

ONDAS INTERNAS EN EL PACIFICO ECUATORIAL ORIENTAL

Por:

JOSE CHIRIGUAYA (1)

RESUMEN

De la información obtenida del crucero CO-1-88, llevado a cabo desde el 8 al 30 de agosto de 1988, se efectuó un análisis de ondas internas en el mar ecuatoriano, para lo cual se realizaron mediciones desde la superficie hasta los 500 metros durante observaciones continuas de 24 horas denominadas estaciones fijas, con un intervalo de 3 a 4 horas aproximadamente entre cada uno de los lances.

Basándose en los registros de temperatura del agua de mar y relacionando este parámetro con las fluctuaciones de salinidad, densidad y velocidad del sonido se establece, en el Pacífico Ecuatorial Oriental, la existencia de ondas internas. Su presencia fue mayormente observada en la zona de la termoclina, relacionada ésta a movimientos ascendentes y descendentes. Además, se pudo notar que este patrón de comportamiento de la temperatura incidía de una forma directa en el perfil de distribución de la salinidad como de densidad. Se encontró también una amplitud de onda de 40 metros aproximadamente, siendo igual coincidentalmente para las tres estaciones fijas.

La temperatura y velocidad del sonido tienen similitud en la distribución de sus perfiles y secciones sobre toda la columna de agua.

ABSTRACT

An internal waves analysis ecuadorian sea was made based on the information obtained from august 8 to 30/ 1988 aboard the BAE ORION.

Measurements from surface down to 500 m., every 3 to 4 hours were made during 24 hours at three oceanographic stations.

Sea temperature records, related to salinity, density, and sound velocity fluctuations, show the existence of internal waves in the Eastern Tropical Pacific Ocean.

The presence of internal waves, with maximum amplitude of 40 m, was often observed associated to the thermocline layer, which was related to fluctuating movements.

Furthermore, it was noted that this temperature behaviour pattern, directly affect the salinity and density profiles.

The temperature and sound velocity sections show similar tendencies.

INTRODUCCION

Los datos tomados en el análisis del presente trabajo, corresponden a los obtenidos durante el crucero CO-1-88, agosto -30, realizado a bordo del BAE. ORION.

No existen antecedentes de alguna investigación

anterior, realizada por científicos ecuatorianos, sobre ondas internas en el Ecuador. Debido a esto la información que se tiene y que ha sido utilizada como bibliografía y referencias es la que se ha efectuado en otros países, en particular los que se han llevado a cabo en las costas de Estados Unidos, tanto en el Pacífico como en el Atlántico (tropical). Entre ellos cabe destacar el de Fjeldstad (1933), Sverdrup, Johnson, Fleming

(1942), Andreyeva (1976), Olbers (1980) y Romea (1982).

La teoría de ondas internas que desarrolló Stokes (1932), para un caso simple de dos capas de diferentes densidades y la teoría general de ondas progresivas internas en aguas heterogéneas fue desarrollada por Fjeldstad en 1933. Ambas teorías tienen una aplicación estable al fenómeno oceanográfico.

En aguas estratificadas y en aguas en las cuales la densidad varía con profundidad, diferentes tipos de ondas pueden ocurrir, las cuales se denominan ondas internas y están caracterizadas por tener grandes desplazamientos verticales en función del tiempo. En el océano en donde se puede observar capas de agua de diferentes densidades, una superior de menor salinidad y otra inferior y más salina, dos tipos de ondas se presentan: la onda superficial ordinaria; y la onda interna en el límite entre la capa ligera superior y la capa de agua inferior más pesada. Ekman (1904) explicó este fenómeno llamándolo "agua muerta". En muchas ocasiones los Capitanes de barcos reportaban que con una brisa ligera los barcos ocasionalmente parecían hundirse en el agua, actuando lentamente y haciendo pequeños avances. La experiencia fue similar y común en aguas Árticas, en presencia de una capa delgada superior y poco salina producida por el derretimiento de hielo y de ríos de los cuales agua fresca se extiende hacia afuera. Cuando los buques se mueven lentamente tienen una experiencia similar, cuando su velocidad es incrementada unos pocos nudos esto desaparece. Esta razón es la cual el buque parece hundirse en el agua y la energía para vencer la resistencia del agua es lo que genera y mantiene las llamadas ondas internas, según Ekman.

MÉTODOS USADOS

Las ondas internas en el océano son un fenómeno geofísico descubierto en años anteriores, pero muy poco estudiado. Los métodos más comunes para analizar tales ondas se basan en los registros de temperatura del agua de mar a largos períodos tomados simultáneamente en diferentes profundidades.

Las isotermas construidas se las estima como el resultado de movimientos oscilatorios de masas de agua u ondas internas. Otro método es el acústico que registra las profundidades de los niveles de dispersión del sonido (SOUND SCATTERING LAYERS), el cual asciende y desciende sobre las ondas internas en las profundidades del océano.

El crucero CO-1-88, a bordo del BAE ORION, se llevó a cabo desde el meridiano 81°W al 92°W y del 1°N al 3°S de latitud, en el cual se utilizó una Roseta General Oceanic, botellas Niskin de 1.7 litros de capacidad y un CTD 9040 Grundy.

El estudio se realizó en tres estaciones fijas ubicadas en 0° 10' N - 82° W (#2), 2° 59.42' S - 81° 40.92' W (#8) y 0° 40' S - 92° W (#14). Se hicieron observaciones desde el nivel de la superficie hasta los 500 mts. y durante 24 horas continuas para la estación #2 y 12 horas también continuas para cada una de las otras dos estaciones respectivamente, con un intervalo de tres a cuatro horas aproximadamente.

RESULTADOS

Temperatura, Salinidad y Densidad

En los perfiles de temperatura de las estaciones 2 a 2F, se observa que una capa de mezcla común en todas ellas se mantiene desde la superficie hasta aproximadamente los 20 metros. Esta capa homogénea permaneció durante todo el tiempo que duraron las mediciones en esta estación. A partir de esta profundidad se nota que en la termoclina localizada entre los 20 y 40 metros se producen marcados ascensos y descensos de ésta, en los diferentes intervalos de tiempo en que se realizaron tales mediciones (estaciones 2-2F). Esto conlleva a detectar perturbaciones ondulatorias dentro de la columna de agua que se está desplazando en forma vertical. Dichas perturbaciones las conocemos como ondas internas (Figs. 1 y 2). La temperatura

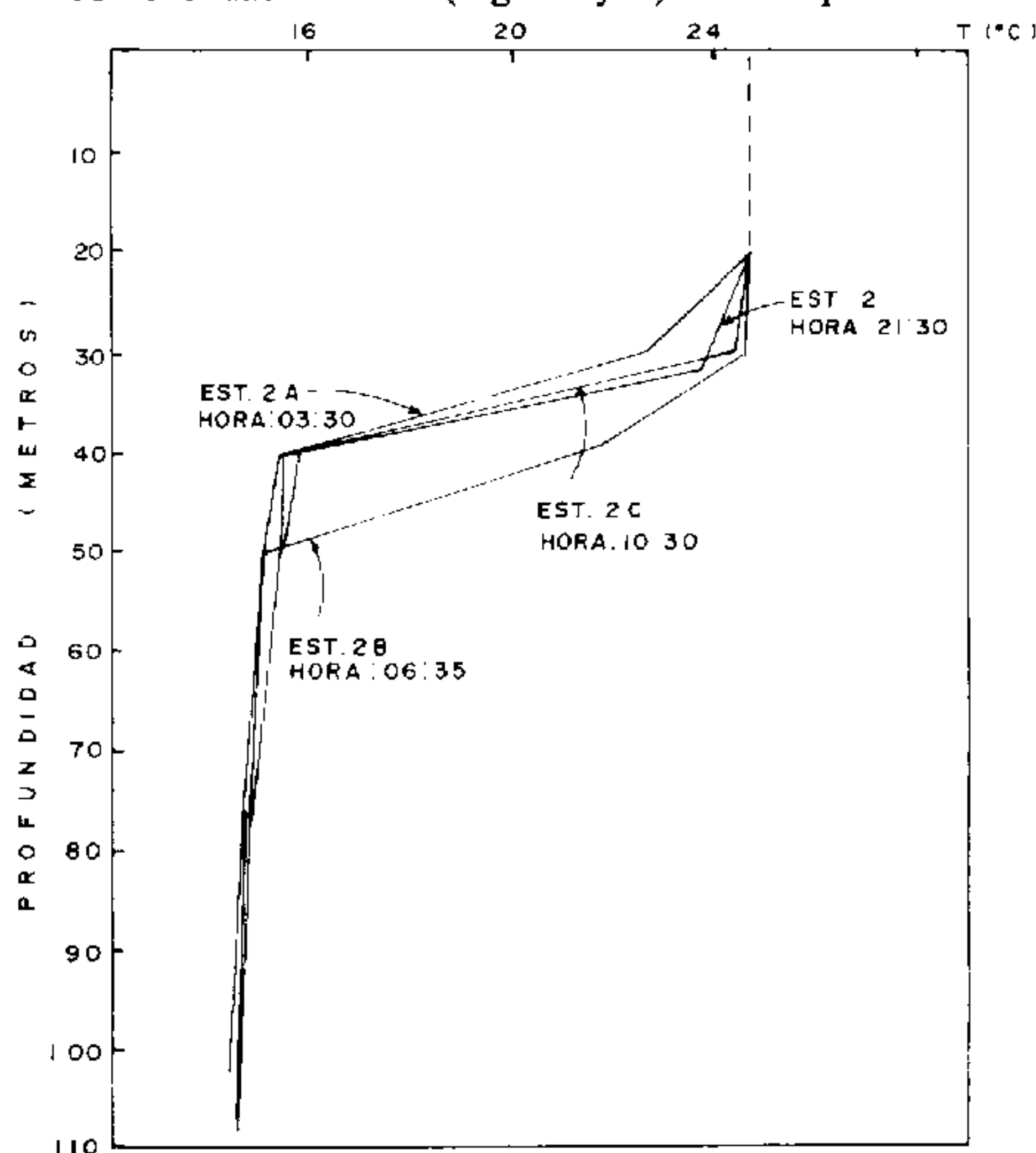


Fig. 1. Perfil de temperatura vs profundidad. Estación 2 Primera Fija de 24 horas VIII-8-9/88.

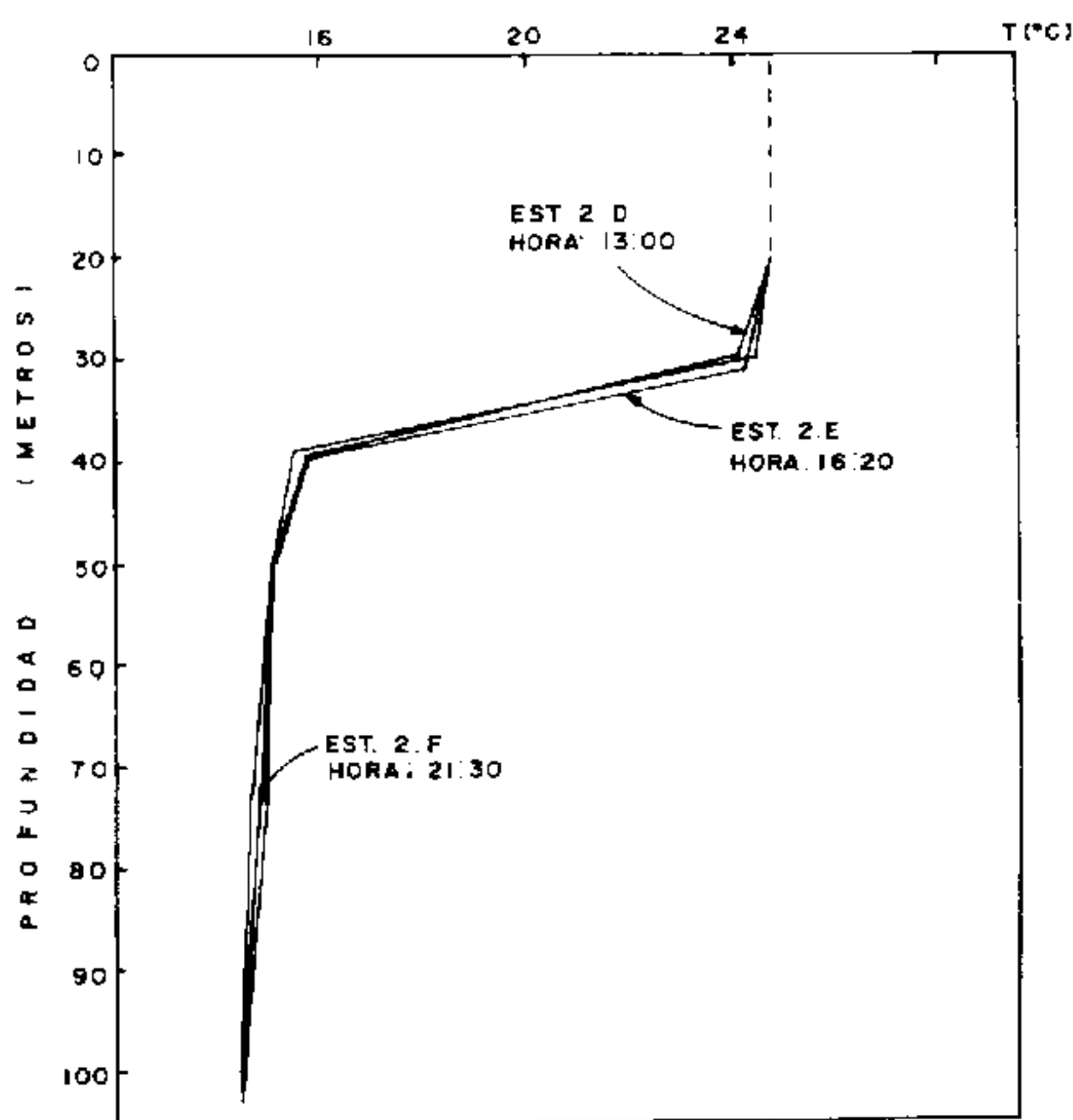


Fig. 2. Perfil de temperatura vs profundidad. Estación 2 Primera Fija de 24 horas. VIII-8-9/88.

superficial del mar osciló entre los 24.5 y 24.7°C. Para comprobar lo expuesto hasta el momento, es decir, la existencia de estas perturbaciones ondulatorias se puede tomar los perfiles de salinidad y densidad. Tanto la haloclina como la piconclina cambian su posición con profundidad; es decir, conforme las mediciones se hacen en diferentes horas, éstas han variado su ascenso o descenso según el caso (Figs. 3, 4 y 5). Más aún, si se

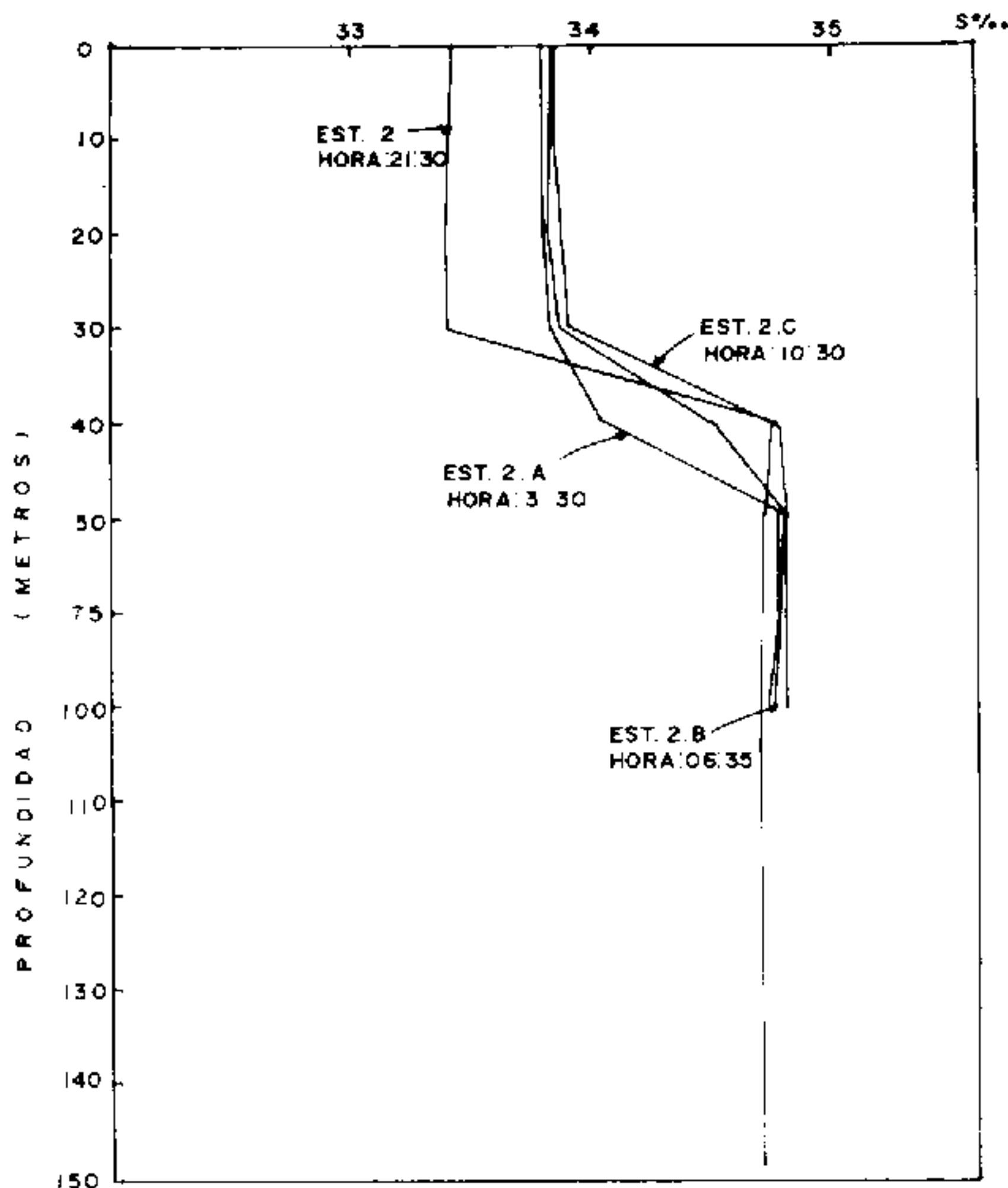


Fig. 3. Perfil de Salinidad vs. Profundidad Estación 2. Fija, VIII-8-9/88.

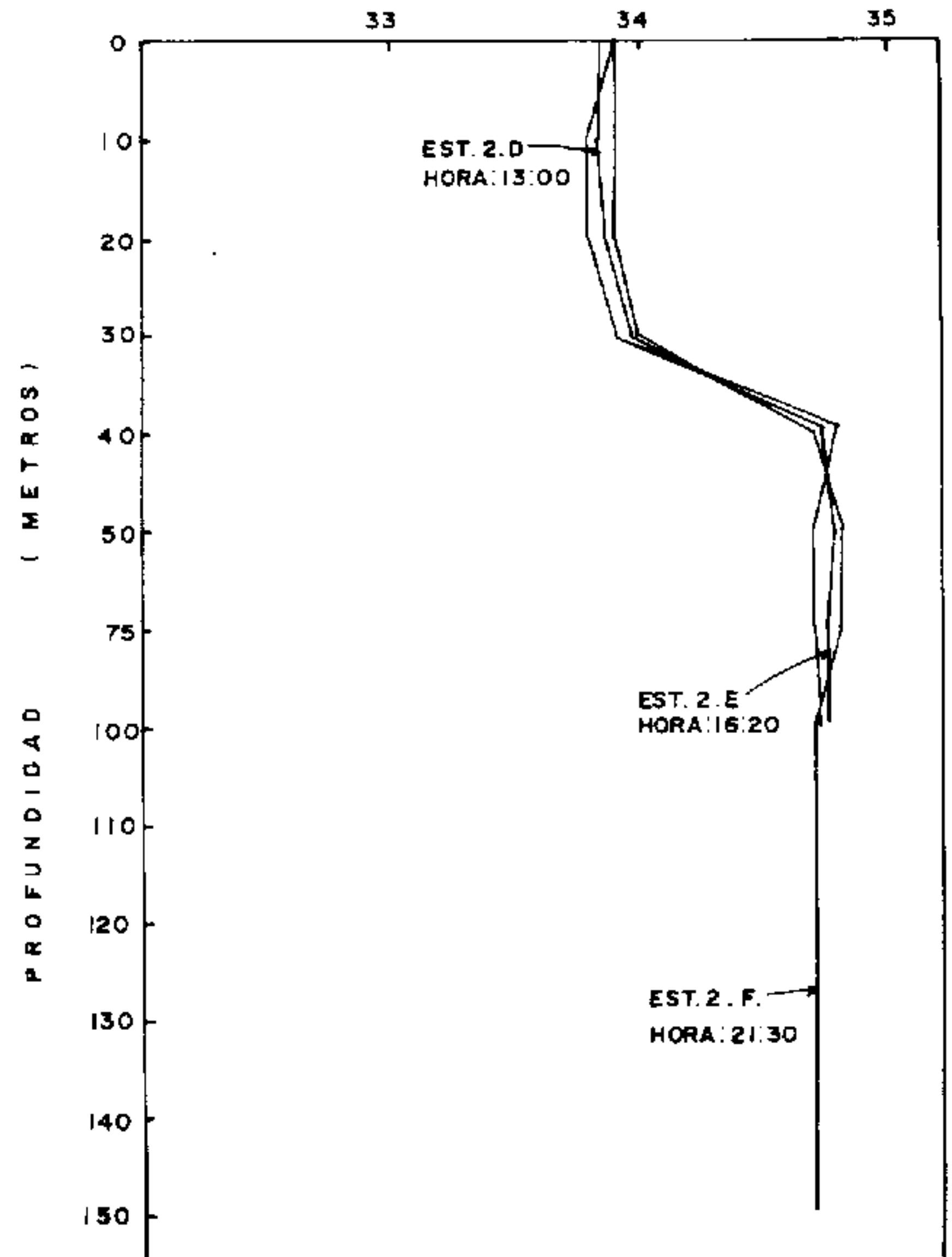


Fig. 4. Perfil de Salinidad vs. Profundidad Estación 2. Fija, VIII-8-9/88.

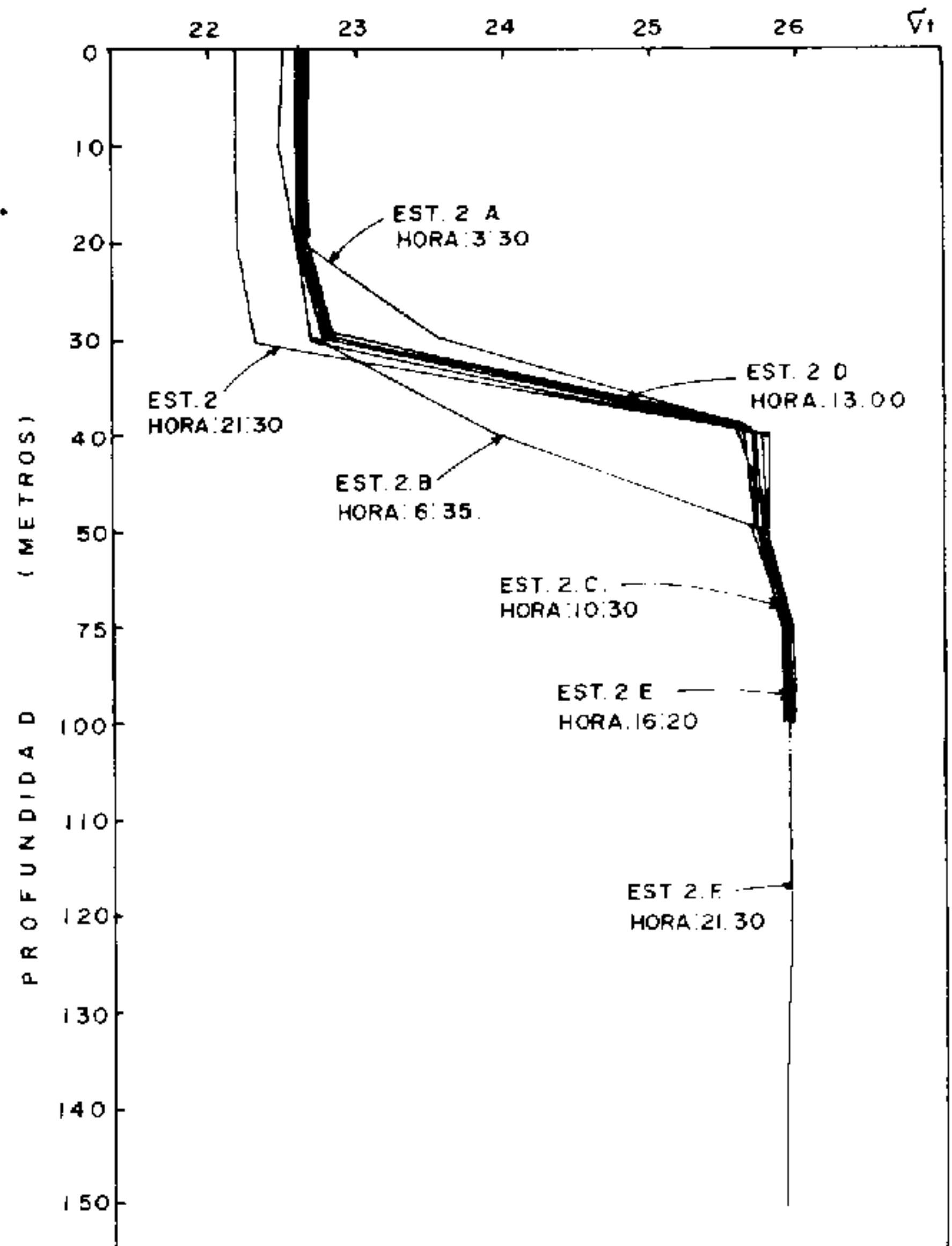


Fig. 5. Perfil de Vt vs. Profundidad Estación 2. Fija, VIII-8-9/88.

revisan los gráficos de las secciones de estos parámetros físicos (temperatura y salinidad), se observa que el paquete de ondas se está desplazando en función de profundidad y tiempo debido a la presencia de ondas internas (Figs. 6 y 7).

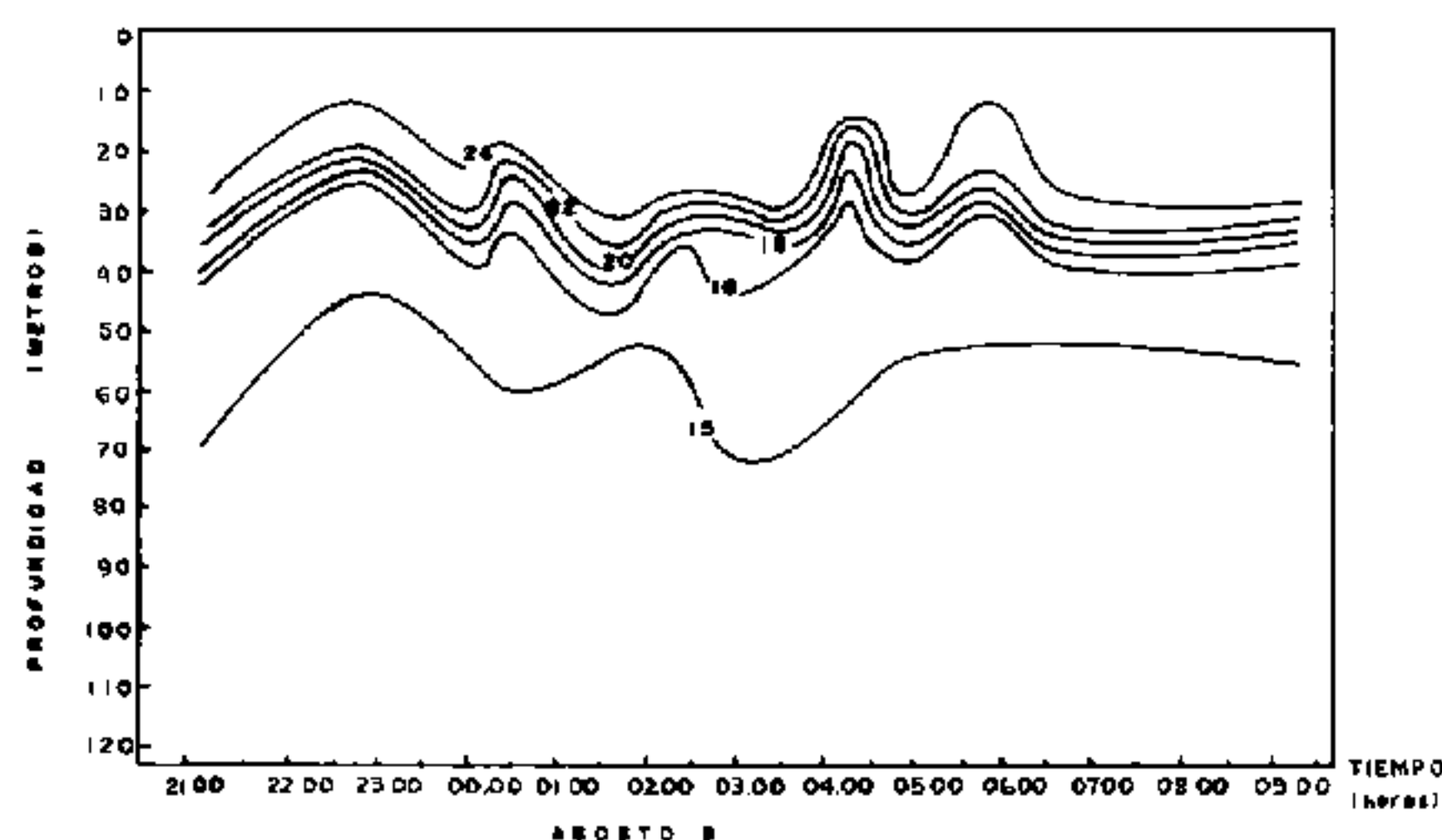


Fig. 6. Sección de Temperatura Estación 2

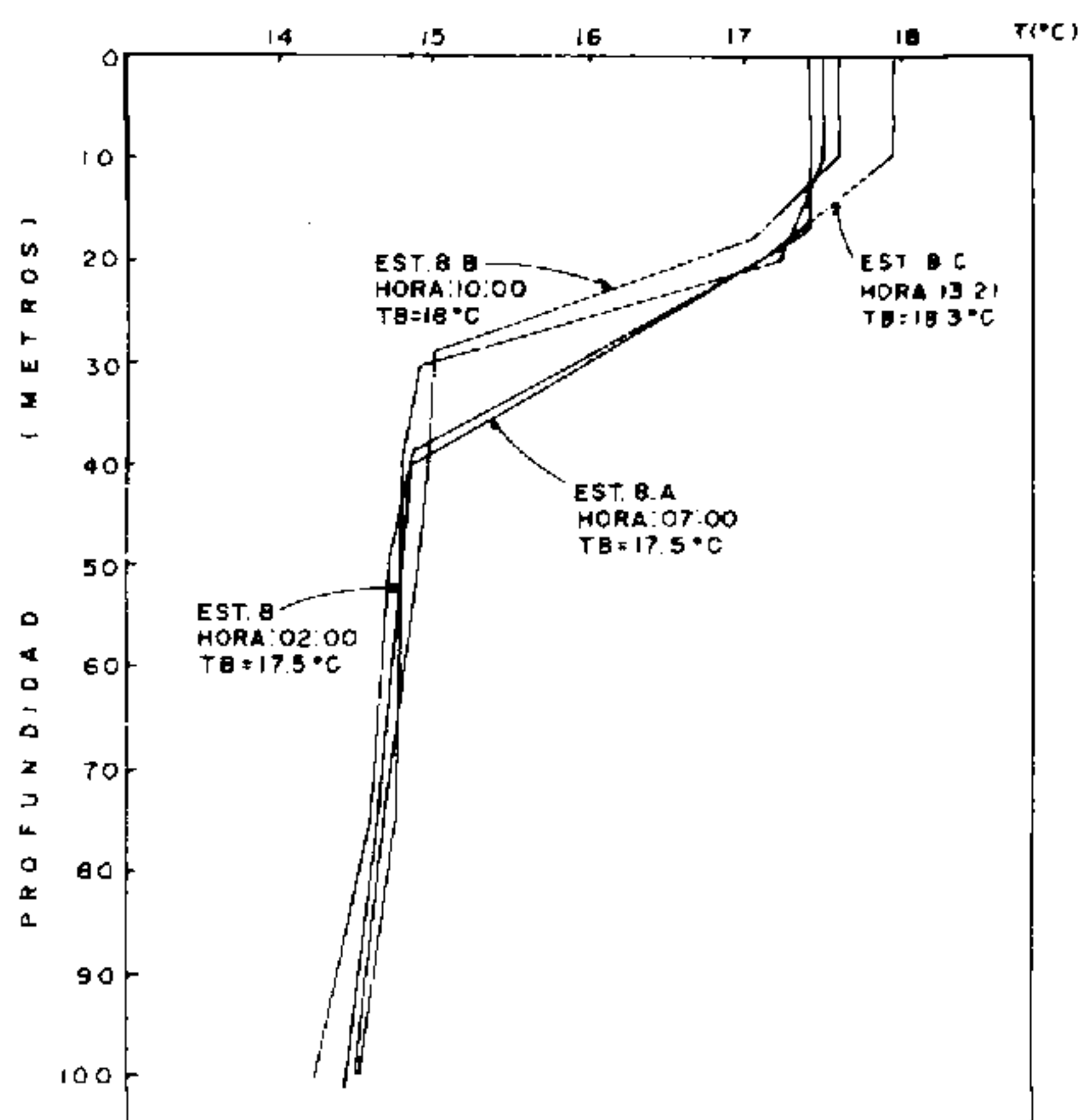


Fig. 8. Perfil de Temperatura vs. Profundidad Estación 8. Segunda fija de 12 horas VIII-12/88.

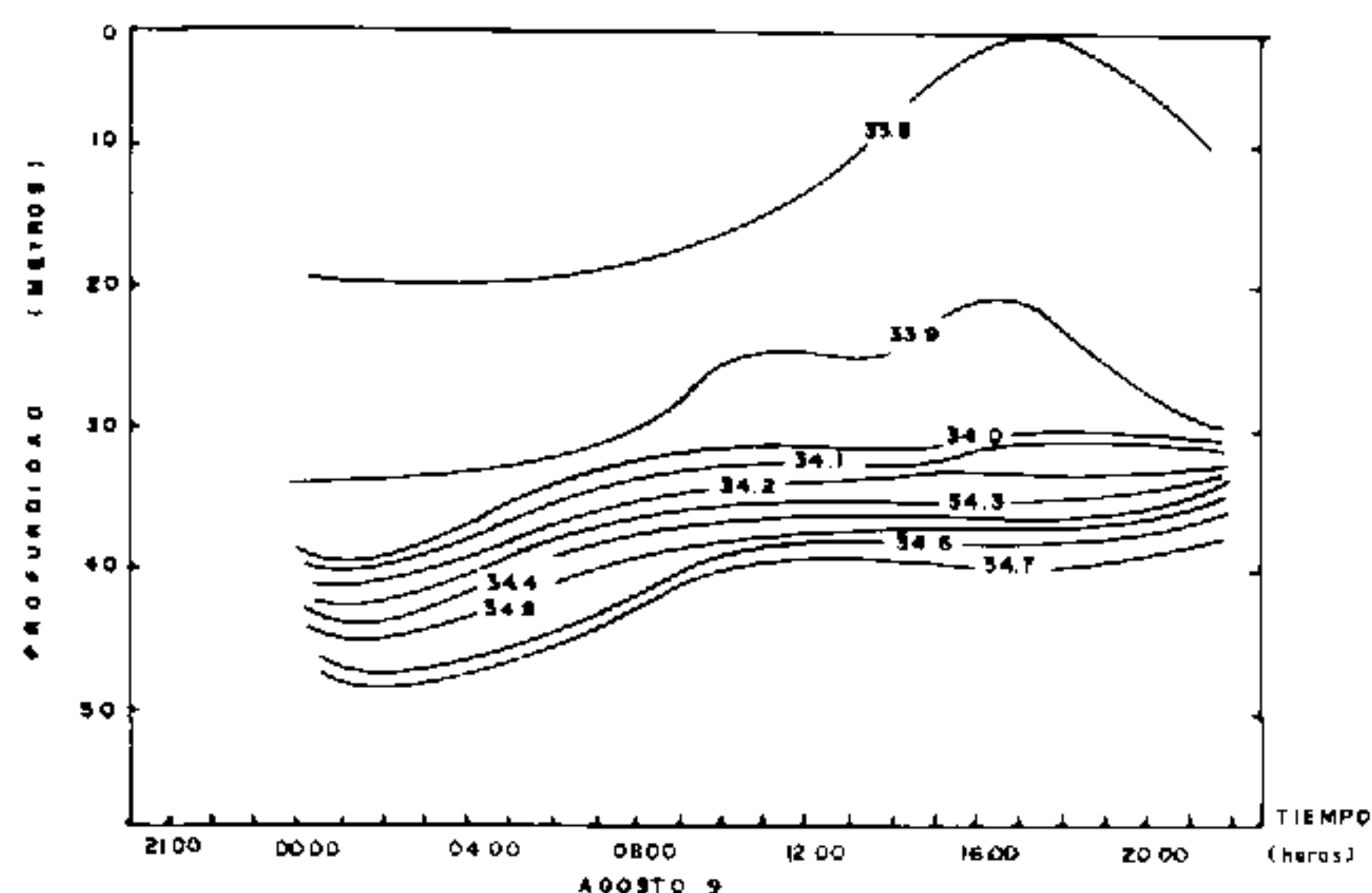


Fig. 7. Sección de Salinidad Estación 2

En la estación 8 a 8C las características son similares a lo anteriormente expuesto en lo que corresponde al movimiento vertical tanto para los perfiles de temperatura, salinidad y densidad como para las secciones, pero exceptuando que la capa de mezcla en el perfil de temperatura no es común para dichas estaciones ya que varía para cada una de ellas (Figs. 8, 9, 10, 11, 12 y 13). También aquí se nota la presencia de ondas internas. La temperatura superficial del mar varió desde los 17.5 a los 18.3°C.

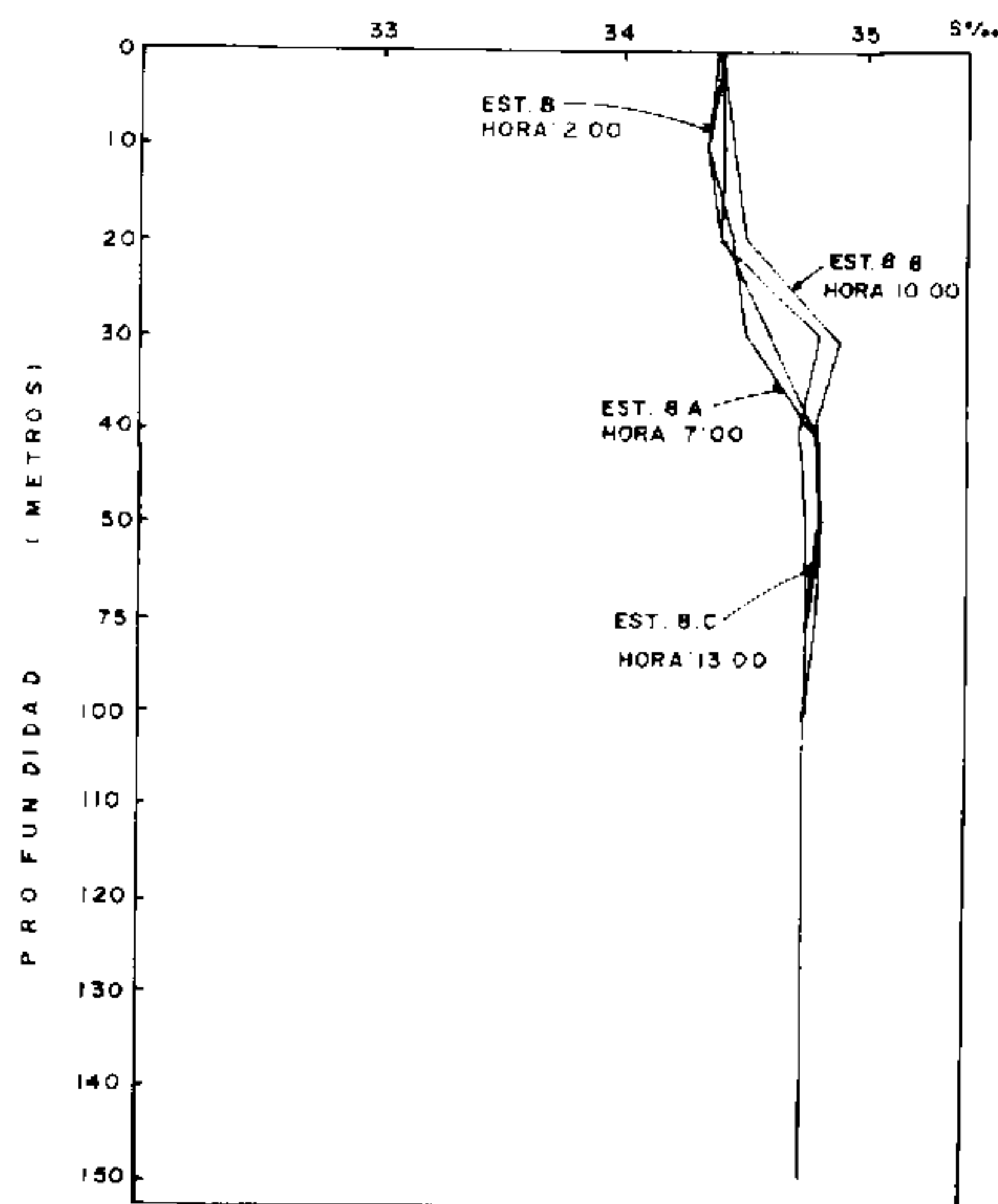


Fig. 9. Perfil de Salinidad vs. Profundidad Estación 8. Fija, VIII-12/88.

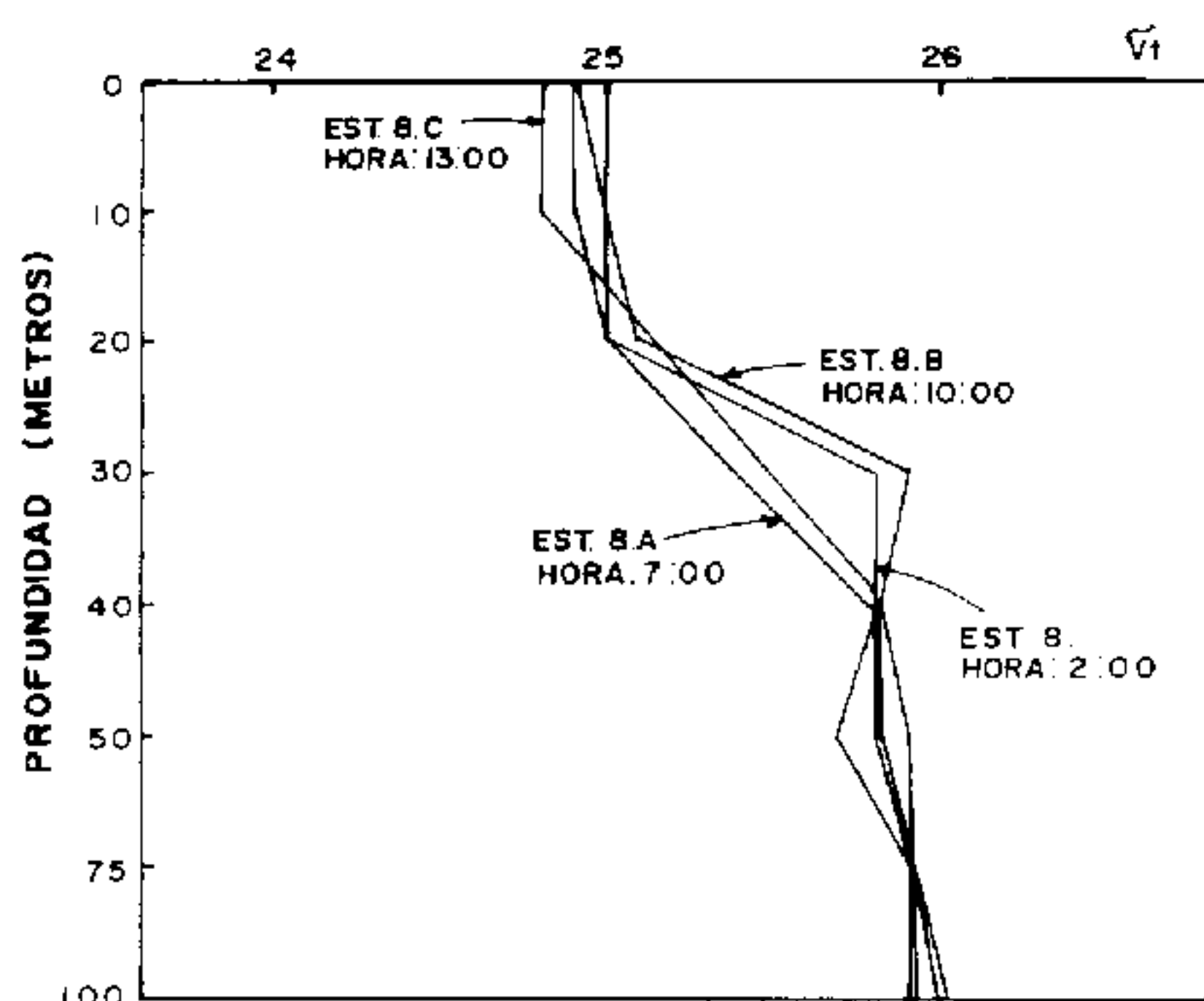


Fig. 10. Perfil de V_t vs profundidad.
Estación 8. Fija. VIII-12/88.

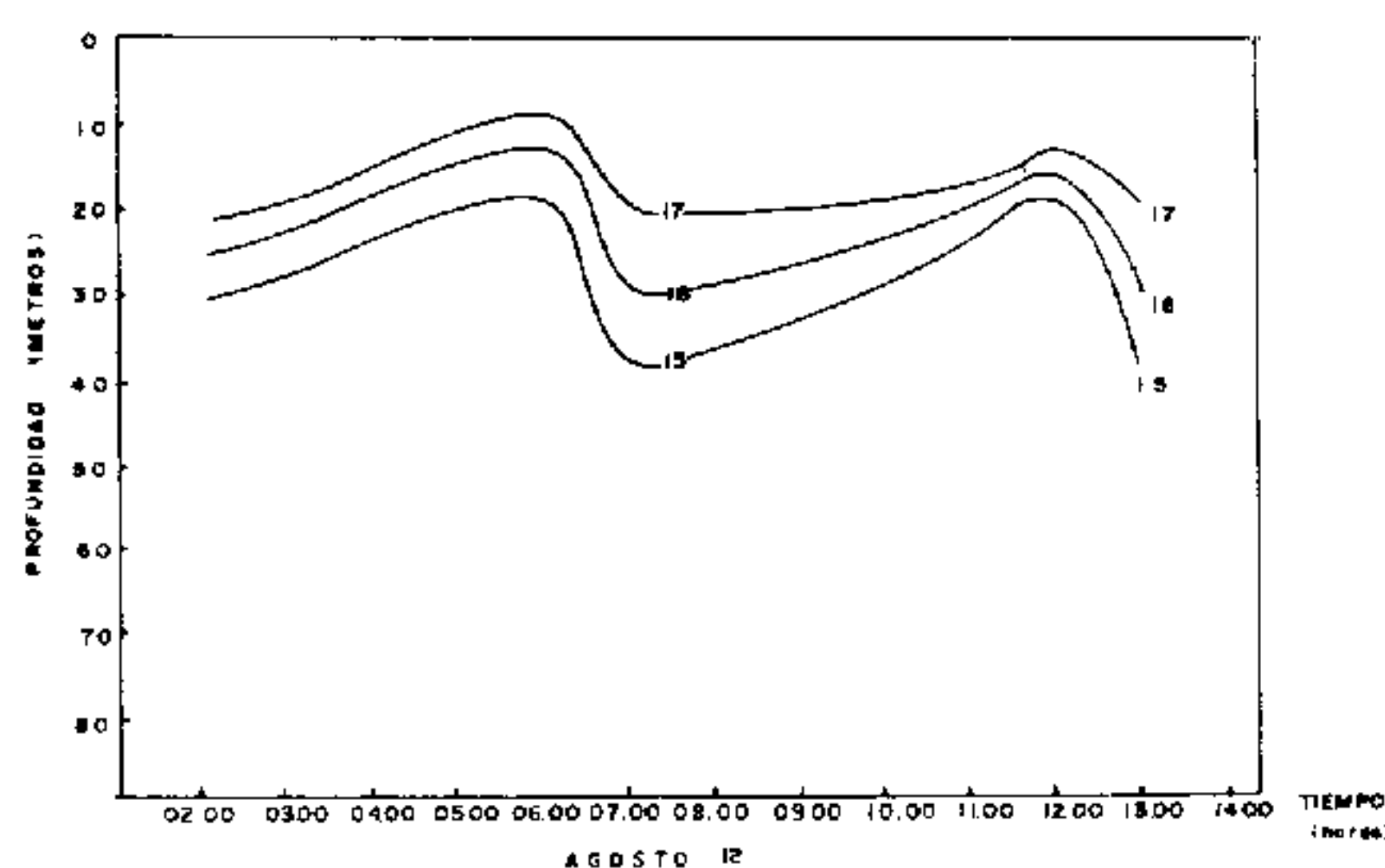


Fig. 11. Sección de Temperatura
Estación 8

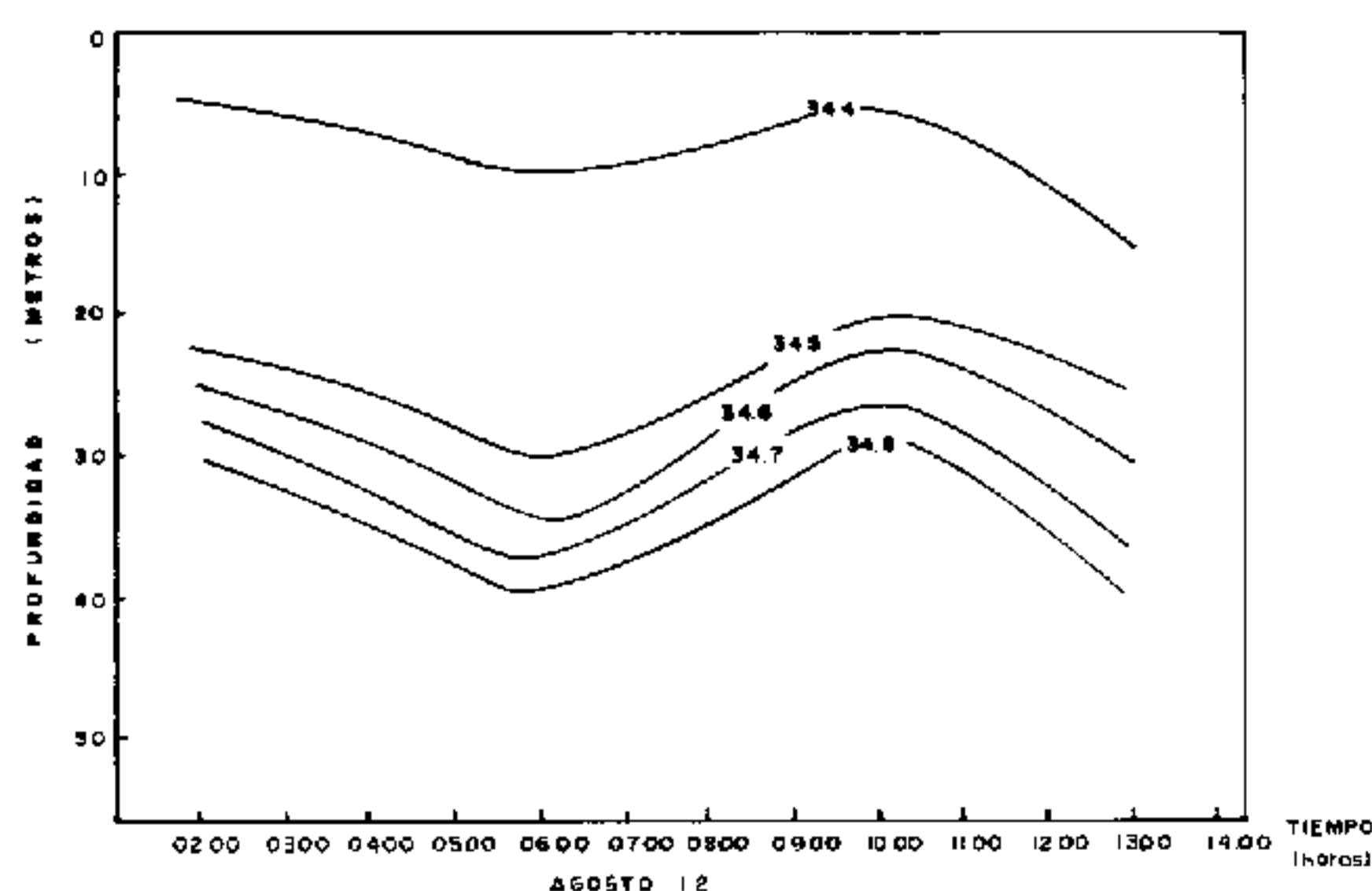


Fig. 12. Sección de Salinidad
Estación 8

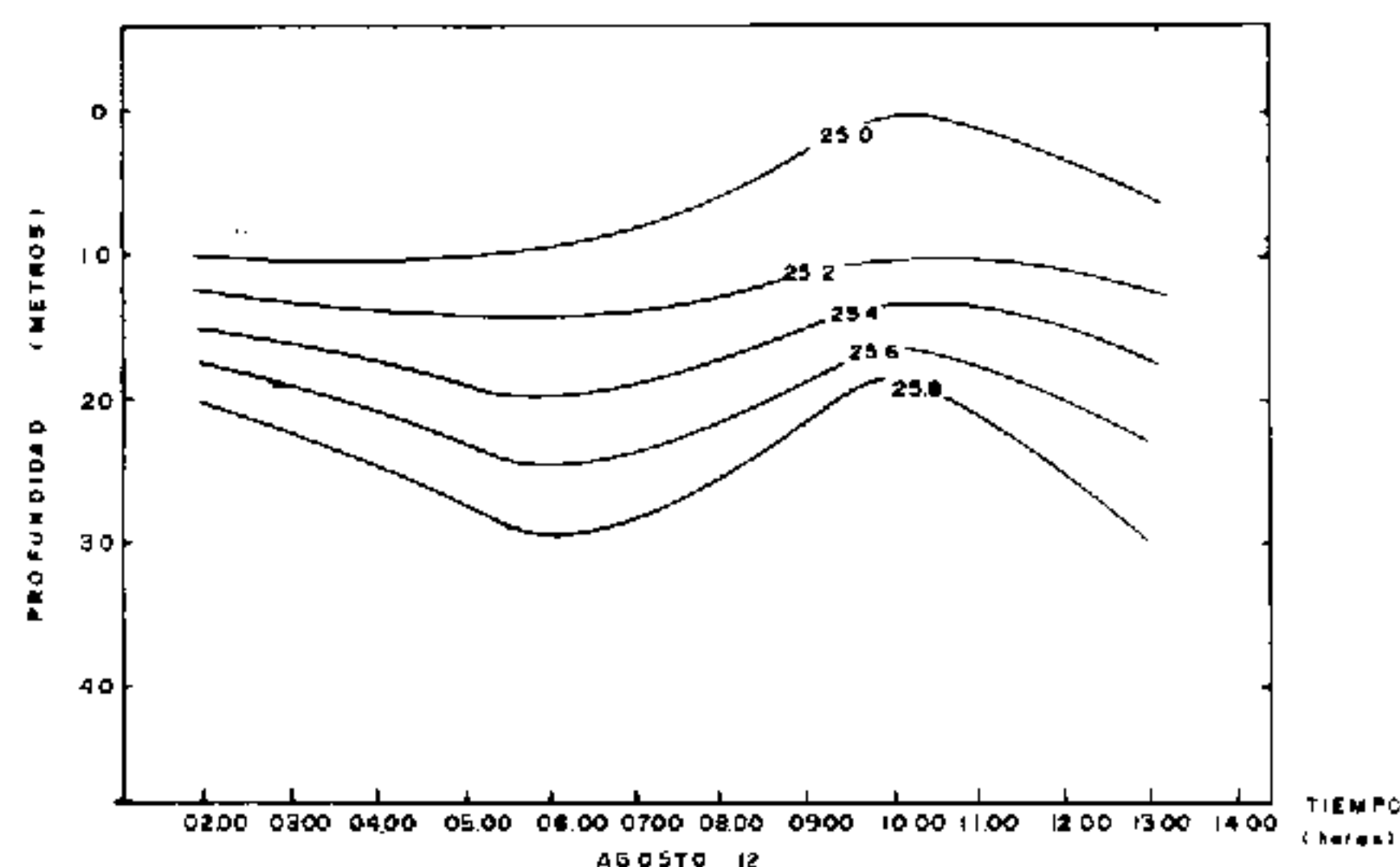


Fig. 13. Sección de V_t . Estación 8

En las estaciones 14 a 14C no se observa una termoclina bien marcada y sus perfiles de temperatura cambian significativamente uno con respecto al otro en tiempo, pero cada uno de éstos en particular se presentan quasi-homogéneos. A pesar de esta relativa homogeneidad en los perfiles de temperatura, el ascenso y descenso de éstos se hacen presentes (Fig. 14), la temperatura superficial del mar varió entre 16 y 16.3°C.

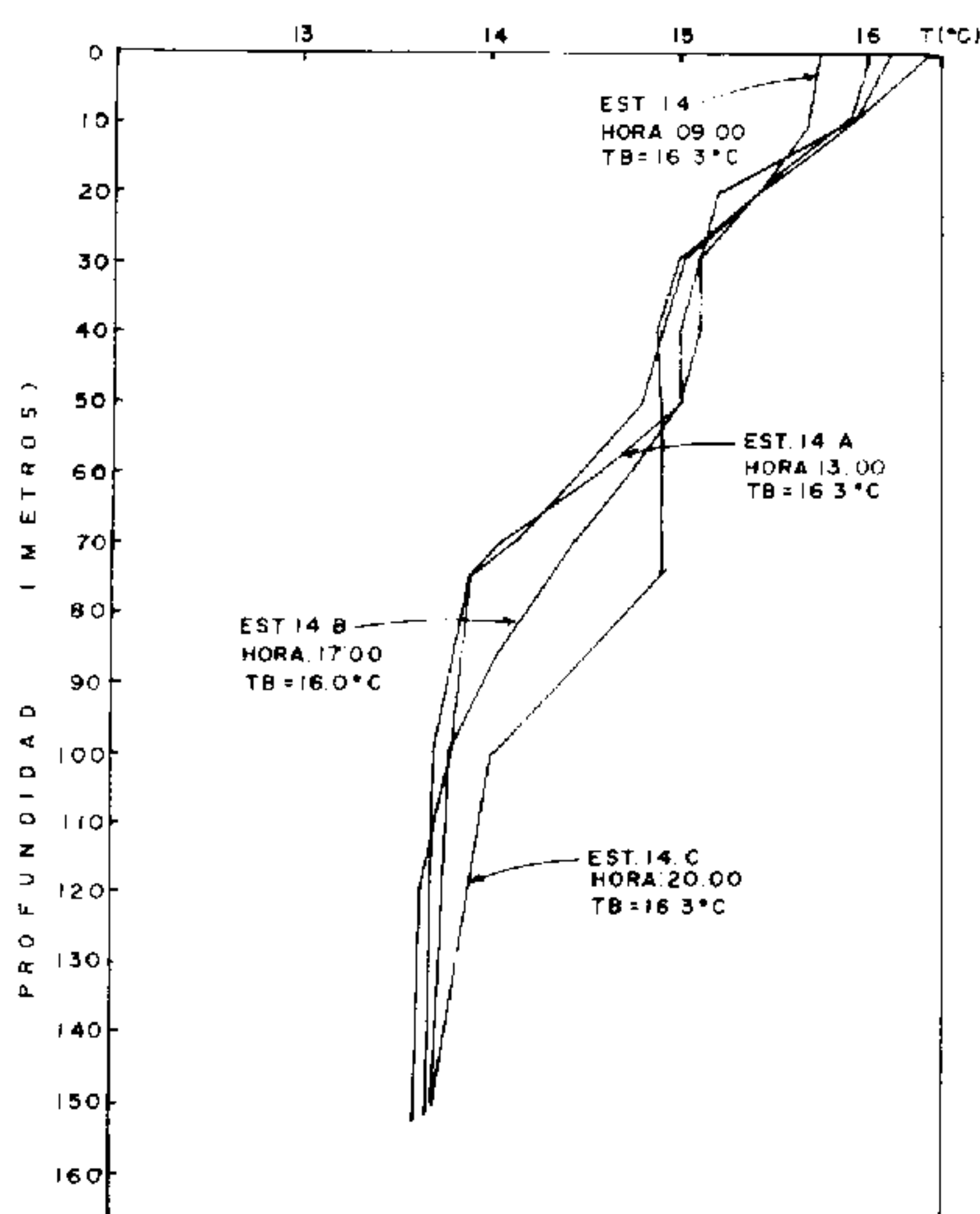


Fig. 14. Perfil de Temperatura vs. Profundidad
Estación 14. Tercera fija de 12 horas
VIII-17/88

Los perfiles de salinidad y sigma - T (Figs. 15 y 16) demuestran un comportamiento casi isohalino e isopícnico. En el gráfico de sección de temperatura (Fig. 17), el movimiento vertical del paquete de ondas conforme varía el tiempo se ha notado más fácilmente; es decir, las ondas internas contribuyen a la variación en tiempo de las estructuras termohalinas y de temperatura.

En las tres estaciones fijas se encontró el mismo valor de amplitud de la onda que fue aproximadamente de 40 metros.

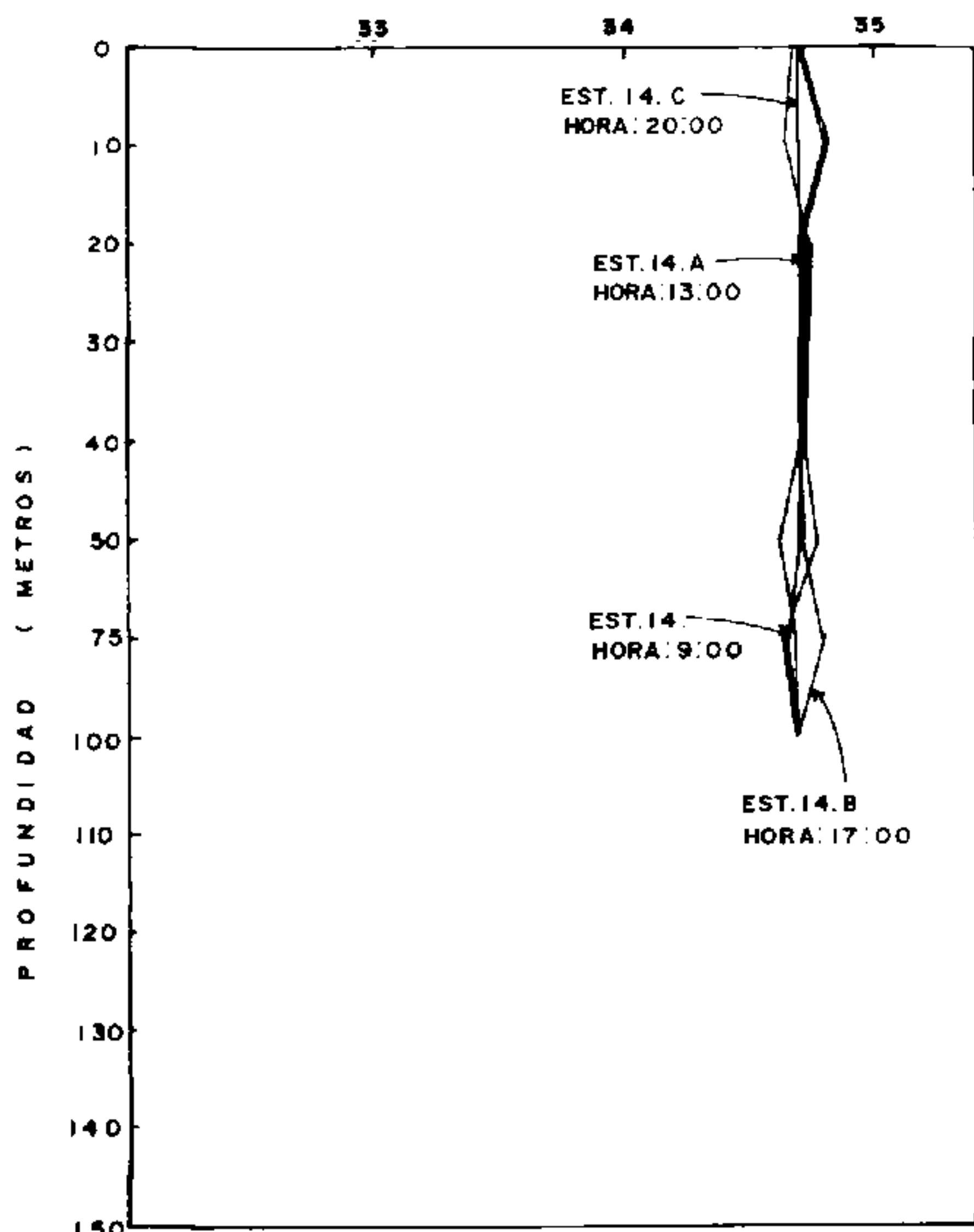


Fig. 15. Perfil de Salinidad vs. Profundidad Estación 14. Fija, VIII-17/88

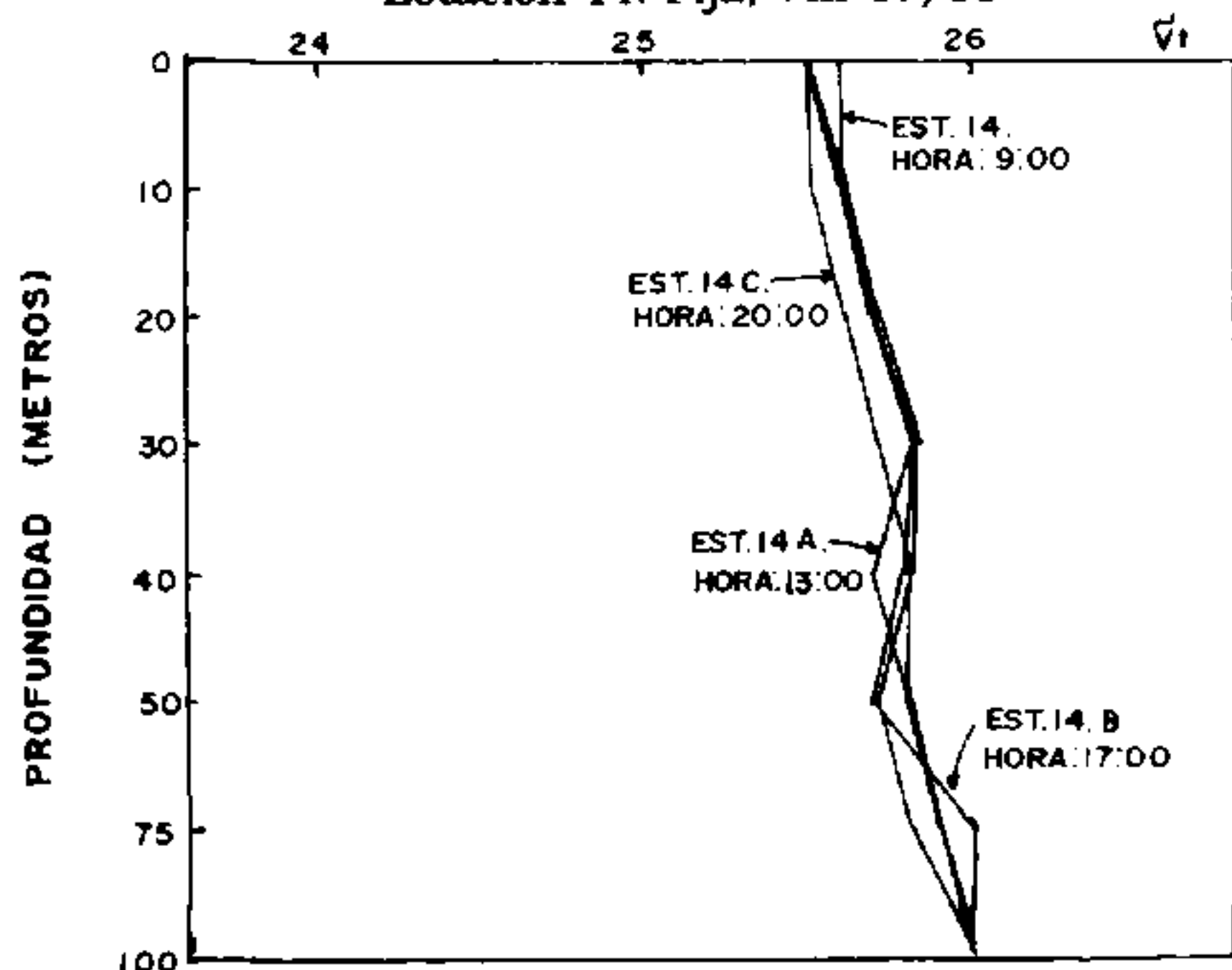


Fig. 16. Perfil de σ_t vs. Profundidad Estación 14. Fija, VIII-17/88

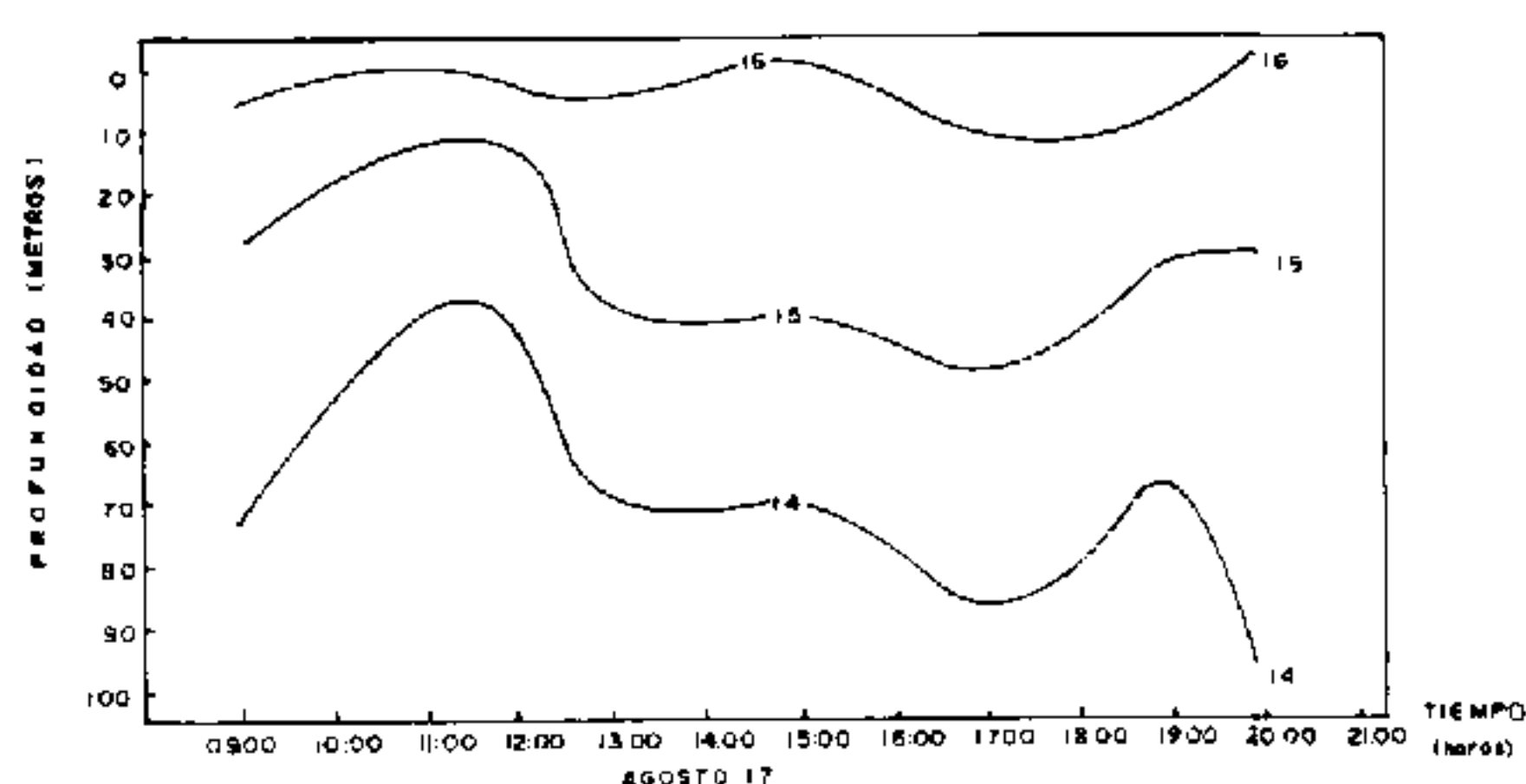


Fig. 17. Sección de Temperatura Estación 14

Temperatura - Velocidad del sonido

Al ser comparados los datos de estos dos parámetros se pretende encontrar alguna relación entre la temperatura y la velocidad del sonido, para hallar la presencia de ondas internas relacionadas con la propagación del sonido.

Estos valores fueron obtenidos sincronizadamente y simultáneamente por el CTD 9040 GRUNDY que además de medir la temperatura del mar, posee un sensor de emisión de sonido que mide su velocidad en metros por segundos. Estos análisis muestran la posibilidad de visualizar ondas internas propagándose (acústicamente) en capas de diferentes densidades y a varias profundidades.

Nótese las figuras 1, 2 y 3 que muestran perfiles de temperatura y que al referirlas con las figuras 18, 19

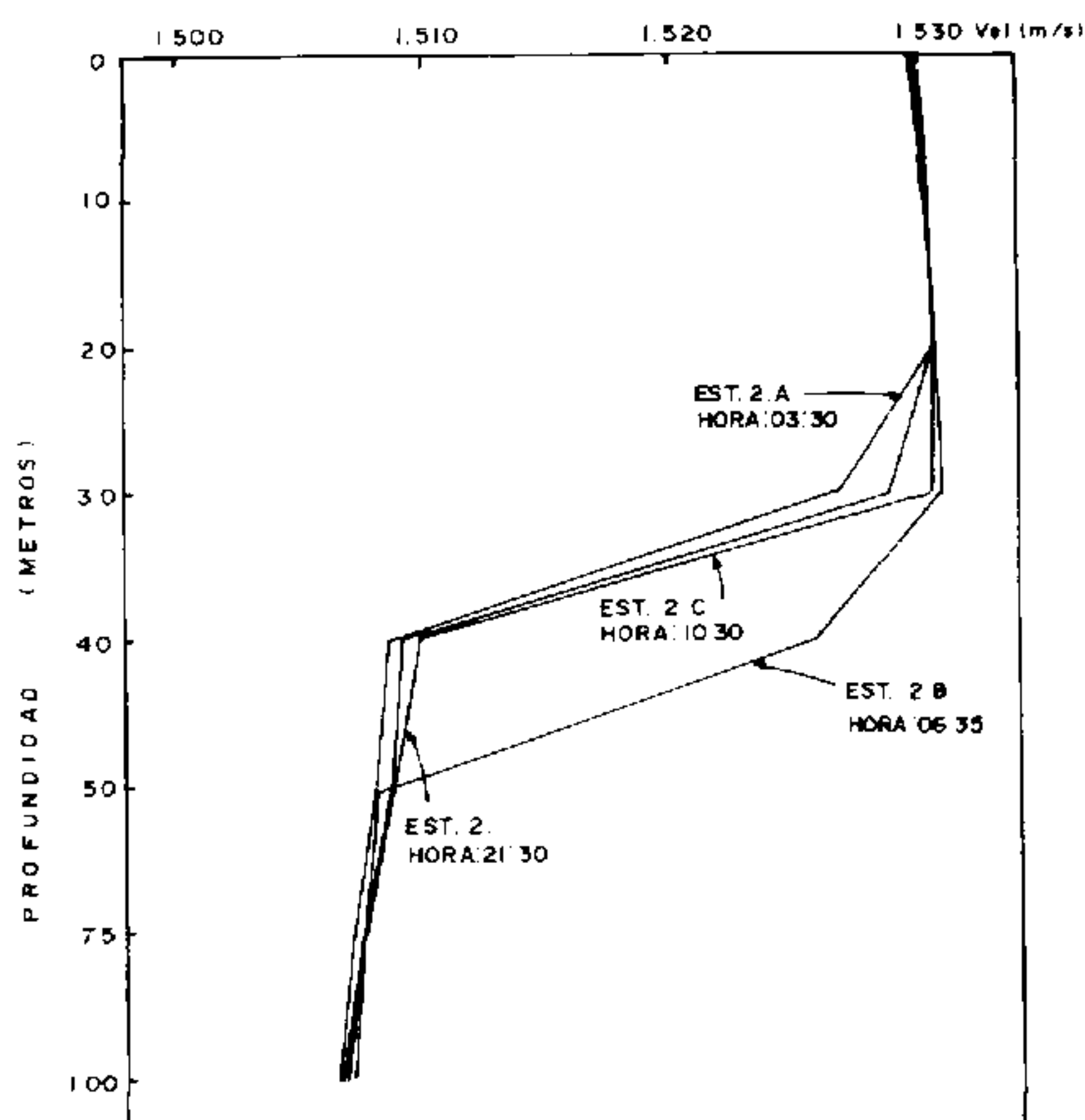


Fig. 18. Perfil de Velocidad del Sonido vs. Profundidad. Estación 2. VIII-8-9/88

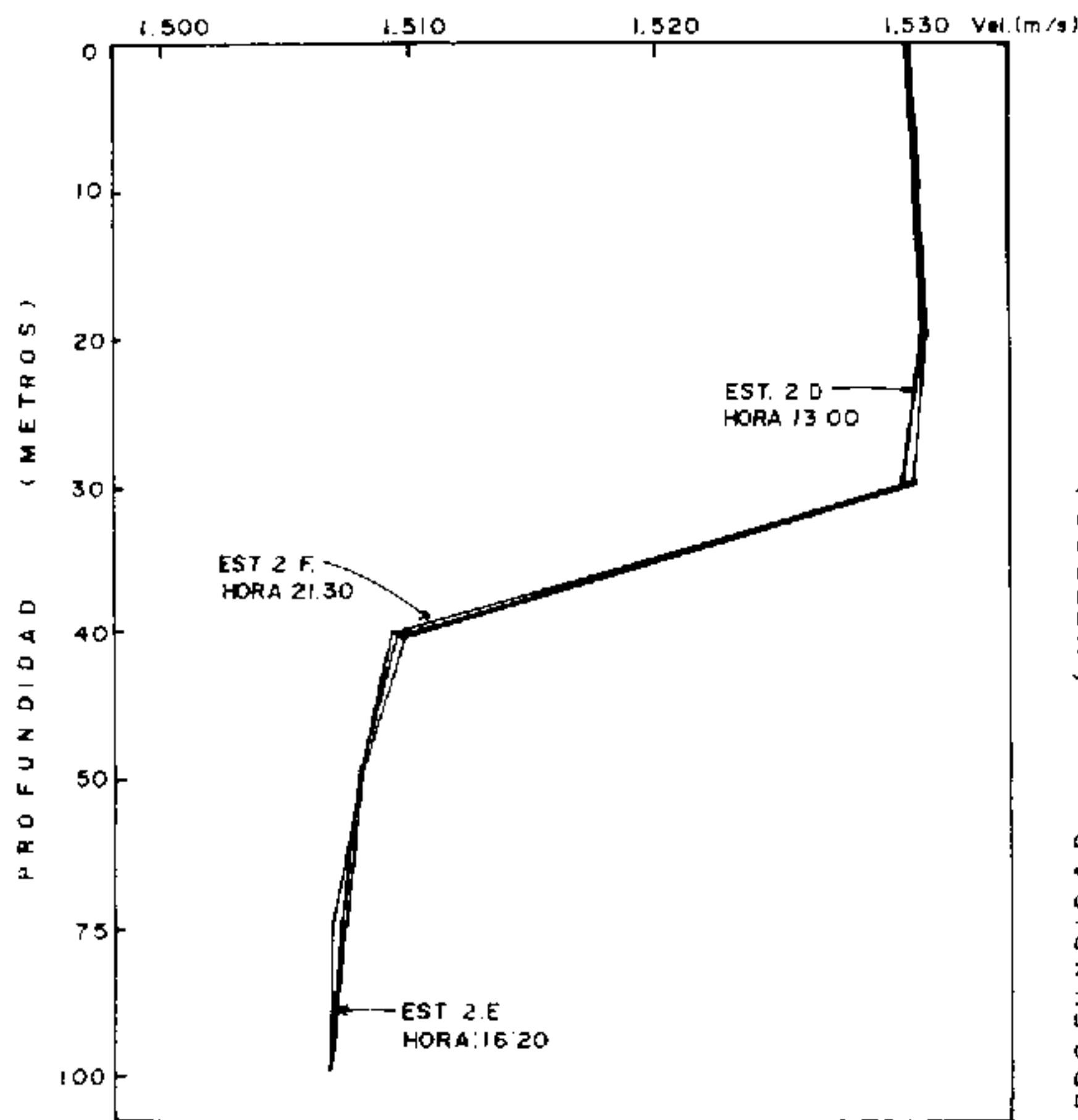


Fig. 19. Perfil de Velocidad del Sonido vs. Profundidad.
Estación 2. Fija, VIII-8-9/88

20 y 21, que son perfiles de velocidad del sonido, guardan una gran similitud en su comportamiento desde la superficie hasta el fondo (aproximadamente 100 m). Tanto los perfiles de temperatura y sonido sufren ese ascenso y descenso vertical del paquete de ondas producidas entre los 20 y 40 metros, es decir, hay

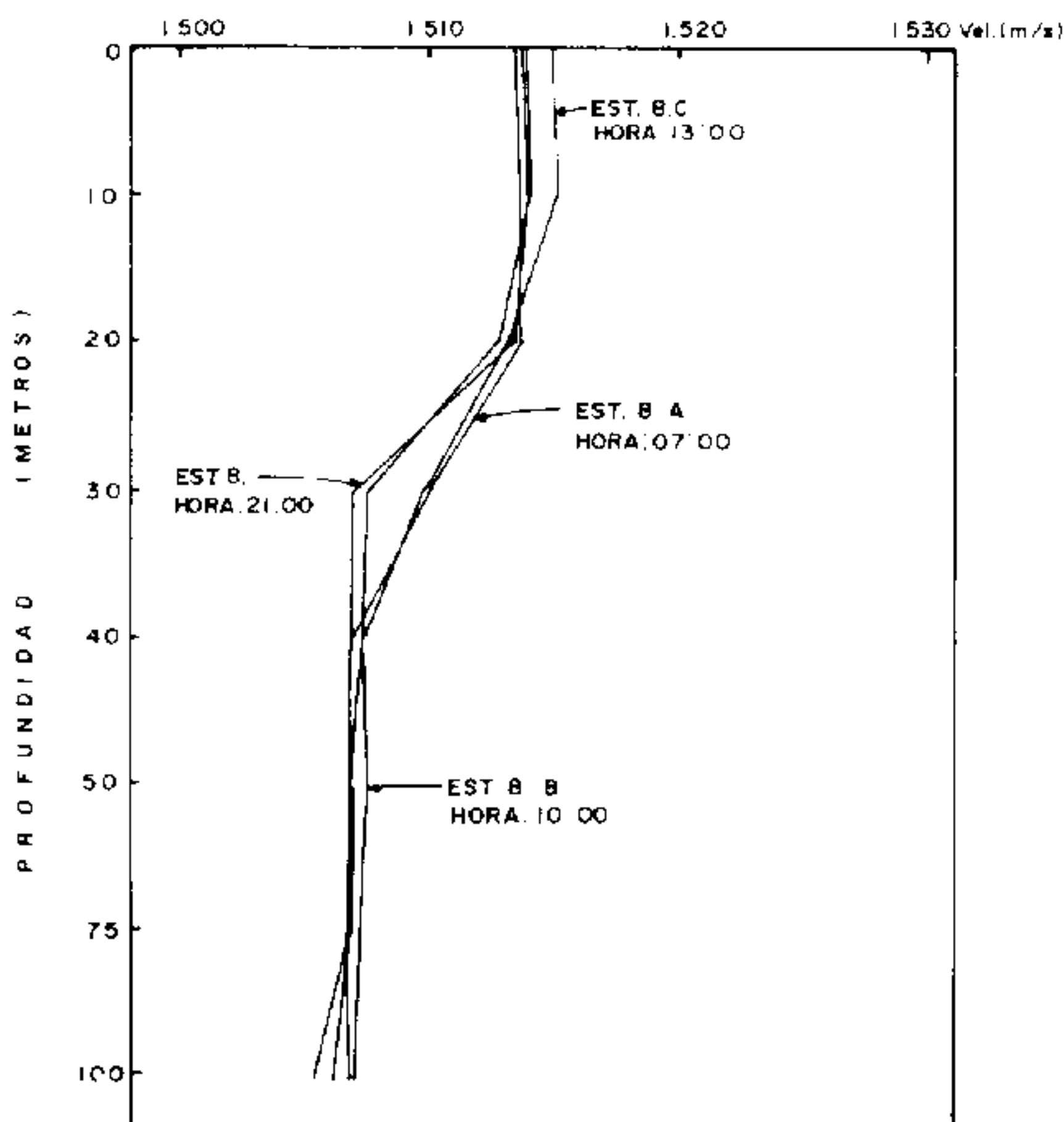


Fig. 20. Perfil de Velocidad del Sonido vs. Profundidad.
Estación 8. Fija, VIII-12/88

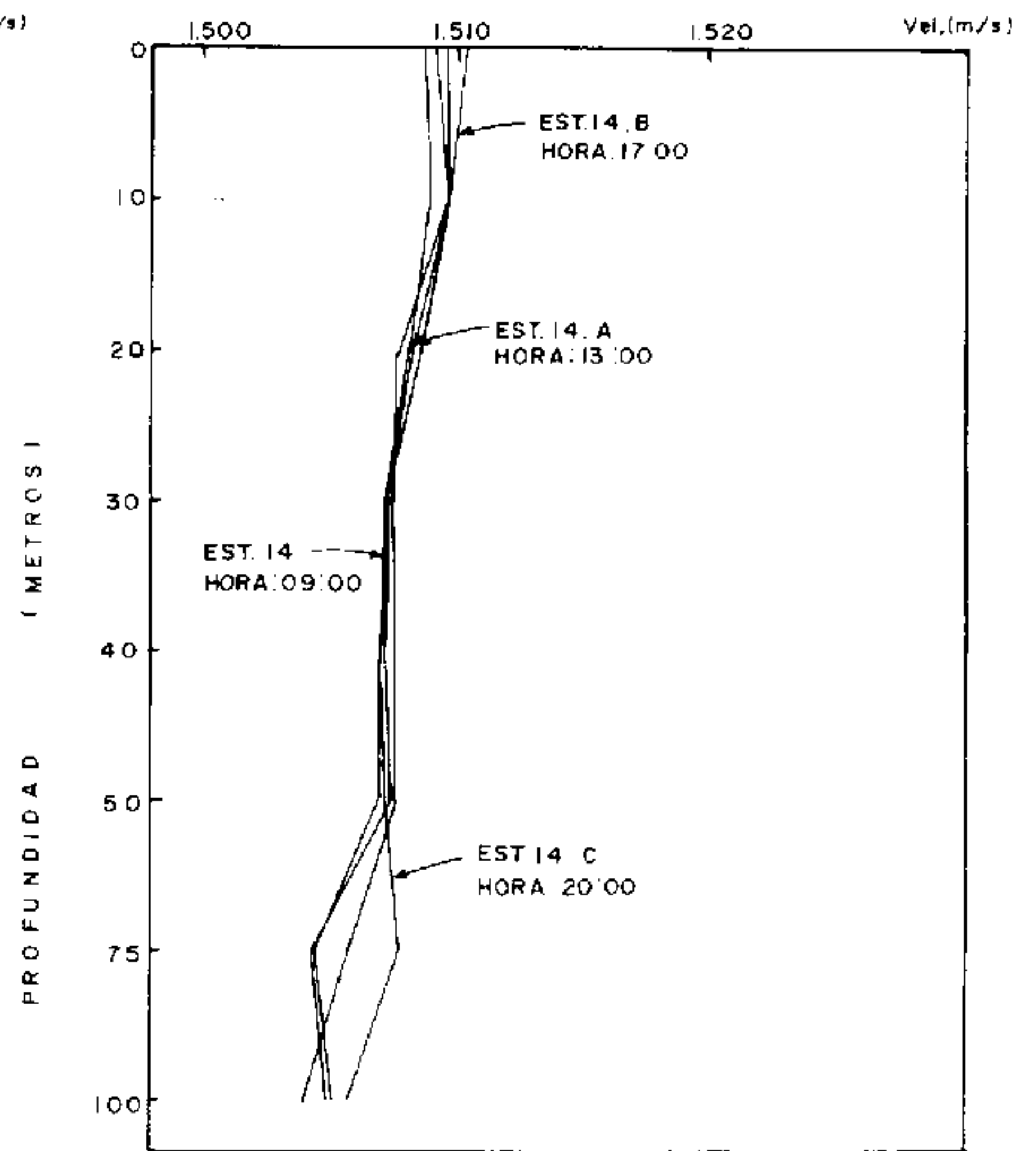


Fig. 21. Perfil de Velocidad del Sonido vs. Profundidad.
Estación 14. Fija, VIII-17/88

una relación directa entre estos dos parámetros. Observando estos gráficos se podría decir que existe una propagación de ondas internas a través de un medio acústico, donde dichas ondas desempeñan un rol importante en la dispersión del sonido. Estos registros de velocidad del sonido ascienden y descienden sobre las ondas internas en las profundidades de los océanos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado el análisis se puede concluir que se ha detectado la presencia de "ondas internas" en el área del Pacífico Ecuatorial Oriental. Su comportamiento en estas aguas se refleja como el resultado de movimientos ondulatorios u oscilatorios. La existencia de ondas internas fue mucho más marcada en la zona de la termoclina, ubicada entre los 20 y 40 metros aproximadamente, donde se observó un pronunciado ascenso y descenso de ésta en los diferentes intervalos de tiempo en que se hicieron las respectivas mediciones y una amplitud de onda alrededor de los 40 m.

Esto se refuerza más aún al notar en los gráficos de secciones de temperatura, salinidad y sigma - T el paquete o tren de ondas sufre un desplazamiento ondulatorio conforme varía el tiempo de manera que, las ondas internas contribuyen a la variación en tiempo de las estructuras termohalina y termoclina. También se comprobó que tanto el perfil de temperatura como el de velocidad del sonido tienen un comportamiento similar en toda la columna de agua y que, las ondas internas se propagan también a través de un medio acústico.

Es recomendable, estudiar las ondas internas de una manera en que se las relacione con la dispersión del sonido, también realizar el estudio desde el punto de vista biológico para encontrar la relación de las ondas internas con el Deep Scattering Layers y qué función tienen éstas con la distribución de oxígeno y nutrientes. Para lograr una mayor exactitud del estudio sería apropiado que, en las futuras investigaciones sobre ondas internas las mediciones se las realizaran de manera que el intervalo de tiempo entre cada observación sea más reducido.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a los señores Directivos del INOCAR, por el apoyo brindado para poder publicar este trabajo. A la Jefatura de Ciencias del mar y a todos mis compañeros de esta Sección que en todo momento me prestaron su colaboración y orientación. Gracias a Dios, Fuente de Sabiduría.

BIBLIOGRAFIA

- Andreyeva, I.B., and P. Makshtas, 1976.- Fluctuations in the Depth of Sound Scattering Layers and internal waves; *Oceanology* 16(3): 242-245.
- Andreyeva, I.B., and Ya. P. Makshtas, 1977.- Internal Waves and Sound Scattering Layers in the thermocline; *Oceanology* 17(3): 287-289.
- Ekman, V.W., 1904.- Waves and Tides. En: *The Oceans (Their physics)*, Prentice-Hall, Inc., USA, 585-602 pp.
- Fjldstad, J. E., 1933.- *Interne Wellen* Geofys Publ. 10(6).
- Fofonoff, N.P., 1969.- Spectral characteristics of internal waves in the ocean. *Deep Sea Res.* 16 (Suppl) 58-71.
- Garrett, C.J.R., and V. H. Munk, 1972.- Space-time Scales of internal waves. *Geophys. Fluid Dyn.*, 3, 225-264.
- Groen, P., 1948.- Contribution to the theory of internal waves, Mededeel, Verch Kgl. Ned Meteorol Inst.; Ser. B, 2(1).
- Le Blond, P.H., and L.A. Mysak, 1978.- *Waves in the Ocean* Elsevier, 604 pp.
- Olbers, D.J., 1976.- Non linear energy transfer and the energy balance of the internal wave field in the deep Ocean. *J. Fluid Mech.*, 74, 375-399.
- Romea, R., 1982.- On coastal trapped waves at low latitudes in a stratified ocean. P.H.D., Thesis. Oregon State University.
- Stokes, Sir G.G., 1932.- Waves and Tides. En: *The Oceans (Their Physics)*, Prentice-Hall, Inc., USA, 585-602 pp.
- Sverdrup, H.V., M.W. Johnson and R.H. Fleming, 1942.- *The Oceans. (Their physics, chemistry and general biology)*, Prentice-Hall, Inc., USA, 1-1086 pp.

DISTRIBUCION DE LA CLOROFILA "a" CON RELACION AL FRENTE ECUATORIAL DURANTE AGOSTO DE 1988

Por:

JORGE LUIS CORDOVA (1)

RESUMEN

El presente artículo describe la presencia de elevados valores de clorofila "a" subsuperficial al Sur del Frente Ecuatorial en 3 zonas de termoclinas no bien definidas y de altos valores de nutrientes, encontrados durante el primer Crucero Oceanográfico de 1988, (CO-1-88, agosto de 1988) a bordo del BAE. "Orión".

Se analizan tres secciones longitudinales: 82° 0' W, 85° 0' W y 92° 0' W, obteniéndose patrones similares de elevada clorofila "a" al Sur del Frente.

Se relacionan estas características, en el presente artículo, con zonas enriquecidas por posibles afloramientos provenientes de la Subcorriente Ecuatorial.

ABSTRACT

The present paper describes the presence of high subsurface chlorophyll "a" levels south of the Equatorial Front in three zones related to not well defined termoclines and high nutrient values, during the first oceanographic cruise of 1988 (CO-1-88, august 1988) aboard BAE. "Orión".

Three longitudinal sections were analyzed: 82° 0' W, 85° 0' W, 92° 0' W, showing a similar pattern of high chlorophyll "a" south of the Front.

In this paper these characteristic features are related to posible presence of Equatorial Undercurrent upwelling enriched waters.

INTRODUCCION

Una de las características observadas en superficie y de manera estacional (invierno austral) en aguas ecuatorianas es el denominado Frente Ecuatorial, el mismo que se extiende a partir de la costa del Ecuador alrededor de 4° 0' S hacia las Islas Galápagos, separando aguas tropicales de alta temperatura (24-25°C) y baja salinidad al Norte, de aguas de menor temperatura (18-19°C) y alta salinidad provenientes de la Corriente de Humboldt, (Wyrki, 1966).

Cucalón (1984) describió las condiciones oceanográficas y las masas de agua y señaló que aguas relativamente frías, salinas y ricas en nutrientes encontradas en el lado Sur del Frente Ecuatorial durante el invierno austral están asociadas con afloramientos de aguas ecuatoriales subsuperficiales relacionadas a la Subcorriente Ecuatorial (Corriente de Cromwell).

Tsuchiya (1970) menciona que Cochrane (1967) encontró evidencia de un flujo con dirección Este en 1° 0' N, 84° 0' W, el cual continuaba hacia el oriente y que también encontró evidencia de una conexión entre la subcorriente al Sur de Galápagos con la subcorriente Perú-Chile.

Jiménez e Intriago (1987), relacionan las características presentadas por Cucalón (1984) con previas observaciones de que la Subcorriente Ecuatorial se extiende tan al Este como 82° W.

Con respecto a las variaciones de los parámetros biológicos y de valores de biomasa fitoplanctónica y zooplanctónica con relación al Frente Ecuatorial, Jiménez y Bonilla (1980) mencionan que los datos provenientes de esta área son muy aislados y que no existen descripciones del comportamiento de los parámetros biológicos dentro de la zona.

