuela Superior Politécnica del Litoral

Los ríos más importantes que desembocan en el Archipiélago de Jambelí son: el Zarumilla, que drena terrenos metamórficos y sedimentarios; Arenillas y Santa Rosa, que drenan terrenos metamórficos y sedimentarios; y el Jubones, que drena terrenos eruptivos, sedimentarios y metamórficos (Ver figura 2).

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS

Las profundidades en los canales son del orden de 6,50 m. Los bancos de arena limosa son frecuentes, especialmente en las desembocaduras de los esteros. Las velocidades superficiales son del orden de 35 cm/s durante el segundo tercio del reflujo.

Las salinidades superficiales tienen valores alrededor de 28‰ en el interior del Archipiélago; en el Golfo, al norte, ascienden a 32‰; en los estuarios las salinidades son menores que 5‰. Flujos Estratificados se observan en los pequeños estuarios que, desde el continente, desembocan al canal principal. Los sedimentos en suspensión varían entre 20 y 150 mg/l. Las temperaturas superficiales del agua son de $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

ESTUDIOS PREVIOS

Cruz (1974) encontró que las smectitas y caolinitas predominan en el centro y el norte del Golfo de Guayaquil, mientras que el contenido de illita se incrementa en las vecindades de la Provincia de El Oro. Herrera Vásconez (1971) describe suelos ricos en potasio en la misma provincia. El Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (1969), en su Mapa General de Asociaciones de Suelos en el Ecuador, establece los siguientes tipos de suelos en las áreas bajas del sistema fluvial que desemboca en el Archipiélago de Jambelí: aluviales húmedos, pardo forestal, regosol laterítico, sierozem.

MÉTODOS DE ANÁLISIS

Durante el análisis térmico-diferencial, la muestra es sometida al calentamiento en un horno eléctrico, al mismo tiempo, pero en recipiente separado, que una sustancia térmicamente inerte, hasta llegar aproximadamente a los 1000°C .

Las termocuplas introducidas tanto dentro de la muestra como en el patrón, marcan la diferencia de temperatura entre ambos materiales. Esta diferencia de temperatura se registra como señal eléctrica en un galvanómetro. Simultáneamente se registra la temperatura dentro de la sustancia patrón. Se anotan las variaciones del galvanómetro con respecto a la temperatura del patrón para obtener la curva que define la naturaleza de la sustancia investigada. Las variaciones exotérmicas se dibujan como máximos y las endotérmicas como mínimos (figura 5).

El aparato térmico-diferencial EBERBACH-MOD No.301-57 fue calibrado con muestras de composición conocida (caolín hidrotermal pobremente cristalizado y también con carbonato de calcio químicamente puro) (figura 6, curvas 1 y 2). Las anomalías obtenidas coincidieron apreciablemente con las curvas publicadas por diferentes autores: Mackenzie, 1956; Mueller, 1968; Grim, 1968. Debido a la imprecisión del instrumento utilizado, las anomalías que se reportan deberán ser consideradas con errores de $\pm 25^{\circ}\text{C}$ en la localización de sus amplitudes máximas.

Es posible que las variaciones en los tamaños de los granos hayan contribuido también al desplazamiento de estas anomalías con respecto a las publicadas, debido a efectos estructurales de los granos minerales. En un intento de limitar el tamaño de grano, sin que éste deje de ser representativo del tamaño original, se sometieron las muestras a una ligera molienda. El óxido de aluminio precalcinado, usado como materia inerte, fue molido hasta un tamaño de grano similar al de las muestras (figura 3).

La **tasa de temperatura** ($^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$) afecta la ubicación de las anomalías en la línea base. Una **tasa de calentamiento** pequeña (e.g., $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$) produce una anomalía a una temperatura inferior que la de una **tasa grande** de calentamiento (e.g., $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$). El instrumento utilizado en este estudio produjo **tasas de calentamiento** variables (figura 4). Sin embargo, estas irregularidades también han sido **compensadas** mediante el ajuste de las lecturas del instrumento con aquellas de las referencias para muestras **similares**. No se hizo intento alguno de introducir nuevas correcciones.

En las **muestras analizadas**, las anomalías han sido definidas con las siguientes características:

- a) **Naturaleza de la reacción**: exotérmica o endotérmica;
- b) **Temperatura del pico de la reacción**;
- c) **Simetría de la reacción**: simetría o asimetría (positiva si $m > n$ y negativa si $n > m$). (Ver figura 5).
- d) **Amplitud de la curva**: amplia o aguda (leptocúrticas), normal (mesocúrticas) y aplanadas (platicúrticas);
- e) **Longitud de la reacción**: muy larga (mayor que 200°C), larga (entre 100°C y 200°C), corta (entre 50°C y 100°C) y muy corta (menor que 50°C).

DESCRIPCION DE LAS REACCIONES TERMICO-DIFERENCIALES

La **mayoría de las curvas** para definir los minerales o asociaciones de minerales tienen las expresiones generales de la figura 5.

La **reacción endotérmica de baja temperatura (A)** ocurre antes de los 200°C . Corresponde a la **eliminación de agua absorbida**. En las smectitas es frecuente un doble efecto.

La **reacción endotérmica principal (B)** ocurre generalmente en la región 500°C - 700°C . Corresponde a la **expulsión de agua de la matriz del mineral**, es decir, a la mayor parte del agua de constitución. Esta **reacción no siempre es Simétrica**. Para cuantificar la asimetría. Bramao (1952) ha sugerido anotar la **razón de pendientes de la anomalía** ("tan A/tan B", expresión que se reduce a "m/n" en la figura 5), pero no ha descrito ninguna relación entre la simetría y la composición mineral.

La **reacción endotérmica (C)** de 800°C - 900°C corresponde a la **eliminación de las últimas trazas de humedad**. A veces ocurre como prelude de una reacción exotérmica.

La **reacción exotérmica (D)** que ocurre entre los 800°C - 1000°C no ha sido explicada convenientemente en la bibliografía.

Las **características de las reacciones de los principales grupos minerales encontrados** se describen a continuación (figura 6).

Las **kanditas**, grupo al que pertenece la coalinita, tiene dos reacciones: una endotérmica a 580°C , **amplia, larga, asimétrica positiva**, y una exotérmica a 970°C , **aguda, muy corta, asimétrica positiva**. Algunas Kanditas (e.g., haloisita, alófano, anauxita) presentan reacción endotérmica a 130°C , normal, **corta asimétrica negativa** (curva 1).

El **carbonato de calcio** presenta una reacción endotérmica a 900°C , **aguda, corta, asimétrica positiva** (curva 2).

Las **illitas** son muy complejas. Sus reacciones principales son: endotérmicas a 130°C , normal, **corta, asimétrica negativa**; endotérmica a 580°C , **amplia, larga, simétrica**; endotérmica a 880°C , normal, **corta, asimétrica positiva**. Con frecuencia muestran varias reacciones exotérmicas y endotérmicas.

normales aplanadas pero cortas, que a veces se confunden en una sola reacción exotérmica alrededor de 400°C, aplanada, muy larga, asimétrica positiva. También muestran una reacción exotérmica a 920°C, normal, muy corta, asimétrica negativa (curva 3).

Las cloritas también presentan varias reacciones, siendo las principales: endotérmica a 120°C aplanada, muy corta, asimétrica negativa; endotérmica a 660°C, amplia, larga, asimétrica positiva; endotérmica a 830°C, normal, muy corta, asimétrica positiva; exotérmica a 880°C, aguda, muy corta, asimétrica positiva (curva 4).

Las smectitas, grupo al que pertenecen las montmorillonitas, tienen las siguientes reacciones: endotérmica de doble pico a 120°C y 180°C, amplia y corta, asimétrica positiva; endotérmica a 700°C, amplia, larga, asimétrica positiva; endotérmica a 910°C, aplanada, muy corta, asimétrica positiva; exotérmica a 930°C, normal, corta, asimétrica negativa (curva 5).

Muchas de las reacciones descritas están enmascaradas y no se manifiestan plenamente debido a que generalmente se encuentran mezclas de minerales y no especies aisladas para las cuales se han descrito las anomalías.

RESULTADOS

Debido a las dificultades para determinar por este método las especies minerales existente en cada muestra, los autores han decidido limitar la identificación al grupo o grupos de minerales predominantes cuyas características térmicas son más evidentes.

Las curvas correspondientes aparecen en la Fig. 6. La distribución de los grupos minerales aparece en las figuras 7 y 8.

El 36% de las curvas térmico-diferenciales muestran que la illita es el mineral de arcilla predominante en el Archipiélago de Jambelí. El 35% muestra que las smectitas ocurren como el segundo grupo mineral más abundante, seguido por las cloritas 29%. Ocasionalmente aparecen las Kanditas. Sólo una muestra aparece con las reacciones típicas de los carbonatos.

La illita está generalmente asociada con cloritas o con smectitas, siendo más frecuente la segunda asociación.

Es posible que las kanditas se encuentren en mayor proporción de la que aparentemente se muestra en los resultados. La reacción principal de las kanditas puede estar enmascarada por las reacciones de las illitas y smectitas que ocurren en la región 500-600°C. El criterio para establecer la presencia de las kanditas en asociación con otros minerales en las estaciones fué la gran amplitud de la reacción endotérmica principal "B" que en las smectitas solas es menor que la amplitud de la reacción "A".

El predominio de smectitas en la parte inferior del valle del río Zarumilla concuerda con la naturaleza de los terrenos expansivos del área. Una vez que las smectitas llegan al gran canal, su proporción relativa a las illitas y cloritas queda disminuída por ser mayor el caudal y también el acarreo de sedimentos illíticos y cloríticos de los otros ríos (Arenillas, Santa Rosa, Jubones).

En la figura 3 se muestran las curvas granulométricas de las fracciones limo arcillosas de los sedimentos recientes muestreados en el Archipiélago de Jambelí. Se observa una ligera tendencia a la correlación entre los grupos minerales y la granulometría: cloritas e illitas tienden a ser más gruesas que las smectitas y kanditas. Por otro lado, las cloritas parecen tener una mayor dispersión en la clasificación; los otros minerales tienen menor diámetro y están granulométricamente mejor clasificados.

El carbonato encontrado de Hualtaco (muestra 52) no corresponde a sedimentos de fondo. Se trata de una muestra obtenida de un banco relictos de ostras en matriz limo arcillosa con abundante materia orgánica. El banco relictos se encuentra a 3 m sobre el nivel medio de altas mareas, y constituye una evidencia de movimientos tectónicos muy recientes, correspondientes al "levantamiento de Zorritos" (Chalco, 1955).

En los análisis térmico-diferenciales no se han observado las reacciones propias de la materia orgánica sospechadas por Mackenzie, 1957. En consecuencia, el tratamiento previo con agua oxigenada elimina ciertamente la materia orgánica que podría inferir (por floculación) en los análisis granulométricos, o enmascarar las reacciones de los minerales presentes.

CONCLUSIONES

Los sedimentos recientes del Archipiélago de Jambelí tienen muy marcada aún la influencia de sus lugares de procedencia. Aparentemente, el agua salada no ejerce cambios notables en los minerales de arcilla del Archipiélago, probablemente debido al escaso tiempo de exposición de los minerales de arcilla en su nuevo medio.

Los resultados de este trabajo concuerdan con los difracción de rayos X realizados por Cruz (1974), quien sugiere la existencia de illitas asociadas con otros minerales de arcillas (Coolinita y Montmorillonita) en el sur del Golfo de Guayaquil.

Sin embargo, los trabajos de Cruz se refieren a estaciones fuera del Archipiélago de Jambelí. En el presente trabajo, se ha demostrado el predominio de illitas en el interior del Archipiélago.

Según Grim (1968), las illitas, smectitas y caolinitas son los minerales de arcillas más abundantes en los tipos de suelos drenados por los ríos que desembocan en el Archipiélago. El mismo autor ha concluido que las aguas marinas producen una mínima alteración en las arcillas; en consecuencia, y esto concuerda con los resultados obtenidos, los minerales de arcillas del Archipiélago de Jambelí reflejan la fuente mineralógica del área que drena el sistema fluvial que desemboca en este archipiélago.

BIBLIOGRAFIA

- Berner, R.A., 1971 Principles of Chemical Sedimentology. Mc. Graw-Hill Inc. New York, 240 p.
- Bramao, L., 1952 Characterization of Caolin Minerals. Soll Sci., 73, 273-287.
- Cruz Orozco, R., 1974. Morphodynamics and Sedimentation of the Río Guayas - Delta, Ecuador. Tesis de Grado, Ph. D., Universidad de Louisiana.
- Chalco, 1955 Geología del Area de Tumbes, Informe inédito. Petroperú. Lima.
- Grim, R.E. 1968 Clay Mineralogy. Mc. Graw-Hill Book Co. New York 596 p.
- Herrera Vásconez, C. 1971 Estado actual de los suelos de algunas áreas del litoral ecuatoriano según el contenido de vertientes esenciales. Memorias del III Simposio Nacional de Recursos Naturales, Vol. 1 No.2, Primera Parte. Universidad Central de Quito.
- Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos, 1969 Mapa General de Asociaciones en el Ecuador, escala 1:2000.00. Quito.
- Mackenzie, R.C. 1955 Differential Thermal Analysis. The Central Press. London. 456 p.
- Mueller, G., 1967 Methods in Sedimentary Petrology. Hafner Publishing Company. New York. 282 p.

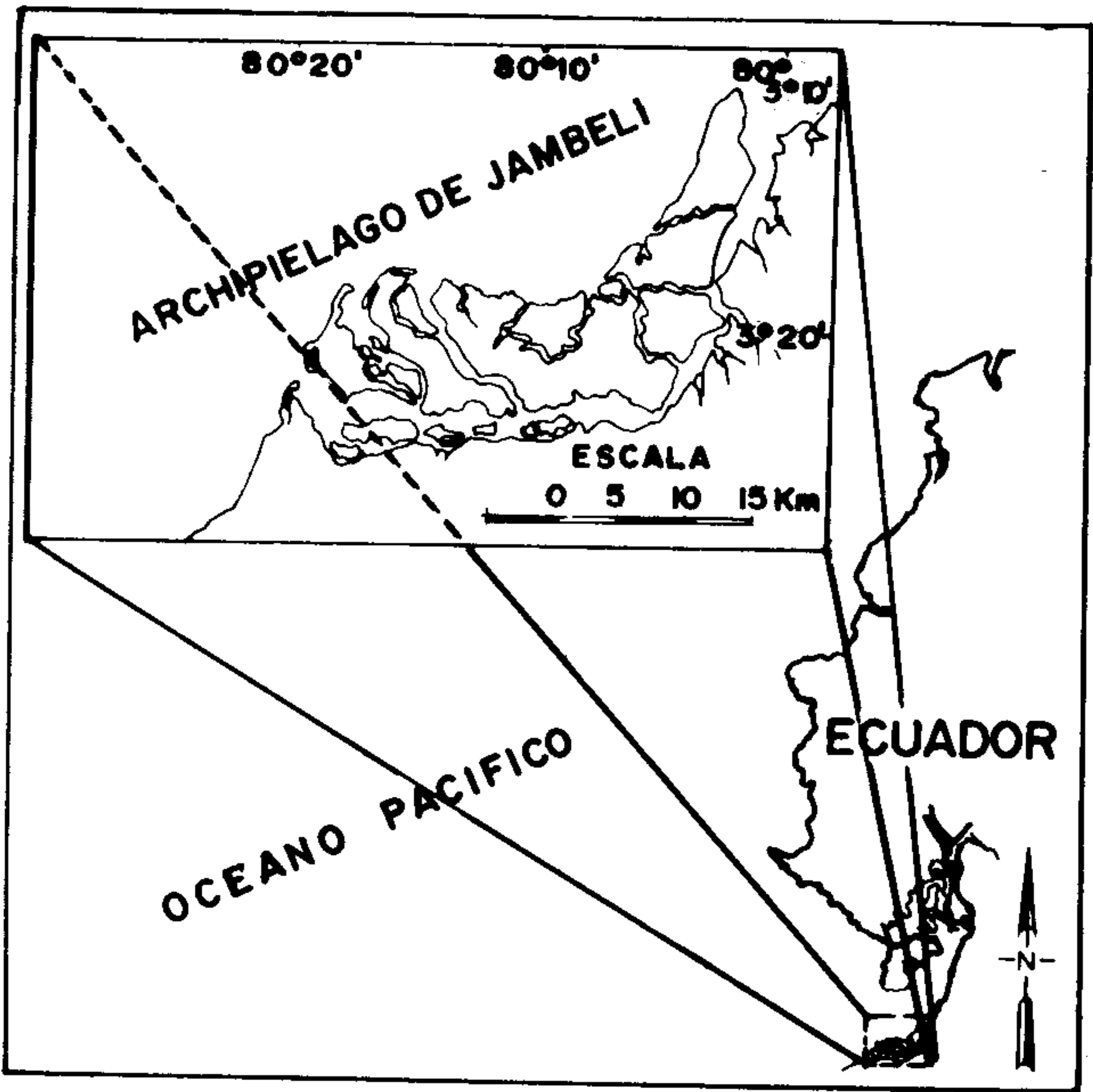


Fig. 1. Mapa de Ubicación.

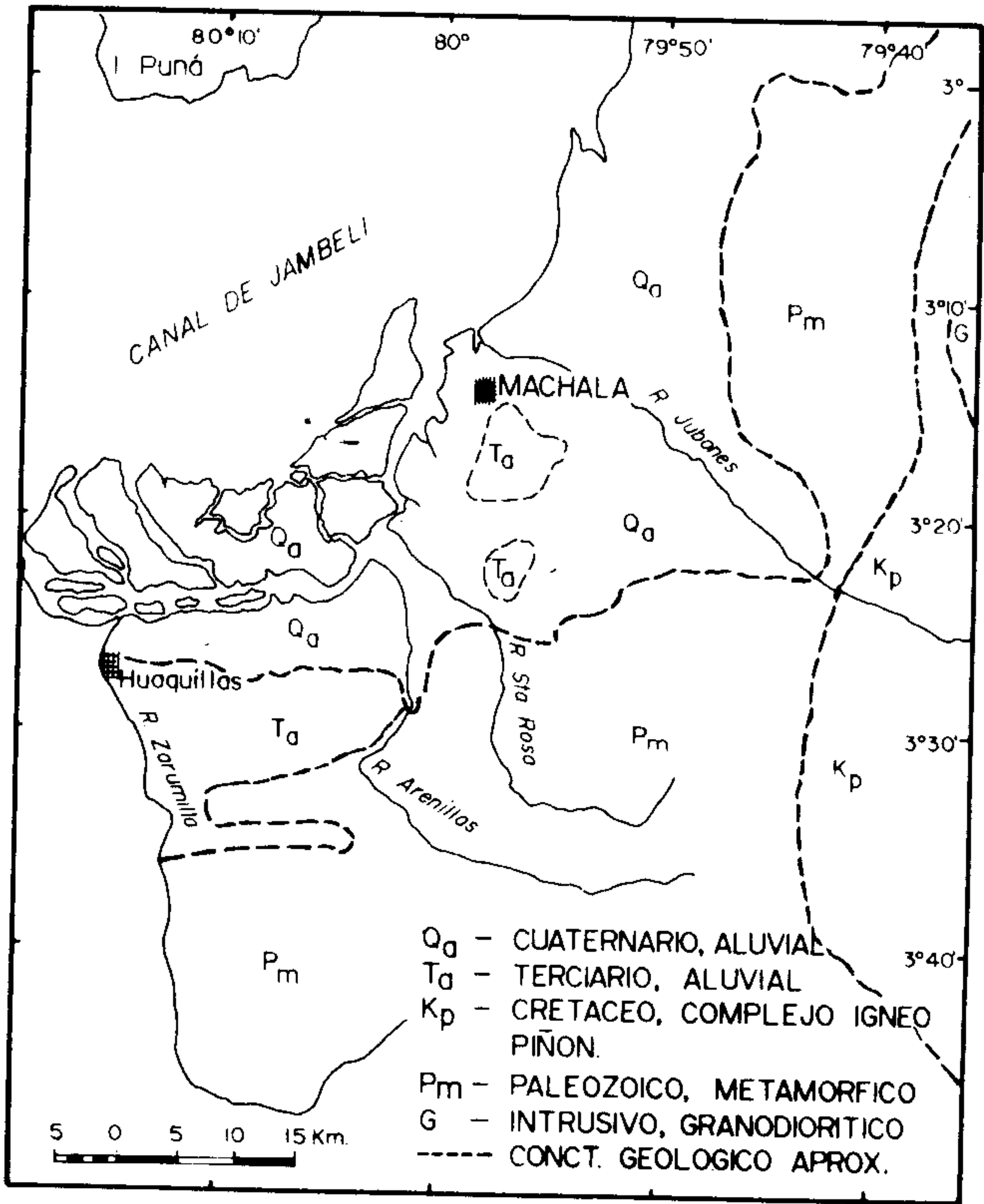


Fig. 2. Geología Regional.

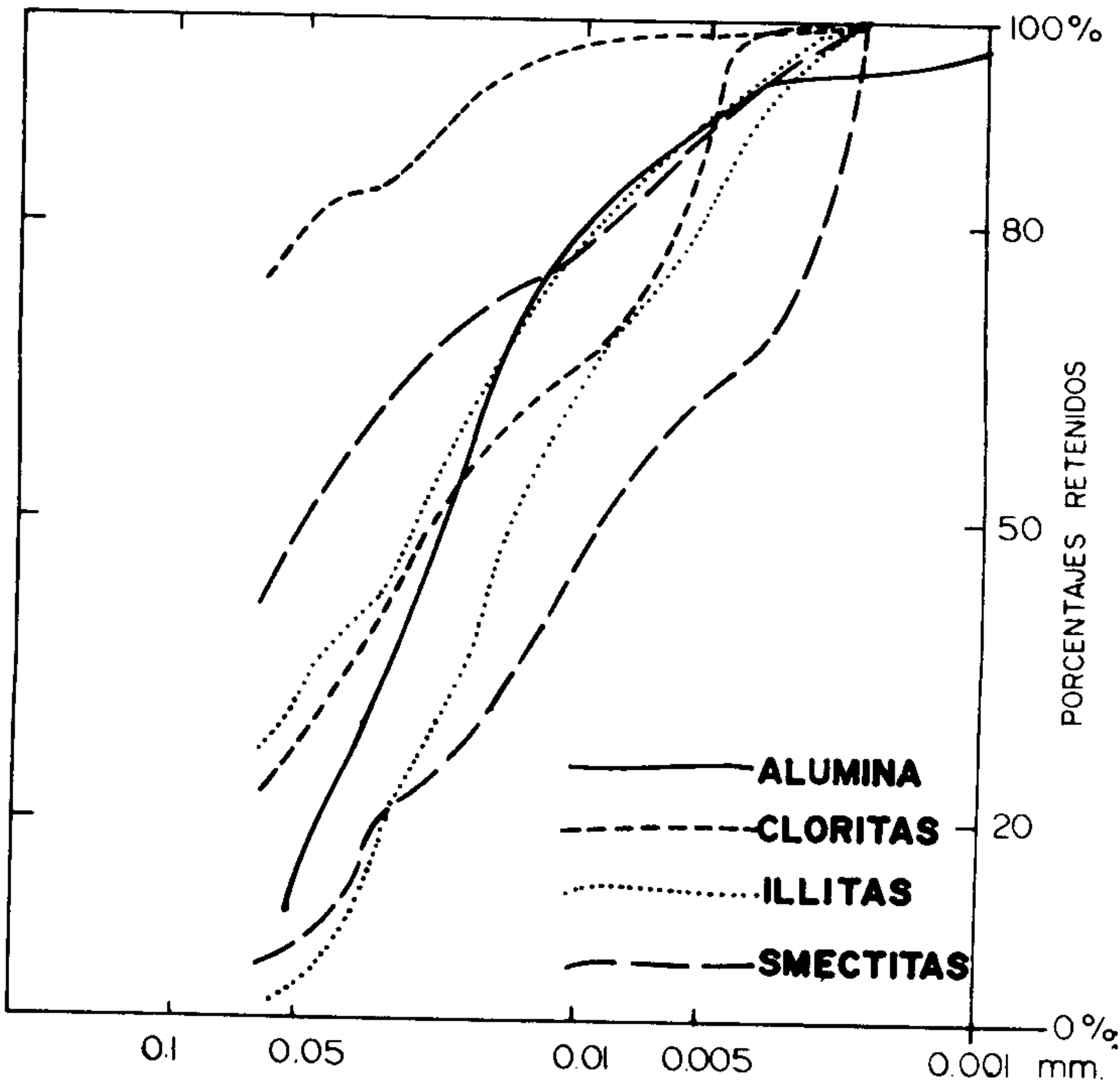


Fig. 3. Granulometría de arcillas. Se ha utilizado el método del hidrómetro para determinar la granulometría de la fracción fina de los sedimentos.

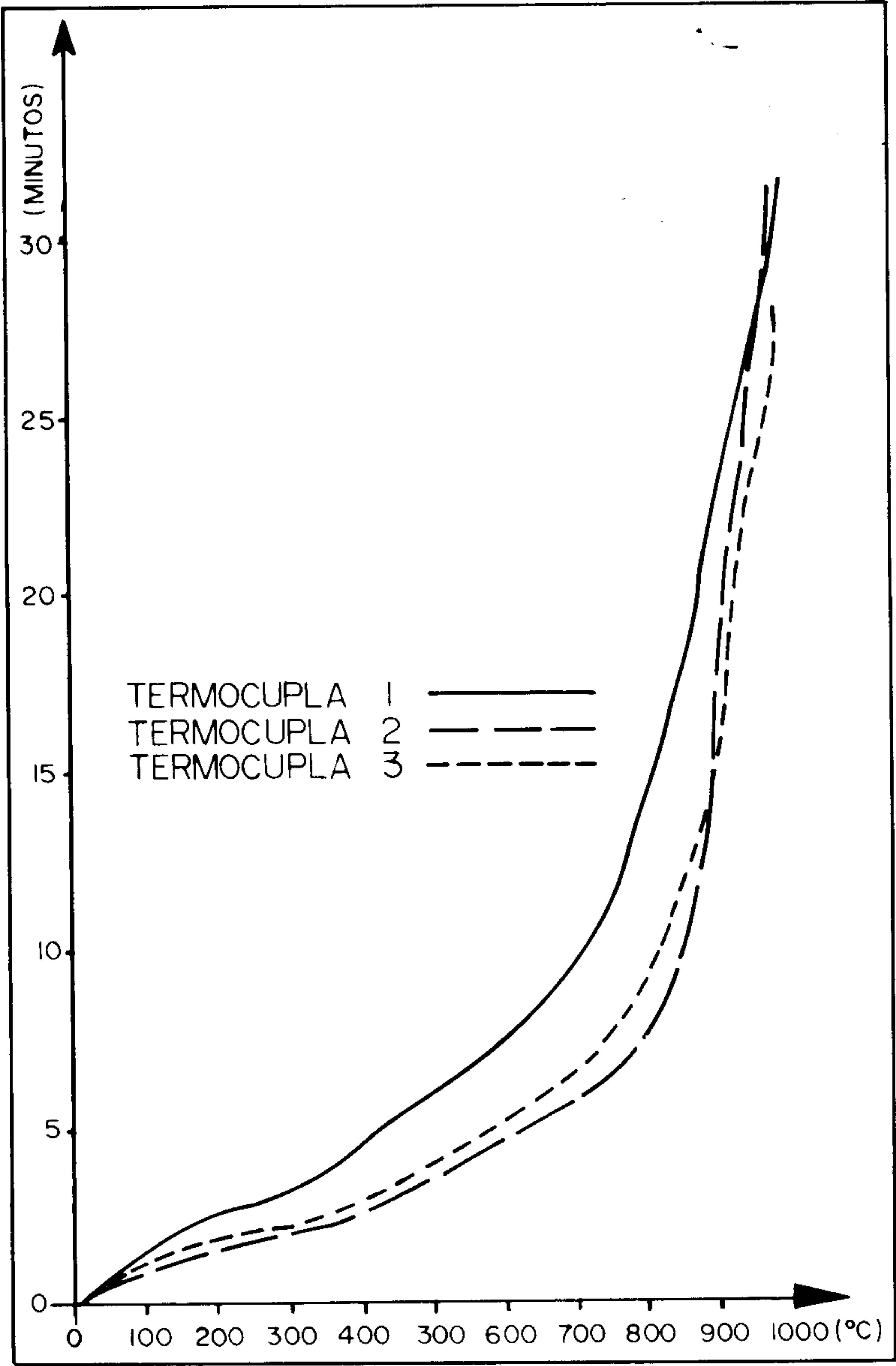


Fig. 4. Tasas de calentamiento de las termocuplas.

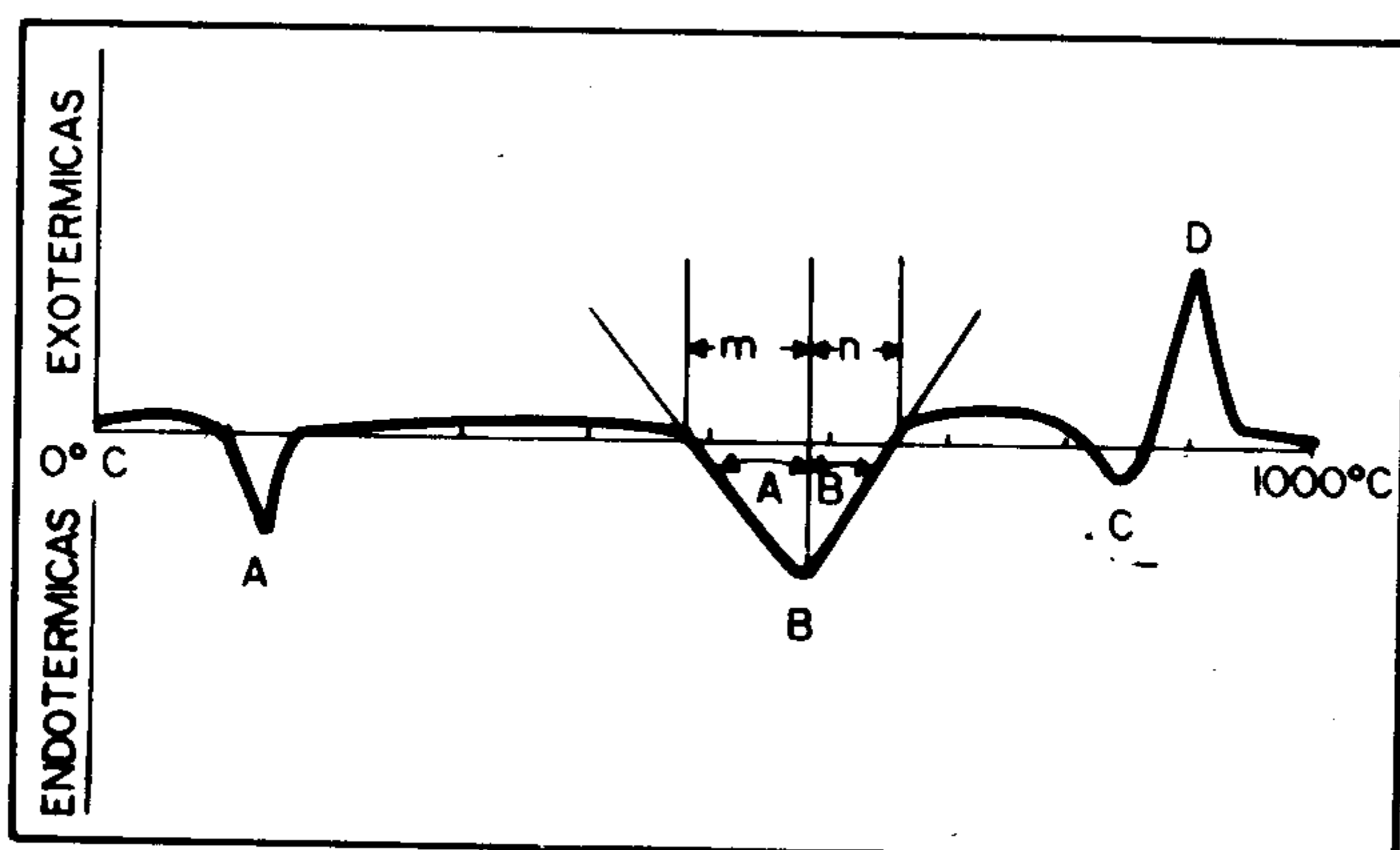


Fig. 5. Principales anomalías de una curva térmico-diferencial generalizada. No todas las anomalías están presentes en una curva térmica diferencial. El concepto de simetría es aplicable a cualquier anomalía. La escala vertical depende de la sensibilidad del instrumento.

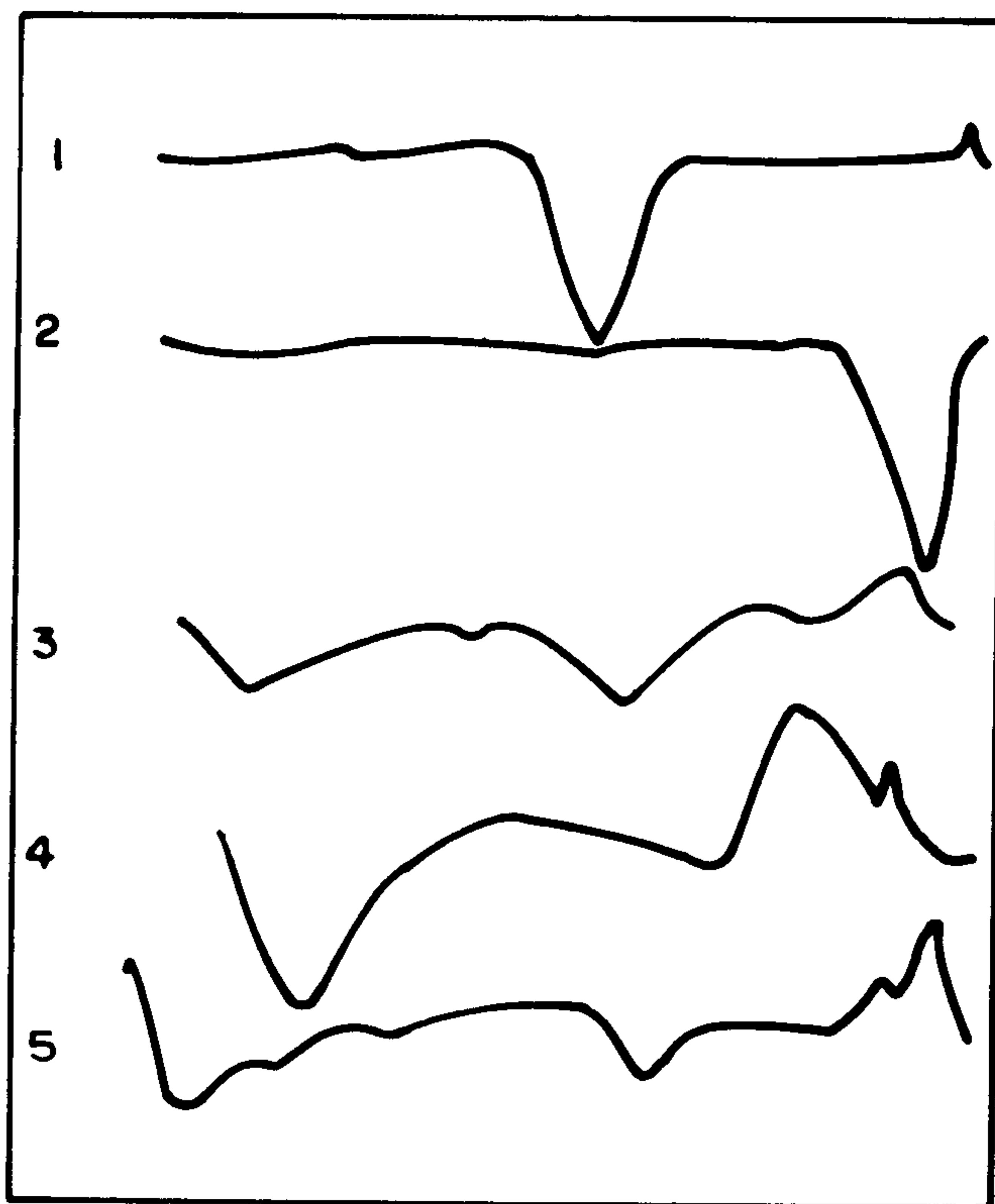


Fig. 6. Curvas representativas de los minerales examinados: 1. Caolin; 2. Carbonato de calcio; 3. Illita; 4. Clorita, y 5. Snectita.

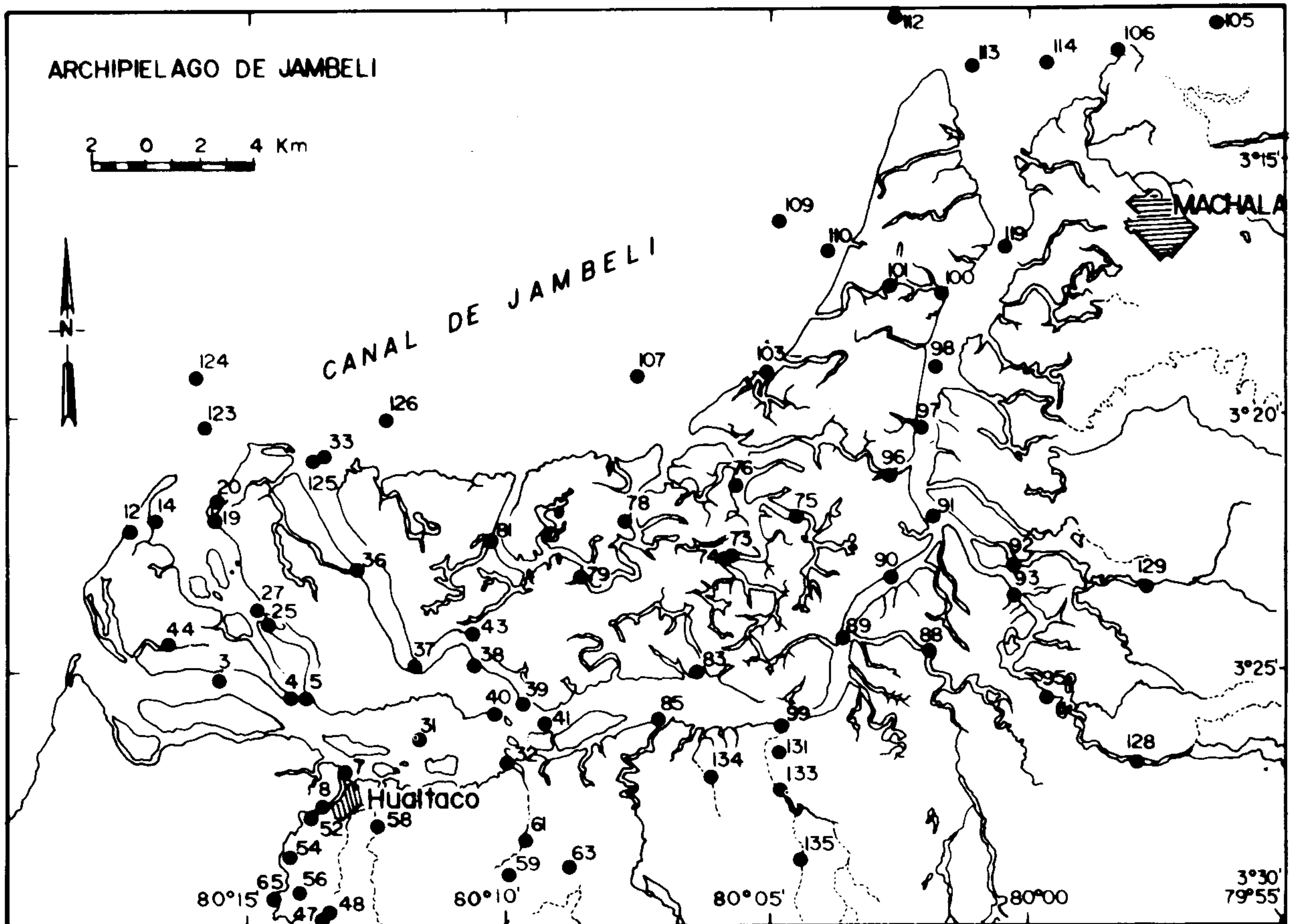


Fig. 7. Mapa de ubicación de muestras.

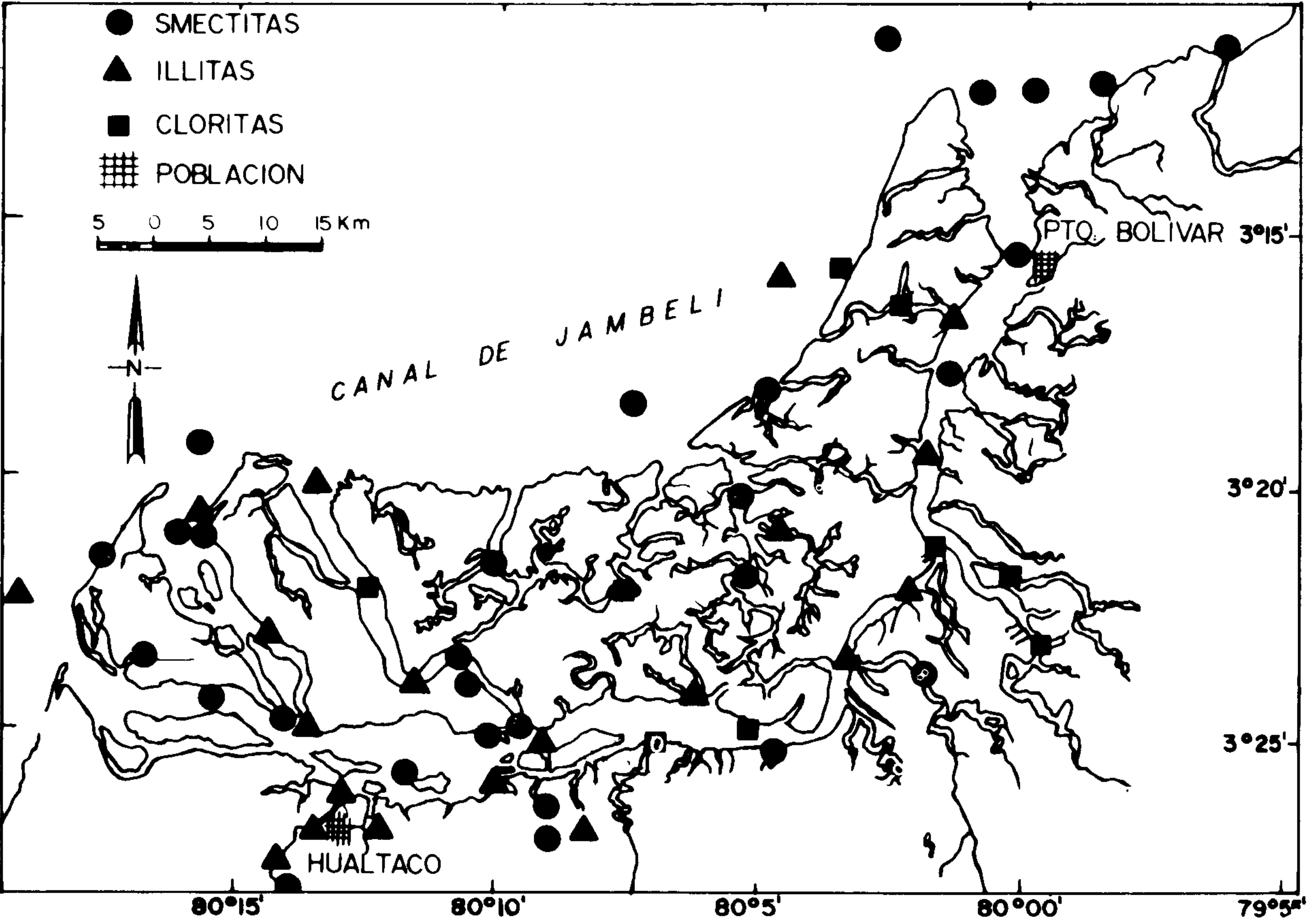


Fig. 8. Mapa de distribución de los minerales de arcilla en el Archipiélago de Jambelí. Se ha graficado solo el mineral predominante en cada estación.