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

Durante el CO-1-88 (agosto 5-30) (Fig. 1) se observó un Frente Ecuatorial bien definido; elevadas concentraciones subsuperficiales de clorofila "a" estuvieron asociadas con el límite Sur del Frente y con mayores concentraciones al Oeste de Galápagos en la transecta de los $92^{\circ} 0' W$. En la transecta del $85^{\circ} 0' W$ en $1^{\circ} 0' S$ apareció nuevamente el alto valor subsuperficial y finalmente en el área de $82^{\circ} 0' W$ y $3^{\circ} 0' S$ se encontró el mismo patrón. Es de mencionar que las tres zonas coinciden también en la presencia de termoclinas poco definidas (Fig. 2) y con altos valores de oxígeno disuelto y nutrientes en los niveles muestreados (Tabla I).

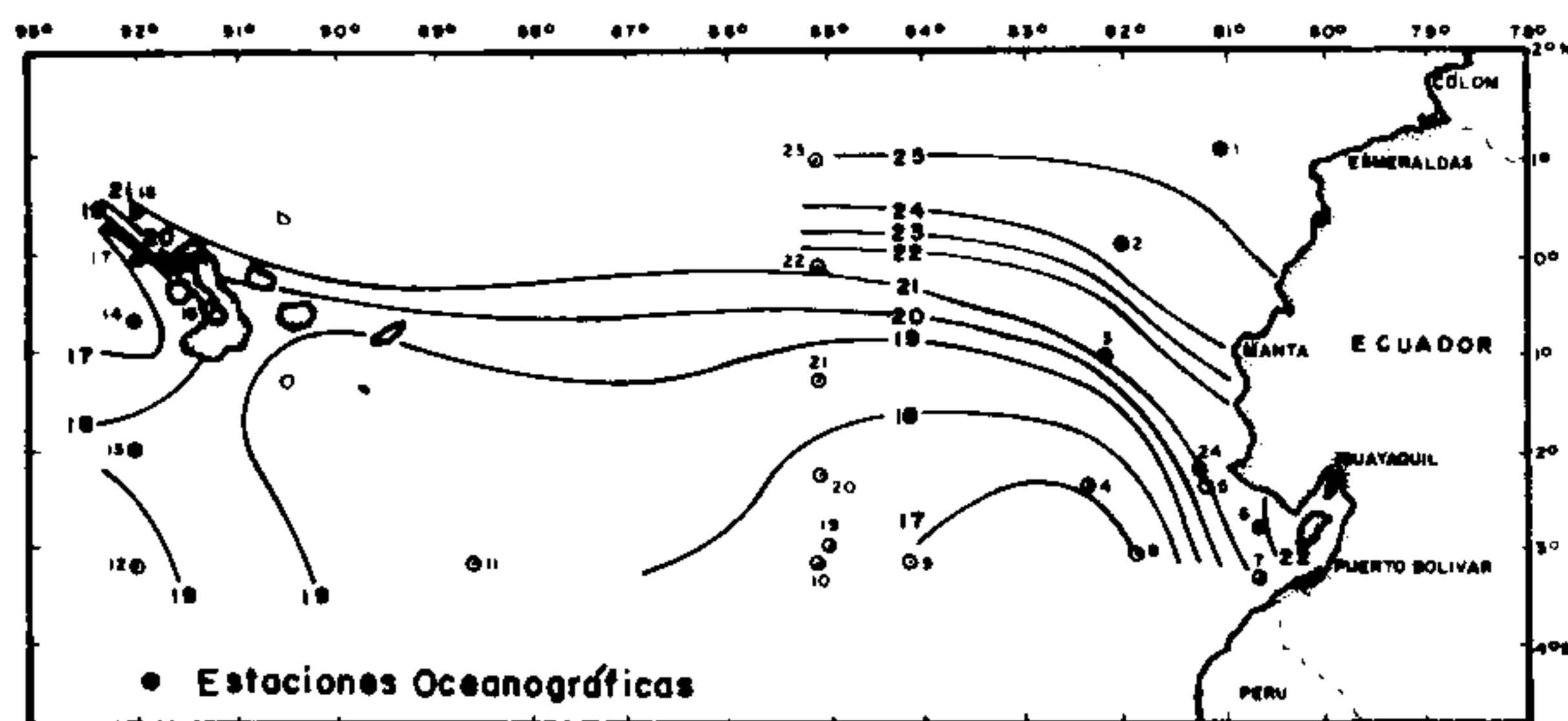


Fig. 1. Posición del Frente Ecuatorial y estaciones oceanográficas, durante agosto de 1988.

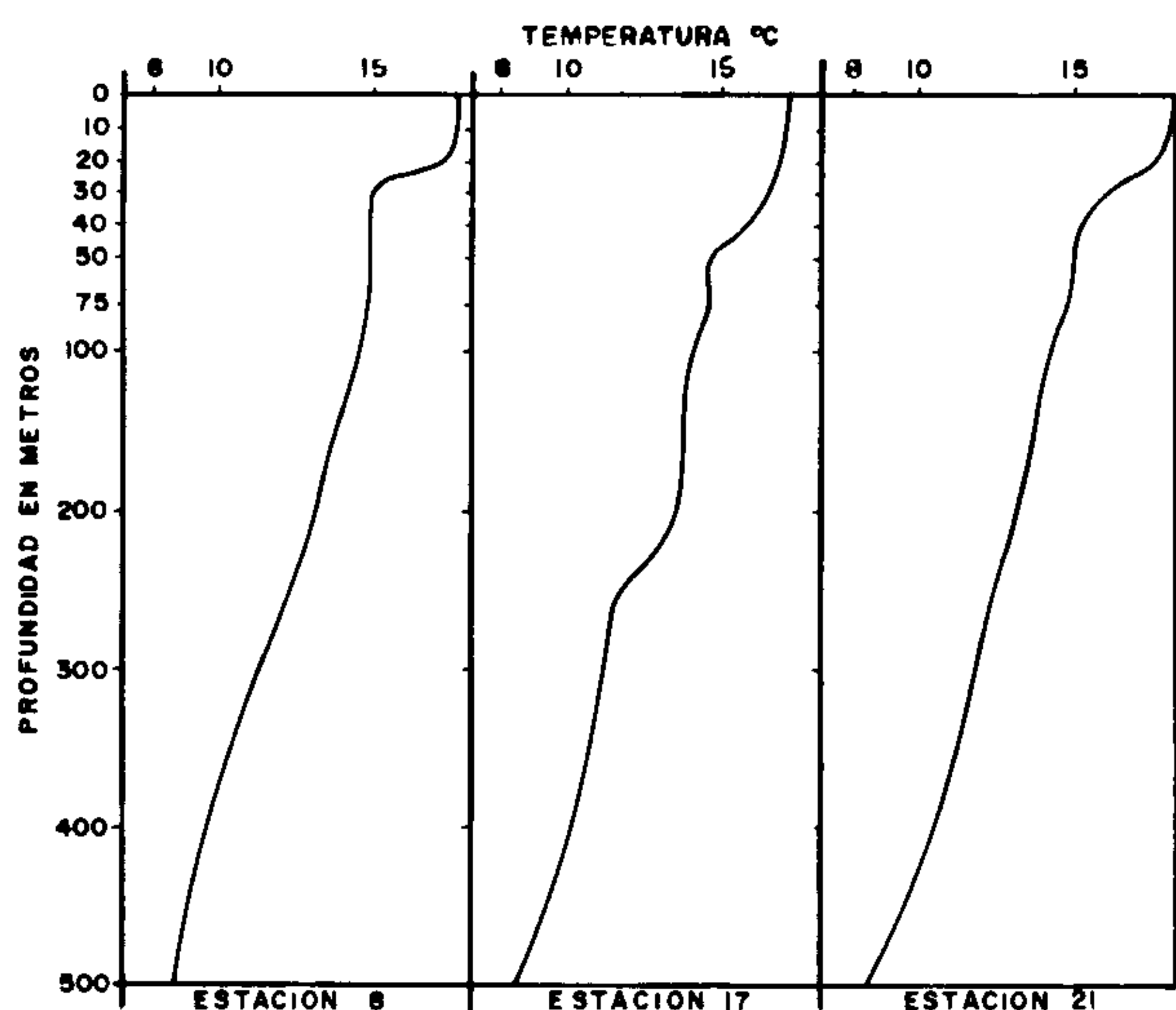


Fig. 2. Perfiles verticales de temperatura en las estaciones 8, 17, 21, durante agosto de 1988.

Se considera, por los resultados expuestos y por los datos bibliográficos, que el origen de estas zonas biológicamente enriquecidas al Este de Galápagos podrían estar relacionadas con aguas de la Subcorriente Ecuatorial.

MATERIALES Y METODOS

La temperatura en la columna de agua se obtuvo mediante lances de XBT o de CTD junto con la roseta multimuestreadora según fuera el caso, los datos obtenidos fueron procesados previamente a bordo mediante un computador. El oxígeno disuelto fue analizado a bordo siguiendo el método de Winker, y las muestras para nutrientes fueron mantenidas en refrigeración y posteriormente llevadas para su respectivo análisis a los laboratorios del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), utilizando para el efecto los métodos tradicionales.

De la roseta multimuestreadora se tomó un litro de agua en los niveles de 0, 10, 20, 30, 40, 50 m para el análisis clorofílico el mismo que se realizó a bordo utilizando el método de fluorescencia de Holm-Hansen, et al. (1965).

RESULTADOS Y CONCLUSION

Las secciones longitudinales de temperatura y clorofila "a" que corresponden a $81-82^{\circ} 0' W$ (Fig. 3) denotan características muy interesantes que a continuación se detallan:

En lo que a temperatura se refiere, se observa en esta sección que superficialmente el límite Sur del Frente Ecuatorial, se localiza en $2^{\circ} 0' S$. Subsuperficialmente, la distribución de temperatura presenta desde $2^{\circ} 0' S$ a $3^{\circ} 0' S$ y desde la superficie hasta los 50 m de profundidad las isotermas de $17^{\circ}C$ y la de $15^{\circ}C$, ubicándose esta última tan superficial como 25 m.

En la sección de clorofila "a" de $81-82^{\circ} W$ (Fig. 3), aparece un núcleo subsuperficial de valores relativamente elevados de clorofila "a", coincidiendo con la zona que se encuentra al Sur del Frente Ecuatorial, este núcleo subsuperficial se presentó entre 2 y $3^{\circ} S$, a 10 metros de profundidad.

Al observar las secciones de temperatura y clorofila "a" en $85^{\circ} W$ (Fig. 4) se determina que el límite Sur del Frente Ecuatorial se encuentra desplazado hacia el Norte, ubicándose aproximadamente en $1^{\circ} S$ coincidiendo con el lugar donde se encontró subsuperficialmente el valor más alto de clorofila "a" en toda la transecta del $85^{\circ} 0' W$. Se repite de esta manera el patrón de un núcleo de elevados valores de clorofila "a" subsuperficialmente (10 m) en el límite Sur del Frente Ecuatorial.

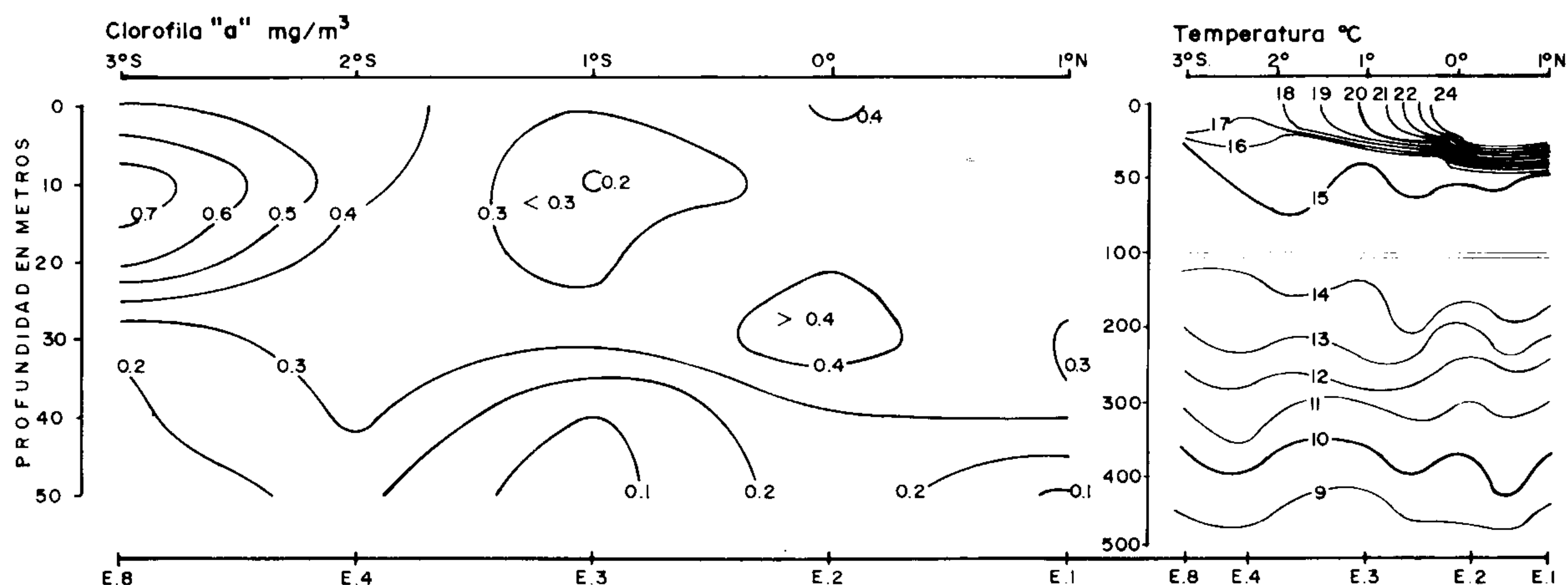


Fig. 3. Secciones longitudinales de clorofila "a" y temperatura (81° - 82° W) agosto de 1988.

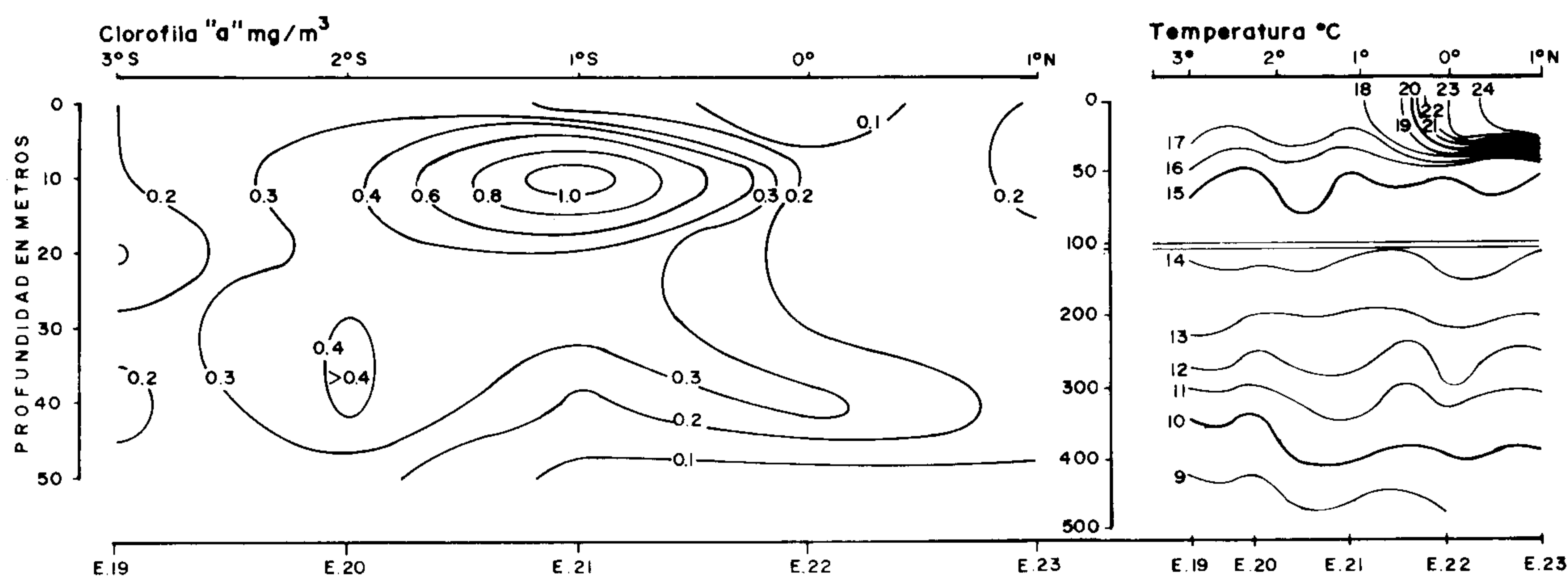


Fig. 4. Secciones longitudinales de clorofila "a" y temperatura (85° W) agosto de 1988.

Finalmente las secciones longitudinales de temperatura y clorofila "a" correspondientes a la sección de 92° W (Fig. 5), es decir al Oeste de Galápagos, muestran que los valores de clorofila "a" se van incrementando conforme se avanza hacia el Norte. Fácilmente se nota que la mayor concentración clorofílica, se encuentra ubicada subsuperficialmente (30 m) en el

ecuador con un valor máximo para toda la transecta (92° 0' W) de 6.35 mg/m³, siendo el centro de un núcleo bastante grande y con valores elevados. Nuevamente se encuentra este núcleo en el límite Sur del Frente Ecuatorial y la isoterma de 15°C ocupando la capa de los 50 m de una manera muy definida y relacionada con elevadas concentraciones de clorofila "a".

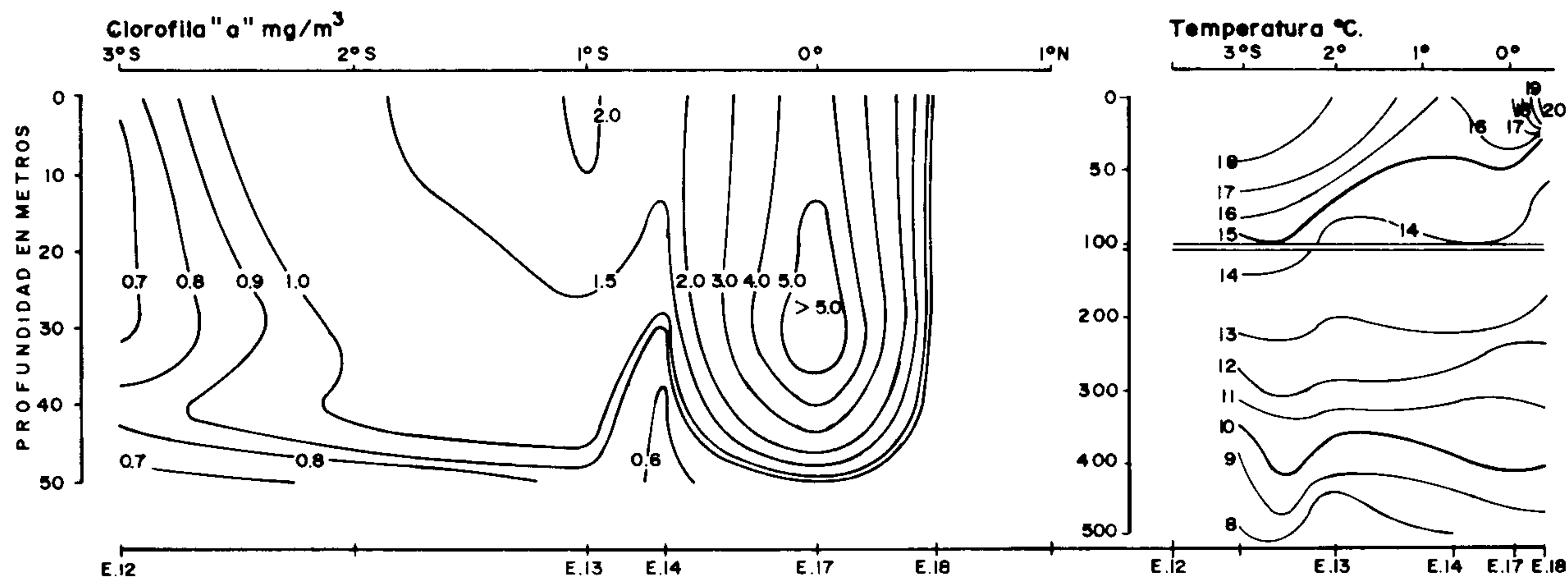


Fig. 5. Secciones longitudinales de clorofila "a" y temperatura (92° W) agosto de 1988.

AGRADECIMIENTO

Cabe indicar que en las estaciones 8, 17 y 21 (Fig. 1), es decir los lugares donde se encontraron los máximos subsuperficiales de clorofila "a" y situadas en el límite Sur del Frente Ecuatorial, la variación de la temperatura en los primeros 100 metros de profundidad fue tan sólo de 3°C, es decir desde algo más de 17°C hasta algo más de 14°C (Fig. 2), esto junto a los niveles altos de nutrientes y de oxígeno dan la pauta para interpretar estas zonas como áreas de afloramientos durante el crucero CO-1-88. En la Tabla I se adjuntan los valores de clorofila "a" encontrados en estas estaciones y en la figura 2 se presentan perfiles verticales de temperatura de las mismas.

A partir de los datos obtenidos surge en principio un patrón definido por una mayor concentración de clorofila "a" subsuperficial que se ubica en el límite Sur del Frente Ecuatorial, el cual estuvo bien definido en agosto de 1988. La información recopilada durante el crucero CO-1-88 muestra características de aguas afloradas en las zonas donde se obtuvieron las más altas concentraciones de clorofila "a" dando origen a zonas biológicamente muy productivas, las cuales van a incidir definitivamente en la distribución de la pesca pelágica. Las zonas al Sur del Frente Ecuatorial que presentaron los más altos niveles de clorofila "a" son también las zonas donde se han registrado tradicionalmente las mayores capturas de las flotas de pesca pelágica (Jiménez, com. pers.).

La importancia de la alta producción biológica originada de las zonas de afloramiento, para la pesca pelágica, hace necesario que la futura investigación de estas zonas y su relación con la Subcorriente Ecuatorial sea un área específica de investigación oceanográfica.

Por otro lado, es muy importante llegar a determinar lugares donde se encuentran las zonas de afloramientos al Este de Galápagos y conocer también si este patrón de alta clorofila "a" subsuperficial localizado al Sur del Frente Ecuatorial es una característica acompañante del Frente Ecuatorial bien definido siendo por lo tanto una característica estacional.

Las concentraciones de clorofila "a" encontradas en el límite Sur del Frente Ecuatorial disminuyen su valor, a medida que se aproximan al continente, lo que podría sugerir que las aguas con altas concentraciones clorofílicas provienen del Oeste hacia el Este transportadas por algún flujo que existiría entre Galápagos y la costa continental del Ecuador, lo cual deberá ser determinado por una mayor investigación de la circulación subsuperficial entre las Islas Galápagos y el Continente.

El autor desea expresar su agradecimiento a los directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada, a los señores Oficiales y tripulantes del BAE. "Orión", por el apoyo brindado para la realización de este artículo.

Y de manera muy especial a: Biol. Eduardo Zambrano, Dra. Elena Gualancañay, M.Sc. Fernando Arcos, Dr. Roberto Jiménez por las correcciones efectuadas al manuscrito, comentarios y consejos brindados para la elaboración del mismo, y al señor Víctor Mesías por las ilustraciones.

BIBLIOGRAFIA

- Cochrane, J.D., 1967.- Preliminary report on the Texas A&M EASTROPAC cruise, 21 January to April 1967. Texas A & M University, Department of Oceanography, Texas A & M Reference 67-5-T, 21 pp., 5 figures. En Tsuchiya M., 1970.
- Cucalón, E., 1984.- Oceanographic variability off Ecuador associated with an El Niño event in 1982-1983 (submitted), Thesis M.Sc., Univ. Aberdeen, England, 1-98. En Jiménez R., Intriago P., 1987.
- Holm-Hansen, O., C.J. Lorenzen, R.W. Holmes y J.D.H. Strickland., 1965.- Fluorometric Determination of chlorophylls. J. Cons. Perm. Int. 30. No. 1, p: 3-15.
- Jiménez, 1978.- Mise en évidence de l'upwelling équatorial à l'est des Galápagos. Cah ORSTOM. Ser. Oceanogr. Vol. 16, p: 137-155.
- Jiménez, R. y D. Bonilla, 1980.- Composición y Distribución de la Biomasa del Plancton en el Frente Ecuatorial. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 1, No. 1.
- Jiménez, R. y P. Intriago, 1987.- Observations on blooms of *Mesodinium rubrum* in the upwelling area off Ecuador, Oceanologica Acta. Proceedings International Symposium on Equatorial Vertical Motion, Paris, 6-10 May 1985, p: 145-154.
- Tsuchiya, M., 1970.- Equatorial Circulation of the South Pacific, Reprinted from: Scientific Exploration of the South Pacific. Standard Book No. 309-01755-6. National Academy of Sciences. Washington, D.C. 1970, p: 69-74.
- Wyrtki, W., 1966.- Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean, Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. Vol. 4, p: 33-68.

NUTRIENTES = ug-at/l. OXIGENO = ml/l CLOROFILA = mg/m3						
ESTACION 8						
Prof.	Nitrato	Fosfato	Silicato	Nitrito	Oxígeno	Clorofila
0	10,656	0,82	8,79	0,184	4,46	0,49
10	9,344	0,97	8,05	0,184	4,46	0,78
20	12,82	0,92	11,02	0,184	4,29	0,63
30	15,877	1,43	13,66	0,133	1,86	0,21
40	15,835	1,43	15,25	0,082	1,97	0,18
50	19,321	1,43	17,48	0,061	1,78	0,09
ESTACION 17						
Prof.	Nitrato	Fosfato	Silicato	Nitrito	Oxígeno	Clorofila
0	8,677	0,87	7,63	0,122	4,77	4,63
10	10,544	1,17	8,79	0,122	4,77	4,98
20	8,887	1,43	5,61	0,102	4,77	5,49
30	7,965	0,77	3,92	0,061	4,54	6,35
40	9,414	1,38	8,26	0,082	4,43	4,12
50	13,695	1,33	13,56	0,082	2,61	0,85
ESTACION 21						
Prof.	Nitrato	Fosfato	Silicato	Nitrito	Oxígeno	Clorofila
0	18,871	1,53	9,43	0,306	4,58	0,19
10	17,287	1,53	15,15	0,367	4,24	1,2
20	19,296	1,38	14,8	0,265	4,47	0,39
30	21,305	1,74	14,51	0,265	3,13	0,39
40	22,469	1,99	14,94	0,143	2,29	0,18
50	25,162	1,99	16,63	0,122	1,9	0,07

Tabla I. Nutrientes, Oxígeno disuelto y Clorofila "a" en las estaciones 8, 17 y 21 durante agosto de 1988.

VARIACION TEMPORAL DEL ZOOPLANKTON DE UNA ESTACION FIJA EN BAHIA ACADEMIA (GALAPAGOS) PERIODO 1986-1988: SU RELACION CON LA TEMPERATURA SUPERFICIAL

Por:

FERNANDO ARCOS (1)
MARIA A. BONILLA (1)

RESUMEN

El presente trabajo se basa en el estudio cuali-cuantitativo y de diversidad de 95 muestras de plancton colectadas semanalmente en aguas superficiales costeras en una estación fija localizada en Bahía Academia, Isla Santa Cruz (Galápagos) durante septiembre 1986-septiembre 1988.

Se exponen 27 grupos de organismos del zooplancton, siendo los dominantes, los copépodos, larvas de decápodos, huevos de peces, lamelibranquios, ostrácodos, pterópodos y apendicularios; y los más frecuentes, copépodos, larvas de decápodos, huevos de peces, pterópodos, apendicularios, quetognatos, lamelibranquios y larvas de peces.

Se determinan los diversos géneros de copépodos, siendo las especies más abundantes en orden decreciente: Acartia levequei, Pseudodiaptomus galapaguensis y Nannocalanus minor.

La temperatura superficial del mar (TSM) durante el período de análisis, mostró su valor más alto en abril 87, con 28,8°C y el más bajo en julio 88, con 19,2°C.

ABSTRACT

The present paper is based on the diversity, qualitative and quantitative study of 95 plankton samples taken weekly in surface neritic waters in a station in Academy Bay, Santa Cruz Island (Galapagos) from september 1986-september 1988.

Twenty seven zooplankton groups were present, being the dominant: copepods, decapod larvae, fish eggs, lamelibranchia, ostracods, pteropods, and appendicularians. The most frequent: copepods, decapod larvae, fish eggs, pteropods, appendicularians, chaetognaths, lamelibranchia, and fish larvae.

Different copepod genera were determined, the most abundant species in decreasingly order were: Acartia levequei, Pseudodiaptomus galapaguensis, and Nannocalanus minor.

The sea surface temperature (SST) during the analysis period, showed the highest values in april 87, with 28.8°C and the lowest in july 88 with 19.2°C.

INTRODUCCION

A partir de 1986 se inicia un proyecto de monitoreo de las condiciones ambientales y bióticas en Bahía Academia mediante convenio entre el Instituto Oceanográfico de la Armada y la Estación Científica Charles Darwin (ECCD).

La literatura referente al zooplancton en las Islas Galápagos es escasa y se encuentra dispersa. Además del trabajo realizado por Bonilla (1983) en algunas localidades del Archipiélago durante un año consecutivo, no se han llevado a cabo otros análisis zooplanctónicos en series de tiempo.

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

Análisis de alta frecuencia en series de tiempo fueron iniciados en Bahía Academia desde mediados de 1982 hasta fines de 1983 (Kogelschatz et al., 1985). Series por períodos más largos de tiempo permitirán comprender las fluctuaciones en diferentes escalas de tiempo, considerando la variabilidad debida al azar que forma parte de todo muestreo planctónico, como parte de la variabilidad intra e inter anual.

Los objetivos de este programa son: conocer la variación intra e inter anual de parámetros bióticos y abióticos con miras a encontrar indicadores biológicos que permitan conocer las interacciones existentes en los diferentes parámetros, y pronosticar cambios ambientales y ocurrencias de fenómenos anómalos como El Niño.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras analizadas fueron colectadas semanalmente a bordo de una pequeña lancha entre el 26 de septiembre 1986 y el 20 de septiembre 1988 en Bahía Academia (Galápagos), localizada en $00^{\circ} 44' S$ y $90^{\circ} 18' W$ (Fig. 1). Se realizaron arrastres horizontales superficiales entre las 08:00-12:00, utilizando una red tipo cónica de 30 cm de diámetro de boca, 335 u de apertura de malla, y longitud de 1 m, durante 10 minutos (cuando el tiempo de arrastre fue diferente, los valores se estandarizaron a 10 minutos). Después de su colección las muestras fueron fijadas con formalina al 4% y neutralizadas con tetraborato de Sodio (bórax).

La temperatura fue tomada con termómetro de balde, con escala de $0,1^{\circ}C$. Para la identificación y

contaje de los organismos se utilizó un microscopio de disección y la cámara de Bogorov. Cuando las muestras fueron muy abundantes se tomaron alícuotas utilizando el submuestreador de Folsom (Mc Ewen et al., 1954).

El número de individuos se representa en org./muestra. Para considerar la distribución de los diferentes grupos se utilizó el análisis de diversidad y equitabilidad siguiendo la fórmula adoptada por Shannon y Weaver (Parsons et al., 1984; Margalef, 1978).

Con la finalidad de hacer análisis comparativo entre los dos años de muestreo, se refirió al primer período entre septiembre 1986 y agosto 1987, y el segundo período entre septiembre 1987 y septiembre 1988.

RESULTADOS Y DISCUSION

TEMPERATURA.- El período 86-87 presenta los valores más altos de temperatura en la época de invierno, con valores de $27-29^{\circ}C$. En el período 87-88, las temperaturas son altas en invierno, pero menores al primer período con valores de $25-26^{\circ}C$ (Fig. 2). La sección de línea de puntos en el gráfico corresponde a valores de temperatura superficial obtenidos en el muelle de la ECCD.

TRANSPARENCIA.- La incidencia de penetración de luz en las aguas de Bahía Academia depende de dos factores fundamentales: la productividad biológica en el medio y la mayor o menor cantidad de materia en suspensión, producto de turbulencia, que puede mover sedimentos del lecho de la bahía. Aunque el parámetro de transparencia no ha sido monitoreado continuamente, en la figura 3 se puede observar que las mayores profundidades de lectura de disco Secchi se obtuvieron en la época caliente de 1986 (con lecturas de hasta 21 m), mientras que las menores (hasta 2 m) en los meses de agosto y septiembre de 1987 y 1988.

COMPOSICION DEL ZOOPLANCTON

Existió gran variabilidad en el número total de organismos del zooplankton por muestra (Fig. 4), observándose mayor abundancia en el período 87-88, que en el período 86-87. Los picos más altos se obtuvieron entre diciembre 86 y marzo 87; julio-agosto 87; y desde enero hasta julio 88, con la mayor abundancia (25.000 org/muestra) en abril de 1988.

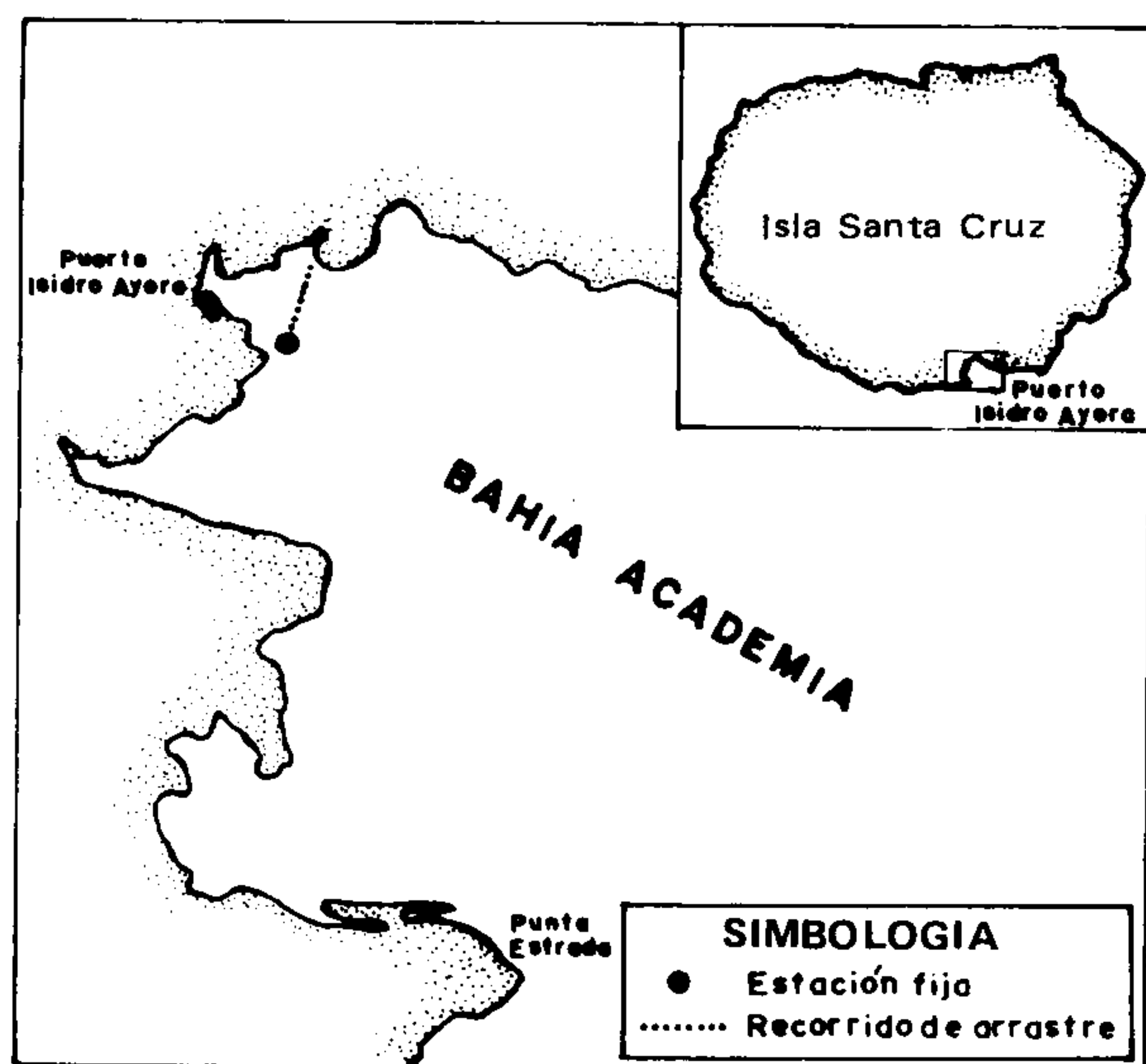


Fig. 1. Localización de la estación fija costera en Bahía Academia.

a) **Abundancia relativa.**- La abundancia relativa durante todo el período de análisis de los grupos del zooplancton es como sigue:

COPEPODOS	76,7 %
LARVAS DE DECAPODOS	5,4 %
LARVAS DE CIRRIPIEDIOS	4,8 %
HUEVOS DE PECES	4,6 %
LAMELIBRANQUIOS	2,2 %
OSTRACODOS	1,2 %
PTEROPODOS	1,1 %
APENDICULARIOS	0,9 %
FORAMINIFEROS	0,6 %
QUETOGNATOS	0,6 %

Los demás grupos analizados: sifonóforos, salpas, radiolarios, poliquetos, nauplios de copépodos, medusas, larvas de peces, isópodos, heterópodos, eufáusidos, forónidos, larvas de equinodermos, doliólidos, cladóceros, larvas de briozoos y anfípodos, alcanzaron porcentajes menores a 0,6 %.

Bonilla (1983), durante un muestreo mensual en Bahía Academia (9 muestras) entre 1975 y 1976, determinó que el porcentaje de copépodos alcanzó al 93 %, medusas al 3 %, y los demás grupos obtuvieron porcentajes menores al 1 %, encontrando ausencia de larvas de equinodermos, salpas, heterópodos y cladóceros.

b) **Frecuencia.**- Siguiendo el criterio de Mujica y Ascencio (1986), y Arcos y Bonilla (1989) en estudios de constancia de zooplancton, el cual considera que organismos presentes entre el 0,0 y 25 % son accidentales, de 25,1 a 50 %, accesorios y de 50,1 a 100 %, constantes, se tiene:

Constantes:

COPEPODOS	100 %
LARVAS DE DECAPODOS	95 %
HUEVOS DE PECES	91 %
PTEROPODOS	88 %
APENDICULARIOS	84 %
QUETOGNATOS	84 %
LAMELIBRANQUIOS	81 %
LARVAS DE PECES	72 %
POLIKUETOS	60 %
FORAMINIFEROS	57 %
SIFONOFOROS	54 %

Accesorios:

OSTRACODOS	40 %
NAUPLIOS DE COPEPODOS	35 %
MEDUSAS	35 %
DOLIOLIDOS	28 %

EUFÁUSIDOS	27 %
Accidentales:	
MISIDACEOS	22 %
LARVAS DE CIRRIPIEDIOS	17 %
CLADOCEROS	11 %
RADIOLARIOS	9 %
ANFIPODOS	7 %
LARVAS DE BRIOZOOS	6 %
LARVAS DE EQUINODERMOS	5 %
HETEROPODOS	3 %
SALPAS	2 %
ISOPODOS	1 %
FORONIDOS	1 %

c) **Análisis de grupos.**

Copépodos

Fueron los organismos más abundantes dentro del zooplancton, estando presentes en todas las muestras analizadas, y por tanto, con la mayor frecuencia. Su abundancia absoluta fue menor en el período 86-87 que en el 87-88, mostrando elevada variabilidad durante todo el período de análisis (Fig. 5). Sus picos de abundancia más altos (sobre 10.000 ind./muestra) se encuentran en diciembre 86; febrero, marzo y agosto 87; y febrero, abril, mayo, junio y julio 88. Parece que la temperatura del agua no incidió en la abundancia de copépodos como grupo, puesto que se reporta alta densidad de organismos tanto para el invierno o época de aguas cálidas como para el verano o época de aguas frías. Algunas de las especies identificadas fueron las siguientes:

Acartia danae (Giesbrecht, 1889)
Acartia levequei Grice, 1964
Acrocalanus andersoni Bowman, 1958
Calanus chilensis Brodski, 1959
Calocalanus pavo (Dana, 1949)
Candacia curta (Dana, 1849)
Centropages furcatus (Dana, 1849)
Centropages gracilis (Dana, 1849)
Clausocalanus mastigophorus (Claus, 1863)
Copilia mirabilis Dana, 1852
Cosmocalanus darwinii (Lubbock, 1860)
Euchaeta rimana Bradford, 1974
Labidocera acuta (Dana, 1849)
Labidocera lubbocki Giesbrecht, 1889
Microsetella rosea (Dana, 1848)
Nannocalanus minor (Claus, 1863)
Oithona plumifera Baird, 1843
Oncaea venusta Philippi, 1843
Pontella danae Giesbrecht, 1889
Pontellina sobrina Fleminger y Hulsemann, 1974
Pseudodiaptomus galapaguensis Grice, 1964

Sapphirina sp.

Scolecithrix danae (Lubbock, 1856)

Temora discaudata Giesbrecht, 1889

Como se puede observar comparando las figura 4 y 5, fueron los copépodos los organismos que más influyeron en la composición numérica del zooplankton.

Dentro de las especies de copépodos más abundantes presentes en las diferentes épocas de los dos períodos estudiados se determinaron:

Acartia levequei.- Presentó una abundancia relativamente alta comparada con otras especies durante los dos períodos 86-87 y 87-88 que incluyen épocas de aguas cálidas y aguas frías, notándose un incremento en julio y octubre 87 y febrero, marzo 88 independiente de los valores de temperatura. Esta especie fue descrita de una muestra obtenida en Bahía Academia (Grice, 1964) y su distribución (por sexo y estadios de desarrollo) han sido relacionados por Arcos (1981) con el afloramiento causado por la Subcorriente Ecuatorial al Oeste del Archipiélago.

Pseudodiaptomus galapaguensis.- Estuvo presente a lo largo del período estudiado, tanto en la época de aguas frías como en la de aguas cálidas siendo más abundante en abril, julio y septiembre 87. En septiembre 87 todas las hembras se encontraban ovadas.

Nannocalanus minor.- Al igual que las especies anteriores, su presencia fue constante en los dos períodos que incluyen aguas cálidas y aguas frías.

Acartia danae.- Su presencia (con poca abundancia) se registró a partir de febrero 87 hasta abril 88 incluyendo las dos épocas, de aguas frías y de aguas cálidas, siendo más abundante en noviembre 87 coincidiendo con un alto valor de temperatura.

Temora discaudata.- Se hizo presente desde junio 87 en adelante sin mostrar preferencia por aguas cálidas o aguas frías.

Euchaeta rimana.- Se hace presente desde enero 87 en adelante siendo más abundante en julio y octubre 87 que coincidió con bajos valores de temperatura.

Larvas de Decápodos.- Mayor abundancia se presentó en el período 86-87 especialmente en febrero, junio y julio (sobre 1.500 ind./muestra); el período 87-88 fue muy bajo y casi homogéneo en el transcurso de todo el año (Fig. 6). La abundancia de estos organismos en

febrero y junio 87, coincide con los valores más altos de temperatura superficial del mar del período analizado.

Huevos de peces.- Su distribución temporal muestra valores de mayor abundancia (sobre 1.000 ind./muestra) en febrero, noviembre y diciembre 87, y abril 88 (Fig. 7), con el máximo valor a principios de febrero 87. La temperatura parece influir en su abundancia ya que estos picos coinciden con altas temperaturas superficiales en ambos años, exceptuando abril 88, cuando la temperatura empieza a descender.

Pterópodos.- Su distribución fue bastante heterogénea con series de picos de mayor abundancia en febrero y marzo 87, y entre diciembre 87 y enero 88 (Fig. 8), en coincidencia con las épocas calientes.

Apendicularios.- Su presencia fue constante en los dos períodos de estudio y su abundancia muy heterogénea (Fig. 9), notándose el máximo de abundancia en enero y febrero 88 (280 y 330 ind./muestra respectivamente), coincidiendo con altos valores de temperatura, hecho que no se da en el período 86-87.

Quetognatos.- Su distribución fue irregular y baja en el transcurso del período 86-87; en enero 88 se nota un incremento, luego desciende y sigue siendo irregular como en los años anteriores (Fig. 10). Con excepción del valor obtenido en julio 87, los mayores valores cuantitativos coinciden con las épocas de alta temperatura durante todo el tiempo de análisis.

Lamelibranchios.- Su presencia en ambos períodos fue irregular y escasa (Fig. 11), aumentando considerablemente en abril 88, luego de lo cual desciende bruscamente. En el período 86-87 se registraron valores bajos de organismos coincidentemente con elevadas temperaturas.

Larvas de peces.- Valores de alta abundancia (más de 30 ind./muestra) se encontraron en noviembre y diciembre 86; julio 87; y entre enero y abril 88 (Fig. 12). En el primer período no existió concordancia con la abundancia de huevos de peces, pero sí en el segundo, especialmente en abril, 88, cuando se encontró el valor más alto (sobre 90 ind./muestra). Al contrario que los huevos de peces, se encuentra una relación inversa con las temperaturas superficiales, si no se considera la época caliente del período 87-88, en la cual se observa un incremento cuantitativo de larvas.

Poliquetos.- Este grupo estuvo compuesto tanto por larvas meroplánctónicas, como juveniles holoplánctónicas.

cos. Su presencia en el período 86-87 fue relativamente baja comparada con el período 87-88, mostrando sus máximos de abundancia en abril, mayo y julio 88 (sobre 300 ind./muestra) (Fig. 13), coincidiendo esto con la época de disminución de la temperatura, mientras que valores altos de temperatura coincidieron con baja abundancia de organismos.

Foraminíferos.- Este grupo fue poco abundante en el período 86-87 en relación al año 88, siendo su distribución irregular para los dos períodos (Fig. 14). En julio 88 se notó un incremento de estos organismos (700 ind./muestra) el mismo que coincidió con el valor más bajo de temperatura superficial del mar (19,2°C); se observa que cuando la temperatura disminuye, aumenta la presencia de foraminíferos en los dos períodos estudiados.

Sifonóforos.- La presencia de estos organismos fue constante e irregular hasta octubre 87, observándose dos picos de mayor abundancia en noviembre 87 y enero 88, coincidiendo con la época de aguas calientes del período 87-88 (Fig. 15). Se notó también ausencia casi total en los últimos cinco meses de análisis.

Ostrácodos.- Durante el período de análisis, los ostrácodos estuvieron prácticamente ausentes hasta febrero 88 (Fig. 16), en que su abundancia empezó a incrementarse llegando al máximo en mayo (con 2.000 ind./muestra) y junio del mismo año, correspondiendo a la época de descenso de temperatura superficial.

Nauplios de copépodos.- Durante el primer período 86-87 su ausencia fue absoluta (Fig. 17), a partir de octubre 87 en adelante, fueron encontrados presentando su máximo de abundancia en febrero 88 (450 ind./muestra), coincidiendo con elevadas temperaturas en la misma época.

Medusas.- Fueron muy pocas las encontradas en el período 86-87; entre septiembre y mayo del período 87-88 estuvieron presentes en casi todas las muestras, con los mayores valores en octubre y diciembre 87, y abril 88, cuando se obtuvo la mayor abundancia (Fig. 18). Con excepción del alto valor numérico de medusas en abril 88, las mayores abundancias coincidieron con los valores más altos de temperatura del segundo período.

Doliólidos.- Presentaron una distribución muy irregular (Fig. 19), notándose coincidencia de las mayores abundancias entre febrero y abril de ambos períodos de muestreo, y con el decrecimiento de temperaturas superficiales como consecuencia de la finalización de la época caliente.

Eufáusidos.- Durante ambos períodos, su abundancia fue poco homogénea (Fig. 20) con los valores de mayor abundancia numérica en diciembre 86; junio y julio 87; y enero y abril 88. Estuvieron ausentes a partir de septiembre 87 hasta enero 88. Por encontrar valores altos en épocas calientes como frías, su abundancia no mostró relación con la temperatura superficial.

Misidáceos.- Su abundancia numérica fue menor en el período 86-87 que en el 87-88; se refleja una gran variabilidad a lo largo de los dos períodos (Fig. 21). Aunque los números de estos organismos por muestra fueron bajos, existió mayor abundancia durante las épocas calientes en los dos años analizados.

Larvas de cirripedios.- Ausentes durante todo el período de análisis, excepto en noviembre 86, abril, mayo y agosto 88. En mayo, su abundancia fue significativa, sobrepasando los 12.000 ind./muestra.

Cladóceros.- Presentes solamente entre septiembre y diciembre 86, y diciembre 87 a febrero 88, con su máxima abundancia (900 ind./muestra) en enero (Fig. 22). Se observa coincidencia entre la presencia de estos organismos y los valores de alta temperatura superficial del agua.

Radiolarios.- Se encontraron esporádicamente sólo en el segundo período de análisis en bajas concentraciones, a excepción de enero 88, con 150 ind./muestra.

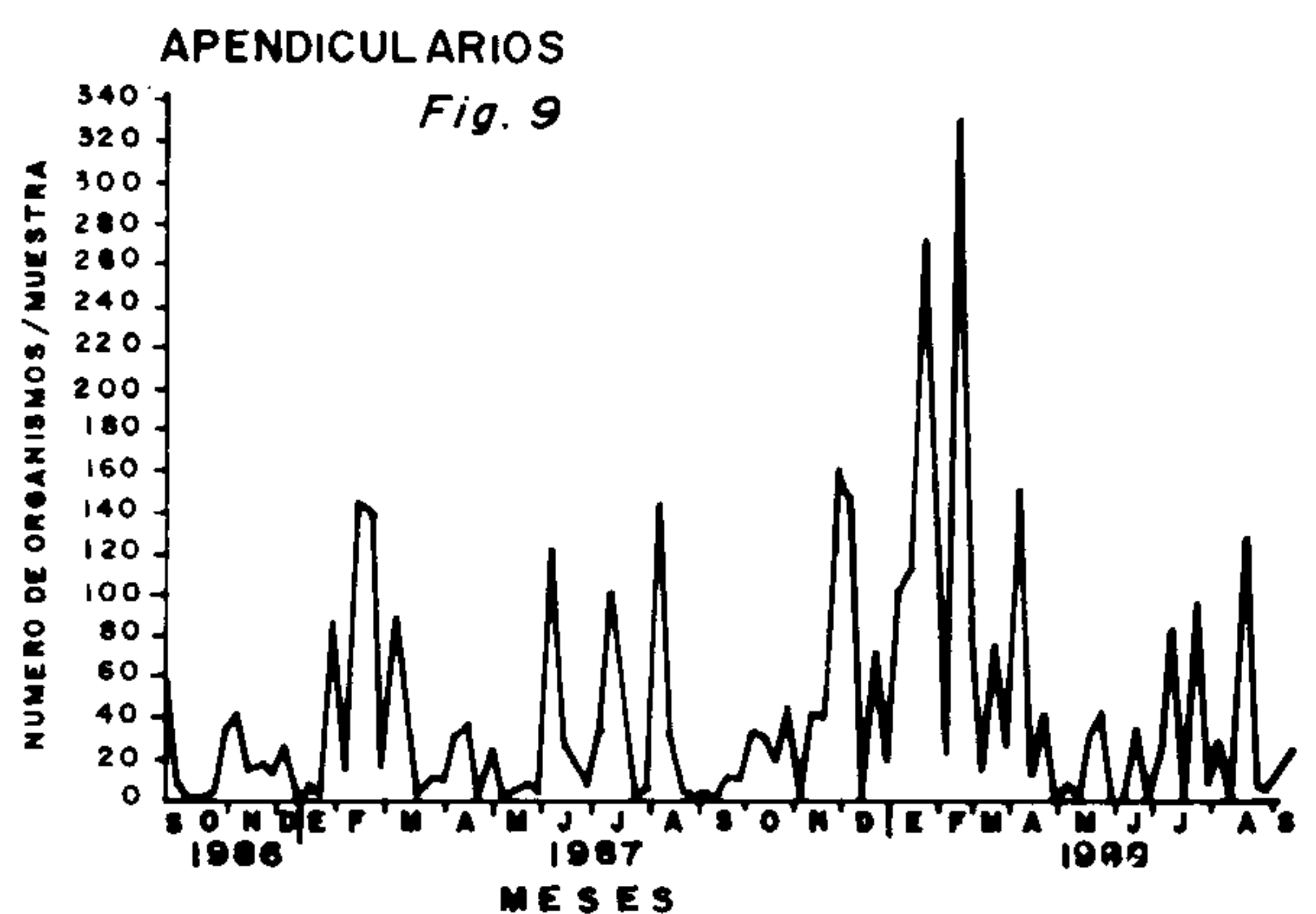
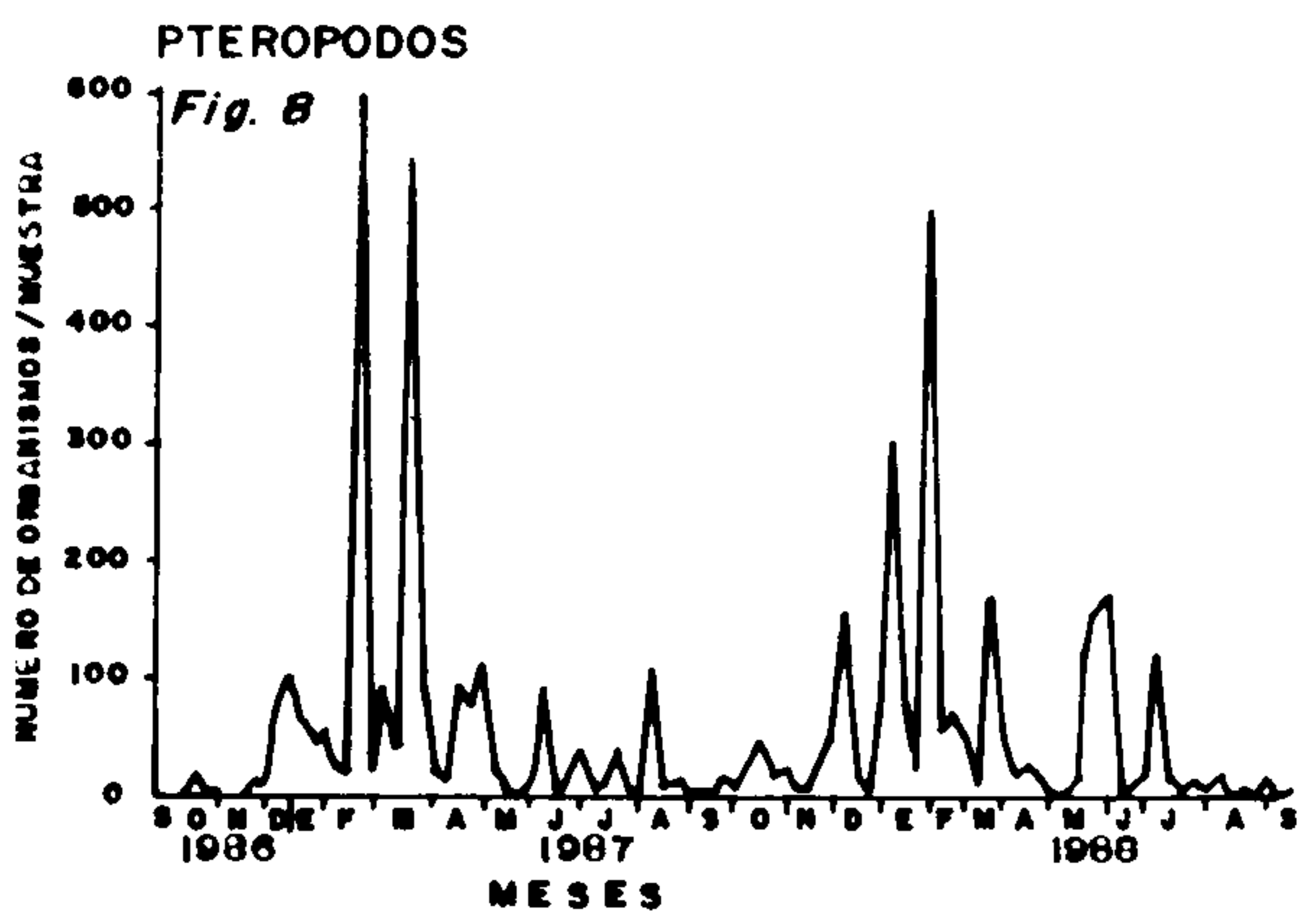
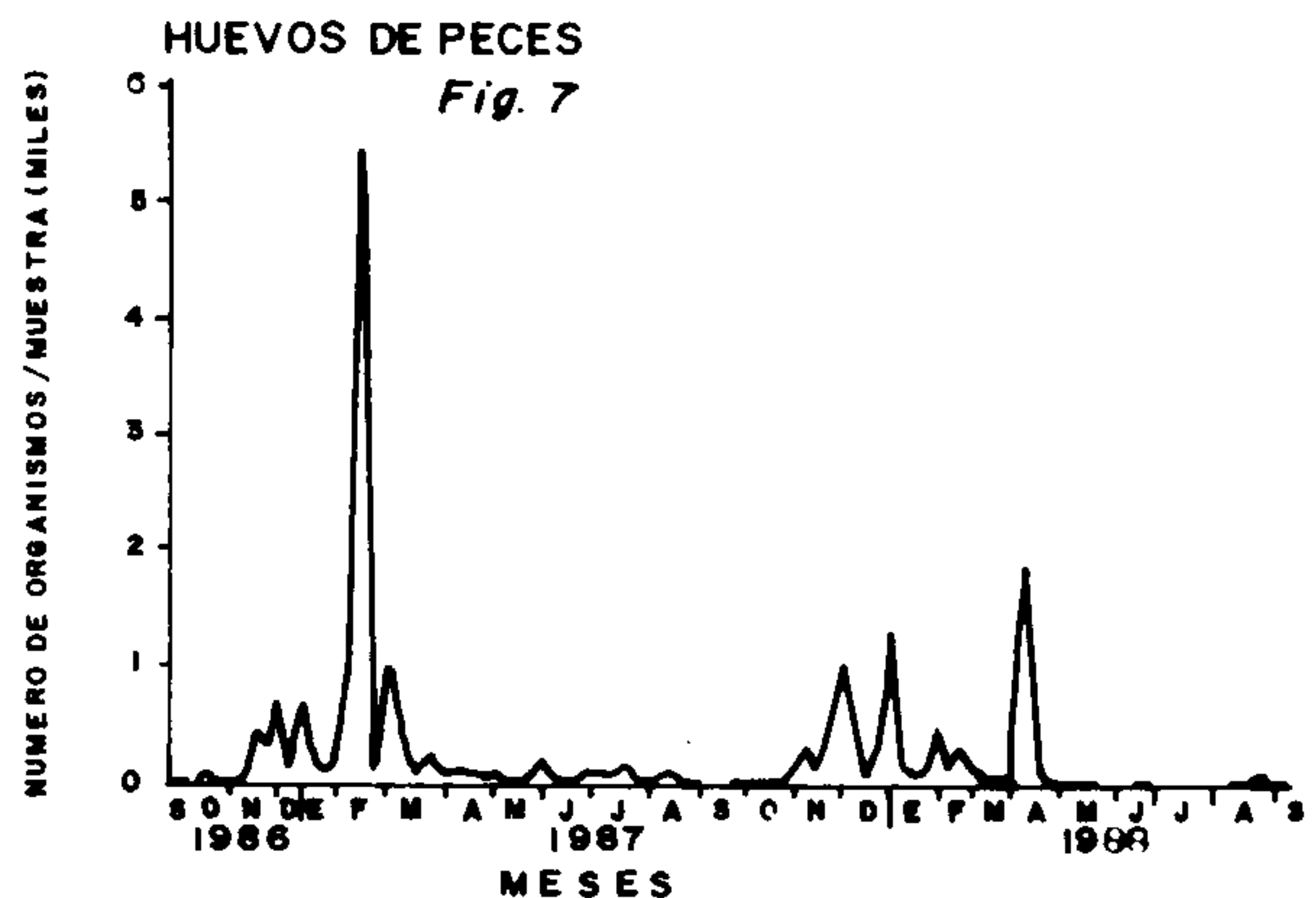
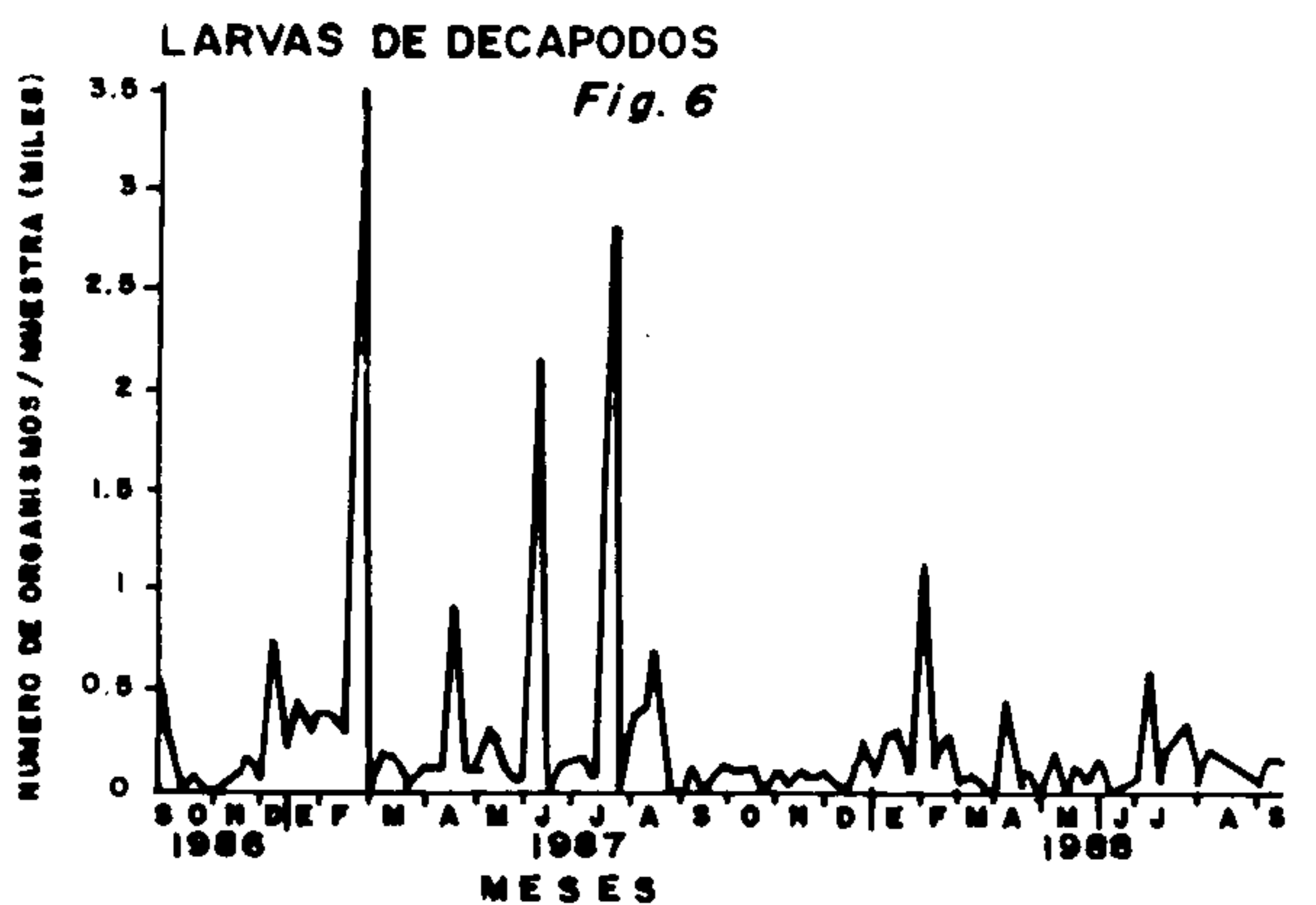
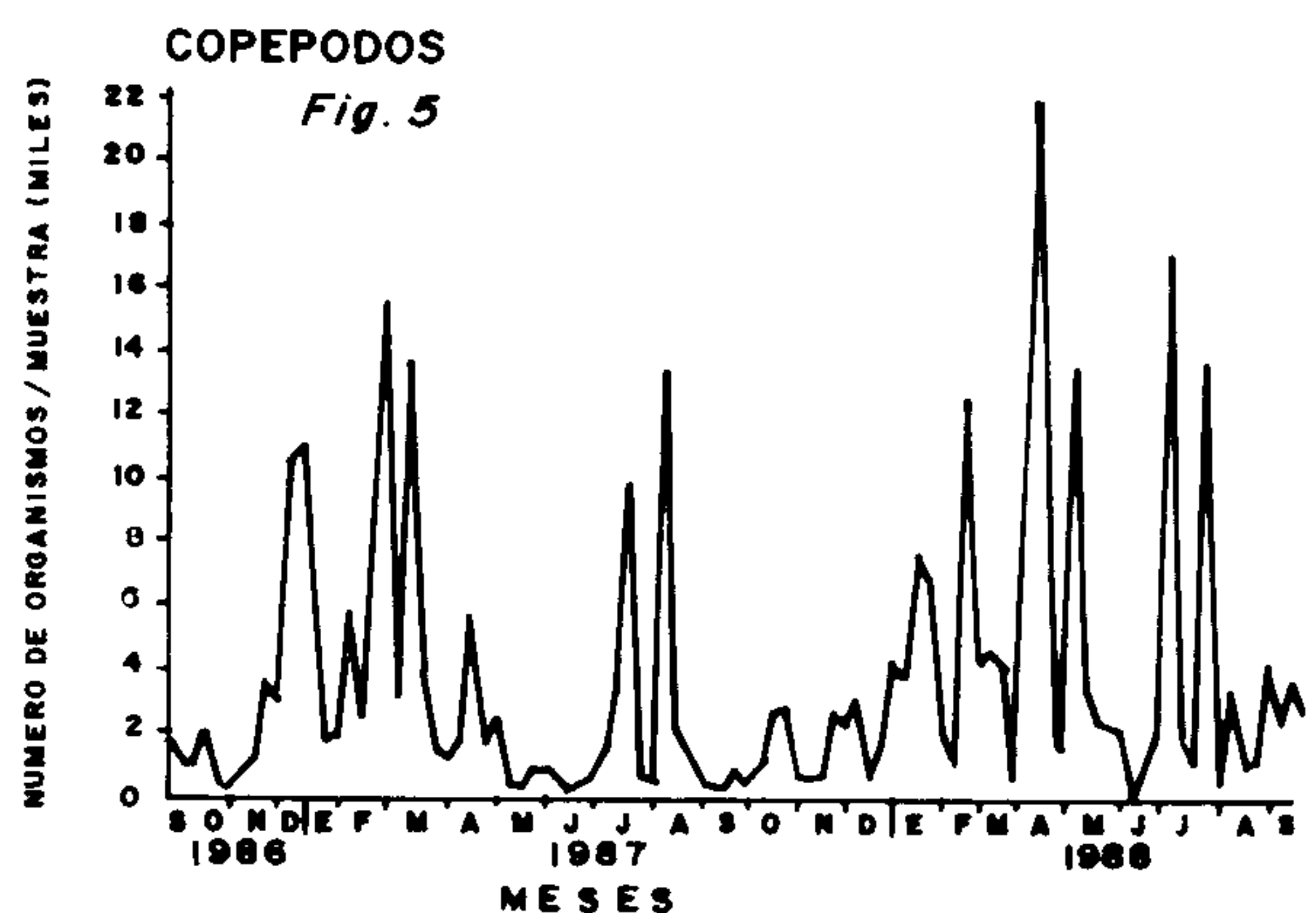
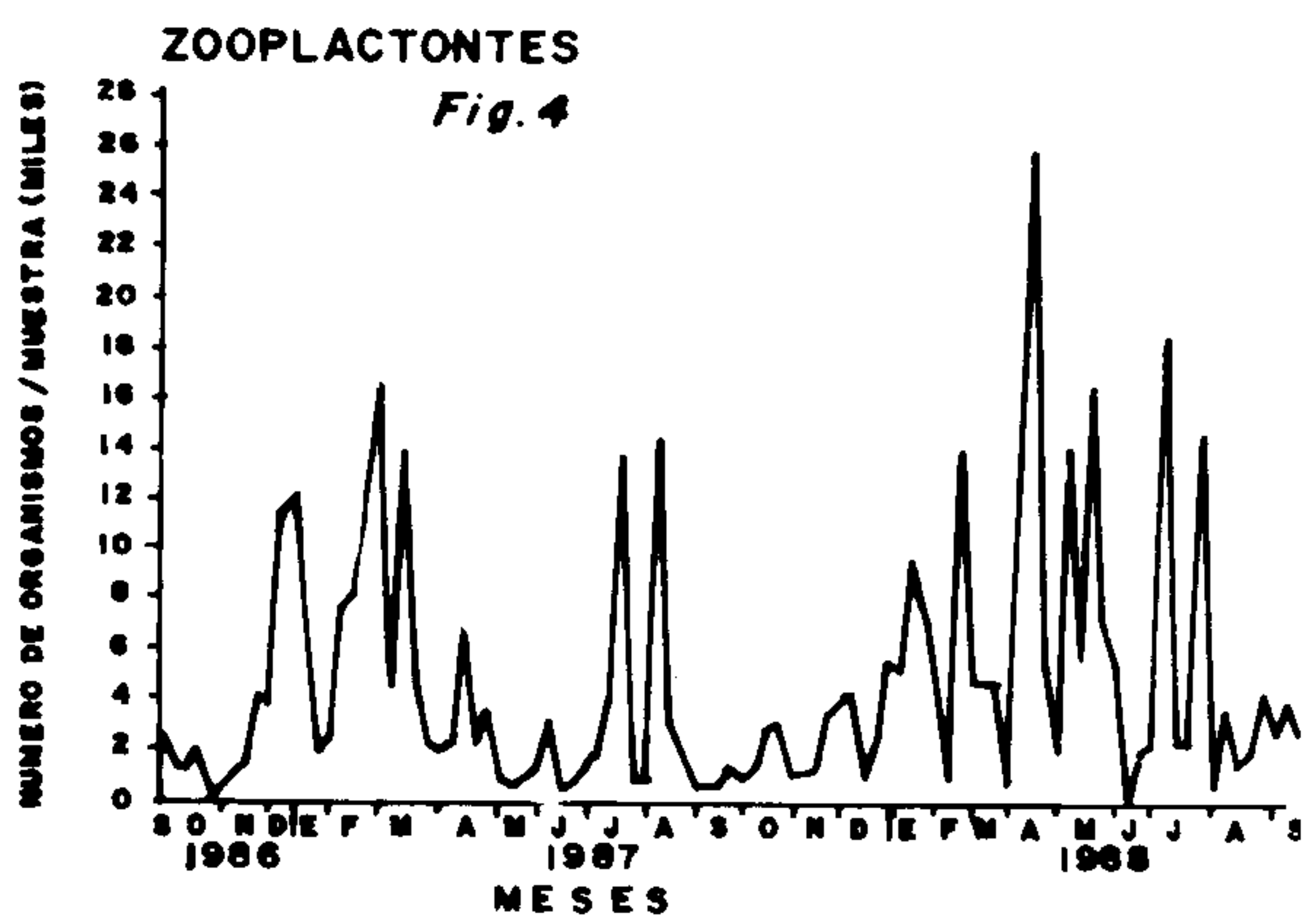
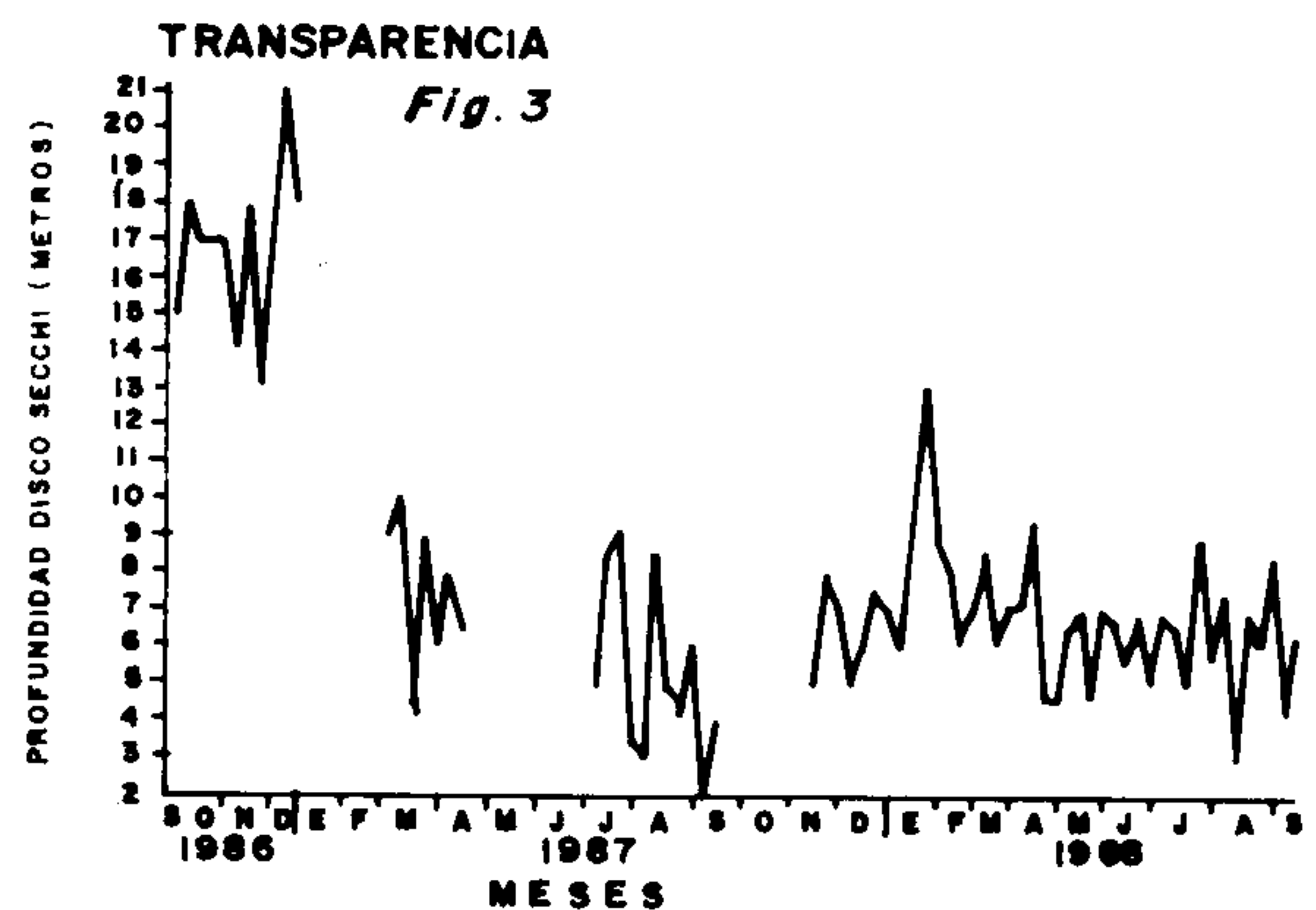
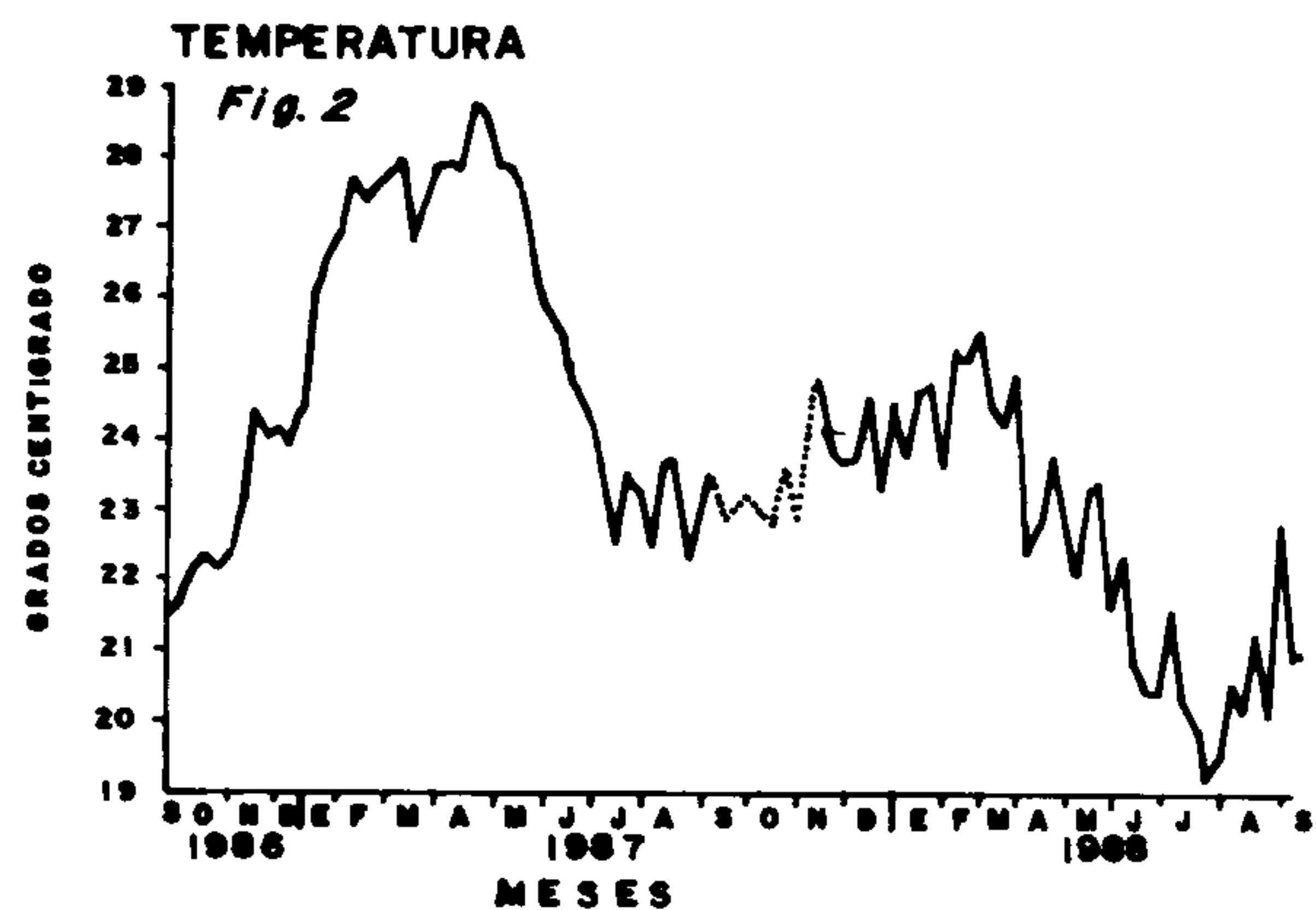
Anfípodos.- Se observó total ausencia de representantes de este grupo hasta marzo 88, cuando empiezan a aparecer en forma esporádica (Fig. 23), alcanzando los valores máximos en mayo y junio del mismo año, coincidiendo con bajos valores de temperatura.

Larvas de briozoos.- Larvas sifonautas estuvieron representadas solamente en 6 de las 95 muestras, en junio, julio y agosto 87, y agosto y septiembre 88 (Fig. 24), coincidiendo con características térmicas frías.

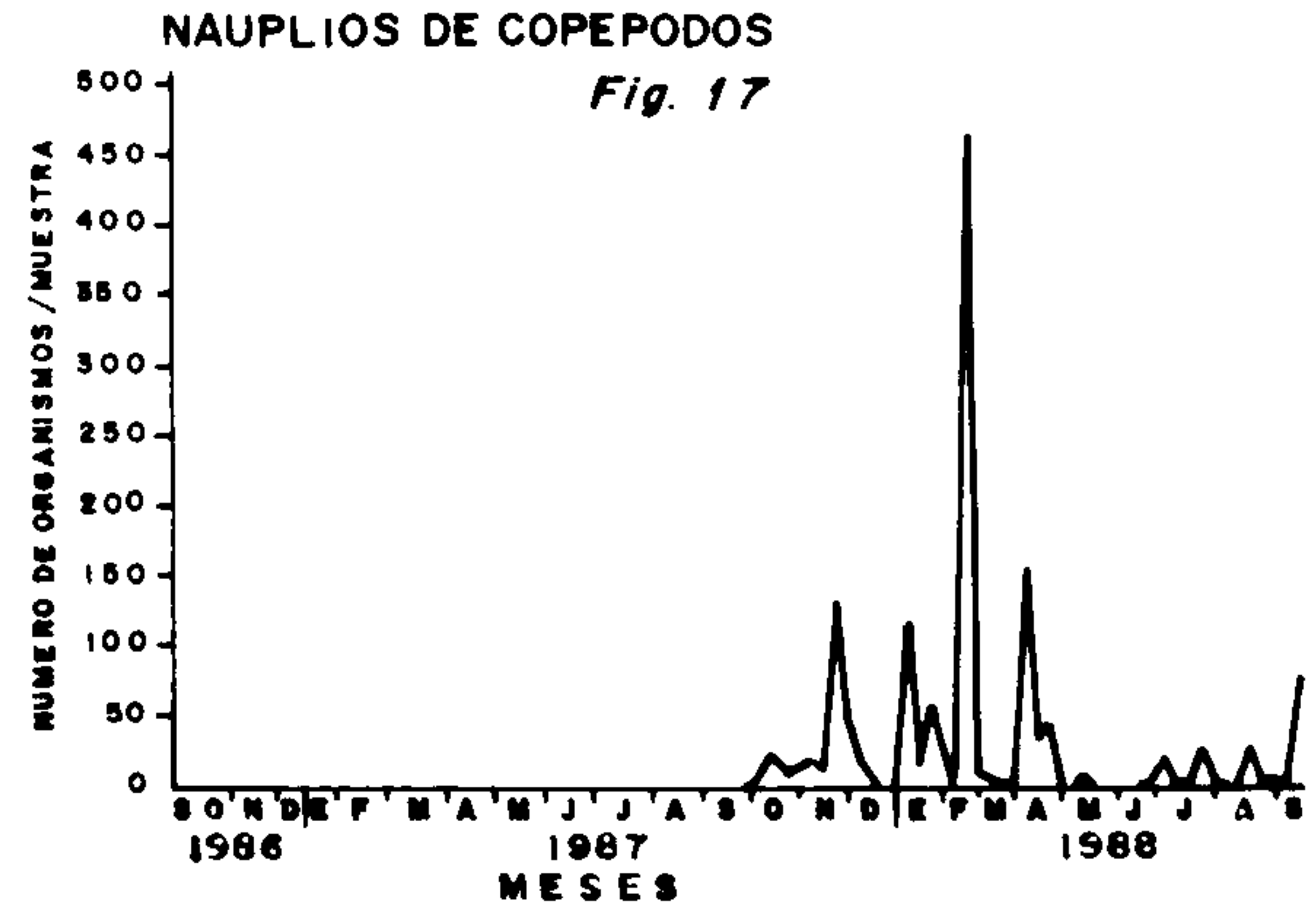
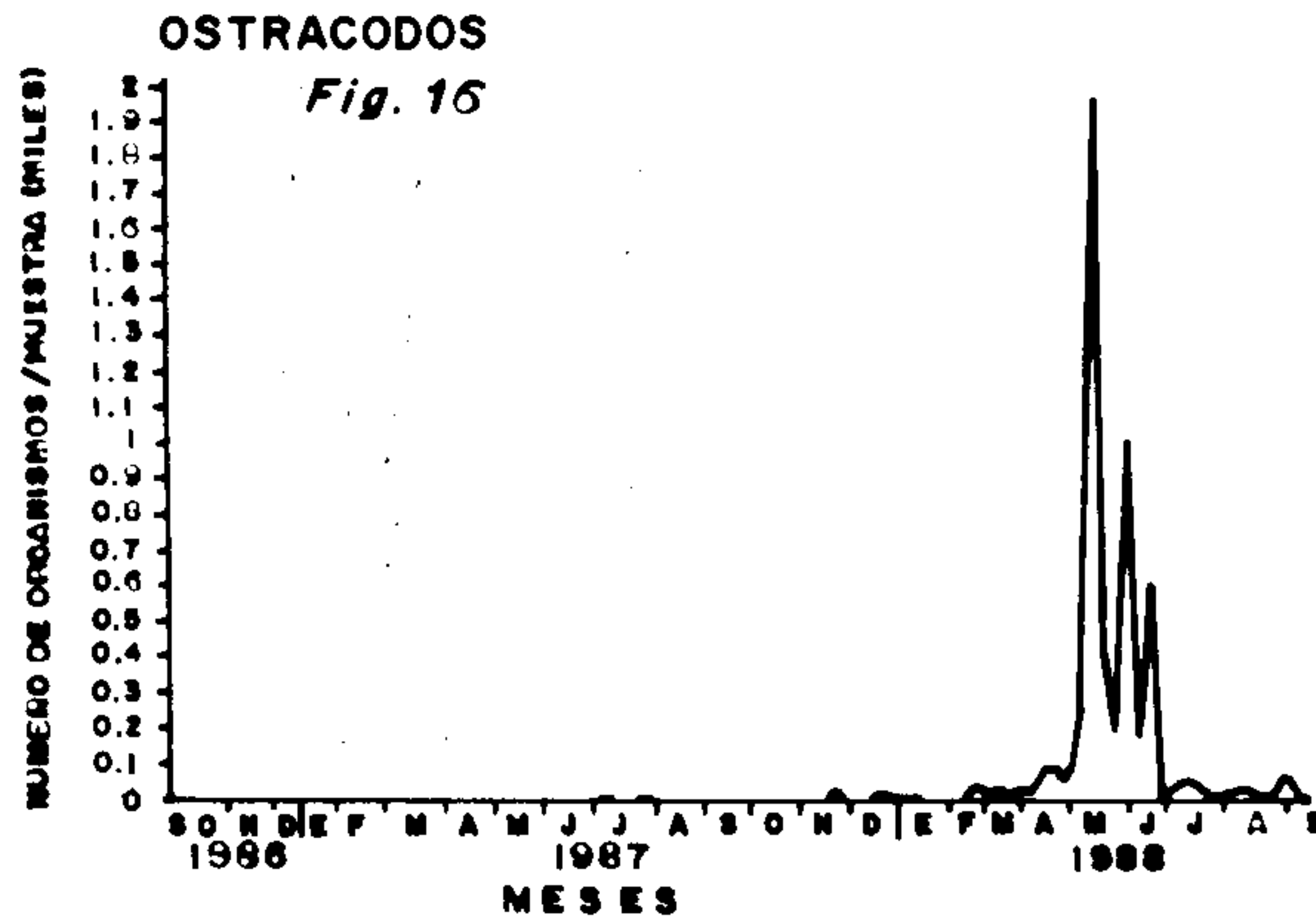
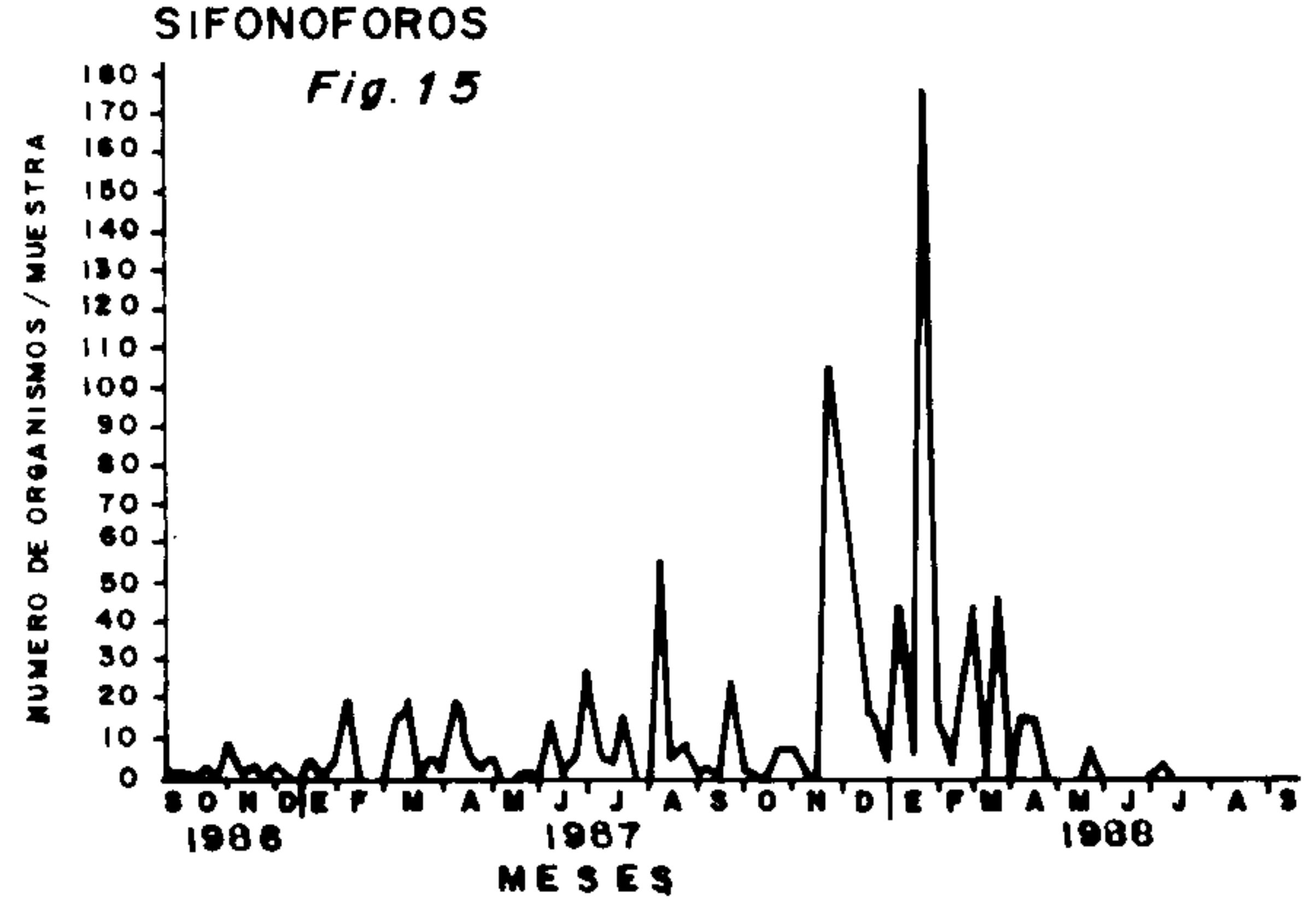
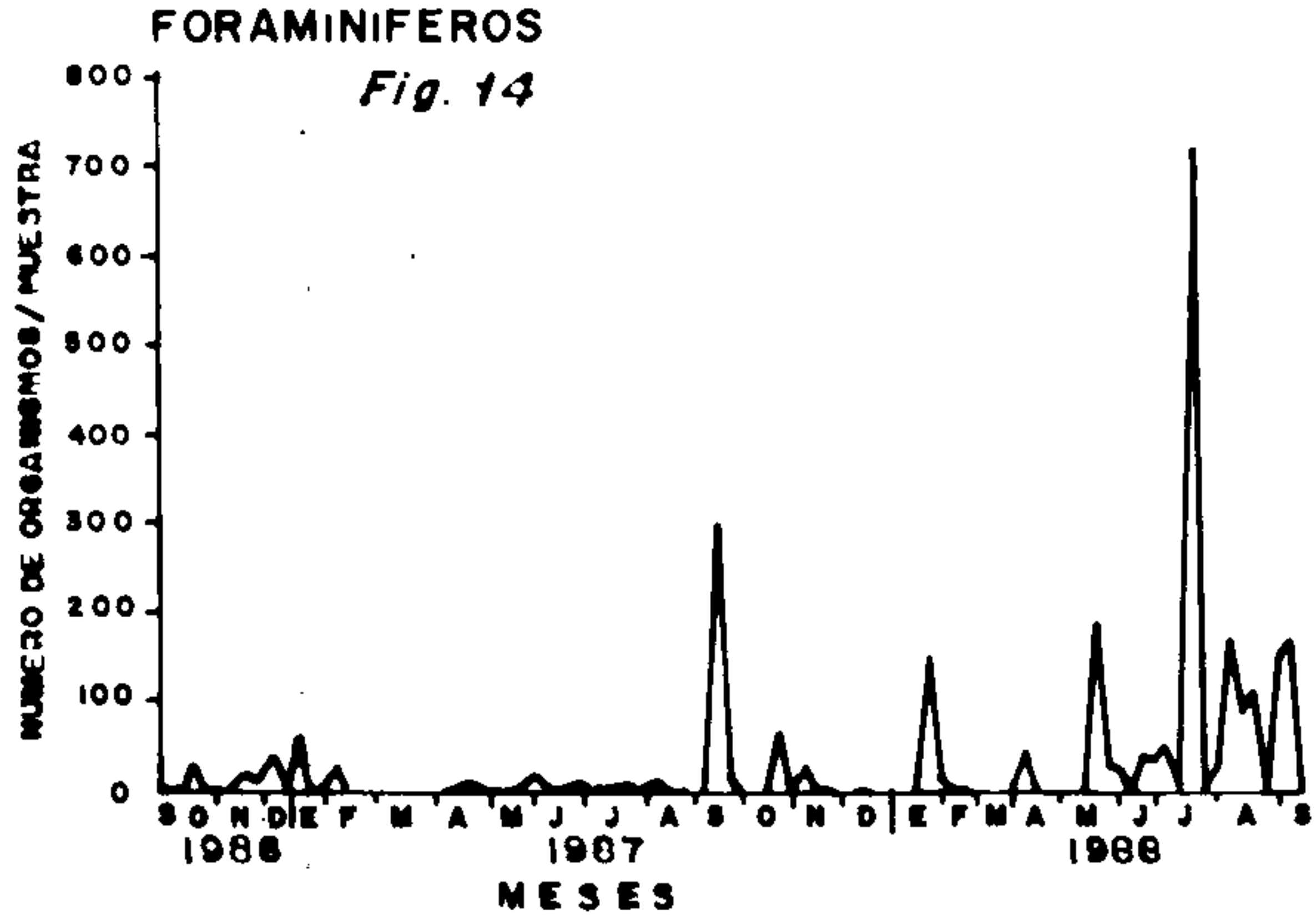
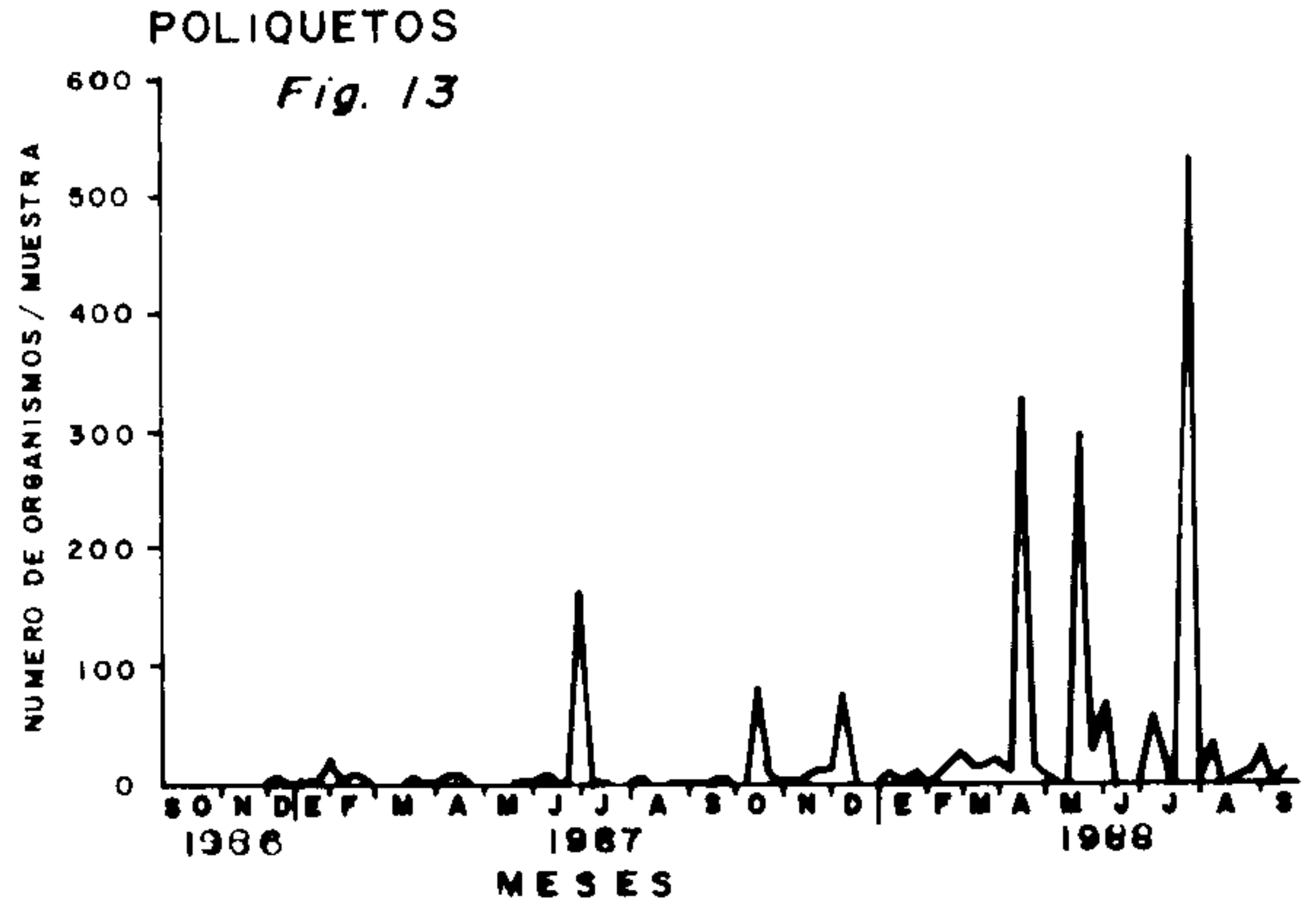
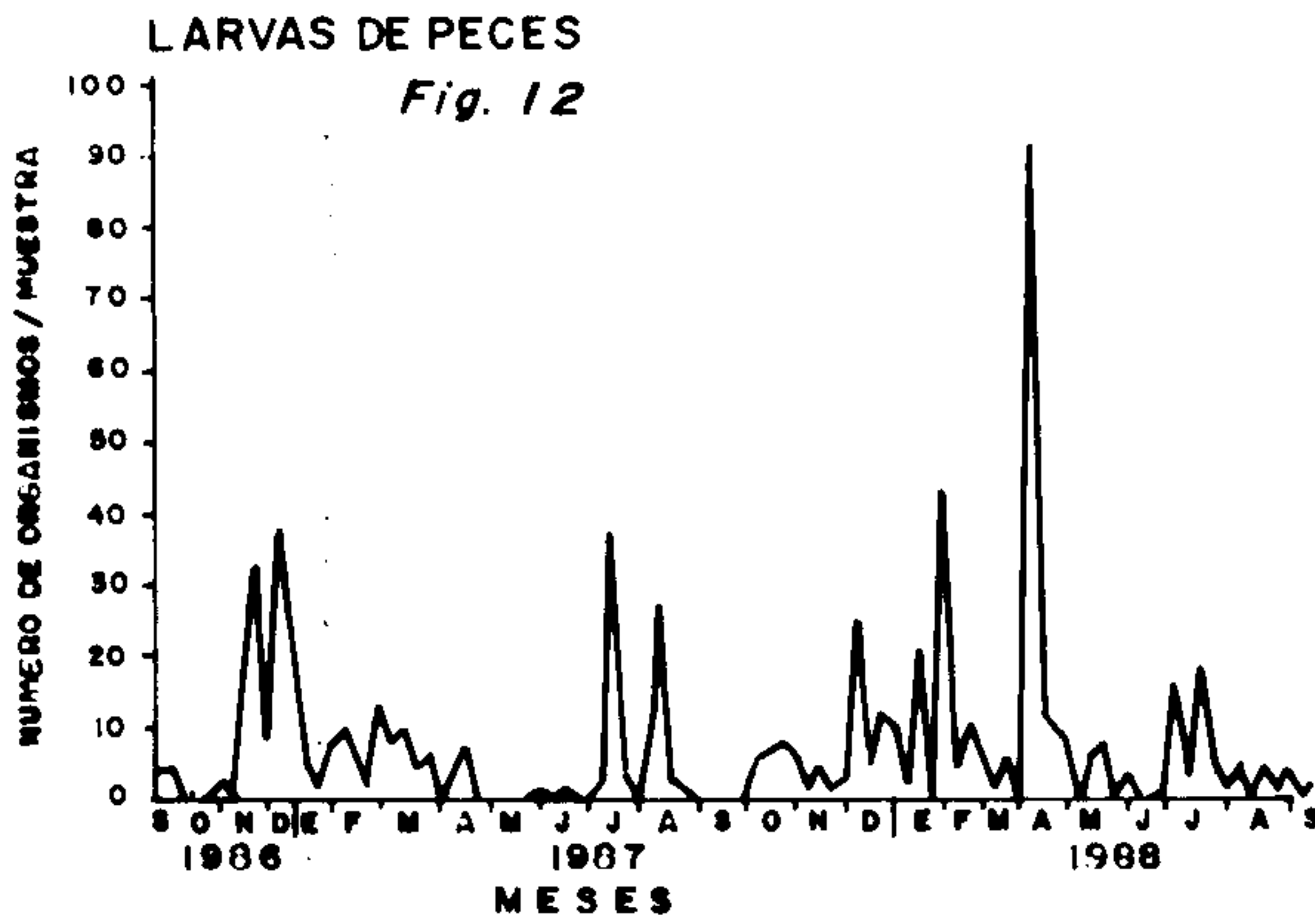
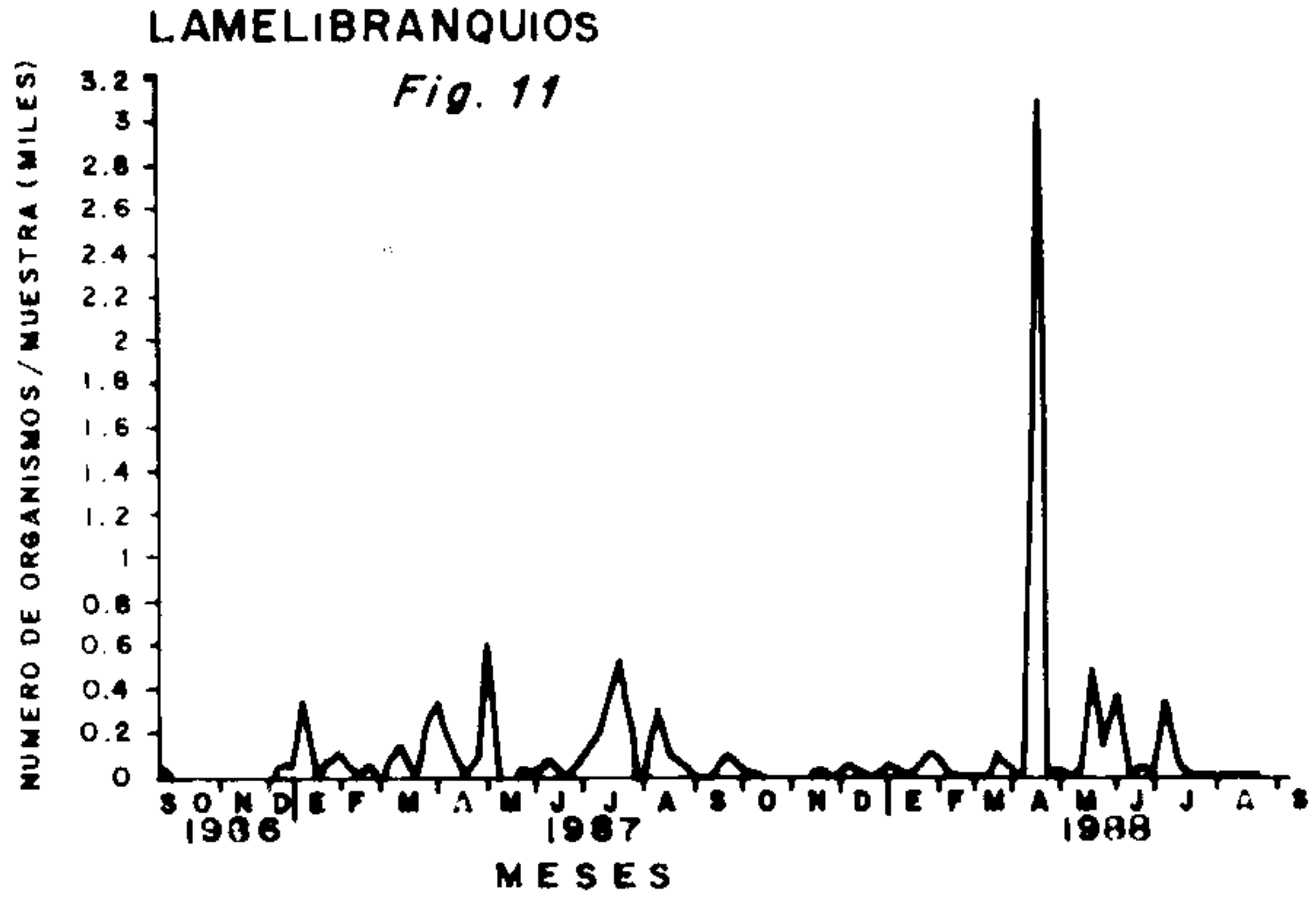
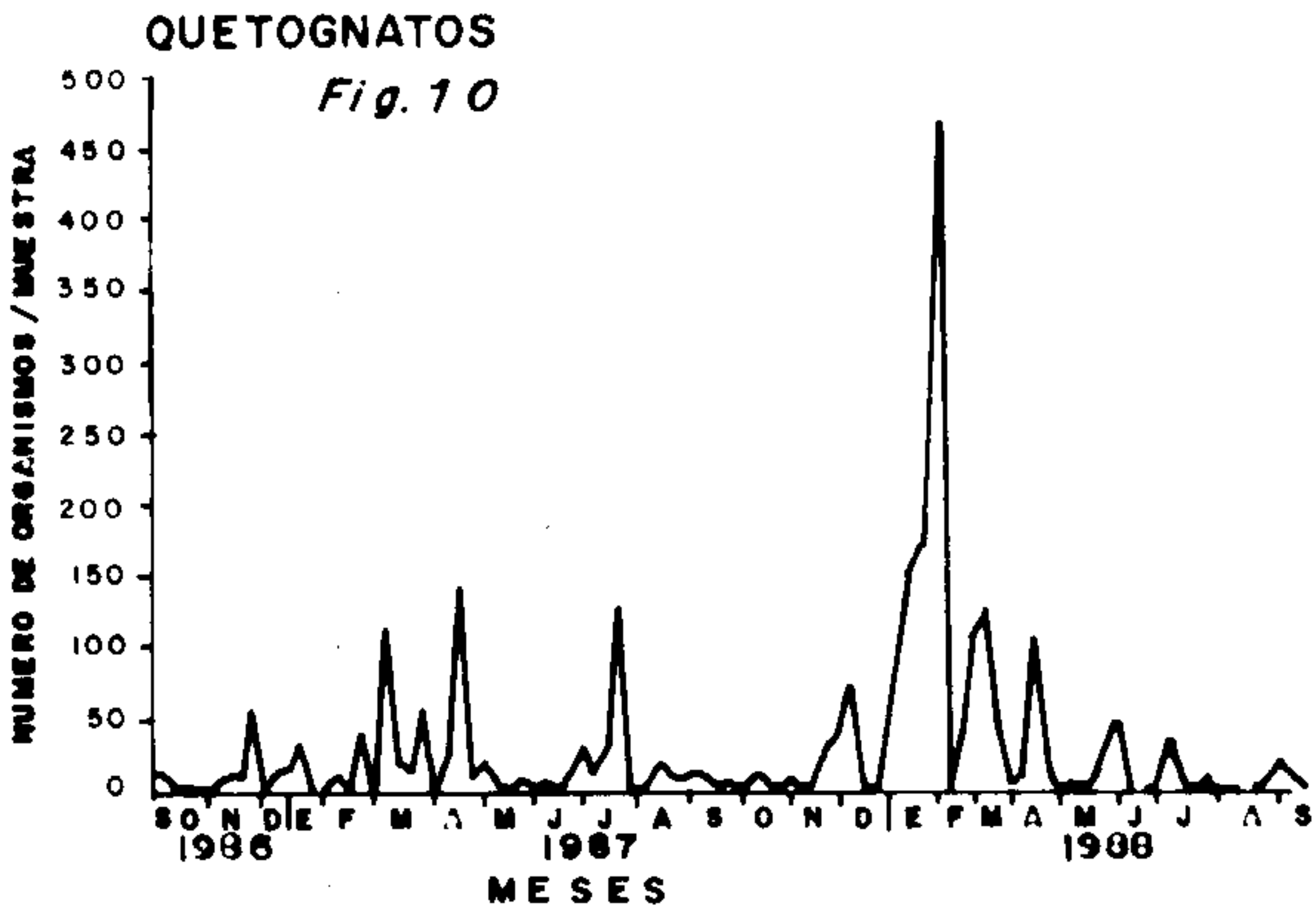
Larvas de equinodermos.- Presentes en las muestras planctónicas únicamente entre julio y agosto 87, y marzo y abril 88 (Fig. 25), sin ninguna relación aparente con las condiciones térmicas superficiales.