UNA REVISION DE LAS MEDICIONES DEL NIVEL DEL MAR EN LAS ISLAS DEL PACIFICO TROPICAL

Por:

S. P. HAYES (1)

ABSTRACT

Low frequency (periods longer than tidal) sea level observations on islands have proved to be a powerful tool for the study of variations of currents in the tropical Pacific. Much of the pioneering work on the interpretation of these data has been done by Wyrski (1974 a,b) who used sea level changes to infer seasonal and interannual variations in transport of the zonal currents. At higher frequencies, Groves and Miyata (1967) observed spectral peaks in sea level records which have subsequently been interpreted as evidence for equatorial trapped waves (Wunsch and Gill, 1976). In this manuscript we review the interpretation of sea level measurements in the tropical ocean, discuss some reported observations (largely in the western Pacific) and briefly discuss a new observational program of sea level measurements on the Galápagos Islands.

RESUMEN

Observaciones de bajas frecuencias (períodos mas largos que los de marea) del nivel del mar en las islas, han probado ser una herramienta poderosa para el estudio de las variaciones de las corrientes en el Pacífico Tropical. Muchos de los trabajos iniciados en la interpretación de estos datos ha sido efectuado por Wyrski (1974 a,b) quien usó los cambios del nivel del mar para inferir variaciones estacionales e interanuales en el transporte de las corrientes zonales. En frecuencia mas altas, Groves and Miyata (1967) observaron picos espectrales en el registro del nivel del mar lo cual subsecuentemente ha sido interpretado como evidencia de ondas ecuatoriales atrapadas (Wunsch y Gill, 1976). En este manuscrito revisamos la interpretación de las mediciones del nivel del mar en el océano tropical, discutimos algunas observaciones reportadas (mayormente en el Pacífico Occidental) y brevemente discutimos un nuevo programa observacional de mediciones del nivel del mar en las Islas Galápagos.

INTERPRETACION DEL NIVEL DEL MAR

La elevación de la superficie del mar responde a una variedad de cambios internos (densidad, olas) y externo (presión atmosférica, viento, mareas). En este artículo nos referimos solamente a movimientos de baja frecuencia e ignoramos las señales de mareas. El efecto de marea puede ser removido de los registros del nivel del mar por un filtro apropiado (Godin, 1972) o por el cálculo de las componentes de marea (Munk y Cartwright, 1966) para luego restarlo del registro. El significado dinámico de los cambios de altura de la superficie del mar se describe mejor en términos de la presión del fondo puesto que es el gradiente de esta presión el que aparece en la ecuación geostrófica para la corriente integrada con profundidad (barotrópico).

La presión del fondo, p , puede ser expresada por la ecuación hidrostática:

$$p = p_a + \rho_0 g \eta + g \int_0^H \rho(z,t) dz \quad (1)$$

(1) Pacific Marine Environmental Laboratory
3711 - 15th Avenue N.E., Seattle, Washington 98195.

donde p_a es la presión atmosférica; η es la altura del nivel del mar sobre su nivel medio H ; $\rho(z,t)$ es el perfil de densidad; y ρ_0 es la densidad superficial. Unos pocos grados de latitud al norte o al sur de el ecuador donde la aproximación geostrofica es válida, la corriente barotrópica puede ser expresada como:

$$U_0 = g/f \frac{dp}{dy} \quad (2a)$$

$$V_0 = g/f \frac{dp}{dx} \quad (2b)$$

donde U_0 es la velocidad en el sentido este-oeste (dirección x) integrado con profundidad; V_0 es la velocidad en el sentido norte-sur (dirección y); g es la aceleración gravitacional; y $f=2\Omega \sin \phi$ es el parámetro de coriolis en la latitud ϕ . Estas ecuaciones, las cuales están escritas para la velocidad del estado estacionario y los gradientes de presión, se espera que permanezcan válidas para cantidades que varían lentamente. Estas contienen el razonamiento básico para la interpretación de los datos de nivel del mar. Puesto que, en forma general, nosotros no podemos establecer una absoluta diferencia de nivel del mar entre dos sitios, podemos observar estos cambios relativos del nivel del mar y compararlos a fluctuaciones en corrientes.

Considerando el primer término en la ecuación (1), p_a expresa la dependencia de la presión del fondo en la presión atmosférica. En su estudio de las observaciones del nivel del mar en Bermuda, Wunsch (1972) mostró que para escalas de tiempo menor que un año, las fluctuaciones del nivel del mar sin las mareas fueron dominadas por el efecto del "barómetro inverso". Por "barómetro inverso" queremos decir que cuando p_a aumenta en un determinado lugar, el nivel del mar η responde rápidamente (en una escala de tiempo menor que f^{-1}) y es deprimido en una cantidad equivalente. Puesto que 1 cm. de elevación del nivel del mar corresponde aproximadamente 1 mbar, el efecto de barómetro invertido es a menudo estimado añadiendo al nivel del mar los cambios de presión atmosférica expresado en unidades apropiadas. Si consideramos que el efecto del barómetro inverso es válido, entonces la presión en el fondo no es afectada por los cambios de presión atmosférica. De esta manera un gradiente de presión atmosférica no estimula directamente una corriente oceánica barotópica. En medias y altas latitudes, las grandes variaciones en p_a están bien correlacionadas con el nivel del mar η (Wunsch 1972, Hayes y Schumacher, 1976). En el Pacífico Tropical los cambios de presión atmosférica son pequeños y pobremente correlacionados con el nivel del mar (Roden 1963; Wunsch y Gill, 1976) para períodos mayores de aproximadamente dos semanas. Por ejemplo en la Isla Canton, Wunsch y Gill (1976) calcularon el espectro y coherencia de nivel del mar, y presión atmosférica, figura 1.

En la mayoría de las frecuencias, la densidad de variancia del nivel del mar (en $\text{cm}^2/\text{ciclo/hora}$) fue en orden de magnitud mayor que la densidad de variancia de la presión atmosférica (en $\text{mbar}^2/\text{ciclo/hora}$). Para períodos más largos que 10 días la coherencia fue escasamente significativa; sin embargo, al nivel del mar estuvo 180° fuera de fase con la presión atmosférica, lo que indica un efecto de barómetro inverso. Debido a las pequeñas variaciones en la presión atmosférica y a su pobre correlación con el nivel del mar, la mayoría de los estudios de fluctuaciones de baja frecuencia del nivel del mar en los trópicos asume que la presión atmosférica no es importante. En estudios de frecuencia más altas como las ondas ecuatoriales atrapadas, no es claro que dicha asunción esté garantizada. Comparaciones posteriores del nivel del mar y presión atmosférica serán de gran interés.

Sin la presión atmosférica, la presión en el fondo en la ecuación 1 es la suma de la elevación de la superficie y de la densidad integrada con profundidad. Cambios en este último término son a menudo referidos como el efecto estérico. Si los cambios en el nivel del mar compensan los cambios en densidad entonces la presión del fondo es constante en tiempo. En su estudio del nivel del mar

en Bermuda, Wunsch (1972) encontró una correlación entre el nivel del mar y la altura dinámica medida en las proximidades, para períodos de 6 meses a un año aproximadamente. Estudios similares a lo largo de la plataforma continental (e.g., Reid y Mantyla, 1976) también mostraron correlación entre los términos en la escala de tiempo estacional. Wyrski (1974 a) comparó los cambios estacionales de altura dinámica de la superficie del mar relativa a 500 dbar con observaciones del nivel del mar en varias islas. Esto mostró una buena concordancia entre los patrones observados (ver Fig. 3 y la discusión en la sección 3). Debido a la alta correlación observada en la señal estacional, Wyrski (1974 b) pudo extender el uso del nivel del mar como una herramienta de muestreo para estudiar las variaciones no estacionales de largo término en el sistema de corrientes. Esta alta correlación entre el nivel del mar y la altura dinámica relativa a 500 dbar implica que muchas de las señales del nivel del mar es inducida por cambios baroclínicos de densidad (dependientes de profundidad). Con frecuencia se asume que estos efectos baroclínicos dominan el nivel del mar. Entonces la presión en algún nivel profundo es constante y las fluctuaciones del nivel del mar dan una medida de los cambios en altura dinámica de la superficie, y demás, de los cambios en las corrientes próximas a la superficie. A pesar de que es dudoso que esta asunción sea enteramente válida hay razones para creer que las fluctuaciones de presión barotrópica son más pequeñas y de mayor amplitud en la extensión norte-sur (Wunsch y Gill, 1976) que la dominante señal baroclínica. Se han propuesto experimentos para medir los cuatro términos en la ecuación (1) desde una estación en una isla en medio del Pacífico a fin de establecer su relativa importancia.

Antes de dejar esta sección sobre interpretación debería observarse que los comentarios aquí hechos acerca del nivel del mar en las islas también se aplica al nivel del mar en las zonas costeras. Varios estudios recientes (e.g., Beardsley, et al., 1977; Hayes, 1979) han empleado el nivel del mar costero y mediciones de presión en el fondo para estudiar corrientes a lo largo de la plataforma continental. Las estaciones del nivel del mar tanto en la costa como en las islas proveen una técnica económica para el muestreo de los cambios oceánicos por períodos largos. Previo a su completa explotación, sin embargo, algunos experimentos son requeridos para estudiar detalladamente las relaciones entre corrientes, nivel del mar y las fluctuaciones de densidad.

OBSERVACIONES DEL NIVEL DEL MAR

a) Baja frecuencia.

Una representación idealizada del promedio del sistema superior de corrientes oceánicas en el Pacífico ecuatorial se muestra en la Figura 2. La mayor información sobre estas corrientes es derivada de cálculos geostroficos y de unas pocas de mediciones directas de corrientes. Comenzando por el norte, la corriente Nor-ecuatorial (CNE) rigurosamente coincide con la región de los alisios del nor-este. La Contra Corriente (CCE) corresponde a la región de vientos de baja velocidad entre los alisios del Noreste y Sureste; y la corriente Surecuatorial (CSE) corresponde a los alisios del Sureste. Por debajo de la CSE, que fluye hacia el oeste en el ecuador, está la Subcorriente Ecuatorial (SCE) o corriente de Cronwell que fluye hacia el este. La porción baja de la Figura 2 muestra el nivel medio del mar, el cual acompañaría estos flujos asumiendo una superficie de presión horizontal en aproximadamente 500 dbar y en balance geostrofico. Con estas asunciones, los cambios en el nivel del mar, observados en las islas que atraviesan al Ecuador de 20°N a 10°S , pueden ser usados para inferir cambios en las corrientes superficiales.

Wyrski (1974 a) examinó la variación estacional del nivel del mar en 10 islas oceánicas en el Pacífico occidental y comparó estas fluctuaciones con la señal estacional en altura dinámica de la superficie de el mar relativa a 500 dbar. Las fluctuaciones de altura dinámica mostraron que tanto la CNE y la CCE estuvieron fuertes de Septiembre a Noviembre y débiles de Marzo a Julio.

Este efecto también fue inferido de los datos del nivel del mar. La figura 3 muestra los promedios mensuales de la diferencia de altura dinámica a través de la CNE y de la CCE para el Pa-

cífico central (180°W a 140°W). Estas alturas dinámicas están basadas en promedios zonales de datos históricos. También se muestran los promedios mensuales de la diferencia del nivel del mar entre tres islas, Honolulu, Hawaii (21°N) y Kwajalein (9°N) se extienden sobre CNE; sin embargo están separadas razonablemente por algo más de 3000 km. De tal manera que la diferencia entre ellas representa un complicado promedio zonal y meridional. Sin embargo la amplitud y fase de la señal estacional es poco similar a la observada en la diferencia de altura dinámica a través de CNE. Similarmente la diferencia del nivel del mar entre Kwajalein y las Islas de Pascua concuerdan con los cambios de altura dinámica de CCE. La concordancia observada indica que al nivel del mar puede servir como un monitor de los cambios de corrientes geostrófica y que el sistema de corrientes ecuatoriales tiene largas escalas zonales.

Usando la misma base de datos del nivel del mar y altura dinámica, Wyrтки (1974 b) examinó las variaciones interanuales de las corrientes superficiales, empleó la desviación mensual del nivel del mar de un promedio de 20 años para perturbar zonal y temporalmente el promediado perfil de altura dinámica de norte a sur. Esta técnica dió un estimativo de la diferencia del nivel del mar a través de las principales corrientes zonales como una función de tiempo. La Figura 4 muestra los promedios anuales de la diferencia del nivel del mar basado en la media corrida de 12 meses. De esta serie de tiempo Wyrтки (1974 b) concluyó que la CNE y la CCE varían en fase, pero la CSE estuvo fuera de fase con relación a las otras. El relacionó la fuerza de las corrientes con la posición de los alisios. Cuando los alisios del noreste son fuertes y ubicados al sur (Enero-Junio) la CEN y la CCE son débiles; cuando los alisios del noreste son débiles y localizados al norte (última mitad del año), la CNE y la CCE son más fuertes. La habilidad para obtener estimativos de la serie de tiempo de estas corrientes a partir de observaciones del nivel del mar fue fundamentalmente para establecer su interrelación y los efectos del campo de vientos.

De sus estudios del nivel del mar, corrientes y vientos Wyrтки (1975) desarrolló un modelo para describir el fenómeno de "El Niño" como una respuesta de todo el Pacífico ecuatorial a los cambios en la fuerza del viento. Durante períodos de fuertes alisios del sur-este la CSE se incrementa y hay un aumento de la pendiente este-oeste en la superficie del mar. Cuando los vientos aflojan, las corrientes que fluyen hacia el este se incrementan y el gradiente presión este-oeste disminuye. Esta respuesta del océano causa una profundización de la capa cálida superficial en el Pacífico Oriental. La respuesta ecuatorial y su propagación a lo largo de la costa puede ser descrita como ondas Kelvin (McCreary, 1976; Hurlburt et al, 1976).

Wyrтки (1977) utilizó el nivel del mar para seguir el evento de El Niño de 1972. La figura 5 muestra el nivel del mar en Baltra en las Islas Galápagos (90°W) y en Anewa Bay en las Islas Salomon (155°E) las cuales se encuentran en los extremos de la cuenca del Pacífico. Antes de El Niño el nivel del mar fue alto en el lado occidental de la cuenca y bajo en el lado oriental. A principios de Mayo de 1971 el nivel del mar decreció en Anewa Bay y en Diciembre de 1971 comienza un incremento del nivel del mar en Baltra. Nivel del mar alto en Baltra se presentó en dos picos, uno en Abril de 1972 y el otro en Diciembre de 1972. Después de este tiempo las dos estaciones tuvieron niveles del mar aproximadamente normales. De un análisis de estos datos y registros similares de otras estaciones costeras e Insulares, Wyrтки (1977) verificó su hipótesis básica concerniente a la generación y propagación de la anomalía ecuatorial.

Este repaso ha tomado solamente una parte de las muchas discusiones de los cambios de baja frecuencia en el nivel del mar Ecuatoriano. La importancia de estos datos reside en su estrecha relación con las corrientes zonales y su potencialidad como sistema monitor. Desafortunadamente hay un gran vacío desde 150°W a 90°W debido a la no existencia de islas. Sistemas anclados, bastante caros, han sido considerados para llenar estos vacíos. Sin embargo, todavía hay más estudios que pueden ser hechos dentro del grupo de islas. Invertir en mediciones utilizando sistemas anclados es importante para explotar completamente la existencia de estas islas como bases de observaciones.

b) Ondas Ecuatoriales Atrapadas.

Los estudios de baja frecuencia del nivel del mar han ayudado en el estudio de corrientes en el Pacífico ecuatorial. Algunas fluctuaciones observadas tales como la propagación hacia el este de los cambios de nivel del mar de El Niño pueden ser ejemplos de ondas ecuatoriales atrapadas. Sin embargo la demostración más convincente de tales ondas proviene de un análisis de los cambios de frecuencias más altas por Wunsch y Gill (1976). Los análisis previos de Groves y Miyata (1967) han mostrado picos prominentes en el espectro del nivel del mar en las islas, con un período de aproximadamente 4 días y picos menores de 2.7 y 5 días.

La figura 1 es un ejemplo de tal espectro. Interpretaciones preliminares sugirieron que este pico fue una respuesta a un pico de 4 días en el campo de vientos de la zona ecuatorial. Sin embargo, el análisis de Wunsch y Gill (1976) no mostró ningún pico de energía en el viento impulsor. Por el contrario, ellos interpretaron la respuesta del nivel del mar como una resonancia oceánica. La amplitud de la oscilación de 4 días en la Isla Canton, a pesar de que tuvo buena resolución en el espectro, es solamente de 1 cm. Su análisis mostró que dicha oscilación del nivel medio podría acompañar una onda interna de gravedad ecuatorialmente atrapada. La frecuencia y estructura latitudinal del nivel de energía (Figura 6) estuvo de concordancia con el segundo modo meridional de una onda de inercia gravedad atrapada. Obsérvese la rápida variación latitudinal predicha para tales ondas. La distribución de islas no es lo suficientemente completa para resolver la distribución de energía entre 1° N y 1° S. Además, los datos de un amplio rango de longitudes son agrupados asumiendo una homogeneidad zonal. Variaciones zonales en el forzamiento y en la estructura de la densidad oceánica pueden contribuir para la desviación entre la teoría y los experimentos sin embargo, la concordancia general es clara. Más aún, Wunsch y Gill (1976) fueron capaces para armonizar picos de energía en 5.6 días y en 3 días con los modos meridionales $m=1$ y $n=4$. Estos logros soportan fuertemente la interpretación del espectro en términos de ondas ecuatoriales atrapadas.

Los picos observados de alta frecuencia fueron consistentes con las localmente forzadas ondas de gravedad atrapadas ecuatorialmente. A frecuencias más bajas es también posible encontrar soluciones para las ondas de Rossby gravedad y ondas Kelvin mezcladas. Sin embargo puesto que ninguno de estos tiene una velocidad de grupo cero un pico espectral en el espacio de frecuencia es poco probable.

Aún no han sido reportados los estudios de la propagación zonal de estas ondas a partir de los registros del nivel del mar en el Pacífico.

EL EXPERIMENTO EN LAS ISLAS GALAPAGOS

Los rápidos cambios meridionales los cuales son característicos de las ondas ecuatoriales atrapadas (figura 6) indican que un arreglo en pequeña escala es necesario para resolver estas ondas. Como se mencionó anteriormente no hay islas cerca del ecuador desde los 155° W hasta las Islas Galápagos en 90° W. Este archipiélago se extiende a través del ecuador desde 1.5° S a 1.5° N: y está ubicado aproximadamente a 1000 km. de la costa de Sur América. Su localización la convierte en un sitio natural para ser instrumentado en un intento para observar ondas ecuatoriales atrapadas cerca del extremo oriental del sistema de corriente ecuatoriales. En esta sección discutimos los problemas asociados con la observación de ondas ecuatoriales en las Galápagos y un experimento, el cual está en marcha, que intentará resolver la estructura meridional del nivel del mar en estas islas.

Las Islas Galápagos se muestran en la Figura 7. La Isla Isabela abarca la región de 1° S hasta el ecuador y presenta una barrera al flujo hacia el este de la subcorriente ecuatorial y a la propagación desde el oeste de ondas atrapadas. Esta gran masa de tierra inducirá perturbaciones en el movimiento de las ondas y un entendimiento de estas perturbaciones es requerida antes de que las mediciones del nivel del mar en las islas pueda ser interpretado. Rowlands (1979) consideró el problema general de

las ondas ecuatoriales atrapadas de Kelvin colisionando con una delgada barrera meridional (islas). Su análisis fue una extensión del trabajo de Anderson y Rowlands (1976) el cual consideró el efecto de una costa meridional en ondas ecuatoriales. En la aplicación de su análisis teórico a la Isla Galápagos, Rowlands (1979) observó que estas islas están razonablemente próximas a la costa y que al este de las islas los efectos asociados tanto en la costa como con las islas deben ser importantes.

Se han efectuado varios estudios de flujo en la vecindad de las Galápagos Knauss (1960, 1966) reportó estudios de la Subcorriente ecuatorial desde 140°W a las Galápagos. Precisamente, al oeste de la isla la subcorriente ecuatorial tiene un gran componente hacia el norte y al este de las islas el flujo más fuerte fue al norte de el ecuador. Esto condujo a Knauss (1966) a sugerir que la Subcorriente Ecuatorial pasa por el norte de la Isla Isabela. Adicionalmente Knauss (1966) y Christensen (1971) sugirieron que la subcorriente Ecuatorial se profundiza y ensancha en las Islas pero no ocurren pérdidas de transporte. Stevenson y Tarf (1971) localizó la subcorriente Ecuatorial por su asociación con un núcleo subsuperficial de alta salinidad. Concluyeron que la subcorriente Ecuatorial pasa al sur de las islas. White (1973) encontró que la subcorriente ecuatorial tiene ramales en ambos lados, al norte y al sur de las islas, y una estructura compleja hacia el este lo cual interpretó como una estela.

Rowlands (1979) mostró que las propiedades observadas en las cercanías de las Islas Galápagos estuvieron en concordancia cualitativa con su teoría. El decrecimiento en velocidad de la Subcorriente Ecuatorial y el mayor transporte hacia el norte son los resultados esperados. Las observaciones no determinan, pero sugieren, que los movimientos dependientes en tiempo tales como ondas ecuatoriales atrapadas pueden ser importantes. White (1973) notó dos corrientes al este de las islas las cuales pueden ser manifestaciones de las fuertes corrientes en el borde meridional de las islas, predichas en la teoría de Rowlands (1979).

La conclusión a ser establecida a partir de las observaciones y de la teoría es que el flujo cerca de las islas Galápagos es complicado pero sus principales características pueden ser entendidas en un modelo lineal. Las observaciones del nivel del mar en el lado occidental de las islas ofrece más esperanzas de obtener resultado relativamente no contaminados que las observaciones dentro o al este del grupo de islas (v.g., Baltra). Con estas consideraciones en mente se ha iniciado un experimento cooperativo entre Ecuador y EE.UU. de América para estudiar las variaciones del nivel del mar a través del ecuador en las Islas Galápagos. Las cruces en la figura 7 muestran la localización de los tres sensores de presión subsuperficiales los cuales serán instalados en Junio de 1979. Este arreglo será mantenido por varios años para obtener un largo historial de las fluctuaciones. Los sensores serán instalados a 20 m. de profundidad para de esta manera medir esencialmente las variaciones del nivel del mar. Una descripción de los sensores de presión y su calibración se encuentra en Hayes, et al (1978). La estabilidad de largo término de el sensor de presión es bastante buena y esperamos una deriva de aproximadamente 1 mbar por año. A medida que el experimento progrese sensores adicionales podrán ser agregados para investigar fluctuaciones de presión bajo la termoclina y en otras localidades a lo largo de las islas.

SUMARIO

El nivel del mar ha sido usado aproximadamente para estudiar las corrientes y movimientos de las ondas en el Pacífico ecuatorial. El éxito de estas simples mediciones, para la obtención de grandes registros, ha sido animado por el monitoreo de los cambios interanuales. Mediciones en el Pacífico occidental, las Islas Galápagos, y a lo largo de la costa de América del sur ofrecen la oportunidad para un estudio unificado de los procesos transecuatoriales. El intenso programa observacional que ha sido planeado e iniciado, indica que en 1980 veremos un avance significativo en nuestro entendimiento del Océano Ecuatorial y su importancia en la circulación general.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, D.L.T., P.B. Rowlands (1976) The role of inertia-gravity and planetary waves in the response of a tropical ocean to the incidence of an equatorial Kelvin wave on a meridional boundary. *J. Mar. Res.*, 34, 295-312.
- Beardsley, R. C., H. Mofjeld, M. Wimbush, C. N. Flagg, and J. A. Vermersch, Jr. (1977) Ocean tides and weather induced bottom pressure fluctuations in the middle-Atlantic bight. *J. Geophys. Res.* 82, 3175-3182.
- Christense, N., Jr. (1971) Observations of the Cromwell Current near the Galápagos Islands. *Deep-Sea Res.*, 18, 27-33.
- Godin, G. (1972): The analysis of tides. University of Toronto Press. 264 oo.
- Groves, G. W. and M. Miyata (1967): On weather induced long waves in the equatorial Pacific. *J. Mar. Res.*, 25, 115-128.
- Hayes, S.P. (1979): Variability of current and bottom pressure across the continental shelf in the N.E. Gulf of Alaska. *J. Phys. Oceanogr.*, 9, 88-103.
- Hayes, S. P. and J. D. Schmacher (1976): Description of wind, current, and bottom pressure variations on the continental shelf in the Northeast Gulf of Alaska from February to May 1975. *J. Geophys. Res.*, 81, 6411-6419.
- Hayes, S. P., J. Glenn and N. Soreide (1978): A shallow water pressure temperature gauge (PTG): Design, calibration, and operation. *NOAA Tech. Memo.*, PMELL, ERL, Seattle, 31 pp.
- Hurlburt, H. E., J.C. Kindle and J.J. O'Brien (1976): A numerical simulation of the onset of El Niño. *J. Phys. Oceanogr.*, 6, 621-631.
- Knauss, J.A. (1960) Measurements of the Cromwell Current. *Deep-Sea Res.*, 6, 265-268.
- Knauss, J.A. (1966) Further measurements and observations on the Cromwell Current. *J. Mar.*, 24, 205-240.
- McCreary, J. (1976): Eastern tropical ocean response to changing wind systems: with application to El Niño. *J. Phys. Oceanogr.*, 6, 632-645.
- Munk, W.H. and D.E. Cartwright (1966) Tidal spectroscopy and prediction. *Phil. Trans. Roy. Soc. of London Ser. A*, 259, 533-581.
- Reid, J.L. and A.W. Mantyla (1976) The effect of geostrophic flow upon coastal sea elevations in the northern North Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.*, 81, 3100-3110.
- Roden, G. I. (1963): On sea level, temperature, and salinity variations in the central tropical Pacific and on Pacific Ocean islands. *J. Geophys. Res.*, 68, 455-472.
- Rowlands, P.B. (1979): The flow of equatorial Kelvin waves and the Equatorial Undercurrent around islands. (Submitted to *J. Mar. Res.*).
- Stevenson, M.R. and B.A. Taft (1971): New evidence of the Equatorial Undercurrent east of the Galápagos Islands. *J. Mar. Res.*, 29, 103-115.

- White, W.B. (1973):** An oceanic wake in the Equatorial Undercurrent downstream from the Galapagos Archipelago. *J. Phys. Oceanogr.* 3, 156-161.
- Wunsch, C. (1972):** Bermuda sea level in relation to tides, weather, and baroclinic fluctuations. *Rev. Geophys. Space Phys.* 10, 1-49.
- Wunsch, C. and A.E. Gill (1976):** Observations of equatorially trapped waves in Pacific sea level variations. *Deep-Sea Res.*, 23, 371-390.
- Wyrtki, K. (1974a):** Sea level and seasonal fluctuations of the Equatorial Currents in the western Pacific Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 4, 91-103.
- Wyrtki, K. (1974b):** Equatorial currents in the Pacific 1950 to 1970 and their relation to the trade winds. *J. Phys. Oceanogr.*, 4, 372-380.
- Wyrtki, K. (1975):** El Niño - the dynamic response of the equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing. *J. Phys. Oceanogr.*, 5, 572-584.
- Wyrtki, K. (1977):** Sea level during the 1972 El Niño. *J. Phys. Oceanogr.*, 7, 779-787.

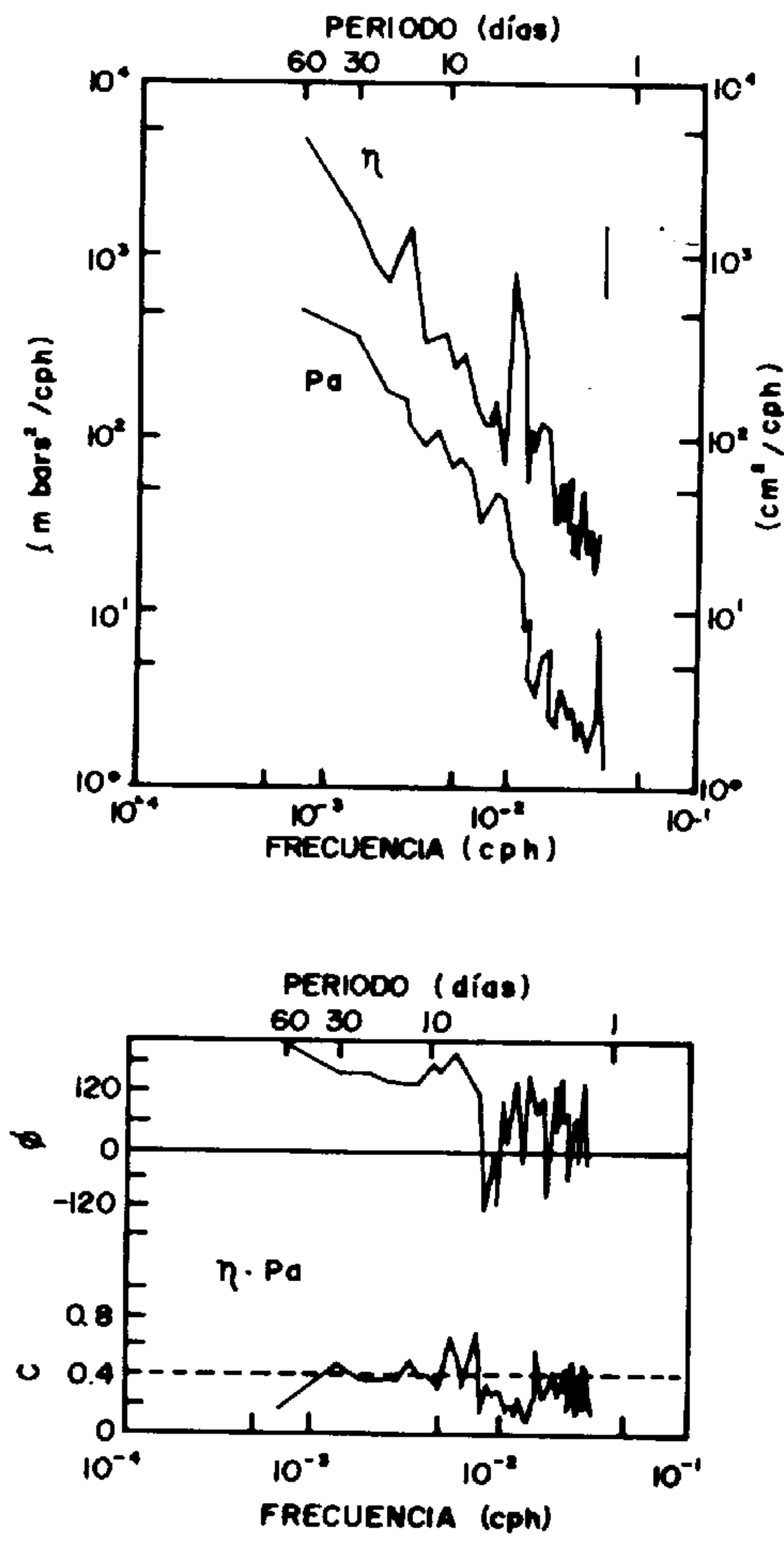


Fig. 1. De Wunsch y Gill (1976): Espectro del nivel del mar (η) y presión atmosférica (pa) y la coherencia (c) y fase (ϕ) entre ellos. Mediciones hechas en la Isla Canton.

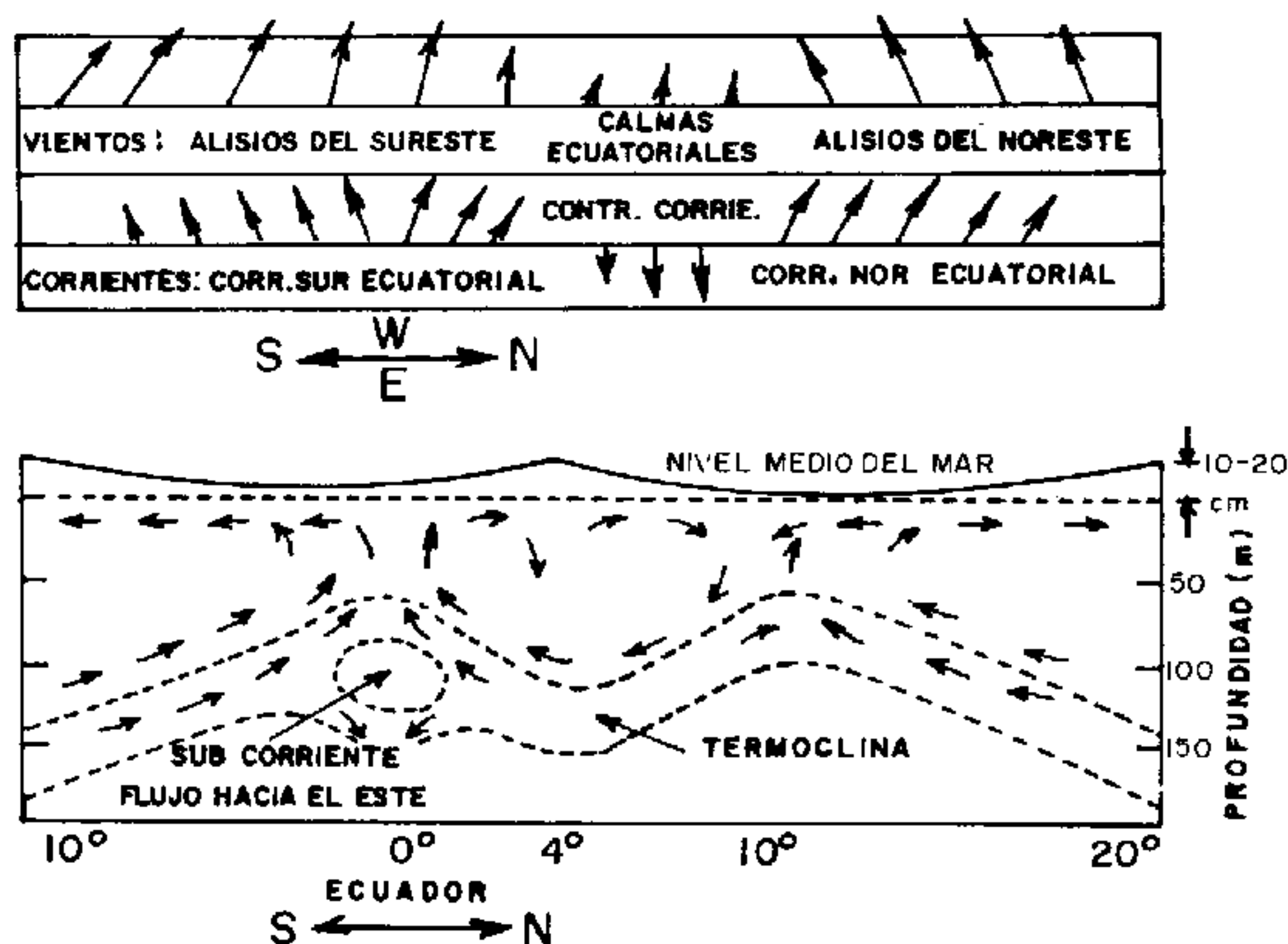


Fig. 2. Representación esquemática de la corriente ecuatorial y sistema de vientos.

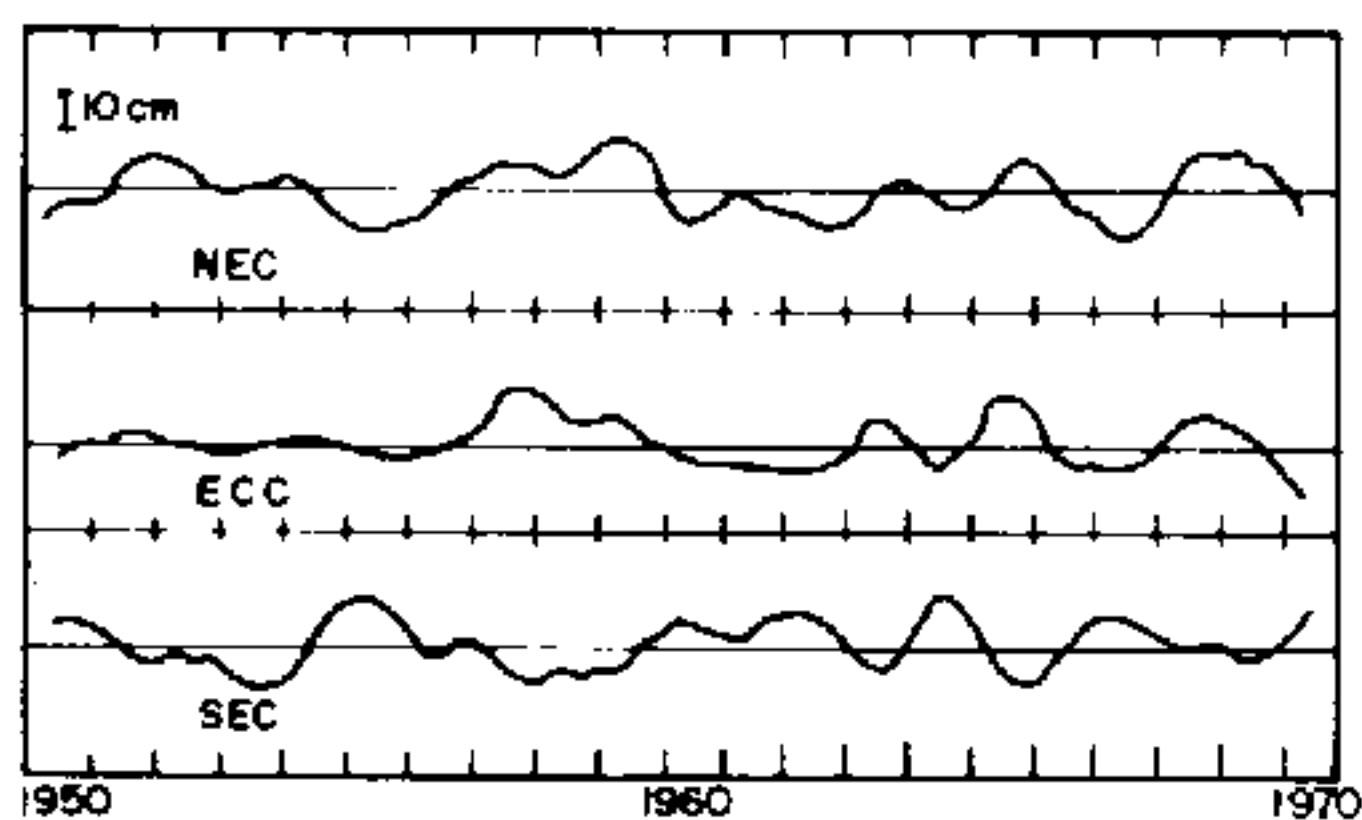


Fig. 4. De Wyrtki (1974b): Series de tiempo de la diferencia anual del nivel del mar a través de las corrientes ecuatoriales.

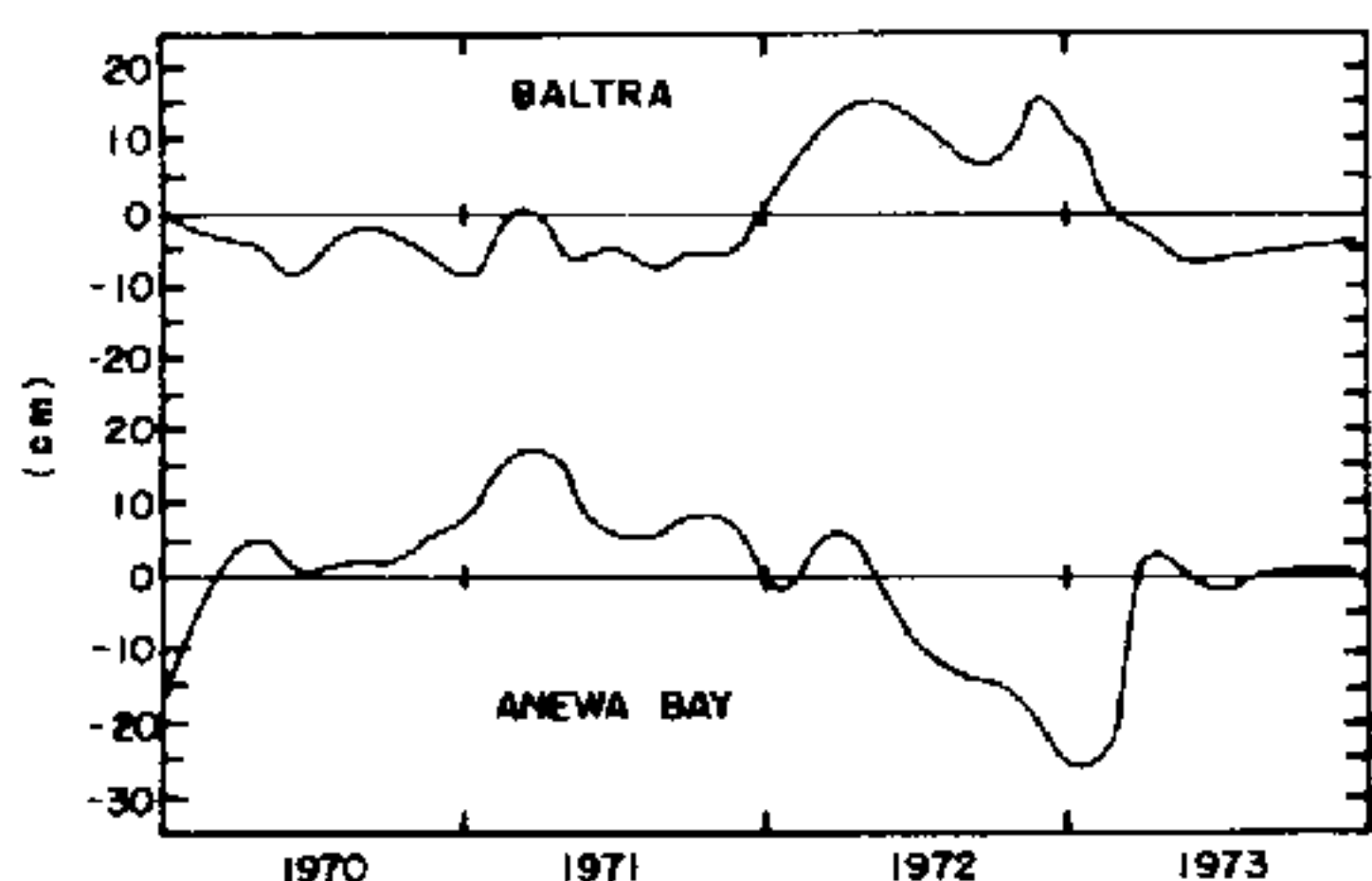


Fig. 5. De Wyrtki (1975): Nivel del mar filtrado usando un filtro de paso bajo en Baltra en las Islas Galápagos y en Anewa-Bay en las Islas Salomón.