Heterópodos.- Representados en solamente tres muestras en febrero y septiembre 87, y marzo 88, en bajos números (10, 5 y 2 respectivamente).

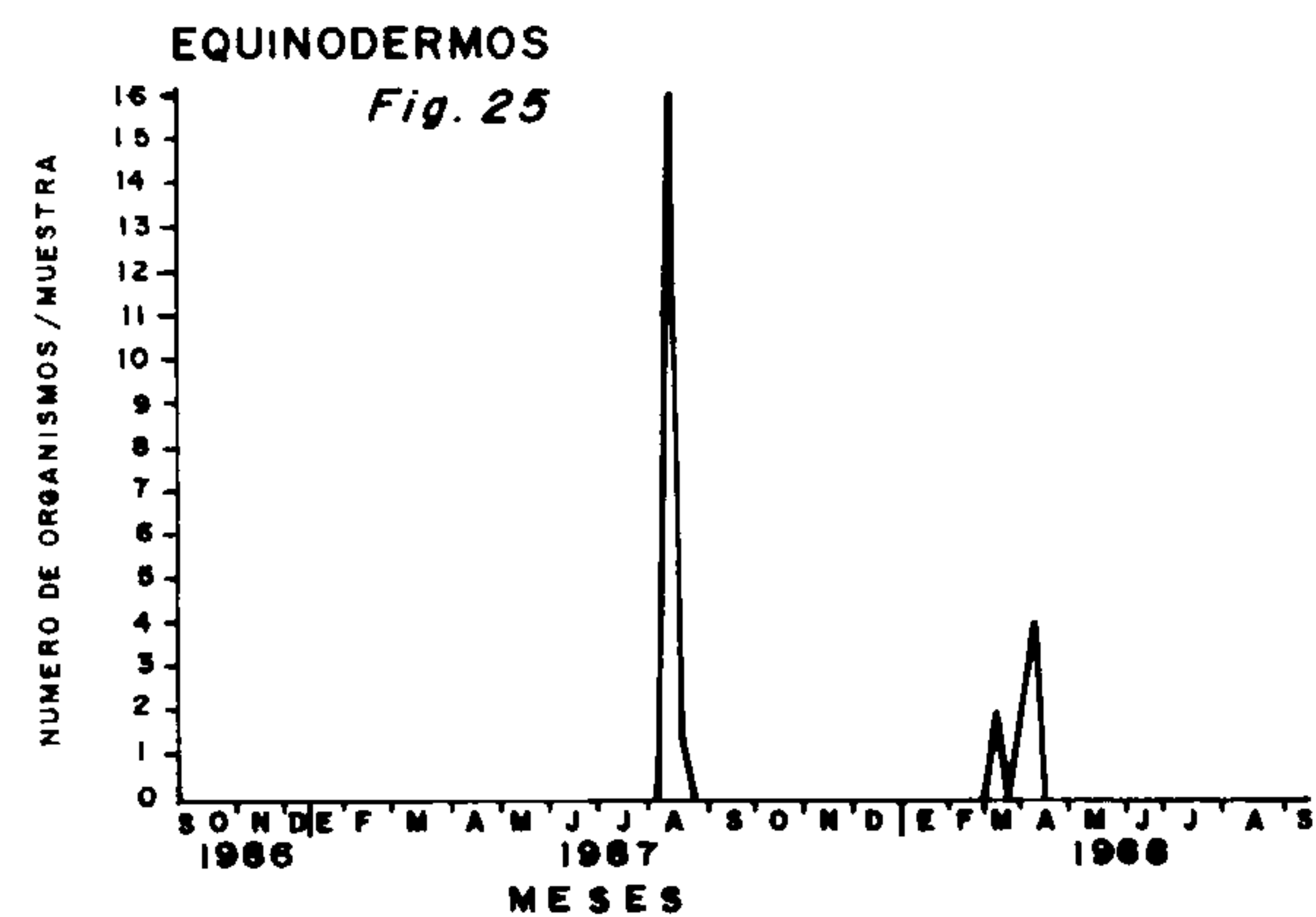
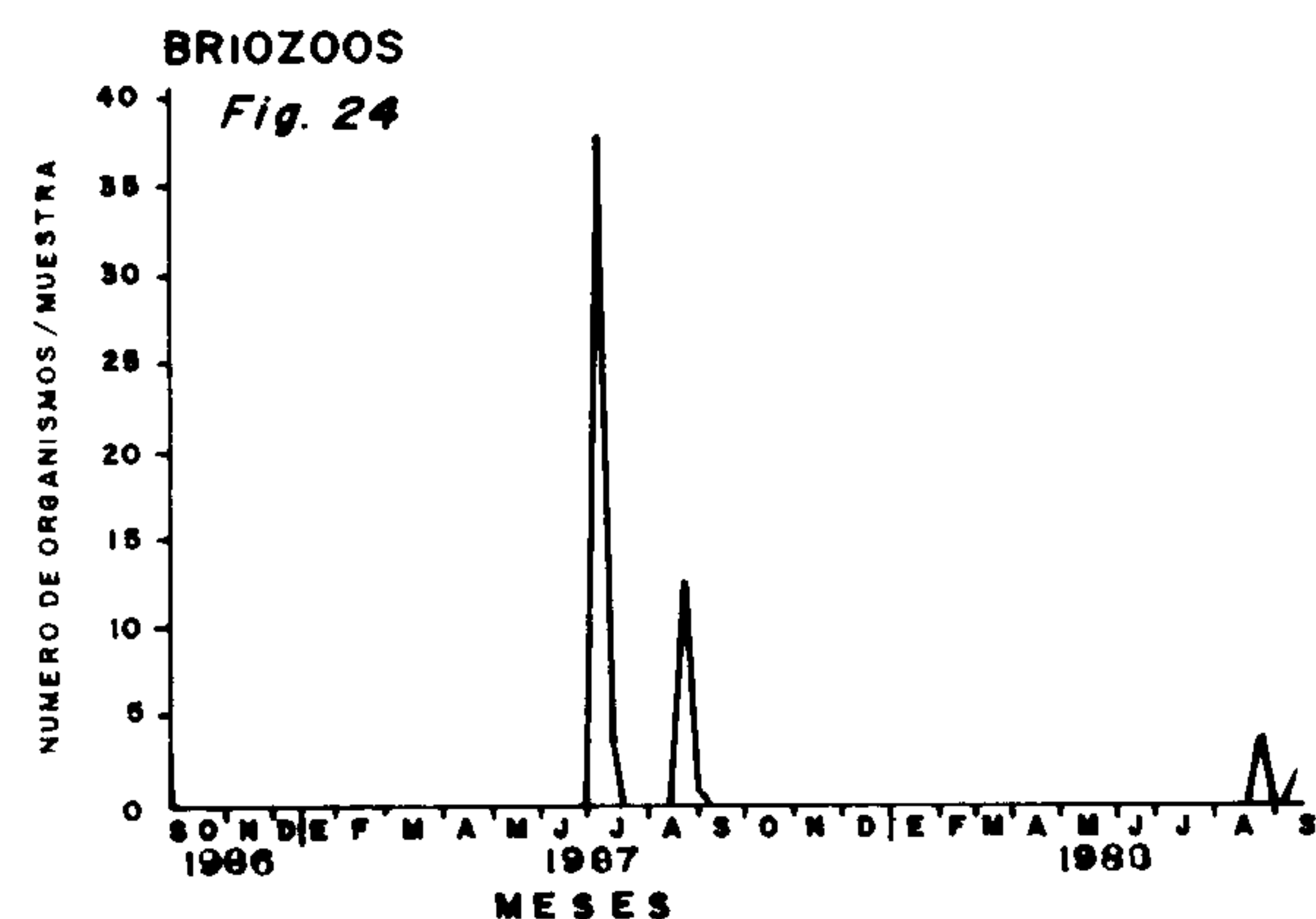
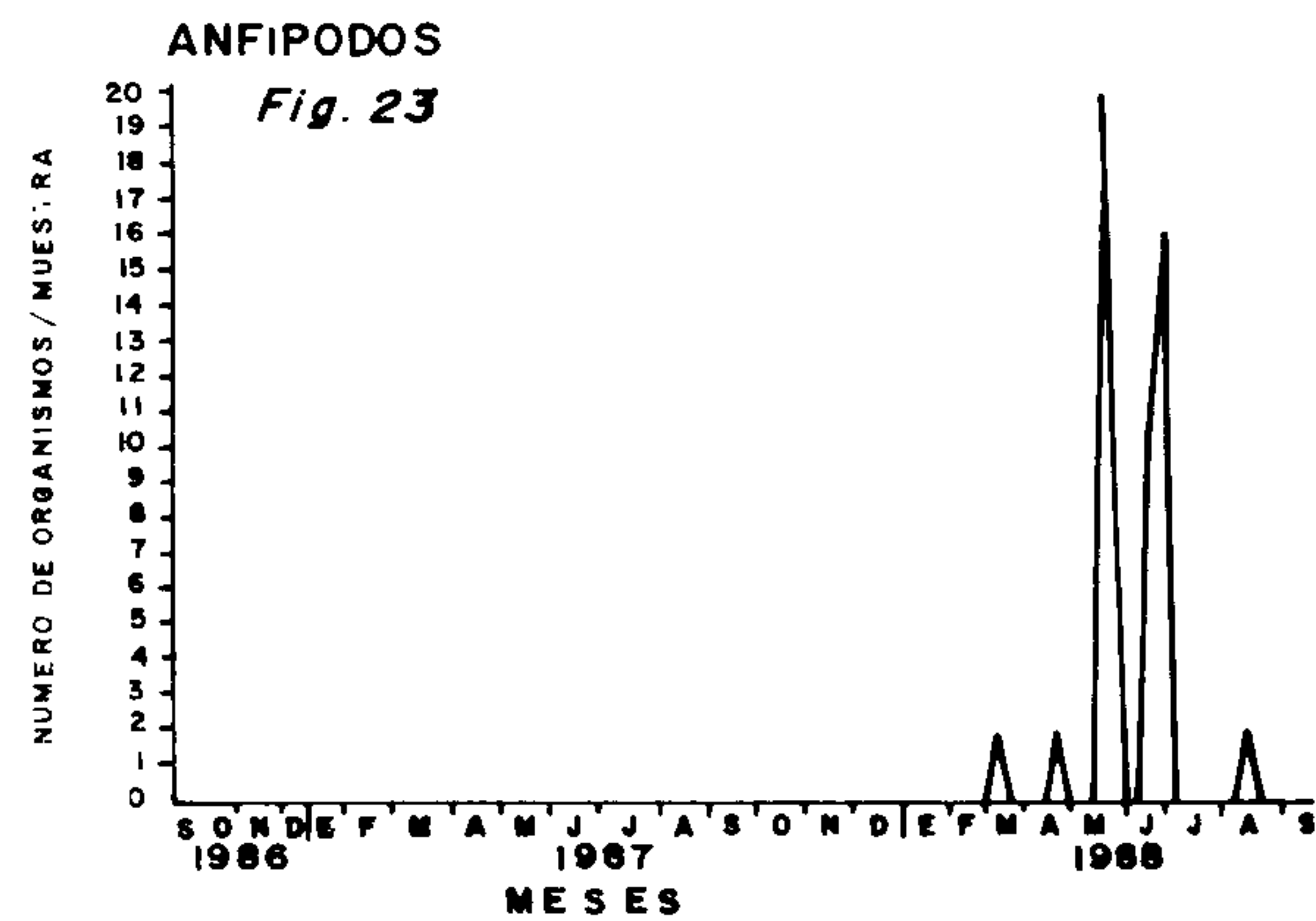
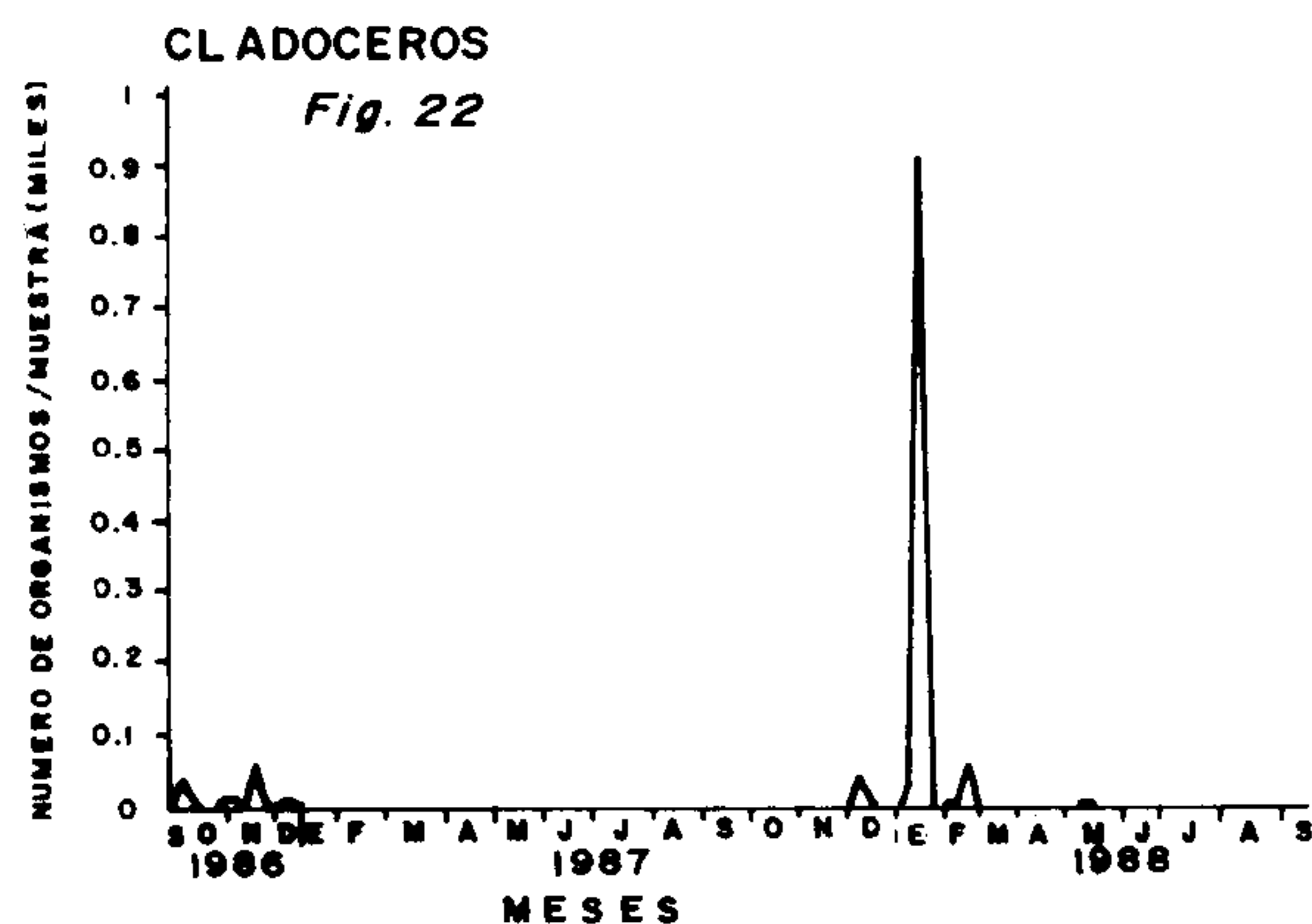
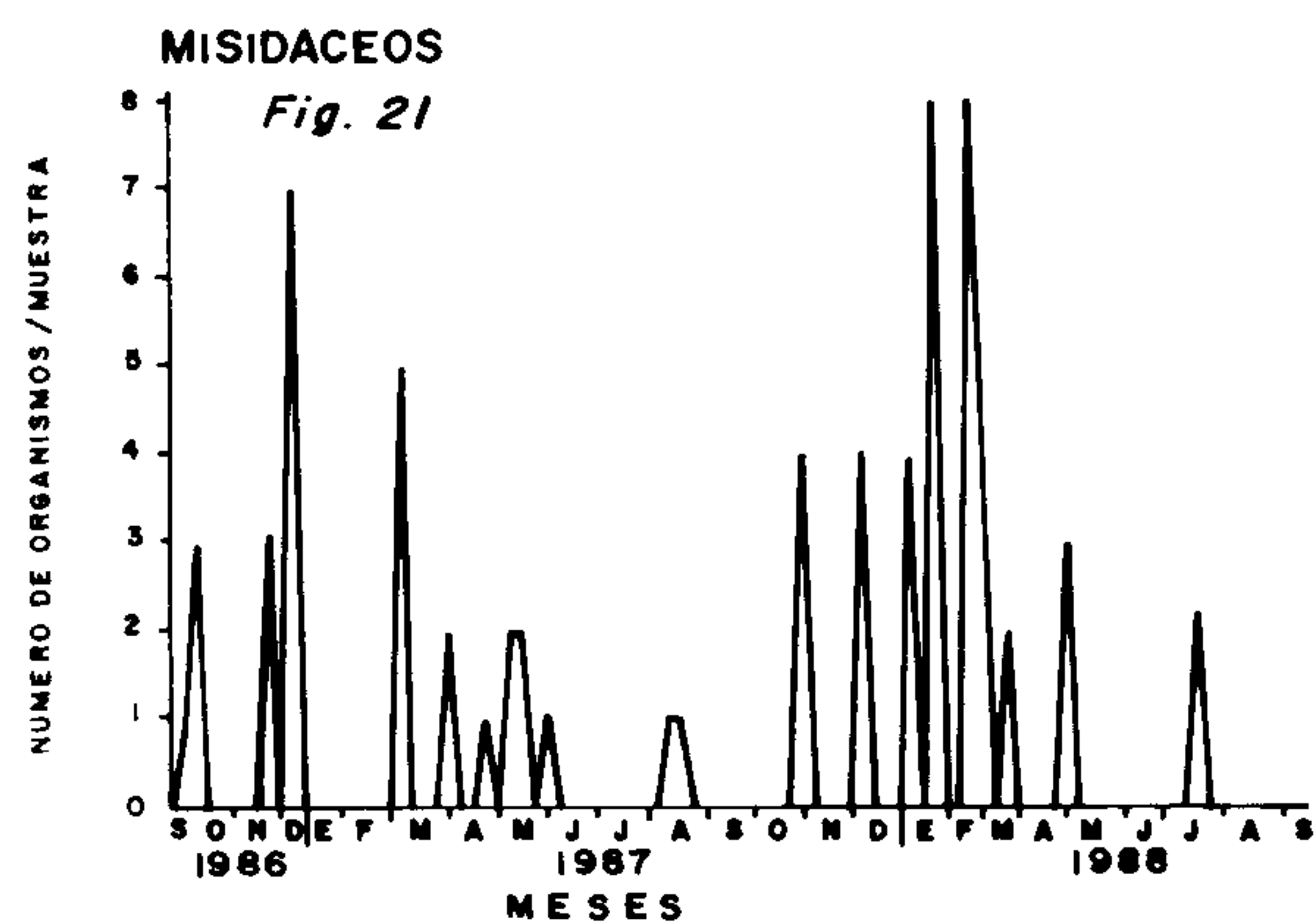
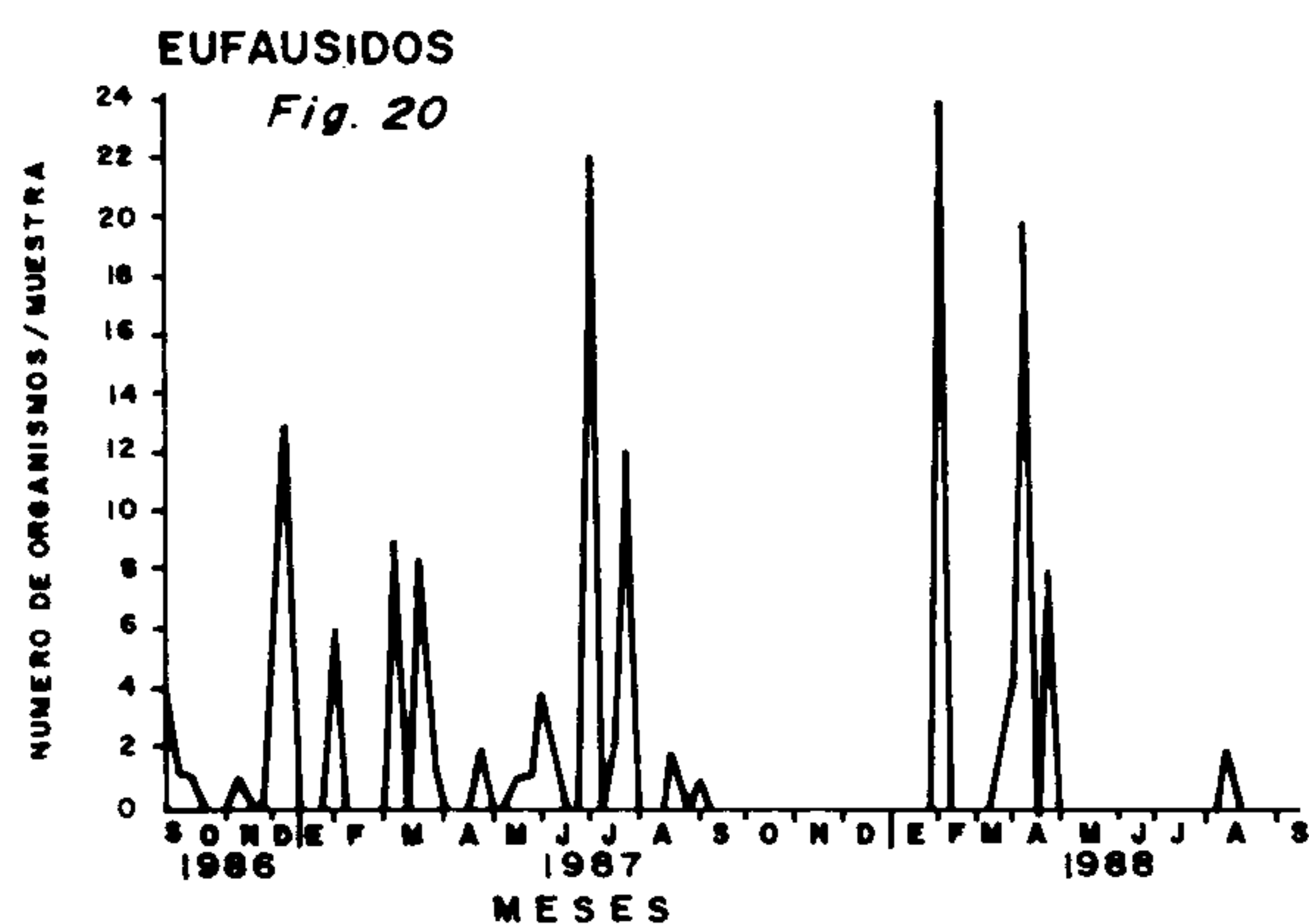
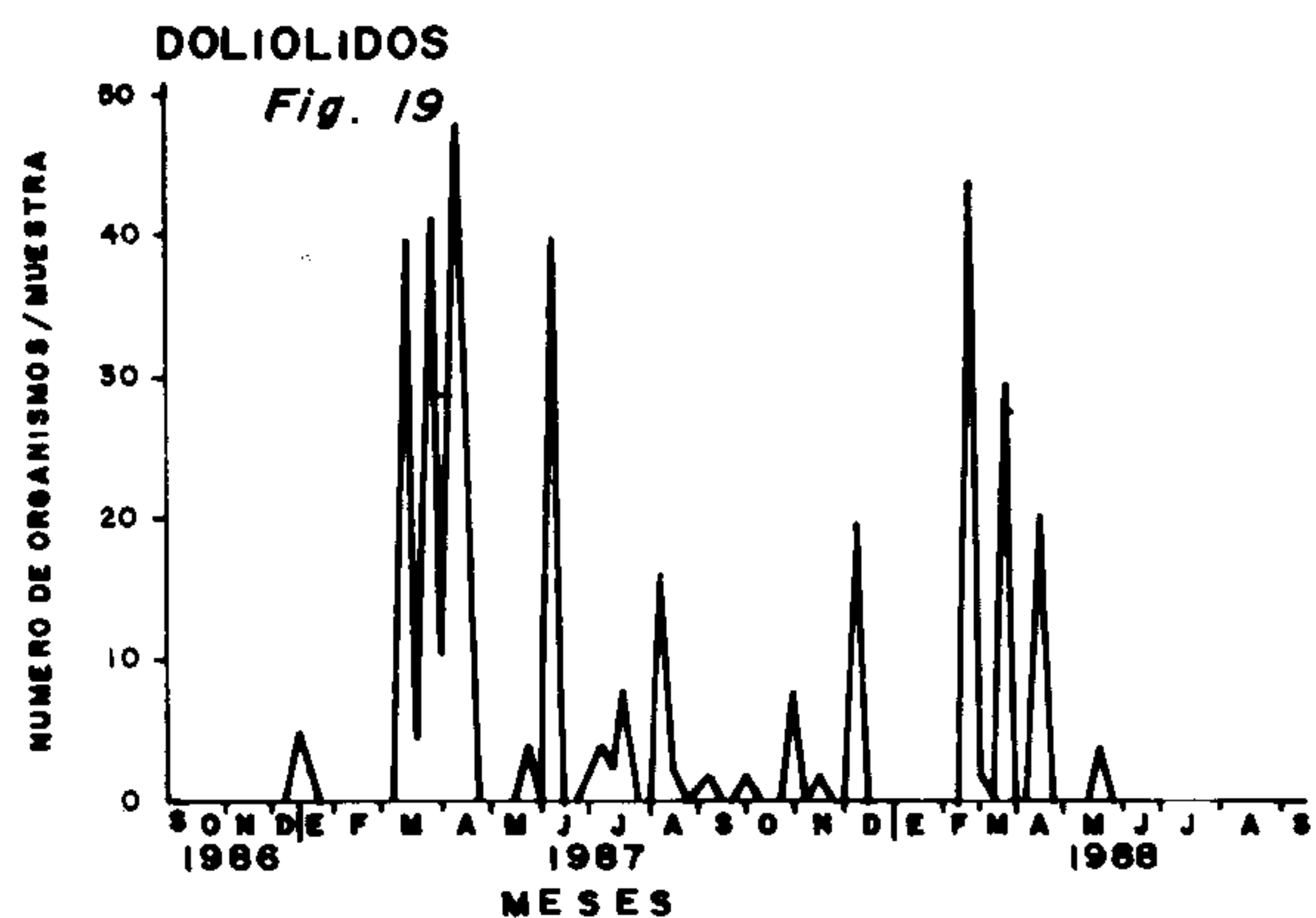
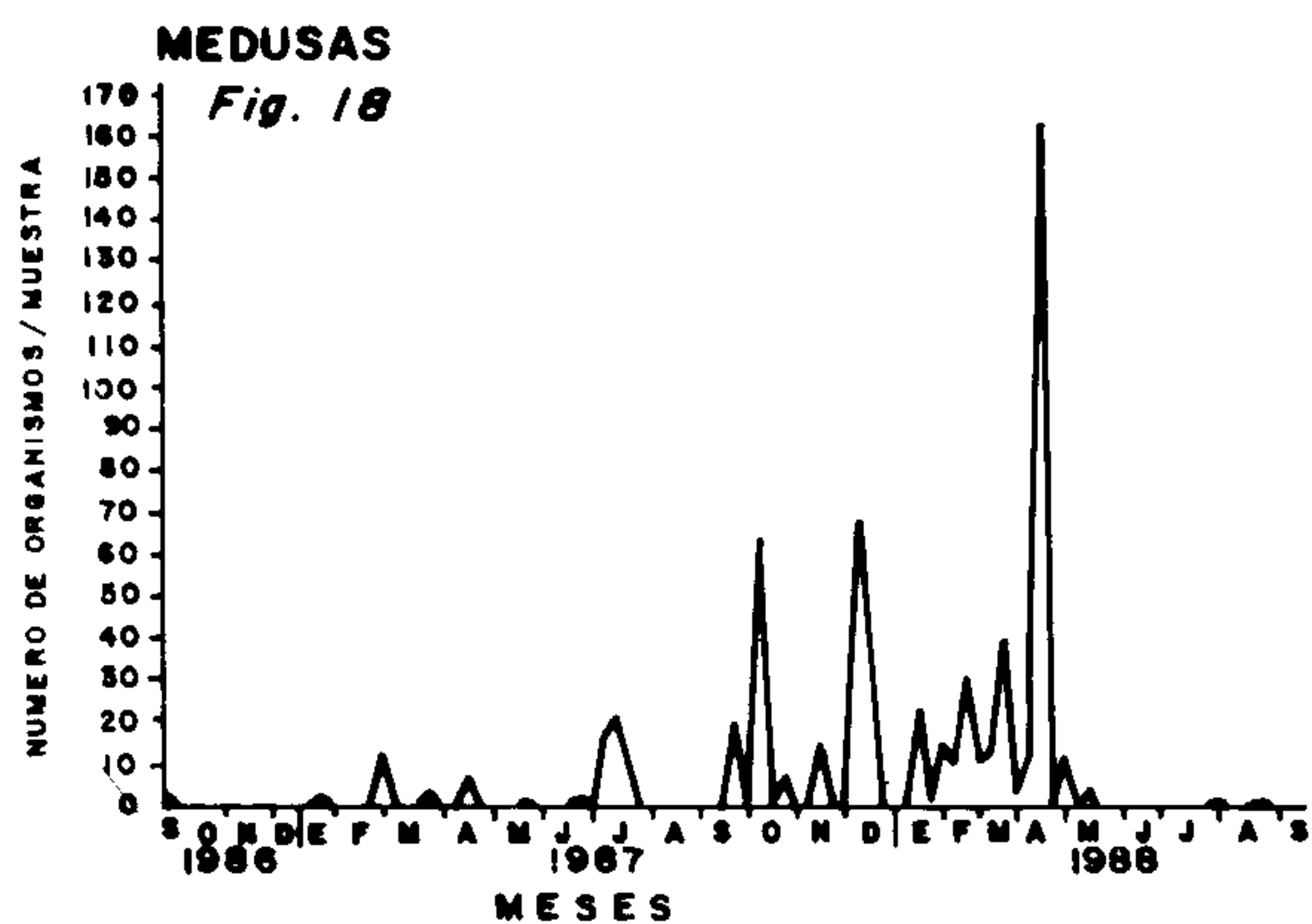
Salpas.- Presentes solamente en dos estaciones en septiembre 87, alcanzando hasta 120 ind./muestra.



ESTACION FIJA DE GALAPAGOS. (BAHIA ACADEMIA). DISTRIBUCION TEMPORAL



ESTACION FIJA DE GALAPAGOS. (BAHIA ACADEMIA). DISTRIBUCION TEMPORAL



ESTACION FIJA DE GALAPAGOS. (BAHIA ACADEMIA). DISTRIBUCION TEMPORAL

Isópodos.- Presentes en una sola muestra en junio 88, con 24 ind./muestra.

Forónidos.- Presentes solamente en una muestra en febrero 87, con 56 ind./muestra.

d) **Diversidad y Homogeneidad.-** Los valores de máxima diversidad absoluta o real (2,2 y 2,4) se obtuvieron en junio 87, enero, marzo y mayo 88 (Fig. 26), que coincidieron con los más altos valores de temperatura (22-24°C) para ese período, comparado con el primer período donde las mayores temperaturas fluctuaron entre 27 y 29°C. Para medir la distribución de la abundancia de los diferentes grupos se determinó la equitabilidad. Se observó que la heterogeneidad fue mayor a excepción de 13 muestras que tendieron a ser homogéneas. Se observa en la figura 27 que cuando el número de especies se incrementa, la equitabilidad disminuye.

CONCLUSIONES

Existe mucha más variabilidad en la composición cuantitativa que cualitativa en el zooplancton de Bahía Academia.

Los índices más altos de diversidad de las muestras analizadas se mostraron durante los meses de junio 87, enero, marzo y mayo 88, indicando que estuvieron presentes más grupos o especies accidentales en las muestras, mientras que los valores bajos indican que los grupos o especies accidentales fueron reemplazadas por grupos más comunes.

La heterogeneidad fue predominante, solamente 13 de 95 muestras tendieron a ser homogéneas. Se observa que cuando el número de especies se incrementa, la equitabilidad disminuye, promoviendo heterogeneidad en las muestras.

El zooplancton de Bahía Academia es eminentemente nutritivo considerando que está compuesto en su mayoría por crustáceos que son organismos de alto contenido orgánico con respecto a su volumen, y considerando también la escasez de zooplancton gelatinoso de bajo contenido orgánico.

A pesar de que se han observado ciertas relaciones entre la abundancia de organismos y la estructura térmica, se establece que el tiempo aún es muy corto como para poder establecer patrones de distribución temporal de organismos zooplanctónicos a nivel de grupo en función de características hidrográficas.

Observando la relación entre la temperatura superficial del mar (TSM) y la abundancia de organismos, se han identificado tres grupos: organismos que no se relacionan con la temperatura, organismos que se presentan en mayor abundancia con altos valores de temperatura, y organismos que se presentan en mayor abundancia con valores bajos de temperatura.

Entre los organismos que no se relacionan con la temperatura en ambos períodos se menciona a los copépodos, eufáusidos, lamelibranquios, sifonóforos, ostrácodos, nauplios de copépodos, poliquetos y medusas, mostrando picos de abundancia en épocas de aguas frías y aguas cálidas.

Dentro del grupo de organismos que se presentan en gran cantidad y que se relacionan con altos valores de temperatura se tiene a las larvas de decápodos, huevos de peces (siendo los más dominantes los huevos de clupeidos), pterópodos, apendicularios, quetognatos, doliólidos y cladóceros.

En el grupo de organismos que se presentan en mayor abundancia con bajos valores de temperatura se tiene a los foraminíferos y larvas de briozoos.

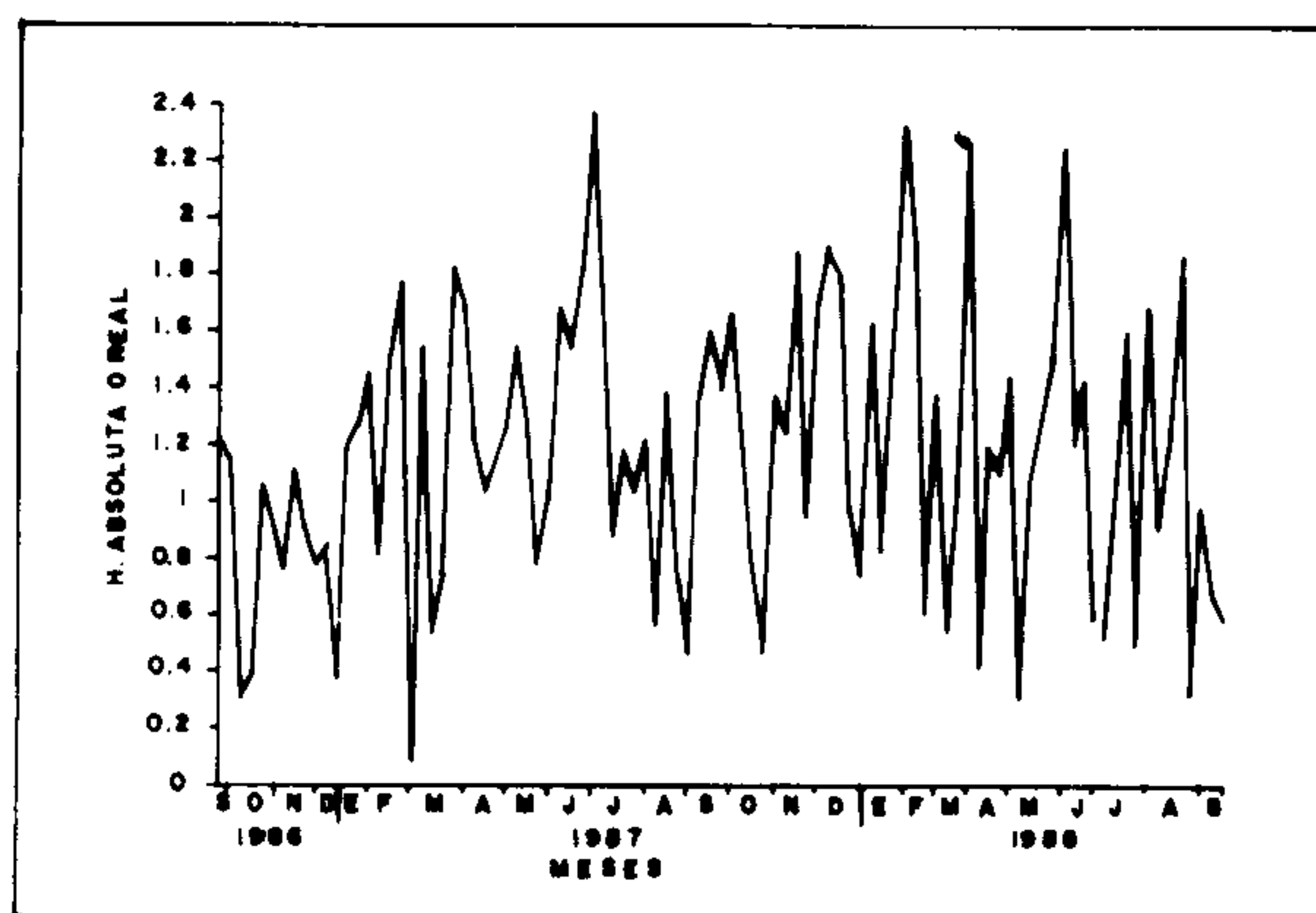


Fig. 26. Diversidad absoluta vs. tiempo de las distintas muestras zooplanctónicas.

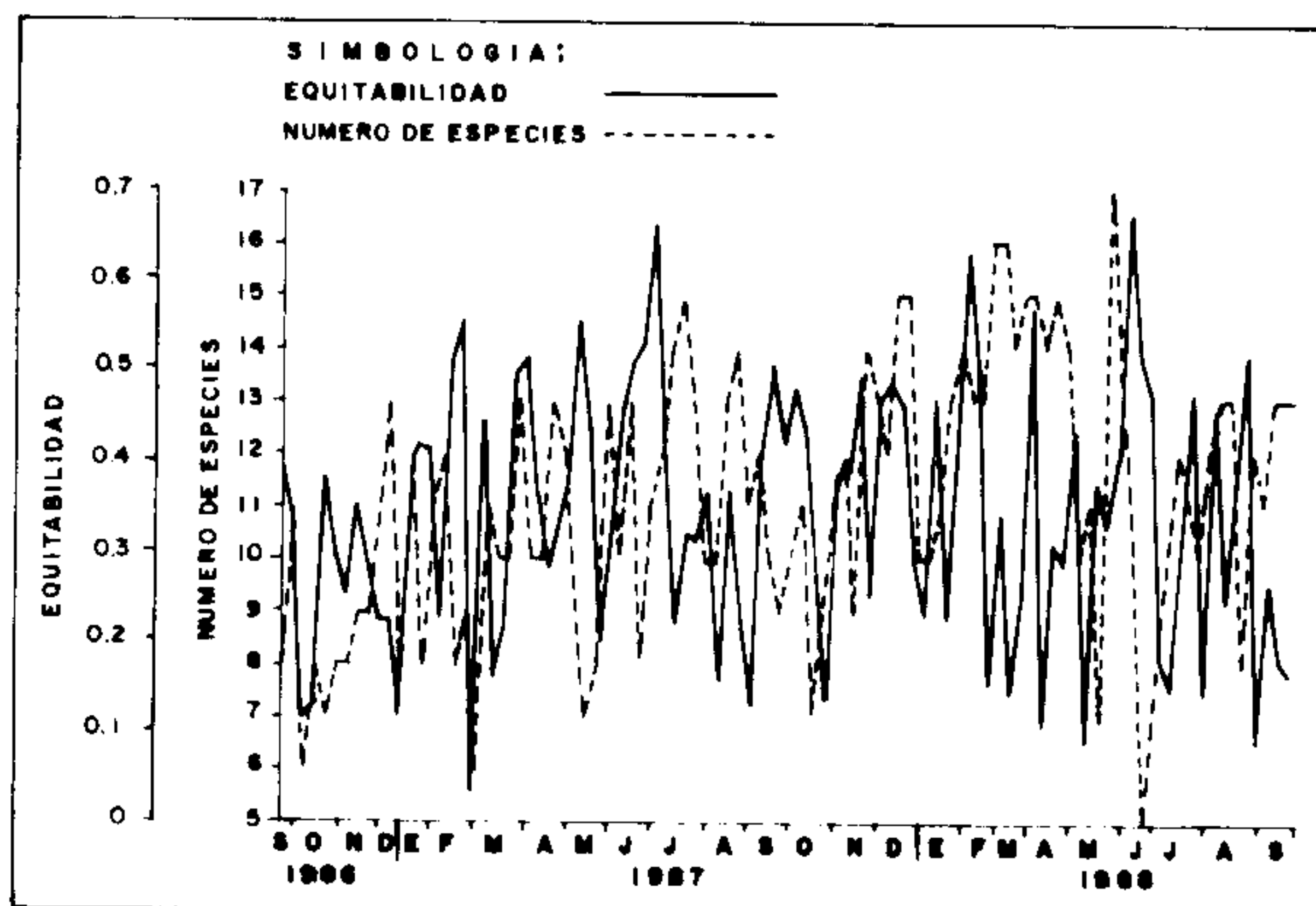


Fig. 27. Equitabilidad y número de especies vs. tiempo de los dos periodos.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su reconocimiento al señor Director del Instituto Oceanográfico de la Armada por permitírnos llevar a cabo esta investigación, al personal técnico y administrativo de la Estación Científica Charles Darwin por el apoyo prestado para la recolección de muestras, y al señor Víctor Mesías por la elaboración del arte final de los gráficos.

BIBLIOGRAFIA

- Arcos, F., 1981.- A dense patch of *Acartia levequei* (Copepoda, Calanoida) in upwelled equatorial undercurrent waters around the Galapagos Islands: Coastal Upwelling, Coastal and Estuarine Science 1, F.A. Richards (ed.) A.G.U.: 427-432.
- Arcos, F. y M.A. Bonilla, 1989.- Composición y distribución de la abundancia relativa del zooplancton en el Estrecho Bransfield (Antártica) durante el verano austral de 1987-1988: Acta Antártica Ecuatoriana, 1(1): 103-109.
- Bonilla, D., 1983.- El zooplancton de las Islas Galápagos: Acta Oceanográfica del Pacífico, 2(1): 119-146.
- Grice, G. D., 1964.- Two new species of calanoid copepods from the Galapagos Islands with remarks on the identity of three other species: Contr. WHOI, 1332: 255-264.
- Kolgeschatz, J., L. Solórzano, R. Barber y P. Mendoza, 1985.- Oceanographic conditions in the Galapagos Islands during the 1982/1983 El Niño en: El Niño en las Islas Galápagos: El Evento de 1982-1983. G. Robinson y M.E. del Pino (eds.). Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos, Quito, Ecuador: 91-123.
- Mc Ewen, G. F., M. W. Johnson y T. R. Folsom, 1954.- A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton sample splitter, based upon test observations: Arch. Meteor. Geoph. Bioklimat. Ser. A, 7: 502-527.
- Margalef, R., 1978.- Diversity En: Phytoplankton manual. A. Sournia (ed.). UNESCO, Monographs on oceanographic methodology 6: 251-260.
- Mujica, A., y V. Asencio, 1986.- Composición y abundancia relativa del zooplancton antártico en el Estrecho Bransfield (SIBEX-Fase II, Chile): Ser. Cient. INACH, 35: 95-104.
- Parsons, T., M. Takahashi y B. Hargrave, 1984.- Biological Oceanographic Processes, 3rd ed. Pergamon Press: 330 pp.

ESTUDIO DEL PROLOCULUS DE LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS DE LA PROVINCIA DE MANABI, ECUADOR(*)

Por:

ELENA GUALANCAÑAY (1)

RESUMEN

El presente trabajo está basado en el estudio del prolóculus de los foraminíferos bentónicos de la plataforma continental superior interna de la Provincia de Manabí, la misma que incluye la zona de turbulencia.

El objetivo principal fue el de llegar a establecer las fases de reproducción mediante el estudio del prolóculus de cada uno de los ejemplares analizados.

ABSTRACT

The present paper is based upon the study of benthonic foraminifera proloculus from the Continental shelf of the Manabi Province, which includes the turbulence zone.

The main of this work was to understand the reproducing phases, by means of the study of proloculus of each of the analized specimens.

INTRODUCCION

Se publica únicamente el apéndice de uno de los capítulos de Gualancañay (1978). Se ha preferido realizar este estudio en la llamada zona de turbulencia, porque en ella el desarrollo de la fauna puede resultar con influencias favorables debido a que está caracterizada por la constante agitación de las aguas cerca de la costa en profundidades someras permitiendo óptimos

resultados al desarrollo de las especies, si existe gran aporte de nutrientes y enriquecimiento del agua con el oxígeno de la atmósfera. Así mismo se ha establecido que la zona es desfavorable para la supervivencia de la fauna, cuando las marejadas inhiben la penetración de la luz y pueden mover, fragmentar y enterrar los ejemplares en los sedimentos (Boltovskoy, 1963).

* Apéndice de un capítulo de la Tesis de Doctor en Ciencias Biológicas

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

AREA DE ESTUDIO

El área investigada abarca una extensión aproximada de 224 Km², entre las latitudes 1° 22' 30" hasta 1° 35' 20" Sur y que corresponden a la parte Sur de la Provincia de Manabí incluyendo los puertos de Cayo, Machalilla, Bálsamo, López, Salango y Pta. Canoa (Fig. 1 y Tabla I). El estudio está basado en la revisión del material recolectado en tres salidas de campo, durante los meses de junio, julio y agosto de 1974.

MATERIALES Y METODOS

Un total de 112 muestras fueron recolectadas, de las cuales 87 corresponden al nivel entre los 0 y 20 metros (zona de turbulencia) y las restantes al nivel entre los 20 y 42 metros (plataforma superior interna). Se utilizaron como extractores la draga Van Veen para muestreos de 10 cm del fondo hacia la superficie y el phleger cuando se trataba de muestras de profundidad y con las manos cuando se trataba de muestras de la

parte mesolitoral (0 metro). De inmediato se procedió a preservar el material con formol neutralizado al 6%.

De cada muestra se analizó un volumen de 500 cc., que corresponden a los 10 cm desde la superficie hacia el fondo, cuya fracción arena (mayor de 63 micras) está constituida por foraminíferos recientes, sin mezcla de elementos relictos. Se procedió al lavado de las muestras sobre tamices metálicos, con abertura de malla 0,070 mm, 0,175 mm y 0,420 mm. Utilizando el material que quedaba sobre el tamíz de 70 micrones, los foraminíferos fueron coloreados en su protoplasma según el método de tinción de (Walton, 1952).

De cada muestra se separaron al azar el 50% de los organismos, que correspondían a unos 250 - 300 ejemplares y el total de la fauna cuando ésta resultaba escasa. Se lograron separar un total de 7.609 individuos (Tabla II) y se hizo una distribución relativa (Fig. 2). La medición de los ejemplares se realizó con un micrómetro ocular.

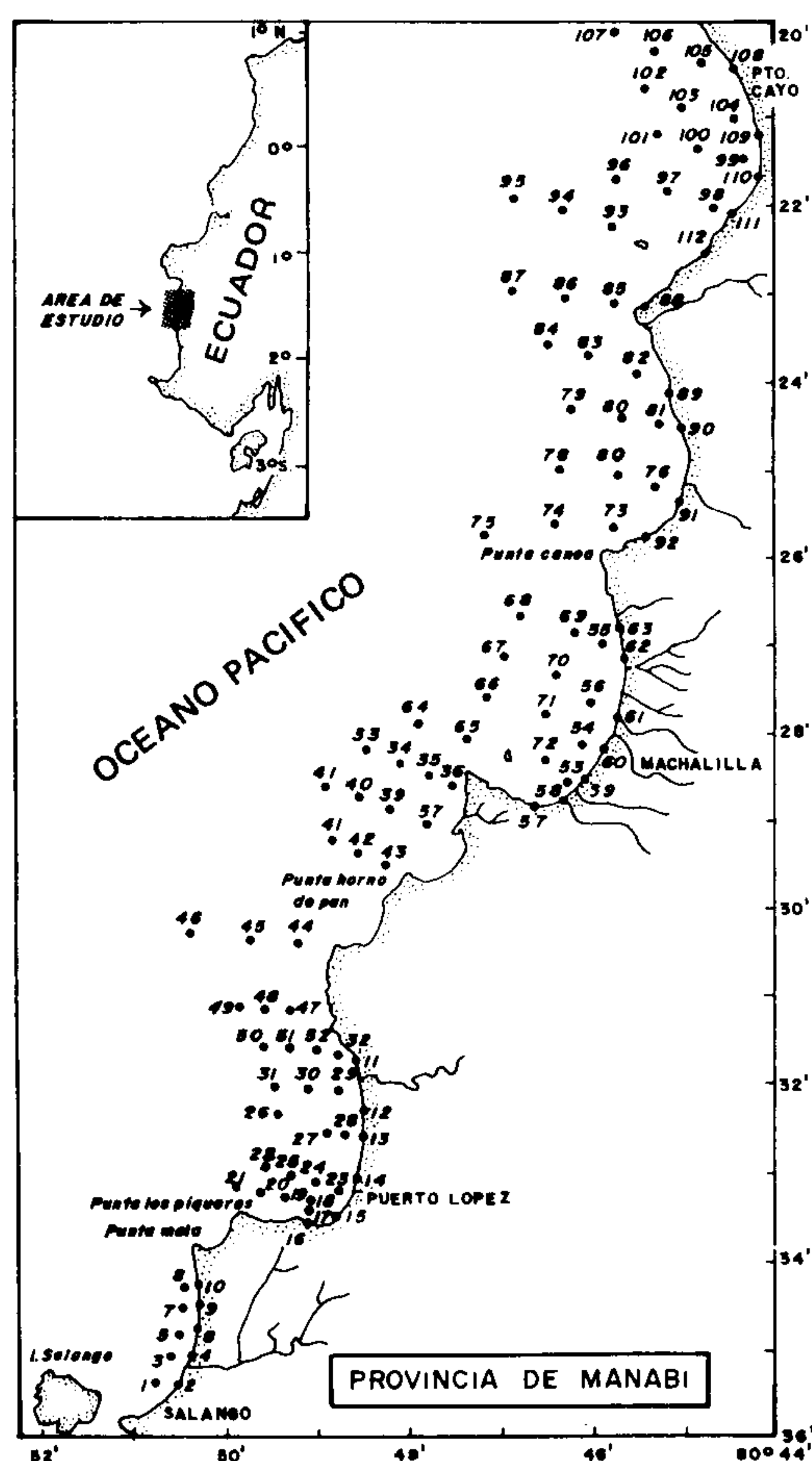


Fig. 1. Posición de las estaciones en el área de estudio.

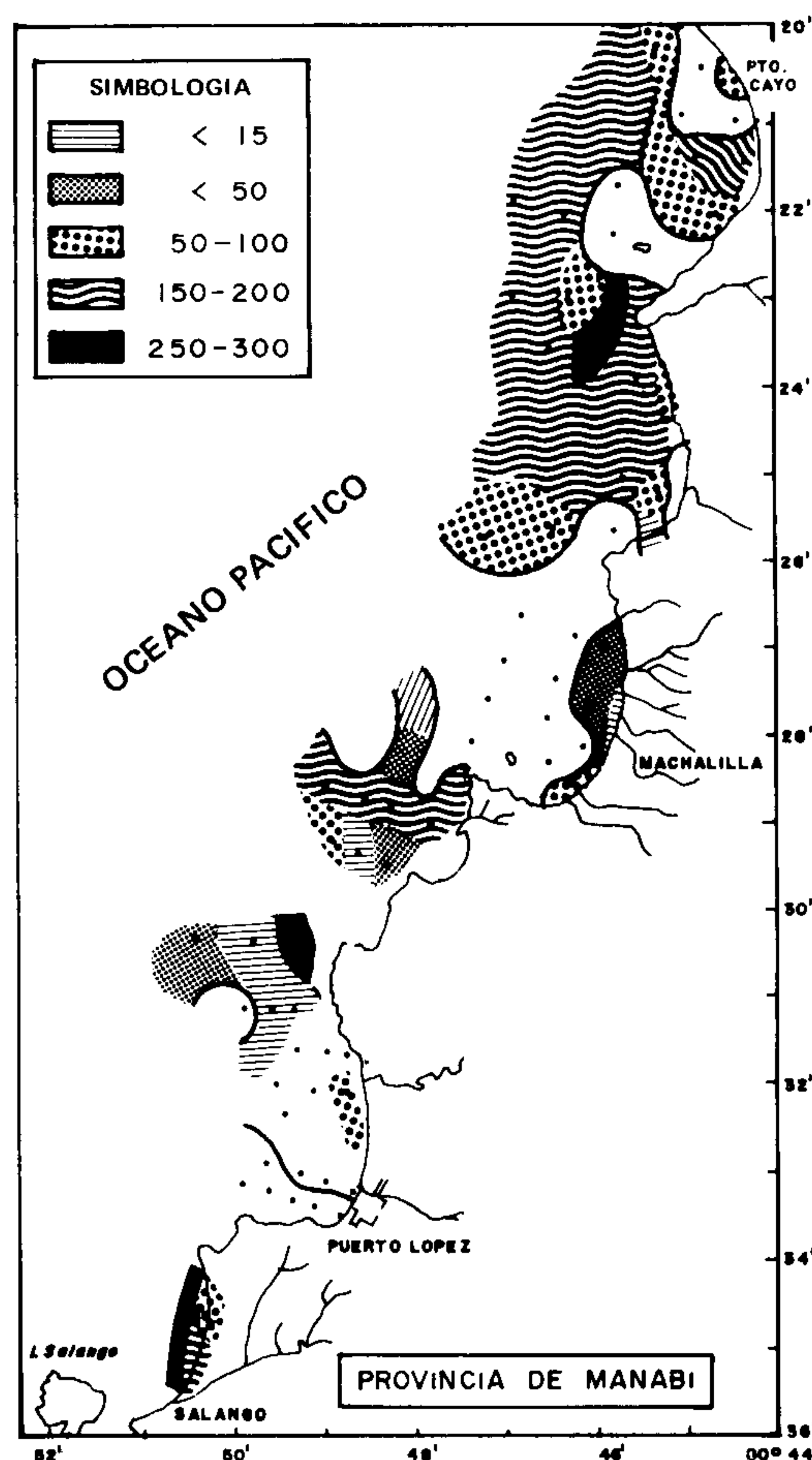


Fig. 2. Población total de individuos de foraminíferos bentónicos en el área de estudio.

RESULTADOS

Con el objeto de conocer en qué forma de reproducción se hallaban los foraminíferos bentónicos de la zona investigada, se efectuó en cada uno de los ejemplares las mediciones de prolóculus y del caparazón.

Se agruparon los ejemplares con prolóculus pequeño (hasta 0,02 mm) y de caparazón grande denominados organismos microféricos por un lado; y por otro los que tenían prolóculus grande (desde 0,02

mm) y de caparazón pequeño llamados organismos macrosféricos (Tabla II).

También se obtuvieron los porcentajes de los organismos microféricos encontrados y estos valores fueron graficados tomando en consideración únicamente a las especies que resultaron más representativas y en las estaciones en que fueron halladas: *Bolivina pseudoplicata*; *Cibicides aknerianus*; *Cibicides bertheloti*, f. *boueana*; *Elphidium articulatum*, f. *typica* y f. *spinata*; *Nonion pizarrense*; *Quinqueloculina crassa*; *Rotalia beccarii* y *Rotalia peruviana* (Fig. 3).

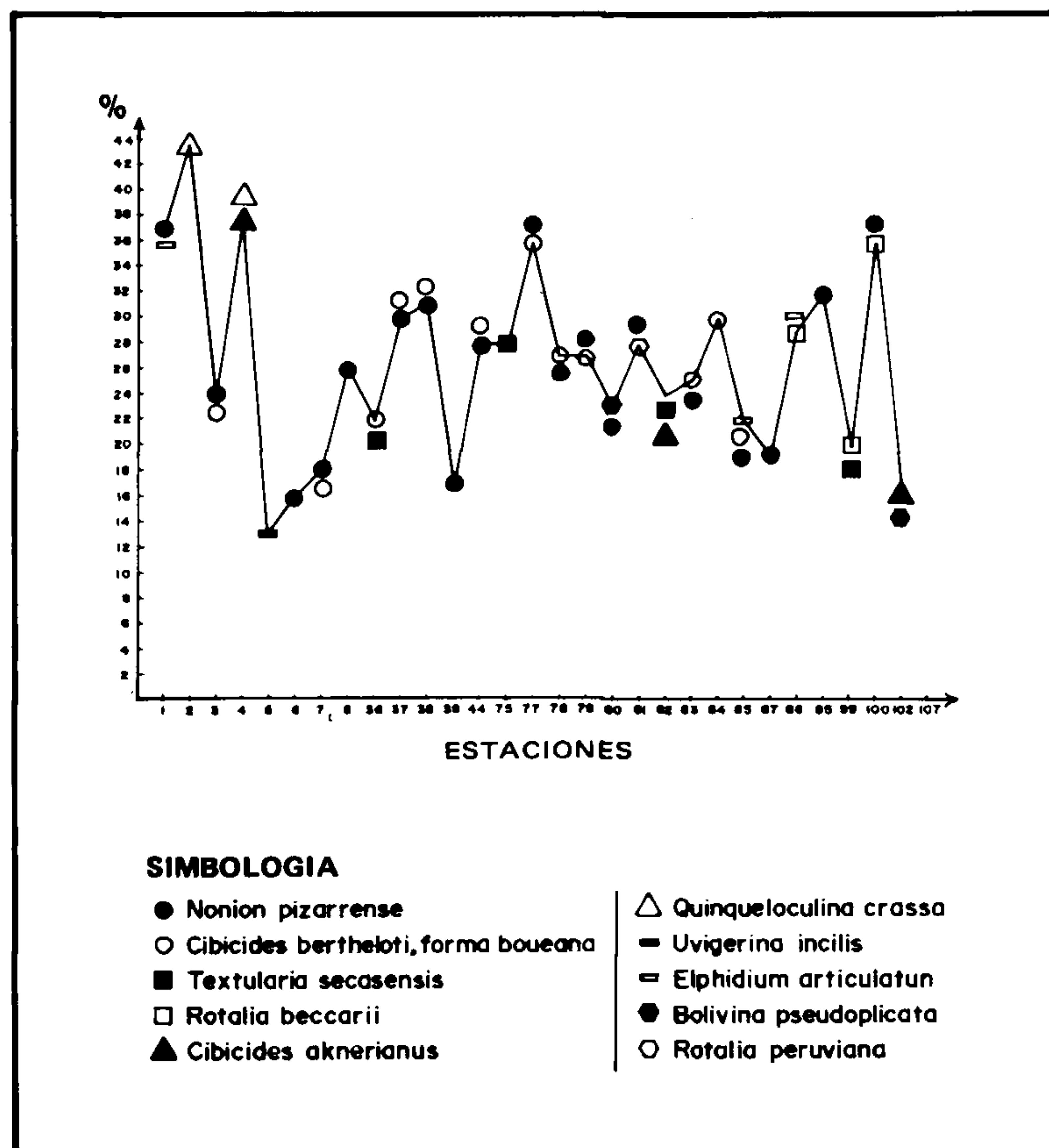


Fig. 3. Organismos microféricos como resultado de una reproducción asexual.

Además se ha graficado especies en forma individual con el objeto de hacer comparaciones entre la población, total de organismos macroféricos y microféricos, como el caso de *Cibicides bertheloti*, f. *boueana* (Fig. 4a) y otro en el que solamente aparecen los organismos microféricos de esta especie (Fig. 4b), si se hace la comparación de

estas Figuras (4a y 4b) se puede observar que la variación es mínima por cuanto los organismos microféricos están constituyendo la población del mayor número de individuos de esta especie. Con el mismo objetivo se grafica a *Nonion pizarrense* y se observan iguales variaciones como en el caso anterior (Figs. 5a y 5b).

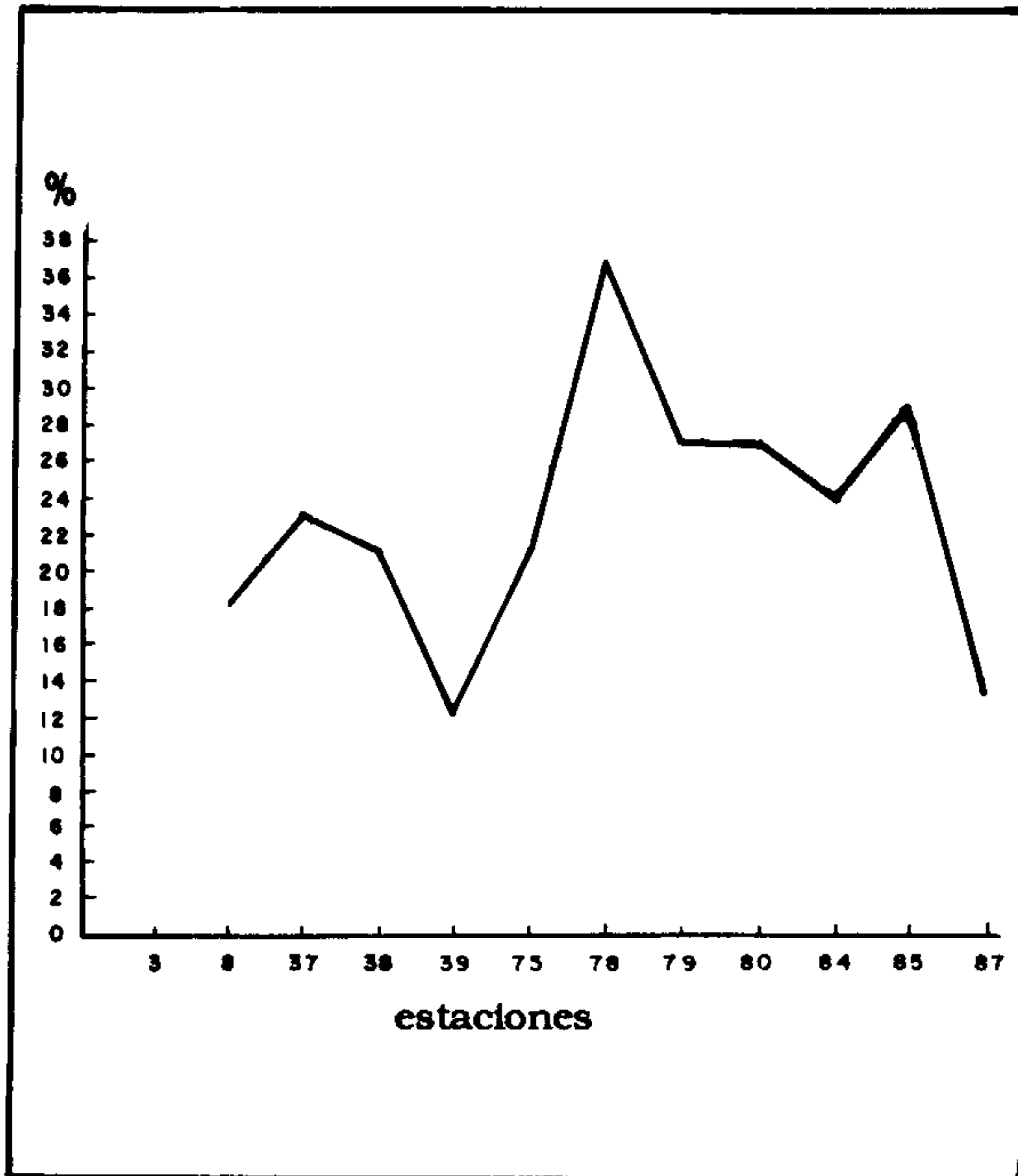


Fig. 4a. Abundancia relativa de *Cibicides bertheloti*, f. *boueana* en las mismas estaciones en que se hallaron organismos microféricos.

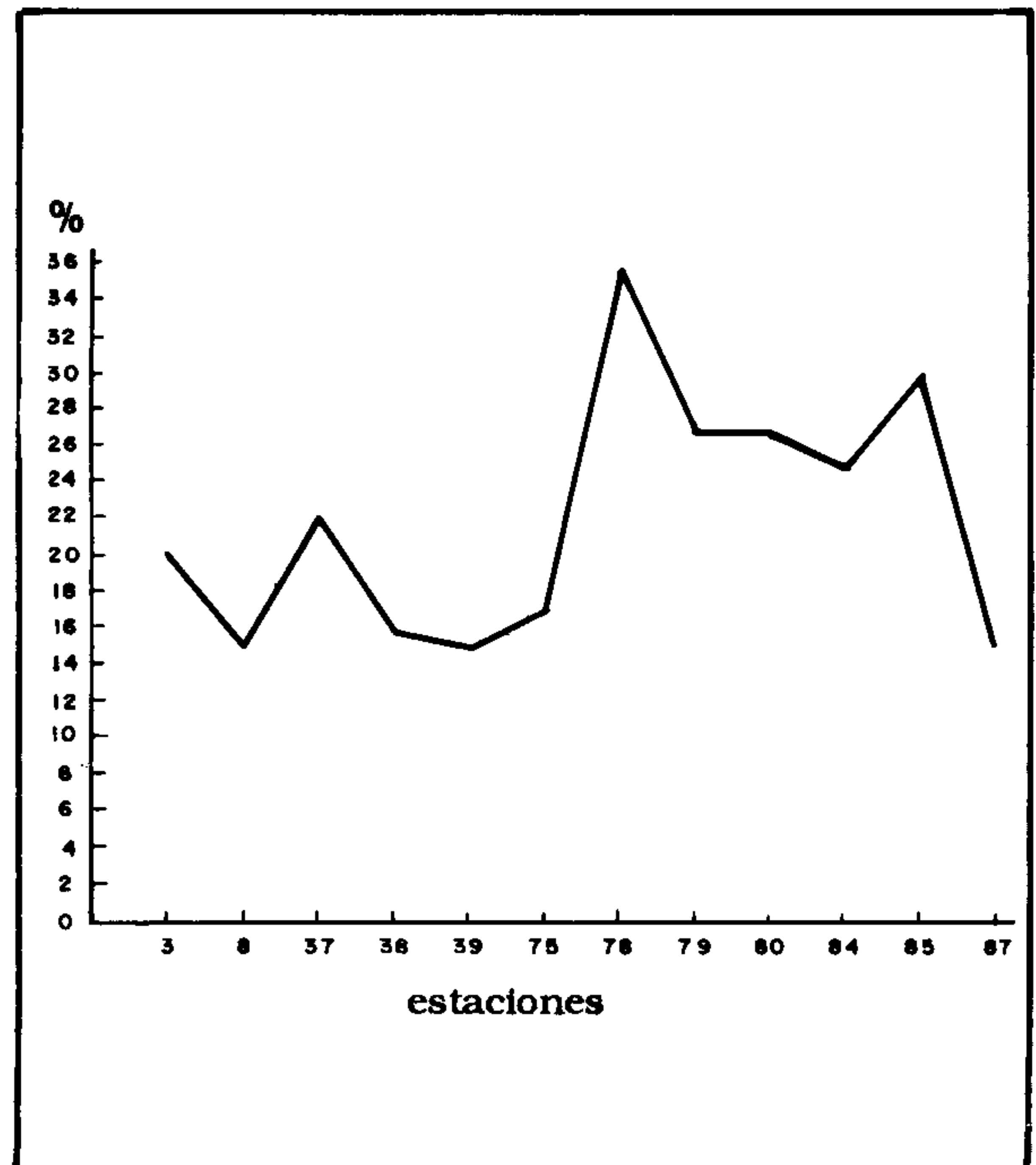


Fig. 4b. Organismos microféricos de *Cibicides bertheloti*, f. *boueana* como producto de una reproducción asexual.

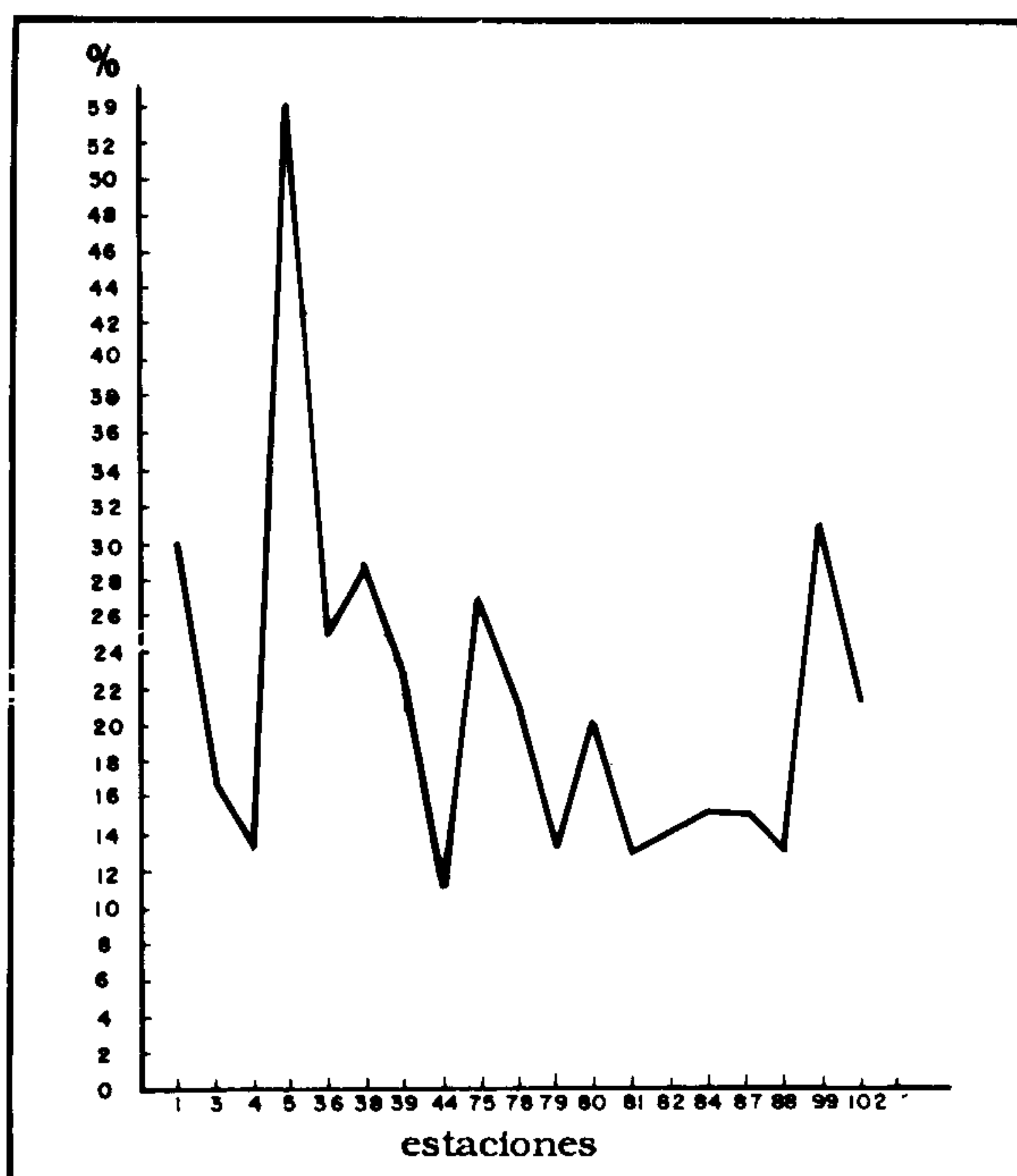


Fig. 5a. Abundancia relativa de *Nonion pizarrense*, en las mismas estaciones en que se hallaron organismos microféricos.

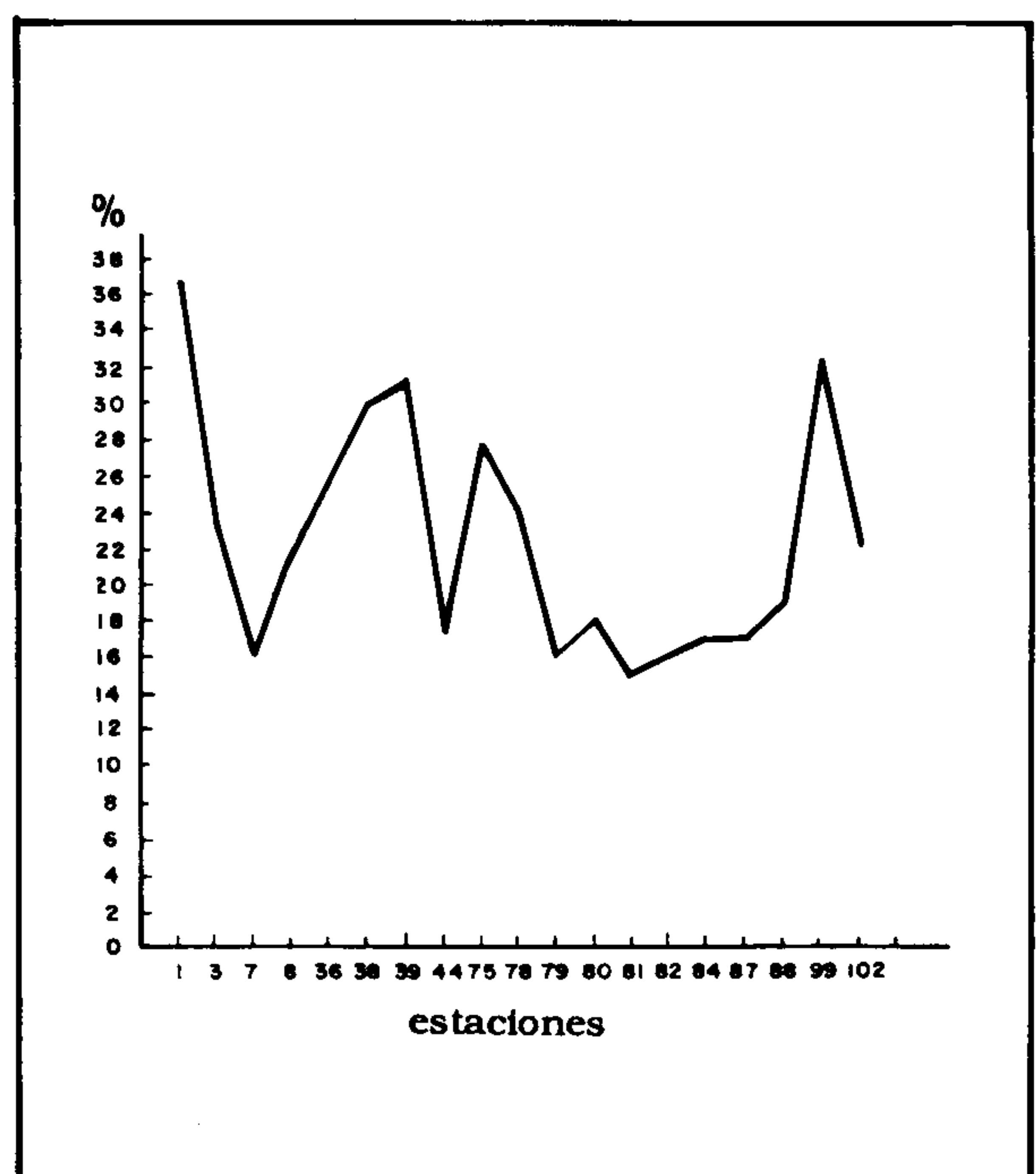


Fig. 5b. Organismos microféricos de *Nonion pizarrense* como producto de una reproducción asexual.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

El área de estudio ha resultado cualitativa y cuantitativamente pobre en foraminíferos (Fig. 2). Se encontraron un total de 7.609 ejemplares (Tabla II), de los cuales 6.436 pertenecen a los organismos microféricos, distribuidos en 40 géneros con 63 especies y sus respectivas formas. La fauna en general presenta caparazones poco desarrollados y en algunos casos endebles, hallándose rotos el 25% de los ejemplares del género *Quinqueloculina*. Se nota la ausencia de foraminíferos bentónicos en el área comprendida entre Pto. López y Machalilla.

Se ha establecido que la población de foraminíferos bentónicos está representada por el 85% (Tabla II) de organismos microféricos, con prolóculus pequeños y el 15% restante de la población está compuesta por los organismos macrosféricos con prolóculus grande.

“En general el número de ejemplares microféricos, como regla, es considerablemente menor que los de la forma megalosférica” Boltovskoy (1965). Si consideramos los valores obtenidos en este estudio, se observa que los organismos microféricos están constituyendo el 85% de la población (Tabla II). Hofker (1954), considera que estos casos pueden ocurrir cuando las condiciones de vida son desfavorables y aún más los individuos macrosféricos pueden desaparecer, este fenómeno se presenta en invierno y en verano cuando la temperatura asciende 20°C en la zona litoral o en las partes superficiales de las sublitorales en las latitudes medias. Estos datos concuerdan con Myer (1943b), en cuanto a la relación ejemplares microféricos y macrosféricos. Lo que explica el fenómeno que ocurre con los organismos de la zona investigada, que por provenir de un lugar influenciado por continuos movimientos de agua y por estar localizada en el litoral en partes superficiales (playa) y en pequeñas profundidades (hasta 40 m), las condiciones de vida

que pueda ofrecer serían muy reducidas, creando una amplia adaptabilidad a la fauna que habita tipificándola completamente.

Boltovskoy (1965), considera que la importancia de este fenómeno es muy grande si la generación microférica se repite en forma completa en los diferentes estados de desarrollo y aconseja que al realizar una investigación de las condiciones filogenéticas entre las diferentes especies habría que estudiarlas ampliamente. En la práctica tiene mucha importancia conocer las dos formas distintas de cada especie para los estudios taxonómicos, porque solamente así se pueden lograr conclusiones correctas. En consecuencia, se podría decir que la pobreza de la fauna existente radicaría posiblemente en que los ejemplares objeto de este estudio provienen de la llamada zona de turbulencia, la misma que por estar caracterizada de continuas marejadas y fuertes oleajes que causan la pérdida de gran cantidad de ejemplares, ya sean enterrándose en los sedimentos y otros resultando rotos, como ha sucedido con una gran cantidad de ejemplares pertenecientes al género *Quinqueloculina*, indicando de esta manera que el área investigada presente reducidas condiciones de vida para el desarrollo de los foraminíferos. Una de las causas que estaría indicando que este ambiente resulte desfavorable sería la presencia de una gran cantidad de organismos microféricos en toda la población (Tabla II). Otra de las causas que estaría indicando estas desventajas sería la presencia de ejemplares de *Elphidium articulatum*, f. *spinata*, los mismos que presentan prolongaciones irregulares en sus caparazones lo que hasta el momento no ha podido ser explicado por ciertos investigadores, lo que hace pensar que en su afán de sobrevivir en un medio tan agitado emita estas prolongaciones calcáreas para poder fijarse al sustrato. Así mismo se tiene la presencia de *Textularioides inflatus*, especie caracterizada porque sus ejemplares van siempre adheridos a un fragmento calcáreo, rocoso o de otro material, lo que hace suponer que las causas se deban a lo anteriormente expuesto.

BIBLIOGRAFIA

- Boltovskoy, E., 1963.** Foraminíferos y sus Relaciones con el Medio.- Mus. Argent. Cienc. Nat., Zool., 1(2): 21-109.
- Boltovskoy, E., 1965.** Los Foraminíferos Recientes.- (biología, métodos de estudio, aplicación oceanográfica), EUDEBA. Buenos Aires, 510.
- Boltovskoy, E., 1976.** Distribution of Recent Foraminifera of South American Region.- Academic Press. London, 2: 172 - 236.
- Boltovskoy, E. y E. Gualancañay, 1975.** Foraminíferos Bentónicos Actuales de Ecuador. 1.- Prov. Esmeraldas.- Inst. Ocean. Arm., Rev. Biol., 5: 1 - 56.
- Brady, H.B., W.K. Parker, y T.R. Jones, 1888.** On some Foraminifera from the Abrolhos Bank.- Zool. Soc., Trans., 12.
- Cushman, J.A. y B. Kellett, 1929.** Recent Foraminifera from the West coast of South America.- U.S. Nat. Mus. Proc., 9(25): 1 - 16.
- Cushman, J.A. y F.L. Parker, 1931.** Foraminifera from the Atlantic coast of South America.- U.S. Nat. Mus., Proc., 80.
- Cushman, J.A. y R.T.D. Wickenden, 1929.** Recent Foraminifera from of Juan Fernandez Islands.- U.S. Nat. Mus., Proc., 75(9): 1 - 16.
- Gualancañay, E., 1978.** Foraminíferos Recientes de la Provincia de Manabí (Ecuador).- Tesis Doctoral. Univ. Guayaquil.
- Lister, J., 1894.** "Contributions to the life -history- of the foraminifera".- Roy Soc. London, Proc., 56.
- Miró, M. y E. Gualancañay, 1974.** Foraminíferos Bentónicos de la Plataforma Continental de la Prov. de Esmeraldas.- INOCAR. Ecuador. Rev. Biol., 4: 1 - 12.
- Myers, E.H., 1943 (1943 b).** "Biology, Ecology and morphogenesis of a pelagic Foraminifera".- Stanford Univ., Biol. Sci., 9(1).
- Walton, W.R., 1952.** Techniques for recognition of living foraminifera.- Cushman Found. For. Res.,

Est. Nº	Localidad	Latitud G. M. S.	Longitud G. M. S.	Prof. (m)	Tipo de fondo	Tipo de muestreo
1	Salango	1 35 20 S	80 50 39 W	8,0	Arenoso	Draga
2	Salango	1 35 22 S	80 50 35 W	0,0	Areno-limoso	(Mano)
3	Salango	1 34 58 S	80 50 32 W	12,0	Arenoso	Draga
4	Salango	1 34 58 S	80 50 26 W	0,0	Areno-limoso	(Mano)
5	Salango	1 34 43 S	80 50 31 W	16,0	Areno-limoso	Draga
6	Salango	1 34 43 S	80 50 25 W	0,0	Areno-limoso	(Mano)
7	Salango	1 34 26 S	80 50 25 W	14,0	Areno-limoso	Draga
8	Salango	1 34 15 S	80 50 30 W	8,0	Arenoso	Draga
9	Salango	1 34 15 S	80 50 25 W	0,0	Areno-limoso	(Mano)
10	Salango	1 34 15 S	80 50 21 W	0,0	Arenoso	(Mano)
11	Pto. López	1 31 41 S	80 48 35 W	0,0	Arenoso	(Mano)
12	Pto. López	1 32 5 S	80 40 32 W	0,0	Arenoso	(Mano)
13	Pto. López	1 32 31 S	80 48 31 W	0,0	Arenoso	(Mano)
14	Pto. López	1 33 10 S	80 48 35 W	0,0	Arenoso	(Mano)
15	Pto. López	1 33 23 S	80 48 41 W	0,0	Arenoso	(Mano)
16	Pto. López	1 33 25 S	80 49 6 W	0,0	Arenoso	(Mano)
17	Pto. López	1 33 29 S	80 48 49 W	3,0	Arenoso	Draga
18	Pto. López	1 33 22 S	80 49 8 W	11,0	Limoso	Draga
19	Pto. López	1 33 18 S	80 49 22 W	18,0	Limoso	Draga
20	Pto. López	1 33 12 S	80 49 36 W	22,0	Limoso	Draga
21	Pto. López	1 33 6 S	80 49 52 W	26,0	Limoso	Draga
22	Pto. López	1 32 54 S	80 49 35 W	27,0	Limoso	Draga
23	Pto. López	1 33 15 S	80 48 42 W	5,0	Limoso	Draga
24	Pto. López	1 33 5 S	80 49 59 W	14,0	Arenoso	Draga
25	Pto. López	1 33 0 S	80 49 17 W	20,0	Limoso	Draga
26	Pto. López	1 32 19 S	80 49 26 W	24,0	Limoso	Draga
27	Pto. López	1 32 31 S	80 48 59 W	11,0	Limoso	Draga
28	Pto. López	1 32 31 S	80 18 42 W	8,0	Arenoso	Draga
29	Pto. López	1 32 5 S	80 19 45 W	8,0	Arenoso	Draga
30	Pto. López	1 32 5 S	80 49 7 W	16,0	Limo-arenoso	Draga
31	Pto. López	1 29 12 S	80 49 32 W	26,0	Limo-arenoso	Draga
32	Pto. López	1 31 39 S	80 48 45 W	5,0	Areno-limoso	Draga
33	Bálsamo	1 28 11 S	80 48 29 W	33,0	Limo-arcilloso	Draga
34	Bálsamo	1 28 18 S	80 48 5 W	30,0	Limoso	Draga
35	Bálsamo	1 28 29 S	80 47 48 W	24,0	Limoso	Phlegger
36	Bálsamo	1 28 32 S	80 47 36 W	15,0	Arenoso	Phlegger
37	Bálsamo	1 28 59 S	80 47 48 W	16,0	Arenoso	Phlegger
38	Bálsamo	1 28 35 S	80 48 59 W	35,0	Limo-arenoso	Phlegger
39	Bálsamo	1 28 48 S	80 48 15 W	28,0	Limoso	Phlegger
40	Bálsamo	1 28 42 S	80 48 31 W	32,0	Limoso	Phlegger
41	Bálsamo	1 29 12 S	80 48 52 W	33,0	Limoso	Phlegger
42	Bálsamo	1 29 20 S	80 48 38 W	28,0	Limoso	Phlegger
43	Bálsamo	1 26 26 S	80 48 18 W	14,0	Areno-limoso	Draga
44	Bálsamo	1 30 20 S	80 49 17 W	30,0	Areno-limoso	Draga
45	Bálsamo	1 30 19 S	80 49 48 W	38,0	Limoso	Draga
46	Bálsamo	1 30 19 S	80 50 25 W	42,0	Limoso	Draga
47	Bálsamo	1 31 8 S	80 49 21 W	25,0	Limo-arenoso	Draga
48	Bálsamo	1 31 8 S	80 49 36 W	30,0	Limoso	Draga
49	Bálsamo	1 31 8 S	80 49 52 W	32,0	Limoso	Draga
50	Bálsamo	1 31 38 S	80 49 36 W	30,0	Limoso	Draga
51	Bálsamo	1 31 37 S	80 49 17 W	21,0	Arenoso	Draga
52	Bálsamo	1 31 38 S	80 48 58 W	11,0	Limo-arenoso	Draga
53	Machalilla	1 28 32 S	80 46 16 W	5,0	Limoso	Draga
54	Machalilla	1 28 8 S	80 46 8 W	10,0	Limo-arenoso	Draga
55	Machalilla	1 27 2 S	80 45 55 W	11,0	Arenoso	Draga
56	Machalilla	1 27 42 S	80 46 3 W	13,0	Arenoso	Draga
57	Machalilla	1 28 55 S	80 46 22 W	0,0	Arenoso	(Mano)

Tabla I. Localización de las muestras estudiadas.