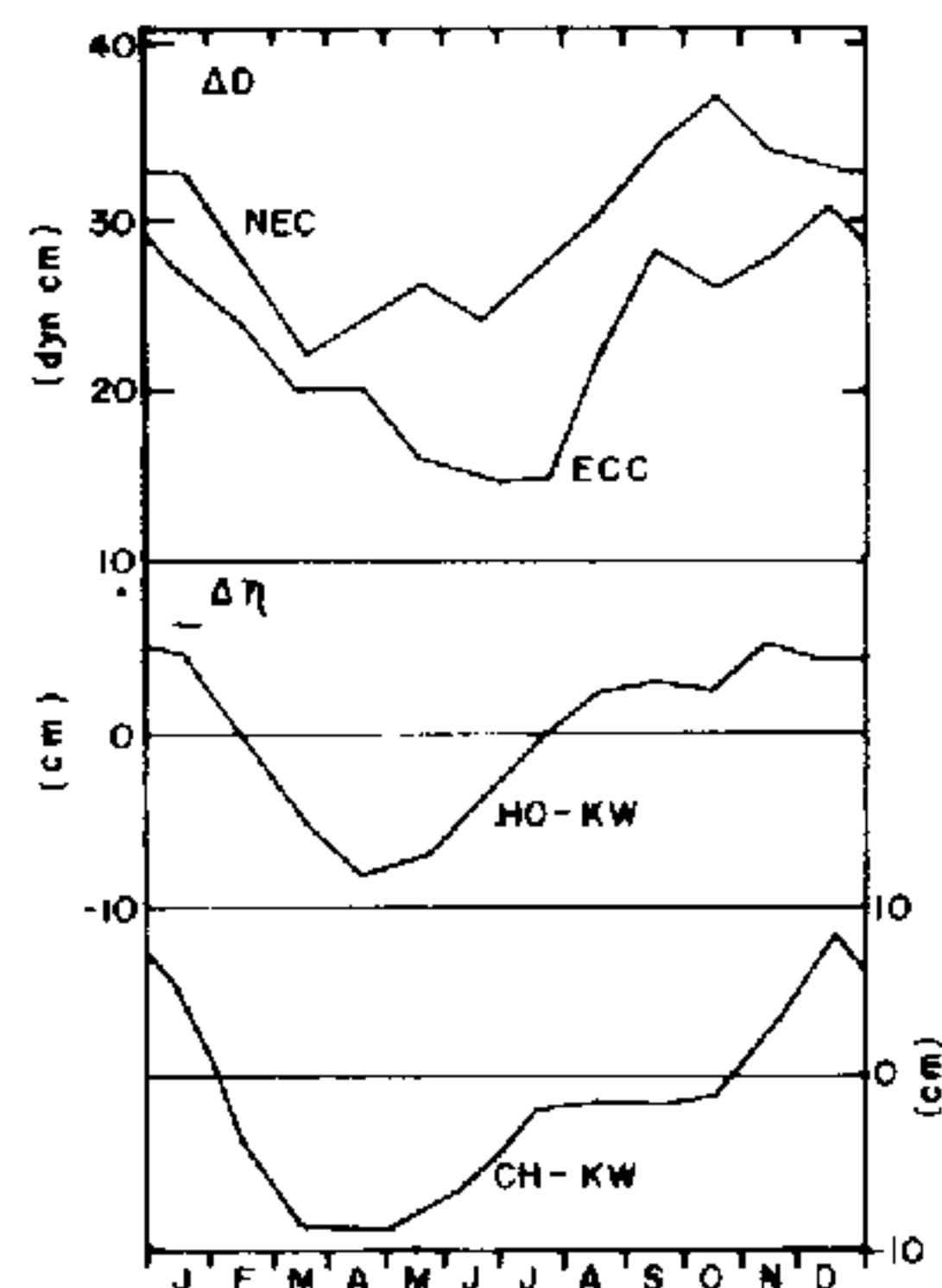


Fig. 3.

De Wyrtki (1974 a): D es la diferencia promedio de altura dinámica a través de la corriente Norecuatorial (CNE) y de la contracorriente ecuatorial (CCE); η es la diferencia del nivel del mar entre las islas que se extienden sobre la CNE (HO = Honolulu, KW = Kwajalein) y la CCE (CH = Christmas Island). Note la fuerte señal estacional.

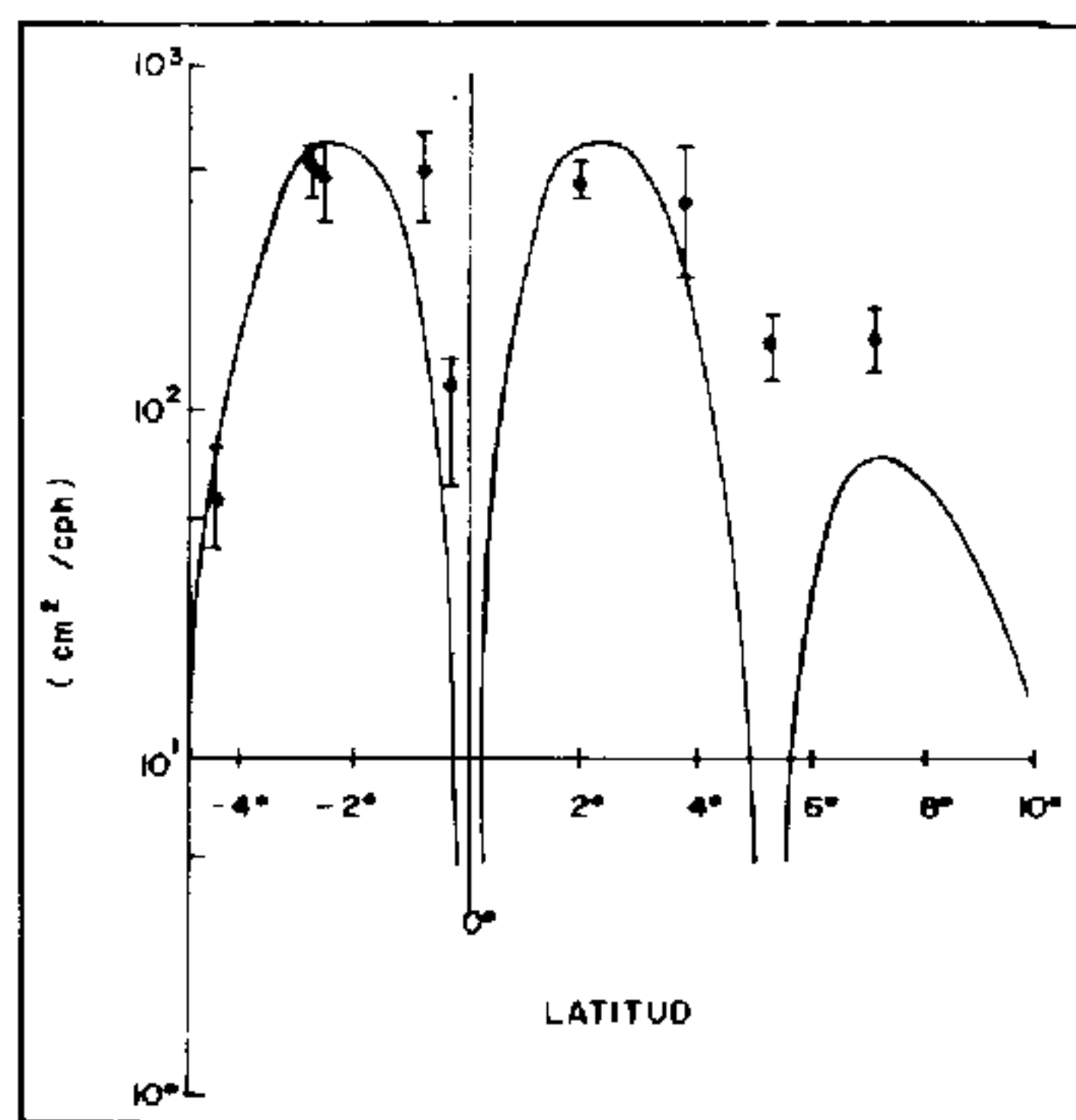


Fig. 6. De Wunsch y Gill (1976): Niveles de Energía de las fluctuaciones del nivel del mar en las islas con un período de aproximadamente 4 días ploteados en función de latitud. Todas las islas están en el Océano Pacífico Occidental. Curvas indican distribución teórica de energía meridional para un segundo modo de las ondas internas de gravedad ecuatorialmente atrapadas.

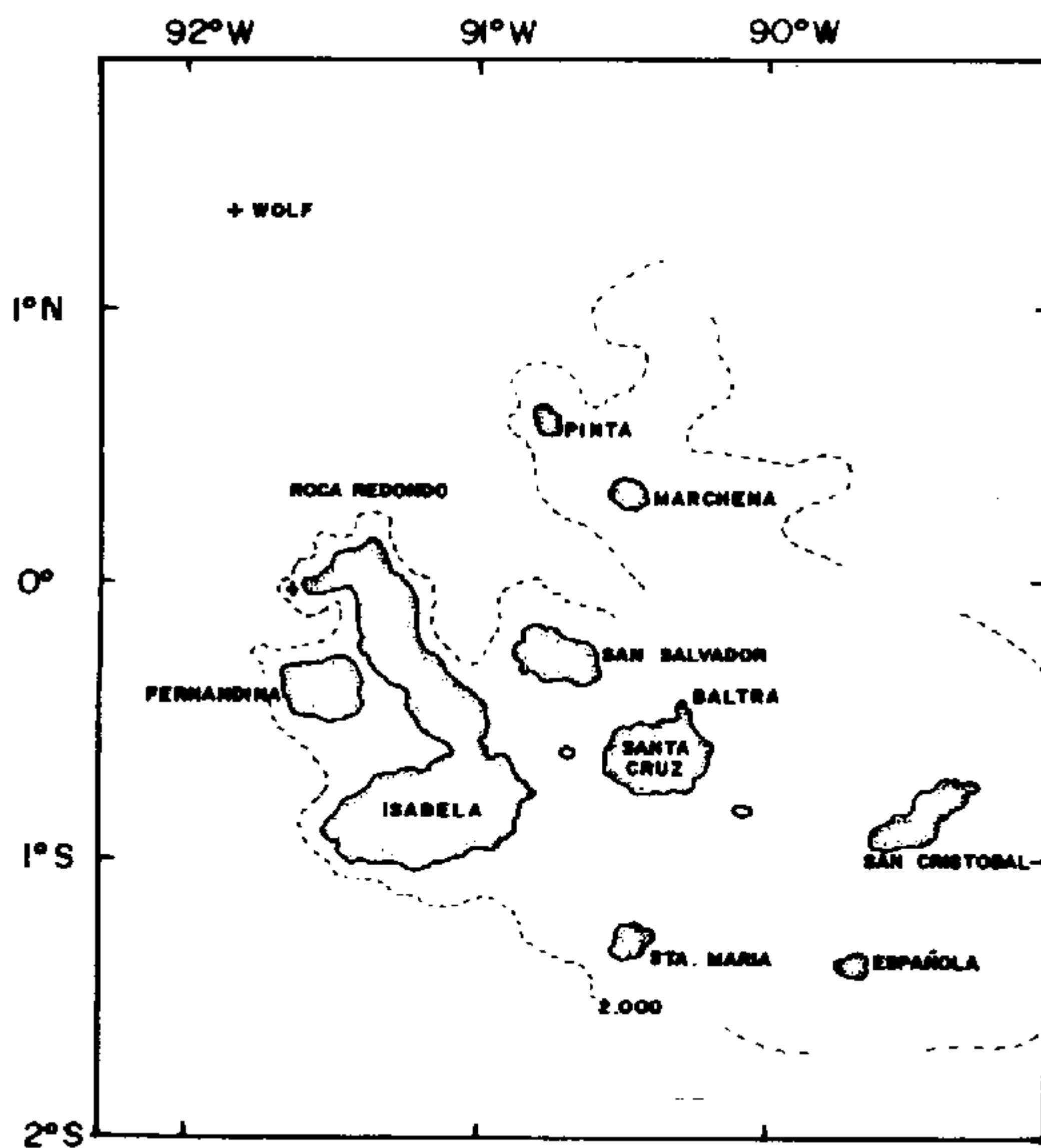


Fig. 7. Las Islas Galápagos con la indicación de la localización propuesta para instalar los sensores de presión (+) y mareógrafos (.)

¿QUE ES UNA ONDA ECUATORIAL DE KELVIN.?

Por:

PEDRO RIPA (1)

Antes que nada, debo aclarar que este es un artículo de divulgación y su contenido no es el resultado de investigaciones originales del autor.

La importancia del estudio de las ondas de Kelvin (ecuatoriales o costeras) radica, en parte, en el hecho de que éstas proveen un mecanismo eficaz para el transporte de energía (en la forma de perturbaciones de densidad y corriente) en una dirección particular. Estas señales se trasladan sin dispersión, es decir, sin cambiar de forma.

Por ejemplo, una de las teorías más populares sobre el fenómeno de El Niño postula que éste se origina en la forma de una onda ecuatorial de Kelvin, producida por la relajación de los vientos medios del este. Estos vientos mantienen normalmente un gradiente de presión, caracterizado por un aumento de temperatura, a profundidad constante, hacia el oeste. Al disminuir anormalmente los vientos medios, la pendiente de las isopiezas está en desequilibrio dando origen a la onda ecuatorial de Kelvin que finalmente produce un aumento de la temperatura del agua en el Pacífico oriental. Es posible que esta señal, al llegar a la costa de América del Sur, se divida fundamentalmente en dos partes, que a su vez se propaguen hacia el Norte y el Sur, en la forma de ondas costeras de Kelvin.

Por otra parte, una onda de Kelvin provee un ejemplo muy sencillo de dos fenómenos fundamentales de la Oceanografía Física de frecuencias bajas: el balance geostrófico y la conservación de vorticidad potencial.

Para simplificar el tratamiento del problema, vamos a suponer que las escalas horizontales son suficientemente grandes como para poder hacer la "aproximación hidrostática", es decir: i) la presión en un punto es igual al peso de la columna de agua (de sección unitaria) encima de ese punto, ii) las velocidades horizontales no varían con la profundidad en cada capa de densidad constante.

De todos los agentes que modifican el estado físico del océano solo tendremos en cuenta a las *fuerzas restitutivas* (responsables de la existencia de ondas), en particular, la fuerza de presión (debida a la gravedad terrestre) y la "fuerza" de Coriolis (debida a la rotación terrestre). No analizaremos las *fuerzas externas* (debidas, por ejemplo, al viento y la presión atmosférica) que causan estas ondas, ni las *fuerzas disipativas* (debidas tanto a la viscosidad y difusión molecular como a los efectos de la "turbulencia" oceánica) que amortiguan a las ondas.

Efectos de la gravedad terrestre

Que el peso del agua es responsable de la existencia de ondas es un concepto bien conocido. Considérese, por ejemplo, un canal angosto de profundidad $H(x,t)$ (fig.1). Si se perturba la superficie, aparecen fuerzas de presión, F_p , que tienden a volverla a su estado de equilibrio, $H = H_0 = \text{cte}$.

(1) Joint Institute for the Study of the Atmosphere and the Ocean (PMEL/UW)
CICESE, Espinoza 843, a.p. 2732, Ensenada, BC, México.

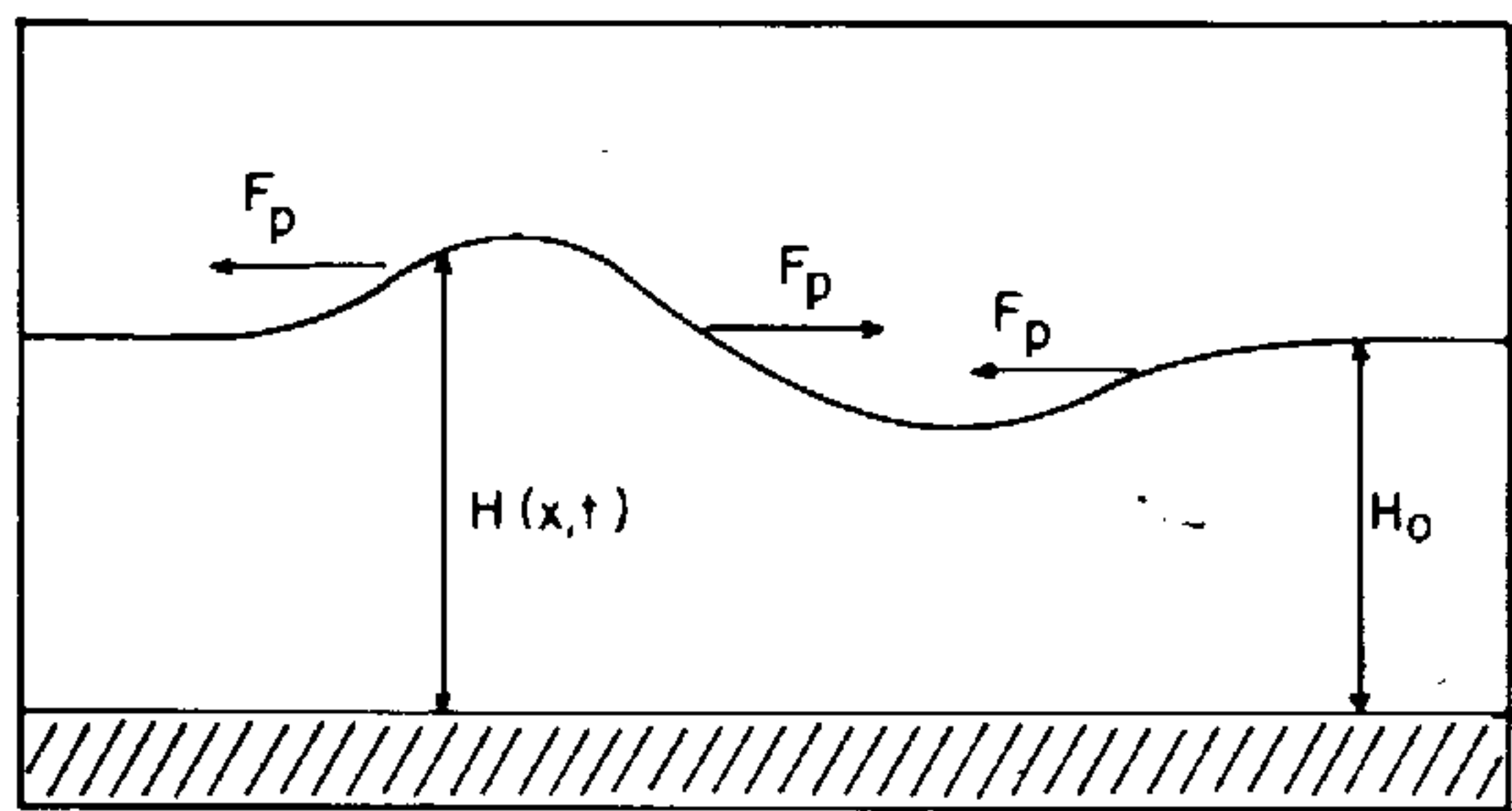


Fig. 1. Fuerza de presión que tienden a restituir la superficie libre a su forma original.

Estas fuerzas producen velocidades horizontales, cuya divergencia a su vez modifica a la altura de la superficie. El resultado final es que la perturbación original se divide en dos partes iguales que se propagan, sin cambiar forma, en ambas direcciones (fig.2).

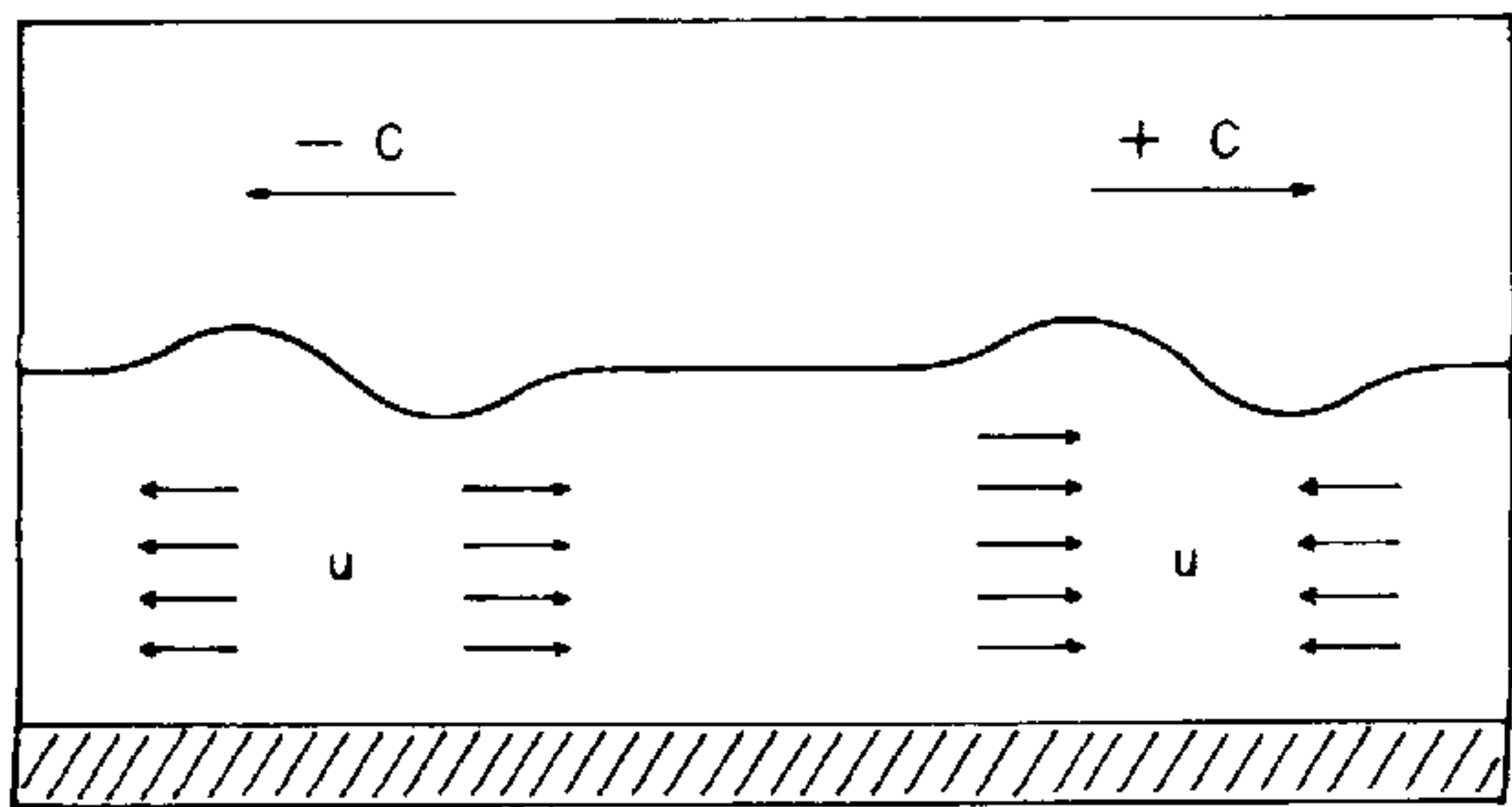


Fig. 2. Propagación de la perturbación inicial.

Esto se puede expresar matemáticamente en la forma

$$H(x,t) = \frac{1}{2} H(x-ct,0) + \frac{1}{2} H(x+ct,0), \tag{1}$$

donde c y $-c$ son las velocidades de fase de ambas señales.

La velocidad de las partículas, u , depende de la perturbación de la superficie y del sentido de propagación de la señal. Por ejemplo, en el punto medio de la señal de la izquierda (derecha) hay una divergencia (convergencia) de velocidad horizontal que tiende a bajar (subir) la superficie, causando efectivamente una traslación de la perturbación hacia la izquierda (derecha). Es decir que u es positivo (negativo) donde hay una elevación (depresión) de la superficie, para la señal que se propaga hacia la derecha; y tiene el signo opuesto para la otra señal. Por ejemplo, para el caso de la fig.2, el valor de u está dado por:

$$u(x,t) = \frac{1}{2} [H(x-ct,0) - H(x+ct,0)] c/H_0. \tag{2}$$

La velocidad de fase está dada por $c^2=gH_0$, es decir, $c=200\text{m/seg.}$ para una profundidad típica del océano. Este es un valor demasiado grande para el tipo de fenómenos que queremos describir (por ejemplo, a la señal le lleva solo unas 14 horas para recorrer 10.000km., el “ancho” del Pacífico). Sin embargo, el hecho de que el océano está estratificado hace que existan otros modos para la propagación de perturbaciones, con velocidades de fase mucho más inferiores. El modelo más sencillo que podemos utilizar (sacrificando detalle en pro de simplicidad) es uno de dos capas (fig.3) y tal que la capa superior (con densidad ρ_1) es mucho menos profunda que la capa inferior (con densidad $\rho_2>\rho_1$).

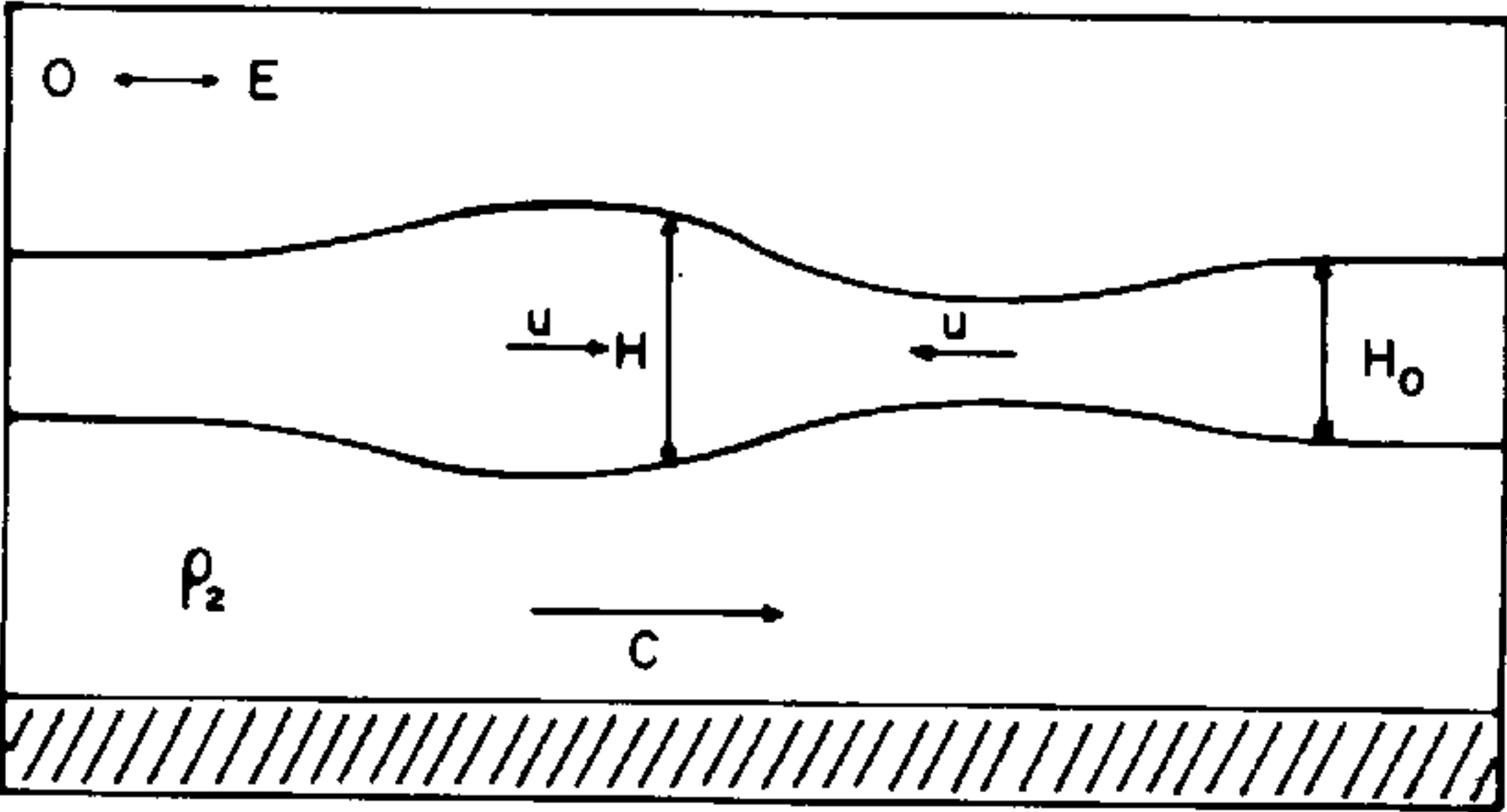


Fig. 3. Océano estratificado, modelo de dos capas.

Resulta que la dinámica de este modelo es muy similar a la del anterior, donde u y H son ahora la velocidad de partículas y profundidad de la capa superior; mientras que la capa inferior está prácticamente en reposo. Los cambios de H se deben fundamentalmente al desplazamiento de la interfase, ya que el desplazamiento de la superficie es igual al primero multiplicado por $-(\rho_2/\rho_1-1)$, factor que tiene típicamente un valor entre -0,002 y -0,004. Es decir que si la interfase baja, digamos, unos 50 m, la superficie sube unos 10 a 20 cms.

se está dado por $c^2=g(1-\rho_1/\rho_2)H_0$,

que tiene normalmente un valor entre 1 y 2 m/seg.

El valor de la velocidad de fa-

(3)

Efectos de la rotación terrestre

Una persona parada sobre una plataforma giratoria que arroje un objeto, ve que la trayectoria de éste se curva hacia un lado (fig.4). Un observador que no esté subido a la plataforma, sin embargo, ve que el proyectil se mueve uniformemente en línea recta. Es decir que la curvatura de la tra-

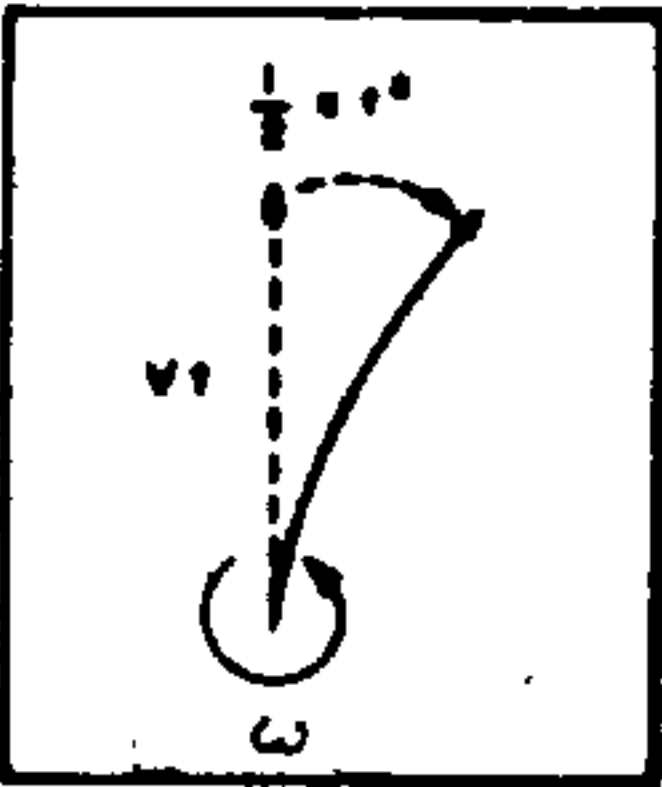


Fig. 4. Efecto de la rotación terrestre.

yectoria no es un fenómeno dinámico (debido a una fuerza real) sino un efecto geométrico de la descripción del movimiento desde un sistema no inercial (acelerado). El observador en la plataforma, sin embargo, atribuye la curvatura de la trayectoria a que la “fuerza” de Coriolis produce una aceleración, a , perpendicular a la velocidad, V . De la figura 4, con t suficientemente pequeño, tenemos $\frac{1}{2}at^2=(Vt)(\omega t)$, es decir, $a=V2\omega$, donde ω es la velocidad angular de la plataforma. Más precisamente, la aceleración, velocidad y velocidad angular están representados por vectores (el último perpendicular y hacia afuera del plano de la fig.4) y la aceleración de Coriolis está dada por el producto vectorial.

* Por ejemplo, desde nuestro punto de vista, el sol “gira” alrededor de la tierra con una aceleración *centrípeda* resultante de la “fuerza” *centrífuga* y la “fuerza” de Coriolis (dirigida hacia la tierra).

$$\vec{a} = \vec{V} \times 2\vec{\omega} \tag{4}$$

En el caso de la tierra, ω tiene la dirección del eje de rotación, sentido hacia el Norte y magnitud igual a 1 cpd. Por otra parte, las velocidades $\vec{V}$ en el océano son prácticamente horizontales, y por lo tanto en la ecuación 4 sólo interesa el valor de la componente vertical (en una determinada latitud) de 2ω , cuyo valor es

$$f = 2 \text{ cpd } \text{sen}(\text{latitud}), \tag{5}$$

Por ejemplo, la frecuencia de precesión del péndulo de Foucault es igual a $\frac{1}{2} f$. Nótese que f (al que normalmente se llama parámetro de Coriolis) es positivo (negativo) en el hemisferio Norte (Sur).

Ondas de Kelvin.

Las ondas de Kelvin son perturbaciones de las isopiecnas que se propagan, sin cambiar de forma, siempre en la misma dirección. Las corrientes asociadas con esta señal son paralelas a la dirección de propagación (es decir, son ondas longitudinales). En la dirección transversal hay, por lo tanto, un gradiente de presión, F , que equilibra a la “fuerza” de Coriolis, F (Balance geostrófico).

Una onda ecuatorial de Kelvin está centrada en el ecuador y se propaga hacia el este. El balance geostrófico está ilustrado en la fig. 5, para el caso de una estructura zonal como el de la fig.3.

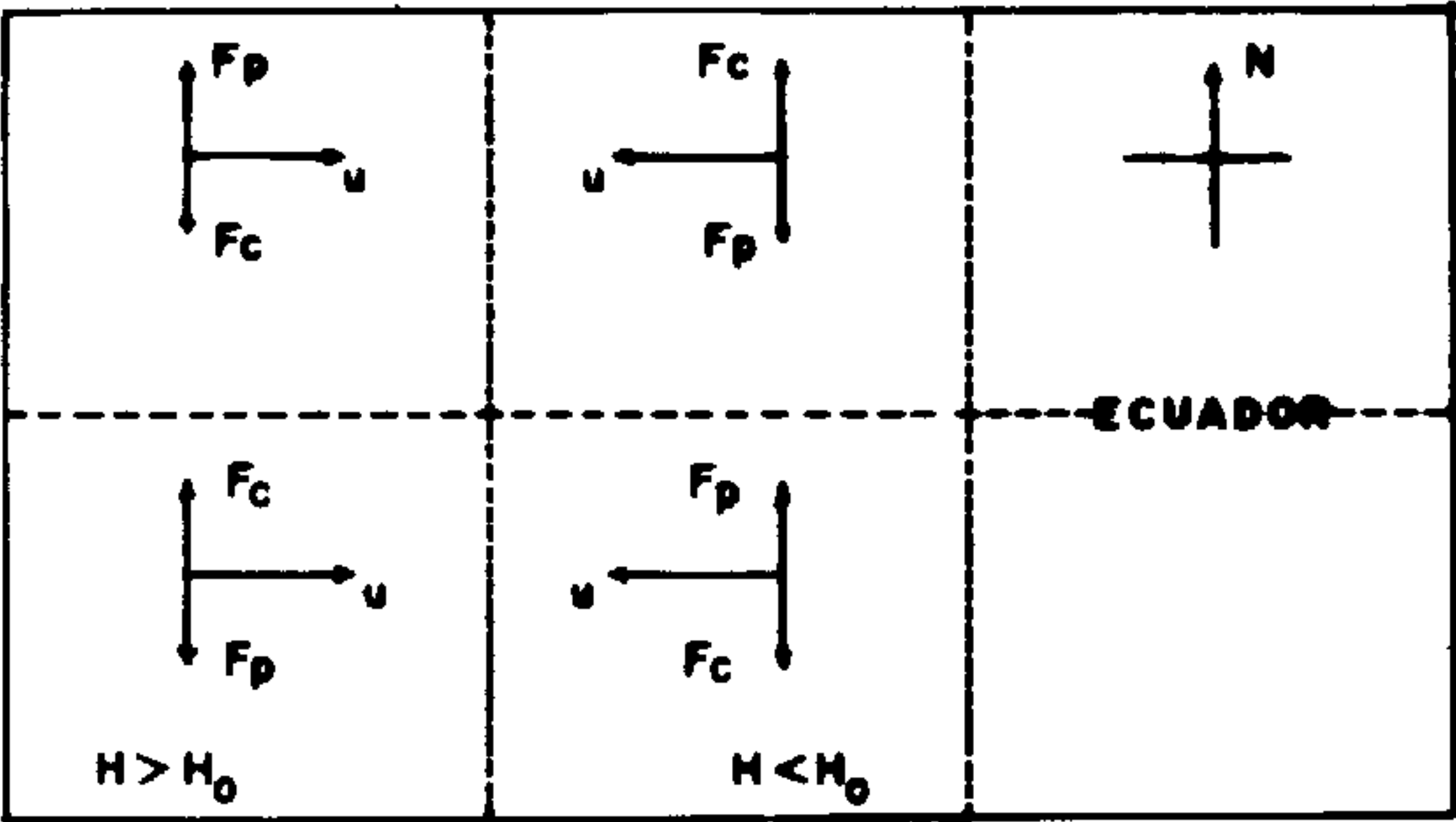


Fig. 5. Balance geostrófico de una onda ecuatorial de Kelvin centrada en el Ecuador.

En la parte de la izquierda (derecha) la capa superior es más ancha (angosta) que lo normal y la corriente u es por lo tanto positiva (negativa) de manera que la propagación de la señal sea hacia el este. La “fuerza” de Coriolis apunta, entonces hacia el (opuesta al) ecuador y, por consiguiente, el balance geostrófico requiere que H disminuya (aumente) al alejarse del ecuador. Es decir que, en ambas partes, H tiende al valor de equilibrio, H_0 , a medida que crece la distancia al ecuador.

Una onda ecuatorial de Kelvin no puede propagarse hacia el oeste porque (haciendo el razona-

miento del párrafo anterior, con u cambiado de signo) H no puede tender a H_0 al aumentar la distancia al ecuador, sino que al contrario como veremos más adelante, el valor de H crece indefinidamente.*

Además de la propiedad particular de balance geostrófico, una onda de Kelvin satisface el principio, mucho más general, de conservación de vorticidad potencial (que es una ley exacta, dentro del contexto de la aproximación hidrostática). Este principio no es más que la constancia, para cada columna de agua, de la componente vertical del momento angular respecto de un sistema inercial.

El momento angular es igual al momento de inercia multiplicado por la velocidad angular. El primero, debido a que el volumen se conserva, es inversamente proporcional a la altura de la columna de agua. El segundo es igual a $\frac{1}{2}f$ (que es la contribución de la tierra a la rotación alrededor de la vertical) más $\frac{1}{2}$ de la vorticidad relativa (que es la rotación relativa a la tierra). Consecuentemente, la

$$\Omega = (f + \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}) / H, \quad (6)$$

vorticidad potencial es constante siguiendo una partícula. En pocas palabras, si una columna de agua se achica (agrandada) y/o se mueve hacia el sur (norte), tiene que aumentar (disminuir) su vorticidad relativa.

Al escribir esta ecuación hemos utilizado un par de coordenadas cartesianas (con origen en algún punto del ecuador), llamando (x,y) y (u,v) a las componentes (en las direcciones hacia el este y hacia el norte) de los vectores posición y velocidad respectivamente. Es decir que despreciamos los efectos de la curvatura terrestre, salvo en lo que hace a la variación de f con la latitud (ecuación 5), la que a su vez podemos aproximar en la forma

$$f = \beta y, \quad (7)$$

donde $\beta \approx 0.1$ cpm/km. Esto es lo que se llama "aproximación de plano β ".

En la ausencia de movimiento ($H=H_0$, $u=v=0$) la vorticidad potencial es solo función de la latitud, $\Omega=f/H_0$. Esta relación tiene que ser cierta también ante la presencia de cualquier onda de Kelvin, ya que esta última no produce desplazamientos meridionales ($v=0$) y cada partícula conserva su valor de Ω . Esta condición, junto con la definición (6) implican que

$$\frac{\partial u}{\partial y} + f (H/H_0 - 1) = 0. \quad (8)$$

Por otra parte, la condición de balance geostrófico puede ser escrita en la forma

$$fu + g (1 - \rho_1 / \rho_2) \frac{\partial H}{\partial y} = 0. \quad (9)$$

Las dos últimas ecuaciones determinan la estructura meridional de cualquier onda de Kelvin, en la forma

$$\begin{aligned} u &= U(x,t) \exp(-\frac{1}{2}\beta y^2 / c,) \\ H &= H_0 (1 + u/c), \end{aligned} \quad (10)$$

con c dado por la ecuación (3).

* Hay otras ondas ecuatoriales, casi sin dispersión y casi en balance geostrófico que se propagan hacia el oeste (ondas planetarias o de Rossby). Sin embargo, el "casi" es aquí fundamental para lograr ese sentido de propagación.

De manera que la amplitud de una onda de Kelvin disminuye un 39% a una distancia del ecuador igual a $(c/\beta)^{1/2}$ (a la que se llama "radio de deformación de Rossby") y un 63% a dos veces esa distancia. Un valor típico del radio de deformación de Rossby es entre 200 y 300 km.

Para terminar de caracterizar matemáticamente a una onda ecuatorial de Kelvin debemos encontrar la evolución de la amplitud $U(x,t)$. Esto se puede hacer utilizando la ecuación de conservación de masa

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial (Hu)}{\partial x} = 0, \quad (11)$$

reemplazando H por H_0 en el segundo término de esta ecuación (es decir suponiendo que $|u| \ll c$), lo que da como resultado

$$U(x,t) = U(x-ct, 0), \quad (12)$$

es decir que las ondas de Kelvin se propagan sin dispersión hacia el este, tal cual como fue anticipado.

Las expresiones (10) y (12) junto con la raíz positiva de (3) proveen la expresión general de una onda de Kelvin, para el modelo de la figura 3. Estas ecuaciones muestran también claramente que para una onda de Kelvin que se propague hacia el oeste (la que se obtiene con un valor negativo de c en 10 y 12) se llega al resultado absurdo que u y H divergen rápidamente con y^2 .