Est. Nº	Localidad	Latitud G. M. S.			Longitud G. M. S.			Prof. (m)	Tipo de fondo	Tipo de muestreo
58	Machalilla	1	28	56 S	80	46	19 W	0,0	Arenoso	(Mano)
59	Machalilla	1	28	35 S	80	46	3 W	0,0	Arenoso	(Mano)
60	Machalilla	1	28	12 S	80	45	51 W	0,0	Arenoso	(Mano)
61	Machalilla	1	27	49 S	80	45	47 W	0,0	Arenoso	(Mano)
62	Machalilla	1	27	6 S	80	45	45 W	0,0	Arenoso	(Mano)
63	Machalilla	1	26	45 S	80	45	47 W	0,0	Arenoso	(Mano)
64	Machalilla	1	27	51 S	80	47	54 W	30,0	Limoso	Phlegger
65	Machalilla	1	28	5 S	80	47	22 W	23,0	Limoso	Phlegger
66	Machalilla	1	27	35 S	80	47	10 W	25,0	Limoso	Phlegger
67	Machalilla	1	27	11 S	80	47	0 W	25,0	Limoso	Phlegger
68	Machalilla	1	26	39 S	80	46	50 W	24,0	Limoso	Phlegger
69	Machalilla	1	26	52 S	80	46	13 W	17,0	Limo-arenoso	Phlegger
70	Machalilla	1	27	23 S	80	46	26 W	20,0	Limoso	Phlegger
71	Machalilla	1	27	50 S	80	46	32 W	18,0	Limo-arenoso	Phlegger
72	Machalilla	1	28	18 S	80	46	31 W	13,0	Limoso	Phlegger
73	Pta. Canoa	1	25	40 S	80	45	49 W	10,0	Arenoso	Draga
74	Pta. Canoa	1	25	39 S	80	46	29 W	20,0	Areno-limoso	Draga
75	Pta. Canoa	1	25	45 S	80	47	12 W	26,0	Areno-limoso	Draga
76	Pta. Canoa	1	25	15 S	80	45	19 W	8,0	Arenoso	Draga
77	Pta. Canoa	1	25	4 S	80	45	45 W	15,0	Arenoso	Draga
78	Pta. Canoa	1	25	0 S	80	46	25 W	19,0	Arenoso	Draga
79	Pta. Canoa	1	25	23 S	80	46	18 W	18,0	Arena-gravo	Draga
80	Pta. Canoa	1	24	25 S	80	45	45 W	14,0	Arenoso	Draga
81	Pta. Canoa	1	24	32 S	80	45	12 W	5,0	Arenoso	Draga
82	Pta. Canoa	1	23	54 S	80	45	32 W	11,0	Arenoso	Draga
83	Pta. Canoa	1	23	48 S	80	46	6 W	17,0	Arenoso	Draga
84	Pta. Canoa	1	23	33 S	80	46	32 W	10,0	Arena-gravo	Draga
85	Pta. Canoa	1	23	3 S	80	45	46 W	12,0	Arenoso	Draga
86	Pta. Canoa	1	23	0 S	80	46	8 W	17,0	Arenoso	Draga
87	Pta. Canoa	1	22	58 S	80	46	54 W	19,0	Arenoso	Draga
88	Pta. Canoa	1	23	8 S	80	45	25 W	0,0	Arenoso	(Mano)
89	Pta. Canoa	1	24	8 S	80	45	15 W	0,0	Arenoso	(Mano)
90	Pta. Canoa	1	24	32 S	80	45	5 W	0,0	Arenoso	(Mano)
91	Pta. Canoa	1	25	18 S	80	45	3 W	0,0	Roca	(Mano)
92	Pta. Canoa	1	25	41 S	80	45	25 W	0,0	Arenoso	(Mano)
93	Pto. Cayo	1	22	14 S	80	45	46 W	11,0	Arenoso	Draga
94	Pto. Cayo	1	22	2 S	80	46	19 W	14,0	Arenoso	Draga
95	Pto. Cayo	1	21	52 S	80	46	52 W	17,0	Arenoso	Draga
96	Pto. Cayo	1	21	41 S	80	45	44 W	11,0	Roca	Draga
97	Pto. Cayo	1	21	51 S	80	45	10 W	8,0	Areno-limoso	Draga
98	Pto. Cayo	1	22	2 S	80	44	39 W	5,0	Arenoso	Draga
99	Pto. Cayo	1	21	26 S	80	44	20 W	5,0	Arenoso	Draga
100	Pto. Cayo	1	21	20 S	80	44	52 W	8,0	Areno-limoso	Draga
101	Pto. Cayo	1	21	10 S	80	45	20 W	9,0	Areno-limoso	Draga
102	Pto. Cayo	1	20	37 S	80	45	27 W	9,0	Areno-limoso	Draga
103	Pto. Cayo	1	20	53 S	80	45	1 W	8,5	Areno-limoso	Draga
104	Pto. Cayo	1	21	0 S	80	44	27 W	5,0	Areno-limoso	Draga
105	Pto. Cayo	1	20	21 S	80	44	48 W	8,0	Areno-limoso	Draga
106	Pto. Cayo	1	20	10 S	80	45	18 W	9,5	Areno-limoso	Draga
107	Pto. Cayo	1	19	55 S	80	45	49 W	10,0	Limo-arenoso	Draga
108	Pto. Cayo	1	20	25 S	80	44	25 W	0,0	Areno-limoso	(Mano)
109	Pto. Cayo	1	21	12 S	80	44	8 W	0,0	Areno-limoso	(Mano)
110	Pto. Cayo	1	21	36 S	80	44	9 W	0,0	Areno-limoso	(Mano)
111	Pto. Cayo	1	21	59 S	80	44	25 W	0,0	Areno-limoso	(Mano)
112	Pto. Cayo	1	22	30 S	80	44	45 W	0,0	Areno-limoso	(Mano)

Tabla I. Localización de las muestras estudiadas.

Estac. Nº	Organismos Macrosféricos	Organismos Microsféricos	Total de Organismos	Total Organi./M. cúb.
1	74	173	247	988000
2	49	144	193	386000
3	51	193	244	976000
4	1	132	133	266000
5	58	244	302	1208000
6	3	84	87	174000
7	56	226	282	1128000
8	33	273	306	1224000
9	3	92	95	190000
10	5	72	77	154000
* 11				
* 12				
* 13				
* 14				
15	1	30	31	62000
* 16				
17	5	62	67	134000
18	3	16	19	38000
19	1	29	30	60000
20	0	31	31	62000
21	0	40	40	80000
22	0	17	17	34000
* 23				
* 24				
* 25				
* 26				
* 27				
28	4	24	28	56000
29	1	11	12	24000
* 30				
* 31				
* 32				
* 33				
34	0	27	27	54000
35	4	46	50	100000
36	22	155	177	354000
37	53	158	211	422000
38	24	129	153	306000
39	51	108	159	318000
40	18	85	103	206000
41	7	42	49	98000
* 42				
43	5	25	30	60000
44	85	164	249	996000
45	1	14	15	30000
46	0	24	24	48000
47	0	17	17	34000
48	0	17	17	34000
* 49				
50	0	17	17	34000
* 51				
* 52				
* 53				
54	2	77	79	158000
55	1	22	23	46000
56	1	34	36	70000

Tabla II. Individuos Macrosféricos y Microsféricos en las estaciones estudiadas.

* Ausencia de fauna

Estac. Nº	Organismos Macrosféricos	Organismos Microsféricos	Total de Organismos	Total Organi./M. cúb.
59	1	38	39	78000
60	5	31	36	72000
61	4	3	12	24000
62	4	17	21	42000
63	6	13	19	38000
64	2	7	9	18000
* 65				
* 66				
* 67				
* 68				
* 69				
* 70				
* 71				
* 72				
73	0	3	3	6000
74	13	66	76	158000
75	5	107	112	224000
76	1	47	48	96000
77	18	134	152	304000
* 78				
79	30	126	156	312000
80	17	179	196	392000
81	23	152	175	350000
82	19	114	133	266000
83	35	208	243	972000
84	25	189	214	428000
85	31	213	244	976000
86	29	69	98	196000
87	13	156	169	338000
88	51	126	177	354000
89	6	41	47	94000
90	0	14	14	28000
* 91				
* 92				
* 93				
94	17	121	138	276000
95	40	101	141	282000
* 96				
97	11	97	108	216000
98	15	86	101	202000
99	15	108	123	246000
100	41	132	173	346000
101	13	76	89	178000
102	18	138	156	312000
* 103				
* 104				
* 105				
106	7	60	67	134000
107	15	145	160	320000
108	2	91	93	186000
109		33	33	66000
* 110				
111	0	55	55	110000
* 112				
	1173	6436	7609	19452000

Tabla II. Individuos Macrosféricos y Microsféricos en las estaciones estudiadas.

* Ausencia de fauna

ESTUDIO DE LOS POLIQUETOS BENTONICOS EN EL GOLFO DE GUAYAQUIL, EXTERIOR (Canal del Morro y Jambelí)

Por:

FRANCISCO VILLAMAR (1)

RESUMEN

En los canales de Jambelí y del Morro que forman parte del golfo de Guayaquil se estudiaron 47 muestras bentónicas, en junio de 1986 y febrero de 1987. Utilizando la embarcación LAE "RIGEL" del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador.

Trece especies de poliquetos bentónicos son identificados en la zona estudiada. Diopatra splendidissima y Paraonides platibranchia fueron las más abundantes en el área del canal del Morro y Sternaspis fosser para el canal de Jambelí.

Durante el período de muestreo, febrero de 1987, la temperatura del agua osciló entre 27 y 32°C. Los sedimentos de tipo arena limosa y limo fueron los más frecuentes en el área del canal de Jambelí con profundidades medias entre 11 y 50 metros, mientras que la textura arena y limo arenoso son para el canal del Morro, con profundidades medias entre 6 y 34 metros. Se discute la relativa participación de las especies identificadas en los fondos estuarinos, además se presentan mapas de distribución.

ABSTRACT

In the channels of Jambeli and del Morro, which form part of the Gulf of Guayaquil, 47 benthic samples were studied in June, 1986 and February, 1987. The ship "RIGEL" of the Oceanographic Institute of the Ecuador Navy was used for the investigation.

Thirteen species of benthic polychaetes were identified in the zone that was investigated. Diopatra splendidissima and Paraonides platibranchia were the most abundant polychaetes in channel del Morro and Sternaspis fosser was the most plentiful are in the Jambeli channel.

During the sampling period of February, 1987, the water temperature fluctuated between 27 and 32°C. The sediments of slime-type sand and slime were the most frequent in the area of Jambeli with average depths 11 and 50 meters, while the sand texture and sandy slime are part of the del Morro, with average depths 6 and 34 meters.

The relative participation of the identified species in the estuary bottom is debated. Distribution maps are also presented.

INTRODUCCION

Esta investigación forma parte del programa de estudio de la zona costera ecuatoriana, que se inició en 1976 con la expedición "R/V EASTWARD", cuyos resultados respectivos han sido publicados en el Acta Oceanográfica del Pacífico 2(2), 1983.

Con el propósito de conocer en mejor forma la

actividad biológica de los fondos del Golfo de Guayaquil, el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador continúa desarrollando el proyecto "Ecosistemas Marinos y Estuarinos" con la finalidad de determinar áreas críticas polucionadas constantemente por los efluentes contaminantes que llegan a través del río Guayas produciendo en algunos casos disturbancia a los niveles tróficos existentes.

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

En esta ocasión se estudian los poliquetos bentónicos que viven o dependen de los sedimentos (Barnes, 1986), organismos caracterizados por desarrollar una intensa actividad en los fondos marinos y estuarinos, razón por la cual constituyen buenos indicadores de zonas contaminadas (Reish, 1959).

Información sobre el estudio de los poliquetos bentónicos en el área de estudio fueron realizados por Harman (1939) con la descripción de 4 especies; Cruz et. al. (1980) reporta una lista de 5 especies; Villamar (1983) describe 37 especies y; Villamar (1986) identifica 11 especies. De acuerdo a la bibliografía consultada todas las especies reportadas son típicas de aguas cálidas y pertenecen a la Provincia Panámica o para el Pacífico Este Tropical (Hartman, 1968-1969).

De acuerdo a Rowe (1971) se establece que la densidad y biomasa de los organismos bentónicos decrecen con el incremento de la profundidad y su distribución hacia la línea de costa; además de un lugar a otro la cantidad de vida animal tiene fuertes implicaciones en su relativa constancia y es más o menos independiente de la productividad superficial.

AREA DE ESTUDIO

La zona estudiada corresponde a la plataforma continental de los canales de Jambelí y del Morro que forman parte del Golfo de Guayaquil, ubicada entre los paralelos $02^{\circ} 40'$ a $03^{\circ} 20'$ de Latitud Sur y los meridianos

$80^{\circ} 05'$ a $80^{\circ} 20'$ de Longitud Oeste, que cubre una superficie aproximada de 120 Km^2 . (Fig. 1).

En esta área se han realizado algunos estudios relacionados a los micro y macro organismos bentónicos, entre los más importantes tenemos: foraminíferos (Gualancañay, 1983, 1986); moluscos (Cruz et al., 1980; Mora y Reinoso, 1981; Cruz, 1983, 1986); poliquetos (Villamar, 1983, 1986). En cuanto a estudios sedimentológicos tenemos: Cruz-Orozco (1974); Rada (1986); Benítez (1975); Ayón y Coronel (1980); Aguiar (1978); Rowe (1978); Ayarza (1987); Jácome y Llanos (1987); Soledispa (1987).

De acuerdo a Soledispa (1987) el área de estudio tiene el tipo de costa baja y las fluviomarinas (estuarios y deltas) poseen una configuración irregular muy baja con playas e islas, canales y estuarios, donde existe un equilibrio inestable entre la sedimentación y la circulación oceánica.

Las profundidades extremas en el canal de Jambelí fueron entre 11 a 50 metros y en el del Morro entre 6 y 34 metros. Durante el período de muestreo la temperatura del agua del mar osciló entre 27 y 32°C . en el mes de febrero de 1987. Los sedimentos de tipo arena limoso y limo predominaron en el área del canal de Jambelí, asimismo el tipo arena y limo arenoso son muy frecuentes para el área del canal del Morro (Jácome y Llanos, 1987).

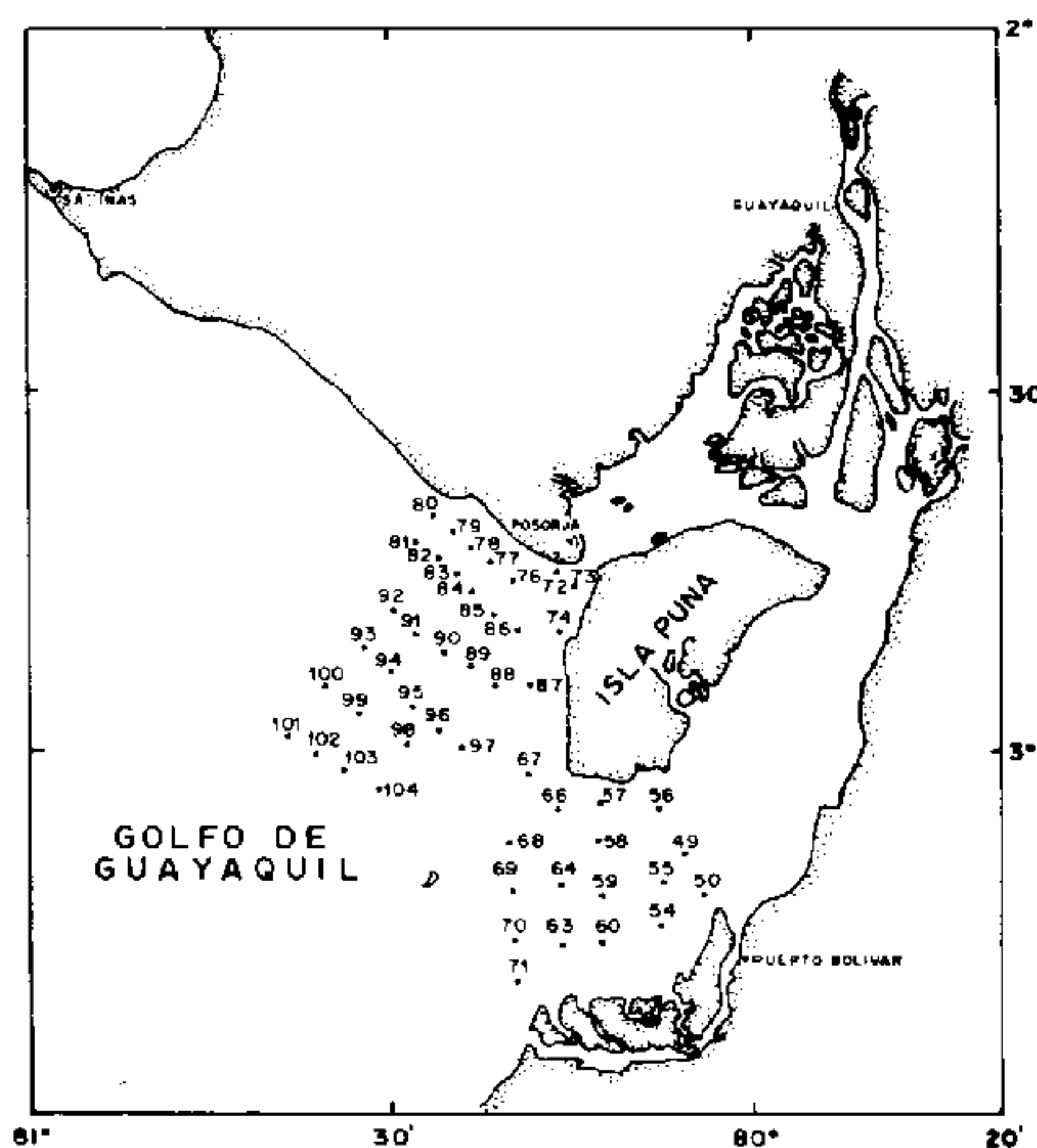


Fig. 1. Mapa del Golfo de Guayaquil con las estaciones bentónicas, junio 17-18 de 1986; febrero 16-20 de 1987. LAE. "Rigel".

MATERIALES Y METODOS

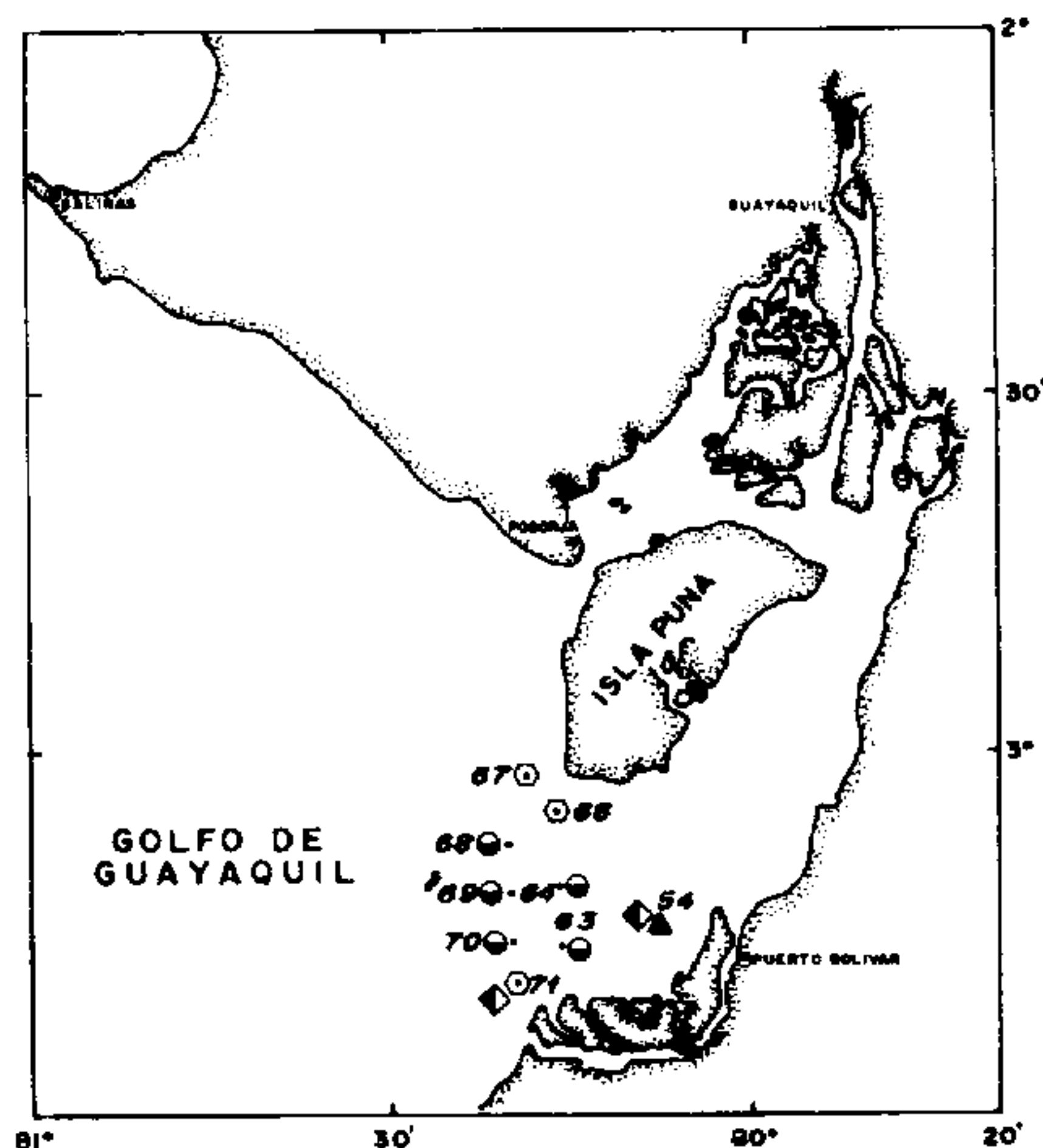
Las 47 muestras bentónicas analizadas fueron tomadas en dos oportunidades entre el 17 y el 18 de junio de 1986 y entre el 16 y el 20 de febrero de 1987. (Tabla 1) a bordo de la lancha LAE "RIGEL" del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. Utilizando una draga tipo Van Veen que tiene una capacidad de 0.1 m² y una red biológica con abertura de malla de 1/2 pulgada, cubierta de una lona protectora.

A bordo las muestras fueron lavadas con agua a través de tamices con abertura de 4 - 2 - 1 y 0.5 mm. Todos los organismos capturados fueron preservados con formol neutralizado y luego en el laboratorio se separaron los poliquetos utilizando pinzas de punta fina y con la ayuda de un estereomicroscopio de 100 aumentos.

Dado el tipo de muestreo la abundancia relativa de los poliquetos bentónicos no está relacionada directamente con el volumen de sedimento.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

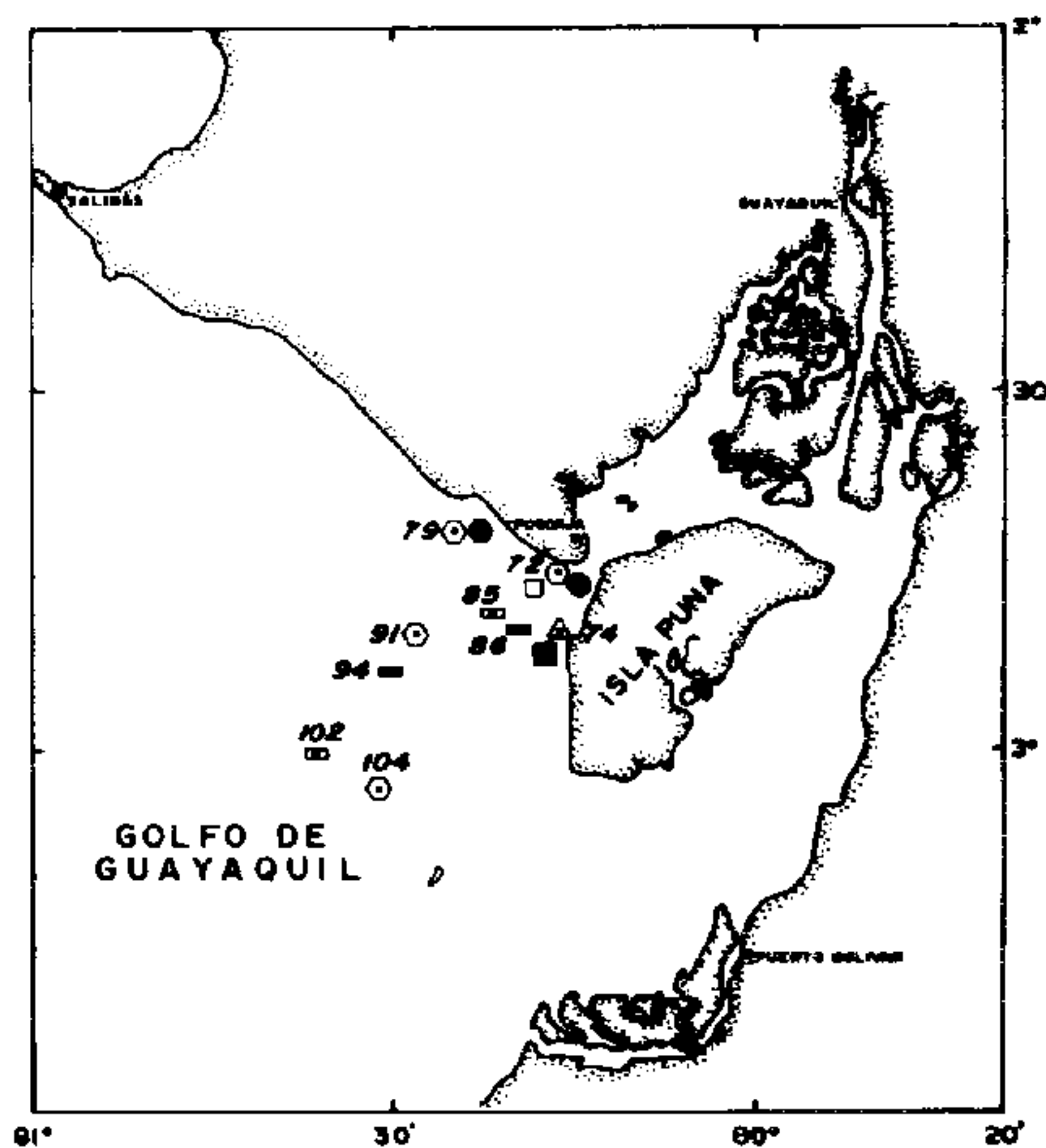
Mediante el análisis taxonómico se identificaron 13 especies de poliquetos bentónicos obtenidos sobre sedimentos tipo arenoso, limo arenoso y limo, siendo las especies *Diopatra splendidissima* y *Paraonides platibranchia* las más abundantes para el canal del Morro (Fig. 3) y para el canal de Jambelí *Sternaspis fosser*. (Fig. 2).



SIMBOLOGIA

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| ▲ <i>Glicera branchiopoda</i> | ● <i>Sternaspis fosser</i> |
| ◆ <i>Lanice conchilega</i> | ○ <i>Diopatra splendidissima</i> |

Fig. 2. Mapa de distribución areal de las especies de poliquetos bentónicos en el Golfo de Guayaquil. (Canal de Jambelí).



SIMBOLOGIA

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| ○ <i>Halosidna fuscumarmorata</i> | ■ <i>Paraonides platibranchia</i> |
| ● <i>Lepidometria virens</i> | ○ <i>Diopatra splendidissima</i> |
| □ <i>Lepidometria gigas</i> | ● <i>Owenia collaris</i> |
| ▲ <i>Aglaophamus dicirris</i> | ◄ <i>Neantes succinea</i> |
| | — <i>Prionospio heterobranchia</i> |

Fig. 3. Mapa de distribución areal de las especies de poliquetos bentónicos en el Golfo de Guayaquil. (Canal del Morro).

Al comparar los resultados obtenidos de los cruceros realizados durante los años 1983-1985 en la misma área de estudio, se deduce que durante el muestreo de 1986-1987 el número de especies disminuyó significativamente y de la misma manera su número relativo de abundancia (Tabla 2). La presencia de una nueva población de poliquetos del género OWENIA, PRIONOSPION, LEPIDONOTUS, GLICERA, LANICE, STERNASPIS reemplazan a los géneros DIOPATRA, ONUPHIS, NEPHTYS, LUMBRINERIS y THARYX, posiblemente se deba a que los primeros nombrados fueron capturados en el área denominada Golfo de Guayaquil exterior el cual posee mayores profundidades que los canales interiores. Además el sedimento de tipo arenoso fue el más frecuente en el área de estudio.

De las 13 especies identificadas, se reportan por primera ocasión 5 especies para la zona del Golfo de Guayaquil y 3 para el resto de la costa ecuatoriana, para el Pacífico Este Tropical ya son conocidas 8 especies.

Las especies *Lanice conchilega* y *Neanthes succinea* conocidas como cosmopolitas fueron encontradas durante este estudio y por Hartman (1939), en la misma área del Golfo de Guayaquil.

Al hacer el análisis de la distribución de los poliquetos bentónicos, estos se presentan no uniformemente repartidos y prácticamente en no todas las estaciones, siendo *Diopatra splendidissima* la especie más frecuente en forma relativa, determinándose que la distribución de los poliquetos bentónicos dependen

del tipo de sedimento y la concentración de salinidad, en menor grado el oxígeno, la profundidad y la turbidez, estos últimos no discutidos aquí.

Dado el carácter específico de la toma de muestra con draga bentónica no fue posible capturar poliquetos que pertenecen al plancton, pero se incluye la distribución de los poliquetos denominados errantes y los sedentarios.

La fauna acompañante en el área del canal de Jambelí estuvo representada por los siguientes invertebrados: Equinodermos de la especie *Ophiopsis variagata*; Moluscos con las especies *Tellina tumbezensis*, *Lucina cancelaris*, *Donax gracilis*, *Nassarius collaris*, *Corbula nuciformis*, *Cancelaria exopleura*, *Crassinella pacifica*; y Crustáceos del género CALLINECTES; con la presencia de estos organismos se demuestra una actividad biológica poco abundante tanto en su número relativo, como en su diversidad en invertebrados marinos y estuarinos principalmente para esta área de estudio.

Para el canal del Morro la fauna acompañante fue más significativa principalmente por su diversidad y abundancia relativa representada por los siguientes invertebrados: Equinodermos con la especie *Ophiopsis variagata*, *Mellita longifissa* y del Orden SPATANGOIDEA; Moluscos, entre ellos Gasteropodos como *Conus perplexus*, *Cancelaria exopleura*; Crustáceos del género CALLINECTES y PAGURUS; Celenterados del grupo de los HYDROZOA y ANTHOZOA; y la presencia en la estación 79 del Phylum Brachiopoda.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis agradecimientos al señor Director y al Jefe del Departamento de Ciencias del Mar del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo científico. Además al señor Comandante y tripulación de la lancha LAE "RIGEL" del INOCAR por su colaboración en la recolección de las muestras y al Dr. Manuel Cruz por la identificación de los moluscos aquí anotados.

Al señor Víctor Mesías O., por la ilustración y diagramación de las figuras que acompañan a este trabajo científico.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, H., 1978.-** Estudio Hidrobiológico del Golfo de Guayaquil: Revista, Comisión Permanente del Pacífico Sur, 9: 9-17.
- Ayarsa, W., 1987.-** Condiciones químicas en los sedimentos del estuario interior del Golfo de Guayaquil: Inst. Nac. de pesca. Guayaquil. 35 p.
- Ayón, H., V. Coronel, 1980.-** Minerales de arcilla en el Archipiélago de Jambelí: Acta Oceanográfica del Pacífico, Inst. Ocean. de la Armada del Ecuador, 1 (1): 110-119.
- Barnes, R., 1968.-** Zoología de Invertebrados: Ed. Interamericana, México: 720.
- Benites, S., 1975.-** Morfología y sedimentos de la Plataforma Continental del Golfo de Guayaquil (Tesis) ESPOL: Dpto. IGMP: 78.
- Cruz, M., M. de González, E. Gualancañay y F. Villamar, 1980.-** Lista de la Fauna Sublitoral bentónica del Estero Salado Inferior, Ecuador: Acta Oceanográfica del Pacífico, Inst. Ocean. de la Armada del Ecuador, 1 (1): 82-96.
- Cruz-Orozco, R., 1974.-** Morphodynamic and Sedimentation of the Rio Guayas Delta: Ph. D. Dissertation. Louisiana State University.
- Cruz, M., 1983.-** Bivalvos del Golfo de Guayaquil: Acta Oceanográfica del Pacífico, Inst. Ocean. de la Armada del Ecuador, 2 (2): 735-819.
- , 1986.- Contribución al conocimiento de los bivalvos vivos en los Esteros de El Salado y Cascajal del Golfo de Guayaquil interior: Acta Oceanográfica del Pacífico, Inst. Ocean. de la Armada del Ecuador (1) 3: 133-148.
- Gualancañay, E., 1983.-** Foraminíferos Bentónicos del Golfo de Guayaquil: Acta Oceanográfica del Pacífico, Inst. Ocean. de la Armada del Ecuador, 2 (2): 589-657.
- , 1986.- Distribución de los Foraminíferos Bentónicos del Golfo de Guayaquil: Acta Oceanográfica del Pacífico, Inst. Ocean. de la Armada del Ecuador, 3 (1): 93-120.
- Hartman, O., 1939.-** Polichaetous Annelids. Pt. 1. Aphroditidae to Pisionidae: Allan Hancock Pacific Exped, 7 (1-2), 1-170.
- , 1968.- Atlas of Errantiate Polychaetous from California, Allan Hancock Found: Univ. of Southern. California, Los Angeles, 828 p.
- , 1969.- Atlas of Sedentariate Polychaetous Annelids from California: Allan Hancock Found. Univ. of Southern, California, Los Angeles. 1-812.
- Jácome, M., y L. Llanos, 1987.-** Estudio Geoquímico de los Sedimentos en el canal de Jambelí: Acta Oceanográfica del Pacífico, Inst. Ocean. de la Armada del Ecuador, 4 (1): 191-203.
- Mora, S. E. y Reinoso, 1981.-** Investigaciones Preliminares sobre el estado actual de las poblaciones de ostiones en 3 zonas del estuario interior del Golfo de Guayaquil: Rev. Cienc. Mar y Limn., 1 (1): 49-59.
- Rowe, G. T., 1971.-** Benthic Biomasa and Surface Productivity, in the Fertility of the Sea, J. Costlow, ed., 2: 441-454.
- Soledispa, B., 1987.-** Estudio de las características sedimentológicas del área comprendida entre Ancón y el canal del Morro (Golfo de Guayaquil): Acta Oceanográfica del Pacífico, Inst. Ocean. de la Armada del Ecuador, 4 (1): 171-189.
- Villamar, F. A., 1983.-** Poliquetos Bentónicos del Golfo de Guayaquil: Acta Oceanográfica del Pacífico, Inst. Ocean. de la Armada del Ecuador, 2 (2): 659-733.
- , 1986.- Distribución de los Poliquetos Bentónicos en el Golfo de Guayaquil: Acta Oceanográfica del Pacífico, Inst. Ocean. de la Armada del Ecuador, 3 (1): 121-131.

Est. No.	Fecha	Latitud	Longitud	Tipo de fondo	Prof.	Tipo de Draga
49	17/VI/86	3° 07' 55"	80° 06' 02"	arena limoso	11	Van Veen
50	"	3° 12' 00"	80° 04' 15"	arena limoso	17.5	"
54	"	3° 13' 51"	80° 08' 00"	arenoso	13	"
55	"	3° 10' 00"	80° 08' 00"	limoso	16.6	"
56	"	3° 04' 55"	80° 07' 55"	arenoso	—	"
57	"	3° 04' 05"	80° 11' 55"	arena limoso	23	"
58	"	3° 04' 00"	80° 11' 58"	arena limoso	20	"
59	"	3° 12' 00"	80° 12' 00"	arena limoso	19	"
60	"	3° 13' 50"	80° 12' 00"	limoso	15	"
63	"	3° 13' 52"	80° 15' 55"	limo arcilloso	29	"
64	18/VI/86	3° 10' 00"	80° 15' 54"	limoso	30	"
66	"	3° 04' 05"	80° 15' 54"	limoso	6.8	"
67	"	3° 02' 05"	80° 17' 54"	limo arcilloso	33	"
68	"	3° 06' 00"	80° 20' 00"	limoso	31	"
69	"	3° 10' 00"	80° 20' 00"	arena limoso	50	"
70	"	3° 13' 50"	80° 20' 00"	limoso	20	"
71	"	3° 17' 38"	80° 20' 00"	arenoso	20	"
72	16/II/87	2° 45' 17"	80° 15' 45"	arenoso	7	"
74	"	2° 47' 55"	80° 15' 00"	limo arenoso	12	"
76	"	2° 46' 52"	80° 16' 30"	arenoso	20	"
77	17/II/87	2° 45' 25"	80° 18' 53"	arenoso	7	"
78	"	2° 43' 55"	80° 20' 56"	arenoso	12	"
79	"	2° 42' 17"	80° 23' 13"	arenoso	10	"
80	18/II/87	2° 40' 54"	80° 25' 28"	limo arenoso	7	"
81	"	2° 43' 19"	80° 26' 25"	arenoso	7	"
82	17/II/87	2° 44' 40"	80° 24' 28"	arenoso	12	"
83	"	2° 46' 12"	80° 22' 10"	arenoso	10	"
85	20/II/87	2° 49' 06"	80° 17' 48"	arenoso	13	"
86	"	2° 50' 31"	80° 16' 31"	limo arcilloso	14	"
87	"	2° 51' 04"	80° 17' 36"	limo arenoso	10	"
88	"	2° 51' 05"	80° 19' 00"	arenoso	7	"
89	17/II/87	2° 49' 45"	80° 21' 25"	arenoso	8	"
90	"	2° 48' 25"	80° 23' 24"	arenoso	11	"
91	"	2° 46' 28"	80° 25' 40"	arenoso	14	"
92	19/II/87	2° 45' 30"	80° 27' 52"	arena gravosa	16	"
93	"	2° 47' 45"	80° 29' 10"	arenoso	18	"
94	17/II/87	2° 49' 16"	80° 26' 55"	arenoso	15	"
95	"	2° 50' 45"	80° 24' 45"	arenoso	13	"
96	"	2° 52' 00"	80° 22' 37"	arenoso	6	"
97	"	2° 54' 30"	80° 24' 00"	arenoso	8	"
98	"	2° 53' 15"	80° 26' 05"	arenoso	17	"
99	"	2° 51' 51"	80° 26' 18"	arenoso	17	"
100	19/II/87	2° 50' 45"	80° 30' 05"	arenoso	21	"
101	"	2° 52' 45"	80° 32' 05"	arenoso	34	"
102	18/II/87	2° 54' 15"	80° 29' 30"	arenoso	13	"
103	"	2° 55' 38"	80° 27' 20"	arenoso	17	"
104	"	2° 56' 53"	80° 23' 53"	arenoso	10	"

TABLA No. I.— Ubicación de las estaciones, profundidad, tipo de extractor y fondo del muestreo bentónico. Crucero LAE "RIGEL". Golfo de Guayaquil.

Localidad		CANAL DE JAMBELI																CANAL DEL MORRO																															
Espece	Estaciones	40	50	54	55	56	57	58	59	60	63	64	66	67	68	69	70	71	72	73	74	76	77	78	79	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
<i>Diopatra splendidissima</i>										5	3	3	5				3						2													2													3
<i>Neanthes succinea</i>																															2																	2	
<i>Paraonides platibranchia</i>																3	2						3						2																				
<i>Halosidna fuscomarmorata</i>																			3																														
<i>Lepidometria virens</i>																		1																															
<i>Lepidometria gigas</i>																		1																															
<i>Owenia collaris</i>																							2																										
<i>Prionospio heterobranchia</i>				1																												1																	
<i>Lepidonotus pomareae</i>																	2																																
<i>Glycera branchiopoda</i>				1																																													
<i>Sternaspis fosser</i>														8	3	2																																	
<i>Aglaophamus dicirris</i>														2							1																												
<i>Lanice conchilega</i>				2													2																																
Total de especies				3							1	1	1	1	2	3	2	2	3	1	1		1	1	2			1	1	1	1																1	1	
Total de especímenes			4								5	3	3	5	10	8	4	5	5	1	1		3	4				2	2	2	1																2	3	

Tabla II. Presencia de poliquetos bentónicos identificados en los canales de Jambeli y del Morro (Golfo de Guayaquil). LAE. "Rigel".

DISTRIBUCION DE LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS DEL GOLFO DE GUAYAQUIL INTERIOR Y SU RELACION CON ALGUNOS FACTORES AMBIENTALES

Por:

ELENA GUALANCAÑAY (1)

RESUMEN

En la presente investigación se realiza el estudio de algunos factores ambientales: salinidad del agua superficial, turbidez, sedimentos y pH del sedimento, relacionados con las especies de foraminíferos bentónicos identificadas en el Golfo de Guayaquil, durante marzo y septiembre de 1988. Igualmente se realiza la distribución relativa de cada una de las especies halladas en el área.

ABSTRACT

Some environmental factors: superficial waters, salinity, turbidity, sediments, pH of sediments, is presented in this research work as related to the identified benthonic foraminifera species in Guayaquil Gulf, during march and september, 1988. Also, the relative distribution of each species found in the area is determined.

INTRODUCCION

El presente estudio constituye un avance más del Proyecto: Ecosistemas Marinos y Estuarinos, que viene realizando el INOCAR en el Golfo de Guayaquil.

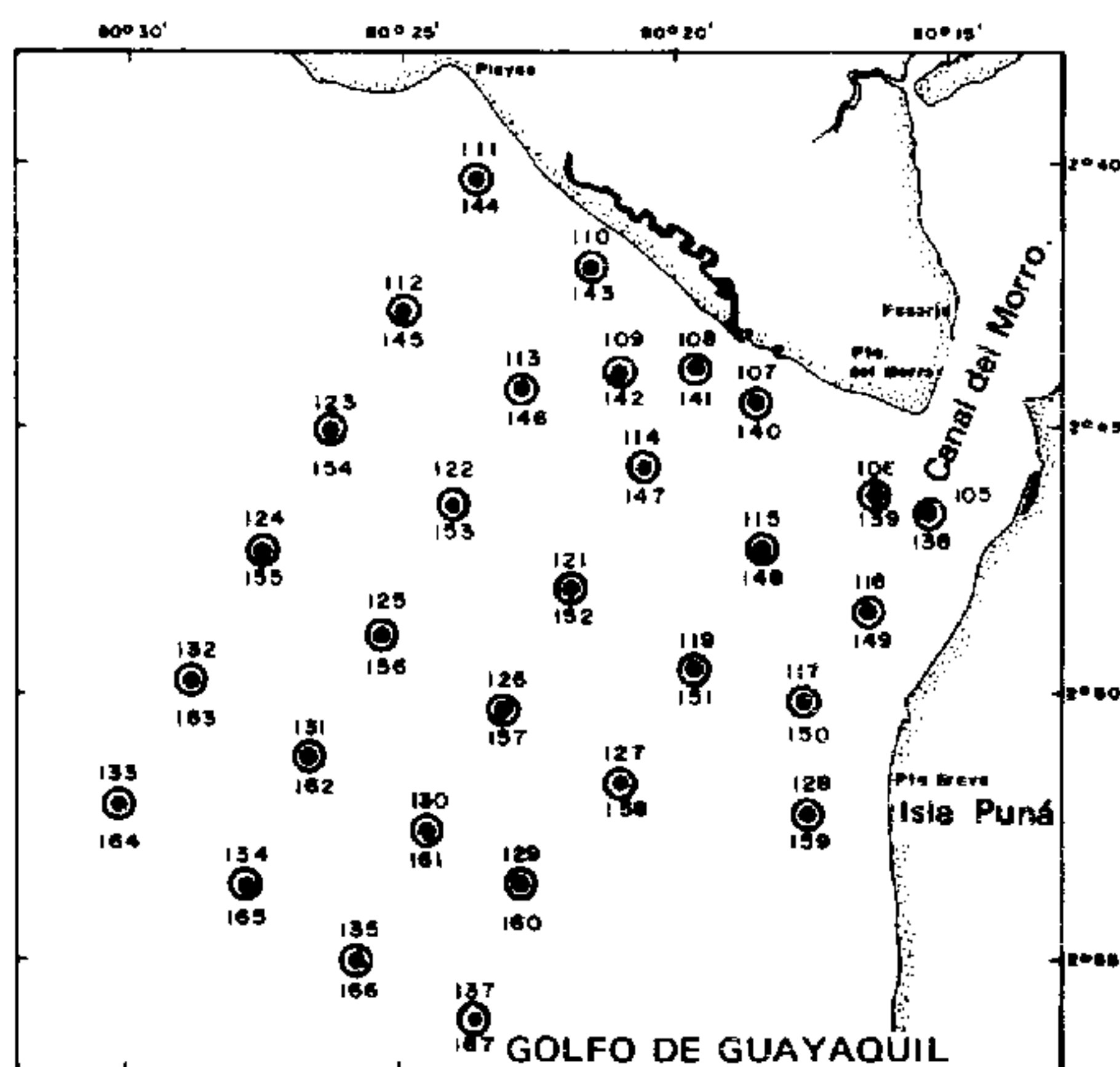
El objetivo principal que se persigue en este proyecto es el de llegar a determinar la relación existente entre los principales grupos de la macro y micro-fauna bentónica de esta importante área con los factores ambientales.

En esta investigación, se hace una relación entre las especies de foraminíferos bentónicos y los factores ambientales con el propósito de llegar a una comprensión del ecosistema y el comportamiento de estas especies durante las temporadas lluviosa y seca y por ende las posibles variaciones estacionales.

AREA DE ESTUDIO

El Golfo de Guayaquil es el estuario más grande de la costa del Pacífico en Sudamérica. Debido a su situación en los trópicos, el Golfo sufre cambios durante las temporadas lluviosa y seca (Stevenson, 1981).

El área objeto de este estudio está comprendida entre las latitudes: $2^{\circ} 44' 27''$ S y $2^{\circ} 56' 05''$ S y las longitudes: $80^{\circ} 18' 25''$ W y $80^{\circ} 23' 37''$ W (Tabla I y Fig. 1).



SIMBOLOGIA

- | | | |
|--------------------|---|---------------------|
| Crucero Marzo | • | Estaciones: 105-137 |
| Crucero Septiembre | ○ | Estaciones: 138-167 |

Fig. 1. Posición de las estaciones en el área de estudio.

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

MATERIALES Y METODOS

Fueron utilizadas 59 muestras bentónicas obtenidas durante dos salidas al Golfo a bordo de la LAE "RIGEL", en marzo y septiembre de 1988 (Tabla I). Para el efecto fue utilizada una draga Van Veen como equipo extractor del material. Inmediatamente y a bordo fueron preservadas las muestras y en el laboratorio sometidas a lavado a través de un tamiz de 0,063 mm de abertura de poro y a tinción siguiendo el método de Walton (1952), finalmente se realizó la identificación de los organismos.

DISTRIBUCION DE ESPECIES Y SU RELACION CON LOS FACTORES AMBIENTALES

Durante las temporadas lluviosa (marzo) y seca (septiembre), de acuerdo a la presencia de las especies de foraminíferos bentónicos, se ha llevado a cabo una distribución cualitativa de éstas con la finalidad de

establecer las posibles relaciones entre estas especies y los factores ambientales que se estudian.

Para la temporada lluviosa se reportaron las siguientes especies: *Cibicides bertheloti*, f. *boueana*; *C. floridanus*; *Cibicidella variabilis*; *Elphidium articulatum*; *Nonion pizarrense*; *Pseudononion japonicum*; *Rotalia beccarii* y *Textularioides inflatus*. (Tabla II y Fig. 2)

En la temporada seca se hallaron las siguientes especies: *Cibicides bertheloti*, f. *boueana*; *Cibicidella variabilis*; *Elphidium articulatum*; *Nonion pizarrense*; *Pseudononion japonicum*; *Rotalia beccarii* y *Textularioides inflatus*. (Tabla III y Fig. 2).

En general, en el área de estudio existe una marcada pobreza de foraminíferos bentónicos como resultado de una baja diversidad específica y una reducida población de individuos. Tablas II y III y Fig. 2).

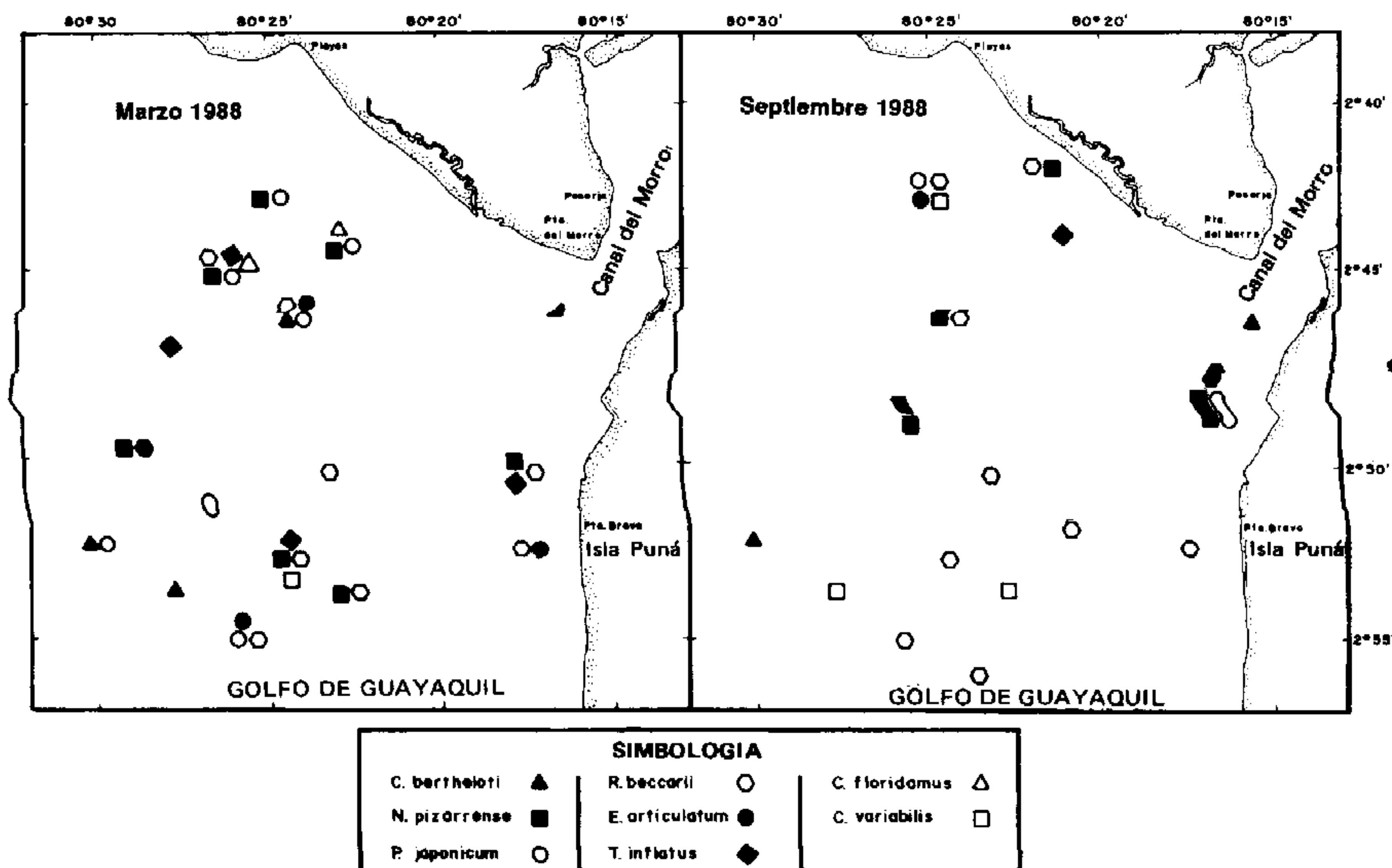


Fig. 2. Distribución de las especies de foraminíferos bentónicos de acuerdo a su presencia, durante marzo y septiembre de 1988.

Cibicides bertheloti (d'Orbigny), f. *boueana* (d'Orbigny)

Durante las dos temporadas del año, se hallaron ejemplares aislados de esta especie en las estaciones: 106, 122, 133, 134, 139 y 164 (Tablas II y III). Los sitios de muestreo correspondieron a profundidades entre 4 y 14 metros, determinándose un fondo arenoso. La salinidad superficial fluctuó entre 18 y 29‰, las lecturas del disco Secchi fueron entre 2 y 4 metros y el pH del sedimento entre 7,5 y 8,0. Del análisis de los datos se puede observar que esta especie es de poca profundidad, que ha tenido su desarrollo en sedimento arenoso y en aguas mixohalinas en un amplio rango de salinidad que va desde los 18‰ hasta los 29‰; además tuvo su desarrollo con una considerable turbidez para las dos temporadas del año. Estas características ya han sido observadas anteriormente por Gualancañay y Cruz (1983), en el Golfo interior y por Gualancañay (1986), quienes consideran a esta especie como típica de aguas cálidas y marinas, y tiene su desarrollo en profundidades menores a los 100 metros con preferencia a los sedimentos arenosos y areno-limosos.

Cibicides floridanus (Cushman)

Con algunos ejemplares aislados, fue hallada esta especie únicamente en la temporada lluviosa en las estaciones 110 y 112 (Tabla II y Fig. 2), entre 6 y 11 metros de profundidad y tuvo su desarrollo sobre sedimento arenoso. El disco Secchi marcaba entre 1 y 2,5 metros, lo que demuestra una acentuada turbidez durante marzo y quizás a ello se deba la casi total ausencia de ejemplares. El pH del sedimento estuvo con valores de 7,0 para la estación 110, lo que indica una condición negativa para el desarrollo de los foraminíferos y pH 8,0 para la estación 112, considerado como rango normal. La salinidad superficial para estas dos estaciones se mantuvo entre 22 y 26‰. Se tiene antecedentes de esta especie en la plataforma continental de Esmeraldas según datos reportados por Boltovskoy y Gualancañay (1975), quienes hallaron una población escasa entre 0 y 70 metros de profundidad.

Cibicidella variabilis (d'Orbigny)

En las dos temporadas del año se halló esta especie con algunos ejemplares aislados en las estaciones: 130, 142, 160 y 161, asociadas a un sedimento arenoso y con lecturas del d. Secchi entre 0,5 y 2 metros de profundidad para las dos temporadas, lo que estaría indicando una gran turbidez durante el desarrollo de esta especie y con un pH del sedimento de 8,0 que resulta normal para este factor. La salinidad del agua se determinó en un rango entre 19 y 29‰ que en

todo caso corresponde a las aguas mixohalinas. Se tiene antecedentes para esta especie en el Golfo interior, como especie de rasgos morfológicos variables y hallada entre 0 y 70 metros de profundidad (Gualancañay, 1986).

Elphidium articulatum (d'Orbigny)

En el área de estudio, durante las dos temporadas fueron hallados algunos ejemplares aislados correspondientes a esta especie en las estaciones: 122, 128, 135, 153 y 166, sobre sedimento arenoso y limoso entre las profundidades de 11 y 14 metros y con un pH del sedimento entre 7,0 y 8,0. Es decir que mientras en unas estaciones este factor se mantuvo normal, en otras las condiciones fueron ácidas siendo esto negativo para el desarrollo de los caparzones en los foraminíferos calcáreos. La salinidad superficial del agua se mantuvo mixohalina, aunque el rango estuvo entre 18 y 29‰, por otro lado las lecturas del d. Secchi fueron muy mínimas, entre 1 y 3 metros de profundidad, lo que indica condiciones desfavorables para el desarrollo de foraminíferos calcáreos. Para esta área ha sido reportada esta especie por Gualancañay (1986, 1987), quien indica que ésta es típica del litoral y sublitoral, siendo propia de aguas someras y que fue hallada entre 0 y 20 metros de profundidad sobre fondo arenoso y limo-arenoso.

Nonion pizarrense Berry

Al igual que las especies citadas anteriormente, fue hallada con representantes aislados aunque su frecuencia fue mayor que éstas y fue localizada en las estaciones: 112, 113, 117, 123, 129, 130, 132, 145, 146, 150, 154, 160, 161 y 163 (Tablas II y III y Fig. 2). Esta especie fue encontrada en sedimento arenoso a excepción de las estaciones 117 y 150, correspondientes a sedimento limo-arcilloso. Las estaciones en que fue localizada *N. pizarrense* tenían entre 7 y 19 metros de profundidad. Los valores de pH se mantuvieron normales entre 7,5 y 8,0. La salinidad superficial del agua estuvo entre 19 y 29‰ (mixohalinas); las lecturas del disco Secchi fluctuaron entre 1,5 y 5,0 metros.

Boltovskoy (1976), Gualancañay (1986, 1987), consideran a esta especie como típica de aguas cálidas y de aguas someras, habiendo sido reportada para el área entre 0 y 80 metros de profundidad sobre sedimento arenoso.

Pseudononion japonicum (Asano)

Al igual que *N. pizarrense*, esta especie tuvo mayor frecuencia durante las dos temporadas del año aunque con ejemplares aislados, fue hallada en las estaciones: 112, 113, 116, 122, 123, 131, 133, 135, 145, 146, 149, 153, 154 y 166 sobre sedimento arenoso a diferencia de las estaciones 116 y 149, cuyo sedimento estuvo compuesto de arena-arcilla-limo. Esta especie fue encontrada entre 10 y 21 metros de profundidad, con un pH normal del sedimento igual a 8,0, a diferencia de las estaciones 135 y 166 que resultaron con un pH ácido de 7,0. Con respecto a la salinidad superficial del agua, sus rangos estuvieron entre 17 y 27‰, siendo las lecturas del disco Secchi entre 1,5 y 3,0 metros para las dos temporadas indicando gran turbidez para ese año.

Esta especie ha sido considerada como típica de aguas cálidas y de aguas someras, habiendo sido reportada para esta área del Golfo entre 0 y 20 metros de profundidad por (Boltovskoy, 1976) y (Gualancañay, 1986).

Rotalia beccarii (Linné)

Con relación a su frecuencia, esta especie ha tenido mayor distribución al igual que *N. pizarrense* y *P. japonicum*. Con representantes aislados fue localizada en las estaciones: 117, 126, 128, 129, 150, 153, 157, 159 y 160 en pequeñas profundidades entre 7 y 11 metros en sedimentos arenoso, limo-arcilloso y limoso, con un pH del sedimento entre 7,0 y 8,0. La salinidad superficial del agua correspondió al de las aguas mixohalinas con un rango entre 13 y 28‰; las lecturas del disco Secchi marcaron una gran turbidez entre 1,5 y 3 metros.

Esta especie es cosmopolita de aguas salobres, habiendo sido reportada para esta área entre 0 y 20 metros de profundidad (Gualancañay, 1986).

Textularioides inflatus Cushman

Algunos ejemplares aislados correspondientes a esta especie fueron hallados en las estaciones: 109, 117, 123, 124, 130, 142, 150 y 154, sobre sedimentos arenoso y limo-arcilloso entre las profundidades de 7 y 15 metros; con un pH normal del sedimento entre 7,5 y 8,0. El rango de salinidad fue entre 19 y 27‰ y las lecturas del d. Secchi entre 0,5 y 3 metros. Los ejemplares hallados siempre estuvieron adheridos a algún sustrato.

Boltovskoy y Gualancañay (1975), dicen que

esta especie siempre se halla adherida a algún sustrato en uno de sus lados y que el otro siempre queda libre. Gualancañay (1986), la reporta para esta área en profundidades entre 0 y 20 metros.

FACTORES AMBIENTALES

Existen algunos factores ambientales que tienen influencia directa sobre la vida de los foraminíferos bentónicos. Para el presente estudio se han escogido algunos factores considerados importantes para establecer su relación con estos organismos, así tenemos: salinidad, turbidez, pH y sedimentos.

Salinidad

La salinidad tiene gran importancia en los estudios ecológicos y mucho más tratándose del Golfo de Guayaquil en donde este factor resulta muy variable. Stevenson (1981), indica que el estrechamiento del Canal del Morro sirve para dividir el agua salina del estuario exterior, de las aguas más salobres formada por la mezcla en el estuario interior. Boltovskoy (1963), dice que los cambios de este factor y su influencia ocurren comúnmente en los estuarios, zonas costeras, bahías, golfos, etc.

Durante las dos temporadas correspondientes a este estudio los valores superficiales de salinidad del agua fluctuaron entre 16 y 29‰, pertenecientes a las aguas mixohalinas, según la clasificación de Wright (1968), quien ubica a las aguas naturales de acuerdo al rango de salinidad y denomina como aguas mixohalinas a las que tienen valores entre 0,5 y 30 ‰ y hace una división de estas aguas de la siguiente manera: a) aguas mixo-polihalinas entre 18 y 30‰, b) mixo-mesohalinas entre 5 y 18‰, mixo-oligohalinas entre 0,5 y 5‰.

Boltovskoy (1965), indica que la salinidad del 30‰ todavía corresponde a un ambiente marino normal y, desde el 30‰ hasta un 18‰ pertenece al tipo mixohalino es decir una mezcla entre aguas marinas y dulces. El mismo autor dice que en este ambiente y sobre todo en el umbral inferior la mayoría de los foraminíferos marinos dejan de existir. Si se considera esta apreciación y comparando los ejemplares de este trabajo que tuvieron su desarrollo en un rango entre 16 y 29‰ (Fig. 3). Se podría atribuir a que este factor actuó negativamente sobre la supervivencia de éstos.

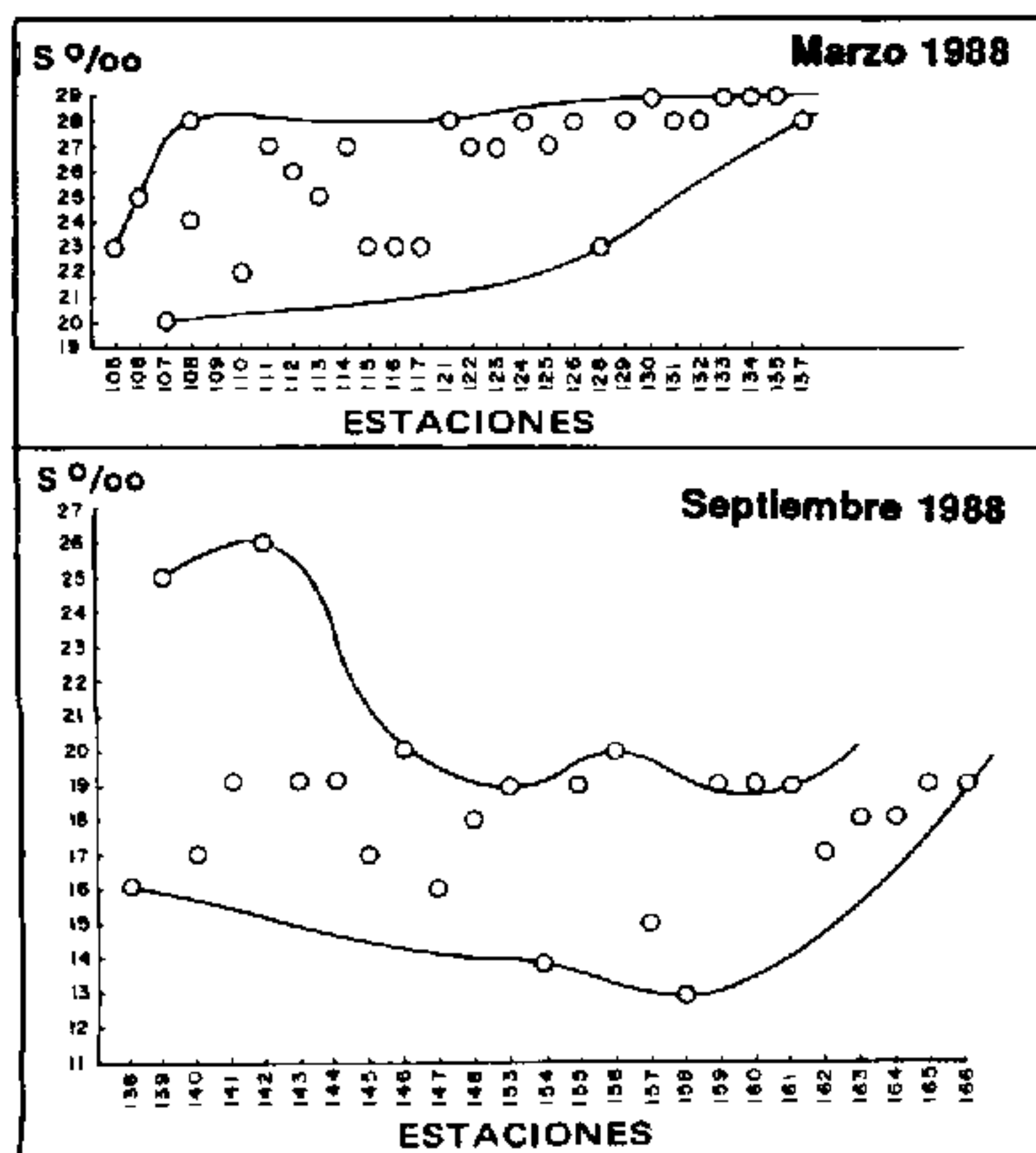


Fig. 3. Aguas mixohalinas, durante marzo y septiembre de 1988, según clasificación de (Wright, 1968).

Turbidez

Según Boltovskoy (1963), el factor turbidez perjudica la vida de los foraminíferos calcáreos y en forma indirecta puede favorecer el desarrollo de los f. aglutinados. Esto puede ocurrir principalmente en las regiones costaneras y desembocaduras, siendo provocada por la presencia de material terrígeno en suspensión. Se ha llegado a determinar que la sedimentación intensa acompañada por la mezcla del agua y la turbidez influyen desfavorablemente sobre la población de los foraminíferos bentónicos.

Si se observa la Figura 4, ésta nos indica que los valores de lectura del d. Secchi se mantuvieron entre 0,5 y 5,0 metros para las dos temporadas del año, esto da como resultado una gran turbidez para el área que se estudia y más aún en las estaciones donde se obtuvieron los mínimos valores del disco y por ende una mayor turbidez, hay una total ausencia de f. bentónicos, coincidiendo esto con lo observado por Boltovskoy (loc. cit.). Lamentablemente al momento no se cuenta con datos sobre valores de análisis de terrígenos en suspensión, quedando esto para posteriores estudios.

Igualmente, este factor fue estudiado en esta área por Stevenson (1981), indicando que la turbidez del agua del estuario interior es lo suficientemente grande y que obtuvo lecturas del disco Secchi entre 1,0 y 3,0 metros para las temporadas lluviosa y seca, indicando también que en la entrada del Golfo éste tiene como promedio en lecturas del disco, 11 metros.

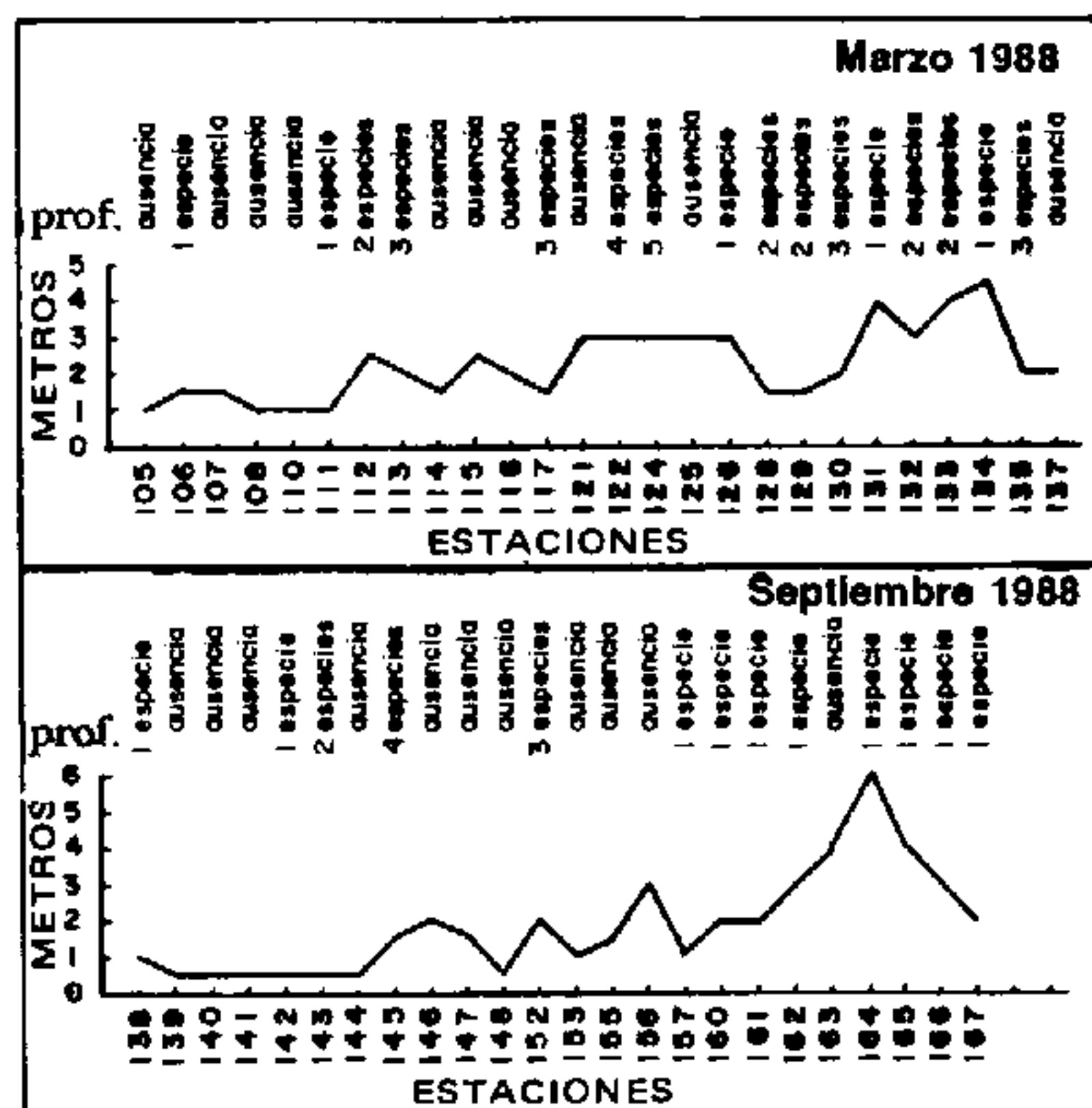


Fig. 4. Valores del Disco Secchi, durante marzo y septiembre de 1988.

Sedimentos

Hay una gran relación entre el sedimento y los foraminíferos bentónicos, principalmente con los f. aglutinados, los mismos que obtienen el material del sustrato para construir sus caparzones (Boltovskoy, 1965).

En la Figura 5, se hace una distribución del tipo de sedimento superficial de acuerdo a la textura del fondo del área que se estudia. Pudiendo observar que casi toda el área está compuesta por sedimento arenoso a excepción de las estaciones 111, 116, 117 y 128, de donde se podría deducir que la escasa población de foraminíferos identificada tuvo preferencia sobre el fondo arenoso. Sin embargo, ocurrió algo que sí llama la atención como es la ausencia de miliólidos que suelen ser abundantes en sedimentos arenosos; igualmente hubo carencia de f. aglutinados, habiéndose hallado únicamente algunos ejemplares aislados de *T. inflatus*.

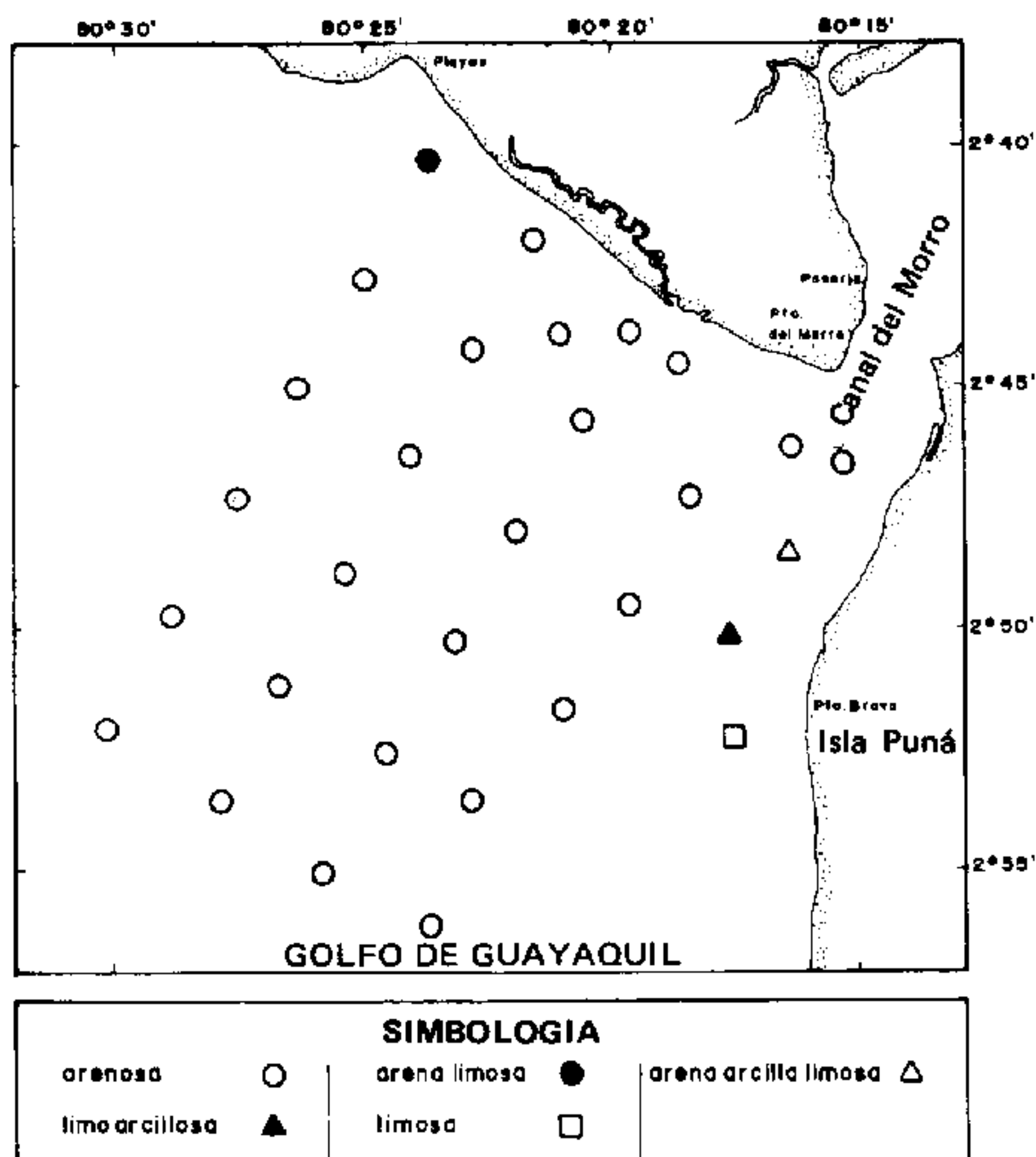


Fig. 5. Distribución superficial de los sedimentos de acuerdo a su textura.

pH

La alcalinidad, acidez o neutralidad del agua de mar está condicionada por la presencia de determinados iones. El agua de mar tiene un pH de 8,1 y las oscilaciones van desde 7,8 hasta 8,3. Además se considera que un pH bajo es la causa de la escasa cantidad de foraminíferos calcáreos por cuanto en algunas especies la acidez elevada las perjudica ya sea por razones fisiológicas en unos casos y disolviendo los caparzones vacíos en otros (Boltovskoy, 1963 y 1965).

En la Figura 6, se puede observar los valores del pH durante los meses de marzo y septiembre, los que fueron normales entre 7,5 y 8,0. No ocurriendo lo mismo en las estaciones 105, 110 y 128 correspondientes a marzo, en que el valor del pH fue de 7,0 indicando acidez para estas estaciones y desfavorable para el desarrollo de los foraminíferos calcáreos, habiendo coincidido con la ausencia de estos organismos, tal como se puede observar en la Tabla II. En la misma Figura 6, para septiembre también hubo acidez en las estaciones 156 y 167.

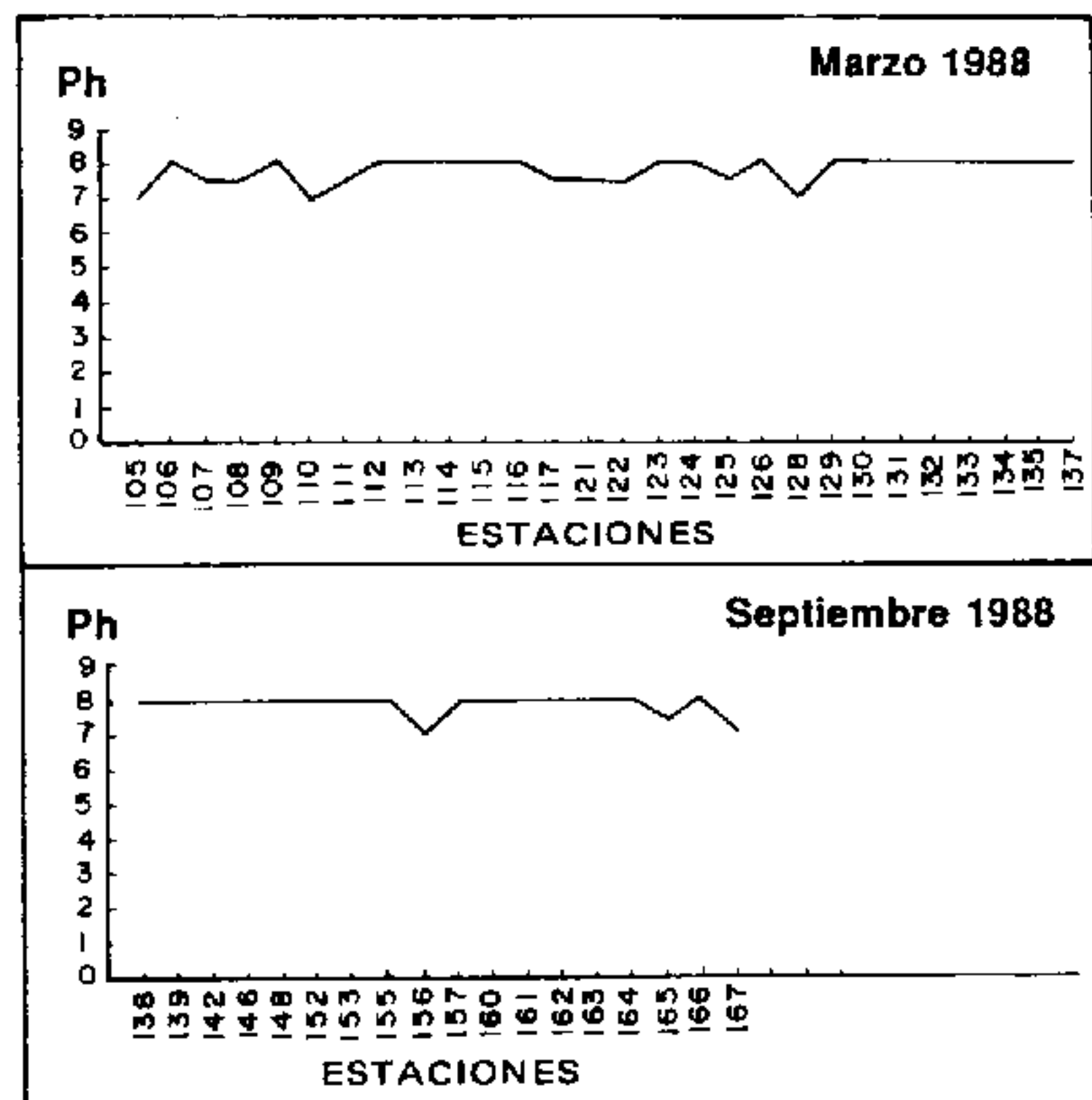


Fig. 6. Valores de Ph, durante marzo y septiembre de 1988.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Las especies de foraminíferos bentónicos halladas en el área de estudio corresponden al de aguas mixohalinas, de acuerdo a la clasificación propuesta por Wright (1968), cuyos rangos fluctuaron entre 16 y 29‰ para las dos temporadas del año. Y de acuerdo con Boltovskoy (1965), cuya clasificación ubica a los foraminíferos de aguas mixohalinas a los que viven entre 18 y 30‰, es decir cuando hay una mezcla de aguas marinas y dulces, el mismo autor dice que en el umbral inferior (18‰), las especies dejan de sobrevivir. Si se considera la pobreza total de estos organismos tanto en diversidad como en población de especies se podría concluir que el factor salinidad fue negativo para el desarrollo de éstas por cuanto son estrictamente marinas a excepción de *E. articulatum*, *R. beccarii* y *T. inflatus*, que son de aguas salobres.

En lo que respecta a los valores de lectura del disco Secchi, para las dos temporadas, se tuvo resultados mínimos entre 0,5 y 5,0 metros, lo que indica una gran turbidez para el área, la que estaría causada por la gran dinámica que existe en el área provocada por las corrientes, por las mareas, por los vientos, etc., originando un gran aporte de material terrígeno en suspensión. A pesar de no contar al momento con datos de material terrígeno particulado, se podría deducir que la notoria ausencia de organismos en el área se deba a este factor, el mismo que estaría causando una rápida sedi-

mentación y por ende estaría enterrándolos en unos casos, fragmentándolos en otros e inhibiéndolo de oxígeno para su supervivencia. Esta turbidez en el Golfo interior fue observada por Stevenson (1981), quien reportó datos del disco Secchi entre 1,0 y 3,0 metros para las dos temporadas.

El sedimento superficial del área está constituida principalmente de sedimento arenoso. Según Boltovskoy (1965), cuando existe predominio de este tipo de sedimento da lugar al desarrollo de foraminíferos aglutinados y al de miliólidos. Sin embargo, este caso no ocurre con los organismos del presente trabajo ya que hay total ausencia de miliólidos y la presencia de algunos ejemplares aislados de *T. inflatus*; lo que hace pensar que esta ausencia esté influenciada por las mismas causas que ocasionan la turbidez del área.

El factor pH, fue normal para casi toda el área durante las dos temporadas del año. En los casos en que el pH fue ácido igualmente se notó ausencia de organismos, lo que habría ocurrido es que, con un pH ácido, los caparazones de material calcáreo se hallan disueltos.

AGRADECIMIENTO

La autora desea dejar constancia de su agradecimiento a los señores Directores de INOCAR, al señor Jefe del Dpto. de Ciencias del Mar por el apoyo brindado y por la lectura del manuscrito, al señor Víctor Mesías por su colaboración en la ilustración de los gráficos que aparecen. Igualmente al señor Comandante y Personal de tripulación de la LAE. "Rigel", finalmente a todos quienes en una u otra forma ayudaron a la publicación de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Boltovskoy, E., 1963. Foraminíferos y sus relaciones con el Medio.- Mus. Argent. Cienc. Nat., Rev. Hidrobiol., Vol. 1, Nº 2, p: 21-109.
- Boltovskoy, E., 1965. Los Foraminíferos Recientes (biología, métodos de estudio, aplicación oceanográfica).- p: 1-510, textfigs. 1-114, EUDEBA, Buenos Aires.
- Boltovskoy, E., 1976. Distribution of Recent Foraminifera of the South American Region.- Academic Press, London, Vol. II, p: 171-236.
- Boltovskoy, E. & E. Gualancañay, 1975. Foraminíferos Bentónicos Actuales de Ecuador. 1. Provincia Esmeraldas.- Inst. Ocean. Arm., Ecuador. Rev. Biol., Nº 5, p: 1-56.
- Gualancañay, E. 1986. Distribución de los Foraminíferos Bentónicos del Golfo de Guayaquil.- Act. Oceanogr. Pacif., Rev. Inst. Ocean., Armada. Ecuador. Vol. III, Nº 1, p: 93-120.
- Gualancañay, E., 1987. Foraminíferos Bentónicos de los Canales de Jambelí y del Morro en el Golfo de Guayaquil.- Act. Oceanogr. Pacific., Rev. Inst. Ocean., Armada. Ecuador. Vol. IV, Nº 1, p: 103-120.
- Gualancañay, E. & M. Cruz, 1983. Relación Ecológica de *Crassinella varians* (bivalvo) y *Cibicides bertheloti*, f. *boueana* (foraminífero) en el Golfo de Guayaquil.- Act. Oceanogr. Pacif., Rev. Inst. Ocean., Armada. Ecuador. Vol. II, Nº 2, p: 161-168.
- Stevenson, M., 1981. Variaciones Estacionales en el Golfo de Guayaquil, un Estuario Tropical.- Bolet. Cientif. Técnic., INP., Vol. IV, Nº 1, p: 5-133, Guayaquil, Ecuador.
- Walton, W. R., 1952. Techniques for recognition of living foraminifera.- Cushman Found. For. Res., Vol. 3, Nº 2.
- Wright, R. 1968. MILIOLIDAE (Foraminíferos) Recientes del Estuario del Río Quequen Grande.- Mus. Argent. Cienc. Nat., Rev. Hidrobiol., Vol. II, Nº 7.

Nº Estación (marzo)	Nº Estación (sept.)	Latitud	Longitud	Textura*	Profundidad (m)
105	138	2° 46' 35"	80° 15' 15"	Arenosa	50
106	139	2° 46' 14"	80° 16' 14"	Arenosa	11
107	140	2° 44' 27"	80° 18' 25"	Arenosa	10
108	141	2° 43' 53"	80° 19' 33"	Arenosa	5
109	142	2° 43' 53"	80° 20' 53"	Arenosa	10
110	143	2° 42' 00"	80° 21' 26"	Arenosa	6
111	144	2° 40' 20"	80° 23' 32"	Arena-limosa	5
112	145	2° 42' 45"	80° 24' 50"	Arenosa	10
113	146	2° 44' 14"	80° 22' 42"	Arenosa	10
114	147	2° 45' 43"	80° 20' 34"	Arenosa	9
115	148	2° 47' 10"	80° 18' 20"	Arenosa	10
116	149	2° 48' 28"	80° 16' 23"	Arena-arcilla-limosa	15
117	150	2° 50' 00"	80° 17' 40"	Limo-arcillosa	10
121	152	2° 48' 00"	80° 21' 50"	Arenosa	8
122	153	2° 46' 28"	80° 23' 58"	Arenosa	14
123	154	2° 45' 00"	80° 26' 10"	Arenosa	15
124	155	2° 47' 13"	80° 27' 27"	Arenosa	15
125	156	2° 48' 50"	80° 25' 20"	Arenosa	16
126	157	2° 50' 13"	80° 23' 06"	Arenosa	15
129	160	2° 53' 32"	80° 22' 43"	Arenosa	6
130	161	2° 52' 33"	80° 24' 27"	Arenosa	10
131	162	2° 51' 10"	80° 26' 35"	Arenosa	17
132	163	2° 49' 38"	80° 28' 43"	Arenosa	18
133	164	2° 52' 07"	80° 30' 07"	Arenosa	21
134	165	2° 53' 37"	80° 27' 50"	Arenosa	19
135	166	2° 55' 00"	80° 25' 43"	Arenosa	11
137	167	2° 56' 05"	80° 23' 37"	Arenosa	8

Tabla I. Posición de las estaciones durante marzo y septiembre de 1988, en el Golfo de Guayaquil Interior.

* Datos proporcionados por Div. Geología - INOCAR

ESTACIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
C. floridanus																															
C. bertheloti																															
E. orthostetum																															
N. pizarroae																															
P. japonicum																															
R. beccarii																															
C. variabilis																															
T. inflatus																															
Nº ESPECIES	1			2	3			3				4	5	1			2	2	3	1	2	2	1								

Tabla II. Presencia de especies de foraminíferos bentónicos durante marzo de 1988, en el Golfo de Guayaquil Interior.

ESTACIONES	130	133	140	141	142	143	145	146	147	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167
ESPECIES																												
C. bertheloti																												
E. orthostetum	●						●																			●		
N. pizarroae						●	●			●				●			●										●	
P. japonicum							●			●				●														
R. beccarii							●			●								●	●	●		●					●	●
T. inflatus				●																								
C. variabilis																												
Nº ESPECIES	1	0	0	0	1	2	0	4	0	0	0	0	0	3	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

Tabla III. Presencia de especies de foraminíferos bentónicos durante septiembre de 1988, en el Golfo de Guayaquil Interior.

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MOLUSCOS BIVALVOS PERFORADORES DE LAS MADERAS MAS RESISTENTES (LAUREL, MORAL, PALO DE VACA) Y LA MAS "ATACADA" (MANGLE) EN LA COSTA ECUATORIANA*

Por:

MANUEL CRUZ (1)
GLADYS TORRES (1)
FELICITA VILLAMAR (2)

RESUMEN

Se identifican los bivalvos perforadores de una de las maderas más atacadas como el Mangle y las especies encontradas más resistentes. Se analizan las diferencias encontradas a nivel de especies y el porcentaje de infestación en cada madera, en los Puertos de Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja y Base Naval Sur de la costa ecuatoriana. Se presentan frecuencias, gráficos y distribución de los organismos encontrados en los puertos mencionados.

ABSTRACT

The wood-boring molluscs species are identified from one the most affected wood (mangrove) and from the most resistant wood (laurel, moral, palo de vaca). The specific differences are analyzed for each place and the porcentaje of infestation in each wood, at the ports of Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja and Base Naval (Gulf of the Guayaquil interior) of the ecuadorian coast. Graphics are presented on the distribution of the organism found at the different localities.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende la mayor parte de la costa ecuatoriana teniendo como "estaciones" los puertos de Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja, y Base Naval Sur, abarcando una área desde una Lat. Norte a 2° 45' lat. Sur, y desde 79° 40' long. W., aproximadamente.

En el área mencionada durante la época no lluviosa (mayo-diciembre) y especialmente entre julio y septiembre, la zona norte del país en el puerto de Esmeraldas predominan aguas cálidas o tropicales. En Manta generalmente es variable por ser zona de transición y depende su ecología del desplazamiento del Frente Ecuatorial, mientras que Salinas y Posorja se encuentran aguas influenciadas por la corriente del Perú, y en la Base Naval Sur posee un ambiente estuarino por encontrarse en el Golfo de Guayaquil interior.

INTRODUCCION

Los moluscos bivalvos perforadores de maderas

más especializados, pertenecen a la Familia TEREDINIDAE (Dean, 1978), aunque también hay representantes de la Familia PHOLADIDAE como el género *Martesia* que también se aprovechan de la celulosa.

Se conocen las especies que atacan al mangle en la costa ecuatoriana (Cruz, et. al., 1987) considerándose como una de las maderas más atacadas y comúnmente usadas en construcciones de muelles en el medio marino; pero no se conocen las especies que "atacan" a las maderas consideradas más resistentes o menos atacadas como son Laurel, Moral y Palo de vaca.

Con el propósito de saber si son las mismas especies u otras las que atacan a las maderas consideradas más "resistentes" y las más degradadas; así como, su distribución y abundancia en los diferentes puertos del Ecuador; para determinar si existe alguna sustancia que inhiba o disminuya la actividad de estos bivalvos, conociendo estos resultados nos permitirá orientarnos mejor en la realización de los bioensayos y selección de las especies y así poder recomendar los métodos a seguir para disminuir los daños que causan estos bival-

* Trabajo presentado al 1er. Congreso de Ciencias, Quito, marzo 24-28 de 1987

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

(2) Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Guayaquil - Ecuador.

vos en los muelles y construcciones de maderas que se realizan en el mar ecuatoriano.

MATERIALES Y METODOS

Los colectores de los organismos perforadores estaban formados por 12 "trozos" o "bloques" de diferentes especies de maderas. Después de haber permanecido por el tiempo de 3, 8 y 12 meses en el medio marino expuestos al ataque de los moluscos incrustantes, se preservaron y se tomaron radiografías en los tiempos mencionados, seleccionándose las maderas menos atacadas ("resistentes") y las más degradadas.

Los bloques o trozos de maderas con los organismos preservados en formol neutralizado, fueron expuestos en bandejas enlozadas de color blanco, la que contenía agua potable en la que se sumergía el bloque para facilitar la separación de los organismos, los mismos que se colocaron en diferentes frascos pequeños, separados por especies. Para este objetivo se usaron estereomicroscopio, lupas manuales y varios tipos de pinzas.

Los ejemplares que se separaron se identificaron con un estereomicroscopio ZEISS de 80X aumentos, y un microscopio LEITZ 1000X aumentos.

RESULTADOS

PUERTO DE ESMERALDAS

- De las cuatro especies que no infestaron al mangle, tres se hallaron en las maderas menos atacadas. (Fig. 1).
- Las especies más abundantes y frecuentes son *Bankia gouldi* y *Bankia orcutti*, siendo la primera la causante de la mayor degradación de la madera. (Fig. 2).
- En este puerto se observó la mayor diversidad de moluscos perforadores de toda la costa ecuatoriana. (Tabla I).
- Se encontró *Martesia striata* infestando el laurel, haciendo de este lugar el único que posee las dos familias de bivalvos perforadores de maderas: TEREDINIDAE y PHOLADIDAE. (Tabla II).
- Se considera que para este puerto podría disminuirse el efecto de degradación de las maderas en el medio marino usando el Moral. Se recomienda

realizar bioensayos con *Bankia gouldi* para conocer las exigencias de esta larva y controlar su acción destructiva.