Terminamos con algunas ideas para profundizar el tema de este artículo, para los lectores que tengan interés:

i) La estructura vertical del modelo de la figura 3 es claramente demasiado sencilla para dar una descripción detallada de fenómenos en el océano real. Con un modelo con más capas o, mejor todavía, con una variación gradual de la densidad con la profundidad se encuentra que existen diversos "modos verticales" para las perturbaciones (con varios cambios de signo de u en la vertical). También existen ondas de Kelvin para estos modos, cuya única diferencia con la aquí descrita (aparte de la estructura vertical) está en el valor de c (que es menor para cada modo sucesivo).

ii) Es común tomar a f como constante para ciertos problemas en latitudes medias (en realidad, a varios radios de deformación de distancia del ecuador); esto es lo que se llama "aproximación de plano f ". En este caso las ecuaciones 8, 9 y 11 tienen también solución de ondas de Kelvin, si existe una costa (la dirección x es a lo largo de la costa) que mantiene el gradiente de presión. ¿Puede obtener el equivalente de la ecuación 10 para este caso?

iii) Para poder obtener la ecuación 12 tuvimos que "hacer trampa" al linearizar a la ecuación 11, bajo la suposición de que la amplitud de la onda es suficientemente pequeña ($H \sim H_0$ y $|u| \ll c$). En realidad, es fácil ver que 8 y 9 (que fueron obtenidos bajo la condición $v=0$) no son estrictamente compatibles con 11, si se incluyen los términos no lineales. Esto nos lleva al fascinante mundo de las interacciones no lineales entre ondas oceánicas que, en algunos casos sirve para justificar las aproximaciones de la teoría lineal pero que en muchos otros predice la existencia de nuevos fenómenos. Este autor va a publicar un artículo sobre este tema próximamente.

AGRADECIMIENTO

Quiero aprovechar esta oportunidad para agradecer la hospitalidad del INOCAR, quien me invitó a dar una Conferencia sobre el tema de este artículo.

METODO DE ANALISIS RAPIDO EN MUESTRAS PLANCTONICAS

Por:

SERGE FRONTIER (1)

En cuanto el planctólogo recoge muestras, es confrontado con el problema de la variabilidad aleatoria de la comunidad planctónica. A una escala de observación menor que la escala de los gradientes ecológicos, se observan distribuciones que parecen debidas al azar. La "microdistribución" de los organismos agrega a las variaciones ecológicas una variabilidad básica imposible de eliminar.

Felizmente, las variaciones debidas a los factores ecológicos son generalmente de un orden de grande muy superior al de la variabilidad local. *Resulta inútil, en el estudio del plancton, determinar cantidades exactas por medio de contajes precisos; sólo es útil conocer los órdenes grandes y sus variaciones.*

Hemos tratado de precisar esta noción de orden de grande, estableciendo un conjunto de niveles, o clases de abundancia, fundado en una primera etapa sobre una progresión geométrica, que parecía convenir mejor a la apreciación intuitiva y rápida de la abundancia de objetos. Un estudio previo mostró que una progresión de razón 4,3 parecía apta para proveer una escala que se acercase lo más posible a la escala espontánea según la cual el operador calificaba las diferentes categorías de organismos encontrados, como "muy escaso", "escaso", hasta "muy abundante". Las clases de abundancia así obtenidas en la siguiente tabla 1.

Tabla 1

CLASES DE ABUNDANCIA LOGARITMICAS

CLASES	NUMEROS		CLASES INTER.	NUMEROS		VALORES CENTRALES
1	1 a	3				2
2	4 a	18	1,5	3 6 4		8
3	18 a	80	2,5	Cerca de	18	37
4	80 a	350	3,5	—	80	165
5	350 a	1500	4,5	—	350	725
6	1500 a	6500	5,5	—	1500	3120
7	6500 a	27000	6,5	—	6500	13250
8	27000 a	120000	7,5	—	27000	56900
etc...						

Esa determinación aproximada da un método rápido de análisis de las muestras. En efecto es fácil, por medio de submuestras, establecer si la abundancia de una especie dentro de una muestra es, por ejemplo, incluida entre 80 y 350 (clase 4) o entre 350 y 1.500 (clase 5). Existe duda sencillamente cuando la abundancia es cerca de 350, en aquel caso se pone por conveniencia la clase deci-

(1) O.R.S.T.O.M. París.

mal 4,5, que significa "alrededor de 350" (los límites precisos no tienen ninguna importancia).

La comparación con resultados establecidos con contajes precisos es significativo. La fig. 1 muestra que la sustitución de las clases de abundancia (línea continua) por contajes precisos (línea discontinua) no puede llevar ninguna información adicional en la descripción del fenómeno ecológico. La fig. 2 muestra que una cartografía obtenida sencillamente con clases de abundancia proporciona una descripción del fenómeno que los contajes precisos no podrían modificar, sino ligeramente.

Aún más, tratamientos elaborados de los datos, tales como análisis factoriales, cálculos de biomasa y de diversidad, dan prácticamente los mismos resultados con clases de abundancia y con contajes precisos: los coeficientes de correlación entre resultados obtenidos con los dos métodos alcanzan generalmente 0,95 o más. Es entonces inútil en todos los casos hacer contajes precisos, que son fastidiosos y toman mucho tiempo. La energía es mejor distribuida cuando se realizan muestreos numerosos y apretados en el tiempo y en el espacio.

En efecto, disponemos hoy de varios métodos de análisis numéricos que se pueden aplicar a conjuntos numerosos de datos. La planificación óptima del muestreo varía según el tratamiento previsto. Sin embargo en todos los casos, un número más alto posible de observaciones es aconsejable. Implica que el análisis de las muestras sea fácil y rápido: por eso nuestro método está particularmente bien adaptado a este tipo de diseños.

Otro problema que debe resolverse en el marco del tratamiento de los datos es el de la métrica que hay que adoptar.

Hay que distinguir entre *escala* y *métrica*. Un cambio de escala es sencillamente un cambio de unidad: se mide una longitud en centímetros o en kilómetros. Un cambio de métrica es un cambio en la manera de medir: se mide un cubo en longitud de la arista (L), o en el área de la cara (A), o en el volumen o peso (V o P).

Se pasa de una métrica a otra por una *transformación no lineal* (es decir no proporcional) de los datos: por ejemplo, $V = L^3$. En cambio, $P = d.V$, donde d es la densidad: hay aquí solamente un cambio de escala.

Para los tratamientos, el punto fundamental es que diferentes métricas dan importancias relativas diferentes a las variaciones dentro de los grandes y de los pequeños números. Por ejemplo, la métrica aritmética da la misma importancia a una variación entre 1 y 10 entre 101 y 110. La métrica logarítmica da la misma importancia a una variación entre 1 y 10 y entre 100 y 1.000. Las métricas "raíz cuadrada" y raíz cúbica" son intermediarias.

En nuestro caso, se trata de buscar una métrica que otorgue la misma importancia a la variabilidad aleatoria de las cantidades planctónicas en los grandes y en los pequeños números. Es decir, en términos de la estadística, una transformación no lineal que proporcione una varianza del mismo orden de grande, cualquier sea el orden de grande de los números contados; en otras palabras, que otorgue una *varianza independiente de la media*, lo que es una de las condiciones esenciales de la aplicación de las técnicas estadísticas usuales.

Visiblemente, la métrica aritmética no conviene, pues se hace grandes varianzas con grandes números, y pequeñas varianzas con pequeños números. La métrica logarítmica es a menudo utilizada en ecología; pero se observa que esta transformación *sobre-corrige* la varianza: una variación de 1 a 10 puede deberse al azar, dada la importancia de la microdistribución; en cambio, una variación de 100 a 1.000 es más seguramente significativa, y debería ser más destacada que la precedente, lo que no es con la transformación log. Esta reduce las varianzas significativas de los grandes números, haciéndolas a veces indistintas, y otorga a las variaciones de los pequeños números una importancia injustifica-

da: la situación es invertida respecto a la métrica aritmética.

Se paliará este inconveniente, elevando al cuadrado el logaritmo. Este proceder puede justificarse matemáticamente y estadísticamente. Haremos aquí, solamente referencia a dos gráficos (fig. 3), obtenidos uno poniendo las variaciones en la métrica log, otra en métrica $\log^2$: solamente en el segundo caso se distinguen bien los fenómenos.

Es muy importante precisar que las transformaciones no lineales deben ser aplicadas a los números reales de organismos contados en una muestra, ya no a los números convertidos en clases por regla proporcional. En efecto, por razones matemáticas, transformaciones no lineales (salvo transformación log) aplicadas después de un cálculo proporcional, no tendrían el mismo efecto sobre las variancias. Sin embargo se puede admitir que hay poco error convirtiendo los resultados al volumen filtrado medio si las muestras fueron obtenidas, filtrando volúmenes de agua *del mismo orden de grande*. Por ejemplo, muestras obtenidas filtrando 9, 8, 14, 11 y 7 m³ pueden ser convertidas a 10 m³, antes que los contajes sean transformados en sus $\log^2$ (pero no a 1 m³ o a 100 m³).

Cuando se adoptan las clases de abundancias, se utiliza como límites de los intervalos, y como designación de las clases, logaritmos de base 4,3. Por ejemplo, la clase 4 es la clase "80-350" es decir " $4,3^3 - 4,3^4$ ": la clase es designada por el logaritmo de base 4,3 del límite superior. Para adoptar la métrica $\log^2$, hay que elevar al cuadrado el número de la clase. Es lo que hicimos en la fig. 1, para comparar los resultados obtenidos con contajes precisos puestos en la métrica $\log^2$.

Pero, utilizar clases logarítmicas por que es fácil, determinarla rápidamente, luego corregir la desigualdad de las variancias elevando al cuadrado los números de las clases, es una estratagema que tiene inconvenientes. Se observa en la fig. 1, que las clases son demasiado apretadas en los pequeños números (dan más detalles que lo necesario), cuando podría haber más clases intermedias en los grandes números. Sería más juicioso adoptar de antemano clases que fuesen equidistantes en la métrica log, lo que hicimos en una segunda etapa, conduciéndonos a las clases expresadas en la tabla II.

Tabla II

CLASES DE ABUNDANCIA EN METRICA $\log^2$

CLASES	NUMEROS		VALORES CENTRALES
1	1 a	64	18
2	64	365	165
3	365	1400	735
4	1400	4200	2450
5	4200	11500	7000
6	11500	27000	18000
7	27000	62500	42000
8	62500	135000	92000

Respecto al primer conjunto de clases, las clases inferiores son agrupadas, y las clases superiores son divididas y diversificadas.

Los diseños de muestreo deberán ser pensados con arreglo a los diseños de tratamientos ulteriores de los datos. Pueden ser diversos, y reflejan los modos de presentar los problemas.

Con los diseños de "primera descripción", se trata de estudiar en una región las variaciones de la comunidad planctónica según el tiempo, el espacio, o los dos a la vez. Se estudiará por ejemplo las variaciones a la escala geográfica, según los principales gradientes ecológicos: norte-sur, costa — alta mar, vertical, etc. Se establecerá transectos a través de los fenómenos, las estaciones siendo más o menos apretadas según la intensidad del gradiente. Si se presume la existencia de varios gradientes ecológicos entrecruzándose, se realizará un cuadrículado de estaciones. Se estudiará por otra parte variaciones verticales, estacionales e interanuales, nictemerales, etc.

De todos modos, hay que mantener en la mente que una variabilidad aleatoria muy grande se sobrepone a la influencia de los gradientes ecológicos. Una muestra aislada no es nunca significativa de por sí. En cambio, un conjunto de muestras hace aparecer por una parte una tendencia, y por otra parte un orden de grande de la variabilidad residual (ejemplos dados en las figuras). Se conseguirá toda la información útil, fijándose en órdenes de grande de las cantidades observadas, porque cada precisión suplementaria en este nivel de observación, traerá información solamente acerca del "ruido del fondo" y no de la tendencia.

Cualquiera que sea el interés de tratamientos más elaborados, tal como análisis factorial o espectral, los diseños de "primera descripción" tienen una gran importancia, y es necesario que precedan los estudios más profundos y más técnicos. Estudios elementales todavía faltan en numerosas regiones del mundo, hasta tal punto, que en esta época donde resulta tan agudo el problema de las consecuencias de la contaminación del mar, faltan descripciones de base que permitirían, por medio de comparación con un "punto cero" de no-contaminación, hacer el balance de la modificación ecológica del medio. Por eso pensamos que es necesario iniciar estudios de "primera descripción" (emprender en numerosas regiones), sobre todo en regiones neríticas que son las más afectadas por las consecuencias del desarrollo industrial rápido. La urgencia del problema justifica los métodos rápidos que preconizamos.

Un método semigráfico rápido de evaluación de la abundancia total dentro de una zona delimitada es posible cuando la región ha sido cuadrículada de modo bastante fino para que se pueda trazar una cartografía de las abundancias de los varios grupos, estableciendo una red de líneas de igual abundancia, llamadas isopleas. Estas líneas, así como isobatas, isotermas, etc., reúnen del modo más regular posible puntos de valores redondos obtenidos interpolando entre dos estaciones, después transformación $\log^2$ o por lo menos $\log$. Esos valores redondos no deben ser ni demasiado numerosos, ni demasiado escasos, para que el mapa sea leible y fiable; su elección se identificará con el de las clases de abundancia del método rápido. En caso que sean las clases de abundancia las que fueran puestas en el mapa, las isopleas pasarán a media distancia entre estaciones vecinas de abundancias sucesivas.

Luego, por planimetría de las zonas colocadas entre las varias isopleas, se puede relatar el valor medio de la abundancia (ver últimas columnas de las tablas 1 y 2) y, sumando todas las zonas, conseguir una estimación de la cantidad de plancton bajo la superficie estudiada.

Si las abundancias puestas en el mapa son las densidades de plancton (por ejemplo por 10 m^3) en la columna entera de agua, hay que considerar la intersección entre las isopleas y las isobatas. Entre dos profundidades redondas, y dos abundancias que son límites de clases, delimitamos una área cerrada sobre la cual hay la misma abundancia y la misma profundidad media. Multiplicando dicha profundidad por la superficie del área cerrada, obtenemos el volumen de agua bajo esta área, y multiplicando este volumen por la densidad planctónica, se obtiene la cantidad de plancton bajo el área. Por fin, sumando para todas las áreas delimitadas por el doble conjunto de líneas, se obtendrá la cantidad total de plancton bajo la zona cuadrículada.

Hemos llevado a cabo tal cálculo, para varias categorías zoológicas, en un ciclo anual dentro de una bahía tropical (Bahía de Ambaro, Madagascar). Las variaciones cuantitativas a lo largo de un

ciclo anual reflejan, tras aplicación del método de cartografía—planimetría, en gráficos más regulares y lisos que los que se consigue de costumbre en el estudio del plancton con estaciones individuales. Damos ejemplos en las figuras 5 y 6 de gráficos obtenidos con los dos métodos para la misma especie, *Creseis acicula*, en 3 estaciones aisladas (fig. 5) y en toda la zona tras integración de la microdistribución (fig. 6).

Estos métodos fueron puestos a punto y aplicados por un equipo francés de la O.R.S.T.O.M. (Oficina de Investigación Científica y Técnica del Ultramar), instituto especializado en el estudio del medio tropical. Nos pareció interesante hacerlos conocer, y eventualmente sugerir que sean adoptados en el marco de una planificación, y de un afán de unificación de los métodos.

BIBLIOGRAFIA

- Blanc F. Et Laurec A., 1976 De l'heuristique au thaumaturgique dans l'analyse des données en écologie marine. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, 14(2):
- Bour W. Et Millerioux G., 1974 Zooplancton de la région de Nosy Be. IX) Répartition spatiotemporelle des Chaetognathes dans la province néritique. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.* 12(4): 207-219.
- Devaux J. Et Millerioux G., 1976 a. Possibilités d'utilisation de la cotation d'abondance de Frontier (1969) pour l'analyse multivariable des populations phytoplanctoniques. *C.R. Acad. Sci. Paris (sér. D)*, 283: 41-44.
- Devaux J. Et Millerioux G., 1976 b. Méthode d'estimation de la biomasse du phytoplancton à partir des nombres de cellules issue d'une cotation d'abondance. *C. R. Acad. Sci. Paris (sér. D)*, 283: 927-930.
- Devaux J. Et. Millerioux G., 1977 Utilisation d'une cotation d'abondance pur l'étude quantitative des populations phytoplanctoniques. *J. français Hydrol.*, sous presse.
- Frontier S., 1966 Zooplancton de la région de Nosy Be. I) Programme des récoltes et techniques d'étude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Oceanogr.*, 4(3): 3-37.
- Frontier S., 1969 Sur une méthode d'analyse faunistique rapide du zooplancton. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 3(1): 18-26.
- Frontier S., 1972 Calcul de l'erreur sur un comptage de zooplancton. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 8(2): 121-132.
- Frontier S., 1973a Etude statistique de la dispersion du zooplancton. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 12(3): 229-262.
- Frontier S., 1973b Evaluation de la quantité totale d'une catégorie d'organismes planctoniques dans un secteur néritique. *J. exp. mar. Biol.* 12(3): 299-304.
- Frontier S., 1973c Zooplancton de la région de Nosy Be. V) Cladocères. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, 11(3): 259-272.
- Frontier S., 1973d Zooplancton de la région de Nosy Be. VI) Pteropodes, Hétéropodes. Première partie: espèces holonéritiques et néritiques internes. *Cash. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, 11(3): 272-290.
- Frontier S., 1974a Contribution à la connaissance d'un écosystème néritique tropical: étude descriptive et statistique du peuplement zooplanctonique de la région de Nosy Be (Madagascar). Thèse Doct. Etat Univ. Aix-Marseille, multigr. 268 pp., et Doc. O.R.S.T.O.M. hors coll.
- Frontier S., 1974b L'analyse factorielle est-elle heuristique en écologie du plancton? *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Océanogr.*, 12(1): 77-81.
- Frontier S., 1977 Interface entre deux écosystèmes: exemples dans le domaine pélagique. Commun. Congrès U.O.F., mars 1977. Resume paru dans *J. Rech. océanogr.*, 2(1): 24-25.

- Frontier S., sous presse a. Interface entre deux écosystèmes pélagiques. *Ann. Inst. océanogr.*, sous presse.
- Frontier S., sous presse b. La microrépartition du plancton: étude statistique, implications méthodologiques, perspectives. *Vie Milieu*, sous presse.
- Frontier S. Et Ibañez F., 1974. Utilisation d'une cotation d'abondance fondée sur une progression géométrique pour l'analyse des composantes principales en écologie planctonique. *J. p. mar. Biol. Ecol.*, 14(3): 217-224.
- Frontier S. Et Viale D., 1977. Utilisation d'une cotation d'abondance mise au point en planctologie pour l'évaluation des troupeaux de Cétacés en mer. *J. Rech. océanogr.*, sous presse.
- Ibañez F., 1971. Effet de la transformation des données dans l'analyse factorielle en écologie planctonique. *Cah. océanogr.*, 23: 546-590.
- Ibañez F., 1973. Méthode d'analyse spatio-temporelle du processus d'échantillonnage en planctologie, son influence dans l'interprétation des données par l'analyse en composantes principales. *Ann. Inst. Océanogr.*, (n.s.), 49(2): 83-111.
- Mac Kay D. Et Mac Culloch W. 1952. The limiting information capacity of a neuronal link. *Bull. Math. Biophys.*, 14: 127-135.
- Petit D., 1973 Zooplancton de la région de Nosy Be. VIII) Repartition spatio-temporelle du genre *Lucifer*. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, 11(3): 373-385.
- Platt T. 1972. Local phytoplankton abundance and turbulence. *Deep Sea Res.*, 19: 183-197.
- Platt T. Et Denman K.L. 1975. Spectral analysis in ecology. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 6: 189-210.
- Sournia A. Et Frontier S. 1967. Terminologie des phénomènes liés au temps en écologie. *Bull. Museum Hist. nat. Paris*, 39(5): 1001-1002.

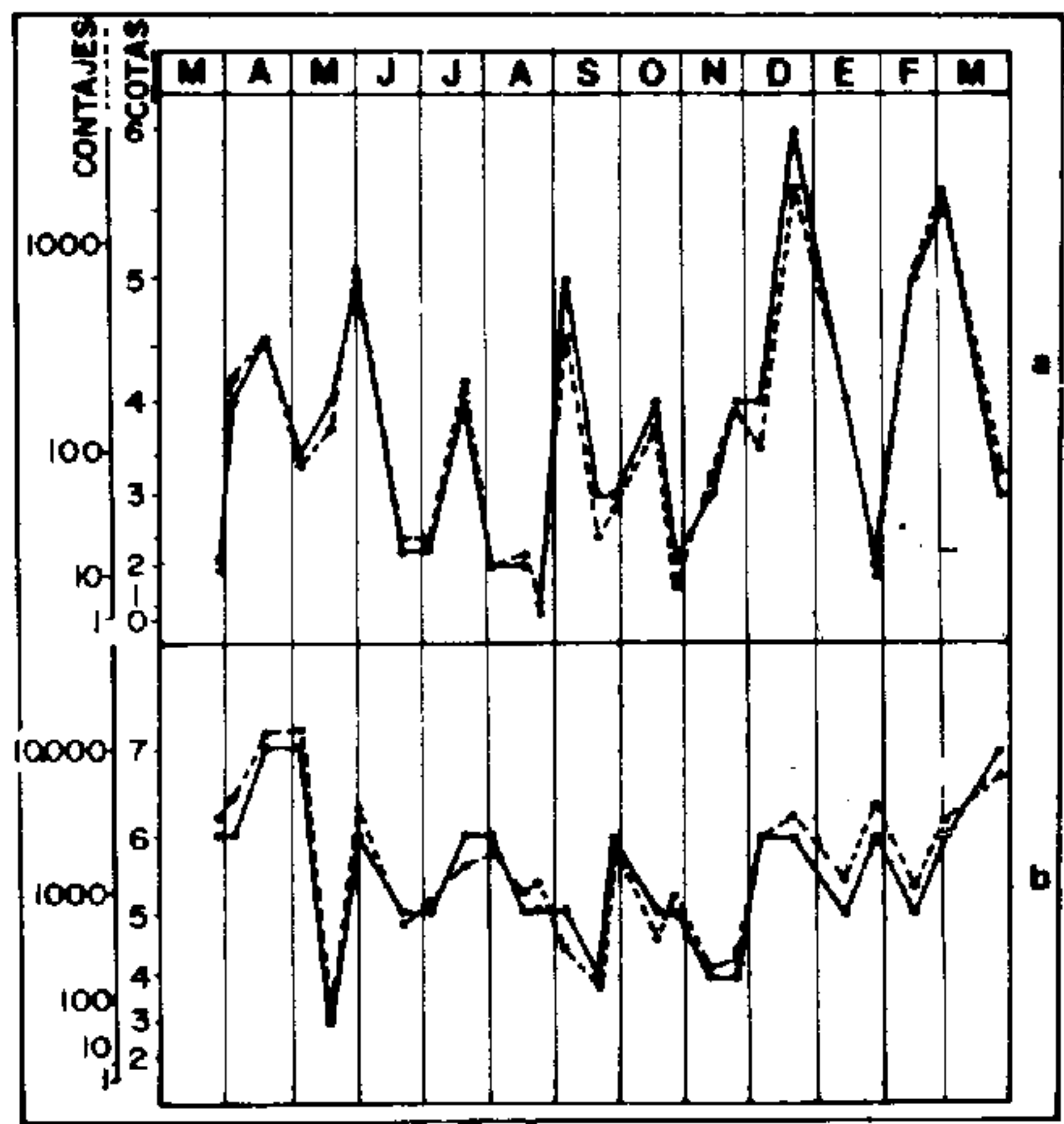


Fig. 1. Comparación de los gráficos obtenidos con contajes exactos (líneas discontinuas) y con clases de abundancia (líneas continuas).
a: Pterópodos; b: Quetognatos. Nosy Be (Madagascar), 1963-64. De FRONTIER, 1966, 1969.

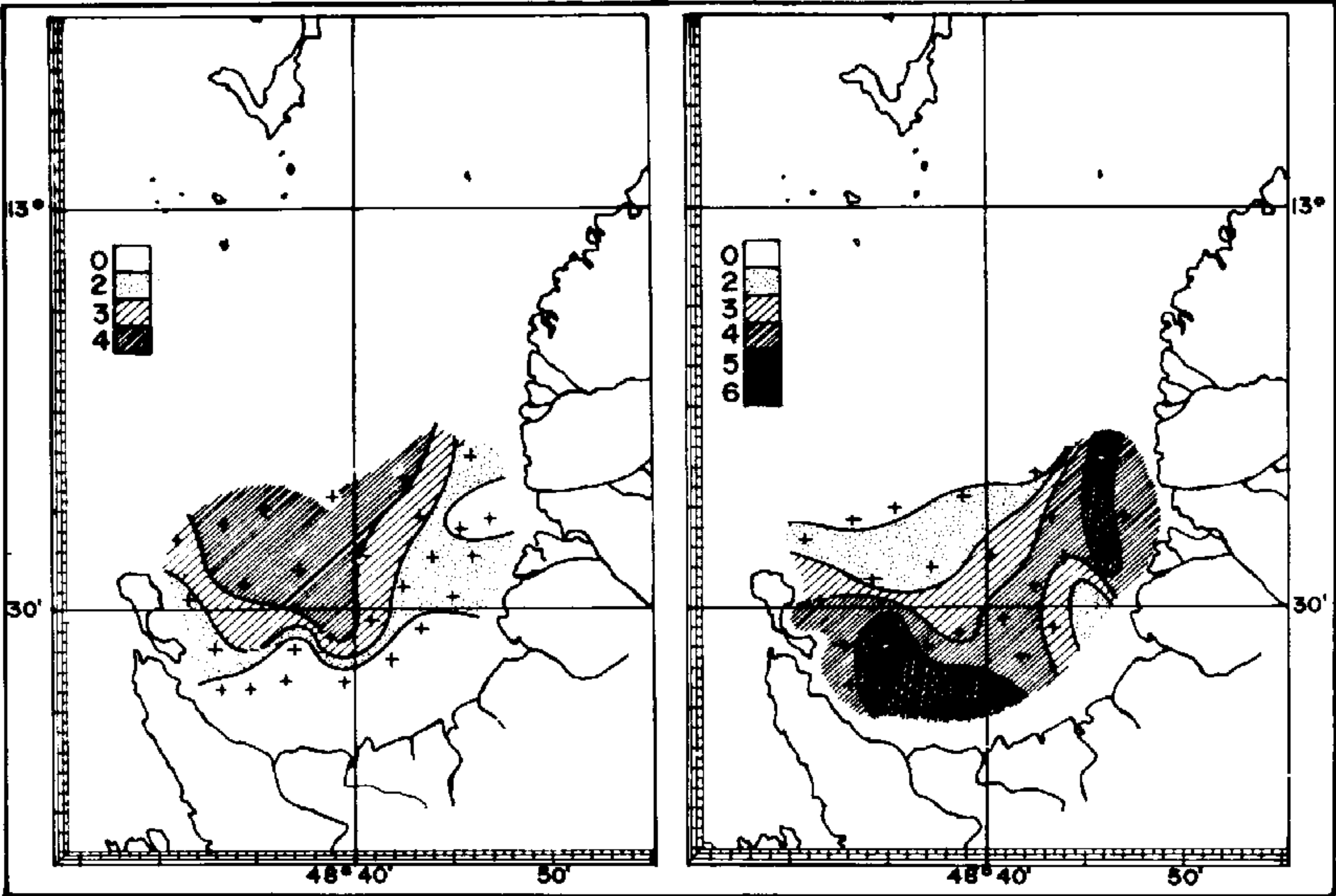


Fig. 2. Mapas de abundancia de dos categorías de organismos en la Bahía de Ambaro (Madagascar), obtenidos por medio de las clases de abundancia logarítmicas.
Izquierda: Calicoforos; derecha: *Penilia avirostris* (Cladocero).
De FRONTIER, 1969.

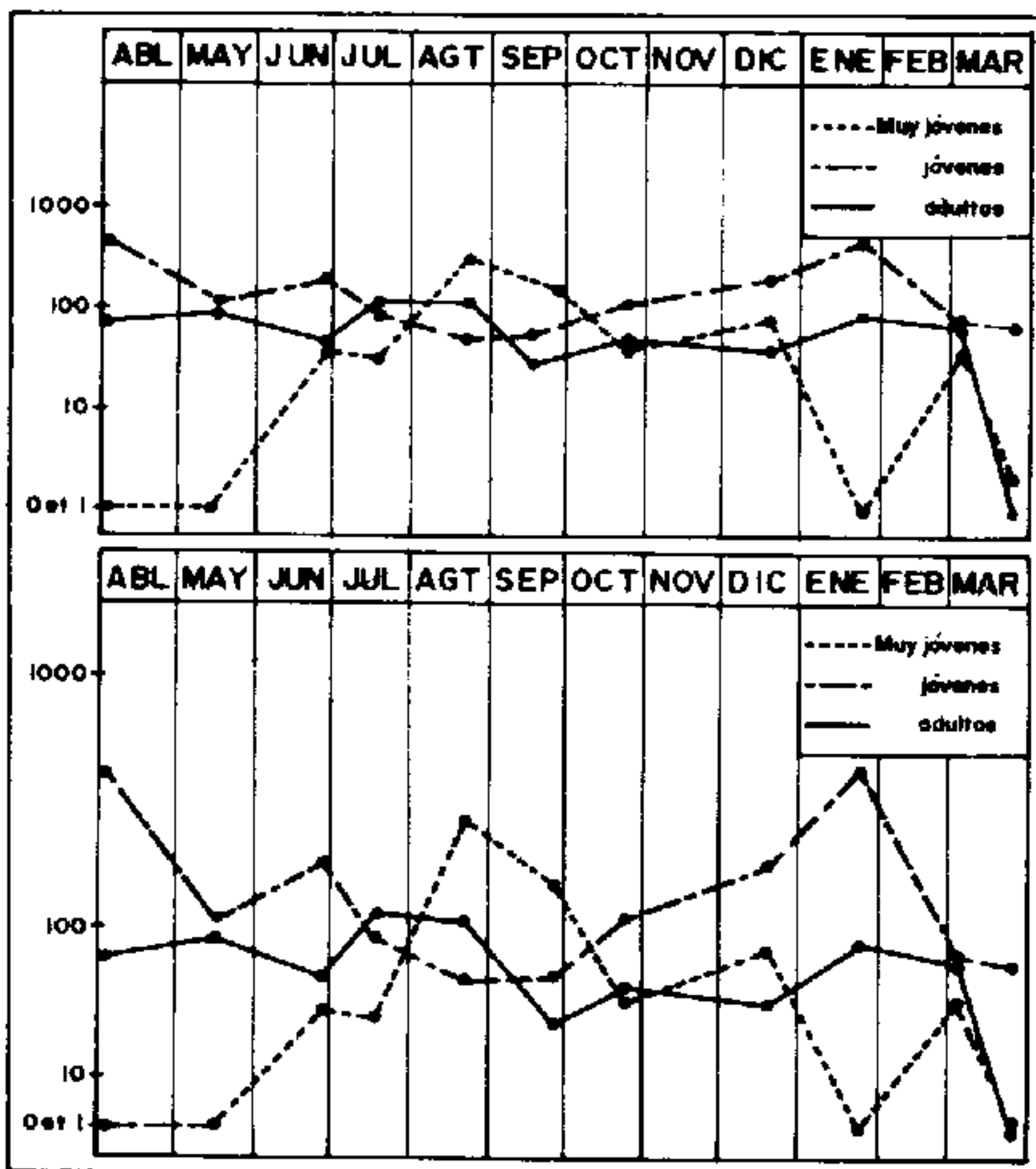


Fig. 3. Variaciones estacionales de abundancia de *Limacina inflata* cerca de Nosy Be (Madagascar), 1963-64, puestas en métrica log (arriba) y en métrica $\log^2$ (abajo). De FRONTIER, 1966.

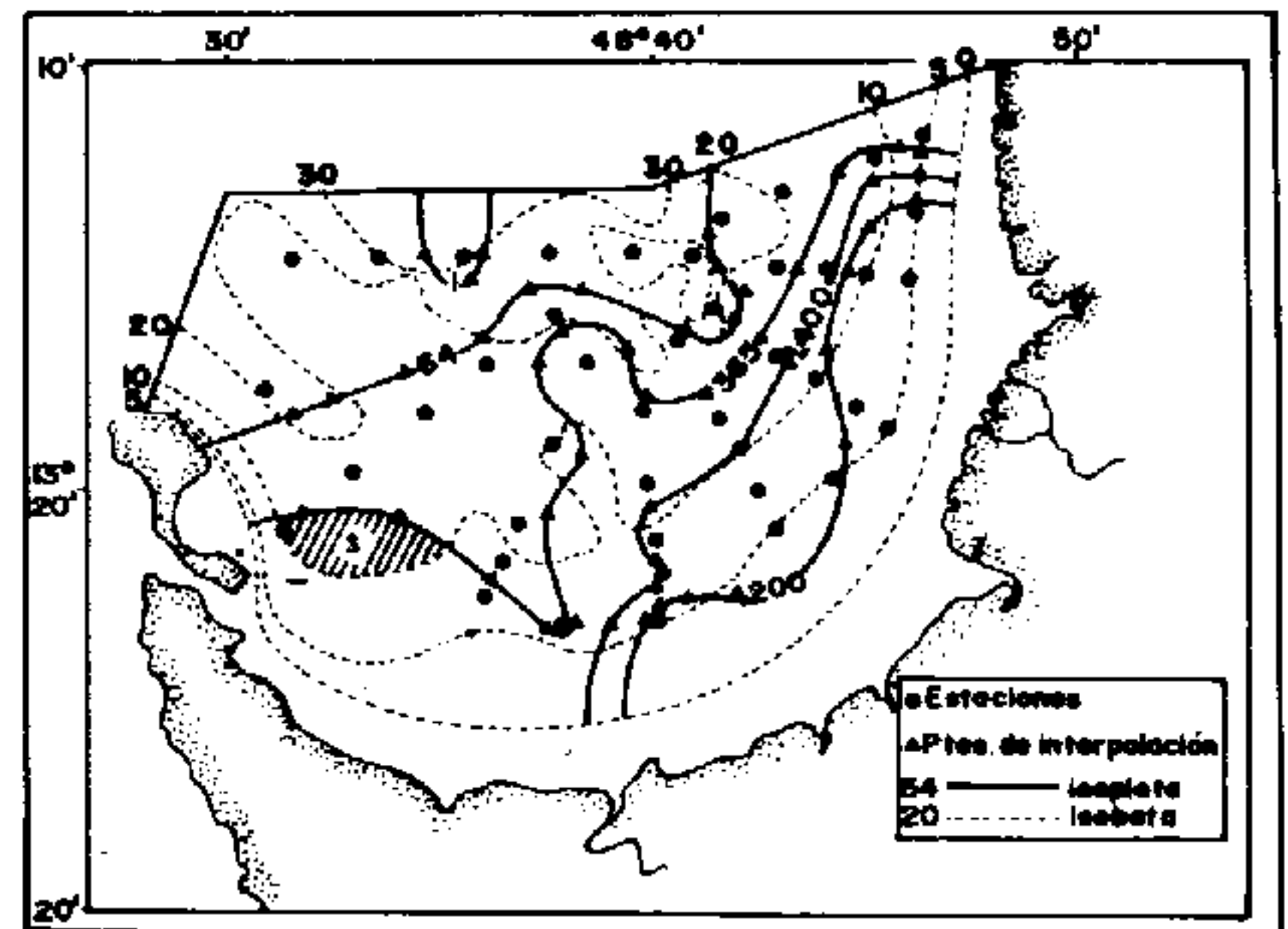


Fig. 4. Ejemplo de construcción de un mapa de abundancia. Intersección entre el conjunto de isople-tas (líneas continuas) y el conjunto de isobatas (líneas discontinuas).
S = área cerrada de una misma profundidad me-dia y de una misma densidad planctónica media.
De FRONTIER, 1973 b.

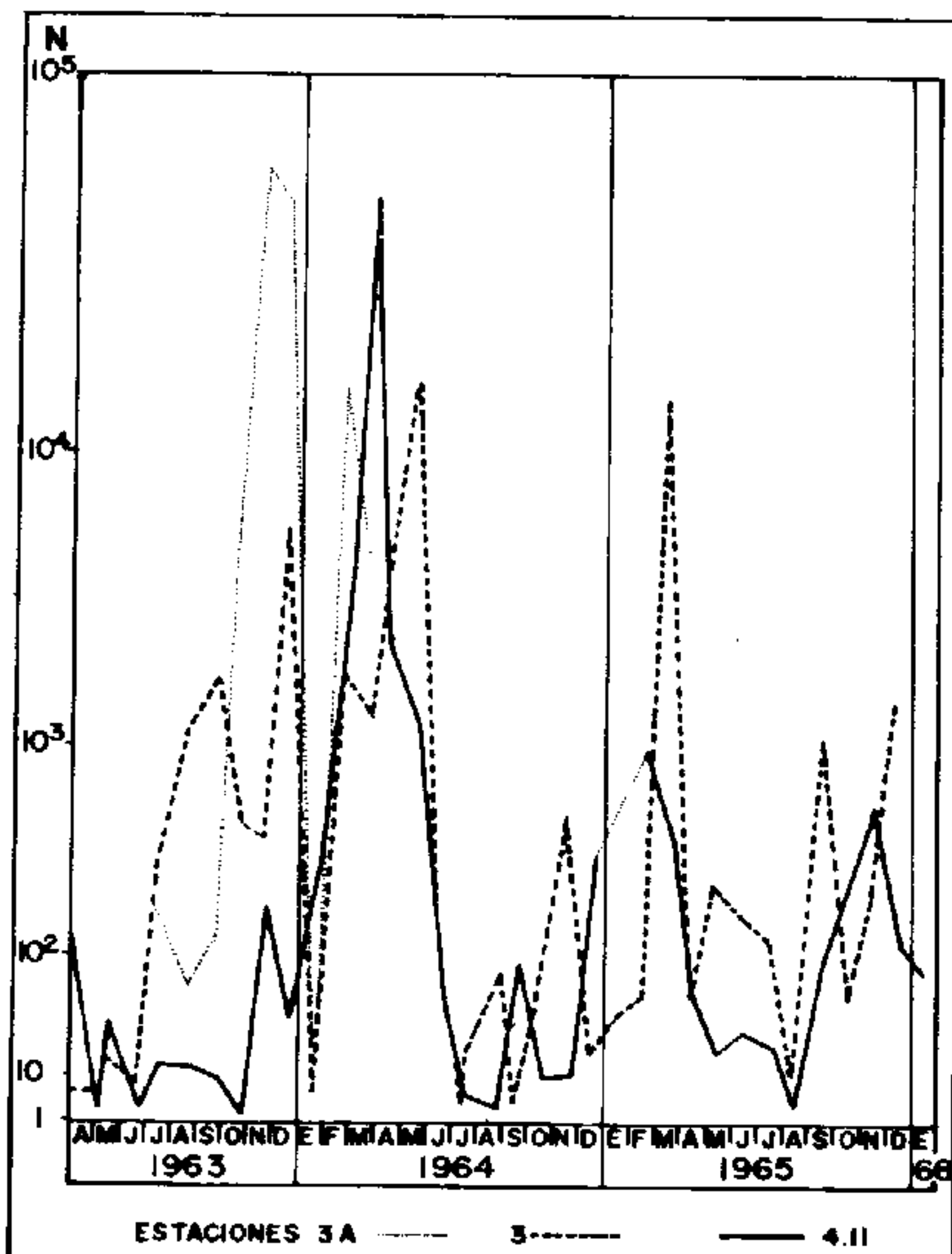


Fig. 5. Variaciones de abundancia de *Creseis acicu-la* en tres estaciones cerca de Nosy Be (Ma-dagascar). De FRONTIER, 1973 a.

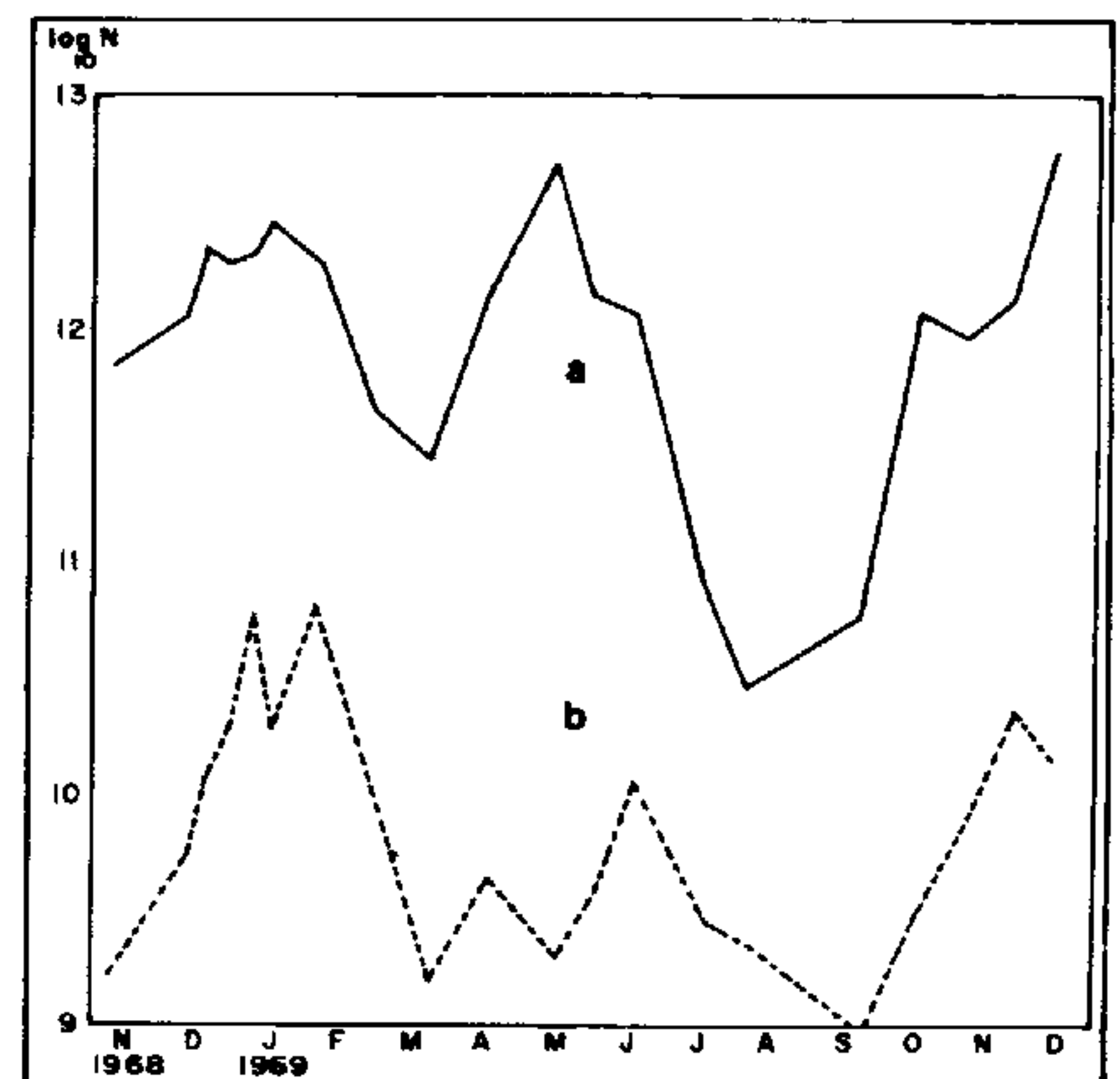


Fig. 6. Variaciones de abundancia de *Creseis acicu-la* y de *Pneumodermopsis* sp. en la Bahía de Ambaro (Madagascar), después de una cartografía y una planimetría según el méto-do explicado en el texto. La segunda espe-cie es carnívora y se alimenta de la primera.
De FRONTIER, 1973 b, d.