PUERTO DE MANTA

- A este puerto le corresponde el segundo lugar por su diversidad de especies. (Tabla I).
- Se considera que *Teredo furcifera* y *Lyrodus pedicellatus*, respectivamente, son las especies causantes del mayor daño de las maderas en el mar.
- De toda la costa ecuatoriana sólo en este lugar se encontró al bivalvo *Lyrodus medilobata* infestando las maderas menos atacadas y al Isópodo *Limnoria* degradando superficialmente el Mangle, Moral y Palo de vaca, menos al Laurel.
- Se halló una especie que no infesta al Mangle, sino a las maderas más resistentes; esta es, *Teredothyra matocotana*. (Tabla II).
- Por su posición geográfica esta zona considerada de transición por influencia del Frente Ecuatorial o tener influencia de aguas cálidas provenientes del norte del país o de la corriente fría del Perú, dependiendo de la época, siendo esta una de las razones de su diversidad de especies y su difícil situación para controlar la degradación a las maderas.
- Se recomienda hacer bioensayos con *T. furcifera* y usar el Moral. No es conveniente usar el Mangle en construcciones expuestas al mar.

PUERTO DE SALINAS

- Este puerto ocuparía el tercer lugar en diversidad de moluscos perforadores. (Tabla I).
- Las especies que infestan al Mangle, también se localizaron en las maderas menos atacadas. A excepción de *T. matocotana*. (Tabla II y Fig. 2).
- La especie más abundante y responsable del mayor daño a las maderas es *T. furcifera*, que prefieren degradar el Mangle donde se encontró ocho especies de bivalvos perforadores, mientras que en las maderas menos atacadas, tuvieron un máximo de cinco especies, pero fueron poco abundantes.
- Se recomienda usar el Moral y realizar bioensayos a nivel larvario en el laboratorio con *T. furcifera* para controlar o disminuir el daño.

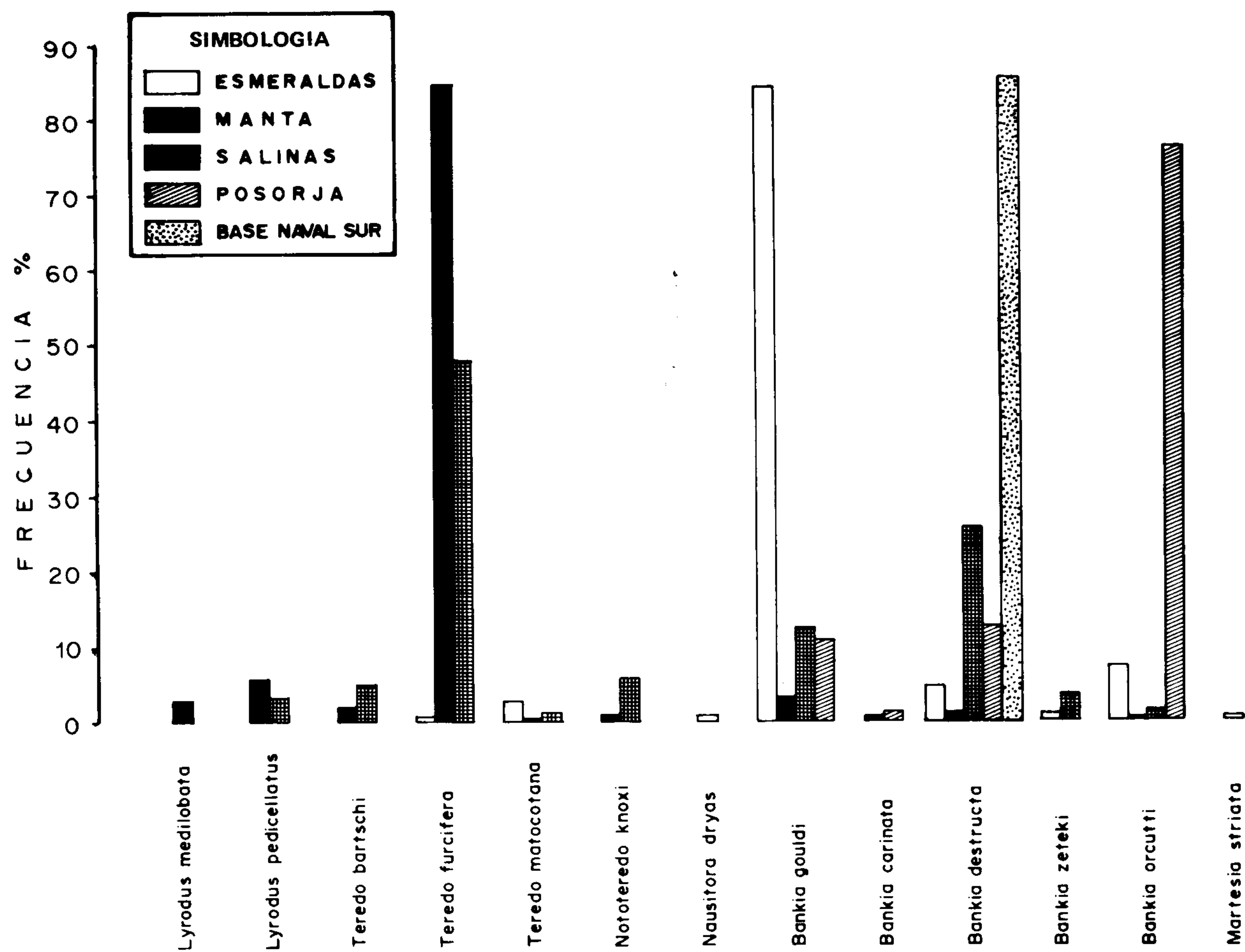


Fig. 1. Frecuencias de las especies de moluscos perforadores de madera en los puertos de: Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja y Base Naval Sur.

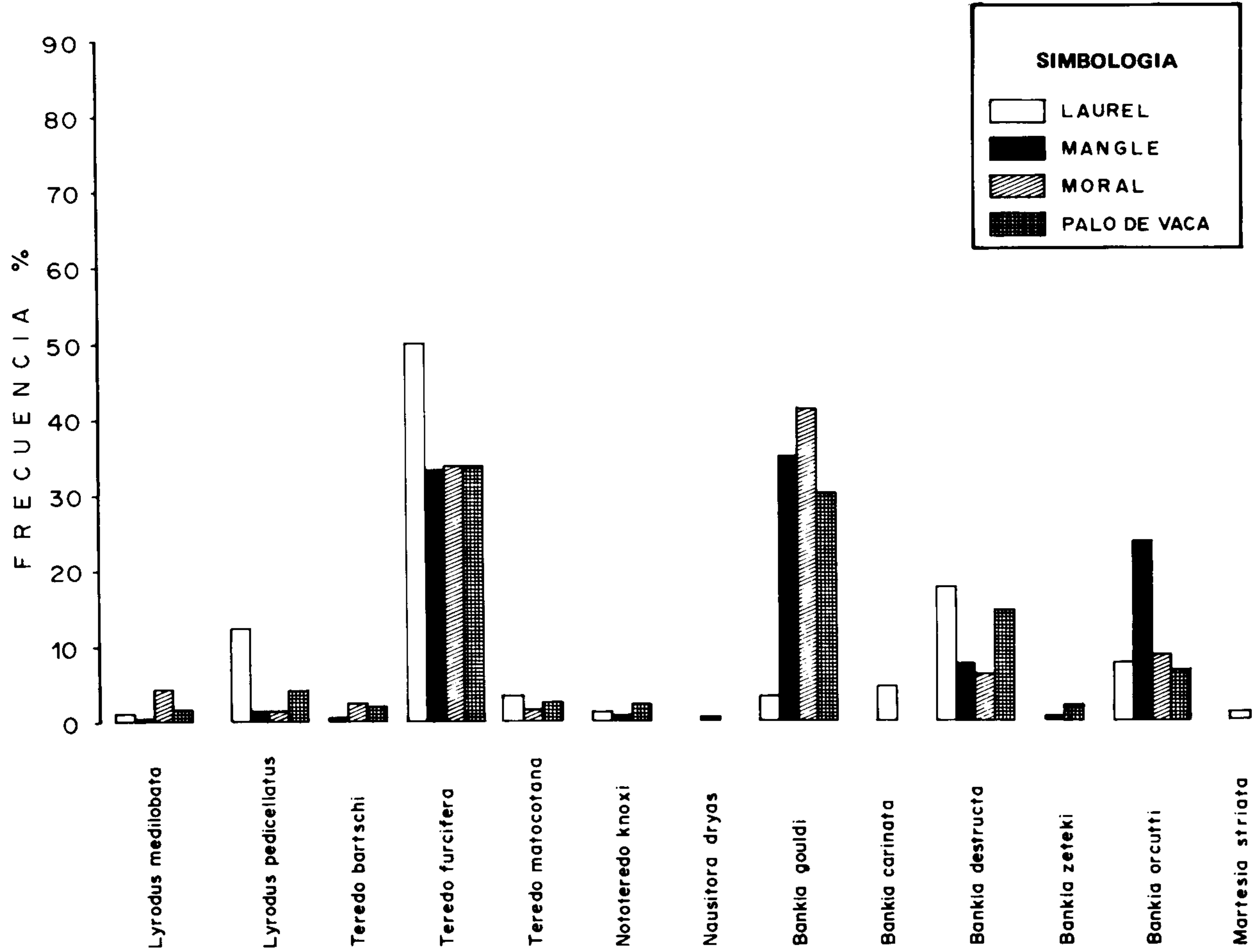


Fig. 2. Frecuencias de las especies de moluscos perforadores, en las maderas resistentes (laurel, moral, palo de vaca) y la más atacada (mangle) en la costa ecuatoriana.

PUERTOS		ESMERALDAS				MANTA				SALINAS				POSORJA				BASE NAVAL SUR			
MADERAS	ESPECIES	LAUREL	MANGLE	MORAL	PALO DE VACA	OCURRENCIA	LAUREL	MANGLE	MORAL	PALO DE VACA	OCURRENCIA	LAUREL	MANGLE	MORAL	PALO DE VACA	OCURRENCIA	LAUREL	MANGLE	MORAL	PALO DE VACA	OCURRENCIA
<i>Teredothyra matocotana</i>		+	+	+	3				+	1		+	1				-				-
<i>Lyrodus pedicellatus</i>						-	+	+	+	+	4	+	+	+	3	+	1				-
<i>Lyrodus medilobata</i>						-	+	+	+	+	4				-						-
<i>Teredo furcifera</i>				+	1	+	+	+	+	4		+	+	+	3			-			-
<i>Teredo bartschi</i>						-			+	+	2	+	+	2			-				-
<i>Nototerodo knoxi</i>		++		+	3		+		+	2					-			-			-
<i>Nausitora dryas</i>			+		1						-						-				-
<i>Bankia carinata</i>						-	+			1				+		1					-
<i>Bankia gouldi</i>		++++			4		+		1	++	+	3	++		2						-
<i>Bankia destructa</i>		++		+	3		+		1	++	+	3	+		1	++++		4			-
<i>Bankia zeteki</i>					+	1				-		+	+	2				-			-
<i>Bankia orcutti</i>		++++			4		+		1	+		1	++		2						-
<i>Martesia striata</i>		+			1					-					-			-			-
Nº de especies		6	5	4	6		4	7	4	6		2	7	3	6		1	4	2	-	1

Tabla I. Presencia de bivalvos perforadores en las maderas menos atacadas y una de las más infestadas como el mangle en los puertos de la costa ecuatoriana.

MADERAS	ESPECIES											NUMERO DE ESPECIES		
	LAUREL	MANGLE	MORAL	PALO DE VACA	<i>Teredothyra matocotana</i>	<i>Lyrodus pedicellatus</i>	<i>Lyrodus medilobata</i>	<i>Teredo furcifera</i>	<i>Teredo bartschi</i>	<i>Nototerodo knoxi</i>	<i>Nausitora dryas</i>	<i>Bankia carinata</i>	<i>Bankia gouldi</i>	<i>Bankia destructa</i>
LAUREL	3	10	1	46		1		3	3	13		7	1	11
MANGLE		10	2	325	4	2	2	1	34	167	4	224		12
MORAL	3	2	8	67	5						79	12		8
PALO DE VACA	8	13	4	110	6	7					96	16	5	20

Tabla II. Número de organismos de especies de bivalvos perforadores para cada madera (laurel, mangle, moral, palo de vaca) en la costa ecuatoriana.

PUERTO DE POSORJA

- En este puerto, de las cuatro especies de moluscos perforadores que se observaron, la más abundante y causante de la mayor degradación de la madera es *Bankia orcutti*. (Fig. 2).
- El Palo de Vaca y el Moral fueron las maderas menos atacadas, mientras que el Mangle fue muy infestado.
- Sólo en esta zona se encontró a *Bankia carinata*.

BASE NAVAL SUR

- La única especie encontrada en este ambiente estuarino fue *Bankia destructa* infestando mayormente al Mangle. Pero trabajos recientes han encontrado en Puerto Nuevo a *Bankia orcutti*.
- El Moral fue el menos infestado.
- Un estudio con estas especies podría dar recomendaciones para reducir el daño a las maderas expuestas al medio estuarino del Estero Salado.

CONCLUSIONES

- Se observa que la mayor diversidad de especies se localizan en la región Norte del país y disminuye gradualmente hacia el Sur. Esta característica se cumple en forma total y también en las maderas menos atacadas.
- En Posorja y la Base Naval Sur las maderas menos atacadas fueron infestadas por las especies que perforan el Mangle; mientras que al Norte del país en las maderas menos atacadas se encontraron especies diferentes a las que se observaron en el Mangle. (Fig. 1).
- Sólo en Manta se encontró al Isópodo *Limnoria*.
- El Mangle fue infestado por el mayor número de especies en Salinas, el Palo de vaca en Esmeraldas y Manta, el Laurel y el Moral en Esmeraldas.
- Las especies más abundantes en la costa ecuatoriana fueron: *T. furcifera* en Manta, *B. gouldi* en Esmeraldas y *B. orcutti* en Posorja. Todas prefieren el Mangle. (Fig. 1).
- *T. furcifera*, *T. bartschi* y *B. zeteki*, amplían su distribución en el Ecuador.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su reconocimiento al Director del INOCAR, Sr. CPFG-EM Hernán Moreano; al Subdirector, CPCB-UN Galo Dávila y al Jefe del Dpto. de Ciencias del Mar, TNNV-UN Fernando Zurita, por el apoyo brindado en esta investigación.

Así mismo quisiéramos dejar constancia a nuestros compañeros del INOCAR por sus críticas constructivas, especialmente al Msc. Biol. Fernando Arcos por las sugerencias del resumen en inglés y al Sr. Víctor Mesías O., por los dibujos y diagramación del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Bartsch, P., 1944.- A new Shipworm From the Panama Canal. Smithsonian Mis. Coll. Vol. 104, No. 8, pp: 1-3.
- Barnard, J. L., y D. J. Reish, 1957.- First discovery of Marine Wood Boring Copepods. Science. Vol. 125, No. 3241, p: 236.
- Barnes, H., 1972.- Fundamental aspects of the problem of antifouling. Proc. 3rd. Internat. Cong. Mar. Corr., and fouling. Maryland, pp: 648-652.
- Benson, P. H., D. L., Brining and D.W. Perrin, 1973.- Fouling and its Prevention. Mar. Tech. Vol. 10, No. 1, pp: 30-37.
- Boyle, P. J. y R. D. Turner, 1976.- The Larval Development of the wood boring piddock *Martesia striata* (L) (Mollusca: Bivalvia: Pholadidae) J. exp. mar. Ecol., Vol. 22, pp: 55-68.
- Bultan, J. D., 1978.- The Naval research laboratory and Marine wood - destroyers. Naval research, Arlington. Vol. 21, No. 8, pp: 1-29.
- Calvo, G., 1984.- Ataques de organismos perforantes a seis especies de maderas expuestas al medio marino. Contrib. Dpto. Ocean. (F. H. C.) Montevideo. Vol. 1, No. 3, pp: 1-7.
- Crip, D. J., 1982.- Mechanisms of adhesion of fouling organisms. Third Int. Cong. Mar. Corr. and foul, Maryland, pp: 691-709.
- Cruz, M., 1986.- Efectos de los Moluscos Incrustantes en Maderas no tratadas en los puertos de Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja y Base Naval (Ecuador). Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 3, No. 1, pp: 157-183.

- Cruz, M., G. Torres y F. Villamar, 1987.- Moluscos bivalvos perforadores de la madera *Rhizophora harrisoni* (mangle). Acta Oceanográfica del Pacífico, 4(1): 121-160.
- Culliney, J. L., 1975.- Comparative larval development of the shipworms *Bankia gouldi* and *Teredo navalis*. Mar. Biol. Vol. 29, pp: 245-251.
- Dean, R. C., 1978.- Mechanisms of wood digestion in the shipworm *Bankia gouldi* Bartsch enzyme degradation of celluloses, hemicelluloses, and wood cell walls. Biol. Bull., 155: 297-316.
- Eckelbarger, K. J. and D. J. Reish, 1972.- A first report of self-fertilization in the wood-boring family Teredinidae (Mollusca; Bivalvia). Bull. South Calif. Acad. Sci. Vol. 71., No. 1, pp: 48-50.
- Eckelbarger, K. J. y D. J. Reish, 1972.- Effects of varying temperatures and salinities on settlement, growth and reproduction of the wood-boring pelecypod, *Lyrodus pedicellatus*. Bull. Calif. Acad. Sci. Vol. 71, No. 3, pp: 116-127.
- Hendricky, M., 1980.- Range extensions of three species of Teredinidae (Mollusca Bivalvia) Along the Pacific coast of America. The veliger. Vol. 23, No. 1, pp: 93-94.
- Keen, M., 1971.- Sea Shells of tropical west America. Stanf. Univ. Press. Calif. 2da. Edit., pp: 1-1064.
- Knudsen, J., 1961.- The Bathyal and Abyssal *Xylophage* (Pholadidae Bivalvia) Galathea report. Vol. 5, pp: 163-208.
- Kofoed, C. A., y R. C., Miller, 1972.- Biological section. In Marine Borers and their relation to marine construction on the Pacific coast (C. L. Hill, and C. A. Kofoed, eds.). San Francisco Bay Piling Comm. San Francisco. Figs. 68-141, pp: 188-343.
- Moreano, H., E. Zambrano, R. Trejos de Suéscum y N. Paredes, 1986.- El Niño 1982-83. Su formación, su desarrollo y sus manifestaciones en aguas ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 3, No. 1, pp: 1-23.
- Scheltema, R.S., 1971.- Dispersal of Phytoplanktotrophic Shipworm larvae (Bivalvia: Teredinidae) over long distances by ocean currents. Intern. Jour Oceans and coastal water. Vol. 11, No. 1, pp: 5-11.
- Stuardo, J. H., Saeler y R. Rosende, 1970.- Sobre el ataque de *Bankia* (*Bankia*) *martensi* Stempel (Mollusca: Bivalvia) a maderas chilenas no tratadas. Bol. Soc. Biol. de Concepción. Tomo XLII, pp: 153-166.
- Turner, R. D., (1954).- The family Pholadidae in the western Atlantic and Eastern Pacific. Part I Pholadinae. Johnsonia 3, pp: 3-64.
- Turner, R. D., (1966).- A survey and illustrated catalogue of the Teredinidae. Cambridge. Mus. of Comp. Zoop. Harvard. Univ. Cambridge. Mass, pp: 265.
- Turner, R. D., (1971).- Identification of marine wood-boring mollusks. Marine Borer, Fungi and fouling Organisms of wood. Chapter I, pp: 17-64.
- Turner, R. D., y A. C., Johnson, 1971.- Biology of marine wood-boring mollusks. Marine Borers, Fungi and Fouling Organisms of wood. Chapter 13, pp: 259-301.
- Turner, R. D., y J. L., Culliney, 1972.- The Biologist's view of the Teredinidae and their control (with a documentary film on *Teredo* Life (Histories). Proc. 3rd. Internat. Cong. Mar. Corr. and Foul. Maryland, pp: 83-93.
- Turner, R. D., 1976.- Some factors involved in the settlement and metamorphosis of Marine. Bivalve larvae. Proc. 3rd. Internat. Biodegradation Symposium, pp: 409-416.
- Turner, R. D., 1977.- Search for a "Weak link" proc. Workshop biodegr. trop. woods. Naval Research lab. pp: 31-40.
- Vokes, H. E., 1980.- Genera of the Bivalvia: A systematic and bibliographic catalogue. (Revised and updated). Paleont. Res. Inst. Ithaca. N. Y., USA. pp: 1-307.

ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO Y MINERALOGICO DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL ECUATORIANA EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SALINAS Y AYAMPE

Por:

BOLIVAR SOLEDISPA (1)
JOHNNY VILLACRES (1)

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de las investigaciones realizadas sobre sedimentos superficiales de fondo, desde el punto de vista granulométrico, químico y mineralógico.

Un total de 84 muestras del área entre Salinas y Ayampe (Provincia del Guayas, Ecuador), fueron analizadas, de cuyos resultados se determinó una predominancia de arena media a fina, mal seleccionadas, con relativo porcentaje de carbonatos. Mineralógicamente se observó una predominancia de minerales livianos, con alto porcentaje de feldespatos en la mayoría de las muestras, lo cual indica que los sedimentos son inmaduros. El origen de los sedimentos depositados en el área, se lo atribuye a un origen mixto: procedentes de la carga sedimentaria transportada por el río Guayas, y a la erosión de las rocas de las formaciones costeras.

El conjunto de minerales encontrados, sugieren una derivación de una mezcla de rocas ígneas y sedimentarias, pudiéndose distinguir tres provincias mineralógicas en la plataforma.

ABSTRACT

This paper presents the results of the research in surface marine sediment samples, based upon granulometric, chemical and mineralogical analysis.

Eighty four samples of sand from the area between Salinas and Ayampe (Province of Guayas, Ecuador), were analyzed showing predominance of medium to fine sand, poorly sorting, with low percentage of carbonates. Mineralogically, there is predominance of loose minerals with high percentage of feldspar in the majority of the samples, indicating that the sediments are immature. The sediments deposited in the area are of mixed origin: They come from the sedimentary loading transport by the Guayas River, and to the erosion of the rocks of the coastal zone.

The group of minerals found suggest a derivation of a mixture of igneous and sedimentary rocks. Three mineralogical provinces are distinguished in the continental shelf.

INTRODUCCION

Dado el interés cada vez más creciente de materia prima para las industrias, la comunidad científica internacional en el campo de la geociencia marina, ha recomendado que los países en vías de desarrollo se incorporen a la investigación del mar, comenzando con el levantamiento de un inventario de los recursos existentes frente a las costas y plataformas continentales, que comprendan los hidrocarburos, minerales pesados de origen detrítico y los áridos para

la construcción.

Este tipo de investigación, tal como el estudio del origen y distribución de los sedimentos, sirven como guía en la planificación de programas que tengan como objetivo la exploración racional de la zona costera y plataforma continental, para tratar de hallar recursos minerales potencialmente valiosos.

Pese a la importancia ya señalada, son pocos los trabajos de investigación realizados en esta área en el

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

Ecuador. Entre estos tenemos: "Estudio de la Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental del Golfo de Guayaquil" (Benítez, 1975); "Estudio de la Morfología y Estructura de la Plataforma Continental Ecuatoriana" (De Miró et al., 1976); "Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental de la Provincia de Esmeraldas, Ecuador" (De Miró et al., 1977); "Estudio de la Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental de Puerto López" (Cuenca, 1976); "Estudio de la Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental entre Cabo San Lorenzo-Punta Jama" (García, 1982); "Morphodynamic and sedimentation of the Rio Guayas Delta, Ecuador" (Cruz-Orozco, 1974).

Continuando con lo ya iniciado en este campo por algunos investigadores, en este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el estudio de los sedimentos superficiales de fondo de la plataforma continental comprendida entre Salinas y Ayampe, la cual es considerada como una de las áreas geográficas más importantes en el campo de la Geología Marina.

Para la realización de este estudio se utilizaron las muestras de sedimentos tomadas en el BAE "ORION" en noviembre de 1986, en cumplimiento de un contrato con la Compañía Belco Petroleum, así como también las muestras colectadas en un remolcador de la Superintendencia del Terminal Petrolero de La Libertad en febrero de 1987.

Esta investigación tiene como principal objetivo conocer como están distribuidos los sedimentos en el área, su origen, procedencia y su comportamiento en relación a los agentes de transporte y sedimentación que allí actúan.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el sector de la plataforma continental desde Salinas hasta Ayampe, el mismo que se encuentra en la parte más occidental de la Provincia del Guayas y comprende unos 2100 Km. cuadrados aproximadamente, dentro de los paralelos $1^{\circ}40'$ y $2^{\circ}15'$ de latitud Sur, y los meridianos $80^{\circ}45'$ y $81^{\circ}10'$ de longitud Oeste (Fig. #1). El sector Norte de esta plataforma es amplia (36 Km.), con relación al sector Sur que es más estrecho (8 Km.).

CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA

Clima

En la planicie litoral el sector de diversificación más importante es el clima. La región costera del Ecuador ha sido señalada como una de las zonas de

transición más reducida de toda América del Sur. En el espacio de unos pocos grados de latitud se pasa de la selva tropical en el Norte del país, a condiciones desérticas en el Sur. El Norte comparte la doble época de lluvia de Colombia con suficientes precipitaciones anuales para sustentar la selva. Al Sur del río Esmeraldas, en la zona central y Sur se nota marcadamente la temporada de lluvias denominada invierno (diciembre a mayo), y la temporada seca llamada verano (mayo a diciembre), siendo el período de lluvias, más tardío y más corto, cuanto más al Sur se aproxime (Preston, 1959).

Dentro de las condiciones de aridez predominantes en la zona central del litoral, el Sur de la Provincia de Manabí y Noroeste de la Provincia del Guayas, presentan un ambiente de sequía muy marcado que alcanza máxima proporciones en la Península de Santa Elena. Estas condiciones se interrumpen hacia el Este, en la zona meridional de la Cuenca del río Guayas, donde el clima se caracteriza por temperaturas medias, alta humedad y abundantes precipitaciones en la temporada de lluvias. Más hacia el Sur predomina nuevamente la aridez que, si bien es una prolongación de las condiciones climáticas del litoral peruano, no llega a la extremada sequía de este último (Preston, 1959).

Drenaje

Los ríos que desembocan en la zona costera del área de estudio son intermitentes, por esta razón sólo adquieren un pequeño caudal en los meses de invierno, destacándose en el área los siguientes: Javita, Ayampe, Grande y Valdivia (Fig. #1).

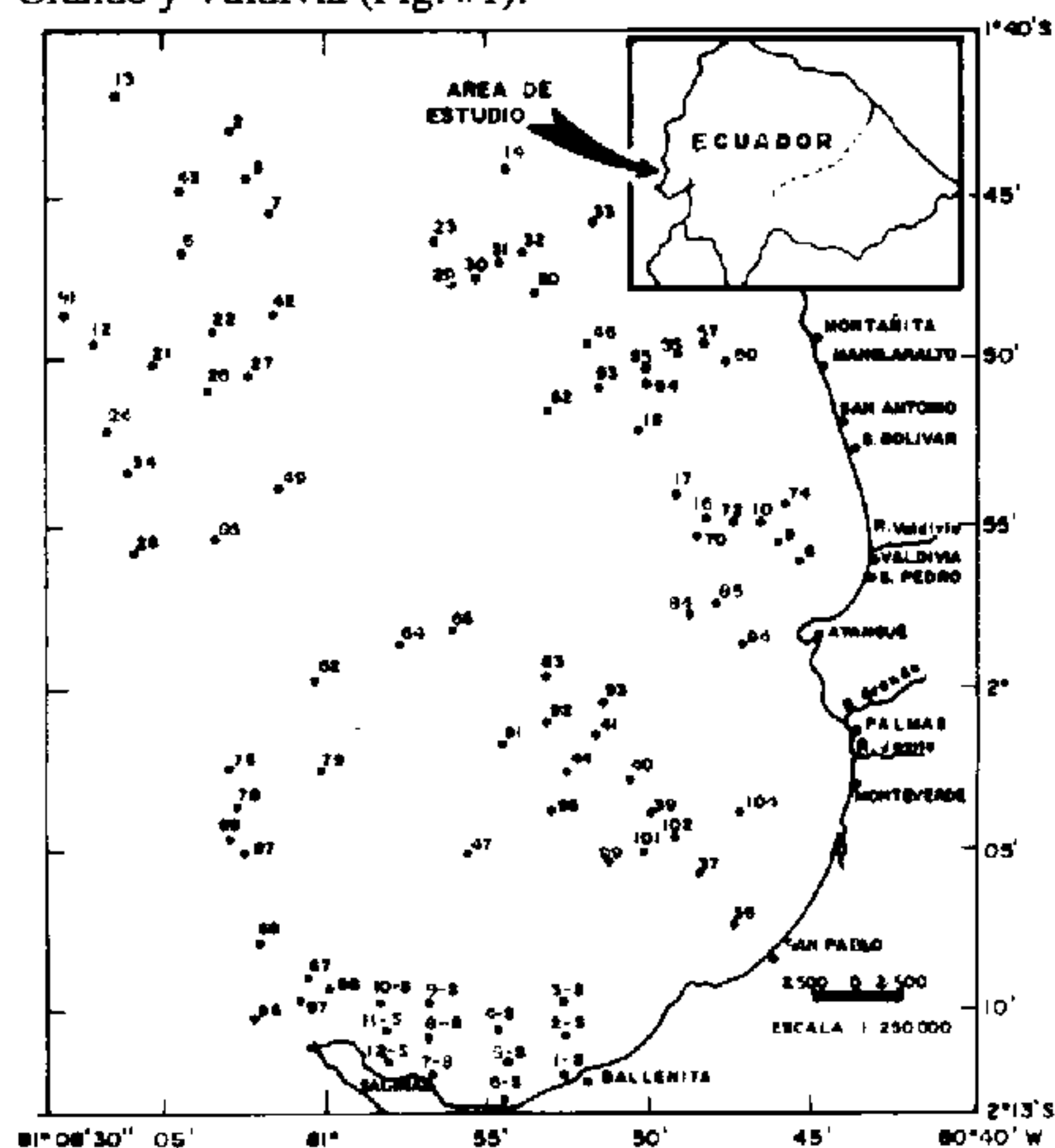


Fig. 1. Área de estudio y ubicación de estaciones de muestreo.

Corrientes y mareas

El Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano (INOCAR, 1977), muestra que la dirección de las corrientes cercanas a la costa es hacia el Norte en El Oro, Guayas y Manabí, y hacia Noreste en Esmeraldas, notándose frente a esta última, una inversión de la dirección hacia el Suroeste en los meses de febrero y noviembre (Ayón, 1988).

Las corrientes presentan una velocidad media de 0.26 m/s en las provincias meridionales. En la Provincia de Esmeraldas, las corrientes con dirección Suroeste tienen una velocidad media de 0.46 m/s, y las que se dirigen al Noreste, 0.41 m/s (Ayón, 1988).

Salvo casos excepcionales, la deriva litoral se dirige hacia el Norte durante el estiaje y al Sur durante la estación lluviosa (Ayón, 1988).

El rango de las mareas (semidiurna) en costas abiertas, apenas sobrepasa los 3 metros, pero en los estuarios (ejemplo Guayaquil) alcanza 4.5 metros (Ayón, 1988).

Geología

Para enfocar este tema, el área en mención se ha dividido en 2 zonas: emergida y sumergida.

Zona emergida

La Península de Santa Elena y la Cuenca Progreso pueden ser tratadas convenientemente como dos entidades geológicas separadas: La primera contiene sólo rocas de edad Cretácica y Eocénica, mientras que la segunda contiene un ciclo completo de sedimentación, desde el Mioceno Inferior hasta el Plioceno (Azad, 1968).

En la Península de Santa Elena se distinguen dos conjuntos estratigráficos: el basamento Mesozoico y el Complejo Olistostrómico Santa Elena Terciario (Colman, 1970).

El basamento está constituido por rocas volcánicas del Complejo Piñón y sedimentos volcano-sedimentarios tipo Cayo (Cenomaniense a Maestrichtiense). Los sedimentos terciarios se encuentran separados de las formaciones mesozoicas por una discordancia importante que abarca probablemente todo el Paleozoico. Estos sedimentos han sido divididos tradicionalmente en formaciones y grupos (Sawer, 1965) como si pertenecieran a ciclos de sedimentación: Grupo Azúcar (Eoceno Inferior), Grupo

Ancón (Eoceno Medio a Superior). Sin embargo, los datos recientes de perforaciones petroleras indican la dificultad de correlacionar lateralmente los sedimentos de estas formaciones, con lo que (Colman, 1970) llega a la conclusión que todo este conjunto sedimentario es alóctono, denominándolo Complejo Olistostrómico (resultado de los grandes deslizamientos), donde no cabe la división estratigráfica de formaciones. Por lo tanto, propone unidades tales como: olistostromas, olistolitos y "slices", por ejemplo: el Olistostroma "Clay Pebble Bed", el Olistostroma Azúcar, Slice Socorro, etc.. La potencia total de este conjunto se calcula en unos 6.000 metros. (Fig. 2).

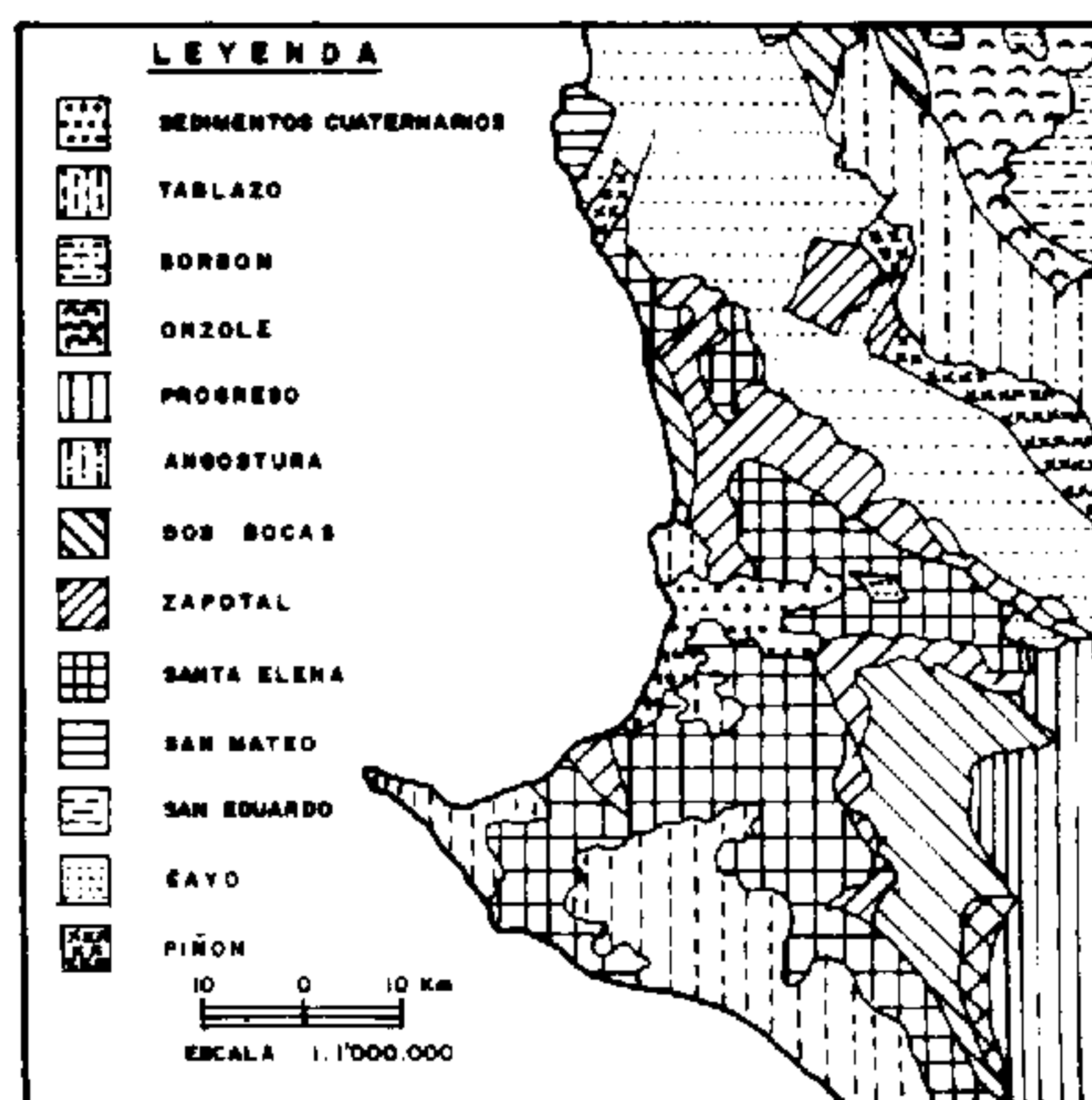


Fig. 2. Mapa geológico.

Zona sumergida

En base al "Mapa Geográfico de la República del Ecuador" editado por el Instituto Geográfico Militar en el año 1979 y a una escala 1:500.000 se elaboró el mapa batimétrico desde Ayampe hasta la Puntilla de Santa Elena (Fig. 3).

Con el fin de dar una idea más clara de la pendiente que sigue la plataforma continental, es decir, interpretar las características morfológicas del fondo, se trazaron tres perfiles batimétricos perpendiculares a la línea de costa y hasta el veril de los 400 metros (Fig. 4). Los veriles tienen en términos generales, una orientación N-S, y corren casi paralelos a la costa con excepción del sector Noroeste y Sureste, en el que se observa que las isóbatas toman una disposición más o menos perpendicular a ella, como es el caso de la localidad de San Pablo. El límite del talud superior está bien definido por un cambio brusco de la pendiente, situado en el veril de los 180 metros aproximadamente.

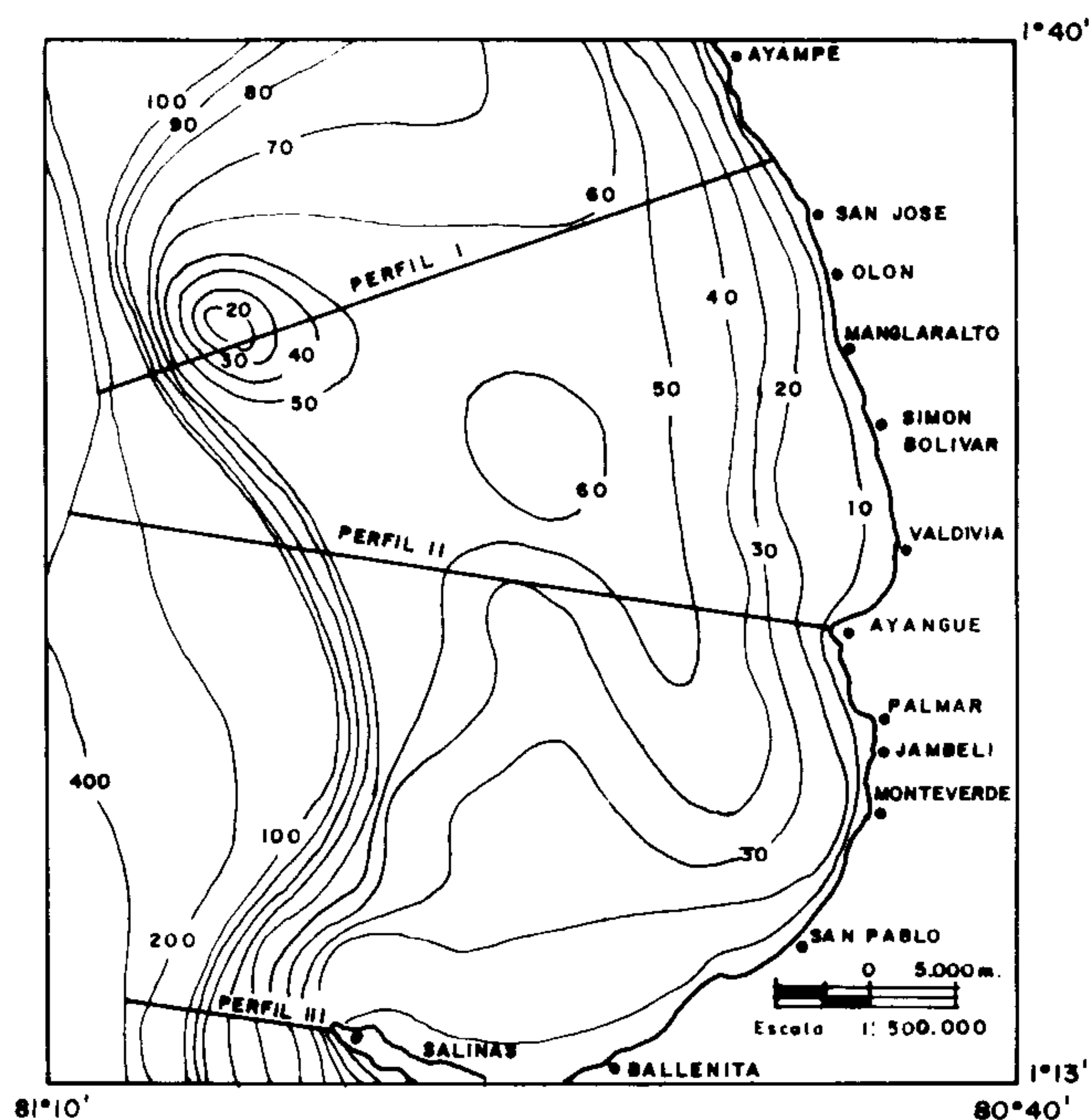


Fig. 3. Mapa batimétrico.

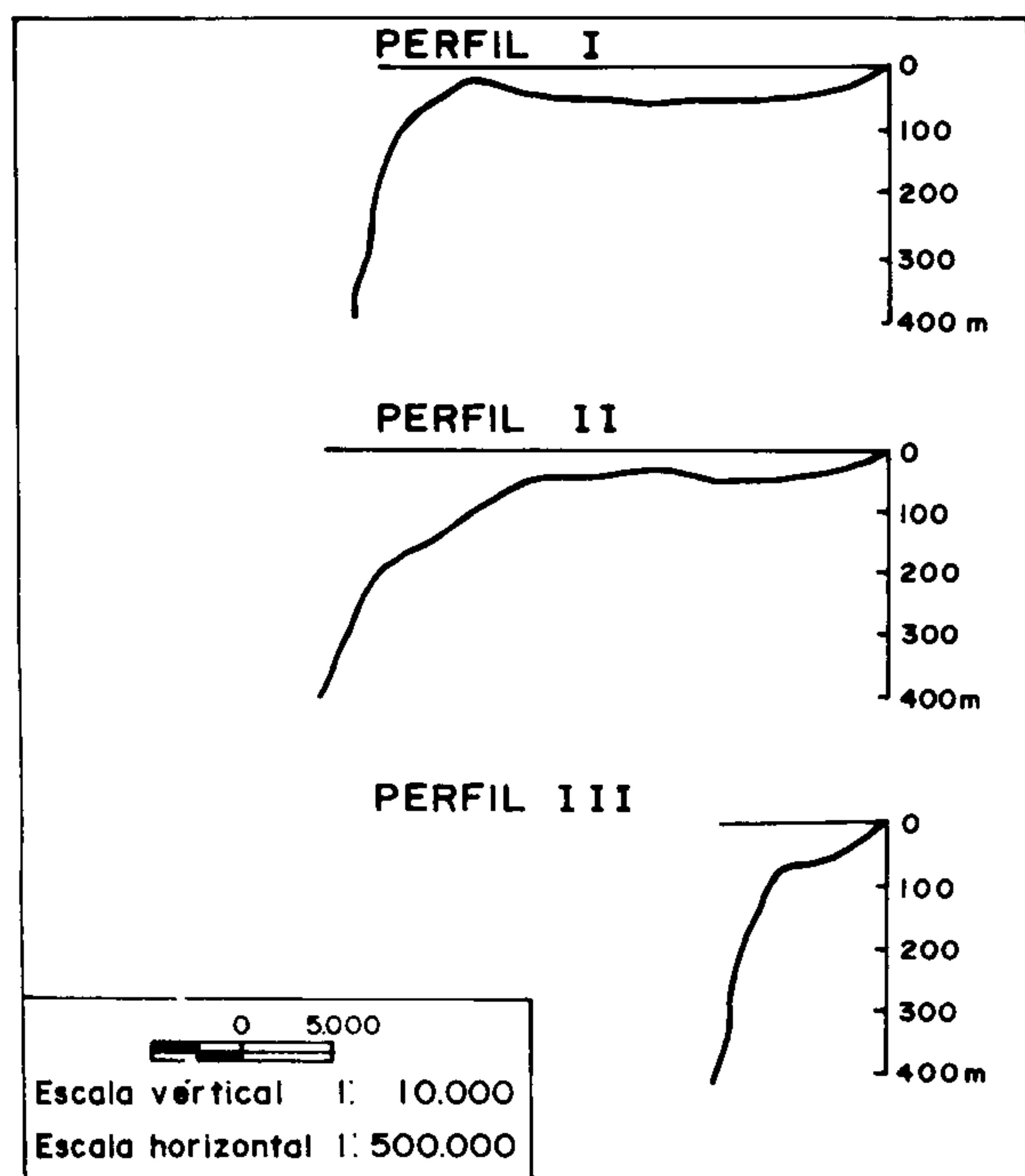


Fig. 4. Perfiles batimétricos del área de estudio.

El perfil I presenta una plataforma con una anchura aproximada de 36,5 Km., muy angosta, si se compara con la anchura promedio de 89 Km, dado por De Miró et. al. (1977); bastante plana, teniendo como límite externo el Bajo Montañita y presentando una pendiente aproximada de 0.33%. Según este perfil, la plataforma se extiende hasta el veril de los 60 metros. La máxima extensión se ubica frente a la localidad de San José, con aproximadamente 41 Km.

El perfil II presenta una plataforma con pequeños desniveles pero, en forma general, es plana con una pendiente de 0.2% y una anchura de 28.7 Km. El límite del talud superior está en el veril de los 60 metros.

El perfil III muestra una plataforma bien estrecha; el veril de los 100 metros está más cerca de la costa que en los perfiles anteriores, teniendo una anchura aproximada de 8 Km. A partir de los 80 metros se observa que la pendiente se incrementa considerablemente, hasta 1%.

METODOLOGIA DE TRABAJO

Muestreo

Este trabajo fue llevado a cabo en base a muestras de sedimentos de fondo tomadas en el BAE "ORION" en noviembre de 1986, que comprenden desde la estación #2 hasta la #104, y a las tomadas en un remolcador de la Superintendencia del Terminal Petrolero de La Libertad, con una draga tipo Van Veen en febrero de 1987, y que comprenden desde la estación #1-S hasta la #12-S.

Cabe indicar que las muestras de sedimentos tomadas en el BAE "ORION", fueron colectadas con Piston Core y entregadas, según contrato, a la Compañía Belco Petroleum, la misma que estuvo realizando trabajos de exploración de petróleo costafuera. Una pequeña cantidad de sedimentos de la parte superior de estas muestras fue entregada a la División de Geología Marina, las mismas que han servido para realizar este trabajo. Es de señalar también que, debido a que las muestras fueron colectadas según un contrato de trabajo con una empresa particular (Belco Petroleum), dicho muestreo no se hizo en una forma sistemática, es por esto que las muestras no siguen un ordenamiento determinado.

Es importante señalar también que la zona costera del área no ha sido muestreada, a excepción de Salinas, por lo que no se presentan resultados. Una vez que se realice dicho muestreo, el análisis de los mismos, servirá para complementar este estudio.

Tratamiento de las muestras

En el laboratorio fueron utilizados los métodos comunes de análisis sedimentológico, realizándose determinaciones de granulometría, contenido de carbonato de calcio y mineralogía de arenas.

Para el análisis granulométrico, las muestras se tamizaron en húmedo sobre un tamiz 230 (USA,

Standard Testing Sieve), con el fin de separar la fracción arena de la fracción limo-arcilla. La fracción gruesa retenida en el tamiz 230 se secó en la estufa y luego por una serie completa de tamices, en un agitador mecánico Rotap, durante 10 minutos; mientras que la fracción fina fue analizada mediante el método de la pipeta. Los parámetros estadísticos se obtuvieron de acuerdo a un programa elaborado en el Centro de Datos Oceanográficos (CENDO).

En el análisis químico, la determinación del contenido de carbonato de calcio se llevó a cabo mediante el método gasométrico de Vatan (1956), utilizando el calcímetro de Bernard, es decir, por ataque con ácido clorhídrico a la totalidad de la muestra seca y pulverizada.

Para el análisis mineralógico se utilizaron solamente 31 muestras de sedimentos, las cuales ofrecían las características modales y la ubicación necesarias para tomarlas como representativas de toda la zona. Para este análisis se tomó un gramo de las fracciones retenidas en los tamices #80, 120 y 170, correspondientes a los grados PHI: 2.5, 3.0 y 3.5; aunque muchas veces no se logró obtener la cantidad requerida por las características modales del sedimento. La separación de las fracciones livianas y pesadas se efectuó utilizando bromoformo ($d=2.85$), en un embudo separador y lavando después la fracción con acetona. Después de obtener su peso, la fracción liviana fue preparada para la identificación de sus componentes minerales, para lo cual se llevó a cabo una coloración selectiva de los granos, utilizando el método de Bailey y Stevens (1960), atacando la muestra sucesivamente con: ácido fluorhídrico, cloruro de bario, cobaltonitrito de potasio y rodhizonato de sodio, tornándose los feldespatos potásicos de una coloración amarillenta, y los feldespatos sódicos de una coloración rojiza, permitiendo distinguir los granos de cuarzo con gran facilidad. La coloración mineralógica de la fracción pesada ($d>2.85$) fue analizada en un microscopio binocular, realizando el conteo de 200 a 300 granos e identificando el mineral mediante su hábito cristalográfico, pruebas microquímicas, índice de refracción y sumergiéndolos en otros líquidos densos. Cabe destacar que para el conteo se tomó a los anfíboles, piroxenos y granates, como grupos, y contabilizando sus porcentajes como tales.

La ubicación de las muestras y su profundidad, el porcentaje de la fracción gruesa y fina, el porcentaje de carbonato de calcio y los parámetros estadísticos, el porcentaje de minerales livianos, el porcentaje de minerales pesados, la composición porcentual mineralógica de livianos y composición porcentual

mineralógica de la fracción pesada, se presentan en las Tablas I, II, III, IV, V, VI y VII, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

TIPOS DE SEDIMENTOS

La composición de los sedimentos refleja el tipo de roca de la cual provienen, y a la vez son sensibles al ambiente de depósito (Carranza, 1980).

Con la información obtenida en esta investigación es posible hacer una delineación de la distribución de los diferentes tipos de sedimentos encontrados en el fondo del área de estudio, para lo cual se toma como base los parámetros granulométricos, estadísticos, químicos y mineralógicos.

Textura

Los parámetros texturales han sido ampliamente utilizados en el reconocimiento de ambientes sedimentarios (Carranza, 1980). La textura de un sedimento depende de muchos factores, ya que sus componentes son de orígenes muy variados y como consecuencia, de tamaños muy diferentes. Algunos pueden haber sido transportados y su tamaño dependerá del tamaño inicial y de los efectos del transporte.

De acuerdo con el grupo textural que le correspondió a cada una de las muestras analizadas, según el porcentaje de los tres constituyentes principales: arena, limo y arcilla, se elaboró la figura 5. Según esta distribución, es muy predominante la arena con relación a los demás grupos texturales y se ubican desde Salinas hasta Ayampe, cubriendo principalmente el sector Sur y la parte central del área. Le sigue en predominancia las texturas limosas, las mismas que se localizan en una franja casi paralela a la línea de costa y se extiende desde Palmar hasta Montañita, aunque también están presentes en otros sectores del área, pero en menor proporción. Los demás grupos texturales, que son el resultado de las mezclas de los tres constituyentes principales, entre los que tenemos: arena limosa, limo arenoso y limo arcilloso, no son muy notorios en el área.

La predominancia de la arena, especialmente en la parte Sur y centro del área, se debe posiblemente a que las corrientes que se dirigen paralelas a la costa, lavan los sedimentos limo-arcillosos, dejando al descubierto la arena y colocando las mezclas de limo arcilla a la derecha e izquierda del área.

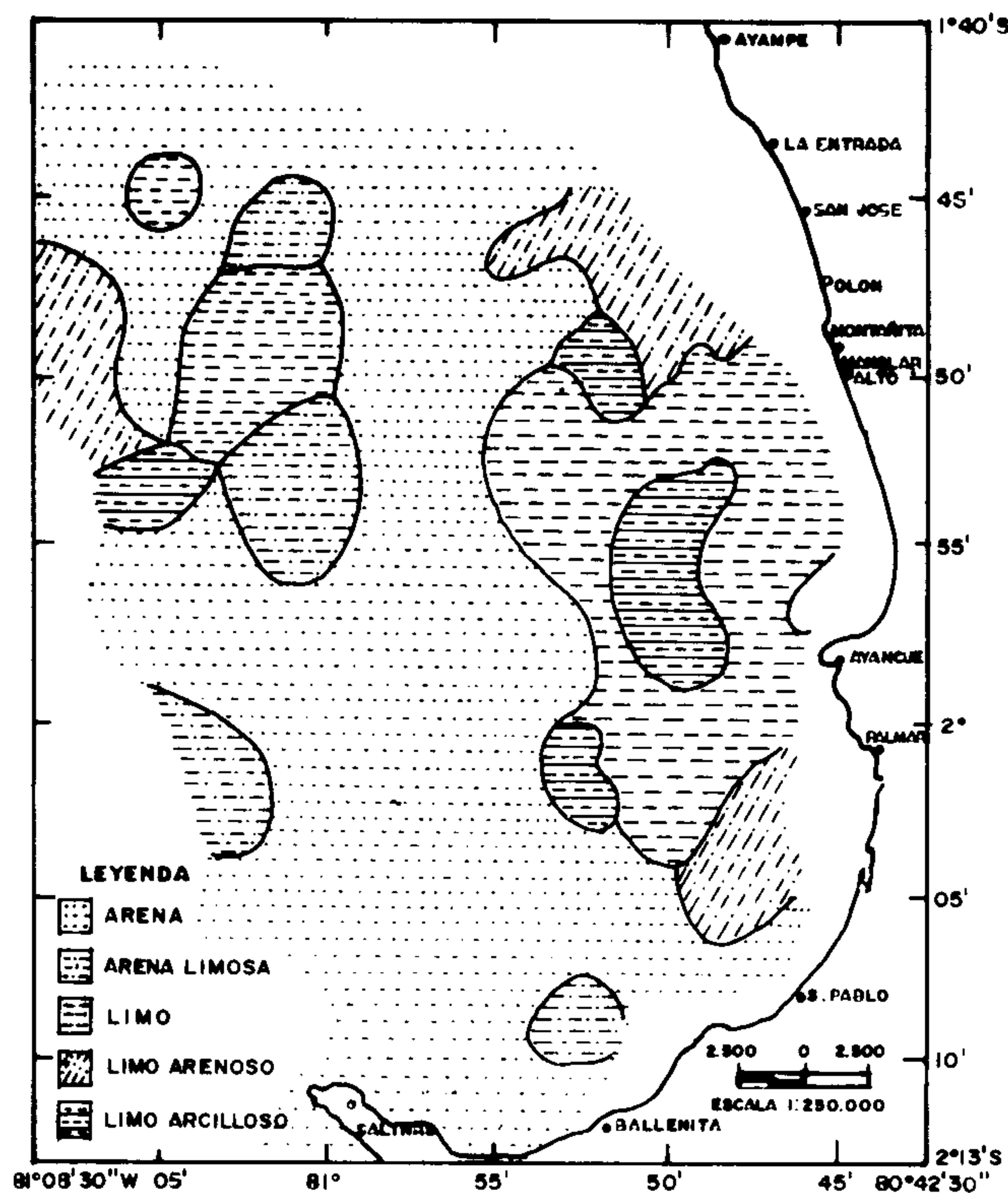


Fig. 5. Distribución de los sedimentos según su textura.

Fracción predominante

El diámetro medio como atributo sedimentario, se comporta parecido a la distribución por textura y puede, en igual forma, ser índice de la efectividad de selección por tamaños en cada ambiente, lo cual está en relación con la uniformidad de la energía presente. Se determina por la categoría del tamaño de las partículas que constituyen la porción más abundante del sedimento. Para esta clasificación se utilizó las clases de tamaño de grano según (Wentworth, 1922).

Observando la figura 6 se deduce fácilmente que son las arenas las fracciones predominantes. Las fracciones limosas se presentan en el lado Este, siguiendo una orientación aproximadamente paralela a la línea de costa; también se localizan hacia el Noroeste, en menor proporción.

La fracción que tiene la más amplia distribución es la arena muy fina (3.25 phi-4.00 phi), que se ubica en el centro del área, y en pequeños espacios en diferentes sectores de la misma. Otra de las fracciones más notorias es la arena fina (2.25 phi-3.00 phi), que se localiza principalmente en el sector Sur, frente a Salinas y Ballenita, y en el sector Norte. Luego en orden descendente de abundancia se presentan las arenas medianas (1.25 phi-2.00 phi), gruesas (0.25 phi-1.00

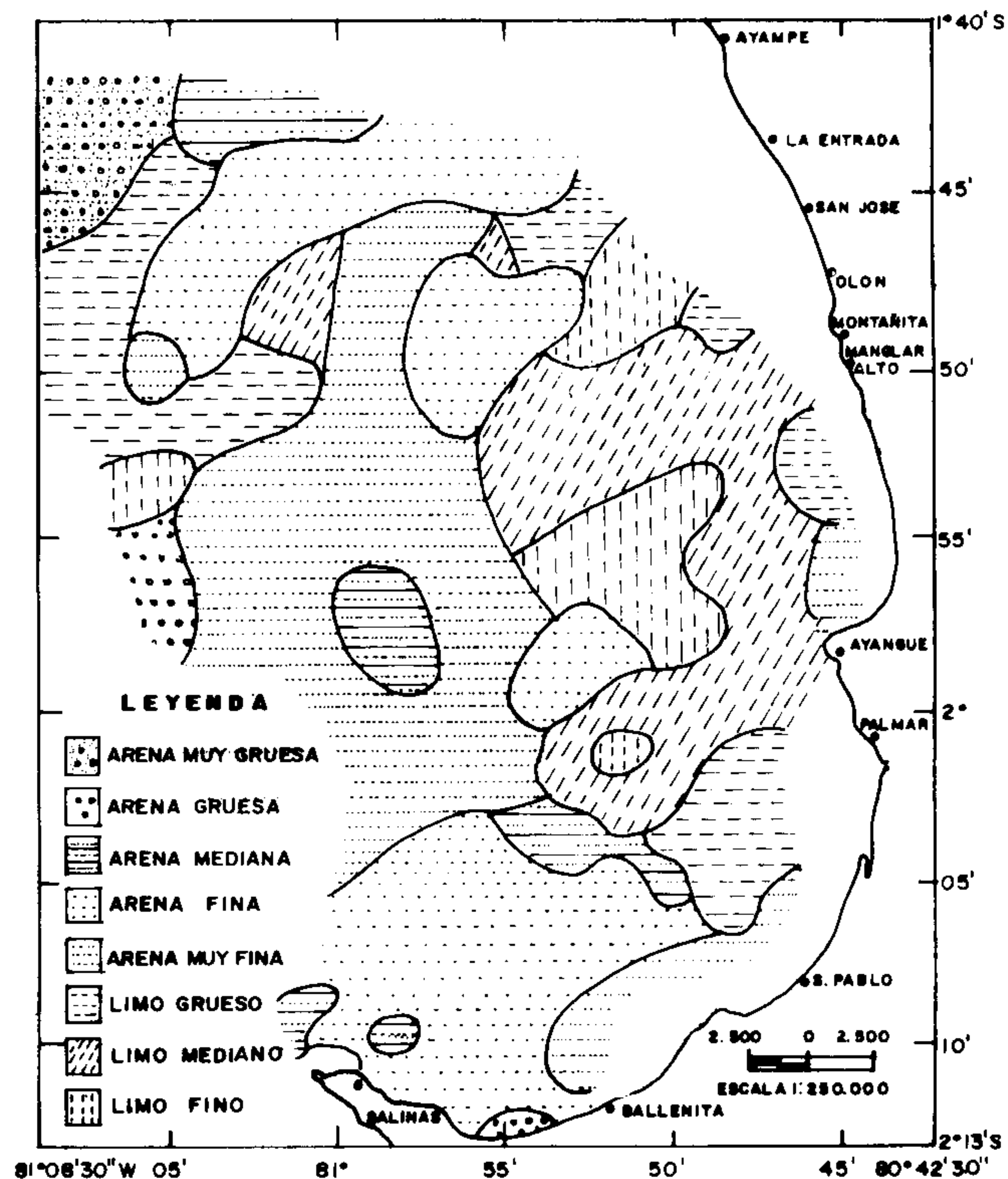


Fig. 6. Distribución de los sedimentos según la fracción predominante.

phi) y muy gruesas (-0.75 phi-0.00 phi), las mismas que se sitúan en diferentes sectores del área. Entre las fracciones limosas, son los limos medianos (5.50 phi-6.00 phi), los que prevalecen y se encuentran ubicados frente a Monteverde, en una forma casi paralela a la línea de costa hasta Montañita. Los limos gruesos (4.50 phi-5.00 phi), le siguen en abundancia, ubicándose en el sector Noroeste, en mayor proporción, y frente a Simón Bolívar y Palmar, en menor proporción. Los limos finos (6.50 phi-7.00 phi), se presentan en pequeños parches, principalmente en el lado Este.

El gráfico también muestra una degradación del tamaño del grano conforme se avanza hacia el Norte, especialmente a lo largo de la parte central del área, encontrándose primero arena media en Punta Salinas, luego arena fina, pasando después a arena muy fina. También en los sedimentos limosos del sector Este, se aprecia dicha degradación, y se inicia frente a Monteverde con limo grueso, luego limo medio, que cubre el sector de Ayangue a Montañita, y por último limo fino frente a Olón. Esto refuerza lo dicho anteriormente sobre la presencia de corrientes con dirección Norte, y que realizan esta distribución de los sedimentos.

Selección

Otra de las distribuciones que se presenta en este trabajo está basada en el grado de selección o uniformidad de los granos (Fig. 7).

Según Krumbein y Sloos (1963), los bajos valores de selección (menores de 2.5), indican un sedimento bien seleccionado, es decir, hay una tendencia a presentar un único tamaño; mientras que los altos valores (mayores de 4.0) indican sedimentos mal seleccionados, en los que no ha habido selección por tamaños. Este parámetro depende de la efectividad de un agente selectivo, que por lo general es dinámico, por lo tanto definirá los sedimentos más afectados por algún tipo de transporte.

La figura 7 permite apreciar un dominio casi total de los sedimentos mal seleccionados (1.00 phi-2.00 phi), ya que cubren aproximadamente un 80% de la totalidad del área, y abarcan el sector de la plataforma desde Monteverde extendiéndose hacia el Norte hasta Ayampe. En el lado Sur están agrupados los sedimentos que presentan una mejor selección y van, en orden descendente de abundancia, desde moderadamente seleccionados (0.71 phi-1.00 phi), que se ubican bordeando la zona litoral desde Salinas hasta San Pablo, aunque también se observan pequeñas áreas de

la misma selección en el centro del área; luego los moderadamente bien seleccionados (0.50 phi-0.71 phi), localizándose frente a Salinas; y por último, los sedimentos bien seleccionados (0.35-0.50 phi), los cuales están representados por una pequeña mancha frente a San Pablo, así como también en el centro de la plataforma externa.

El retrabajamiento provocado por las corrientes litorales como por las frontales, ha originado que casi todo el área esté tapizado por un sedimento mal seleccionado, a excepción de pequeños sectores, especialmente frente a Salinas y Ballenita, que presentan un sedimento moderadamente bien seleccionado.

Asimetría

Uno de los parámetros más sensibles en la caracterización de ambientes sedimentarios es la asimetría, la misma que depende de la dinámica actual, y en menor grado, de las características heredadas de las áreas fuentes (Villwock, 1978).

La figura 8 muestra los valores de asimetría distribuidos en el área de estudio, en el cual se observa que los sedimentos casi asimétricos, asimétricos y muy asimétricos hacia los tamaños finos, son los que tienen mayor distribución y se localizan desde el sector Sur,

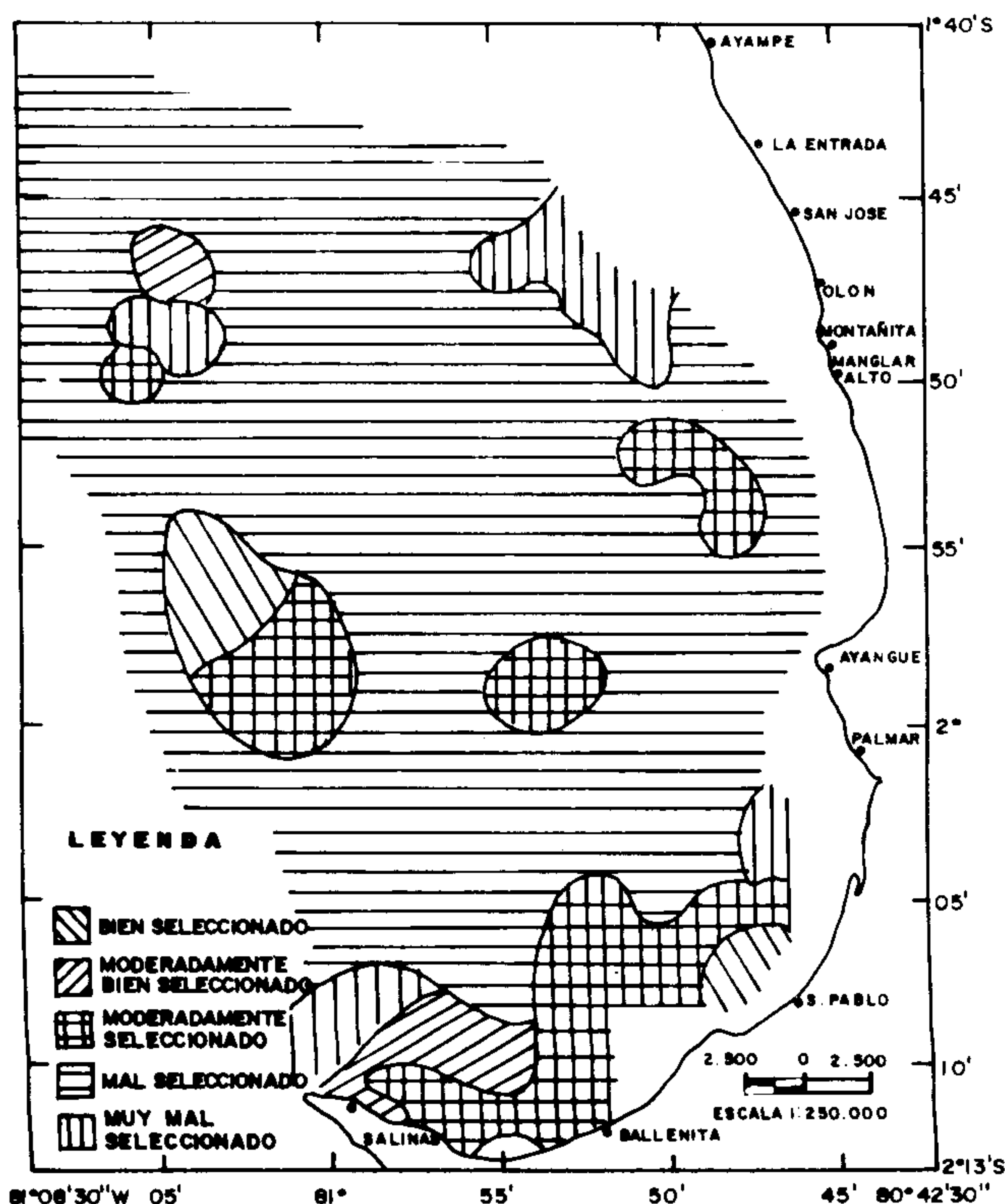


Fig. 7. Distribución de los sedimentos según el grado de selección.

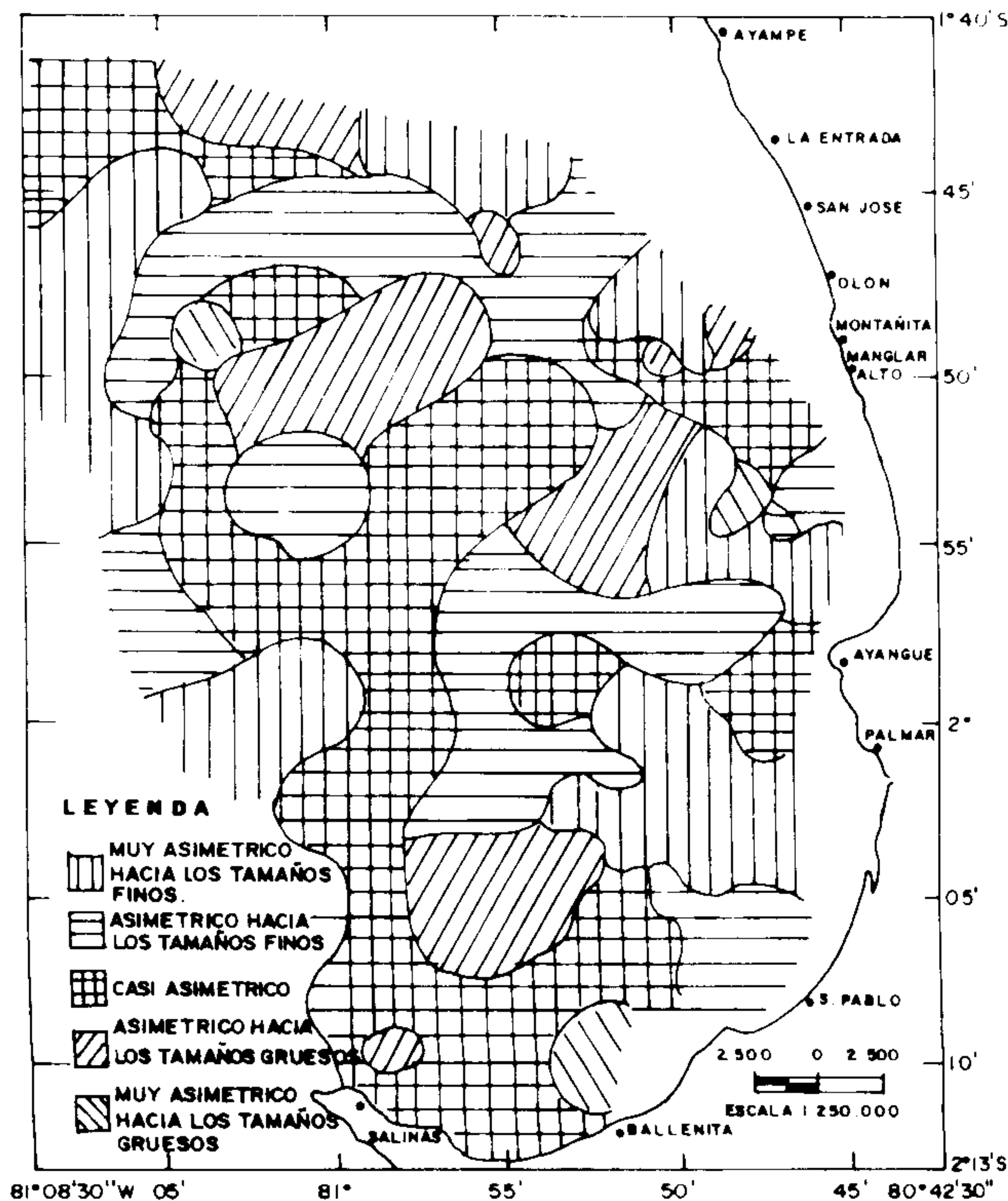


Fig. 8. Distribución de los sedimentos según la asimetría.

frente a Salinas hasta la parte central del área de estudio. Los sedimentos asimétricos hacia los tamaños gruesos, se presentan en menor proporción, ubicándose en distintos sectores del área.

Debido a que posiblemente la parte central del área de estudio (zona cubierta de fracción arena fina y muy fina de la figura 6), está, en mayor grado, sometida a la acción de las corrientes, los sedimentos se presentan casi asimétricos, con pequeños sectores asimétricos hacia los tamaños gruesos; mientras que el sector Este y Oeste, enriquecido por material fino transportado en suspensión, son predominantemente asimétricos positivos. Esto último apoya lo dicho anteriormente, que la dinámica actual juega un papel fundamental en el grado de asimetría de los sedimentos.

Curtosis

De acuerdo con Morais (1980), este es un parámetro muy útil en la determinación de la concentración de la uniformidad de los granos de los sedimentos, y mide la razón entre el grado de selección de las colas de la curva y de la porción central de la misma. Si la parte central tiene mejor selección que las colas, la curva de frecuencia es fuertemente puntiaguda o sea Leptocúrtica. Si las colas tienen mejor selección que la parte central, la curva de frecuencia se muestra poco aguda, o sea Platicúrtica. Las curvas muy platicúrticas a menudo son bimodales, con proporciones casi iguales de las dos modas; su gráfica es una curva de frecuencia con dos picos y una depresión; el carácter platicúrtico de la curva se debe a esta última. Una distribución que presenta un apuntamiento que no es ni muy achatada, ni muy apuntada, se llama Mesocúrtica.

Tomando como base la figura 9, se establece que se encuentra todo tipo de rango de curtosis en mayor o menor abundancia, sobresaliendo la presencia de sedimentos leptocúrticos ($K_g=1.11-1.50$) y muy leptocúrticos ($K_g=1.50-3.00$) y se localizan desde el lado Sur, frente a la Puntilla de Santa Elena, extendiéndose hacia el Norte hasta la altura de Ayampe. El tercer grupo predominante está constituido por los sedimentos mesocúrticos ($K_g=0.90-1.11$), que se ubican cerca a la zona costera, principalmente frente a Salinas, Monteverde y Manglaralto. El resto de las muestras evidencia curvas que caen comprendidas dentro de las platicúrticas y muy platicúrticas y se localizan en el lado Este, en proporciones de poca consideración.

Contrario a lo que afirma Morais (1980), Carranza (1980) dice que la curtosis como atributo sedimentológico es quizá de poca utilidad. Esto parece

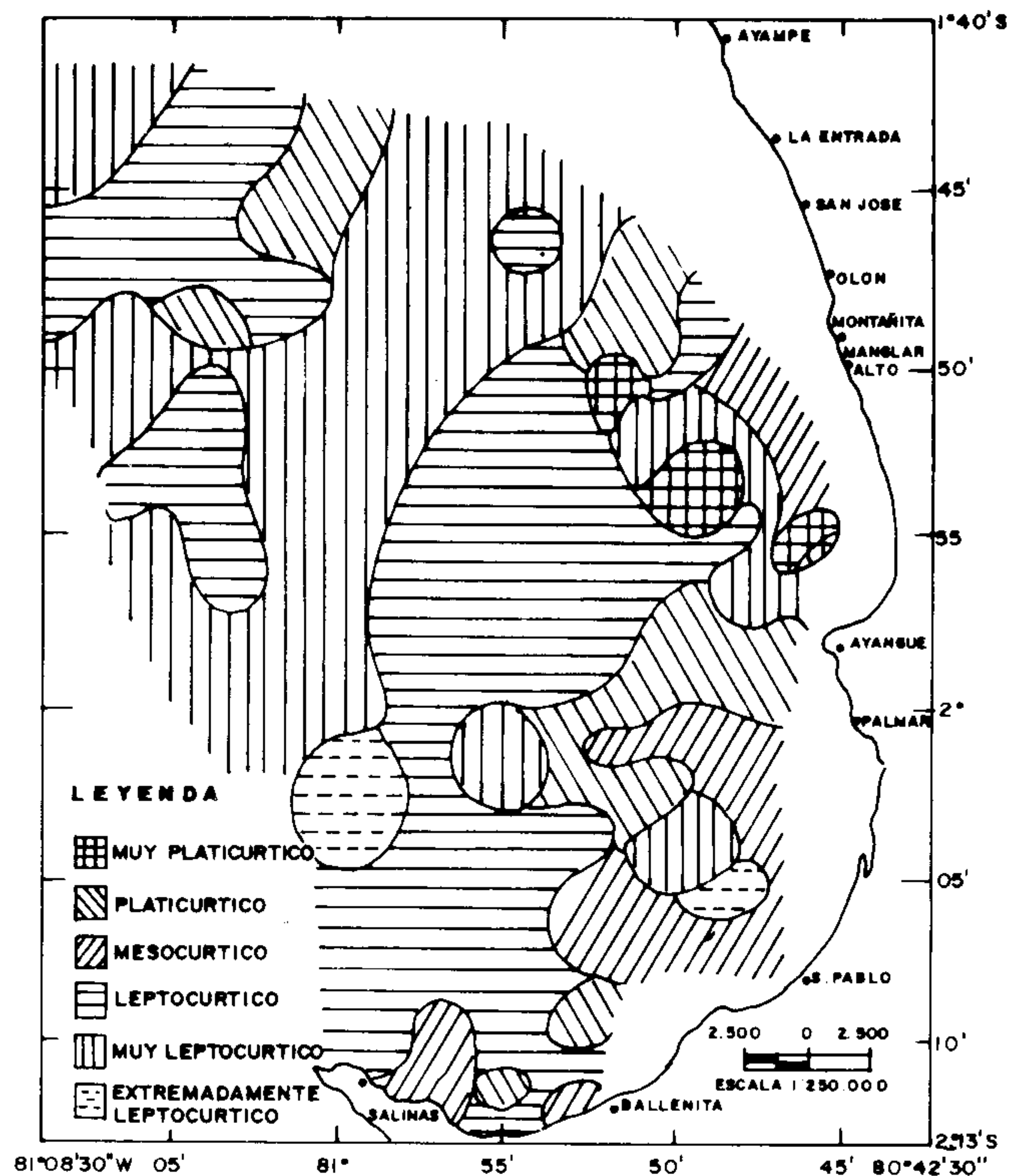


Fig. 9. Distribución de los sedimentos según la curtosis.

que se cumple con las muestras de sedimentos analizadas para este trabajo, cuyos valores son poco sensibles, ya que casi no hay una correlación con la distribución según el grado de selección (Fig. 7). La única excepción es el sector frente a la Punta de Salinas, en el que se observa poca variación y una apreciable tendencia a ser leptocúrticos, lo cual, en cierta forma, se puede correlacionar con su clasificación que es moderadamente seleccionada.

Diagrama de Dispersión

En la amplia bibliografía sobre temas sedimentológicos, se citan multitud de diagramas de dispersión: diámetro medio versus selección; diámetro medio versus asimetría; diámetro medio versus curtosis, etc., no sólo con la idea de alcanzar una clasificación natural, sino también para conseguir una representación que, en alguna forma, refleje los diferentes ambientes sedimentarios, ya que al estar éstos, regulados por procesos determinados, deben quedar implícitamente grabados en dichos diagramas.

Basado en esto, se han elaborado tres diagramas de dispersión (Figs. 10a, b, c).

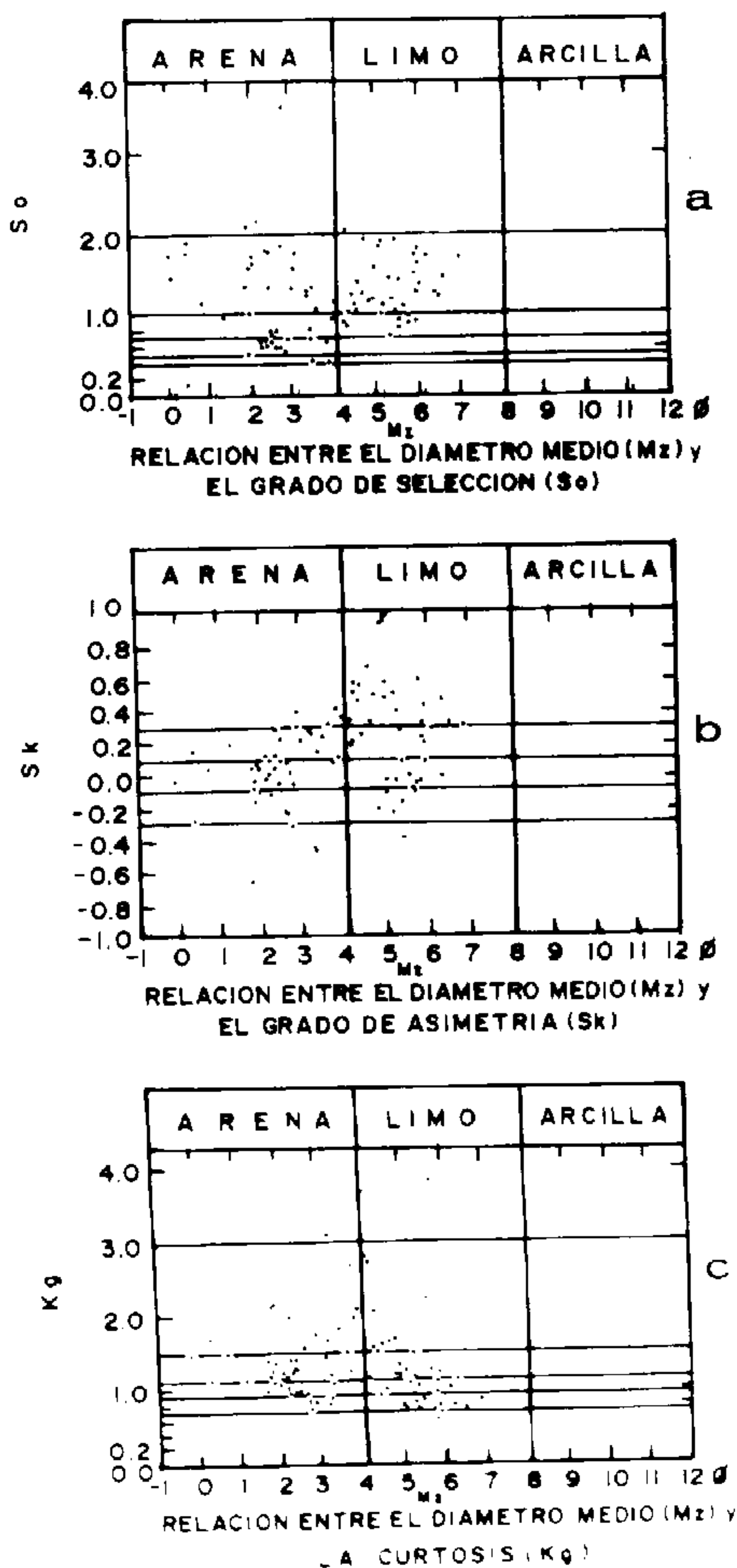


Fig. 10. Diagramas de dispersión.

En el análisis visual de la figura 10a (relación del diámetro medio versus selección), se aprecia que las muestras forman tres agrupaciones: las arenas finas (2.0 phi-3.0 phi) que presentan una clasificación que va de moderadamente bien seleccionado a mal seleccionado. El segundo grupo (3.0 phi-5.0 phi) está formado por arena muy fina y limo grueso con sus respectivas mezclas, presentándose mal seleccionados.

Por último, los limos medianos (5.0 phi-6.0 phi), que son predominantemente mal seleccionados. Se observa además que la mayoría de las muestras se ubican en el casillero de los sedimentos mal seleccionados, lo cual puede deberse a la combinación del transporte por suspensión, movilizado por las corrientes litorales desde el Río Guayas, y al transporte por arrastre de las corrientes frontales.

En la figura 10b (relación del diámetro medio versus asimetría), se observa que la facies arenosa (1.6 phi-3.0 phi) se presenta casi asimétrica, mostrando también asimetrías negativas, aunque en menor proporción. La zona de mezcla de arena y limo tiene preferentemente tendencia a los asimétricos hacia los tamaños finos, al igual que la facies limosa, aunque esta última también presenta sedimentos casi asimétricos. La predominancia de los sedimentos casi asimétricos y asimétricos hacia los tamaños finos se debe posiblemente al nivel energético más bajo que existe en la plataforma, lo que no sucede frecuentemente en la zona costera, donde, debido a una constante selección por acción de las olas, presentan asimetrías negativas, como es el caso del sector frente a Ballenita (Fig. 8).

En lo que respecta a la figura 10c (relación del diámetro medio versus curtosis), tanto la facies arenosa como limosa, revelan distribuciones mesocúrticas y mayormente leptocúrticas. La zona de mezcla de arena y limo, presentan distribuciones leptocúrticas y mayormente muy leptocúrticas. Este comportamiento de los sedimentos en esta última zona, confirma la poca sensibilidad de los valores de curtosis en la caracterización de ambientes sedimentarios, ya que siendo zona de mezcla, es decir, donde se encuentran fracciones que han sido movilizadas por diferentes medios de transporte, debían presentar bajos valores de curtosis, especialmente mesocúrticos y platicúrticos.

ANÁLISIS QUÍMICO

Carbonato de calcio

De acuerdo a la distribución geográfica del contenido de carbonato de calcio (Fig. 11), se puede señalar concretamente que predominan los valores menores al 10%, extendiéndose en todo el sector Este, desde San José hasta San Pablo, incluyendo la parte central, y el sector Suroeste del área, ocupando aproximadamente un 70% de la misma. También se observan valores mayores al 25%, aunque en menor proporción, ubicándose en el sector Noroeste, Sur y en el Suroeste, frente a la Punta de Santa Elena. Cabe señalar que las estaciones 13, 6 y 67, son los que tienen el mayor porcentaje de carbonato de calcio con 54, 48 y 41.8%, respectivamente, y corresponden a arenas con pequeños fragmentos de concha, a excepción de la estación 13, que además posee fragmentos de arrecifes. Esto permite deducir que mientras más grande es el tamaño del grano, mayor es el contenido de carbonato de calcio. También confirma esta aseveración las arenas muy finas y limos, que tienen valores inferiores al 10%, tal es el caso de la estación 8, con sedimento de textura areno-limosa y con un 2% de CO_3Ca ; otro ejemplo es la estación 44, con sedimento de textura limo-arcillosa, conteniendo un 0.96% de CO_3Ca .

Los bajos valores de carbonato en los sedimentos, reflejan poca actividad biológica, aunque la dilución podría ser un factor que contribuya a estos bajos porcentajes (Caraballo, 1982). A pesar de que en el área de estudio no hay una red hidrográfica importante, es posible que los sedimentos finos, movilizadas por las corrientes litorales desde el río Guayas, produzcan el fenómeno de dilución, por medio del cual los sedimentos terrígenos actúan como diluyente del material calcáreo presente en el área. La presencia de elevados porcentajes de carbonatos, especialmente en el sector Noroeste, posiblemente esté relacionado con zonas de arrecifes presentes en dicho sector.

ANÁLISIS MINERALÓGICO

Esta parte del estudio tiene por objeto conocer la composición mineralógica, génesis, madurez y el comportamiento deposicional de los minerales que conforman los sedimentos de fondo de la plataforma continental ecuatoriana en el tramo comprendido entre las poblaciones de Salinas y Ayampe.

La descripción de los minerales que forman parte de los sedimentos se realizó analizando su forma, redondez y características cristalográficas.

Metodología

Con el objeto de establecer una correlación y sintetizar el trabajo, se tomaron como variables el porcentaje de ocurrencia versus el diámetro de los minerales, y el factor de ubicación de las muestras.

Por este motivo se estudiaron tres fracciones distintas para poder realizar dicha correlación y observar el comportamiento en la selección mineralógica al momento de la depositación.

Distribución mineralógica porcentual

El análisis de la fracción mineralógica porcentual se realizó tanto en la fracción liviana como pesada. En las tres fracciones analizadas de las distintas muestras, se encontró un comportamiento muy distinto de la ocurrencia de los minerales con respecto a su diámetro.

En las Tablas IV y V se muestra el porcentaje de minerales livianos, pesados y su variación con respecto al diámetro, observándose una neta predominancia de los primeros.

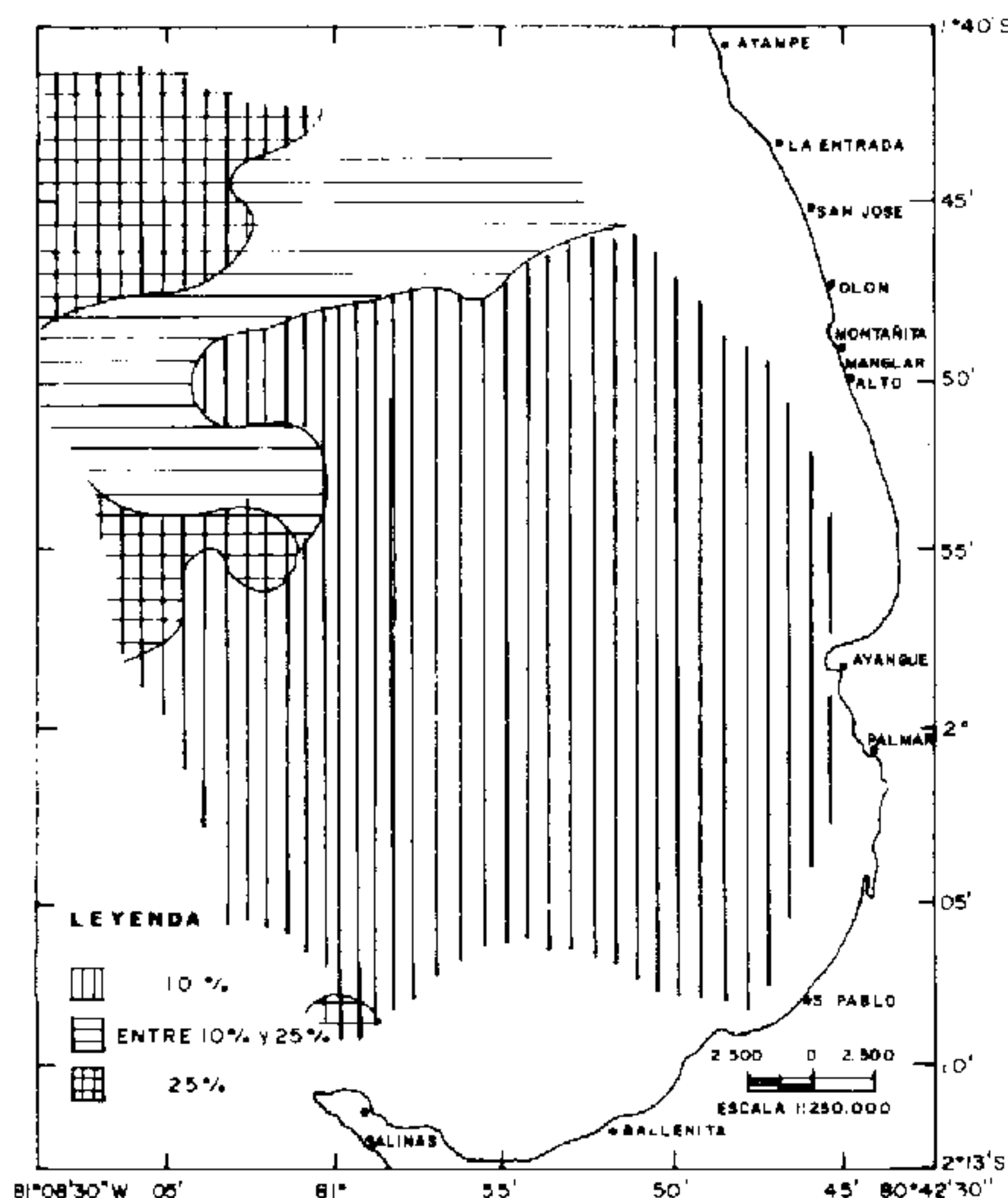


Fig. 11. Distribución porcentual de carbonato de calcio.

La figura 12, muestra la comparación porcentual de minerales pesados en sus tres fracciones. Un 55% de las muestras siguen un patrón de comportamiento en el cual, el porcentaje de minerales pesados aumenta con la disminución del diámetro, el otro 45% no tiene un patrón definido; esto se debe a que los sedimentos en esta zona se encuentran muy mal seleccionados, influyendo sobre la distribución mineralógica. La estación que mayor porcentaje de minerales pesados presentó, fue la 101 ubicada en el Sureste del área de estudio frente a la población de San Pablo y su porcentaje de pesados aumentó considerablemente a medida que disminuía su granulometría; esta muestra se ubica en la zona de mejor clasificación textural de los sedimentos.

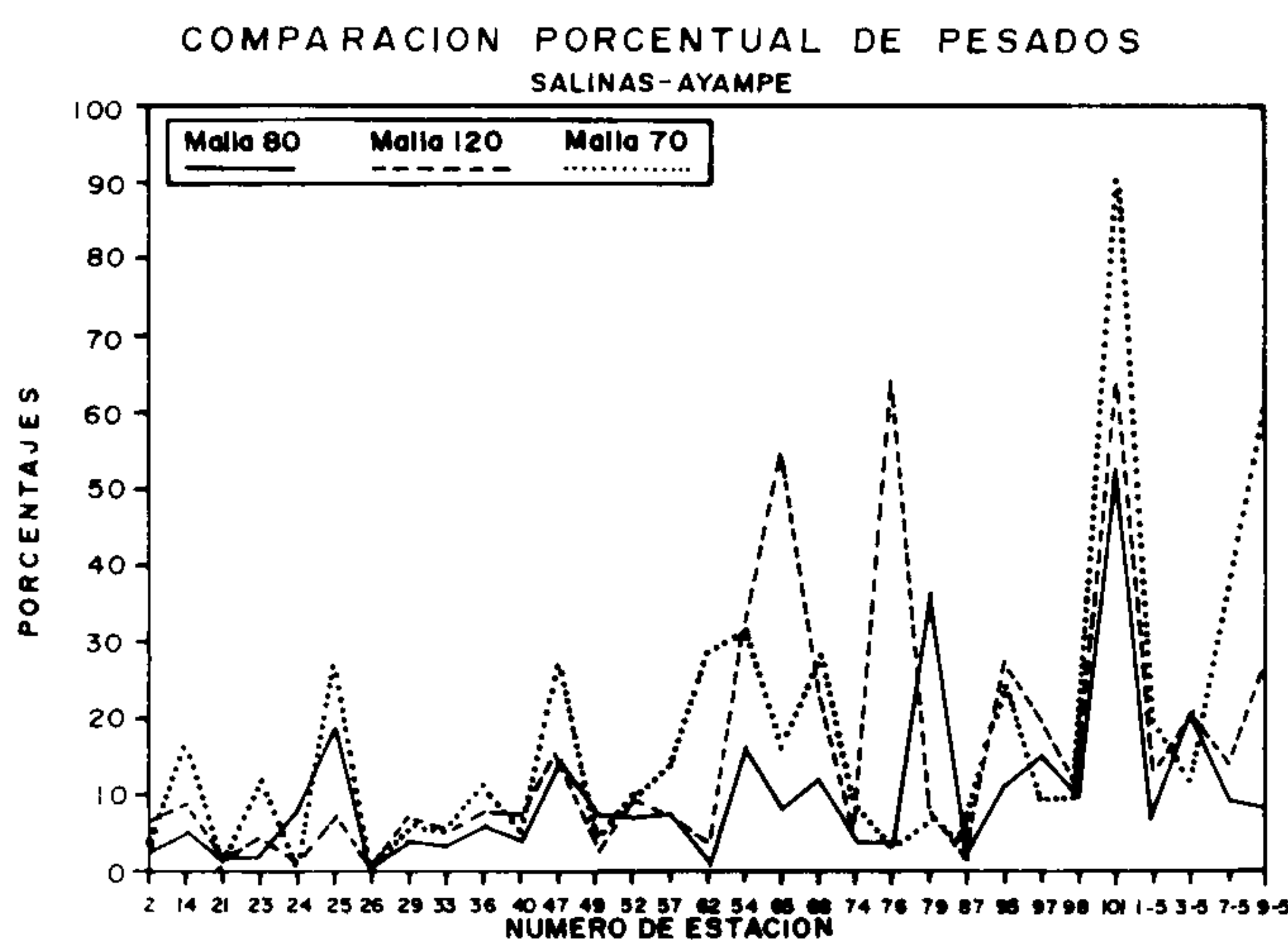


Fig. 12. Comparación porcentual de minerales pesados.

Descripción mineralógica

Se realizó una descripción mineralógica de los sedimentos analizando su forma, redondez y características cristalográficas, tanto en la fracción liviana como en la pesada.

Para los cálculos porcentuales se tomó como base el 100% de minerales, anulando de esta forma el peso inicial.

Fracción liviana

En la fracción liviana el porcentaje varía de 47.70 a 99.66% para la fracción correspondiente a 0.250-0.177 mm; de 36.06 a 99.89% para la fracción 0.177-0.125 mm y, 9.67 a 99.85% para 0.125-0.088 mm.

Los minerales encontrados dentro de esta fracción son: cuarzo, plagioclasas, ortoclasas, muscovita, y fragmentos calcáreos.

En la Tabla VI se observan los porcentajes de la composición mineralógica de livianos realizados en la fracción 0.250-0.177 mm, observándose una preponderancia de los feldespatos sobre el cuarzo. Los fragmentos calcáreos ocupan un porcentaje importante dentro de la composición de los sedimentos, especialmente en zonas de relativa acumulación de carbonatos.

Cuarzo.- El porcentaje de este mineral varía de 1.86 a 54.05% en la fracción gruesa, en algunas muestras se observaron cristales de cuarzo muy redondeados de alta esfericidad, lo que hace pensar que una parte de los sedimentos provienen de rocas retrabajadas, como son las formaciones sedimentarias de la costa o también haber sufrido un transporte intenso.

En la figura 13 se observa la distribución porcentual areal del cuarzo; en las zonas más profundas donde comienza el talud y en las de textura limo-arcillosa, el porcentaje de existencia de este mineral es bajo en relación a zonas cercanas a las costas y de textura arenosa.

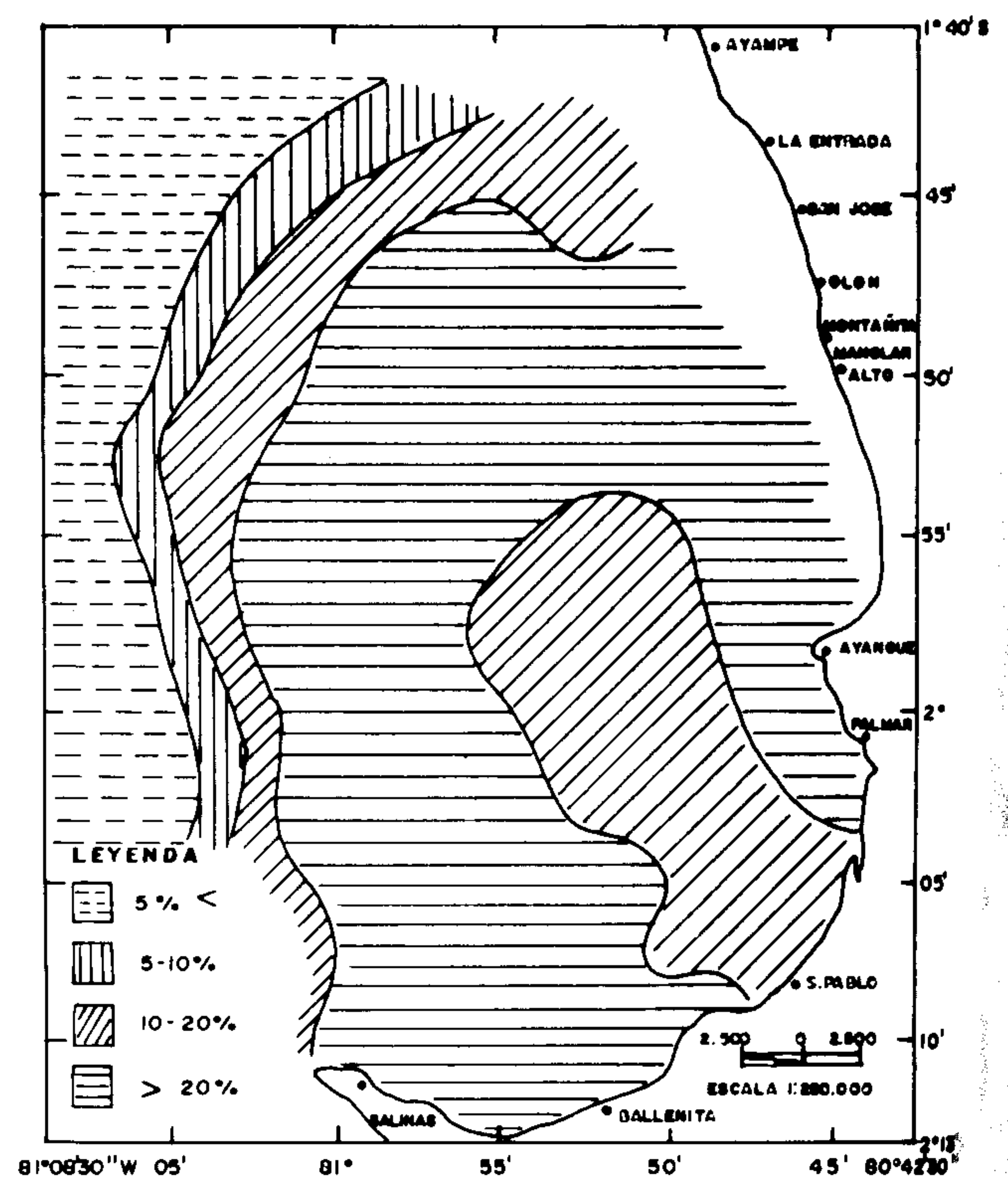


Fig. 13. Distribución porcentual areal del cuarzo (fracción 0.250 - 0.177 mm).

Plagioclasas.- Su porcentaje varía de 2.90 a 62.53%; los cristales de plagioclasa se encuentran en la mayoría de los casos, con poco desgaste y redondeamiento en sus vértices. La zona de mayor acumulación, como se observa en la figura 14a., se ubica en aguas poco profundas.

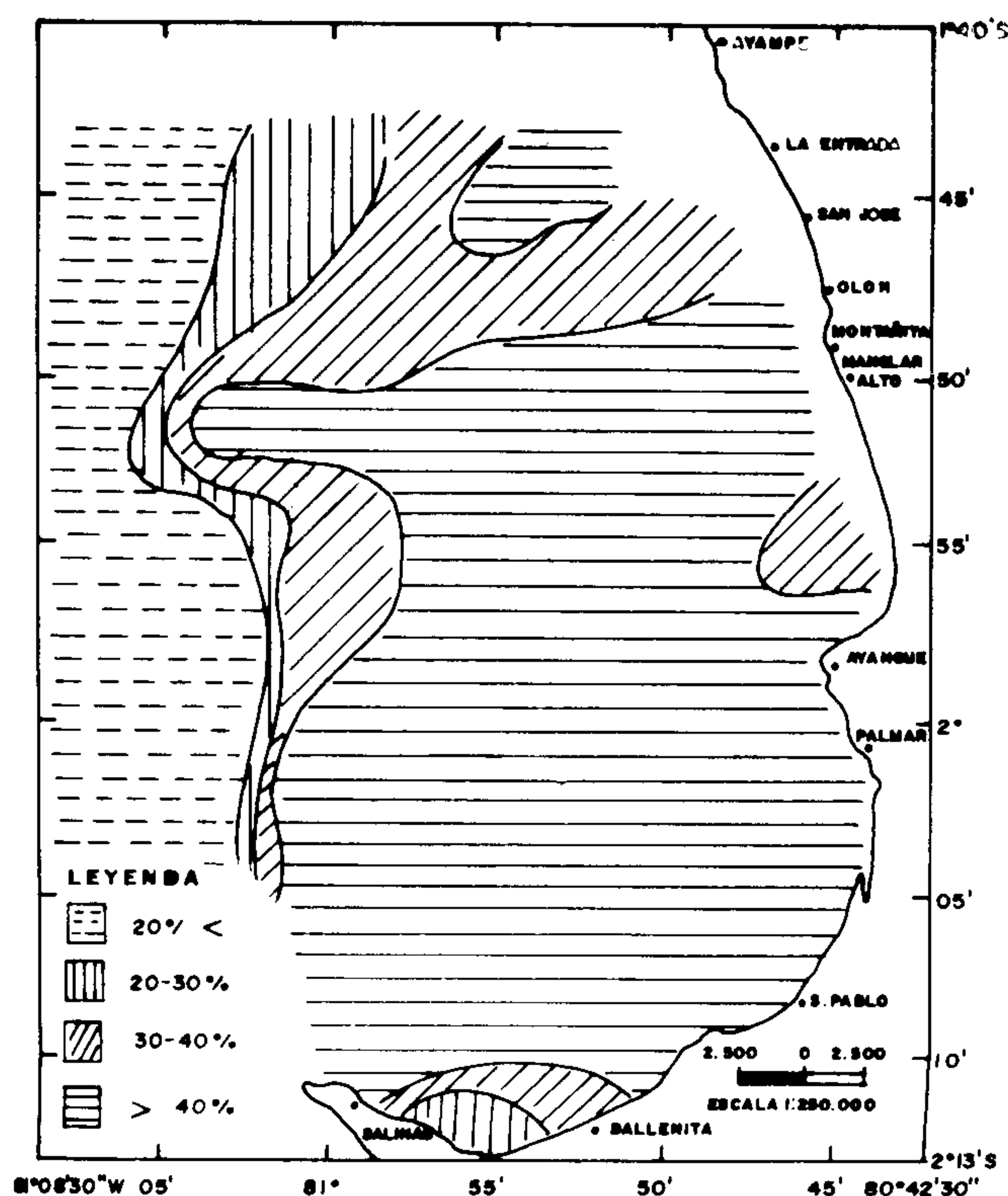


Fig. 14a. Distribución areal de las plagioclasa. (fracción 0.250 - 0.177 mm).

Muscovita.- El porcentaje de este mineral varía de 0 a 3.08%; se encuentra formando parte de los sedimentos del sector Oeste; depositándose en este sitio por ser zonas donde las corrientes litorales del área disminuyen su intensidad.

Ortoclusas.- El porcentaje de este mineral varía de 0 a 33.98%; la zona de mayor acumulación se encuentra al Noreste del área de estudio, y la de más baja acumulación al Oeste (Fig. 14b).

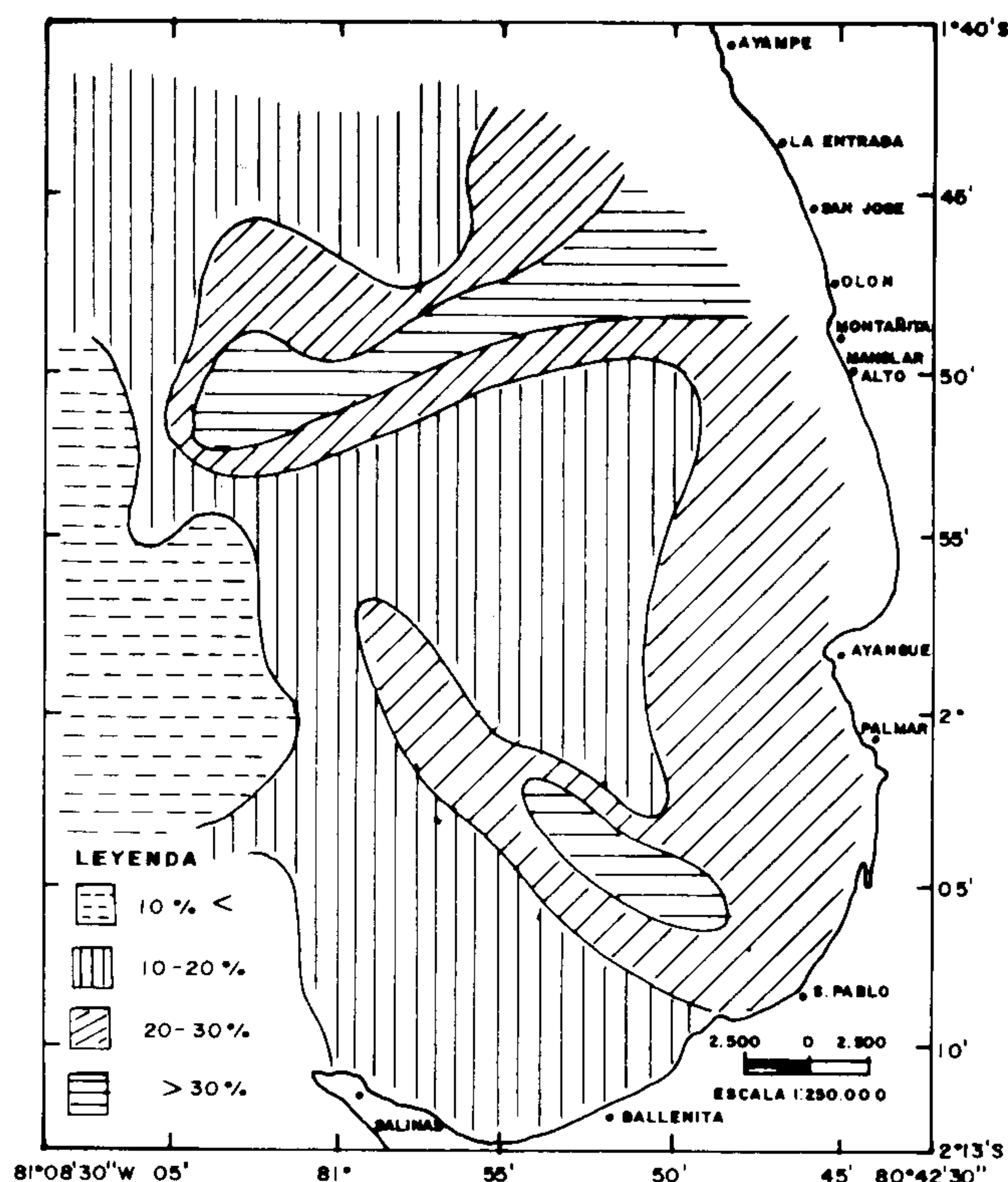


Fig. 14b. Distribución porcentual areal de la ortoclasa. (fracción 0.250 - 0.177 mm).

Fracción Pesada

Los minerales que componen la fracción pesada correspondientes al diámetro 0.250-0.170 mm, tienen un rango de variabilidad que va desde 0.37 a 52.30%, encontrándose: piroxenos, anfíboles, rutilo, epidota, turmalina, granate, magnetita, biotita, siderita y circón.

La Tabla VII muestra la composición porcentual mineralógica de la fracción pesada correspondiente al intervalo de malla 0.250-0.177 mm de las 31 estaciones.

La figura 15 corresponde a la distribución porcentual de los minerales pesados en el área, observándose que los mayores se encuentran en la zona Sur, ubicados en el tramo Salinas-Ballenita, llegándose a encontrar muestras hasta con 52.50% de minerales pesados en su composición.

Piroxenos.- Este mineral predomina en los minerales pesados, el porcentaje de piroxenos encontrados dentro de la fracción gruesa varía de 22.30 a 64.58%; las muestras que mayor porcentaje de piroxenos presentaron, se ubican en el sector Sur del área, según se observa en la figura 16, disminuyendo dicho porcentaje a medida que se aleja de la costa.

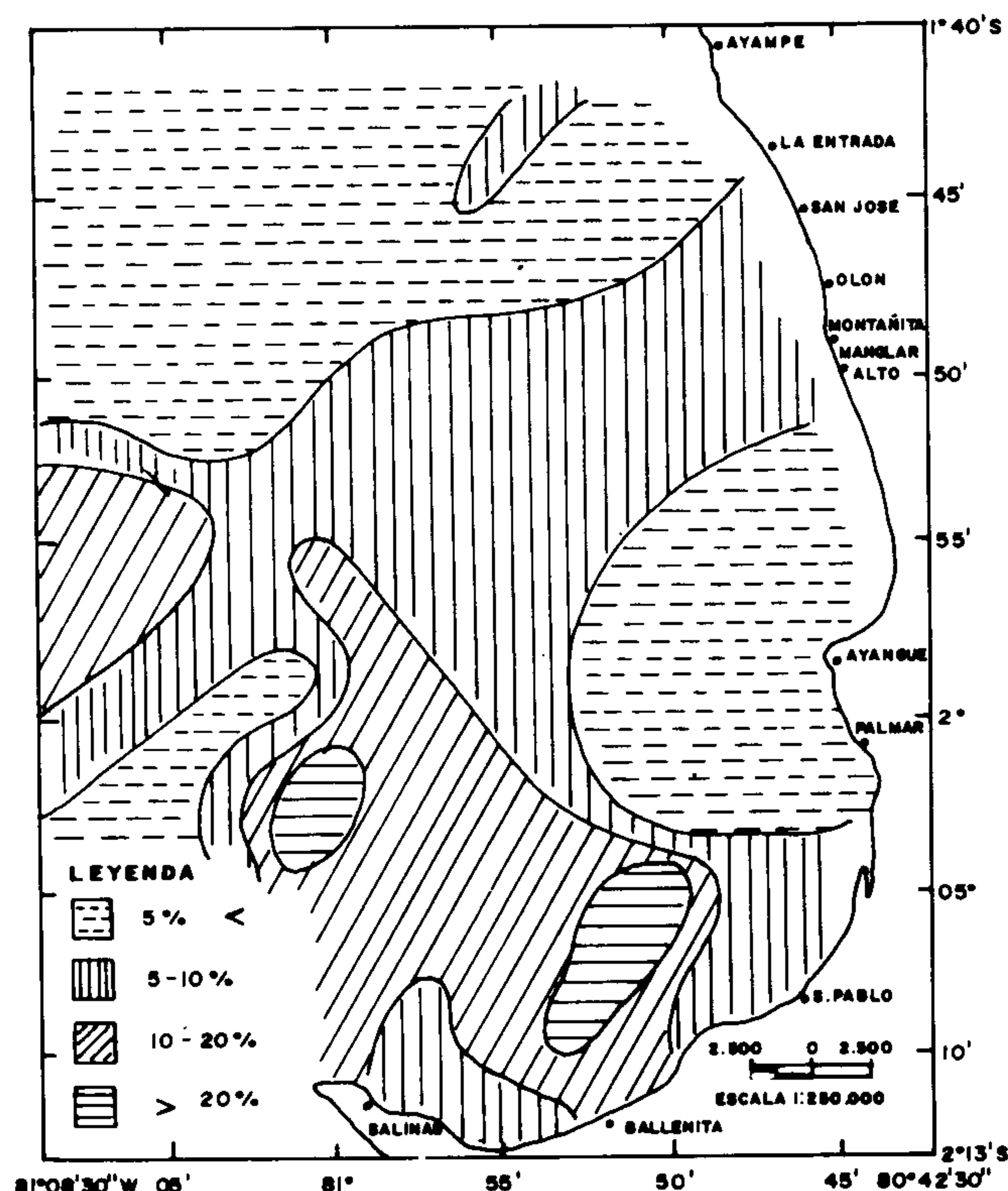


Fig. 15. Distribución porcentual areal de minerales pesados (fracción 0.250 - 0.177 mm).

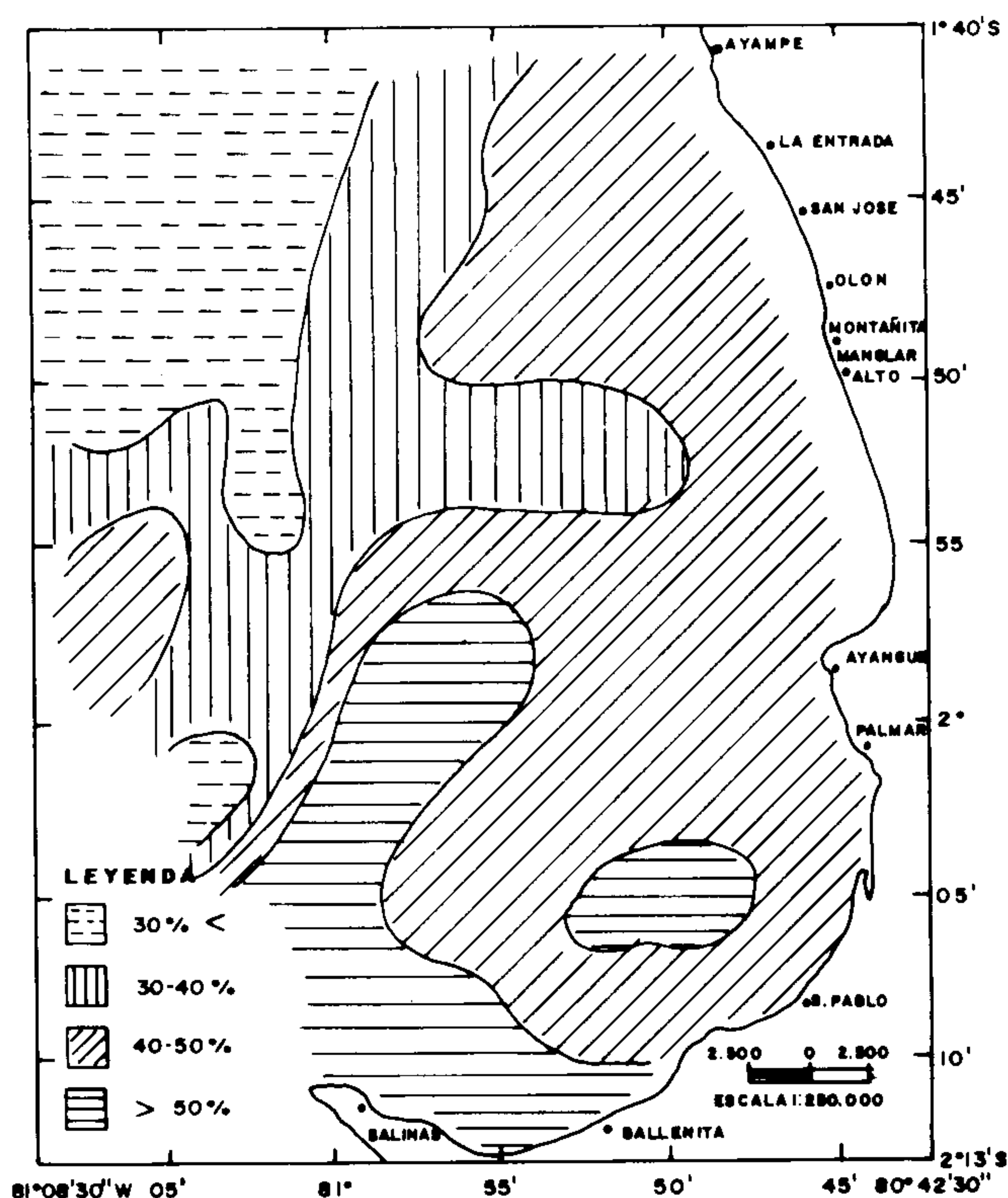


Fig. 16. Distribución areal del porcentaje de piroxenos (fracción 0.250 - 0.177 mm).

Anfíboles.- Presentan un porcentaje que varía de 7.68 a 43.48%; el anfíbol que se destaca por su alto porcentaje es la hornblenda, y se presenta en dos variedades, hornblenda común y hornblenda basáltica. En la figura 17 se observa la distribución porcentual de los anfíboles con un patrón muy definido de altos porcentajes cercano a la costa, disminuyendo paulatinamente costa afuera.

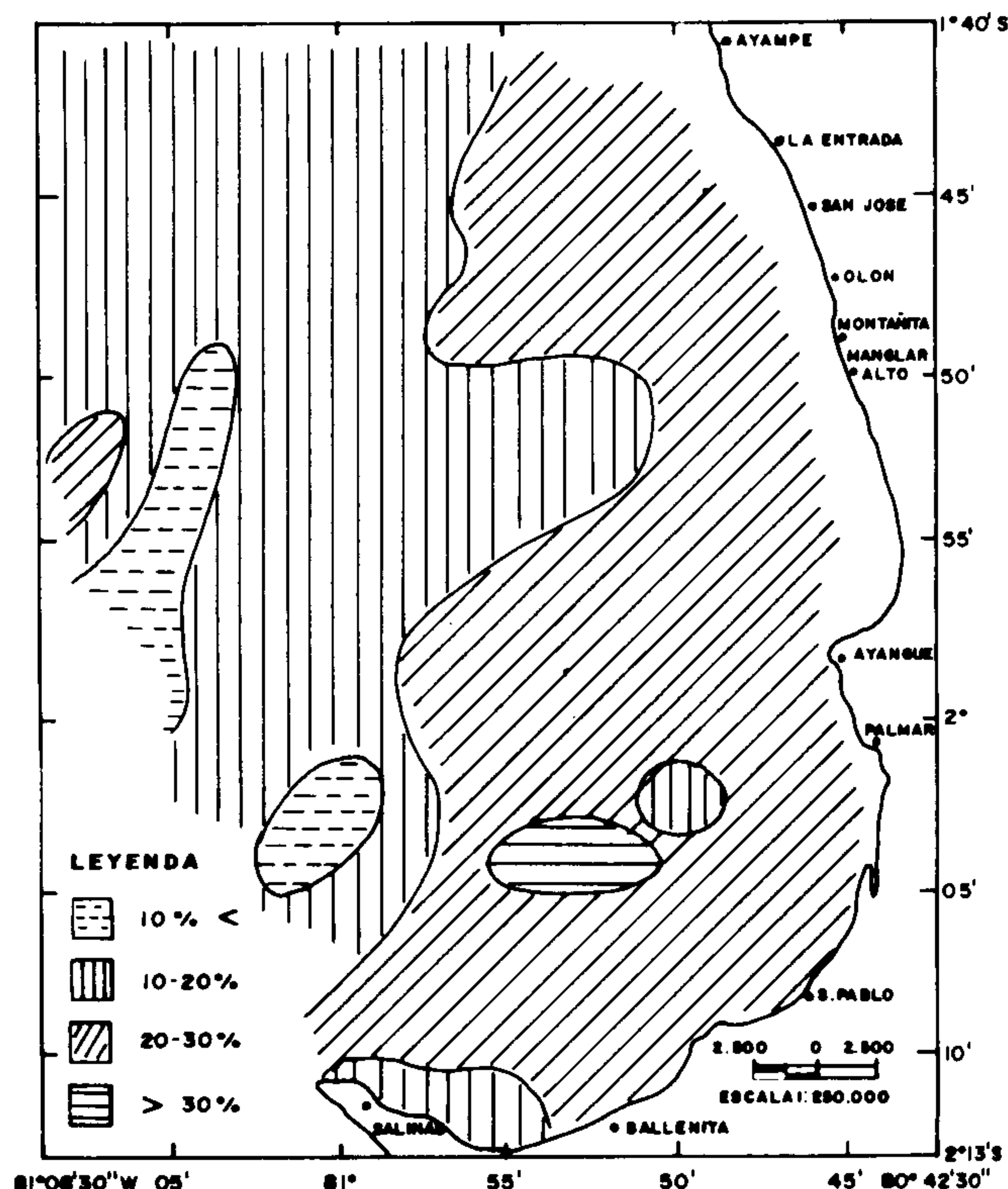


Fig. 17. Distribución areal del porcentaje de anfíboles (fracción 0.250 - 0.177 mm).

Rutilo.- Su porcentaje varía de 0-27.29%, se los encuentra en cristales redondeados; la zona de mayor acumulación de este mineral se ubica en la parte central del área de estudio.

Epidota.- Se encuentra en granos bien redondeados y de alta esfericidad; son de coloración verde oscuro a verde pálido y su superficie relativamente lisa. Su porcentaje varía de 0 a 18.20% y su mayor concentración se ubica en la zona central del área.

Turmalina.- Este mineral se encuentra en bajo porcentaje en la mayoría del área, aumentando relativamente su proporción en las zonas cercanas a la costa. El porcentaje presente varía de 0 a 5.01%.

Granate.- Se presentan en porcentajes de 0 a 6.40%; la estación que mayor porcentaje de granates mostró fue la 76 y se encuentra en el sector central del área.

Biotita.- Los mayores porcentajes se encontraron en la zona Oeste del área, correspondiente dentro de la clasificación textural, a la zona de limos, quizás arrastrados a este lugar por flotar con facilidad y depositarse al disminuir la acción de las corrientes y las olas. Su porcentaje varía de 0 a 9.02%, tienen un comportamiento deposicional muy parecido a la muscovita.

Siderita.- Sólo se encuentran en las estaciones donde el porcentaje de carbonato es relativamente alto, su origen quizás es autigénico por la precipitación de soluciones ricas en hierro y carbonato. Las estaciones donde se las encontró, están ubicadas en la zona Oeste y la Punta de la Península (zona de arrecifes).

Circón.- En la fracción gruesa su porcentaje varía de 0 a 3.32% y sólo se encontraron en tres estaciones de esta fracción. Analizando granulometrías inferiores, se notó que el porcentaje aumentaba a medida que disminuía el diámetro.

Ilmenita.- Su porcentaje varía de 0 a 11.26%, en su mayoría se encuentran recubiertos por una pátina de óxido y muy fracturados. Los mayores porcentajes de este mineral se ubican en la zona central del área.

Magnetita.- El porcentaje de este mineral aumentaba con la disminución del diámetro; observando que para la fracción 0.177-0.250 mm, el porcentaje es de 0 a 35.33%; en el diámetro 0.177-0.125 mm, el porcentaje varía de 0 a 45.04%; y para 0.125-0.088 mm, el rango va de 0 a 94.95%.

En la figura 18 a, b, c, se observa la distribución porcentual areal de este mineral para los distintos diámetros.

Para el intervalo 0.177-0.250 mm., el porcentaje que predomina es el menor a 5%; los porcentajes mayores se ubican especialmente en la zona Oeste del área (Fig. 18a).

Para el diámetro 0.177-0.125 mm, se observa una distribución casi equiporcentual, con una ligera predominancia del porcentaje correspondiente al 5-15% en la zona central del área (Fig. 18b).

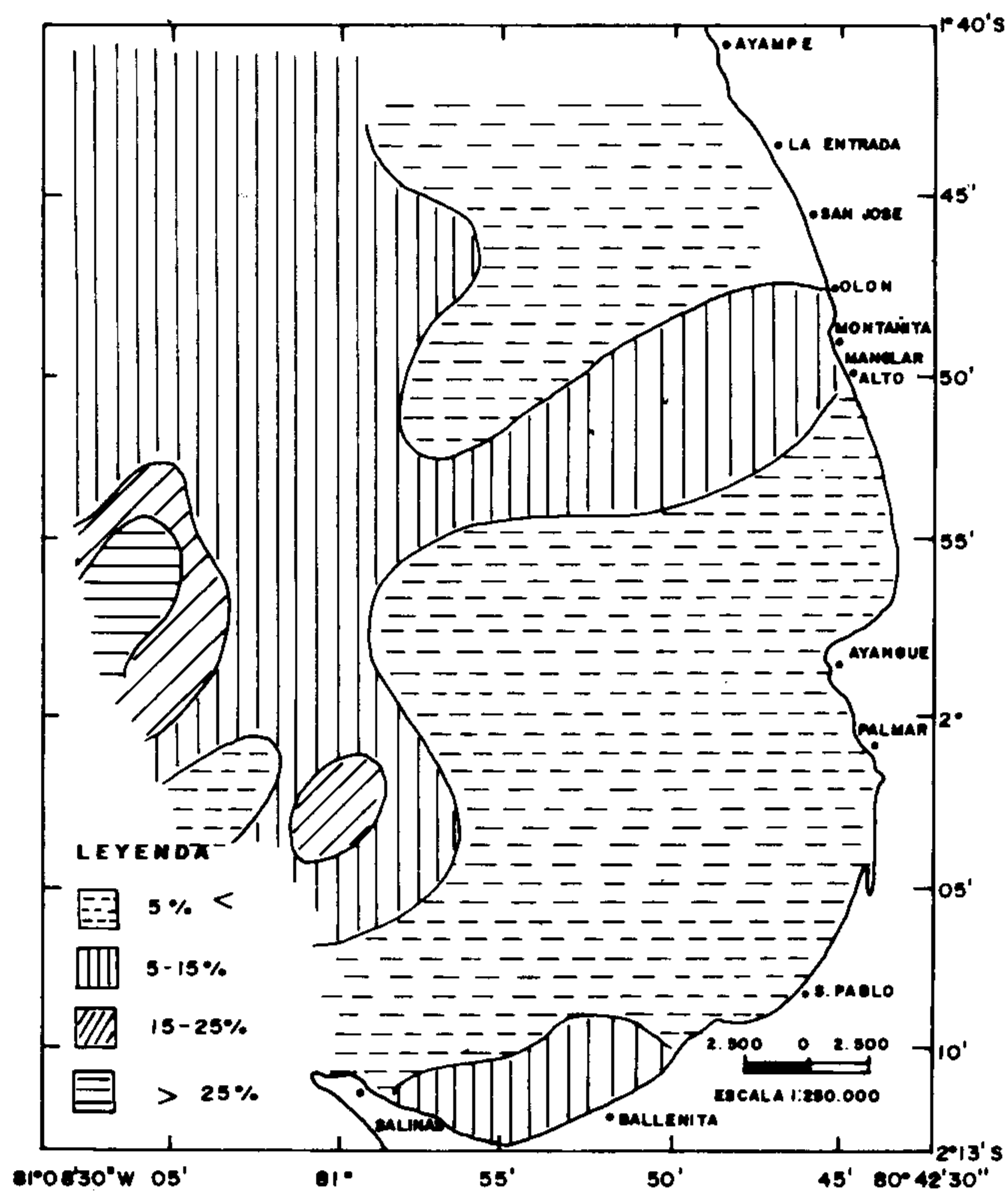


Fig. 18a. Distribución areal del porcentaje de magnetita (fracción 0.250 - 0.177 mm).

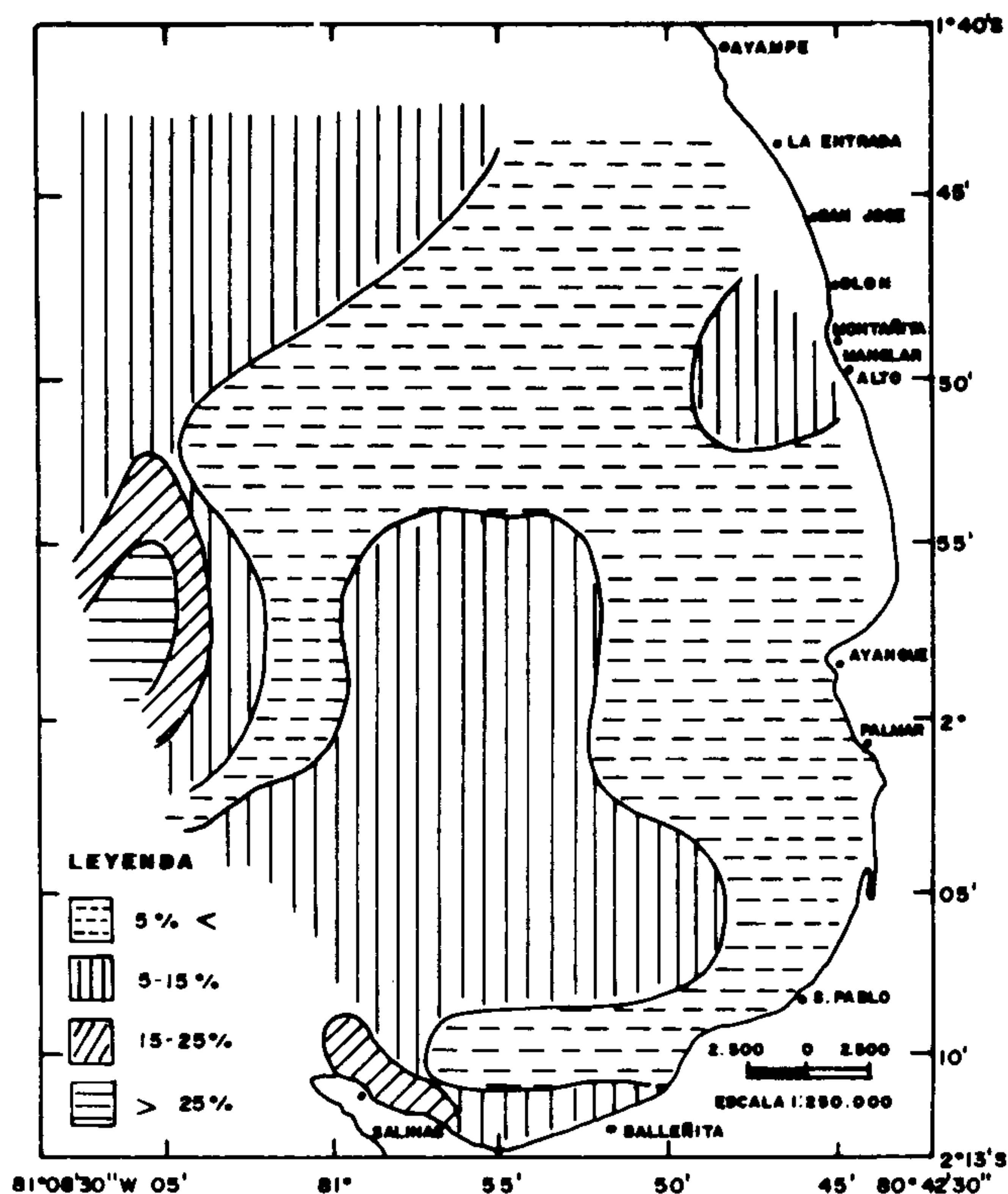


Fig. 18b. Distribución areal del porcentaje de magnetita (fracción 0.177-0.125 mm).

En la granulometría inferior 0.125-0.088 mm., aparecen zonas de alta acumulación de magnetita, determinándose de esta forma, que este mineral aumenta su presencia a medida que disminuye el diámetro y que la dispersión es hacia el Este siguiendo las corrientes (Fig. 18c).

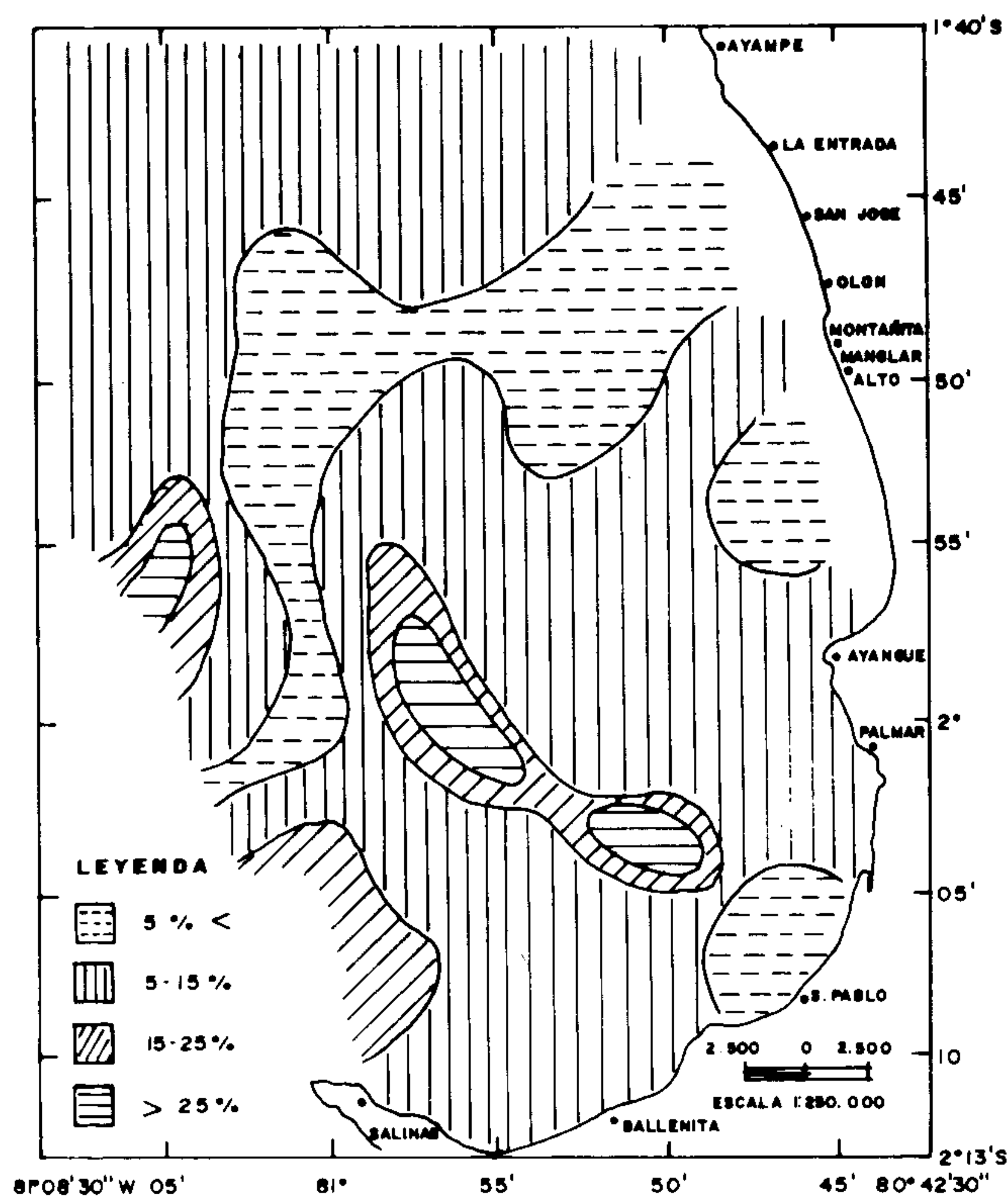


Fig. 18c. Distribución areal del porcentaje de magnetita (fracción 0.125-0.08 mm).

Índice de madurez mineralógica

El índice de madurez mineralógica se obtuvo mediante el método señalado por Pettijohn (1977), el cual toma la relación cuarzo-feldespato, por ser el cuarzo el componente más estable, y el feldespato, por estar inicialmente asociado con el cuarzo, determinándose la madurez mineralógica por la desaparición del feldespato.

Los valores de madurez mineralógica obtenidos en las distintas muestras fluctúan de 0.3883 a 2.4475, dando un sedimento texturalmente inmaduro.

Provincias mineralógicas y ensamblajes minerales

En base a los mapas de distribución mineral y su variación de porcentajes, se dividió el área en tres provincias mineralógicas, debido a que ciertos minerales tienen características deposicionales similares.

Los tres conjuntos mineralógicos se los puede observar en la figura 19 y son:

- 1) Cuarzo-plagioclasas-anfíboles, los cuales son predominantes en las zonas cercanas a la costa, disminuyendo dicho porcentaje a medida que se acerca a las zonas profundas.
- 2) Ortoclasas-piroxenos, se ubican predominantemente al Noreste de la zona, y tiene un comportamiento deposicional parecido a 1), pero en menor extensión.
- 3) Biotita-Muscovita-Siderita, con bajo porcentaje de cuarzo y alto porcentaje de fragmentos calcáreos, ubicados en las regiones de aguas profundas donde comienza el quiebre de pendiente (límite entre la plataforma continental y el talud).

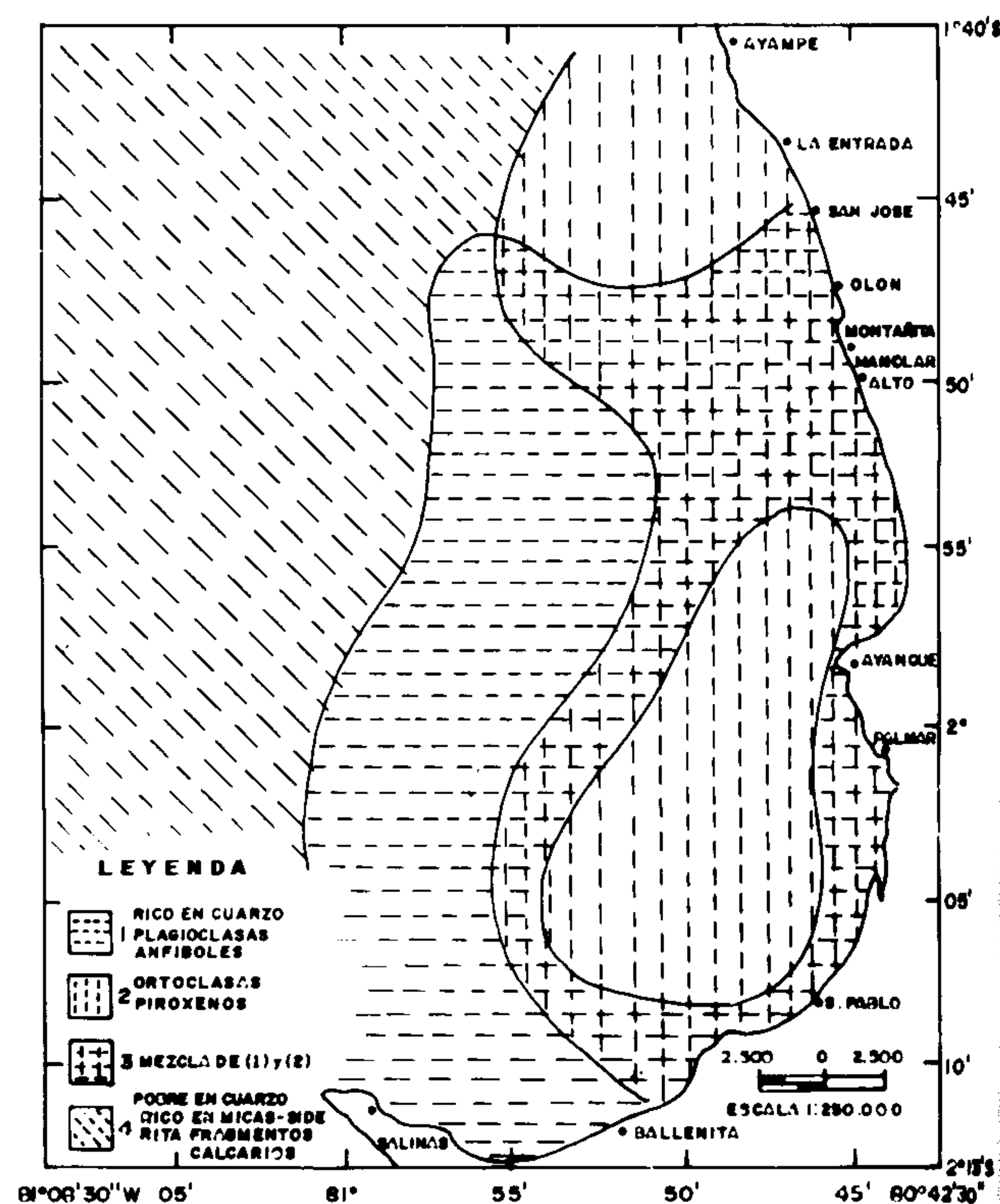


Fig. 19. Provincias y conjuntos mineralógicos.

Génesis de los sedimentos

Los sedimentos de la zona estudiada en su mayoría son relativamente jóvenes y no muy trabajados. Esto se deduce por el alto porcentaje de feldespatos que se encuentran en las muestras analizadas y por su forma, la cual se presenta de una manera angulosa a subangulosa para la mayoría de los granos.

A los sedimentos se le puede atribuir una génesis de origen mixto: una parte ser procedente de la erosión de las formaciones costeras y la otra provenir de la carga sedimentaria transportada por el río Guayas y llevados al área de estudio por las corrientes litorales que tienen sentido Noroeste, corroborando a lo dicho por Benítez (1975). En la figura 20 se observa la posible proveniencia de los sedimentos y el modo como llegaron al área de estudio.

Según la correlación mineral se pudo determinar que los sedimentos provienen de dos tipos de complejos: ígneo y sedimentario.

El origen ígneo se atribuye a la Formación Pifión (Cretáceo), compuesta por lavas basálticas o andesita basáltica y comprende el basamento; está determinado en los sedimentos por la presencia de magnetita, ilmenita, y un alto porcentaje de piroxenos, anfíboles y hornblenda basáltica.

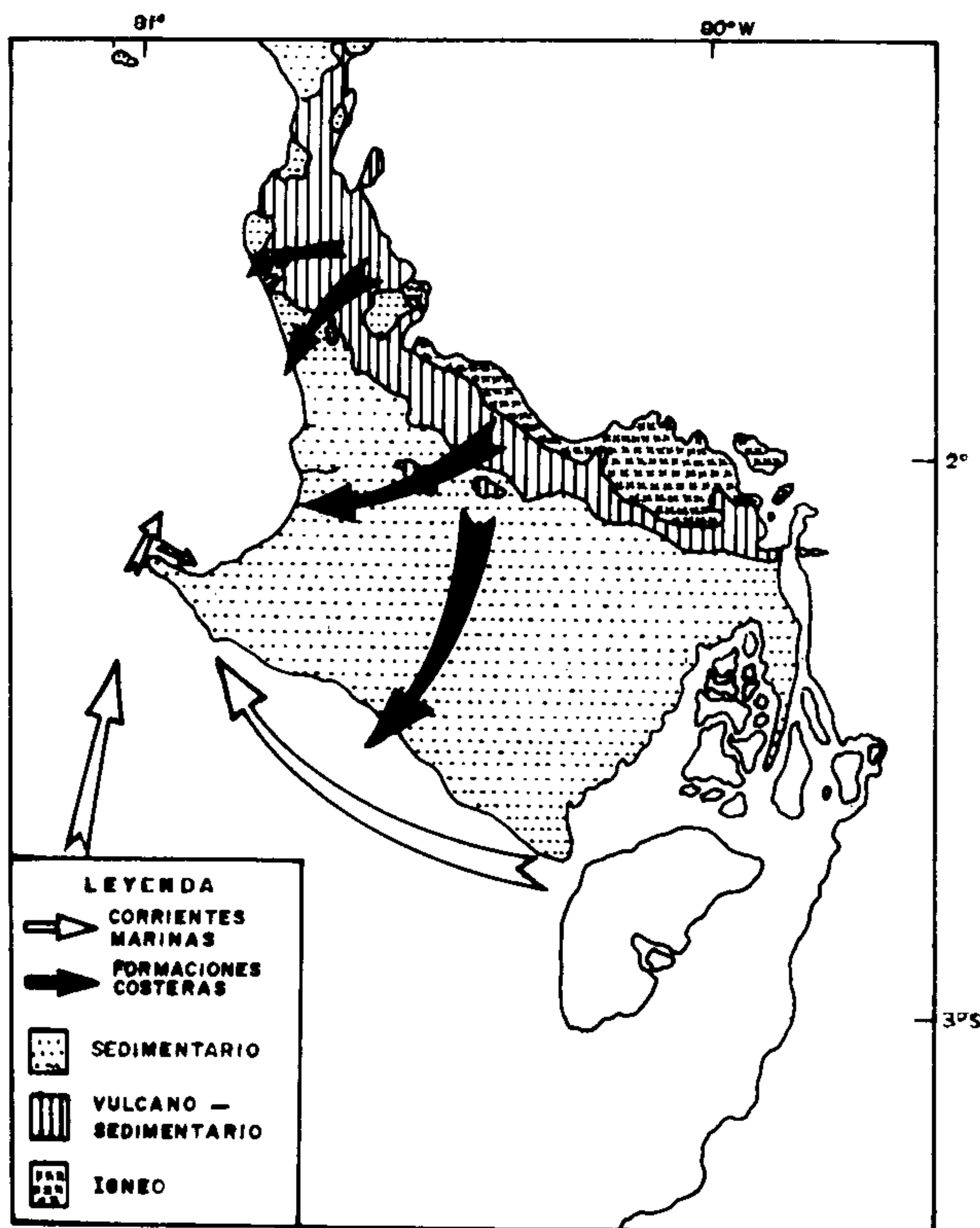


Fig. 20. Esquema mostrando la posible proveniencia de los sedimentos.

El origen sedimentario se atribuye a la formación Vulcano-Sedimentario-Cayo (Cretáceo Superior) y a las formaciones sedimentarias que van del Eoceno al Cuaternario; por la presencia de cristales de cuarzo muy redondeados de alta esfericidad, granates, biotita, epidota y hornblenda.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista textural y de los parámetros estadísticos, los sedimentos demuestran una predominancia de arena mal seleccionada y asimétricos a muy asimétricos hacia los tamaños finos. Esta mala selección influye sobre los minerales, los cuales en su mayoría no siguen un patrón definido. Sólo los minerales que se encuentran en los sedimentos cercanos a Salinas tienden a ser bien seleccionados y presentan un comportamiento definido, aumentando su porcentaje a medida que disminuye su granulometría, obteniéndose muestras que contienen hasta un 90% de minerales pesados.

Las fracciones en su mayoría, denotan un claro dominio de los minerales livianos sobre los pesados.

Los sedimentos de tamaño arena media y fina se depositan especialmente en la zona de la Península, donde las corrientes litorales son muy fuertes, dando lugar a la sedimentación de partículas de grano grueso. Las muestras cercanas a la zona costera, ubicadas entre las poblaciones de Salinas a Ballenita, contienen un alto porcentaje de minerales pesados depositados por dichas corrientes, las cuales actúan en esta zona con mayor fuerza.

Tomando en cuenta el diámetro medio de las partículas, son las arenas muy finas las predominantes en el sector, notándose una tendencia a aumentar su tamaño a medida que los sedimentos se acercan a la zona de Salinas, y disminuir cuando llegan al sector Noreste de Monteverde, debido a la disminución de la intensidad del transporte litoral. En la figura 15 se observa el comportamiento de los minerales pesados, los cuales se concentran especialmente en la zona de la Península, y a medida que se alejan de la costa, comienza a disminuir su porcentaje donde comienzan las facies de lodo, encontrándose mal seleccionados al igual que los sedimentos.

El origen de la acumulación de limos y sus mezclas también mal seleccionadas, ubicadas en el sector Este, se debe al continuo lavado que sufren las arenas por las corrientes, haciendo flocular los limos y arcillas hasta depositarlos en zonas de aguas tranquilas, formándose grandes bancos de este material.

La predominancia de sedimentos mal seleccionados es tal, que abarca un 80% del área total. Morais (1980) clasificó el coeficiente de selección en dos tipos:

- a.- La "selección local" que abarca la deposición de los sedimentos en una localidad particular, y en la mayoría de las estaciones es muy mal seleccionada.
- b.- La "selección progresiva" que consiste en la selección en la dirección del transporte de sedimentos. En el gráfico de distribución de los sedimentos según su grado de selección, se observa una selección progresiva entre las poblaciones de Salinas, Ballenita, y San Pablo, donde los sedimentos se tornan de mal seleccionados a bien seleccionados, siguiendo la dirección del transporte del sedimento.

Por lo observado en las figuras de distribución textural y mineralógica, parece ser que las corrientes siguen una orientación Norte, las mismas que al chocar con la Península de Santa Elena se dividen en dos: una principal que sigue la misma dirección Norte, y otra que se dirige hacia el Noreste, la cual produce la buena clasificación de los sedimentos en esta zona (Fig. 21).

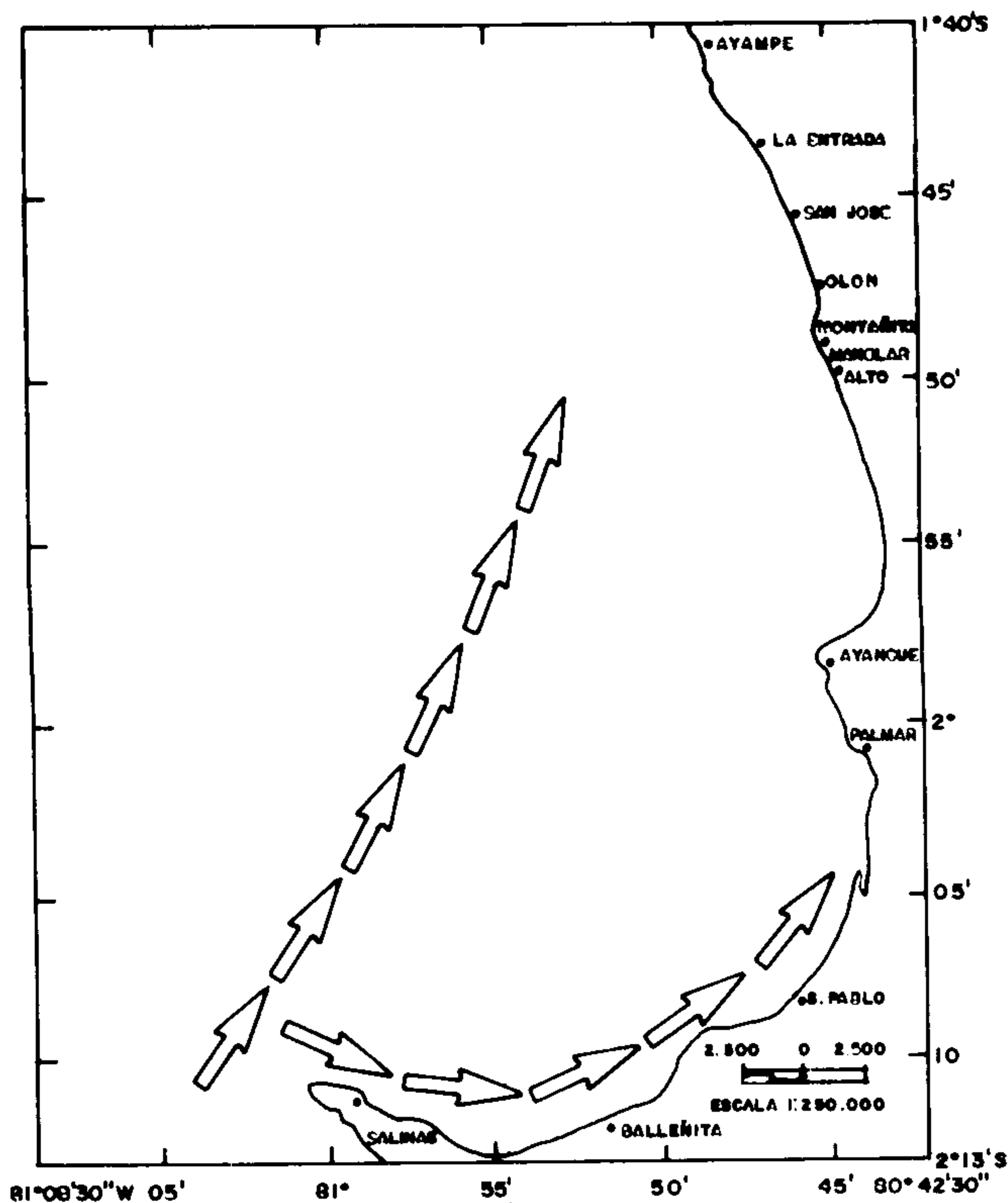


Fig. 21. Posible comportamiento de las corrientes en base a la distribución textural y mineralógica.

La predominancia de fragmentos calcáreos (restos de conchas, moluscos, foraminíferos, espículas, etc.) en ciertas zonas origina una relativa alta concentración de carbonato de calcio. Esto se produce especialmente en áreas donde posiblemente existe una abundancia de estos organismos, aunque la mayoría de éstos, son arrastrados de otras zonas y depositados en aguas más tranquilas, preferentemente en el sector Noroeste.

Los sedimentos del área son texturalmente muy inmaduros; esto lo comprueba el índice de madurez mineralógica, su forma, en la mayoría muy angulosa a subangulosa; la gran cantidad de feldespatos, y el gran número de especies mineralógicas encontradas.

La génesis de los sedimentos podría determinarse de origen mixto: procedentes de la erosión de las rocas de la zona costera, así como también transportados por las corrientes marinas desde el Golfo de Guayaquil y empujados hacia el Noroeste.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su reconocimiento al Director del INOCAR, CPFG-EM Hernán Moreano; al Subdirector CPCB-UN Galo Dávila, por el apoyo brindado para la publicación del presente trabajo.

De igual forma, nuestro agradecimiento al TNNV-UN Fernando Zurita, Jefe del Departamento de Ciencias del Mar, por su valiosa colaboración en la lectura del manuscrito.

Así mismo, dejamos constancia de nuestro reconocimiento al Sr. Ernesto Zavala, Dibujante Técnico del INOCAR, por la elaboración de los dibujos que ilustran este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Azad, J., 1968.-** Geology and petroleum prospects of the Progreso Basin; Informe inédito; Anglo Ecuadorian Oilfields Ltd. Rep., J. A. 9. Quito.
- Ayón, H., 1968.-** Grandes rasgos geomorfológicos de la costa ecuatoriana; Proyecto de manejo de recursos costeros (PMRC); pag. 4-5.
- Bailey y Stevens, 1960.-** Interet et applications de l'étude des minéraux land; pag. 170-171; por Cayeux, L., 1916.
- Benítez, S., 1975.-** Morfología y sedimentos de la Plataforma Continental Ecuatoriana; Escuela Superior Politécnica del Litoral; Tesis de grado; pag. 77.
- Carranza, A., 1980.-** Ambientes sedimentarios recientes de la llanura costera Sur del Istmo de Tehuantepec; An. Centro Ciencias del Mar y Limnología; Univ. Nac. Auton. México, 7 (2): 13-66 (1980); pag. 42, 43, 44.
- Caraballo, L., 1982.-** El Golfo de Cariacó Parte III. Contenido de carbonatos y constituyentes de las partículas de los sedimentos. Su distribución por el fondo. Fauna característica; Boletín del Instituto Oceanográfico; Universidad de Oriente; Cumaná, Venezuela; Vol. 21- #1-2; 1982, pag. 77.
- Colman, J., 1970.-** Guidebook to the geology of the Santa Elena Peninsula; Ecuadorian geol. and geophys. soc., Quito.
- Cruz-Orozco, R., 1974.-** Morphodynamics and sedimentation of the Rio Guayas Delta, Ecuador; B. S., Instituto Politécnico Nacional, 1962; M. S., Louisiana State University, 1971; Tesis de Doctorado.
- Cuenca, V. J., 1977.-** Estudio de la morfología y sedimentos de la Plataforma Continental de Puerto López, Provincia de Manabí, Ecuador; Universidad de Guayaquil; Facultad de Ciencias Naturales; Escuela de Geología.
- De Miró, M., Ayón, H., Benítez, B., 1976.-** Morfología y estructura del Margen Continental del Ecuador; UNESCO, INP, INOCAR. Manuscrito presentado en junio de 1973. Revisado en mayo de 1974. Publicado en 1976.
- De Miró, M., Coronel, V., Franco I., Cuenca, J. 1977.-** Morfología y sedimentos de la Plataforma Continental de la Provincia de Esmeraldas, Ecuador; Instituto Oceanográfico; División de Geología Marina; pag. 11.
- García, L., 1982.-** Estudio de la morfología y sedimentos de la Plataforma Continental Cabo San Lorenzo-Punta Jama, Ecuador; Revista de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil-Ecuador.
- Instituto Oceanográfico de la Armada, 1977.-** Atlas Meteorológico del Mar Territorial; Isla Gorgona-Punta Pariñas, Archipiélago de Colón (Provincia Insular de Galápagos); publicado por INOCAR en 1977.
- Krumbein, W., Sloss, L. L., 1963.-** Estratigrafía y sedimentación; Segunda edición traducida al español, pag. 116.
- Morais, J., 1980.-** Aspectos do transporte de sedimentos no litoral do Município de Fortaleza, Estado de Ceará, Brasil; Arquivo de Ciencias de Mar, Vol. XX, Dezembro 1980; Num. 1 e 2; Fortaleza-Ceará-Brasil; pag. 9.
- Pettijohn, F., 1977.-** Rocas sedimentarias; Traducida al español en 1957 por el Dr. Juan Turner; pag. 506-509.
- Preston, J., 1959.-** Información preliminar sobre los recursos, usos y problemas de la zona costera ecuatoriana; Seminario sobre ordenación y desarrollo integral de las zonas costeras. Guayaquil, Ecuador, 18-27 mayo 1981; Tomo 4, pag. 8; por el Dpto. de Asuntos Sociales de las NN.UU.
- Sawer, W., 1965.-** Geología del Ecuador, Editorial del Ministerio de Educación, Quito.
- Vatan, A., 1956.-** Curso de Geología Marina. Instituto Oceanográfico. Programa de Investigación y Exploración Oceanográfica 1971-1975. pag. 136; por De Miró M., 1972.
- Villwock, J., 1978.-** Aspectos da sedimentação na região nordeste da Lagoa dos Patos: Lagoa Casamento e aco do Cocuruto-RS-Brasil; Universidad Federal do Rio Grande do Sul-Instituto de Geociencias-Centro de estudos de Geología Costeira e Oceanica-CECO, Brasil.
- Wentworth, C. K., 1922.-** Curso de Geología Marina. Instituto Oceanográfico. Programa de Investigación y Exploración Oceanográfica 1971-1975. Pág. 121. Tabla 2; por De Miró M., 1972.

# de Estación	Profundidad m	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
2	76	1° 43' 00" S	81° 02' 52" W
5	26	1° 44' 26" S	81° 02' 27" W
6	45	1° 46' 46" S	81° 04' 26" W
7	59	1° 45' 29" S	81° 01' 44" W
8	25	1° 56' 08" S	80° 45' 28" W
9	29	1° 55' 26" S	80° 46' 07" W
10	35	1° 54' 48" S	80° 46' 44" W
12	46	1° 49' 29" S	81° 07' 10" W
13	44	1° 42' 02" S	81° 06' 28" W
14	60	1° 44' 08" S	80° 54' 46" W
16	41	1° 54' 43" S	80° 48' 19" W
17	43	1° 53' 55" S	80° 49' 10" W
18	48	1° 52' 07" S	80° 50' 21" W
20	56	1° 47' 55" S	80° 53' 36" W
21	69	1° 50' 08" S	81° 05' 23" W
22	18	1° 49' 13" S	81° 03' 30" W
23	58	1° 46' 24" S	80° 56' 40" W
24	103	1° 52' 10" S	81° 06' 42" W
25	87	1° 55' 52" S	81° 05' 57" W
26	36	1° 50' 57" S	81° 03' 39" W
27	21	1° 50' 23" S	81° 02' 25" W
29	57	1° 47' 45" S	80° 56' 13" W
30	58	1° 47' 34" S	80° 55' 27" W
31	61	1° 47' 06" S	80° 54' 42" W
32	61	1° 46' 46" S	80° 53' 59" W
34	104	1° 53' 25" S	81° 06' 11" W
36	16	2° 07' 14" S	80° 47' 25" W
37	29	2° 05' 47" S	80° 48' 25" W
39	38	2° 03' 50" S	80° 49' 55" W
40	42	2° 02' 46" S	80° 50' 42" W
41	44	2° 01' 26" S	80° 51' 39" W
42	29	1° 48' 33" S	81° 01' 42" W
43	70	1° 44' 47" S	81° 04' 24" W
44	40	2° 02' 31" S	80° 52' 32" W
46	56	1° 49' 31" S	80° 51' 53" W
47	29	2° 05' 08" S	80° 55' 40" W
49	83	1° 53' 53" S	81° 01' 27" W
52	59	1° 51' 31" S	80° 53' 09" W
53	53	1° 50' 51" S	80° 51' 40" W
54	52	1° 50' 29" S	80° 50' 11" W
55	47	1° 50' 13" S	80° 50' 10" W
56	43	1° 49' 50" S	80° 49' 08" W

# de Estación	Profundidad m	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
57	39	1° 49' 29" S	80° 40' 27" W
60	36	1° 49' 38" S	80° 47' 44" W
62	61	1° 59' 40" S	81° 00' 21" W
64	45	1° 58' 34" S	80° 57' 41" W
65	46	1° 58' 09" S	80° 56' 12" W
67	33	2° 08' 56" S	81° 00' 32" W
68	45	2° 07' 51" S	81° 02' 02" W
69	52	2° 04' 40" S	81° 02' 57" W
70	58	1° 55' 22" S	80° 48' 28" W
72	38	1° 54' 54" S	80° 47' 29" W
74	29	1° 54' 17" S	80° 45' 54" W
76	135	2° 02' 19" S	81° 02' 55" W
78	96	2° 03' 38" S	81° 02' 41" W
79	62	2° 02' 28" S	81° 00' 11" W
83	30	1° 59' 33" S	80° 53' 16" W
84	55	1° 57' 39" S	80° 48' 48" W
85	47	1° 57' 22" S	80° 47' 54" W
86	75	1° 55' 23" S	81° 03' 27" W
87	61	2° 05' 01" S	81° 02' 32" W
91	34	2° 01' 40" S	80° 54' 30" W
92	40	2° 01' 02" S	80° 53' 09" W
93	43	2° 00' 24" S	80° 51' 24" W
94	43	1° 58' 34" S	80° 47' 13" W
95	29	2° 03' 48" S	80° 53' 02" W
96	39	2° 10' 12" S	81° 02' 09" W
98	23	2° 09' 14" S	80° 59' 55" W
99	25	2° 05' 31" S	80° 51' 15" W
101	33	2° 05' 03" S	80° 50' 14" W
102	34	2° 04' 34" S	80° 49' 12" W
104	34	2° 03' 46" S	80° 47' 14" W
1-S	PLAYA	2° 11' 55" S	80° 52' 23" W
2-S	11	2° 10' 49" S	80° 52' 25" W
3-S	13	2° 09' 46" S	80° 52' 46" W
4-S	13	2° 10' 31" S	80° 54' 46" W
5-S	9	2° 11' 37" S	80° 54' 21" W
6-S	PLAYA	2° 12' 43" S	80° 54' 19" W
7-S	PLAYA	2° 11' 53" S	80° 56' 55" W
8-S	13	2° 10' 47" S	80° 56' 54" W
9-S	17	2° 09' 46" S	80° 56' 53" W
10-S	19	2° 09' 35" S	80° 58' 20" W
11-S	14	2° 10' 37" S	80° 58' 18" W
12-S	PLAYA	2° 11' 43" S	80° 58' 16" W

TABLA I. Ubicación y profundidad de las muestras.

# de Estación	Grava %	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
2	6.74	80.85	11.02	1.38	arenosa
5	5.12	78.91	14.32	1.63	arenosa
6	—	95.73	3.52	0.74	arenosa
7	2.06	65.98	31.48	0.46	arena limosa
8	—	54.79	38.96	6.26	arena limosa
9	—	6.91	87.53	5.55	limosa
10	0.33	9.05	79.43	11.18	limosa
12	—	36.57	54.50	8.91	limo arenosa
13	22.59	74.57	2.36	0.46	arenosa
14	0.29	83.43	13.16	3.10	arenosa
16	—	2.44	95.05	2.49	limosa
17	—	2.38	60.33	37.28	limo arcillosa
18	—	3.04	89.82	7.13	limosa
20	2.10	84.46	11.17	2.25	arenosa
21	—	77.12	20.62	2.25	arenosa
22	24.92	17.85	46.19	10.02	limosa
23	1.82	75.26	18.81	4.09	arenosa
24	1.03	40.93	52.48	5.54	limo arenosa
25	14.31	78.25	6.34	1.09	arenosa
26	1.86	17.90	65.66	14.56	limosa
27	0.53	19.91	70.34	9.21	limosa
29	5.86	79.57	12.93	1.62	arenosa
30	1.70	73.85	20.67	3.76	arenosa
31	4.09	25.33	50.91	19.64	limo arenosa
32	1.98	42.33	43.35	12.31	limo arenosa
34	—	2.62	67.91	29.46	limo arcillosa
36	—	89.90	8.35	1.73	arenosa
37	0.33	45.34	49.18	5.14	limo arenosa
39	—	20.80	71.47	7.72	limosa
40	—	13.83	79.01	7.14	limosa
41	—	2.48	71.19	26.32	limosa
42	—	16.67	74.12	9.19	limosa
43	0.51	4.66	84.93	9.89	limosa
44	—	13.15	50.73	36.11	limo arcillosa
46	—	0.82	64.71	34.39	limo arcillosa
47	4.04	83.47	9.21	3.26	arenosa
49	0.08	63.45	32.30	0.24	arena limosa
52	—	5.51	86.99	7.48	limosa
53	—	2.11	66.76	31.12	limo arcillosa
54	—	2.47	79.35	18.16	limosa
55	—	26.31	53.77	19.91	limo arenosa
56	—	5.49	78.61	15.89	limosa

# de Estación	Grava %	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
57	—	25.08	64.60	10.31	limo arenosa
60	—	3.62	89.98	6.38	limosa
62	0.30	86.80	10.58	2.31	arenosa
64	0.45	93.90	3.62	2.02	arenosa
65	0.35	81.55	14.71	3.36	arenosa
67	9.66	77.12	10.48	2.72	arenosa
68	—	92.70	5.09	2.20	arenosa
69	2.84	89.80	5.59	1.76	arenosa
70	—	10.55	19.92	9.52	limosa
72	—	2.23	94.62	3.13	limosa
74	0.10	36.29	58.98	4.00	limo arenosa
76	—	57.20	36.71	6.08	arena limosa
78	—	55.48	39.15	5.36	arena limosa
79	4.56	70.26	21.69	3.47	arenosa
83	—	94.88	4.35	0.75	arenosa
84	—	1.68	55.85	42.45	limo arcillosa
85	—	0.83	91.59	7.56	limosa
86	—	78.11	19.43	2.45	arenosa
87	—	80.91	13.08	5.99	arenosa
91	0.13	79.62	16.75	3.49	arenosa
92	—	8.32	63.44	28.22	limo arcillosa
93	—	2.40	69.60	27.98	limosa
94	—	6.98	86.89	6.11	limosa
95	6.96	85.20	7.04	0.78	arenosa
96	0.37	95.77	3.22	0.62	arenosa
98	10.12	70.84	16.45	2.58	arenosa
99	—	96.90	2.18	0.90	arenosa
101	6.72	80.62	10.40	2.25	arenosa
102	—	34.50	60.98	4.50	limo arenosa
104	3.13	36.33	46.09	14.43	limo arenosa
1-S	—	98.16	1.83	—	arenosa
2-S	0.18	82.46	16.28	1.06	arenosa
3-S	—	68.10	30.77	1.11	arenosa
4-S	—	97.38	1.49	1.12	arenosa
5-S	0.16	95.26	3.50	1.23	arenosa
6-S	7.92	90.26	1.81	—	arenosa
7-S	1.01	97.04	1.93	—	arenosa
8-S	0.23	94.35	5.41	—	arenosa
9-S	0.04	95.78	4.16	—	arenosa
10-S	0.54	91.65	7.80	—	arenosa
11-S	0.16	97.48	2.35	—	arenosa
12-S	0.07	97.46	2.45	—	arenosa

TABLA II. Porcentajes de las fracciones y textura de los sedimentos.

# de Estación	Media	Grado de clasificación	Asimetría	Kurtosis	CO3 Ca
2	1.92	1.70	-0.14	1.40	36.56
5	2.33	1.36	0.01	1.29	18.26
6	2.45	0.67	0.20	1.31	48.02
7	2.89	1.63	0.26	0.84	22.36
8	4.30	1.32	0.54	1.61	2.00
9	5.01	1.11	0.53	0.81	1.80
10	5.39	1.49	0.05	1.07	2.40
12	4.57	1.34	0.65	1.65	17.70
13	-0.06	1.81	-0.05	1.50	54.00
14	2.86	1.41	0.35	1.80	15.58
16	5.37	0.89	-0.40	0.76	3.76
17	6.50	1.52	0.31	0.80	2.58
18	5.65	0.97	-0.13	2.29	3.20
20	2.32	1.40	0.26	2.00	7.60
21	3.64	0.72	0.28	1.56	27.17
22	2.75	3.65	-0.33	0.74	1.36
23	3.23	1.36	0.24	1.70	11.10
24	4.39	1.13	0.53	2.12	16.47
25	0.39	1.86	0.12	1.73	30.95
26	4.99	1.96	-0.07	1.36	6.75
27	4.84	1.61	-0.23	1.75	3.59
29	2.61	1.92	-0.26	1.64	6.62
30	2.98	1.82	0.19	1.52	11.16
31	5.11	2.43	-0.27	1.28	6.79
32	4.15	2.14	0.15	1.16	6.49
34	6.37	1.30	0.44	1.19	16.31
36	3.34	0.46	0.11	1.10	3.91
37	4.14	0.99	0.16	3.71	3.59
39	4.73	1.24	0.47	1.70	2.47
40	5.04	1.20	0.44	0.80	2.48
41	6.12	1.79	0.27	1.05	2.88
42	5.18	1.52	-0.05	1.12	2.66
43	4.85	1.26	0.91	1.25	2.72
44	5.88	1.87	0.40	0.73	0.96
46	6.29	1.32	-0.02	0.82	4.61
47	2.29	1.86	-0.14	1.27	5.46
49	3.98	1.04	0.33	2.17	16.50
52	5.69	1.05	-0.06	1.33	1.90
53	5.84	1.67	0.20	0.61	3.43
54	5.92	1.45	0.05	1.28	4.37
55	5.33	2.03	-0.21	0.84	3.30
56	5.87	1.35	0.17	1.19	2.35

# de Estación	Media	Grado de clasificación	Asimetría	Kurtosis	CO3 Ca
57	4.92	1.90	-0.15	1.25	2.35
60	5.79	1.00	-0.06	0.98	2.66
62	3.20	0.85	0.44	2.13	6.34
64	1.87	1.10	0.03	1.30	8.93
65	3.16	1.31	0.26	1.50	9.34
67	1.84	2.19	-0.06	1.19	41.85
68	2.33	0.85	0.26	1.40	2.21
69	1.75	1.44	0.02	1.03	6.57
70	5.28	1.27	0.37	1.21	3.40
72	5.19	0.81	0.47	1.13	4.08
74	4.44	1.46	0.22	0.97	2.33
76	4.22	1.09	0.47	2.79	7.28
78	4.15	0.94	0.31	2.87	7.44
79	3.35	1.42	-0.01	3.12	4.89
83	2.37	0.76	0.09	1.39	7.20
84	6.89	1.77	0.28	0.85	1.36
85	5.34	1.13	0.25	1.57	2.16
86	3.72	0.45	0.04	1.28	5.20
87	3.83	1.01	0.38	2.74	6.23
88	3.46	2.22	0.23	1.85	5.19
92	5.87	1.86	0.28	0.79	3.67
93	5.80	1.57	0.57	0.77	4.42
94	5.53	1.17	-0.02	0.87	4.11
95	1.85	1.66	-0.18	1.41	6.09
96	1.27	1.06	0.17	1.15	31.23
98	2.09	2.25	0.09	1.21	36.76
99	2.20	0.76	-0.01	1.03	7.19
101	1.94	1.78	0.01	2.19	3.74
102	4.39	1.17	0.43	1.54	3.06
104	4.63	2.03	0.30	1.06	3.01
1-S	2.28	0.73	0.07	0.97	—
2-S	3.29	0.77	-0.50	1.22	—
3-S	3.25	0.89	-0.48	0.81	—
4-S	2.15	0.70	0.08	1.21	—
5-S	2.75	0.76	-0.08	0.86	—
6-S	0.74	1.23	0.01	1.49	—
7-S	2.40	0.81	-0.07	0.99	—
8-S	2.49	0.88	0.05	0.98	—
9-S	2.62	0.65	0.05	0.92	—
10-S	1.86	0.61	-0.10	1.12	—
11-S	2.11	0.73	-0.03	1.23	—
12-S	2.69	0.61	0.00	0.97	—

TABLA III. Parámetros estadísticos y porcentajes de carbonato de calcio.

No. de Estación	Malla # 80	Malla # 120	Malla # 170
2	97.95	93.61	96.79
14	94.50	91.59	83.49
21	98.07	98.62	99.42
23	97.88	95.20	88.50
24	92.16	98.89	99.03
25	80.38	92.88	73.43
26	99.66	99.89	99.85
29	95.61	93.12	94.31
33	96.63	95.07	94.14
36	93.95	92.23	89.23
40	95.83	92.84	94.28
47	86.32	84.02	73.43
49	92.85	97.56	96.43
52	93.22	91.17	91.28
57	92.88	93.00	86.49
62	98.90	97.06	71.77
64	83.91	67.86	68.43
65	91.75	45.45	83.83
68	87.89	76.63	72.10
74	96.39	94.95	91.09
76	96.38	36.06	97.10
79	63.38	92.02	93.37
87	96.83	99.02	97.03
95	88.69	72.39	75.42
97	85.02	80.35	90.52
98	89.59	89.09	90.27
101	47.70	36.07	9.67
9-S	92.55	87.09	80.76
3-S	79.16	80.80	88.03
7-S	90.87	85.77	62.58
1-S	96.73	71.89	39.13

Tabla IV. Porcentajes de minerales livianos correspondientes a las tres mallas de las 31 estaciones analizadas.

No. de Estación	Malla # 80	Malla # 120	Malla # 170
2	2.05	6.39	3.21
14	5.50	8.41	16.51
21	1.93	1.38	0.58
23	2.12	4.30	11.50
24	7.84	1.11	0.97
25	19.62	7.12	26.57
26	0.34	0.11	0.15
29	4.39	6.88	5.69
33	3.37	4.93	5.86
36	6.05	7.77	10.77
40	4.17	7.16	5.72
47	13.68	15.98	26.57
49	7.15	2.44	3.57
52	6.78	8.83	8.72
57	7.12	7.00	13.51
62	1.10	2.94	28.23
64	16.09	32.14	31.57
65	8.25	54.55	16.17
68	12.11	23.37	27.90
74	3.61	5.05	8.91
76	3.62	63.94	2.90
79	36.62	7.97	6.63
87	3.17	0.96	2.97
95	11.31	27.61	24.58
97	14.98	19.65	9.48
98	10.41	10.91	9.73
101	52.30	63.93	90.33
9-S	7.45	12.91	19.24
3-S	20.84	19.21	11.97
7-S	9.13	14.23	37.42
1-S	8.27	28.11	60.87

TABLA V. Porcentajes de minerales pesados correspondientes a las tres mallas de las 31 estaciones analizadas.

# de Estación	Cuarzo	Plagioclasas	Ortoclusas	Frag. Calc.	Muscovita
2	3.83	19.74	15.61	59.76	1.06
14	17.16	54.16	24.04	2.26	2.38
21	4.63	12.40	11.32	68.57	3.08
23	28.71	37.50	19.51	12.15	2.13
24	1.87	2.90	—	94.19	1.04
25	1.86	4.79	2.84	89.48	1.03
26	13.24	43.87	33.74	6.00	3.15
29	27.85	33.67	33.29	3.05	2.13
33	18.17	35.50	35.10	9.11	2.12
36	11.67	51.13	23.78	12.34	1.08
40	16.44	59.31	19.90	4.35	—
47	26.40	51.43	15.95	6.21	—
49	29.17	28.07	11.89	30.87	—
52	21.52	62.53	15.95	—	—
57	30.74	44.99	24.26	—	—
62	28.32	40.28	16.92	14.47	—
64	22.49	41.35	28.91	7.25	—
65	20.10	59.08	12.30	8.52	—
68	15.64	54.44	29.90	—	—
74	34.10	35.12	29.75	1.03	—
76	6.96	11.27	7.09	74.68	—
79	25.59	56.21	17.02	1.18	—
87	11.80	19.26	21.06	47.88	—
95	20.55	40.35	33.92	51.18	—
97	11.76	35.37	27.97	24.90	—
98	29.39	51.52	15.98	3.11	—
101	20.57	45.46	33.97	—	—
1-S	42.93	33.87	17.08	1.12	—
3-S	29.36	58.53	9.93	1.04	1.08
7-S	54.05	22.08	21.83	2.04	—
9-S	23.90	55.28	18.75	20.07	—

TABLA VI. Composición porcentual mineralógica de la fracción liviana correspondiente al diámetro 0.255-0.177 m.

# de Estac.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	27.76	19.33	12.13	14.55	—	1.64	6.68	—	6.54	6.05	3.32
14	40.87	26.94	9.76	15.69	0.8	0.83	2.68	2.43	—	—	—
21	29.58	15.16	17.06	12.99	3.14	—	14.96	—	3.07	4.06	—
23	35.46	19.82	7.09	14.42	1.74	3.60	8.77	3.96	1.68	2.26	1.20
24	32.47	28.86	7.58	5.78	4.66	0.96	9.38	—	9.02	—	1.29
25	48.84	7.68	—	—	—	2.55	32.80	3.75	1.19	3.19	—
26	30.21	8.96	21.82	1.29	—	—	35.33	—	2.39	—	—
29	48.90	22.22	2.39	13.98	—	1.80	2.85	6.90	0.96	—	—
33	44.08	22.47	10.28	14.89	1.51	0.78	3.82	1.15	0.75	—	—
36	40.30	26.43	6.70	8.50	1.65	5.16	—	11.26	—	—	—
40	43.23	14.42	17.66	11.52	0.93	1.92	4.68	5.64	—	—	—
47	46.06	27.56	3.10	8.68	0.76	5.51	2.55	5.78	—	—	—
49	26.66	15.78	25.89	15.78	—	3.94	6.41	—	5.54	—	—
52	31.97	17.36	27.29	16.63	—	—	6.75	—	—	—	—
57	48.62	23.44	7.69	7.32	1.42	2.19	7.16	2.16	—	—	—
62	39.19	16.39	6.72	16.39	2.99	6.14	8.32	—	3.86	—	—
64	62.66	20.02	3.28	4.38	0.60	3.14	4.06	1.86	—	—	—
65	52.24	22.86	1.95	11.79	4.28	2.21	3.59	1.08	—	—	—
68	64.58	16.62	0.99	4.53	2.92	1.52	3.68	4.46	0.70	—	—
74	48.69	27.37	4.17	7.00	2.47	0.64	3.10	6.54	—	—	—
76	22.30	16.50	21.70	18.20	6.40	5.00	2.80	7.30	—	—	—
79	54.97	7.88	4.14	6.30	0.76	3.15	20.49	2.31	—	—	—
87	51.13	10.83	9.46	12.28	3.49	1.44	8.20	3.17	—	—	—
95	41.38	43.48	3.52	2.67	1.29	1.35	4.34	1.98	—	—	—
97	64.17	20.82	1.02	0.79	3.73	1.54	3.75	2.26	—	1.92	—
98	61.37	22.02	2.44	3.76	3.64	—	—	5.52	—	1.26	—
101	64.48	26.31	1.25	1.42	4.09	0.93	1.52	—	—	—	—
1-S	62.73	20.74	3.40	3.40	3.60	3.25	—	2.85	—	3.24	—
3-S	49.12	28.67	4.29	5.88	1.89	3.91	5.29	0.95	—	—	—
7-S	61.16	13.78	2.70	4.82	2.00	1.37	12.30	1.01	—	0.86	—
9-S	52.37	25.28	0.75	6.32	5.01	1.72	0.93	7.60	—	—	—

TABLA VII. Composición porcentual mineralógica de la fracción pesada correspondiente al intervalo 0.255-0.177 mm.

A = Piroxenos
B = Anfíboles
C = Rutilo

D = Epidota
E = Turmalina
F = Granate

G = Magnetita
H = Ilmenita
I = Biotita

J = Siderita
K = Circón

CLASIFICACION DE LOS SEDIMENTOS DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL ECUATORIANA-PROVINCIA DEL GUAYAS EN RELACION AL PORCENTAJE DE CARBONATO DE CALCIO

Por:

MARIANA JACOME DE SOLORZANO (1)

LILIANA LLANOS DE BONILLA (1)

RESUMEN

Un conjunto de datos sedimentológicos y químicos obtenidos de las muestras tomadas en las campañas de 1986, en el sector de la Plataforma Continental Ecuatoriana, comprendido desde Data de Posorja a Ayampe y el Canal de Jambelí, permitió establecer las siguientes observaciones:

- a.- *Una clasificación textural de los sedimentos, en base a sus características granulométricas y al porcentaje de carbonato de calcio en ellos contenidos, y*
- b.- *La existencia de dos tipos de sedimentación; la una litoclástica detrítica, de fuente continental, localizada a lo largo de todo el sector investigado; y otra que corresponde a una sedimentación litobioclástica a biolitoclástica, en la que se conjugan sedimentos continentales y marinos, y que se localizan de manera puntual y principalmente al noroeste del área, entre las poblaciones de Ayampe y Salinas.*

ABSTRACT

A set of sedimentologic and chemical data obtained from samples taken in the camping of 1986 in the area of Ecuadorian Continental Shelf between Data of Posorja to Ayampe and the Jambeli Canal, allowed to stablish:

- a.- *A textura classification of the sediments, based on their granulometric and their calcium carbonate percentage.*
- b.- *The existence of two types of sedimentation; a litoclastics detritical one which corresponds to a litobioclastic sedimentation to biolitoclastic, in which continental and marine sediments are conjugated, and which are located in a puntual way and mainly at the nortwest of the area, between Ayampe to Salinas.*

INTRODUCCION

El estudio de la Plataforma Continental Ecuatoriana se realiza en un amplio programa de trabajo; el mismo que comprende el conocimiento de los regímenes sedimentarios y mineralógicos para evaluar de esta manera los mecanismos que organizan la sedimentación actual y su evolución.

La investigación en la Plataforma Continental Ecuatoriana ha sido desarrollada por etapas: en la primera parte se estudiaron las características Geoquímicas de los Sedimentos en el Canal de Jambelí (Jacome y Llanos, 1987); en la segunda etapa la investigación se desplaza al estudio de las características sedimentológicas del área comprendida entre el Canal del Morro y Ancón, Golfo de Guayaquil (Soledispa, 1987).

OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio se resumen así:

- Determinación de la cubierta sedimentaria de la plataforma, su textura y la repartición de las diferentes clases de sedimentos.
- Establecimiento de los tipos de sedimentación existentes en la Plataforma en base a la distribución horizontal de los valores de Carbonato de Calcio obtenidos.
- Determinación de la relación entre las características granulométricas y químicas de los sedimentos.

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

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra localizada al Oeste del Ecuador, y comprende la Plataforma Continental de la Provincia del Guayas, desde el Canal de Jambelí (3° 17' S - 79° 20' W) hasta la población de Ayampe (1° 40' N - 81° 10' W) (Fig. 1).

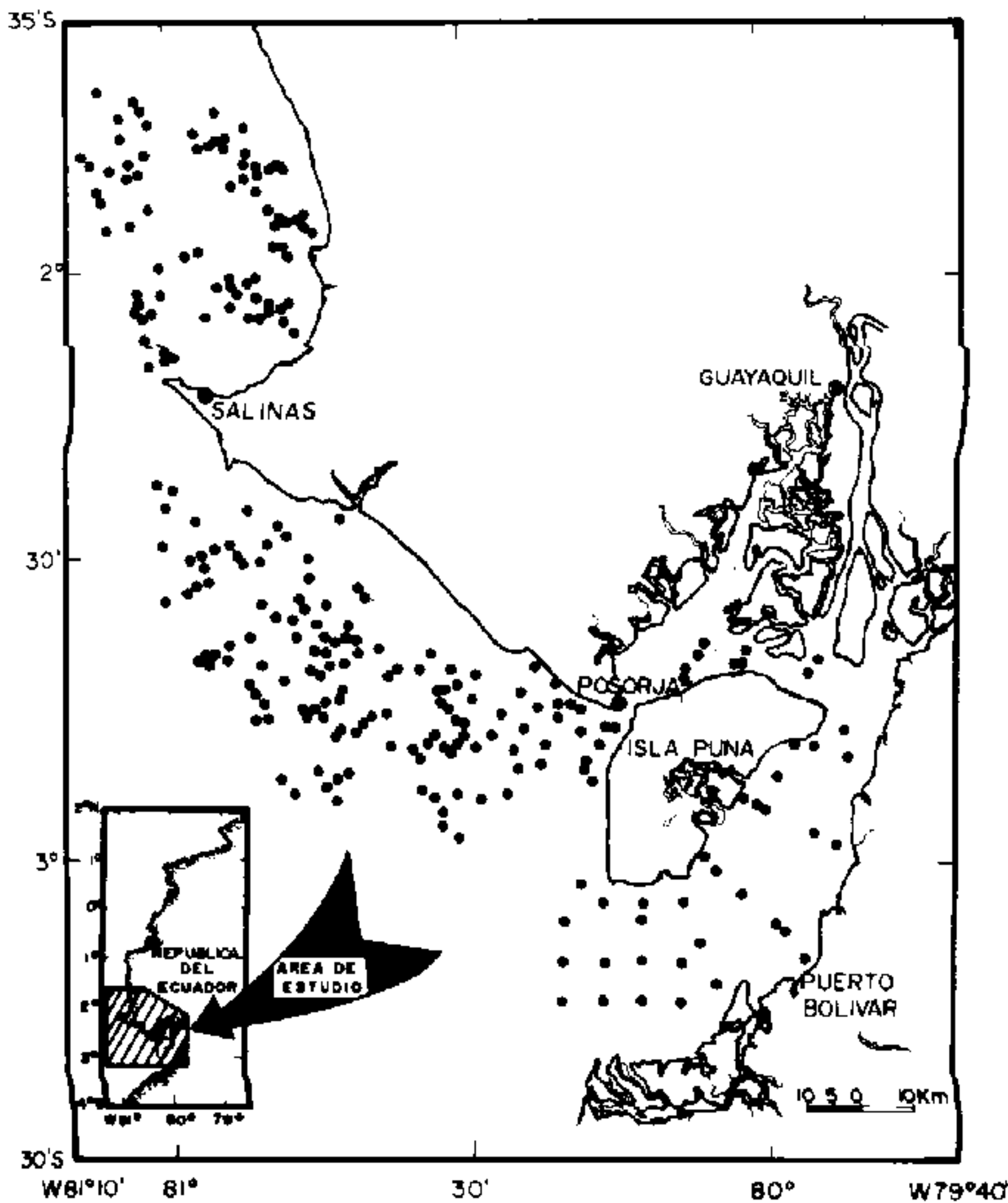


Fig. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo. Plataforma Continental - Prov. del Guayas.

METODOS DE TRABAJO

Se estudiaron 237 muestras entre los veriles de los 13 metros y 200 metros de profundidad, de las cuales 41 muestras corresponden al Canal de Jambelí. Se efectuaron dos salidas (marzo y junio 1986) a bordo de la LAE "RIGEL" y se utilizó una draga de tipo Van Veen. Las 196 muestras restantes corresponden al sector comprendido desde Data de Posorja a Ayampe, siendo tomadas a bordo del BAE "ORION" en noviembre de 1986, colectadas con pistón core y entregadas según contrato a la compañía Belco Petroleum Co, la misma que se encontraba realizando trabajos de exploración de petróleo costa afuera.

La ubicación de cada estación de muestreo fue preestablecida en un mapa. Su distribución se indica gráficamente en la figura 1 y sus coordenadas se registran en la Tabla 1.

Para el presente trabajo se utiliza un sistema sencillo y práctico para caracterizar los sedimentos del área basándose en su tamaño (granulometría) y constitución (carbonato de calcio). Estos elementos están íntimamente relacionados con su procedencia y dinámica costera y ayudarán a la comprensión de los mecanismos de sedimentación y a la repartición de las diferentes clases de sedimentos según el contenido total de carbonato de calcio.

Para el análisis granulométrico se utilizaron las técnicas sugeridas por Folk (1969). Después del secado de las muestras, se realizó un tamizaje húmedo, sobre una malla # 230 con el objeto de separar la fracción gruesa (grava arena) de la fracción fina (limo arcilla). La fracción gruesa, fue sometida al tamizaje seco, utilizando un juego de tamices de 4.0 mm a 0.063 mm. La fracción fina (limo arcilla), fue analizada por el método de la pipeta.

La determinación del contenido de Carbonato de Calcio se realizó por el método gasométrico de Vatan (1956), utilizando el Calcímetro de Bernard, es decir por ataque del ácido clorhídrico sobre la totalidad de la muestra seca y pulverizada. Los datos se expresan en porcentaje de Carbonato.

PARAMETROS UTILIZADOS

La plataforma continental se presenta como una zona poco profunda que bordea los continentes, es un sitio de sedimentación intensa de material procedente tanto de los aportes del continente como de los residuos resultantes de las actividades biológicas marinas.

La morfología de la zona junto a la dinámica de las masas de agua en la costa y en los fondos someros son los principales agentes en el arreglo de la deposición de los sedimentos. De primordial importancia para la caracterización de los sedimentos de la plataforma son la granulometría, puesto que el tamaño de las partículas tiene relación con la dinámica de las aguas en las cuales se desplazan, y el porcentaje de carbonato de calcio, que permite diferenciar los aportes continentales ricos en partículas minerales de los sedimentos marinos que contienen generalmente muchos caparzones calcáreos de los sedimentos (Verette, 1982).

DISCUSION DE RESULTADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

La distribución textural de los sedimentos correspondientes al Canal de Jambelí, indica que el sedimento predominante es limo arcilloso mal

clasificado y mesocúrtico, el mismo que se encuentra localizado preferentemente bordeando la línea de costa. La arena limosa constituye el segundo tipo más importante de sedimento y se localiza exclusivamente en la desembocadura del Canal. Los parámetros granulométricos lo definen como mal clasificado y mesocúrticos (Jácome y Llanos, 1987).

En lo referente al sector comprendido entre el Canal del Morro y Ancón, se caracteriza por la presencia de un sedimento predominantemente arenoso, mal a muy mal clasificado, mesocúrtico a leptocúrtico y se localiza en casi toda la zona del litoral desde el Canal del Morro hasta Chanduy. Los sedimentos limosos se ubican en el sector Noroeste y Sur con clasificaciones que varían de moderadamente clasificados a mal clasificados y van de mesocúrticos a leptocúrticos (Sole-dispa, 1987).

El estudio del material sedimentario del área comprendida entre Salinas a Ayampe, evidencia que las arenas de una manera general predominan. Así, del total de muestras consideradas, un 37% han sido clasificadas como arena, 29% como limo, mientras que un 21% corresponden a arena limosa. El resto de las muestras (13%) están representadas por arcilla limosa y arena gravosa (Fig. 2). Las arenas según su grado de clasificación y kurtosis se definen como mal classifica-

das y leptocúrticas; para sedimentos de textura fina especialmente limos y arcillas varían de muy mal clasificados a moderadamente bien clasificados y de mesocúrticos a muy platocúrticos (Figs. 3 y 4).

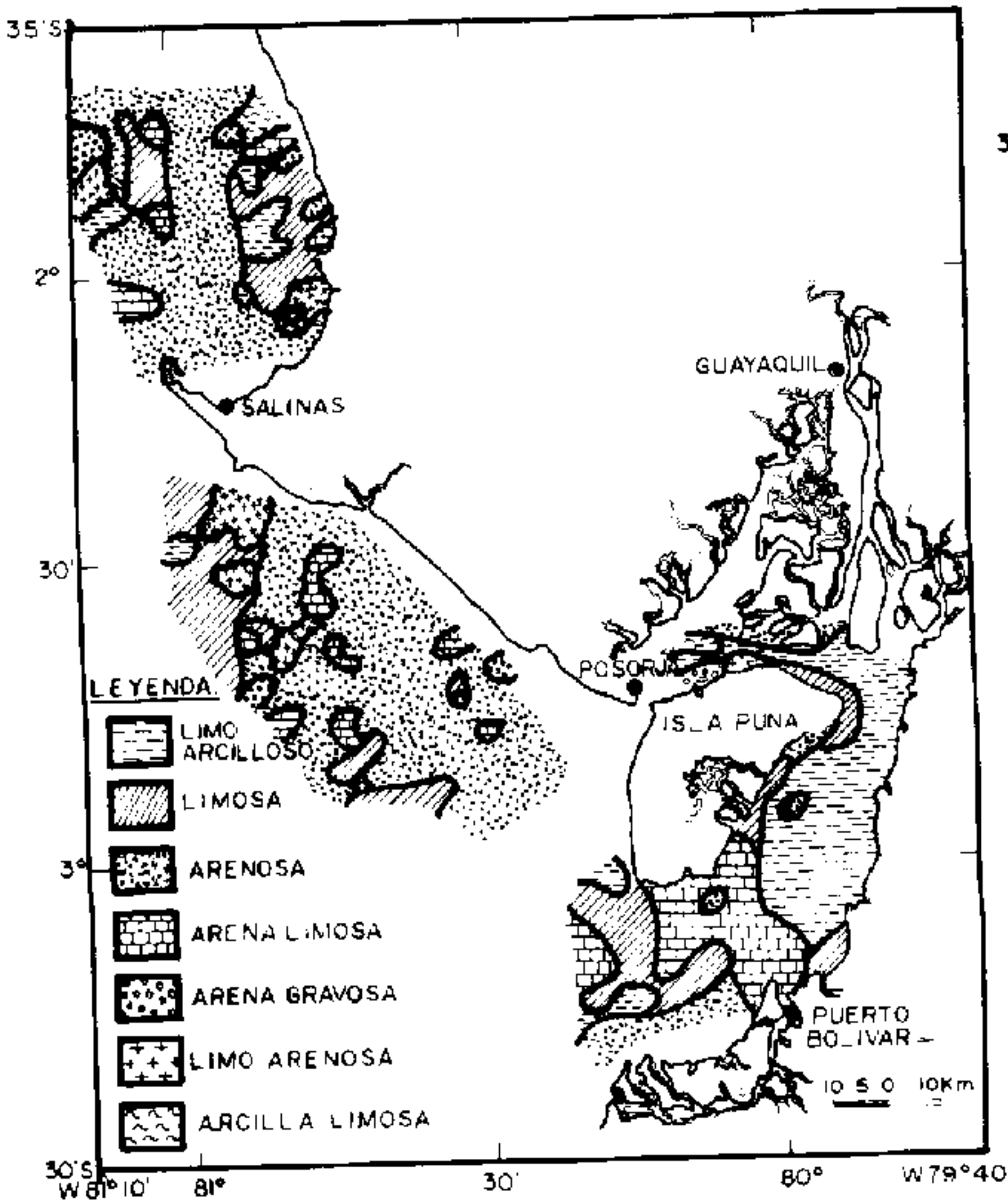


Fig. 2. Distribución textural de sedimentos de la Plataforma Continental según su textura.

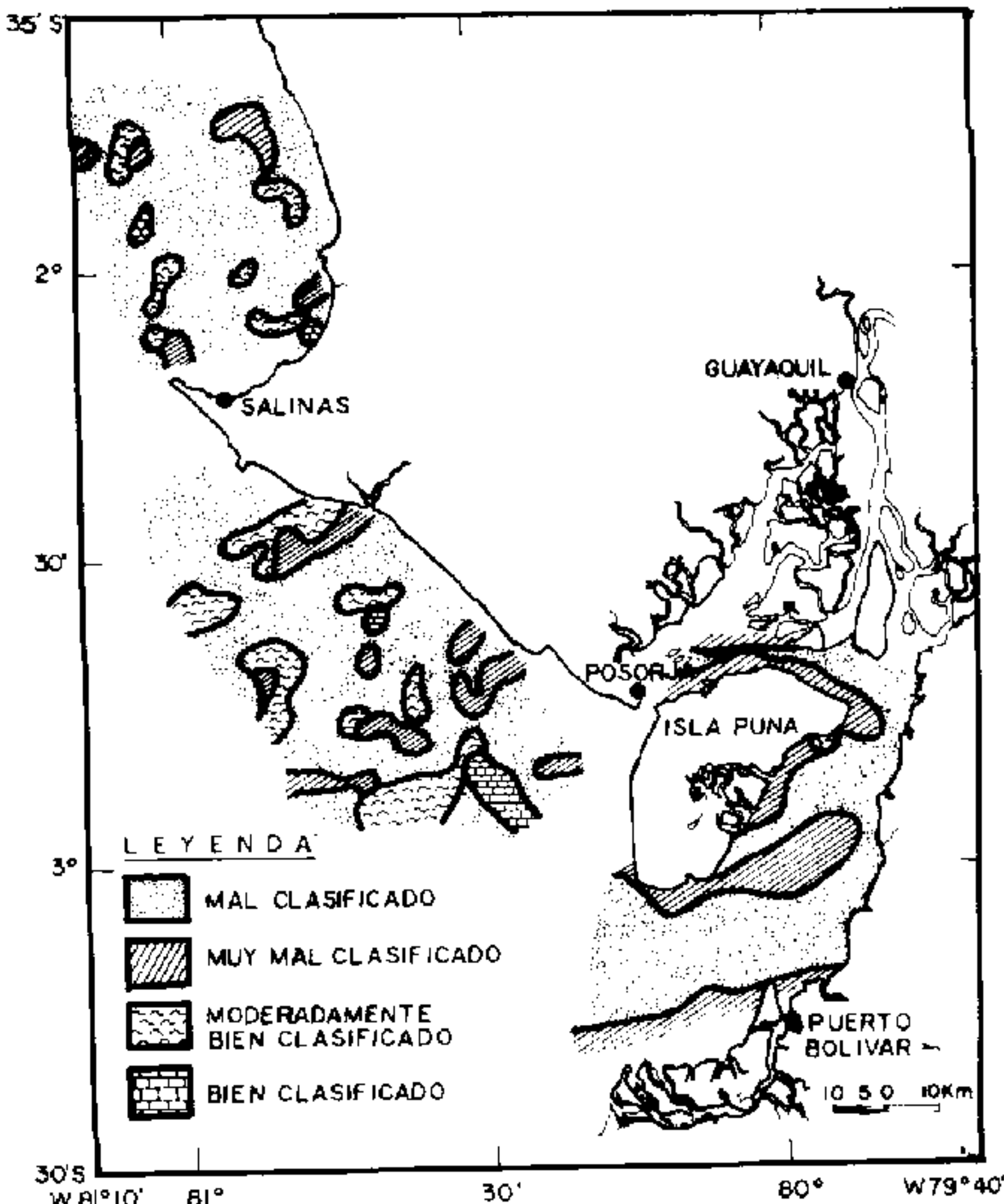


Fig. 3. Distribución de los sedimentos según su grado de clasificación.

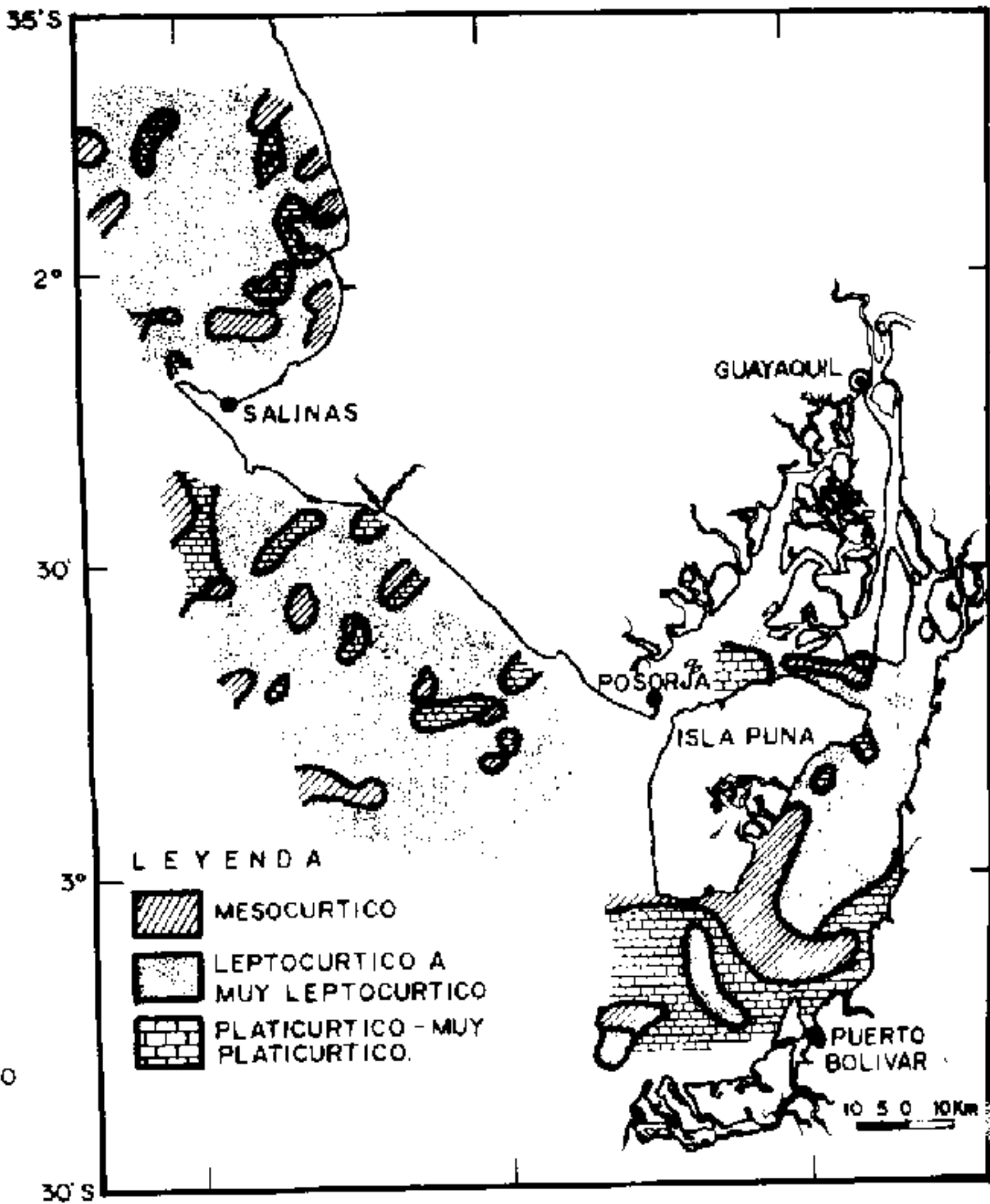


Fig. 4. Distribución de los sedimentos según su kurtosis.

La estrecha relación de estos parámetros estadísticos con el principal agente de transporte del material, las corrientes, da lugar a que los frecuentes cambios de velocidad de la misma, así como el oleaje contribuyan en gran parte a la mala clasificación de los sedimentos depositados en este sector.

Tomando en consideración lo antes expuesto, de una manera general se podría decir que la clasificación textural de los sedimentos indica que no es posible encontrar áreas específicas de una continuidad prolongada de tipos de sedimentos característicos, sino que por el contrario parecen existir condiciones que mantienen los materiales del fondo en constante modificación de su textura, dando origen a los diferentes tipos de mezclas de sedimentos encontrados, desde la fase gruesa (arena gravosa) a la muy fina (limo arcilla).

Sin embargo, estas mezclas, en ningún caso cubren amplios espacios de los fondos que permitan hacer un señalamiento concreto y caracterizarlos por el predominio de un determinado tipo de sedimento.

Una de las principales causas de este fenómeno serían los diferentes factores que intervienen en la depositación del material, motivado por la cantidad de energía proporcionada al sedimento, la cual depende a su vez de la velocidad de la corriente de fondo o de la turbulencia del medio de transporte (Folk, 1969).

ANALISIS QUIMICO

CARBONATO DE CALCIO

La calcimetría se presenta como el trabajo principal de este estudio ya que su determinación ayuda a diferenciar las características de sedimentación permitiendo cartografiar los tipos de sedimentos encontrados.

Considerando el porcentaje de Carbonato de Calcio, se ha realizado una estandarización de los métodos de análisis, la misma que ha permitido definir cuatro tipos de sedimentos. (Clasificación propuesta por Georges Vernet, 1982).

Nombre	Código	Porcentaje de Carbonato de Calcio
Litoclástico	L	Inferior al 15%
Litobioclástico	lb	Entre 15% y 50%
Biolitoclástico	bl	Entre 50% y 75%
Bioclástico	B	Superior al 85%

El término clástico se utiliza en su sentido

amplio, es decir se aplica a todos los residuos y partículas cualquiera que sea su procedencia y naturaleza. El término Lito sugiere la procedencia continental y mineral de las partículas, al contrario de Bio que indica la fuente biológica, generalmente marina. La terminología para clasificar un tipo de sedimento se obtendrá por asociación de términos que corresponden al tamaño y el relacionado con la concentración de carbonato.

En caso de sedimentos muy heterogéneos compuestos a la vez de partículas gruesas y finas, se puede clasificar, no en base al diámetro exacto (50 FI) difícil de obtener, sino utilizando el porcentaje relativo de la parte fina y gruesa.

Los parámetros utilizados en esta clasificación no permiten precisar la existencia de la parte no calcárea (materia orgánica, caparazón silicio, etc.) que pueden provenir de la fase biológica. Para estos casos particulares se sugiere mencionar la característica siempre y cuando corresponda a más del 5% de las partículas constitutivas del sedimento.

La figura 5 da una visión general de las diferentes clases de sedimentos de acuerdo con el porcentaje de carbonato de calcio obtenido. Esta clasificación fue

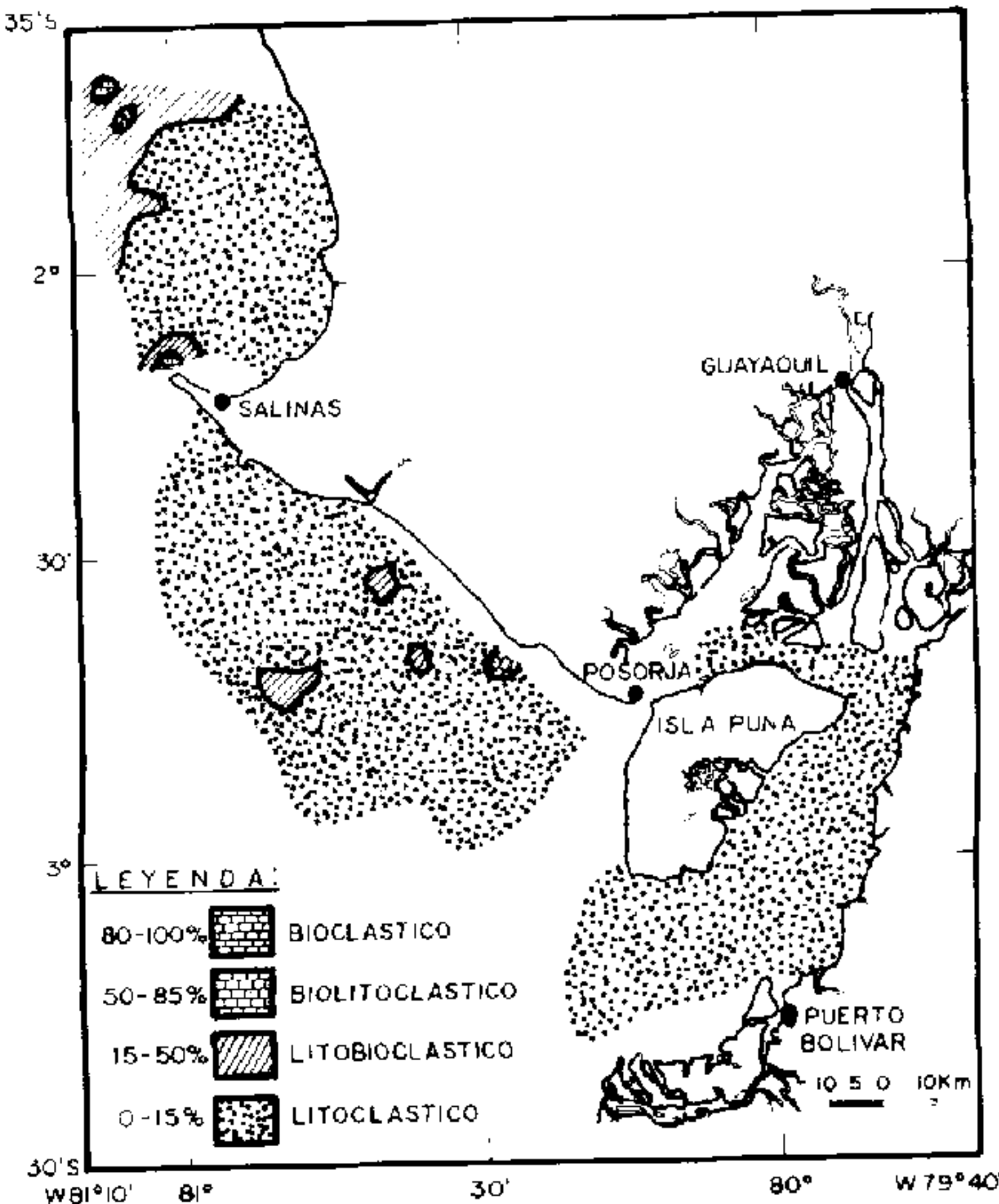


Fig. 5. Distribución del porcentaje de Co_3Ca en el sedimento total.

elaborada para sedimentos de plataforma continental; la aplicación para otro tipo de sedimentación no es necesariamente satisfactoria.

La repartición horizontal de los valores de carbonato de calcio, obtenidos en este trabajo indica la presencia de los siguientes tipos de sedimentación: uno litoclástico con valores inferiores al 15% de carbonato de calcio, otro litobioclástico con valores del 15 al 50% de carbonato de calcio y finalmente un pequeño sector biolitoclástico, es decir con más del 50% de carbonato.

-Litoclástico.- La zona litoclástica predomina a lo largo de la plataforma continental, incluyendo el sector del Canal de Jambelí, estando constituida en su mayoría por sedimentos de tamaño fino (limo a arena fina, Fig. 6). Esto significa que las partículas finas no tienen un

la zona de contacto fluvio marino (Caraballo 1972).

-Litobioclástico.- Al Noroeste del área de estudio, entre Salinas y Ayampe, se evidencia el segundo tipo de sedimentación, de carácter litobioclástico y cuyo origen es tanto continental como marino y con un rango que oscila entre el 15% y el 40% de carbonato de calcio.

-Biolitoclástico.- Distribuido en pequeños sectores en el área de estudio, constituido por arena gruesa, la cual presenta un aumento relativo en las formaciones calcáreas provenientes de los afloramientos costeros, considerándolo como un sedimento biolitoclástico, es decir de origen marino.

A pesar de que el sedimento predominante en toda la plataforma es litoclástico, y constituido por partículas finas al igual que en el Canal de Jambelí, cabe mencionar que el transporte o carga sedimentaria en la plataforma continental es menor que en el Canal de Jambelí, debido a que la sedimentación fina del canal (limo-limo arcilla), recibe una descarga mucho mayor proveniente tanto de los aportes fluviales del río Guayas, como de los ríos de la Provincia de El Oro. Así se tiene que durante la época de lluvia, la velocidad del agua de estos ríos aumenta considerablemente cerca del fondo, dando lugar al parecer a un máximo de transporte de material por tracción y suspensión.

CONCLUSIONES

Los materiales sedimentarios del fondo de la plataforma del área estudiada están constituidos por partículas de textura fundamentalmente arenosa y su tamaño de grano predominante es el fino, siguiéndole en importancia los limos y arcillas. Las características texturales obtenidas a partir del tamaño promedio, escogimiento y asimetría, permiten establecer que son sedimentos mal seleccionados de alta dispersión.

Los valores de asimetría permiten deducir sedimentos que varían desde una fuerte asimetría fina (1,000 a 0,30) hasta una asimetría gruesa (-0,01 a -0,60) lo que viene a señalar una gran variedad en los tipos de sedimentos corroborando lo dicho en el análisis granulométrico.

De acuerdo a la distribución de los sedimentos según el diámetro medio (Fig. 6), la arena fina está ubicada en la zona costera entre Ancón y Data de Posorja y se desplaza con la ayuda de la deriva litoral.

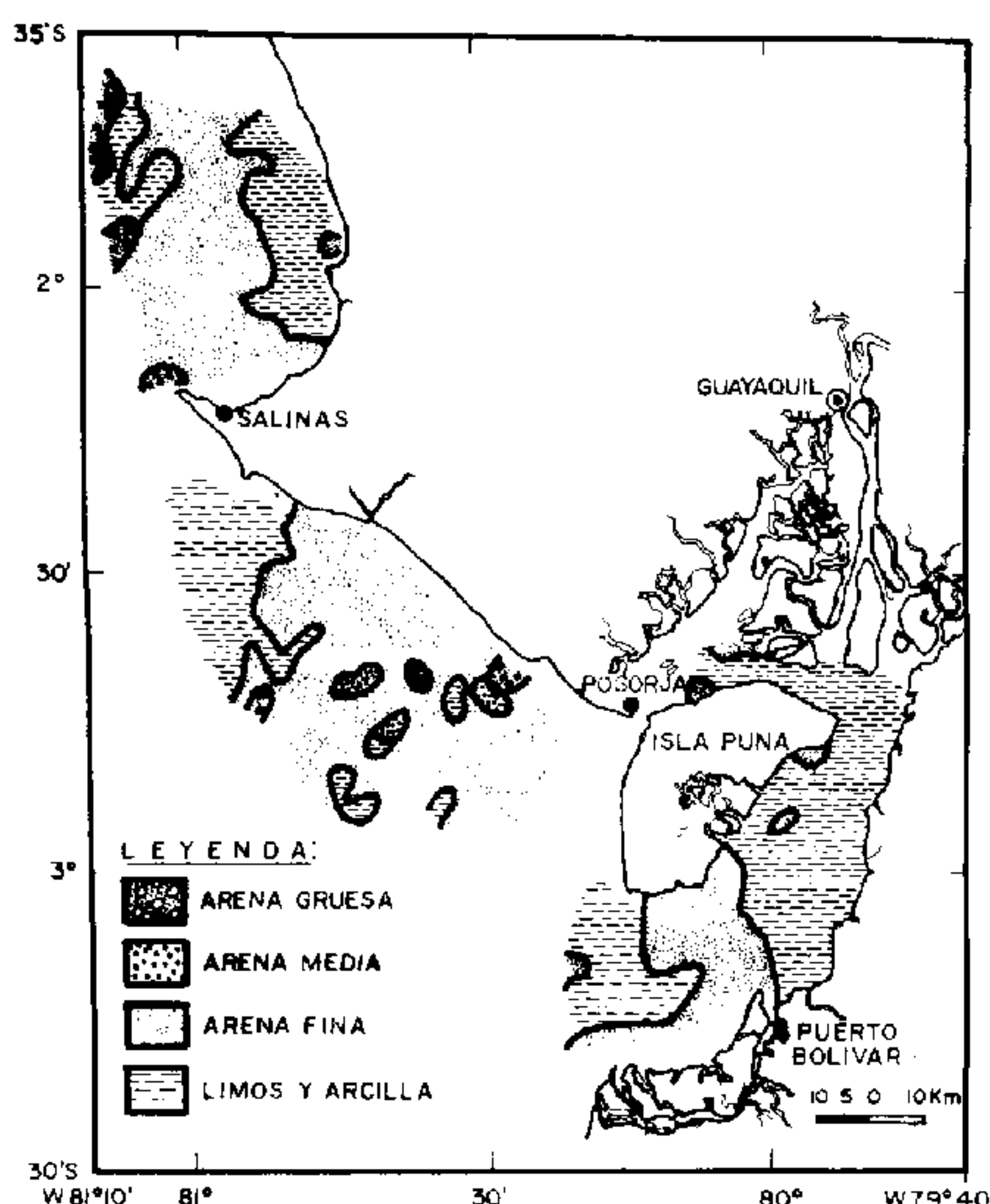


Fig. 6. Distribución de los sedimentos según el diámetro medio.

origen orgánico sino continental. La presencia de este sedimento litoclástico con bajos valores de Carbonato de Calcio (10% a 15%) en una zona donde se supone existe una mayor influencia del ambiente marino, exceptuando el Canal de Jambelí; parecen estar relacionados con una mayor disolución del material sedimentario orgánico (conchas, fragmentos, etc.) motivada por una fragmentación más acentuada del material por efecto de los movimientos de las aguas en

En lo referente a carbonato de calcio, cabe mencionar que la clasificación propuesta anteriormente se basa en la utilización de los dos parámetros esenciales (tamaño promedio y porcentaje en carbonato de calcio) que tienen relaciones con la dinámica de la sedimentación y la fuente del material.

La aplicación de este tipo de clasificación a los sedimentos encontrados en la plataforma, permitió obtener dos tipos característicos de sedimentos.

El uno constituido por una sedimentación fina detrítica de tipo continental, que alcanza a cubrir la mayor parte de la plataforma. Otro sector con sedimentación calcárea caracterizado por un sedimento litobioclástico a biolitoclástico de origen continental y marino, mostrando un aumento relativo en la concentración en carbonato de calcio y presentando además una gran variedad en la sedimentación.

La utilización de esta clasificación permite diferenciar 9 tipos de sedimentos presentes en los fondos: arena gruesa litoclástica, arena mediana litoclástica, arena fina litoclástica, limo litoclástico, arcilla litoclástica, grava litobioclástica, arena gruesa litobioclástica, arena fina litobioclástica y limo litobioclástico; (Figs. 7 y 8). Los mismos que permiten tener una apreciación aceptable de las características sedimentológicas existentes en la plataforma.

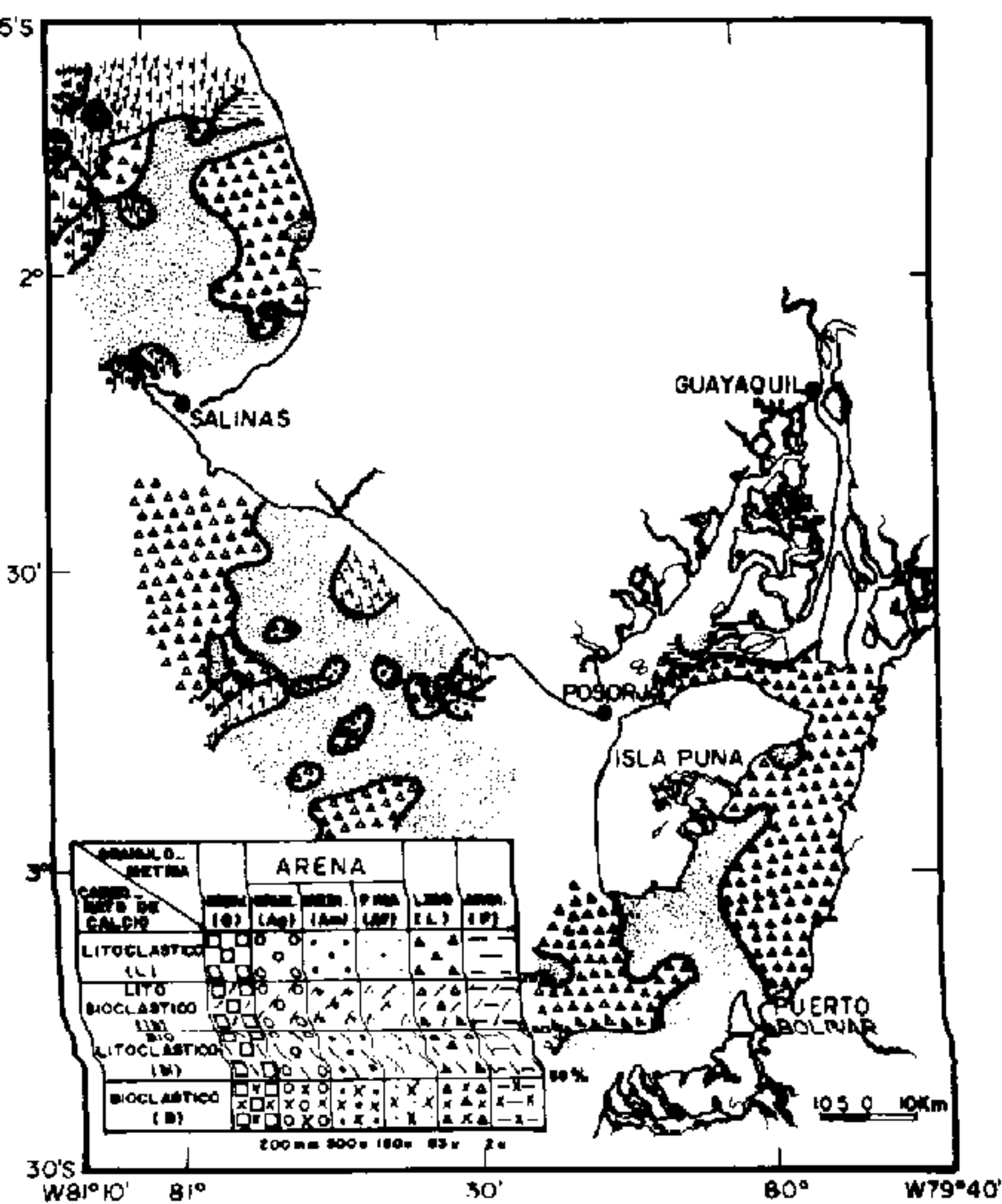


Fig. 8. Clasificación de los sedimentos de la Plataforma Continental - Prov. del Guayas.

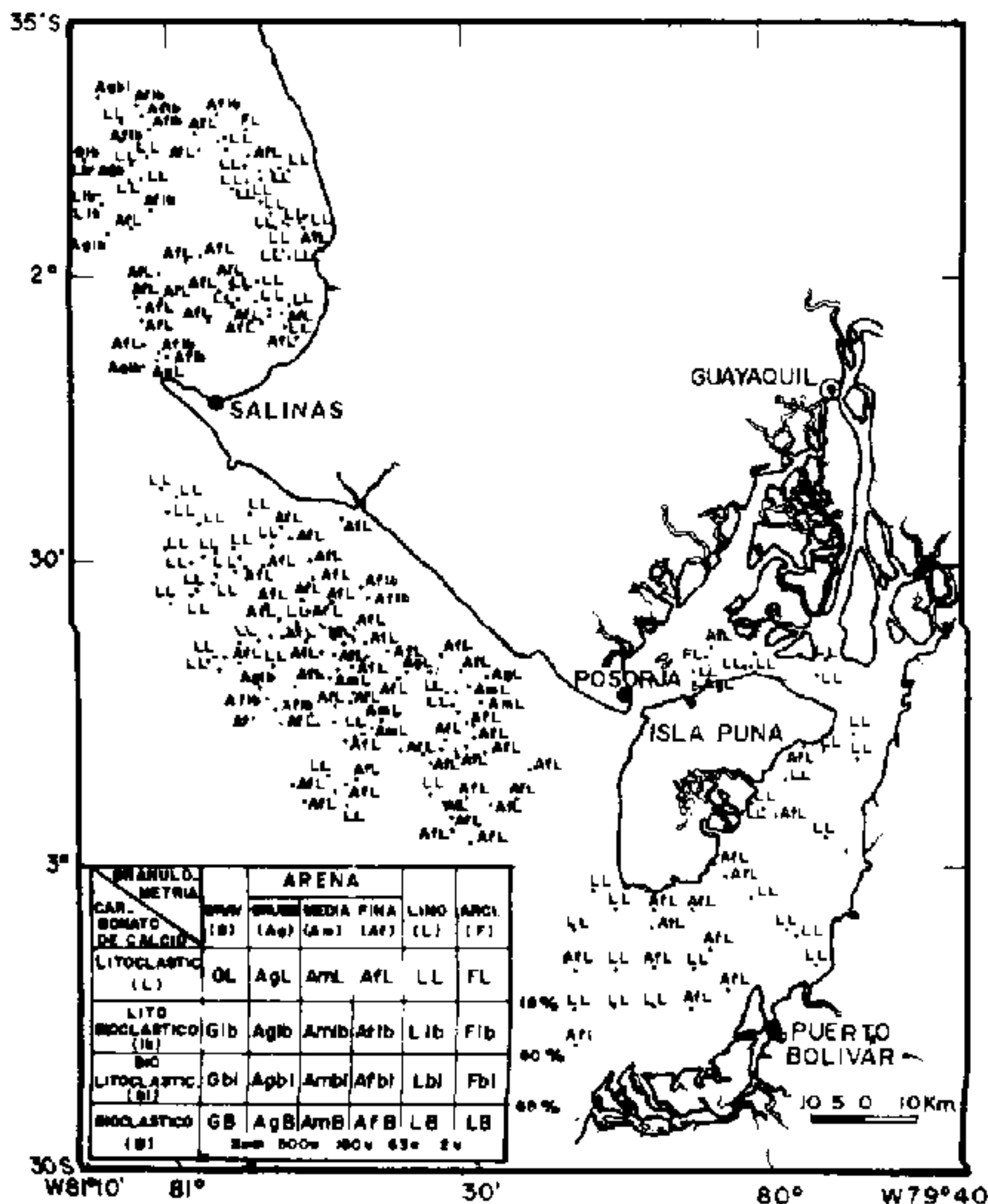


Fig. 7. Códigos empleados en la clasificación de los sedimentos según su porcentaje y textura.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Ing. Francisco Rada por sus valiosos y acertados consejos en la revisión del presente manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- Caraballo, L.F., 1972.-** Estudio de los materiales de fondo de los ríos y lagunas de Campoma y Buena Vista, Venezuela. Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, p: 37-46.
- Folk, R., 1969.-** Petrología de las rocas sedimentarias. Tomo I. p: 100-110. Instituto de Geología de la U.N.A.M.
- Jácome, M. y L. Llanos, 1987.-** Estudio geoquímico de los sedimentos en el Canal de Jambelí. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. IV, No. 1, p. 193-194.
- Soledispa, B., 1987.-** Estudio de las características sedimentológicas del área comprendida entre Ancón y el Canal del Morro (Golfo de Guayaquil). Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. IV, No. 1, p: 174-175.
- Vatan, A., 1956.-** Curso de Geología Marina. Instituto Oceanográfico. Programa de Investigación y Exploración Oceanográfica 1971-1975. pág. 136; por De Miró M., 1972.
- Vernette, G., 1982.-** Estandarización de los criterios Sedimentológicos para la cartografía de la Plataforma Continental. Bol. Cient. CIOH. Cartagena-Colombia. p:315.

# de Estac.	Coordenadas		Prof. m.	Parámetros Texturales			Textura	CO ₃ Ca %
	Latitud S	Longitud W		Arena %	Limo %	Arcilla %		
2	1° 43' 02"	81° 02' 52"	76	80.8506	11.0213	1.2118	Arenosa	36.58
5	1° 44' 26"	81° 02' 29"	26	78.9182	14.3221	1.5759	Arenosa	18.26
6	1° 46' 46"	81° 04' 26"	45	95.7330	3.5230	0.5456	Arenosa	48.02
7	1° 45' 29"	81° 01' 44"	59	65.9895	31.4800	0.4632	Arena limosa	22.36
8	1° 56' 08"	80° 45' 28"	25.4	54.7695	38.9614	6.2261	Arena limosa	2.00
9	1° 55' 26"	80° 46' 78"	29	6.9108	87.5388	5.0194	Limosa	1.80
10	1° 54' 48"	80° 46' 44"	35.2	9.0522	79.4312	9.7644	Limosa	2.40
12	1° 49' 29"	81° 07' 10"	46	36.5770	54.5084	8.8292	Limo arenosa	17.70
13	1° 42' 02"	81° 06' 28"	44.5	74.5708	2.3661	0.4144	Arenosa	54.00
14	1° 44' 08"	80° 54' 46"	60	83.4331	13.1665	2.8692	Arenosa	15.58
16	1° 54' 43"	80° 48' 19"	41.8	2.4458	95.0580	2.0801	Limosa	3.76
17	1° 53' 55"	80° 49' 10"	43.3	2.3826	60.3324	35.5531	Limo arcillosa	2.58
18	1° 52' 07"	80° 50' 21"	48.3	3.0407	89.8205	5.9213	Limosa	3.20
20	1° 47' 55"	80° 53' 36"	56	84.4636	11.1735	2.0350	Arenosa	7.60
21	1° 50' 08"	81° 05' 23"	69	77.1230	20.6262	2.2185	Arenosa	27.17
22	1° 49' 13"	81° 03' 30"	18.8	17.8532	46.1922	10.6468	Limosa	1.36
23	1° 46' 24"	80° 56' 40"	58.8	75.2614	18.8100	3.8212	Arenosa	11.10
24	1° 52' 10"	81° 06' 42"	103	40.9346	52.4852	5.2228	Limo arenoso	16.47
25	1° 55' 52"	81° 05' 57"	87.4	78.2503	6.3466	0.9934	Arenosa	30.95
26	1° 50' 57"	81° 03' 39"	36	17.9039	65.6640	13.5393	Limosa	6.13
27	1° 50' 23"	81° 02' 25"	21	19.9141	70.3441	8.6648	Limosa	3.59
29	1° 47' 45"	80° 56' 13"	57.5	79.5779	12.9304	1.5682	Arenosa	6.62
30	1° 47' 34"	80° 55' 27"	58.2	73.8544	20.6747	3.5232	Arenosa	11.16
31	1° 47' 06"	80° 54' 42"	61	25.3340	50.9181	17.7071	Limo arenosa	6.79
32	1° 46' 46"	80° 53' 59"	61	42.3361	45.3549	11.1273	Limo arenosa	6.49
33	1° 45' 49"	80° 51' 45"	67	19.4592	34.8372	41.0499	Arcilla limosa	5.84
34	1° 53' 25"	81° 06' 11"	104.5	2.6221	67.9106	27.2168	Limo arcillosa	16.31
36	2° 07' 14"	80° 47' 25"	16.7	89.9097	8.3549	1.4308	Arenosa	3.91
37	2° 05' 47"	80° 48' 25"	29.3	45.3412	49.1804	4.4840	Limo arenosa	3.59
39	2° 03' 50"	80° 49' 55"	38.9	20.8030	71.4757	7.2065	Limosa	2.47
40	2° 02' 46"	80° 50' 42"	42.7	13.8390	79.0138	7.0499	Limosa	2.48
41	2° 01' 26"	80° 51' 39"	44	2.4843	71.1957	24.8990	Limosa	2.88
42	1° 48' 33"	81° 01' 42"	29.6	16.6757	74.1294	8.9786	Limosa	2.65
43	1° 44' 47"	81° 04' 24"	70	4.6609	84.9308	9.0173	Limosa	2.72
44	2° 02' 31"	80° 52' 32"	40	13.1504	50.7310	33.1588	Limo arcillosa	0.96
46	1° 49' 31"	80° 51' 53"	56.2	0.8859	64.7154	34.0176	Limo arcillosa	4.61
47	2° 05' 08"	80° 55' 40"	29.3	83.4783	9.2132	3.2100	Arenosa	5.46
49	1° 53' 53"	81° 01' 27"	83	63.4594	32.3029	3.8869	Arena limosa	16.50
51	1° 48' 42"	81° 08' 13"	93	33.9557	11.4196	4.9593	Grava arenosa	23.19
52	1° 51' 31"	80° 53' 09"	59.2	5.5168	86.9946	6.1550	Limosa	1.90
53	1° 50' 51"	80° 51' 40"	53.9	2.1170	66.7602	30.2057	Limo arcillosa	3.43
54	1° 50' 29"	80° 50' 11"	52	2.4798	79.3523	16.5530	Limosa	4.37
55	1° 50' 13"	80° 50' 10"	47.7	26.3126	53.7766	19.6060	Limo arenosa	3.30
56	1° 49' 50"	80° 49' 08"	43.4	5.4930	78.6141	15.4677	Limosa	2.35
57	1° 49' 29"	80° 48' 27"	39.6	25.0869	64.6005	9.2688	Limo arenosa	2.35
60	1° 49' 58"	80° 47' 44"	36.1	3.6275	89.9826	5.9936	Limosa	2.66
62	1° 59' 40"	81° 00' 21"	61.9	86.8053	10.5835	2.2793	Arenosa	6.34
64	1° 58' 34"	80° 57' 41"	45.2	93.9017	3.6246	1.4855	Arenosa	8.93
65	1° 58' 09"	80° 56' 12"	46	81.5551	14.7191	3.3374	Arenosa	9.34

Tabla I. Parámetros texturales y químicos de los sedimentos.

# de Estac.	Coordenadas		Prof. m.	Parámetros Texturales			Textura	CO ₃ Ca %
	Latitud S	Longitud W		Arena %	Limo %	Arcilla %		
67	2° 08' 56"	81° 00' 32"	33.5	77.1283	10.4830	2.3374	Arenosa	41.85
68	2° 07' 51"	81° 02' 02"	45.8	92.7010	5.0930	1.8907	Arenosa	2.21
69	2° 04' 40"	81° 02' 57"	52.7	89.8078	5.5903	1.5502	Arenosa	6.57
70	1° 55' 22"	80° 48' 28"	58.7	10.5589	79.9209	8.9372	Limosa	3.60
71	1° 55' 22"	80° 48' 28"	58.7	5.4441	73.7428	20.6684	Limosa	3.33
72	1° 54' 54"	80° 47' 29"	38.5	2.2389	94.6296	2.6281	Limosa	4.08
74	1° 54' 17"	80° 45' 54"	29.7	36.2993	58.9873	3.6995	Limo arenosa	2.33
75	1° 54' 17"	80° 45' 54"	23.2	13.6840	78.3622	7.1192	Limosa	3.25
76	2° 02' 19"	81° 02' 55"	135	57.2078	36.7116	5.8586	Arena limosa	7.28
78	2° 03' 38"	81° 02' 41"	96.9	55.4802	39.1533	5.1429	Arena limosa	7.44
79	2° 02' 28"	81° 00' 11"	62.5	70.2631	21.6954	3.2764	Arenosa	4.89
83	1° 59' 33"	80° 53' 16"	30.5	94.8863	4.3549	0.6069	Arenosa	7.20
84	1° 57' 39"	80° 48' 48"	55.9	1.6855	55.8553	38.1168	Limo arcillosa	1.36
85	1° 57' 22"	80° 47' 54"	47.2	0.8385	91.5955	6.7998	Limosa	2.16
86	1° 55' 23"	81° 03' 27"	75.7	78.1124	19.4338	1.0906	Arenosa	5.20
87	2° 05' 01"	81° 02' 32"	61.5	80.9126	13.0891	5.5235	Arenosa	6.23
91	2° 01' 40"	80° 54' 30"	34.5	79.6202	16.7525	3.2960	Arenosa	5.19
92	2° 01' 02"	80° 53' 09"	40.4	8.3224	63.4491	26.3465	Limo arcillosa	3.67
93	2° 00' 24"	80° 51' 24"	43	2.4085	69.6031	24.4756	Limosa	4.42
94	1° 58' 34"	80° 47' 13"	43.6	6.9843	86.9994	5.7085	Limosa	4.11
95	2° 03' 48"	80° 53' 02"	29.9	85.2022	7.0476	0.6986	Arenosa	6.09
96	2° 10' 12"	81° 02' 09"	39.0	95.7791	3.2207	0.5679	Arenosa	31.23
97	2° 09' 36"	81° 00' 49"	19.0	42.7366	16.5411	2.8962	Arena gravosa	54.18
98	2° 09' 14"	80° 59' 55"	23.0	70.8446	16.4511	2.2693	Arenosa	36.76
99	2° 05' 31"	80° 51' 15"	25.0	96.9026	2.1898	0.7260	Arenosa	7.19
101	2° 05' 03"	80° 50' 14"	33.4	80.6211	10.4048	2.1665	Arenosa	3.74
102	2° 04' 34"	80° 49' 12"	34.5	34.5089	60.9841	4.3829	Limo arenosa	3.02
103	2° 04' 14"	80° 48' 09"	33.9	54.5164	38.7875	4.3253	Arena limosa	3.34
104	2° 03' 46"	80° 47' 14"	34.0	36.3300	46.0945	12.9827	Limo arenosa	3.01
106	2° 22' 30"	80° 00' 24"	64.4	3.1527	89.9862	6.4352	Limosa	1.05
109	2° 39' 05"	80° 43' 39"	42.0	75.0849	22.5891	1.4200	Arenosa	5.35
110	2° 37' 22"	80° 44' 45"	43.0	79.4056	14.3131	1.3764	Arenosa	9.55
111	2° 36' 26"	80° 45' 30"	46.4	80.9748	15.1412	2.7115	Arenosa	4.33
112	2° 34' 44"	80° 46' 49"	48.0	57.6992	37.2805	3.7000	Arena limosa	4.56
113	2° 33' 52"	80° 47' 23"	48.5	59.6720	36.6284	2.6671	Arena limosa	4.24
114	2° 57' 55"	80° 30' 51"	36.9	77.8860	13.3277	2.8997	Arenosa	4.71
115	2° 56' 32"	80° 32' 43"	38.5	76.3206	17.3874	3.3056	Arenosa	4.47
116	2° 55' 15"	80° 32' 50"	31.2	76.7352	15.9395	3.2296	Arenosa	3.83
117	2° 53' 55"	80° 33' 47"	38.5	83.6670	10.2301	2.5681	Arenosa	8.28
118	2° 52' 38"	80° 34' 55"	38.3	9.8311	84.6772	4.4620	Limosa	1.75
120	2° 48' 27"	80° 38' 07"	41.0	78.9653	7.0125	2.6499	Arenosa	10.57
122	2° 45' 46"	80° 39' 57"	41.7	87.0172	3.4157	2.9002	Arenosa	3.53
124	2° 43' 46"	80° 43' 11"	52.1	71.3918	20.8996	4.8836	Arenosa	7.39
127	2° 41' 16"	80° 45' 13"	62.0	80.2463	13.9742	2.7946	Arenosa	3.76
129	2° 37' 48"	80° 47' 58"	73.0	78.4652	16.9225	3.0464	Arenosa	4.49
130	2° 35' 33"	80° 49' 44"	76.8	80.3176	14.5096	2.1516	Arenosa	3.12
131	2° 34' 12"	80° 51' 01"	76.5	75.2591	19.9840	1.6687	Arenosa	4.30
133	2° 30' 50"	80° 53' 03"	74.9	32.7491	57.4635	8.1404	Limo arenosa	3.60
134	2° 28' 42"	80° 54' 40"	63.7	18.4397	76.2060	4.3017	Limosa	3.60

Tabla I. Parámetros texturales y químicos de los sedimentos.

# de Estac.	Coordenadas		Prof. m.	Parámetros Texturales			Textura	CO ₃ Ca %
	Latitud S	Longitud W		Arena %	Limo %	Arcilla %		
135	2° 26' 2"	80° 56' 43"	58.6	37.2541	56.3539	4.6118	Limo arenosa	4.44
136	2° 24' 53"	80° 51' 32"	57.2	38.1524	54.3654	5.9180	Limo arenosa	5.23
137	2° 23' 41"	80° 58' 58"	60.3	3.3341	88.5968	8.2612	Limosa	3.80
139	2° 44' 11"	80° 44' 31"	61.3	70.3386	24.6577	3.1144	Arenosa	7.04
140	2° 45' 55"	80° 44' 56"	67.6	68.6405	26.5292	3.4235	Arena limosa	8.62
141	2° 44' 51"	80° 45' 46"	68.3	77.4065	16.7428	1.5169	Arenosa	14.89
142	2° 46' 08"	80° 46' 29"	74	77.8342	16.6091	1.5109	Arenosa	12.32
143	2° 45' 20"	80° 47' 4"	76.6	78.9661	16.8988	2.2296	Arenosa	10.04
145	2° 43' 52"	80° 29' 40"	19.1	85.6368	2.1074	0.5775	Arenosa	1.85
146	2° 40' 52"	80° 32' 2"	18	67.5833	20.0085	0.6585	Arenosa	3.70
148	2° 53' 28"	80° 25' 49"	15.3	87.5013	8.1289	2.0181	Arenosa	1.53
152	2° 48' 51"	80° 29' 16"	20.4	87.7416	7.0934	2.1120	Arenosa	2.17
153	2° 47' 28"	80° 30' 18"	20.1	68.9701	29.1940	1.4687	Arena limosa	0.56
154	2° 46' 11"	80° 31' 19"	21.8	86.2610	6.6034	1.7700	Arenosa	3.86
155	2° 44' 53"	80° 32' 22"	22.1	51.2230	27.1057	2.5351	Arena limosa	2.25
156	2° 44' 5"	80° 32' 59"	20.1	33.2552	37.3712	1.6152	Lim.aren.grav.	10.11
157	2° 43' 8"	80° 33' 35"	22.3	19.9384	62.8132	3.1922	Limosa	8.09
159	2° 40' 45"	80° 35' 9"	22.0	79.7964	8.1676	1.9243	Arenosa	4.95
163	2° 33' 37"	80° 40' 48"	21.0	89.9809	8.4942	0.6099	Arenosa	1.83
164	2° 32' 38"	80° 41' 29"	20.7	79.9095	14.6495	1.4451	Arenosa	27.59
169	2° 48' 19"	80° 31' 20"	21.6	90.4622	6.5718	1.1800	Arenosa	2.72
170	2° 24' 51"	80° 59' 49"	79.3	3.3557	87.6297	7.6201	Limosa	5.71
172	2° 54' 00"	80° 28' 43"	28.1	91.1550	7.4292	0.8002	Arenosa	2.24
176	2° 49' 20"	80° 32' 16"	24.1	94.3556	3.1510	1.7636	Arenosa	2.67
177	2° 48' 51"	80° 32' 38"	24.6	87.1312	7.6503	1.6006	Arenosa	4.36
179	2° 47' 26"	80° 33' 35"	25.4	80.2259	6.7317	1.2759	Arenosa	3.30
182	2° 29' 58"	80° 46' 48"	26.5	64.6575	32.6450	1.6808	Arena limosa	2.16
183	2° 27' 17"	80° 48' 45"	23.8	88.0344	9.8123	1.8318	Arenosa	1.52
184	2° 41' 53"	80° 38' 36"	28.1	95.1250	4.4168	0.3665	Arenosa	5.72
186	2° 37' 57"	80° 41' 34"	28.6	87.8489	8.0530	2.8107	Arenosa	7.8
187	2° 36' 29"	80° 42' 29"	29.3	91.7246	6.4191	1.4732	Arenosa	2.54
188	2° 25' 34"	80° 43' 36"	30.6	65.7855	6.7333	0.6483	Arenosa	3.19
189	2° 34' 12"	80° 44' 36"	31	87.2597	9.9748	1.9818	Arenosa	2.55
192	2° 31' 28"	80° 46' 32"	30.8	70.2184	21.4020	3.5913	Arenosa	4.36
193	2° 30' 20"	80° 53' 13"	37	74.8623	21.4937	2.9932	Arenosa	5.55
194	2° 28' 22"	80° 49' 37"	31.3	14.4979	68.3570	1.8579	Limosa	1.59
195	2° 31' 21"	81° 00' 01"	115.7	1.7261	66.2795	31.2445	Limo arcillosa	5.86
197	2° 30' 7"	80° 57' 27"	97.8	12.0380	83.7855	3.8424	Limosa	2.97
198	2° 29' 28"	80° 56' 00"	82.7	21.3052	72.0814	6.3207	Limosa	6.33
199	2° 28' 23"	80° 53' 14"	50.7	35.1413	60.0167	3.6394	Limo arenosa	3.73
200	2° 26' 24"	80° 48' 37"	22.8	91.4796	6.7449	1.0279	Arenosa	2.46
201	2° 30' 50"	80° 55' 40"	90.5	42.6912	49.5666	7.3237	Limo arenoso	5.86
202	2° 29' 34"	80° 52' 44"	58.5	3.9732	88.9525	6.7091	Limosa	3.36
203	2° 34' 01"	80° 59' 47"	130	0.9215	96.8390	1.2215	Limosa	3.51
204	2° 33' 21"	80° 58' 18"	121.2	3.1318	94.5861	1.7116	Limosa	7.14
205	2° 32' 50"	80° 56' 48"	113.5	6.2279	72.6871	21.085	Limosa	2.14
206	2° 32' 10"	80° 55' 18"	99.6	40.4670	52.2924	5.9527	Limo arenosa	4.20
207	2° 30' 00"	80° 50' 15"	44.5	66.4034	23.7948	2.9124	Arenosa	11.58
210	2° 54' 10"	80° 43' 49"	65.8	12.0369	83.3251	4.1273	Limosa	0.89

Tabla I. Parámetros texturales y químicos de los sedimentos.

# de Estac.	Coordenadas		Prof. m.	Parámetros Texturales			Textura	CO ₃ Ca %
	Latitud S	Longitud W		Arena %	Limo %	Arcilla %		
212	2° 44' 30"	80° 50' 59"	110	81.7039	12.6815	2.9989	Arenosa	17.02
213	2° 43' 42"	80° 51' 38"	112.8	85.9494	11.7239	1.3435	Arenosa	23.51
214	2° 42' 24"	80° 52' 27"	125	61.9020	10.4543	0.9023	Arena gravosa	18.80
215	2° 39' 53"	80° 56' 34"	184	18.1595	70.6322	7.7673	Limosa	7.90
216	2° 39' 33"	80° 55' 56"	151.6	3.7967	87.8777	6.4231	Limosa	2.46
217	2° 39' 24"	80° 55' 01"	165.8	3.7681	88.2227	6.5958	Limosa	3.43
218	2° 38' 34"	80° 53' 28"	128.3	69.1416	25.4216	4.8259	Arena limosa	5.59
220	2° 37' 41"	80° 51' 25"	109	24.5192	71.7495	2.6865	Limosa	4.22
221	2° 37' 19"	80° 50' 16"	94.5	53.9895	35.6151	3.7624	Arena limosa	6.61
223	2° 35' 57"	80° 46' 59"	57.9	46.0197	48.3358	3.8667	Limo arenosa	4.86
229	2° 39' 52"	80° 53' 40"	135	69.3785	23.9498	3.9737	Arenosa	9.58
230	2° 40' 06"	80° 50' 03"	101.9	44.2361	50.1770	4.1901	Limo arenosa	11.33
231	2° 39' 04"	80° 45' 54"	60.3	70.2576	26.2719	2.7705	Arena limosa	8.79
232	2° 38' 14"	80° 43' 42"	40.2	79.6232	16.5590	2.6383	Arenosa	6.58
233	2° 37' 47"	80° 42' 43"	33.5	73.3569	13.6813	2.2680	Arenosa	4.36
239	2° 42' 10"	80° 47' 59"	81	82.1437	13.2929	2.7062	Arenosa	24.23
240	2° 41' 25"	80° 46' 11"	67.7	74.3018	18.6823	3.3820	Arenosa	7.52
241	2° 40' 40"	80° 44' 23"	55.2	65.1288	27.3539	2.8346	Arena limosa	13.33
242	2° 40' 06"	80° 42' 58"	41.4	66.3055	11.1681	2.1356	Arenosa	3.78
243	2° 39' 09"	80° 41' 24"	34	88.0085	8.7924	1.2657	Arenosa	4.95
244	2° 38' 36"	80° 39' 26"	25	76.5932	15.3122	2.7915	Arenosa	3.12
245	2° 46' 04"	80° 50' 38"	109	47.5809	46.7869	4.5990	Arena limosa	2.15
246	2° 45' 41"	80° 49' 33"	97	68.7682	27.0072	2.3193	Arena limosa	11.80
247	2° 42' 56"	80° 43' 05"	48	74.9983	19.6710	2.0375	Arenosa	10.70
249	2° 40' 45"	80° 37' 35"	24	78.5015	1.6815	0.7352	Arenosa	23.06
250	2° 29' 41"	80° 34' 59"	21	59.5244	26.2084	3.1829	Arena limosa	18.16
251	2° 39' 22"	80° 34' 06"	20	43.9273	34.8078	4.1108	Arena limosa	7.82
252	2° 47' 41"	80° 43' 52"	63.5	61.9314	32.2096	1.9824	Arena limosa	6.62
253	2° 47' 21"	80° 42' 57"	59.2	54.3280	24.3283	1.8538	Arenosa	2.01
254	2° 46' 55"	80° 41' 57"	53.7	22.5927	70.5282	1.7049	Limosa	12.65
255	2° 46' 35"	80° 40' 59"	46.8	70.3677	9.9374	2.7289	Arenosa	4.27
256	2° 45' 33"	80° 38' 45"	38.4	91.9792	5.0228	1.3698	Arenosa	3.14
259	2° 42' 56"	80° 32' 35"	19.4	90.3048	3.5538	2.7158	Arenosa	2.73
260	2° 42' 22"	80° 31' 06"	18.4	65.9157	9.7877	3.6105	Arenosa	2.41
261	2° 41' 39"	80° 29' 27"	17.3	48.2340	5.4457	2.5632	Arena gravosa	54.07
262	2° 52' 04"	80° 47' 12"	76.5	70.9474	20.8338	4.1943	Arenosa	1.68
263	2° 51' 02"	80° 44' 46"	70.7	22.4894	72.4857	3.5846	Limosa	1.52
264	2° 53' 44"	80° 47' 57"	84	81.0744	10.1379	0.8345	Arenosa	12.35
265	2° 52' 21"	80° 44' 30"	68.5	80.0522	16.0749	2.4380	Arenosa	11.35
266	2° 52' 07"	80° 43' 44"	65.5	47.8480	46.1829	2.0527	Arena limosa	1.32
267	2° 51' 36"	80° 42' 27"	61	70.7080	24.8880	1.2213	Arenosa	6.71
269	2° 48' 53"	80° 36' 07"	35	81.7097	8.1140	2.2427	Arenosa	2.48
270	2° 48' 18"	80° 34' 25"	27.5	83.3341	3.5889	1.7080	Arenosa	1.44
271	2° 46' 33"	80° 30' 27"	20.5	74.8911	20.7108	1.4157	Arenosa	3.44
272	2° 49' 53"	80° 35' 07"	35.1	76.3001	17.1866	3.2300	Arenosa	8.15
274	2° 53' 28"	80° 31' 10"	30.5	92.5974	5.5164	0.7020	Arenosa	2.47
278	2° 50' 48"	80° 25' 00"	13.5	71.1955	21.1655	5.4577	Arenosa	1.76
279	2° 40' 21"	80° 55' 47"	200	4.7691	86.3817	7.9780	Limosa	2.54
280	1° 48' 19"	80° 51' 29"	60.1	55.5123	39.0426	5.4450	Arena limosa	4.16

Tabla I. Parámetros texturales y químicos de los sedimentos.

AMBIENTES SEDIMENTARIOS RECIENTES, DE LA LAGUNA COSTERA LA CRUZ, SONORA, MEXICO

Por:

ARTURO I. VILLALBA ATONDO (1)
MARGARITA DE LA O VILLANUEVA (2)
PEDRO ORTEGA ROMERO (1)

RESUMEN

Se emplearon los parámetros estadísticos (diámetro medio, varianza sesgo y curtosis) calculados en base a análisis granulométricos en los sedimentos de la Laguna La Cruz, Sonora, para su aplicación en un modelo de ecuaciones discriminatorias propuesto por Sahu B.K. (1964), con la finalidad de determinar los diferentes medioambientes existentes en el interior de dicho sistema.

Se diferenciaron tres ambientes de sedimentación con características propias: Fluvial deltaico, eólico y turbidez.

El fluvial-deltaico se caracteriza por ser de sedimentos sesgados hacia los finos, mal clasificados con diámetro de 1 a 6 phi.

El eólico lo constituyen sedimentos de gran madurez textural con diámetro medio entre 2 y 3 phi, sesgados negativamente y muy bien clasificados.

El ambiente de turbidez ocurre en las partes más internas del sistema y lo conforman sedimentos mal clasificados asimétricos positivamente y diámetro medio fino (> de 4 phi).

ABSTRACT

Based on granulometric analysis of sediments of Laguna La Cruz, Sonora, Mexico, statistical parameters (mean, variance and Kurtosis) were used in a numerical model proposed by Sahu B.K. (1964) to determine the different environments in that system.

Three environments were recognized: deltaic-fluvial, eolic and turbiditic.

The deltaic-fluvial system characterizes because of its trending toward finer sediments with diameter from 1 to 6 phi. The eolic system constitutes mature sediments with diameter between 2 and 3 phi. The turbiditic sediments are found in the inner part of the system with positively assymetric material and mean diameter of > 4 phi.

INTRODUCCION

Recientemente ha surgido un fuerte interés por el conocimiento de las zonas costeras. Un sistema costero lagunar, por no ser un medio completamente marino ni continental, presenta numerosos problemas de carácter único. La circulación de agua salina del océano hacia dentro de la laguna y la mezcla de esta agua con la de origen fluvial que se mueve hacia el océano, es importante en la determinación y patrón de

movimiento de todo material que se encuentra en proceso de sedimentación.

Esta serie de condiciones hidrodinámicas, fuentes sedimentarias y procesos de transporte y deposición de sedimentos en estos sistemas, crean diferentes ambientes de depósito. Muchas características de los sedimentos clásticos han sido estudiadas y aprovechadas para la diferenciación de estos medios (Nichols, 1965; León y Cobos, 1976; Aguayo, 1980;

(1) Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, México.
(2) Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, México.

Carranza, 1980), una gran variedad de métodos se han desarrollado y algunos investigadores han empleado las distribuciones de tamaño de grano para determinar los diferentes ambientes y los mecanismos de deposición (León y Cobos, 1976; Carranza, 1980).

En este trabajo se utilizan los datos estadísticos: tamaño medio, varianza, sesgo y curtosis para su aplicación en una serie de funciones discriminatorias propuestas por Sahu B. K. (1964) para la localización y determinación de las áreas de características deposicionales contrastantes.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra incluida en la Provincia Fisiográfica de la Zona Desértica de Sonora (Alvarez Jr., 1961) y corresponde a la VII unidad morfotectónica definida por Carranza et al. (1975).

El área se encuentra enmarcada por las coordenadas geográficas $28^{\circ} 55' - 28^{\circ} 40'$ de Latitud Norte y $112^{\circ} 03' - 111^{\circ} 50'$ de Longitud Oeste (Fig. 1). Está aproximadamente a 107 Kms al Oeste de

Hermosillo, Sonora, y a 3 Kms al SE del poblado Kino Viejo, facilitándose el acceso por la carretera estatal No. 16 que une Hermosillo-Bahía Kino. Tiene aproximadamente una superficie de 23 km y se localiza dentro de la hoja topográfica "Bahía Kino" publicada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) de la SPP a escala 1:50.000.

Este sistema costero se encuentra separado de las aguas del Golfo de California por una barra de arena que se extiende en dirección SSE aproximadamente 3 Kms. La boca de este cuerpo de agua la forman la punta de dicha barra y la parte lateral NW de Punta Blanca, alcanzando una extensión de 1 Km. A través de dicha boca, se extienden los canales principales aportadores de la máxima energía observada, mismos que comunican a los canales secundarios alcanzando estos últimos una profundidad cercana a 1 m aún en condiciones de marea baja (Fig. 2).

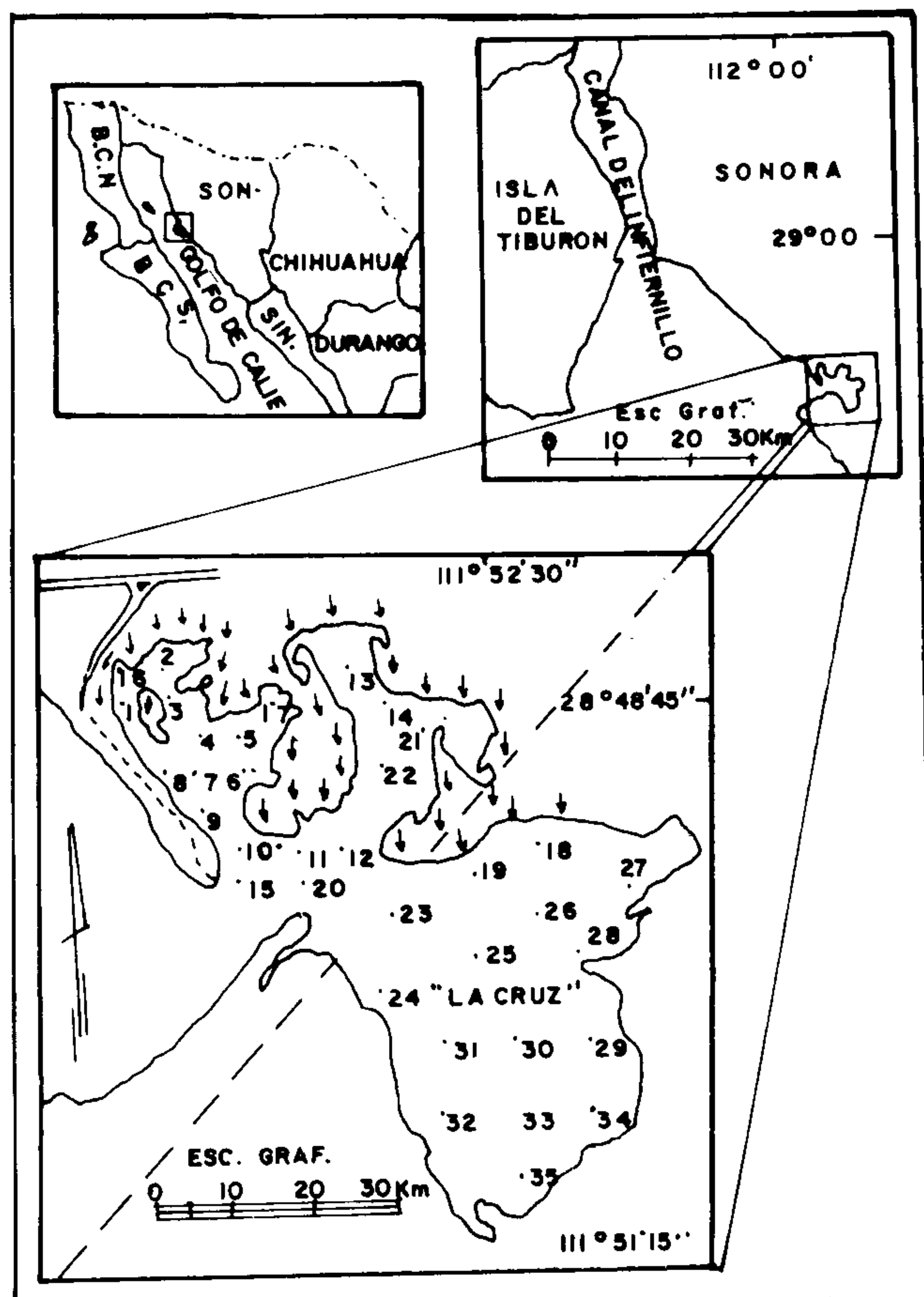


Fig. 1. Localización del área de estudio y distribución de estaciones de muestreo.

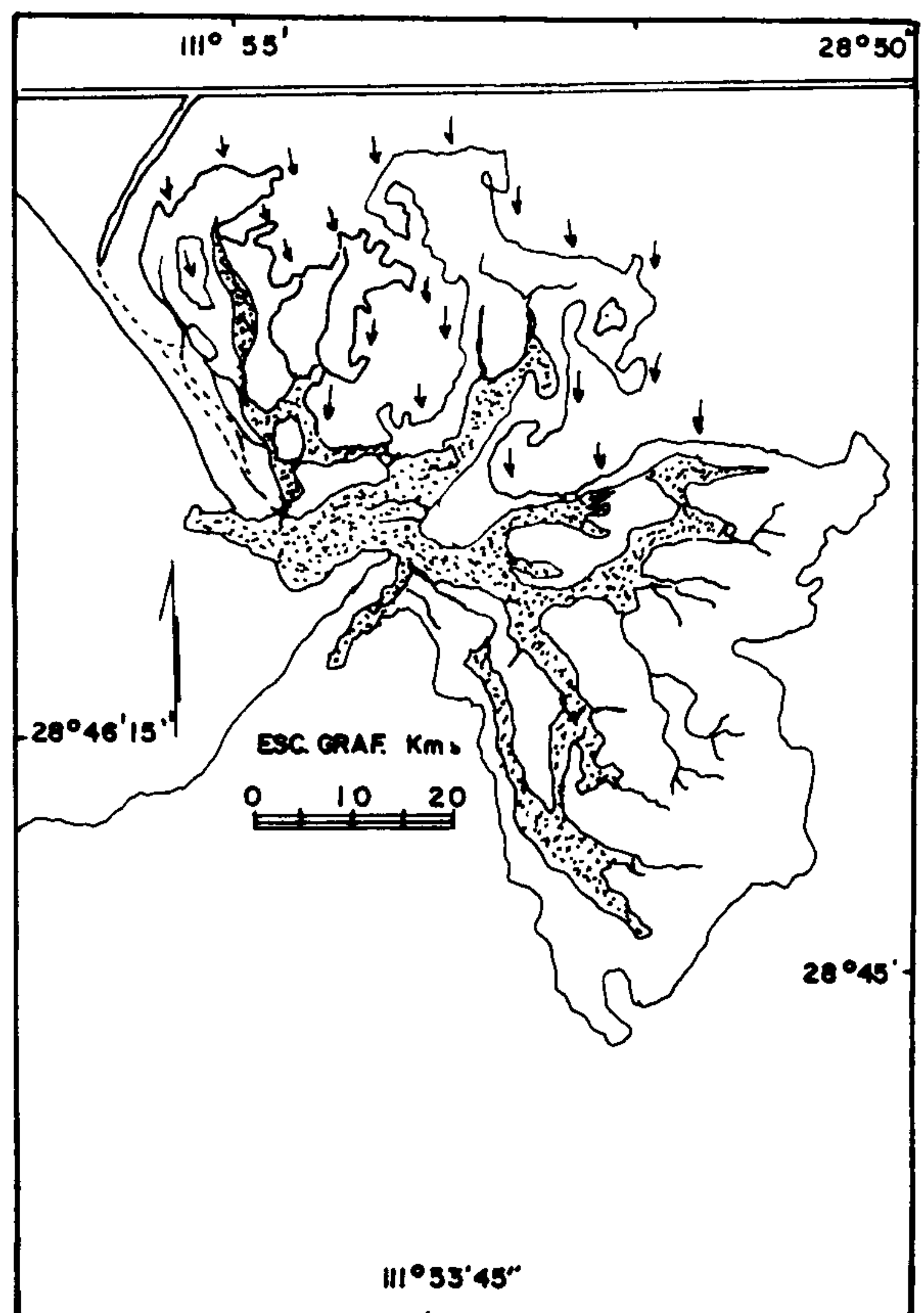


Fig. 2. Distribución de canales de corriente.

MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo de los análisis granulométricos se tomó en cuenta lo establecido por Krumbein (1932), Emery (1938) y Folk (1969).

Los datos granulométricos obtenidos, se representaron gráficamente mediante curvas de frecuencia y acumulativa. Estas curvas son necesarias para el cálculo de los parámetros estadísticos considerando los procedimientos propuestos por Folk y Ward (1957).

Los valores estadísticos de Media (M_z), Varianza (x^2), sesgo (SK) y curtosis (K_g) fueron aplicados al modelo de ecuaciones discriminatorias establecidas por Sahu (1964) y el cálculo se llevó a cabo con la utilización de un programa de computación (Basic) diseñado para este fin.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se distinguieron tres diferentes ambientes con características de sedimentación propias (Fig. 3); estos son: Fluvial-deltaico, eólico y turbidez.

Se elaboraron esquemas gráficos para determinar las condiciones físicas de cada uno de estos ambientes. Esta interpretación se basa en el agrupamiento de las estaciones de cada ambiente tomando en cuenta el tamaño medio y clasificación (Fig. 4a); tamaño medio y sesgo (Fig. 4b); tamaño medio y curtosis (Fig. 4c). Así mismo, se utilizó un sistema ternario (Aguayo, 1980) que considera la media, clasificación y asimetría mostrando para cada uno de los ambientes definidos la interrelación de estos tres parámetros estadísticos: Fluvial-deltaico (Fig. 5a), eólico (Fig. 5b) y turbidez (Fig. 5c).

Finalmente se elaboró una lámina que define la proporción entre las características del sedimento de un mismo ambiente (Fig. 6). Esta tabla considera por cada ambiente, las proporciones de las fracciones en lo que se refiere a la distribución porcentual de tamaños, tamaño gráfico medio, clasificación, asimetría, curtosis y madurez textural.

La interpretación anteriormente mencionada, determina las siguientes características para cada uno de los medios ambientes diferenciados:

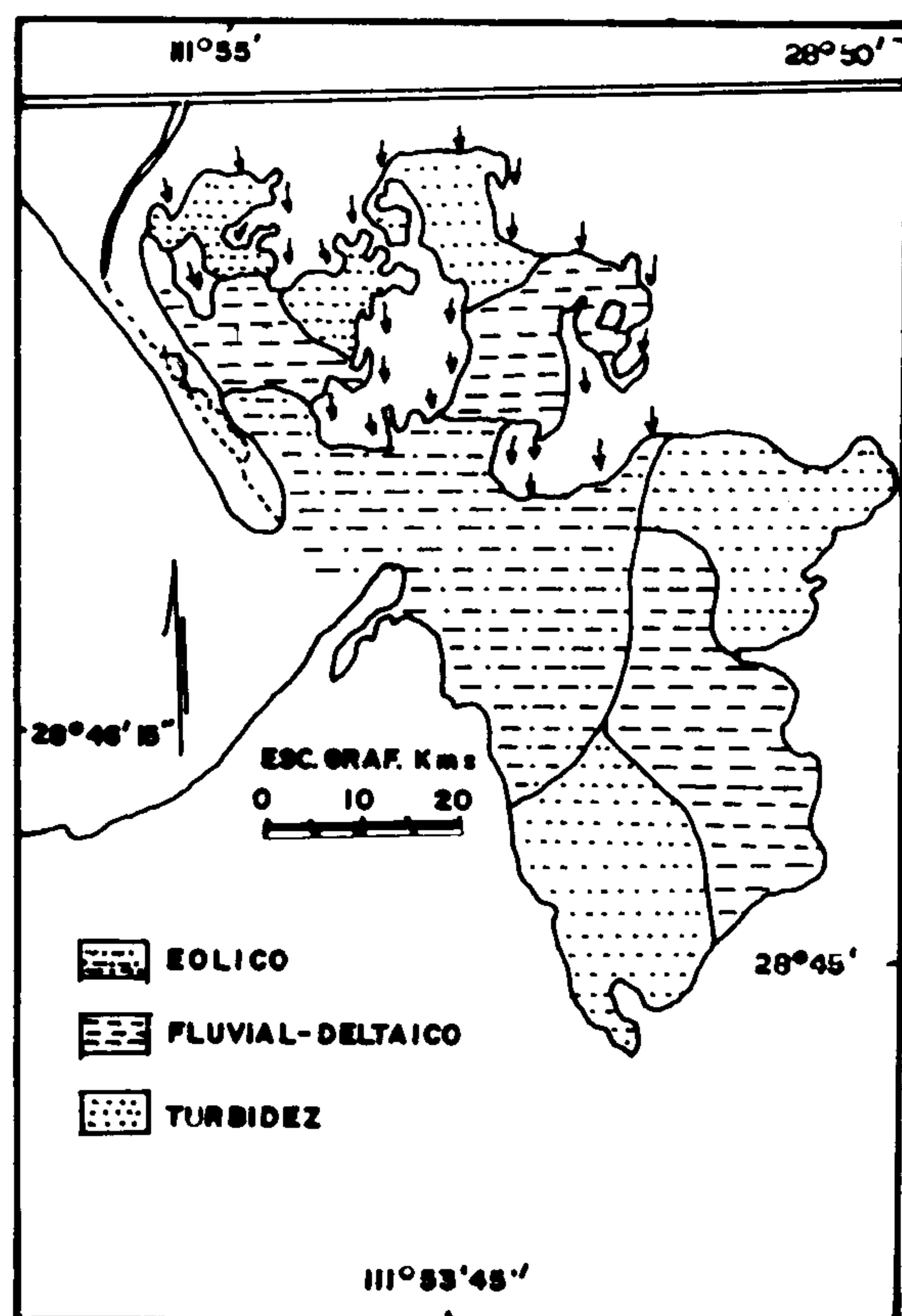


Fig. 3. Distribución de ambientes de depósito.

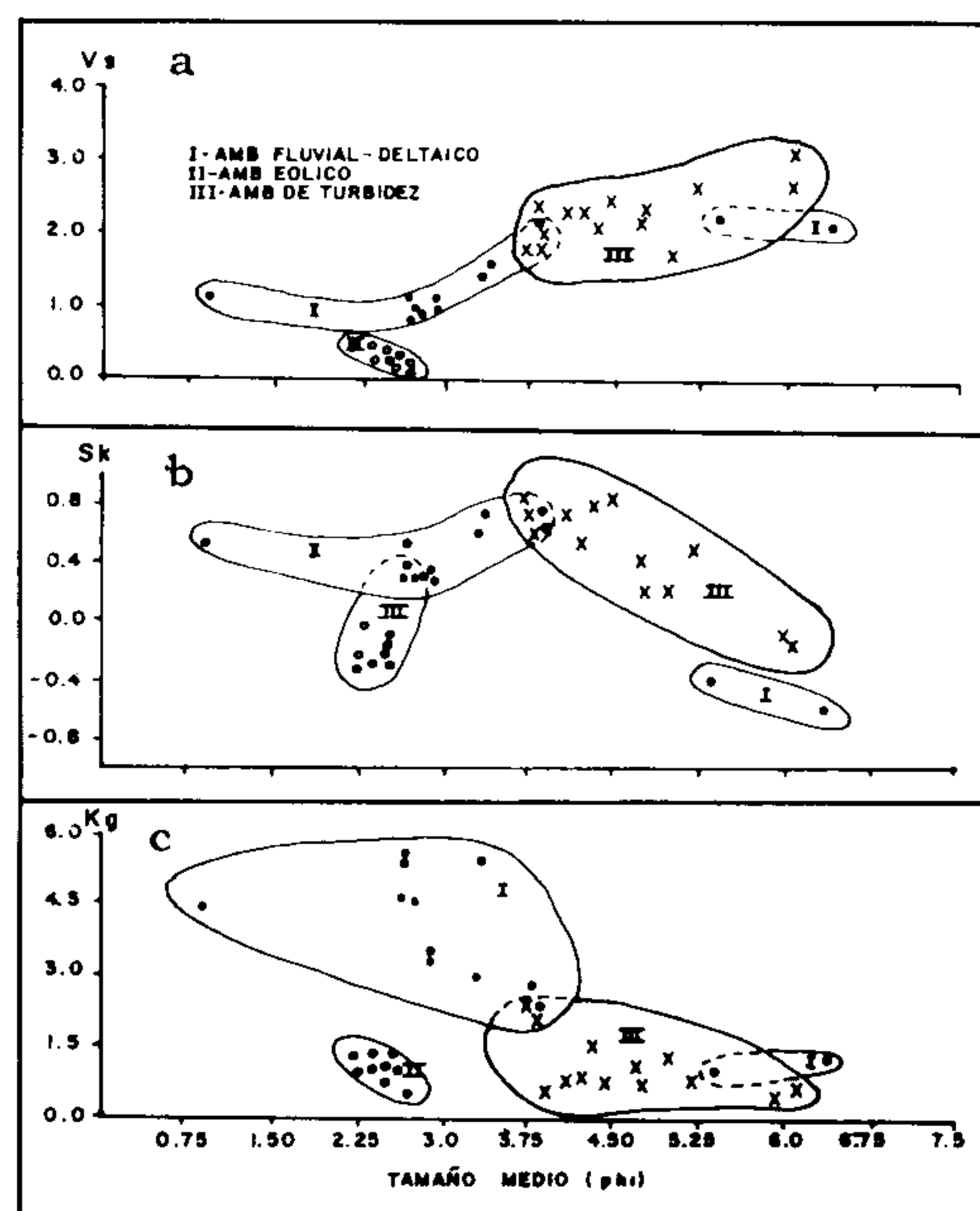


Fig. 4. a) Clasificación y tamaño medio;
b) Sesgo y tamaño medio;
c) Curtosis y tamaño medio.

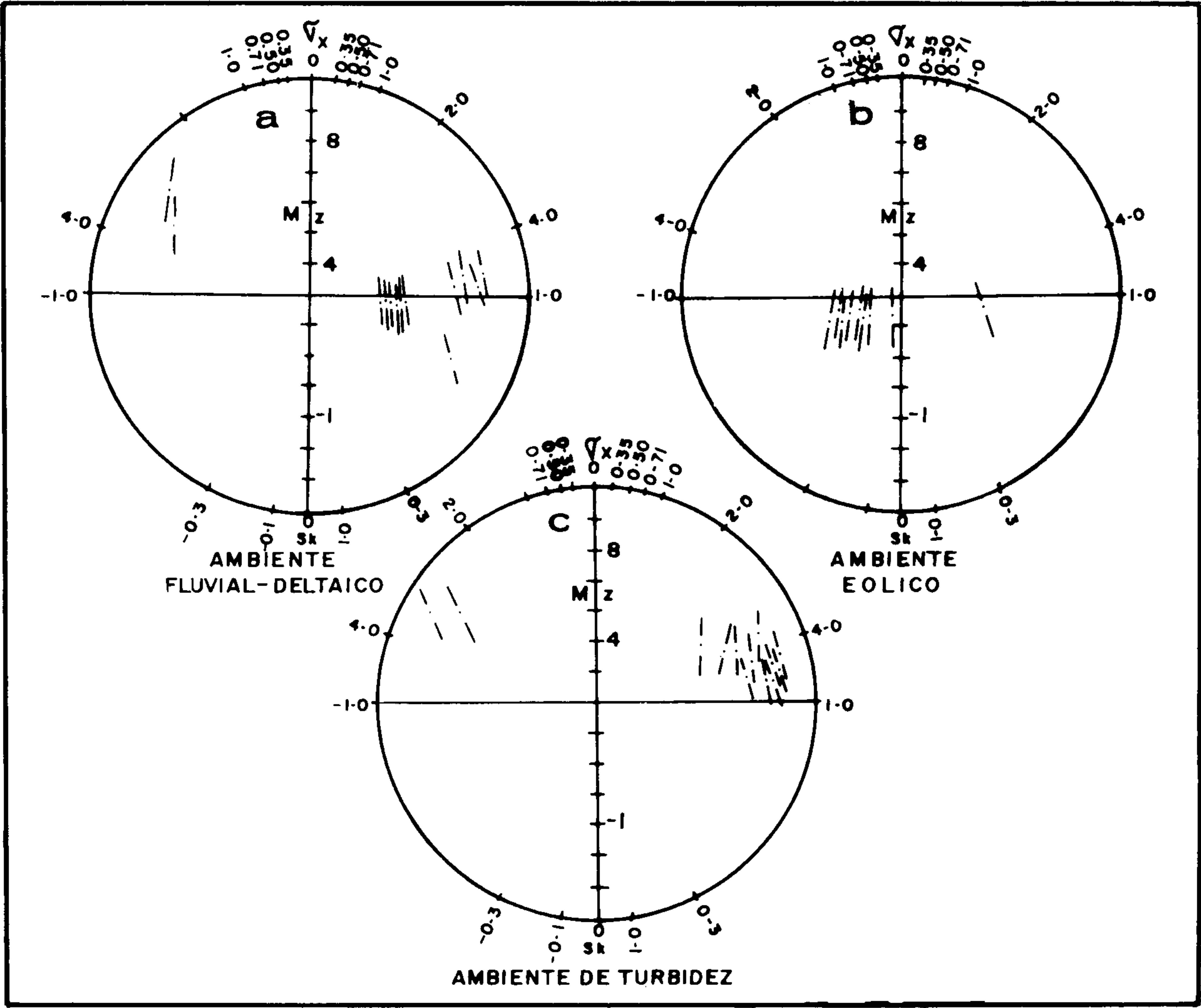


Fig. 5a, b, c. Tamaño medio, clasificación y asimetría de los sedimentos.

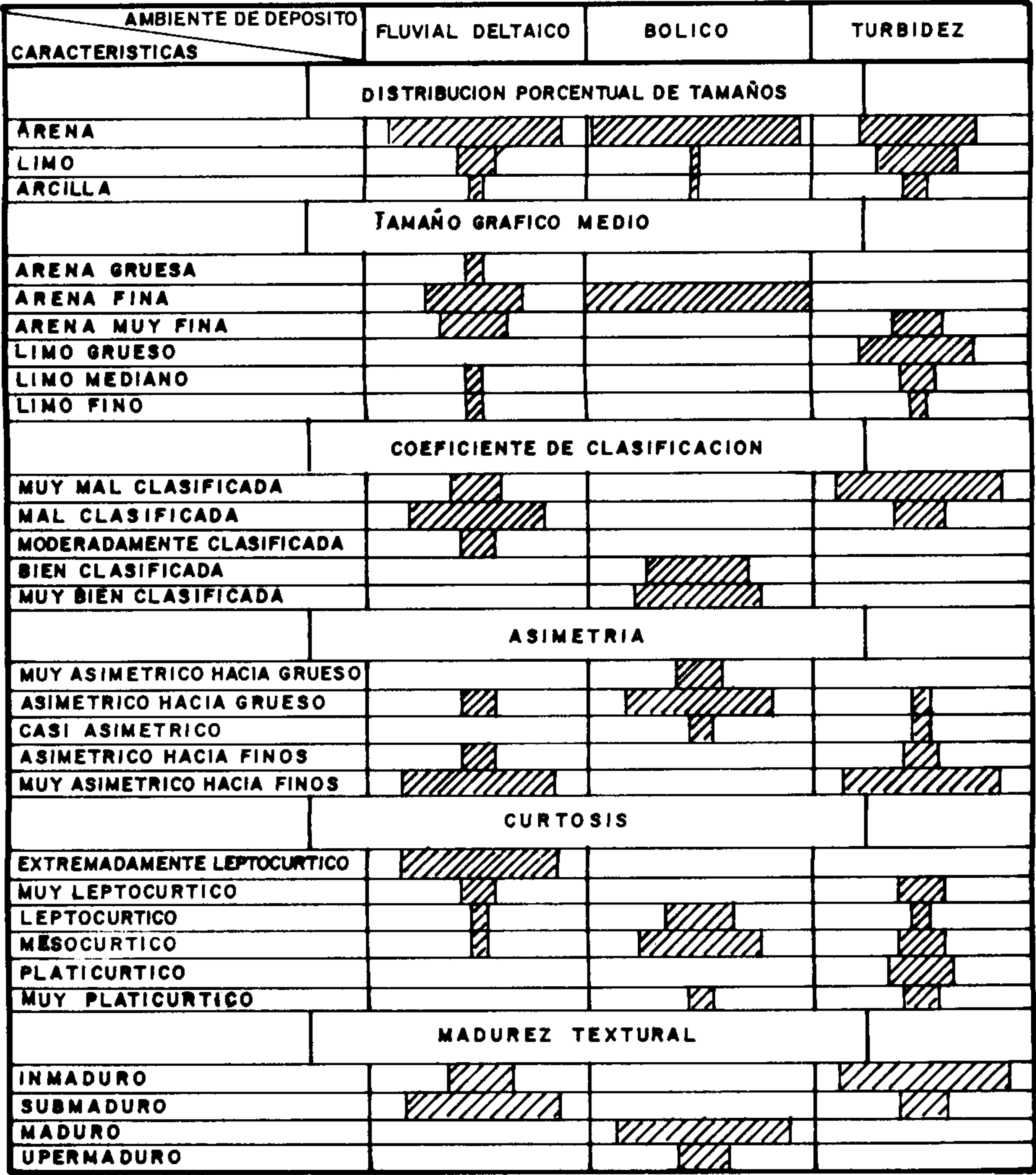


Fig. 6. Síntesis de características de los sedimentos en los ambientes de depósito.

Ambiente Fluvial-deltaico

Se localiza en las partes de la laguna donde se bifurcan los canales secundarios (Figs. 2 y 3).

Se caracteriza por poseer alto % de arena en relación con las fracciones de limo y arcilla, de tal manera que predomina la caracterización de arena fina.

Las condiciones de desviación con diámetro medio grueso (< de 3.5 phi), varía de moderadamente clasificado a mal clasificado con una variante a aceptar una muy mala clasificación en caso de disminución del diámetro medio (entre 5 y 7 phi).

Los sedimentos de este ambiente generalmente están sesgados hacia los finos (Fig. 7), aceptando asimetría hacia los gruesos siempre y cuando el diámetro medio disminuya (5 a 7 phi).

En relación con la curtosis, se caracteriza por ser extremadamente leptocúrtica (Fig. 7), encontrándose estaciones con tendencia a mesocúrtico sólo cuando el sedimento tiene un menor diámetro medio (< de 5.25 phi).

La madurez textural de este sedimento se encuentra entre submadura e inmaduro con mayor dominio de submadurez.

Ambiente Eólico

Se encuentra en las partes de la laguna donde se extienden los canales principales (Figs. 2 y 3).

Se caracteriza por estar constituido casi completamente por material definido como arena (97.6%), de tal forma que en su totalidad las estaciones que conforman este ambiente se ubican en la caracterización de arena fina, en lo que se refiere a su diámetro medio (Wentworth, 1962).

Es propio de este ambiente el poseer una baja desviación ($\sqrt{x}$ de 0.6) variando de bien a muy bien clasificado, predominando este último.

En relación con su sesgo, generalmente son asimétricos hacia gruesos ($K_g < -0.1$) aceptando asimetría hacia finos siempre y cuando la clasificación sea muy cercana a cero.

En relación con su curtosis, este ambiente se comporta de mesocúrtico a leptocúrtico (Fig. 7).

El sedimento definido como eólico posee una madurez textural de maduro principalmente, con variaciones a supermaduro.

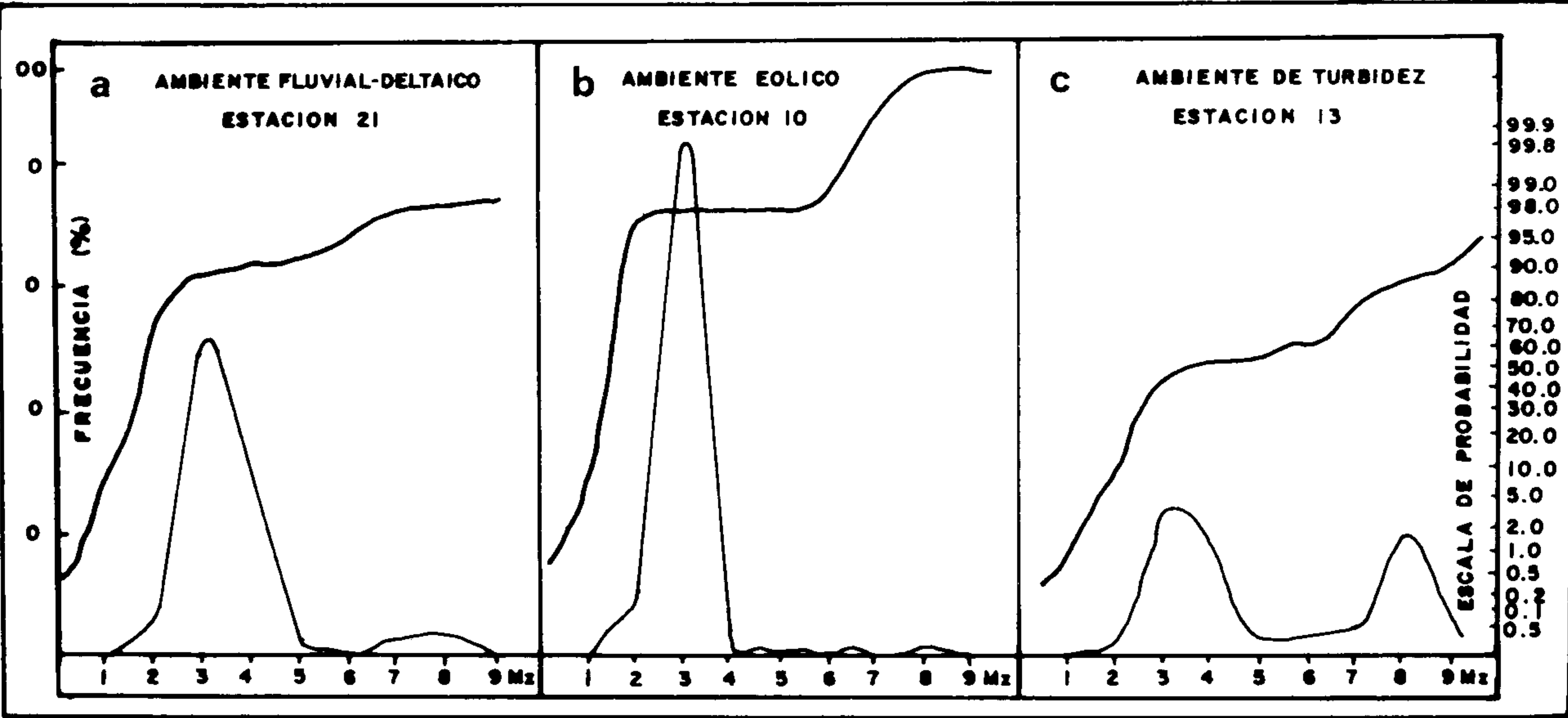


Fig. 7. Curvas de Frecuencia y Acumulativas.

Ambiente de Turbidez

Ocurre en las partes de la laguna donde prácticamente no existen canales de corriente significativos (Figs. 2 y 3).

Es característico de este ambiente, el poseer la proporción de arena más cercana a la de limo (54.2 y 34.6%, respectivamente), además de observarse en él las mayores cantidades de arcilla en relación con los ambientes anteriormente definidos (10.3%), de tal manera que tomando en cuenta su diámetro medio predomina la caracterización de limo grueso.

Debido precisamente a que este ambiente acepta tanto arenas como limos y arcillas, su desviación se ubica principalmente en muy mal clasificada con variaciones a mal clasificada en condiciones de diámetro medio de 3.5 a 5 phi.

Generalmente estos sedimentos son asimétricos hacia los finos ($K_s > 0.1$) pero pueden localizarse sesgos negativos cuando disminuye el diámetro medio y se es muy mal clasificado.

No existe un rango especial que caracterice a este ambiente en relación con su curtosis, encontrándose tanto sedimentos con tendencia a muy leptocúrtico como a muy platicúrtico.

La madurez textural de este medio es inmaduro con variaciones a submaduro.

El método de Sahu B.K. (1964), ha sido empleado con la finalidad de determinar medioambientes de depósito. León y Cobos (1976) lo utilizaron para la determinación de paleoambientes. Estos autores tomaron muestras de arena durante la perforación de un pozo del área Rodador, Zona Sur del Estado de Veracruz y, al comparar sus resultados con el empleo de otros métodos, encontraron en puntos similares diferencias ambientales atribuyéndoselo a que emplearon para el análisis granulométrico únicamente el método de tamices, cuando el modelo fue diseñado utilizando las técnicas del tubo de sedimentación para arenas finas y limosas, y el pipeteo para sedimentos limo-arcillosos, tal como se elaboró en el presente trabajo.

Por otro lado, Carranza, (1980) define las características que poseen los diferentes ambientes sedimentarios recientes de la Llanura Costera Sur del Istmo de Tehuantepec. Este autor define para cada ambiente, grandes rangos en lo que se refiere a las condiciones físicas del sedimento (clasificación, sesgo,

curtosis, diámetro medio, etc.), sin que estos ambientes se caractericen por poseer condiciones específicas en relación con estos parámetros. Esto puede deberse a que frecuentemente los sedimentos correspondientes a diferentes ambientes de depósito, presentan ambientes sedimentarios que se traslapan y por lo tanto se dificulta la caracterización ambiental.

CONCLUSIONES

1.- El método de Sahu B.K. (1964) es un mecanismo cuantitativo en el que intervienen los datos estadísticos de los sedimentos analizados. Se considera a éste, un sistema efectivo en la diferenciación de medios ambiente, utilizando las características físicas (tamaño medio, varianza, sesgo y curtosis) los cuales son parámetros determinantes para distinguir estos medios. El grado de exactitud, dependerá del cuidado que se tenga en el desarrollo de las técnicas granulométricas como en la aplicación de los datos en las ecuaciones del modelo.

2.- Se distinguieron tres diferentes ambientes de depósito, mismos que tienen una relación estrecha con la energía observada en los canales de corriente en que se encuentran y son poseedores de características de sedimentación propias; estos son: fluvial-deltaico, eólico y turbidez.

3.- Generalmente, el grupo de muestras que conforman a una zona de depósito tienen condiciones físicas muy parecidas y diferentes a aquellas correspondientes a la zona contigua. Las estaciones de una zona determinada que tiene características que se traslapan con las de una zona adyacente, son las que se encuentran en puntos de transición entre ambos ambientes de depósito.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo. DADC - CONACYT - PCECBNA - 022259.

BIBLIOGRAFIA

- Aguayo, C.J., 1980.-** Representación gráfica ternaria de parámetros estadísticos y su aplicación en el análisis de ambientes sedimentarios. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*. Vol. XII, No. 1.
- Alvarez, Jr., 1961.-** Provincias Fisiográficas de la República Mexicana. *Bol. Soc. Geol. Mex.* Vol. 24(2), p: 3-20.
- Carranza, E.A., M. Gutiérrez E., y T. Rodríguez, 1975.-** Unidades Morfotectónicas Continentales de las Costas Mexicanas. *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM*. Vol. 2(1), p: 81-82.
- Carranza, E.A., 1980.-** Ambientes sedimentarios recientes de la Llanura Costera Sur del Istmo de Tehuantepec. *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM*. Vol. 7(2), p: 13-66.
- Emery, K.O., 1983.-** Rapid method de mechanical analysis of sand. *Jour. Sedim. Petrol.* Vol. 8, p: 105-111.
- Folk, R.L., 1969.-** Petrología de las Rocas Sedimentarias. *UNAM. México, D.F.*
- Folk, R.L., and W.C. Ward., 1957.-** Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sedim. Petrol.* Vol. 27, p: 3-26.
- I.N.E.G.I. 1975.-** Bahía Kino, H12C57, México, D.F., Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta Topográfica, escala 1: 50.000.
- Krumbein, W.C., 1932.-** The Mechanical Analysis of Fine Grained Sediments. *J. Sedim. Petro.* Vol. 2, p: 140-149.
- León, V., y M. Cobos, 1976.-** Determinación del medio ambiente de sedimentación de una arena del área Rodador, Zona Sur, a partir de análisis granulométricos. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*. p: 17-27.
- Nichols, N.M., 1965.-** Composition and Environmental of Transitional Recent Sediments on the Sonora Coast, Mexico. Unpubl. Dissertation, Univ. Calif., Los Angeles, Ca., U.S.A.
- Sahu, B.K., 1964.-** Depositional Mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *Jour. Sedim. Petrol.* Vol. 34(1), p: 73-83.
- Wentworth, C.K., 1962.-** A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Journal of Geology*, Vol. 30, p: 337-392.

EVALUACION GEO-QUIMICA EN LA FASE SEDIMENTARIA DE ECOSISTEMAS COSTEROS DEL ESTADO DE SONORA, MEXICO

Por:

ARTURO I. VILLALBA A. (1)
PEDRO ORTEGA ROMERO (1)
MARGARITA DE LA O VILLANUEVA (2)

RESUMEN

Se analizan los sedimentos de las Lagunas Guásimas, Algodones y Lobos, Sonora, definiéndose seis grupos texturales que son directamente controlados por las principales fuentes de aporte y energía.

Los grupos I y II se localizan generalmente en las bocas; son sedimentos representados por el máximo diámetro medio encontrado y se ubican respectivamente en la caracterización de arena y arena limosa.

Los grupos III y V se encuentran exclusivamente en el Sistema Lobos; son sedimentos areno-lodosos y lodo respectivamente, de mal a muy mal clasificados y asimétricos positivamente.

El grupo IV se ubica en la parte interna de los tres sistemas costeros y se coloca en la caracterización de limo-arenoso. Este al igual que el grupo VI (lodo), registran el mínimo diámetro medio y varían de mal a muy mal clasificados.

Los porcentajes de materia orgánica se encuentran en un rango de 1.31 a 8.65%. Generalmente, los máximos contenidos de este parámetro se encuentran en las partes internas de los sistemas, donde el sedimento es fino con altos contenidos de limo.

Teóricamente los carbonatos se encuentran más en sedimentos de textura gruesa; sin embargo, en este trabajo, principalmente en Algodones, sigue un comportamiento similar a la materia orgánica.

En los tres sistemas costeros, los metales pesados, (Co, Cu, Fe, Mn y Cd) aumentan su concentración conforme más fino es el sedimento en que se encuentran, representando una relación inversa respecto al parámetro diámetro medio.

ABSTRACT

Six textural groups mainly controlled by energy and sources are defined in sediments of Las Lagunas Guásimas, Algodones and Lobos, Sonora. Groups I and II locate at the mouths, and are represented by the maximum mean diameter found, constituting sand and silty-sand size sediments.

Groups III and V are found exclusively at the Lobos System; they are clayey-sand and clay size sediments respectively and positively assymetric.

Group IV belongs to the inner part of the three coastal systems, and it is silty-sand size sediment. This group, as well as the group VI (clay), got the minimum mean diameter.

Organic matter percentages vary from 1.31 to 8.65%. Generally, the small fraction sediments, located in the inner part of the systems are related to maximum organic matter content.

Teoretically, carbonates are found in coarse fraction sediments, but in this work, mainly in Algodones, then follow similar behaviour of that of organic matter content.

In the three coastal system the heavy metals (Co, Cu, Fe, Mn, and Cd) increase their concentration toward the smaller size sediments, having a inverse relationship with mean diameter.

-
- (1) Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, México.
(2) Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, México.

INTRODUCCION

La química de la capa bentónica está íntimamente relacionada con la física, geología y biología de la región. Es en los sedimentos donde las reacciones químicas y bioquímicas toman lugar debido a que sus constituyentes (minerales, materia orgánica, agua de mar), no se encuentran en un equilibrio químico.

Las reacciones biogeoquímicas en el sedimento están estrechamente ligadas con el depósito de materia orgánica, lo cual ofrece un índice o una razón de la dependencia de los procesos químicos del sustrato con los fenómenos biológicos, físicos, geológicos y químicos que ocurren en el sistema.

A fin de mostrar la relación existente entre la geología sedimentaria ocurrida en la capa bentónica respecto a algunos parámetros geoquímicos, se elaboró este trabajo en los cuerpos lagunares Guásimas, Algodones y Lobos y contribuir, de esta forma, al conocimiento geológico marino de los sistemas costeros del litoral de Sonora.

AREA DE ESTUDIO

Los sistemas lagunares que comprende el área de estudio, fueron seleccionados por encontrarse geográficamente contiguos ($27^{\circ} 55'$ y $27^{\circ} 16'$ de Latitud Norte y $110^{\circ} 40'$ y $110^{\circ} 27'$ de Longitud Oeste) y por presentar características fisiográficas muy particulares.

Considerando el criterio de Lankford (1977) los sistemas costeros que conforman el área de estudio, corresponden a la región C, Tipo II, Subtipo A y se ubican en la Provincia Fisiográfica de la Zona Desértica de Sonora (Alvarez Jr., 1961); son cuerpos de agua de transición entre el mar y el continente protegidos por una típica barra de arena y en los que existe una intensa actividad hidrodinámica ocasionada, entre otras cosas, por la permanente influencia del océano y la intervención temporal de origen fluvial, pudiendo ocurrir rápidamente cambios en su forma y batimetría.

Las rocas expuestas en la región consisten principalmente de un grueso espesor de material volcánico terciario de composición riolítica, existiendo también dacitas, andecitas, traquiandecitas y basaltos (Wilson, 1978).

Bahía Guásimas ($27^{\circ} 52' N - 110^{\circ} 35' O$).- Se encuentra separada de las aguas del Golfo de California por una barra de arena de aproximadamente 7 Kms de longitud extendiéndose en dirección SE. La punta de dicha barra y la porción emergida denominada El

Tapón, forman la boca de la laguna con una apertura de 2.5 Kms; su área es de 38 Kms y se caracteriza por poseer pocos aportes de agua dulce.

Estero Algodones ($27^{\circ} 40' N - 110^{\circ} 35' O$).- La barra arenosa que separa este sistema de las aguas del Golfo es de 4 Kms, interviniendo a su vez, a la formación de la boca por la que fluye permanentemente agua de mar que se mezcla con aquella continental que aporta el Río Yaqui, haciéndose acreedor de la principal fuente sedimentaria por traer consigo gran variedad de sólidos en suspensión que vienen a alterar, en relativamente poco tiempo, las condiciones del medio. Este sistema tiene aproximadamente 9 Kms de superficie y es de baja profundidad, relacionándose esto con el permanente aporte del Río Yaqui mencionado anteriormente.

Bahía Lobos ($27^{\circ} 20' N - 110^{\circ} 30' O$).- Este sistema lagunar se caracteriza por su gran barrera arenosa denominada Isla Lobos que se extiende aproximadamente 17 Kms. Existe conexión con el mar abierto por medio de dos bocas: Norte y Sur, con una longitud de 2.3 y 0.9 Kms respectivamente.

Este cuerpo de agua con una superficie de 112 Kms es el mayor de los sistemas estudiados y es receptor de las aguas contaminadas de los canales colectores del Valle del Yaqui, aportando además, sólidos que intervienen en los procesos de sedimentación del sistema determinando, como consecuencia, el claro azolvamiento que se observa en el desemboque de dichas aguas (Fig. 1).

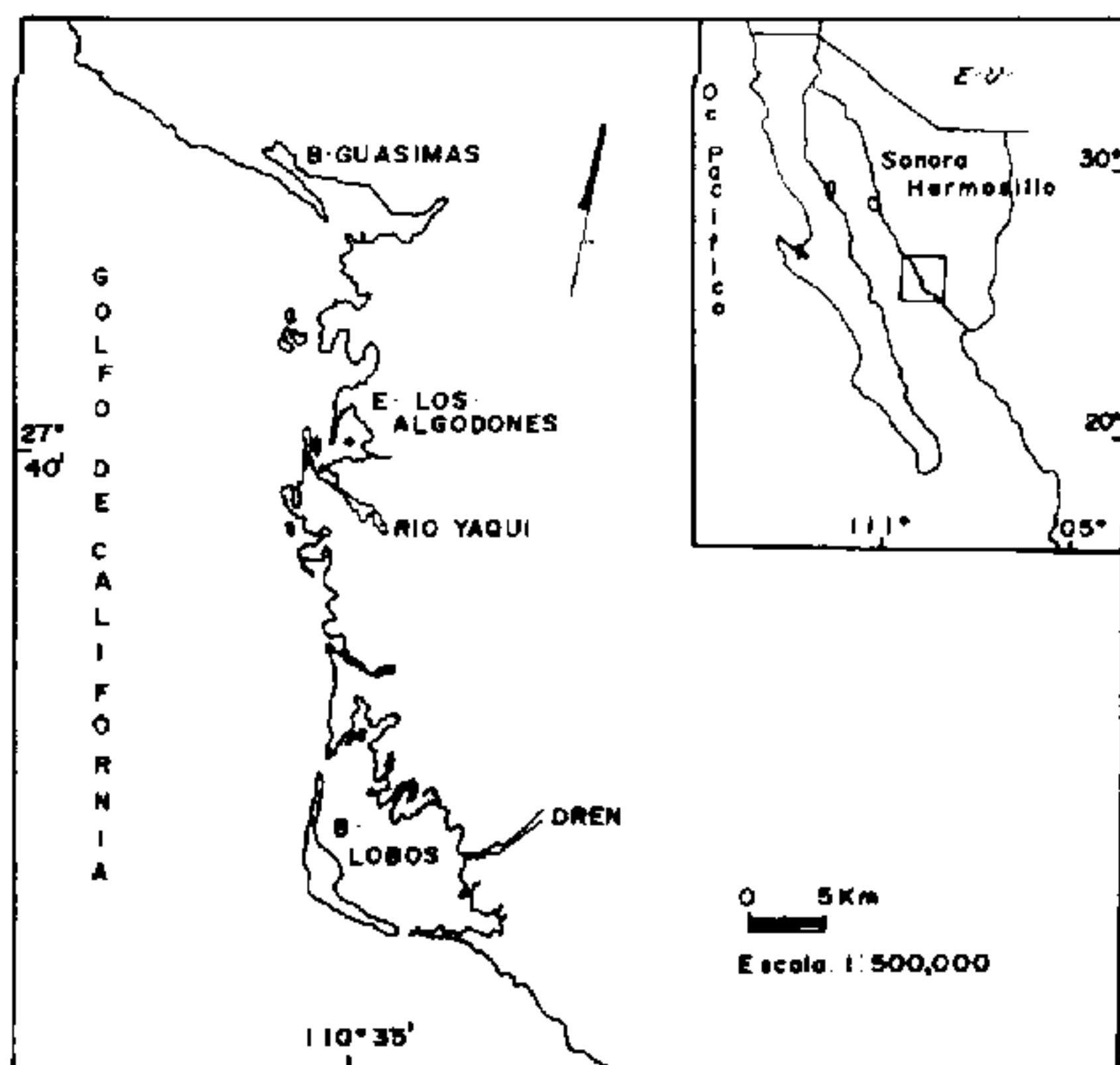


Fig. 1. Localización del Área de Estudio.

Trabajos Previos

No existen trabajos que se refieran a la distribución de sedimentos en los cuerpos de agua a que se enfoca el presente trabajo.

En relación con la influencia de pesticidas en las aguas del Sistema Lobos y Yavaros, Sonora, se han realizado algunos trabajos (Peña, 1971; Bernal y del Castillo, 1985).

Hacia la parte norte, Nichols (1965) estudió la composición y ambientes transicionales recientes de sedimentos a lo largo de la costa de Sonora.

En la Laguna La Cruz, sonora, De la O y Villalba (1984) estudiaron la influencia de la distribución de sedimentos con la cantidad y diversidad de organismos bentónicos bivalvos y por otro lado, en el Sistema Yavaros, se realizó un estudio geológico marino (Ayala-Castañares et al., 1970).

Además, Bernat (1980) hizo una datación de depósitos litorales en la costa oriental del Golfo de California; Petit (1975) realizó una paleogeografía del Cuaternario-Reciente en el Litoral del Mar de Cortés.

MATERIALES Y METODOS

Tomando en cuenta un reconocimiento previo, se llevó a cabo la localización de estaciones. La recolección de muestras se hizo mediante el método de rumbos y distancias con la utilización de brújula y cinta. Se tomaron un total de 36 muestras distribuidas en 15, 13 y 8 respectivamente para los sistemas Lobos, Guásimas y Algodones.

Para el análisis mecánico de los sedimentos se siguió lo definido por Folk (1969), Krumbein (1932) y Emery (1938).

En la determinación del contenido de materia orgánica y carbonatos se empleó la técnica de pérdida por ignición (Dean, 1974).

Para la cuantificación de los metales pesados se utilizó el método de absorción atómica de acuerdo a lo descrito por Loring y Rantala (1977) y Lively et al., (1979).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos granulométricos obtenidos se representaron gráficamente, definiéndose para cada una de las muestras su curva acumulativa, utilizada para el cálculo de los parámetros estadísticos. Estos parámetros se definieron utilizando los procedimientos propuestos por Folk y Ward (1957); estos son: tamaño medio (Mz), desviación estandar ($\sqrt{x}$), sesgo (Sk) y curtosis (K_g).

Se consideraron los porcentajes de arena-limo-arcilla para la utilización del triángulo de Folk (1954), mismo que delimita seis grupos texturales distribuidos en los tres sistemas lagunares (Fig. 2).

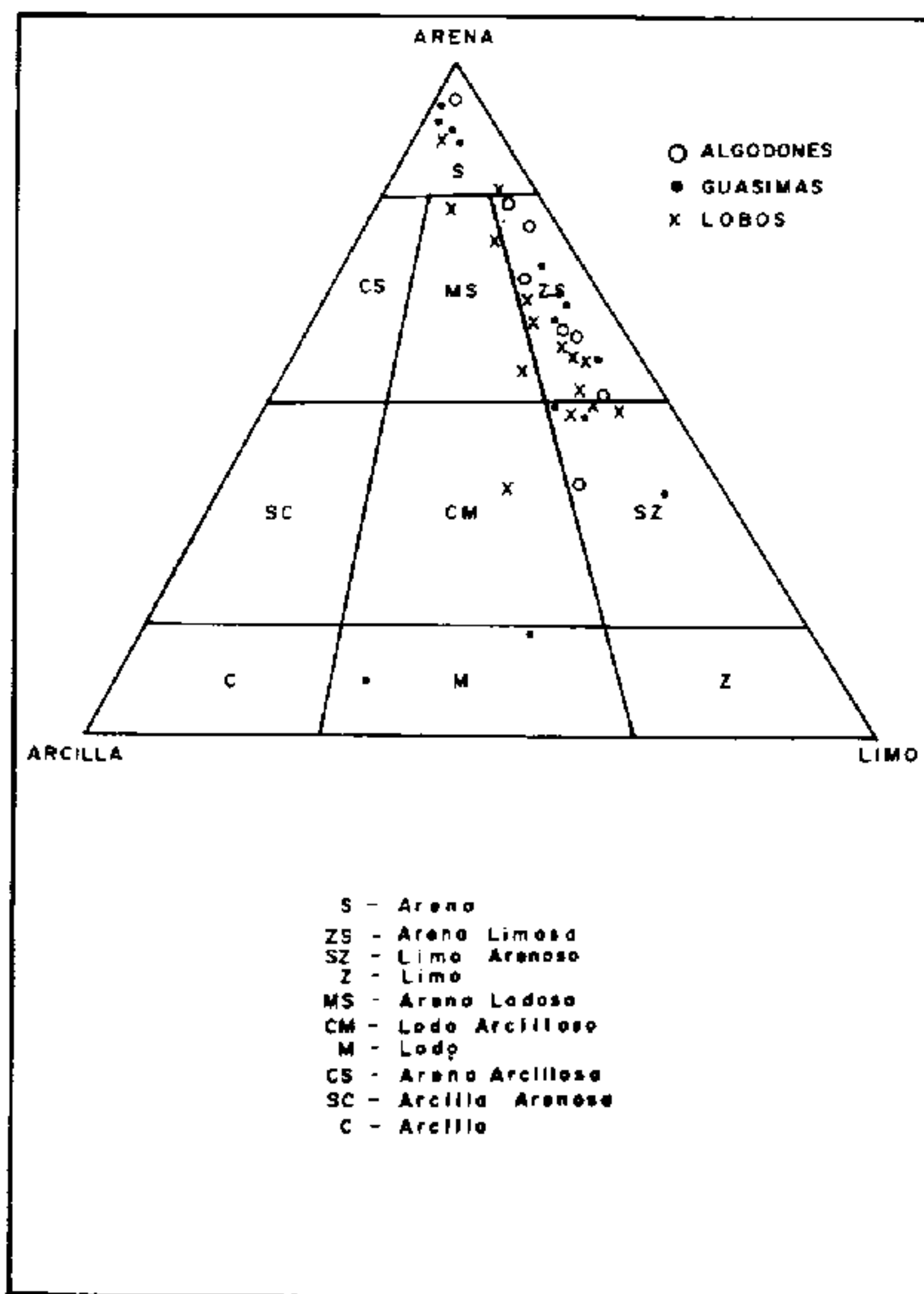


Fig. 2. Sistema ternario para nomenclatura de sedimentos terrígenos con la respectiva ubicación de las muestras dependiendo de sus porcentajes de arena-limo-arcilla.

Las figuras 4, 5 y 6 representan esquemáticamente las características del sedimento en lo que se refiere a clasificación, sesgo y curtosis, respectivamente. Con la ayuda de estos resultados se tiene la siguiente descripción y características para cada una de las zonas texturales definidas en este trabajo.

Grupo I.- Este grupo se localiza generalmente en las bocas de los cuerpos costeros como sucede en Algodones y boca sur de Lobos, y en ocasiones en las partes intermedias (Guásimas) (Fig. 3). Lo representan sedimentos que registran el máximo diámetro medio(1.5 a 3.0 phi) con una clasificación que varía de moderadamente clasificado a muy bien clasificado ($\sqrt{x} < 1$) y tendencias a ser casi asimétricos. Considerando la relación arena-limo-arcilla, se ubican en la caracterización de arena.

Grupo II.- Este grupo es el que con más frecuencia se distribuye en los sedimentos de los tres sistemas lagunares. Se encuentra principalmente en las porciones intermedias de los cuerpos de agua y en ocasiones en las bocas como se observa en Guásimas y Boca Norte de Lobos (Fig. 3).

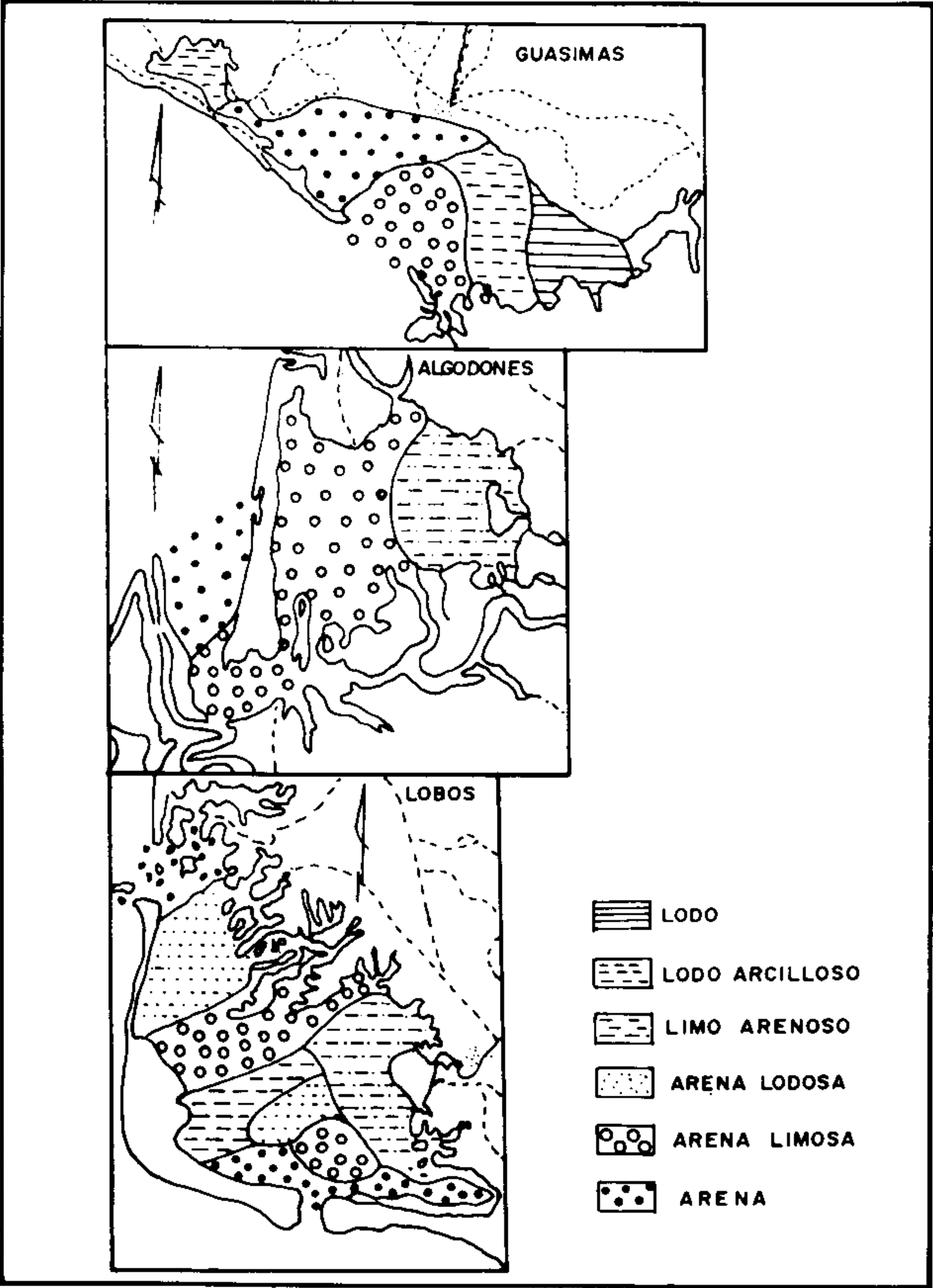


Fig. 3. Distribución de los grupos texturales.

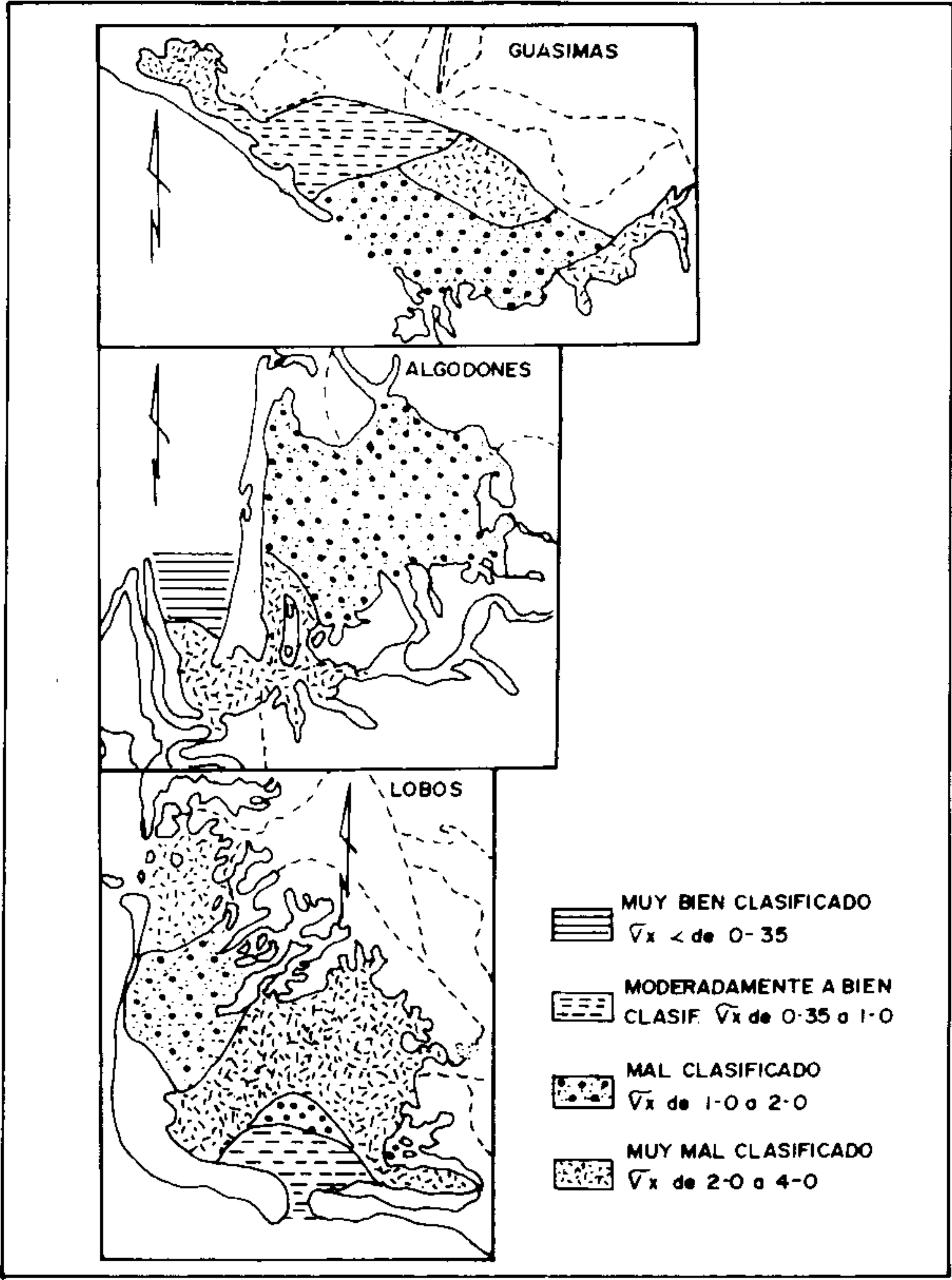


Fig. 4. Clasificación del sedimento (desviación estándar).

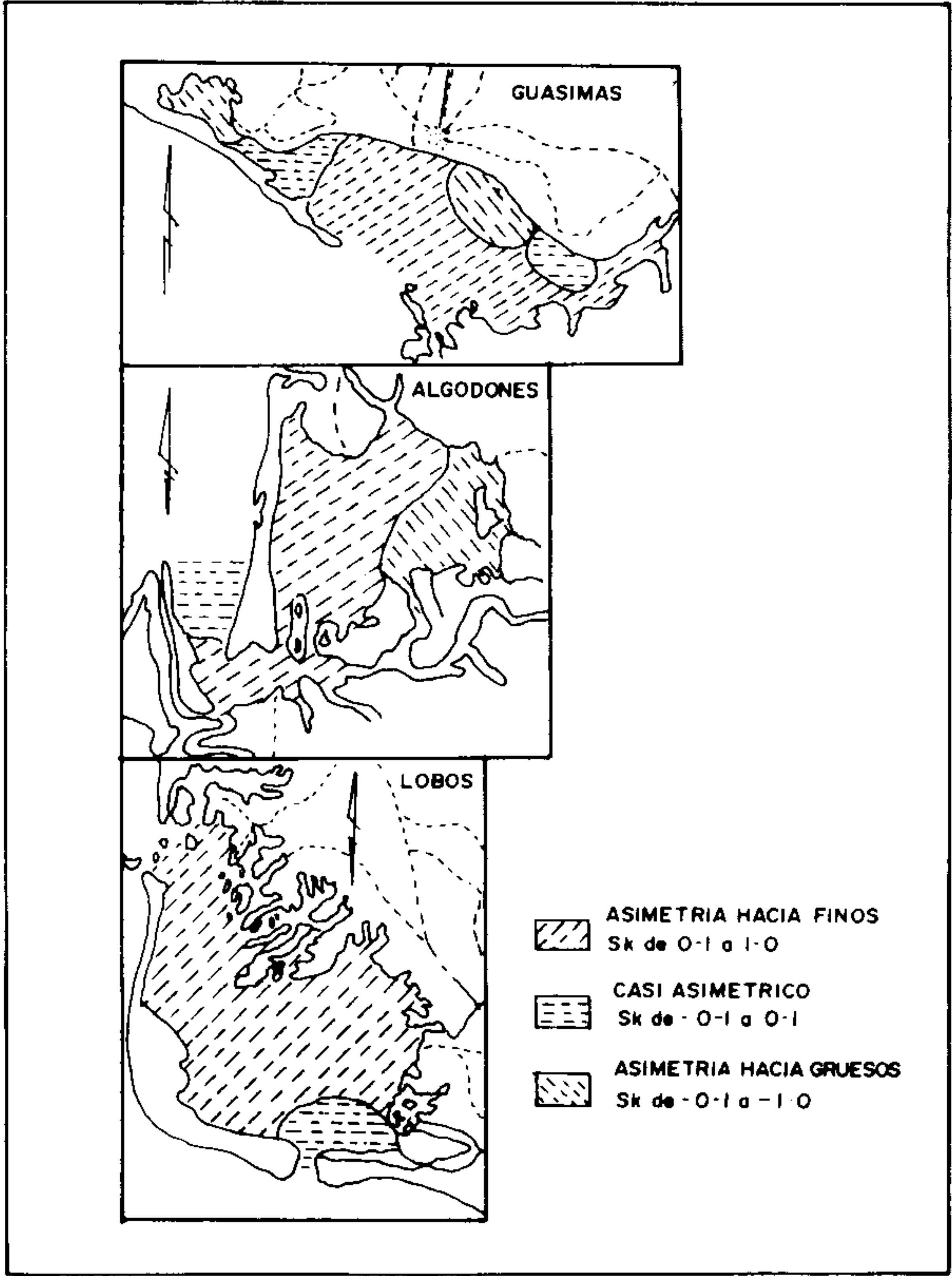


Fig. 5. Comportamiento del sedimento dependiendo del diámetro predominante en sus partículas (asimetría).

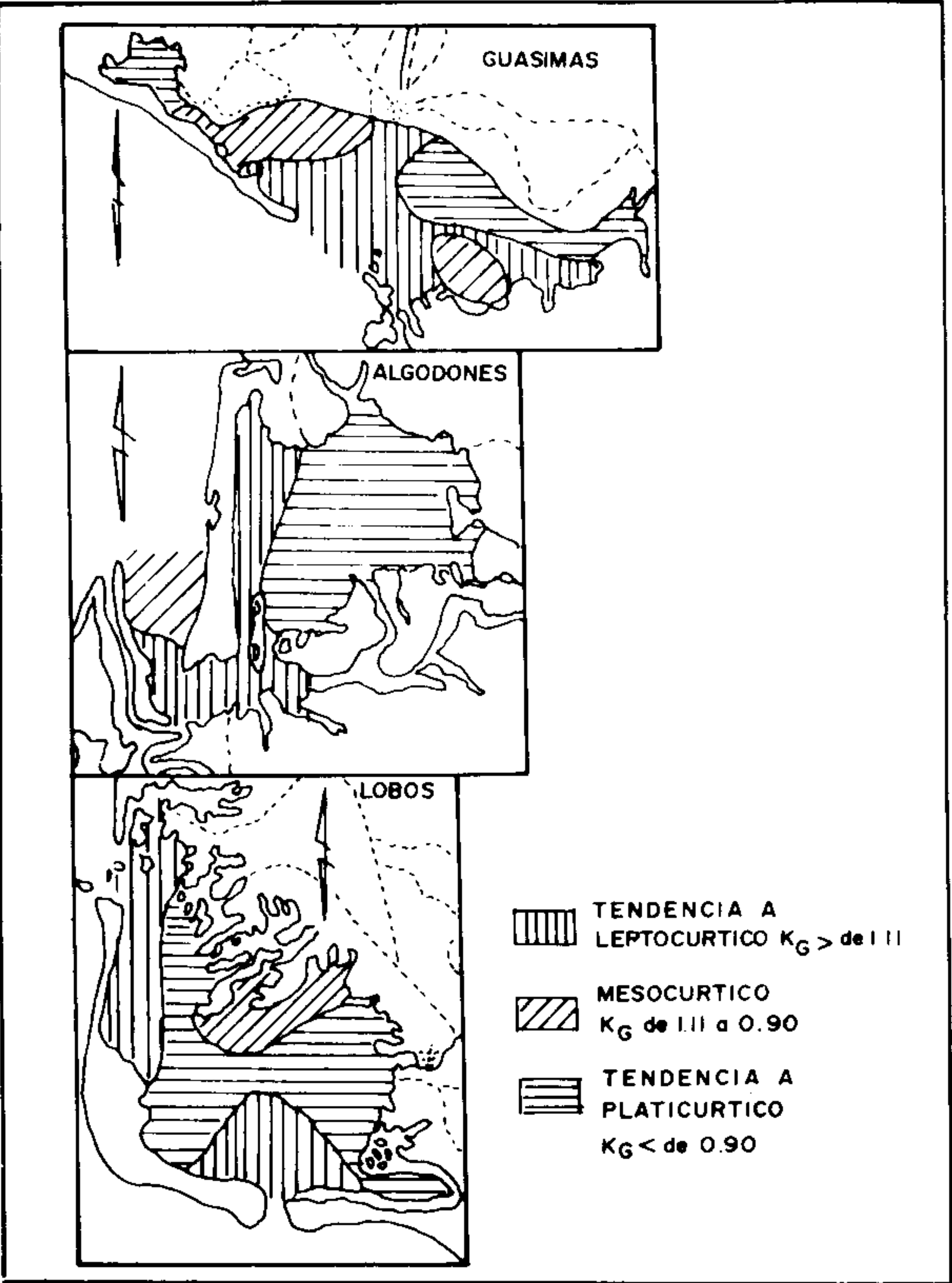


Fig. 6. Comportamiento del sedimento en base a su curtosis (Kg).

Se ubican en la caracterización de arena limosa y son sedimentos que varían de mal a muy mal clasificados y siempre sesgados positivamente.

Grupo III.- Este grupo se ubica en la caracterización de arena lodosa y fue encontrado exclusivamente en el Sistema Lobos. Posee características muy similares al Grupo II en lo que se refiere a clasificación y asimetría, y lo representa un diámetro medio entre 3 y 5 phi.

Grupo IV.- Los sedimentos de este grupo se encontraron en los tres sistemas lagunares generalmente en las partes internas y alejadas de las bocas. Considerando la relación arena-limo-arcilla se ubican en limo arenoso; son sedimentos que varían de mal a muy mal clasificados y presentan asimetría tanto positiva como negativa.

Grupo V.- Es escasamente encontrado en la Laguna Lobos y se ubica en la caracterización de lodo arcilloso. Son sedimentos muy mal clasificados, con asimetría hacia finos y representados por un diámetro medio de aproximadamente 6 phi.

Grupo VI.- Se encuentra en la porción sur alejado de la boca del Sistema Guásimas y, considerando las cantidades porcentuales de sus fracciones de arena-limo-arcilla, entra en la caracterización de lodo. Son

sedimentos que registran el mínimo diámetro medio (entre 8 y 9 phi), mal clasificado y en ocasiones son casi asimétricos con variaciones a sesgos negativos (asimetría hacia gruesos).

El comportamiento de la distribución de los grupos en el Sistema Algodones, es muy similar a lo que ocurre en la Laguna La Cruz, Sonora, (De la O y Villalba, 1984) y a lo obtenido por Alba (1978) en la Bahía de Puerto Viejo, Sinaloa. En los Sistemas Guásimas y Lobos no existe un patrón de distribución definido, tal como ocurre en la Bahía de Altata-Ensenada del Pabellón, Sinaloa (Peraza, 1973).

Además, se elaboró una distribución granulométrica utilizando como criterio el diámetro promedio. Las diferentes fracciones identificadas se definieron en base a lo establecido por Wentworth (1962) en su tabla de tamaños para sedimentos clásticos. Se determinaron siete fracciones de diferentes rangos de diámetro (Fig. 7) y siguen una relación estrecha con aquella distribución de los sedimentos elaborada en base a las fracciones arena-limo-arcilla y a las condiciones del material sedimentario en lo que se refiere a clasificación, sesgo y curtosis.

A estos sedimentos, además de analizarse sus condiciones físicas, se les estudió la composición de materia orgánica, carbonatos y metales pesados.

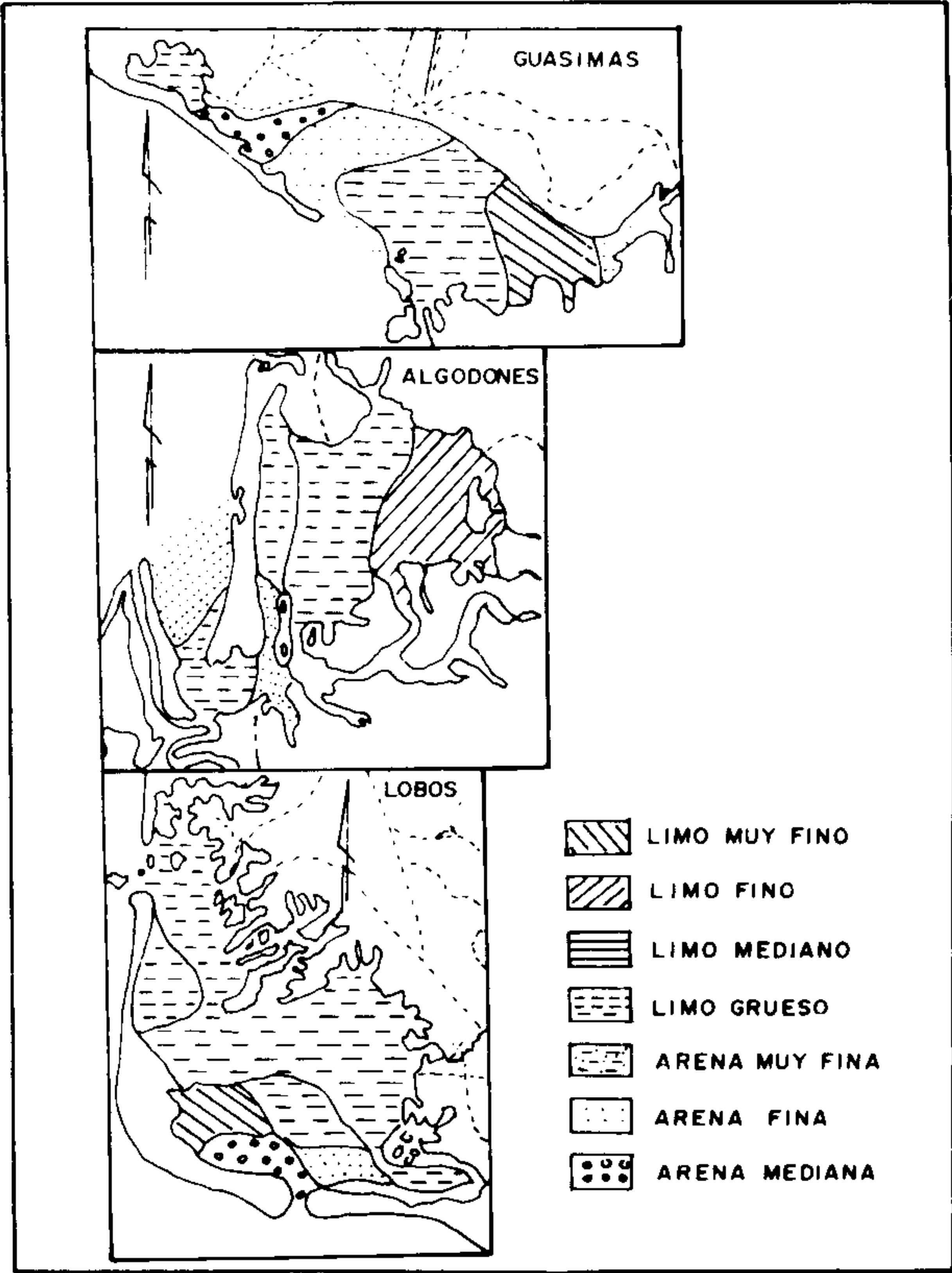


Fig. 7. Distribución granulométrica de los sedimentos utilizando como criterio, el diámetro promedio.

Los porcentajes de materia orgánica en estos cuerpos de agua, varían desde un mínimo de 1.31 en Lobos, hasta un máximo de 8.65 en Guásimas. Los valores indicados para sistemas costeros son entre 0.6 a 1.0 y 7.0 a 8.0% (Trask, 1939; Bader, 1954; Oppenheimer y Ward, 1963).

Existe una relación importante de este parámetro con el sedimento en que se encuentra. En general, su concentración aumenta conforme más fino es el sedimento, observándose más marcado este fenómeno en el Sistema Lobos (Fig. 8).

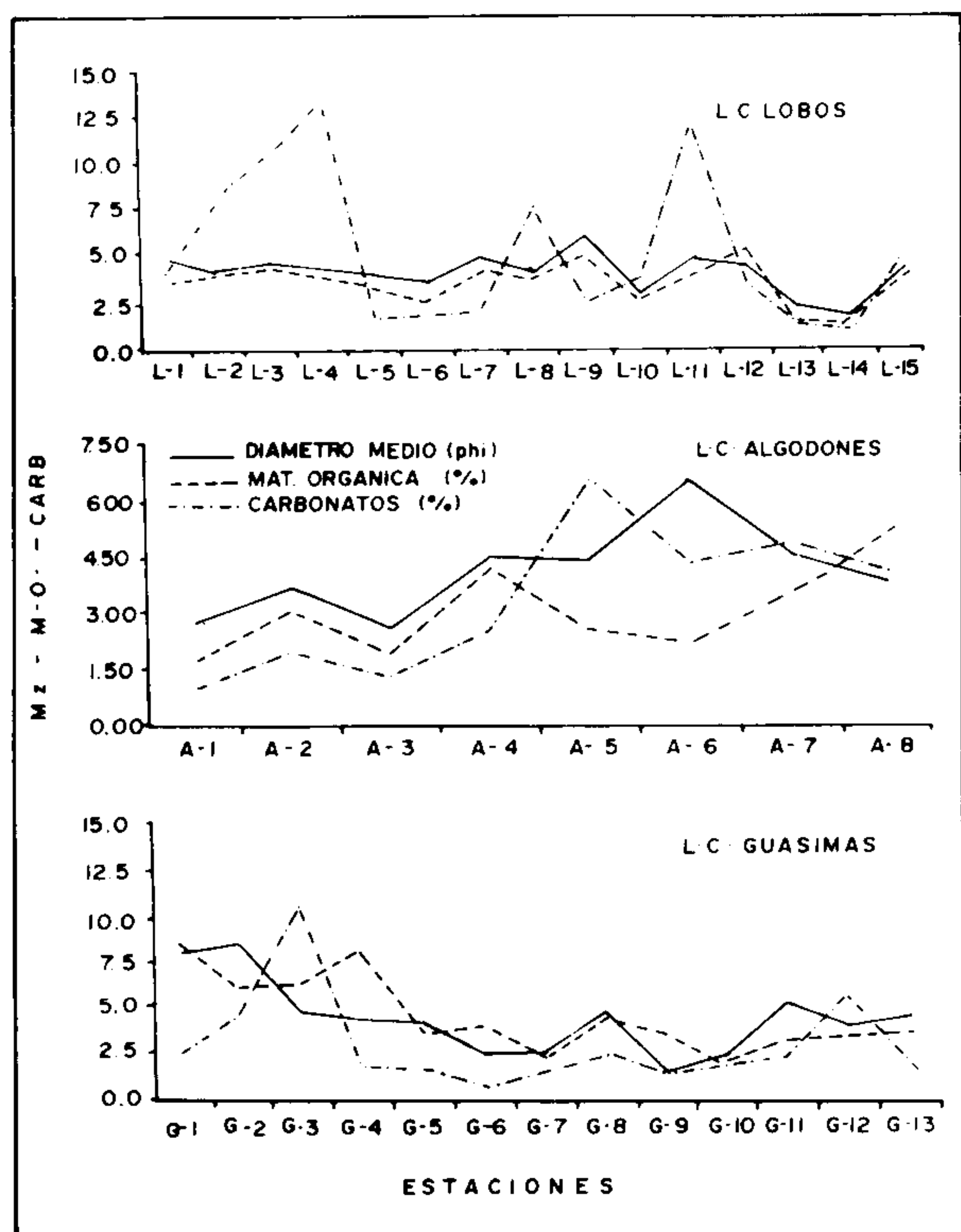


Fig. 8. Relación de porcentaje de materia orgánica y carbonatos con el diámetro medio del sedimento.

La figura 9 esquematiza el criterio anteriormente mencionado. En la primera se observa una relación directa ($r=0.9177$) entre la materia orgánica y el valor numérico (phi) del diámetro medio; en la segunda se manifiesta un comportamiento inverso dado que se está relacionando este parámetro con el porcentaje de la fracción arena del sedimento en que se encuentra.

La forma en que generalmente ocurre la materia orgánica en relación con las condiciones físicas del sedimento en los tres sistemas costeros, es muy similar a lo encontrado en la Laguna La Cruz (De la O y Villalba, 1984); sin embargo, la comparación de los valores obtenidos con resultados de otros trabajos es

difícil por no existir uniformidad de criterios en el uso de las técnicas empleadas para ello.

Los valores medios de carbonatos que corresponden a sedimentos de ambientes lagunares es de 0.0 a 2.0, según Trask (1932). Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo manifiestan ser desde un mínimo de 0.95 encontrado en Guásimas hasta un máximo de 13.39% en Lobos.

Generalmente, la relación de este parámetro con el sedimento en que se encuentra es negativa en el sentido de que disminuye el contenido porcentual de carbonato, conforme aumenta el valor numérico (phi) del diámetro medio del sedimento.

Este fenómeno no se observa muy claramente marcado en los tres sistemas costeros, inclusive en el Sistema Algodones se manifiesta una relación directa ($r=0.7078$) entre este parámetro y el contenido porcentual de la fracción limo del sedimento (Fig. 10).

Es difícil definir un patrón de distribución de carbonatos en cuerpos de agua costeros, tomando en cuenta las muy variadas y contrastantes formas en que ocurre este parámetro. Por ejemplo, Warne (1969) al estudiar la Laguna Magu en la costa sur de California, encontró porcentajes altos de carbonatos en sedimentos de escaso contenido de limo, tal como ocurre en la Cruz, Sonora (De la O y Villalba, 1984) y contrario a lo que se reporta en este trabajo para la Laguna Algodones. Por otra parte, Stuardo y Villarroel (1976), al

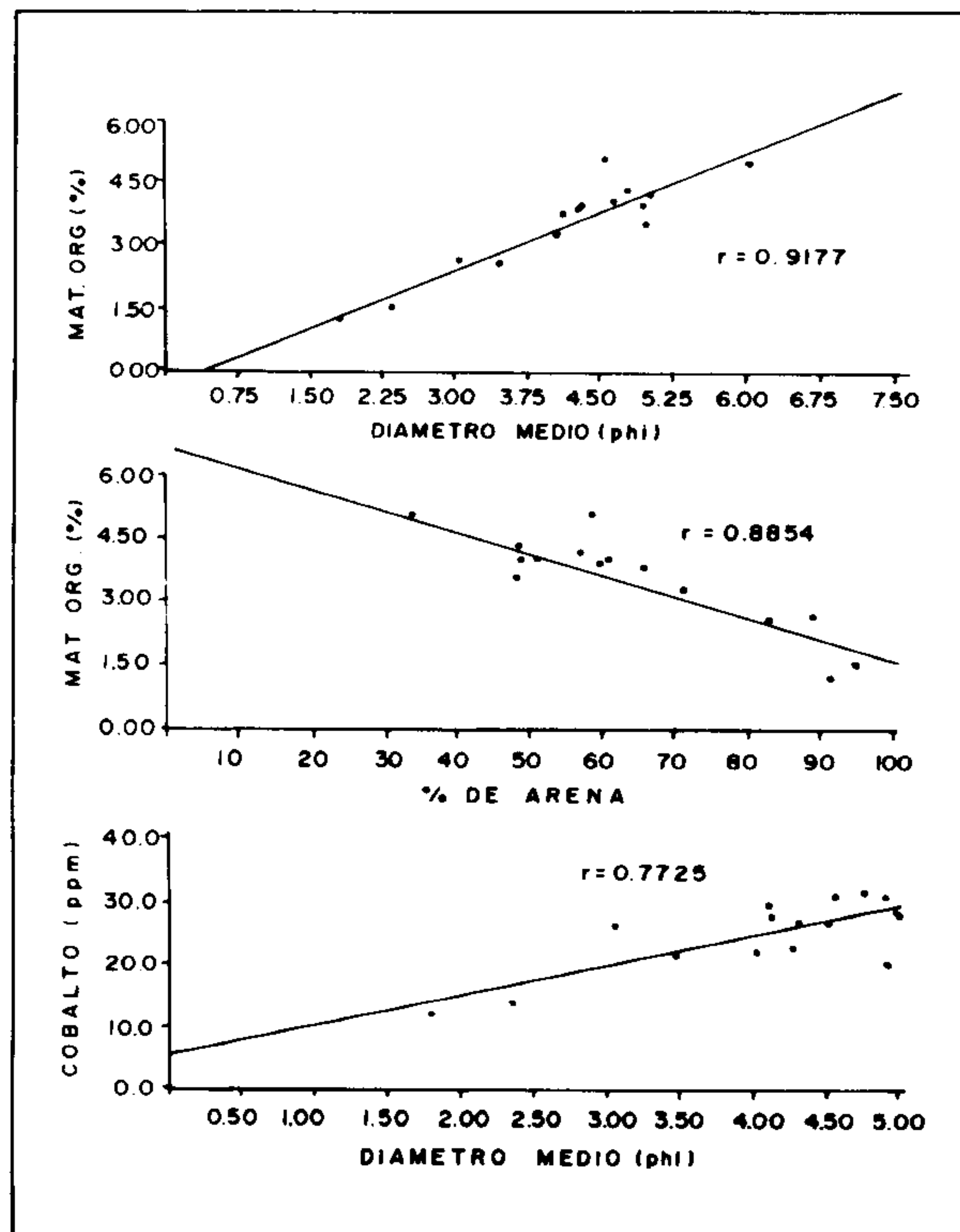


Fig. 9. Correlación de parámetros en la Laguna Lobos.

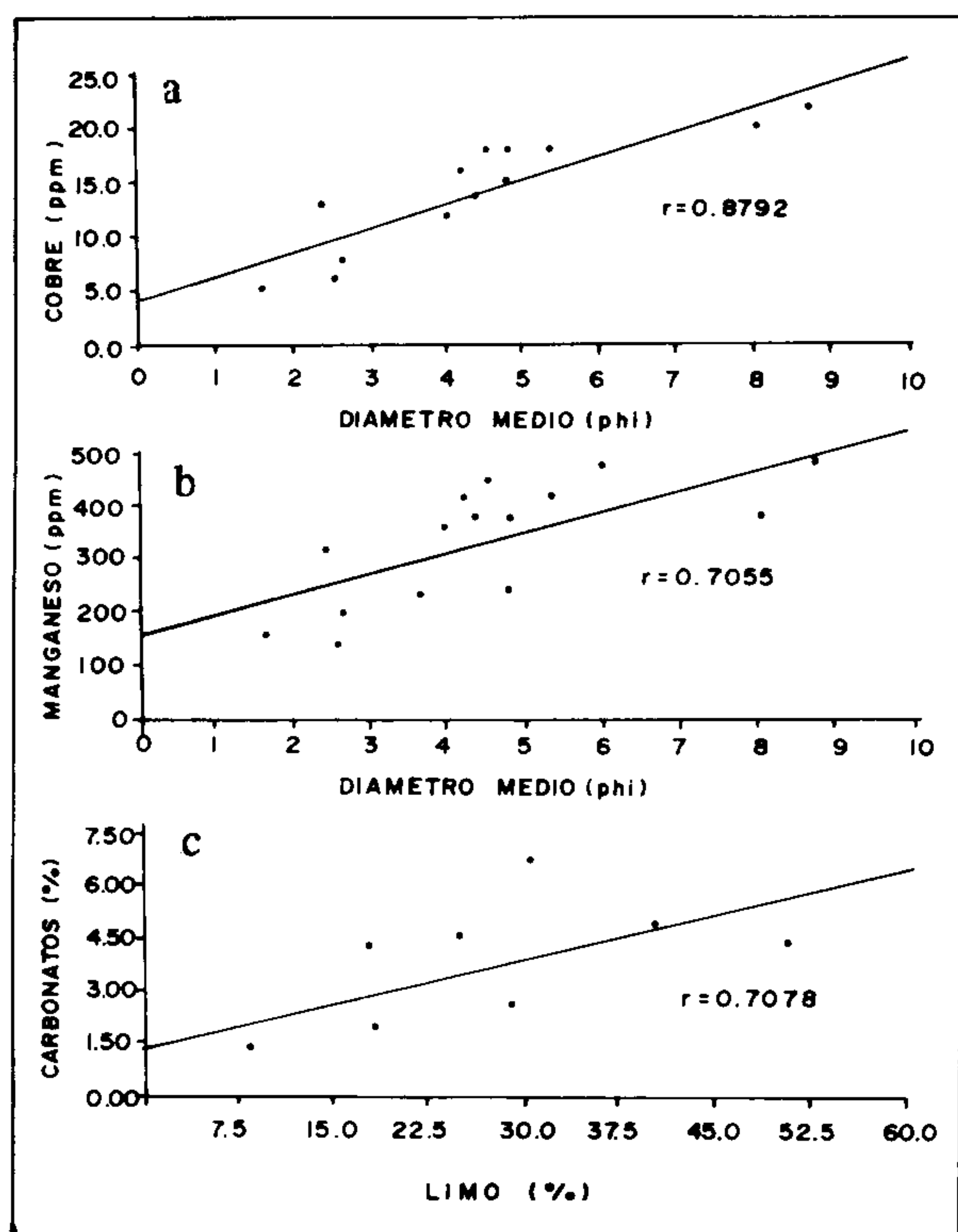


Fig. 10. Correlación de parámetros en la Laguna Guásimas (a y b) y Algodones (c)

analizar los sedimentos de varias lagunas del Estado de Guerrero, encontraron un comportamiento contrario al definido para las Lagunas Magu, California, y la Cruz, Sonora. Estos autores obtuvieron altos porcentajes de carbonatos en sedimentos ricos en limo, mientras que los más bajos valores se manifiestan en sedimentos arenosos cercanos a las barras, tal como sucede en este trabajo para la Laguna Algodones.

En relación al análisis de metales pesados, se cuantificaron nueve metales (Cd, Ni, Cu, Pb, Mn, Fe, Zn, Co, Cr) en los sedimentos de los tres sistemas mencionados.

Se observó que algunos de estos metales tienen una relación muy estrecha con los sedimentos en que se encuentran en el sentido de que aumenta su concentración conforme más fino es dicho sedimento.

En la Fig. 9 se explica una clara relación directa del cobalto con el diámetro medio (phi) del sedimento de la Laguna Lobos. Así mismo, en el Sistema Guásimas se manifiesta una relación similar del cobre y manganeso con el diámetro medio del sedimento con un factor de correlación de 0.8792 y 0.7055 respectivamente (Fig. 10a y b).

En la Laguna Algodones las concentraciones de manganeso, cadmio y cobre también aumentan conforme disminuye el diámetro medio (aumenta el phi)

del sedimento en que se encuentran. El valor numérico de su relación es 0.7521, 0.7741 y 0.9544, respectivamente (Fig. 11).

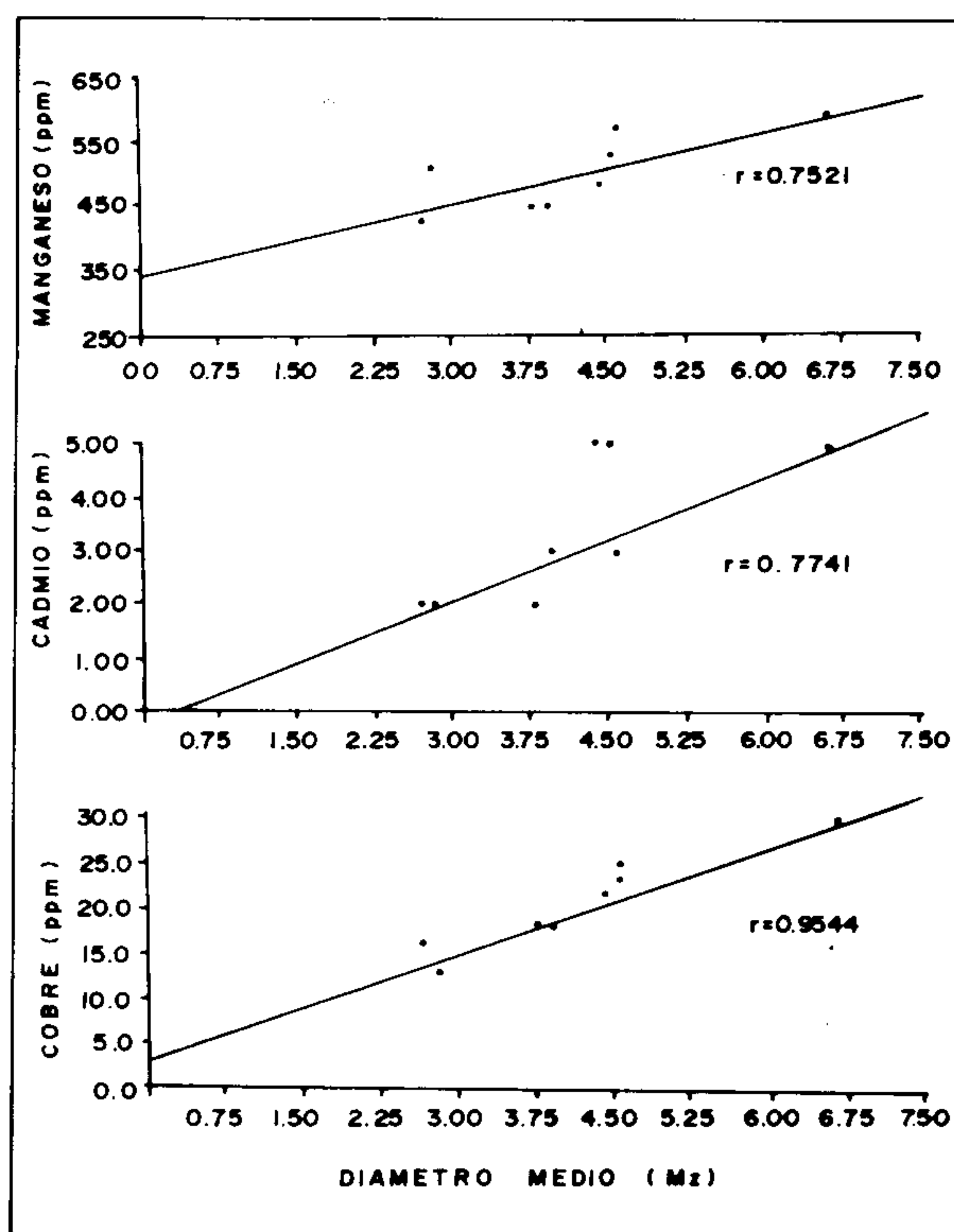


Fig. 11. Correlación de parámetros en la Laguna Algodones.

CONCLUSIONES

- La distribución de sedimentos está directamente controlada por las corrientes que entran a las lagunas por medio de las bocas trayendo consigo material de alta energía (arenas), y por aquellos aportes fluviales que contribuyen en la depositación de material de baja y moderada energía (limo-arcilloso).
- Se distinguieron seis grupos texturales dependiendo de su relación arena-limo-arcilla, conjuntamente con sus características en lo que se refiere a tamaño medio, desviación estandar, sesgo y curtosis.
- La materia orgánica al igual que los metales pesados, principalmente el Co, Cu, Fe, Mn y Cd, manifiestan una estrecha relación con el sedimento en que se encuentran; sus concentraciones se incrementan conforme es más fino dicho sedimento.
- Teóricamente los valores de carbonatos debieran ser menores en aquellos sedimentos de contenido de limo alto; sin embargo, en este trabajo (en Laguna Algodones), se observan resultados considerablemente altos en aquellos sedimentos en que el limo registra su máxima presencia, tal como sucede con el parámetro materia orgánica.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo (DADC-CONACYT-PCECBNA-022259).

BIBLIOGRAFIA

- Alba, C.V., M.J González-Millan, C. Herrera-Santoyo, J. Ledezma- Vázquez, A., Machado-Navarro, R. Rico-Domínguez, E. Rosales-Contreras y A. Vera-Morán, 1979.- Estudio Sedimentológico de la Bahía de Puerto Viejo, Mazatlán, Sinaloa. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México. Vol. 6(1), p: 97-119.
- Alvarez Jr., 1961.- Provincias fisiográficas de la República Mexicana. Bol. Soc. Geol. Mex. Vol. 24(2), p: 3-20.
- Ayala-Castañares A., M. Gutiérrez y V.M. Malpica, 1970.- Informe final de los estudios de geología marina en las regiones de Yavaros, Son., Huizache y Caimanero, Sin., y Agiabampo, Sin., durante la primera etapa. In: Informe Final de los Trabajos Contratados en los Planes Piloto Escuinapa-Yavaros, México. Inst. Biol. de Univ. Nal. Auton. Mex. y Sria. Rec. Hidraul., p: 3-190.
- Bader, R.G., 1954.- The Role of Organic Matter in Determining the Distribution of Pelecypods in Marine Sediment. J. Mar. Res. Vol. 13, p: 32-47.
- Bernal, D.F. y del Castillo A.J., 1985.- Estudio de los Niveles de Contaminación por Residuos de Plaguicidas en las Bahías del Estado de Sonora. Informe Final, CONACYT, CICTUS-UNISON. 115 p.
- Bernat, M., C. Gave, et. L. Ortlieb, 1980.- Datation de depots Littoraux de Dernier Interglaciaire (Sangamon) Sur la Cote Orientale du Golfe de Californie, Mexique. Bull. Soc. Geol. France. Vol. (7), XXII (2), p: 219-224.
- Dean, W.E., 1974.- Determination of Carbonate and Organic Matter in Calcareous Sediments and Sedimentary Rocks by loss on Ignition: Comparison with other Methods. Journal of Sedimentary Petrology. Vol. 44(1), p: 242-248.
- De la O, V. y A. Villalba, 1984.- Estudio sedimentológico interior y geología aledaña de la Laguna Costera La Cruz, Bahía Kino, Sonora, y su relación con la distribución de organismos bentónicos (Bivalvos). Tesis Profesional. Departamento de Geología, UNI-SON. 105 p.
- Emery, K.O., 1938.- Rapid method de mechanical analysis of sand: Jour. Sedim. Petrol. Vol. 8, p: 105-111.
- Folk, R.L., 1969.- Petrología de las Rocas Sedimentarias. UNAM. México, D.F.
- Folk, R.L. and W.C. Ward, 1957.- Brazos River Bar: a Study in The Significance of Grain Size Parameters. Journal of Sediment. Petrol. Vol. 27, p: 3-26.

- Krumbein, W.C., 1932.-** The Mechanical Analysis of Fine Grained Sediments. *J. Sedim. Petrol.*, p: 140-149.
- Lankford, R.R., 1977.-** Coastal Lagoons of Mexico their Origin and Classification. In: Wiley M. (Ed.) *Estuarine Processes*, Academic Press, New York. Vol. 11, p: 182-215.
- Lively, J.P., et al., 1979.-** Analytical Methods Manual. Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa, Ontario. 57 p.
- Loring, D.H. and R.R. Rantala, 1977.-** Geochemical Analyses of Marine Sediments and Suspended Particulate Matter. Fisheries and Marine Services Technical, Canada. Report 700, 58 pp.
- Nichols, N.M., 1965.-** Composition and environment of Transitional Recent Sediments on the Sonora Coast, Mexico. Unpubl. Dissertation, Univ. Calif., Los Angeles. 401 pp.
- Oppenheimer, D.H. and R.A. Ward, 1963.-** Release and Capillary Movement of Phosphorus in Exposed Tidal Sediments. In: Oppenheimer, C.H. (Ed.) *Symposium on Marine Microbiology*, p: 664-673.
- Peña, C.E., 1972.-** Estudio de la Influencia de Pesticidas sobre las aguas estuarinas de la Bahía Lobos, Son. Informe Final. CICTUS-UNISON. 110 pp.
- Peraza, V.R., 1973.-** Características Hidrográficas y Distribución de los Sedimentos en el Sistema Estuarino Bahía de Altata-Ensenada del Pabellón, Sin. Tesis Profesional UABC, Esc. Sup. de Ciencias Marinas. 93 p.
- Petit, M., 1975.-** Paleografía del Cuaternario-Recente en el Litoral del Mar de Cortés. *Inst. Geol. UNAM. Vol. 2*, p: 67-80.
- Stuardo, J. y M. Villarroel, 1976.-** Aspectos Ecológicos y Distribución de los Moluscos en las Lagunas Costeras de Guerrero. México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnología, UNAM, Mex. Vol. 2(2)*, p: 182-213.
- Trask, P.D., 1932.-** Origin and Environment of Source Sediment of Petroleum: Gulf Publishing Company, Houston, Texas. XV, p. 323.
- Trask, P.D., 1939.-** Organic Content of Recent Marine Sediments. *Recent Marine Sediments, a Symposium. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Tulsa Oklahoma*, p. 428-453.
- Warne, J.E., 1969.-** Magu Lagoon, Coastal Southern California; Origin, Sediments and Productivity. In: Ayala Castañares, A. y F.B. Phleger (Eds). *Lagunas Costeras. UNAM, UNESCO. Nov. 28-30, 1967. p: 137-15.*
- Wentworth, C.K., 1962.-** A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Journal of Geology. Vol. 30*, p: 337-392.

LA POLITICA NACIONAL DEL ECUADOR PARA LA ANTARTICA Y SUS MECANISMOS DE APLICACION

Por:

HERNAN MOREANO (1)

La Primera Expedición Ecuatoriana a la Antártica condujo una serie de observaciones científicas en el Paso Drake y Estrecho Bransfield durante el verano austral 1987-88, cuyos resultados se publicaron en el "Acta Antártica Ecuatoriana" en marzo 89, de esta manera el Ecuador hacía realidad sus intereses en la Antártica. Se propone un concepto de la Política Nacional para la Antártica, basada en los lineamientos y consideraciones del Tratado Antártico y sus convenciones, así como también sus mecanismos de aplicación a través de la estructura creada por el Estado y constituida por el Programa Antártico y la Comisión Sectorial de Investigación de la Antártica.

ABSTRACT

The First Ecuadorian Antarctic Expedition conducted a series of scientific observations at the Drake Passage and Bransfield Strait during the austral summer of 1987-88, papers related with such observations were published in "Acta Antártica Ecuatoriana" in march 89, so Ecuador has make reality its interest on Antarctica. A concept of the National Policy on Antarctic Matters on the basis of the Antarctic Treaty and its Conventions is proposed, as well as the mechanism to apply such a Policy through the Ecuadorian Antarctic Program and the National Scientific Committee on Antarctic Research.

Con el retorno de la Primera Expedición Ecuatoriana a la Antártica, el 1ro. de marzo de 1988, se cumplía una etapa más de un proceso que inició el Ecuador hace casi dos décadas y cuyo objetivo no es otro que el de hacer realidad los intereses nacionales en el Continente Antártico; intereses que el Ecuador ha venido manteniendo desde hace varios años, pero que sólo ahora se han convertido en hechos, colocándose al país dentro del conjunto de naciones que bajo el espíritu de participación, promoción y cooperación conducen investigación en la Antártica, con el ánimo de conocer los ecosistemas, de evaluar los recursos y comprender más ampliamente los procesos oceánicos y atmosféricos que relacionan la Antártica con el resto del globo terrestre, incidiendo sobre el clima y los recursos vivos. El mayor conocimiento de la Antártica permitirá que el uso de sus recursos no atente contra el medio ambiente, que si bien es hostil, es así mismo totalmente frágil.

La decisión tomada por el Honorable Congreso Nacional, el 16 de junio de 1987, aprobando la adhesión del Ecuador al Tratado Antártico y la posterior medida del Ejecutivo adheriendo al país el 5 de agosto de 1987

a dicho instrumento Político-Jurídico, permitieron que la Armada del Ecuador tomara a cargo la realización de la Primera Expedición Ecuatoriana a la Antártica; disponiéndose que el Instituto Oceanográfico, planifique, dirija y ejecute la misma, empleando para el efecto el buque de investigación ORION; de esta manera no sólo que se ejercía la presencia nacional en el Continente Austral, sino que también se ampliaban las investigaciones que tradicionalmente la Armada viene realizando en el área marítima nacional hacia los mares antárticos, en un hecho sin precedentes en la historia nacional.

Después de un proceso de alistamiento riguroso que demandó la solución de grandes y pequeños detalles, que iban desde la preparación del buque en sus sistemas de propulsión, navegación y de adquisición de información científica hasta la estructuración definitiva del Plan de Investigaciones que se conduciría durante el tránsito, y fundamentalmente en el Paso Drake y en el Estrecho Bransfield, para lo cual no se escatimaron esfuerzos en la búsqueda de información que permita conformar una base científica en las diferentes disciplinas lo suficientemente amplia y profunda para

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

que de las observaciones a realizarse en las áreas de estudio se extraigan nuevas ideas y alternativas que redunden en beneficio del conocimiento del medio ambiente marítimo en este sector de la Antártica; de esta manera, la expedición se hizo a la mar el 1ro. de diciembre de 1987 (Fig. 1) y después de 36 días de periplo el ORION cruzaba el paralelo 60 grados S e ingresaba al área del Tratado Antártico, lo que constituiría un acontecimiento de enorme significado para la Armada y en especial para el país, pues esta era la primera ocasión que un buque ecuatoriano flameaba el Pabellón y hacía presencia nacional en aguas antárticas, conduciendo luego observaciones de carácter oceanográfico, geológico, geofísico, y geográfico (Fig. 2) empleando para el efecto sistemas y sensores de alta tecnología que garantizaban la confiabilidad de la información recogida y cuyos resultados se publicaron en el "Acta Antártica Ecuatoriana" en marzo de 1989, documento que contiene una variedad de artículos científicos que enfocan temas relacionados con las condiciones físicas, químicas y biológicas prevalecientes en el Estrecho Bransfield y en el Paso Drake durante el verano austral de 1987-1988; así mismo, se discuten algunos hallazgos importantes en los rasgos geomorfológicos del Estrecho, para concluir con un conjunto de artículos de difusión que incluyen temas de interés y que tienen que ver con la expedición misma, con las alternativas para la ubicación de la primera estación científica ecuatoriana en la Antártica y con las experiencias médicas durante la expedición para terminar con un artículo sobre la Antártica, el medio ambiente, recursos, esquema legal y científico, que intenta introducir al lector nacional a la problemática de este maravilloso continente.

A más de las actividades de investigación, la expedición instaló el 13 de enero de 1989 el refugio República del Ecuador en Punta Hennequin, en la Bahía Almirantazgo de la Isla Rey Jorge, perteneciente al grupo de la Isla Shetland del Sur, a más de que se aprovechó de la ocasión para visitar las estaciones científicas de los países amigos y de inspeccionar varios sitios para la ubicación de una futura estación ecuatoriana. Luego de un periplo de más de 11.500 millas que tomó un total de 92 días con 70 días en la mar, se retornó al país con la satisfacción del deber cumplido.

La expedición no sólo que satisfizo los intereses nacionales de presencia y participación en la investigación científica de la Antártica, lo que ha permitido que el nombre del país se incluya entre el conjunto de naciones que forman parte de la Comunidad Antártica, y que efectivamente conducen actividades científicas en este Continente en beneficio de conocer

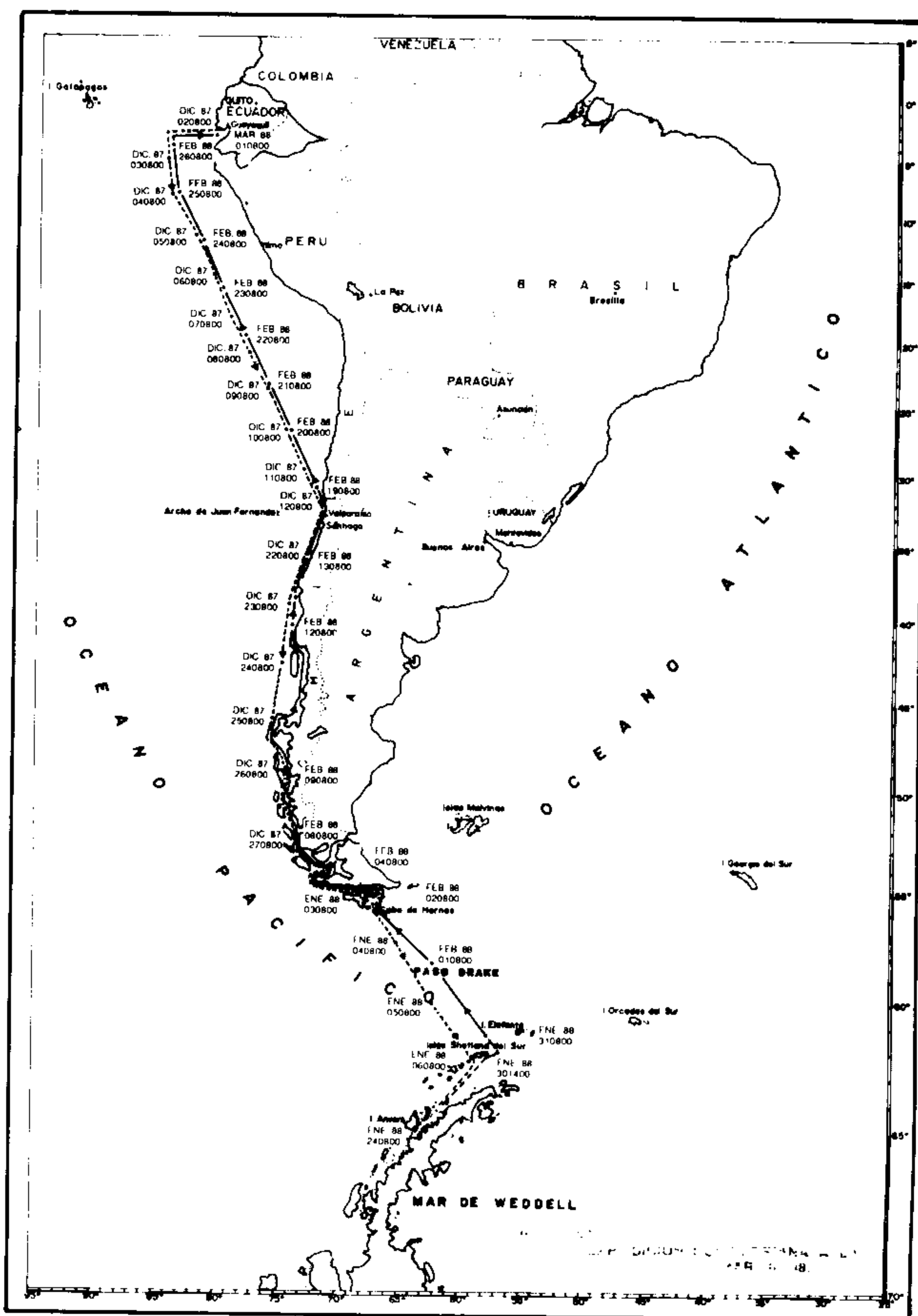


Fig. 1. Ruta navegada por el BAE "ORION" en la I Expedición Ecuatoriana a la Antártica. Dic. 01/87-Mar. 01/88.

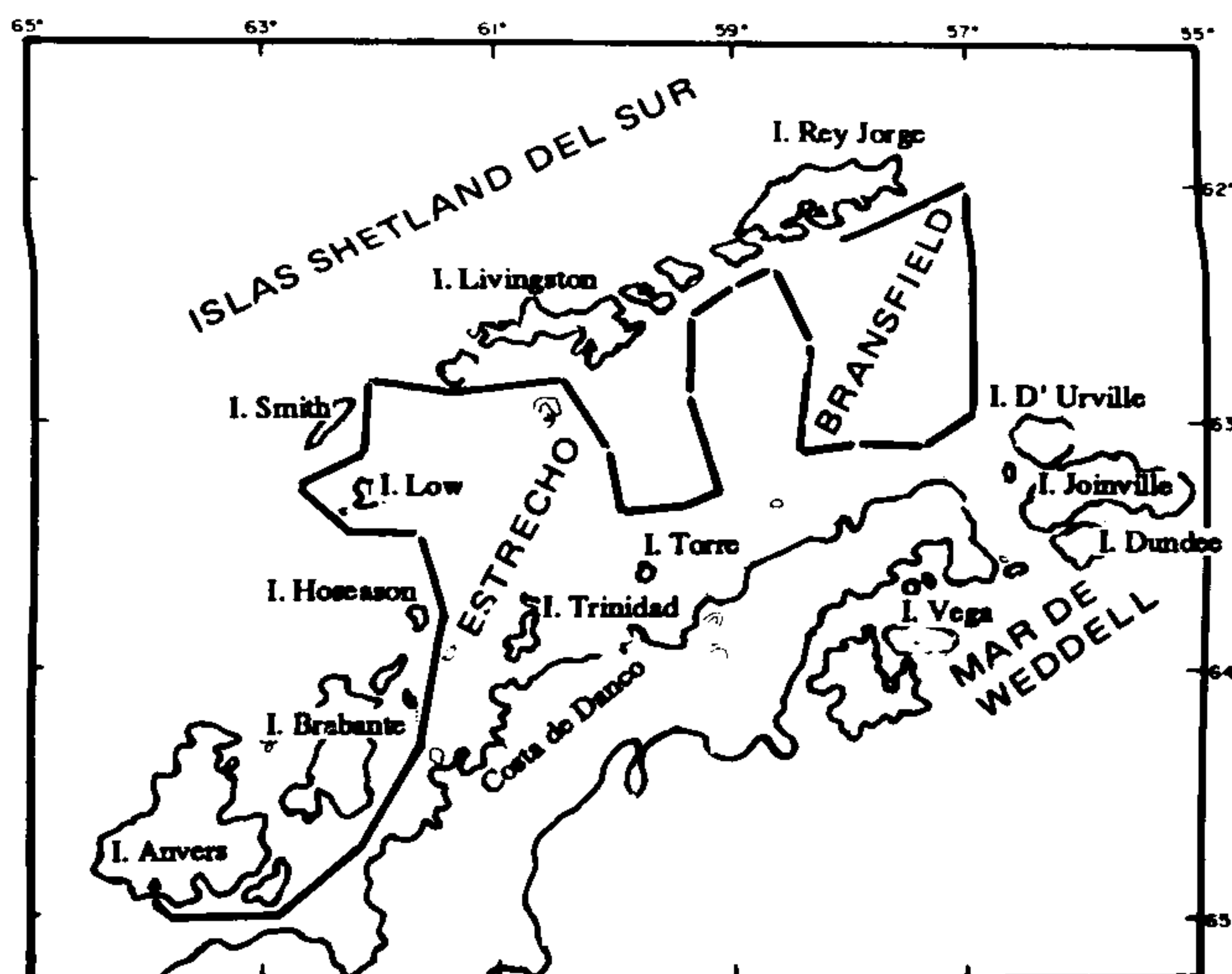


Fig. 2. Ubicación del Archipiélago de Palmer y de las Islas Shetland del Sur. Los triángulos indican los lugares visitados. Y la línea a trazos la ruta seguida por el BAE. "ORION".

su medio ambiente y sus recursos a fin de que la explotación de estos cuando ocurra no atente contra aquel y en este sentido los países con intereses en la Antártica han establecido reglas de conducta cuya aplicación permitirá un uso racional de los recursos sin dañar el medio ambiente.

El Tratado Antártico es un esquema jurídico en el cual los estados tienen derechos y deberes, que se traducen en realizar actividades con fines pacíficos y esencialmente científicos en cualquier parte del Continente y de promocionar y participar en forma conjunta en la investigación de un sector del mundo que conserva un sistema ecológico único y maravilloso, pero que es totalmente frágil a las actividades del hombre.

Es a través de la investigación que los Estados traducen sus intereses geopolíticos sobre este Continente pero bajo el esquema que establece el Tratado Antártico y sus convenciones, por lo tanto los principios fundamentales sobre los cuales debe sustentarse la política nacional del Ecuador deben ser consecuentes con dicho instrumento cuyos puntos sustanciales se resumen en que la Antártica sea utilizada solamente para fines pacíficos de manera que no se acepte el establecimiento de bases o fortificaciones militares, la realización de maniobras militares o los ensayos de toda clase de armas, pero se acepta el empleo de personal militar para investigaciones científicas o bien para cualquier otro fin pacífico; en que en la Antártica se mantenga la libertad de investigaciones científicas y que se promueva la cooperación entre los países activos y aquellos que tengan interés en este continente; en que se mantenga la prohibición de explosiones nucleares y la eliminación de desechos radioactivos; en que el medio ambiente antártico sea especialmente protegido mediante un continuo esfuerzo por conservar los ecosistemas y en que finalmente el Tratado Antártico y sus instrumentos adicionales que constituyen el Sistema del Tratado Antártico sean observados y fortalecidos.

La posición del Ecuador sobre la Antártica, sobre el área de aplicación del Tratado y sobre las actividades ecuatorianas en relación con este Continente debe considerar los siguientes factores:

- a) En el área de aplicación del Tratado Antártico el Ecuador tiene intereses que están expresados en la Política Nacional y sus desdoblamientos, por lo que los objetivos nacionales para la Antártica, deberán procurar compatibilizar esos intereses con aquellos de los demás signatarios del Tratado.

- b) El Ecuador es un país en proceso de desarrollo y esta situación debe ser tomada en cuenta para facilitarle sus actividades en el contexto del Tratado Antártico y su participación en aquellas referentes a los recursos económicos antárticos y,

- c) La política externa ecuatoriana debe compatibilizar con estos instrumentos que componen el sistema del Tratado Antártico.

Los intereses del Ecuador en la Antártica deben traducirse en los siguientes objetivos:

- a) Participación en todos los actos internacionales e instituciones que componen el sistema del Tratado Antártico y que son:

- Tratado Antártico.
- Reuniones Consultivas del Tratado Antártico que están previstas en el Artículo IX del mismo.
- Recomendaciones adoptadas en las Reuniones Consultivas, aprobadas por todos los Estados participantes.
- La Convención para la Conservación de las Focas Antárticas.
- La Convención sobre la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos.
- La Convención para la Reglamentación de las Actividades sobre los Recursos Minerales Antárticos.
- El Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR) organismo no gubernamental afiliado al Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU).

- b) Continuación y ampliación de la investigación científica en la Antártica cuyos lineamientos, directrices y proyectos constan en el Programa Antártico Ecuatoriano, como fundamento para que el país ingrese como Miembro Consultivo del Tratado y para que permanezca dentro de él en el futuro. El Programa Antártico considerará los siguientes puntos:

- El mayor conocimiento científico de la Región Antártica en todos los aspectos por medio de la participación creciente de científicos ecuatorianos.

- Evaluación de Recursos Económicos Vivos y no Vivos, así como la obtención de datos sobre su aprovechamiento.
- Propiciar el desenvolvimiento de tecnologías nacionales para su uso y empleo en el Continente Antártico y Area Marítima adyacente, así como la eventual explotación y aprovechamiento de los recursos vivos y no vivos.
- Participar en la Exploración y Aprovechamiento de los Recursos Vivos Marinos y de los Recursos Minerales Antárticos tanto continentales como marinos y en su eventual explotación, hacerlo con la condición que el Ecuador es un país en desarrollo.

De lo antes expuesto es posible establecer un concepto de la Política Nacional para la Antártica, que podría expresarse de la siguiente manera:

“La Política Nacional para Asuntos Antárticos se orienta a afirmar y mantener la presencia ecuatoriana en la Antártica, a la promoción, participación y cooperación en la investigación científica, a evaluar y aprovechar los recursos bajo los lineamientos, consideraciones y compromisos establecidos en el ámbito del Sistema del Tratado Antártico”.

Este concepto así expresado debe ponerse en práctica a través de un mecanismo de aplicación constituido por la Comisión Interministerial para Asuntos Antárticos (COIMAT), en proceso de formación, que será el Organismo Asesor para la Presidencia de la República, en la formulación, consecución y actualización de la Política Nacional del Ecuador para Asuntos Antárticos, proponiendo las directrices y medidas específicas según sus atribuciones legales. La ejecución de la política está a cargo del Programa Antártico Ecuatoriano (PROANTEC) en coordinación con las Instituciones de Investigación para atender los asuntos científicos y de los Ministerios de Defensa y Relaciones Exteriores, para atender lo relacionado al apoyo logístico, operativo y política internacional respectivamente (Fig. 3). La Secretaría Ejecutiva del PROANTEC está adscrita al Instituto Oceanográfico, mientras se cree el Instituto Ecuatoriano de Estudios Antárticos. Esta Secretaría creada por el Ministerio de Defensa, mediante Acuerdo Ministerial # 1508 de agosto de 1988, elabora los programas anuales y quinquenales de actividades que son aprobados por el COIMAT y financiados por el

Ministerio de Finanzas dentro del presupuesto anual del Estado. El PROANTEC es responsable de la organización y mantenimiento de las expediciones y estaciones científicas.

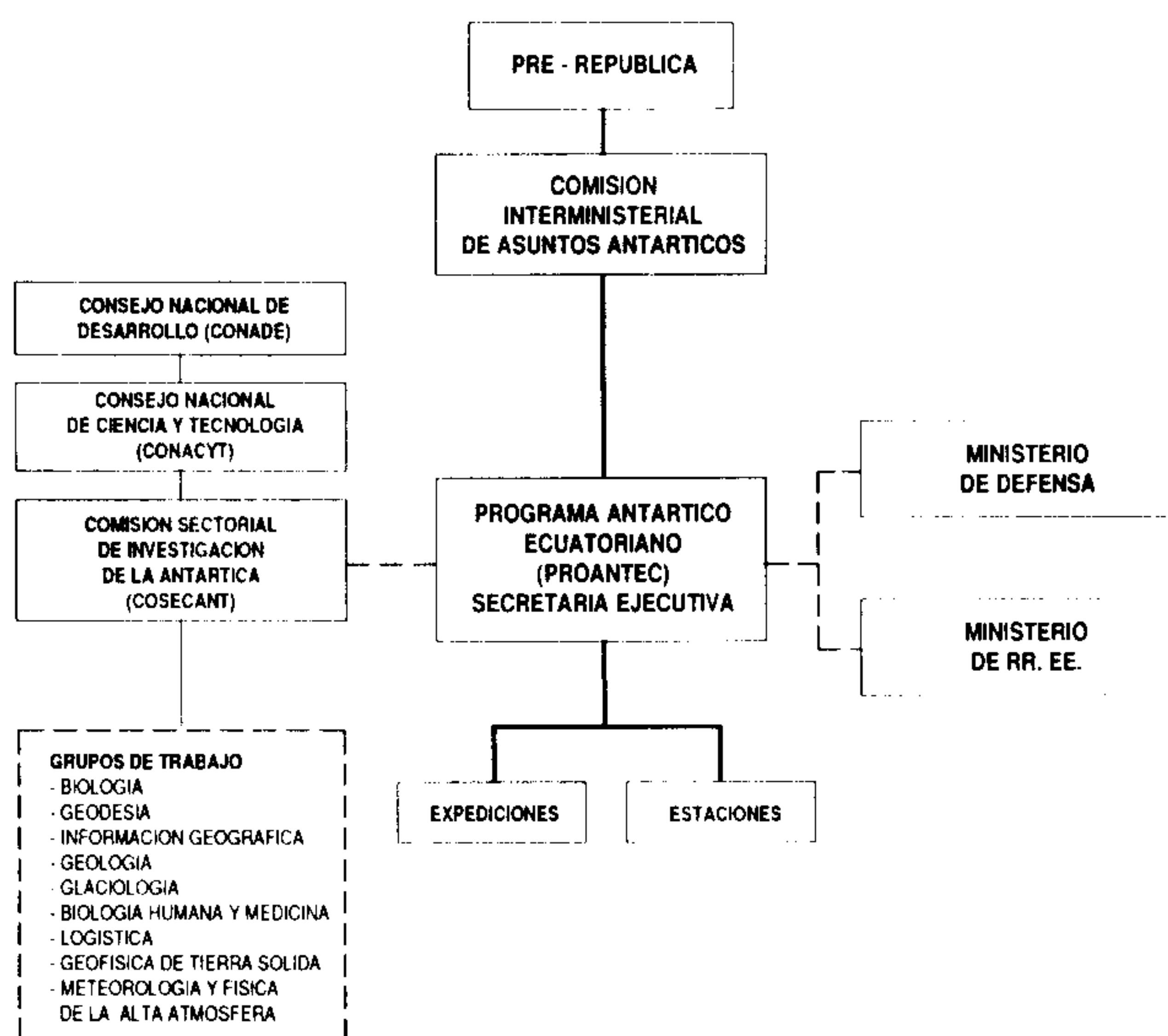


Fig. 3. Estructura de la Política Nacional para Asuntos Antárticos. Para los detalles ver texto.

La tarea de estructurar los proyectos de investigación científica están a cargo de la Comisión Sectorial de Investigaciones de la Antártica (creada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en julio de 1988), esta Comisión forma parte del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y su actividad se regula por su propio reglamento. Sus miembros son científicos de Universidades, Escuelas Politécnicas, Instituciones o Fundaciones de Investigación Pública, Privada, Militares, y de la Comunidad Científica ecuatoriana. Los proyectos de investigación aprobados por la Comisión son canalizados a través de la Secretaría Ejecutiva para su consecuente financiación y apoyo administrativo, logístico y operativo. La Comisión mantiene 8 grupos de trabajo consecuente con los grupos de trabajo establecidos por SCAR a fin de atender las demandas de los proyectos multilaterales que exigen la cooperación internacional.

La primera expedición ecuatoriana a la Antártica constituyó un hecho significativo en el proceso histórico del país y ha permitido crear una infraestructura capaz de atender responsablemente los asuntos Antárticos acorde con la política nacional aquí propuesta. Es de esperarse que en los próximos años esta infraestructura se consolide y exista una mayor y más amplia participación de las Instituciones y Científicos nacionales en los proyectos de investigación que se desarrollen en la Antártica, sólo así el país podrá mantenerse vigente en este Continente y traducir sus intereses geopolíticos en realidades.

BIBLIOGRAFIA

- Kimball, A. Lee, 1988.** The Antartic Treaty System. Oceanus, 31-11.
- Moreano, H. R., 1989.** Antártica: El Medio Ambiente, Recursos, Esquema Legal y Científico. Acta Antártica Ecuatoriana. Vol. 1, p: 137-149.
- Moreano, H. R., 1989.** Rumbo a la Antártica. Acta Antártica Ecuatoriana. Vol. 1, Nº 1, p: 134-136.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece profundamente a Suzie Wong Jiménez, por su paciencia en tipear este documento y al señor Ernesto Zavala V., por su contribución al arte final.

ASPECTOS TEORICOS SOBRE ONDAS INTERNAS

Por:

JOSE CHIRIGUAYA (1)

RESUMEN

Las ondas internas son movimientos ondulatorios en fluidos de estratificación estable, en los cuales la máxima amplitud del movimiento vertical tiene lugar en la zona por debajo de la interfase, la cual se encuentra entre las superficies del fluido. La principal fuerza de recuperación es la gravedad.

Se cree que las ondas internas se generan en el mar por variaciones de la presión atmosférica y por influencia de ondas superficiales de baja frecuencia en aguas de profundidad variable.

Las ondas internas pueden presentarse entre capas de diferentes densidades en el océano, porque la diferencia de densidades conlleva a una presión gravitacional o hidrostática que será una fuerza restauradora si el fluido se desplaza verticalmente.

ABSTRACT

Internal waves are ondulatory movements in fluids of stable stratification in which the maximum amplitude of the vertical displacement take place below the boundary zone. The boundary zone is found between the layers of the fluid. The principal restoring force of the internal waves is the gravity.

It is believed that internal waves in the sea are produced by the variation of the atmospheric pressure and by the influence of low frequency surface waves in waters of variable depth.

Internal waves could be generated between layers of different densities and as a result of this variation a gravitational or hydrostatic pressure take place which will be a restoring force if the fluid is vertically displaced.

INTRODUCCION

A continuación se presenta información general sobre ondas internas, ondas límite o interfase en un océano de dos capas, ondas internas cuando la densidad varía con profundidad y por último, causa de ondas internas.

ONDAS INTERNAS

Las ondas internas son movimientos ondulatorios en fluidos de estratificación estable, en los cuales la máxima amplitud del movimiento vertical tiene lugar debajo de la superficie del fluido. La principal fuerza de recuperación es la gravedad; cuando el fluido ligero que constituye las capas superiores es comprimido dentro de las capas inferiores más pesadas, las fuerzas de empuje tienden a volver las capas a sus posiciones de equilibrio. Las ondas internas se producen en la atmósfera (existentes en la corriente de aire al descender de una montaña), y como ondas propagadas a lo largo

de una capa de inversión (capa de aire muy estable).

En los océanos han sido observadas oscilaciones internas en todos los lugares en que se han realizado medidas convenientes, pero no es del todo cierto que estas oscilaciones sean siempre manifestaciones de ondas internas, pues pueden tratarse de remolinos turbulentos. Las oscilaciones observadas pueden ser analizadas en un espectro con los períodos más cortos del orden de unos pocos minutos y los períodos más largos de muchos días. En algunas regiones del océano predominan las mareas internas, esto es, ondas internas con idéntico período que las mareas oceánicas.

La figura 1 muestra el paso de una onda interna en el océano en la región de Mission Beach (California). Las curvas indican la profundidad de ciertas Isotermas, en A, B y C, en función del tiempo. El pronunciado hundimiento de las isotermas registrado en diferentes tiempos en las tres localidades correspon-

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

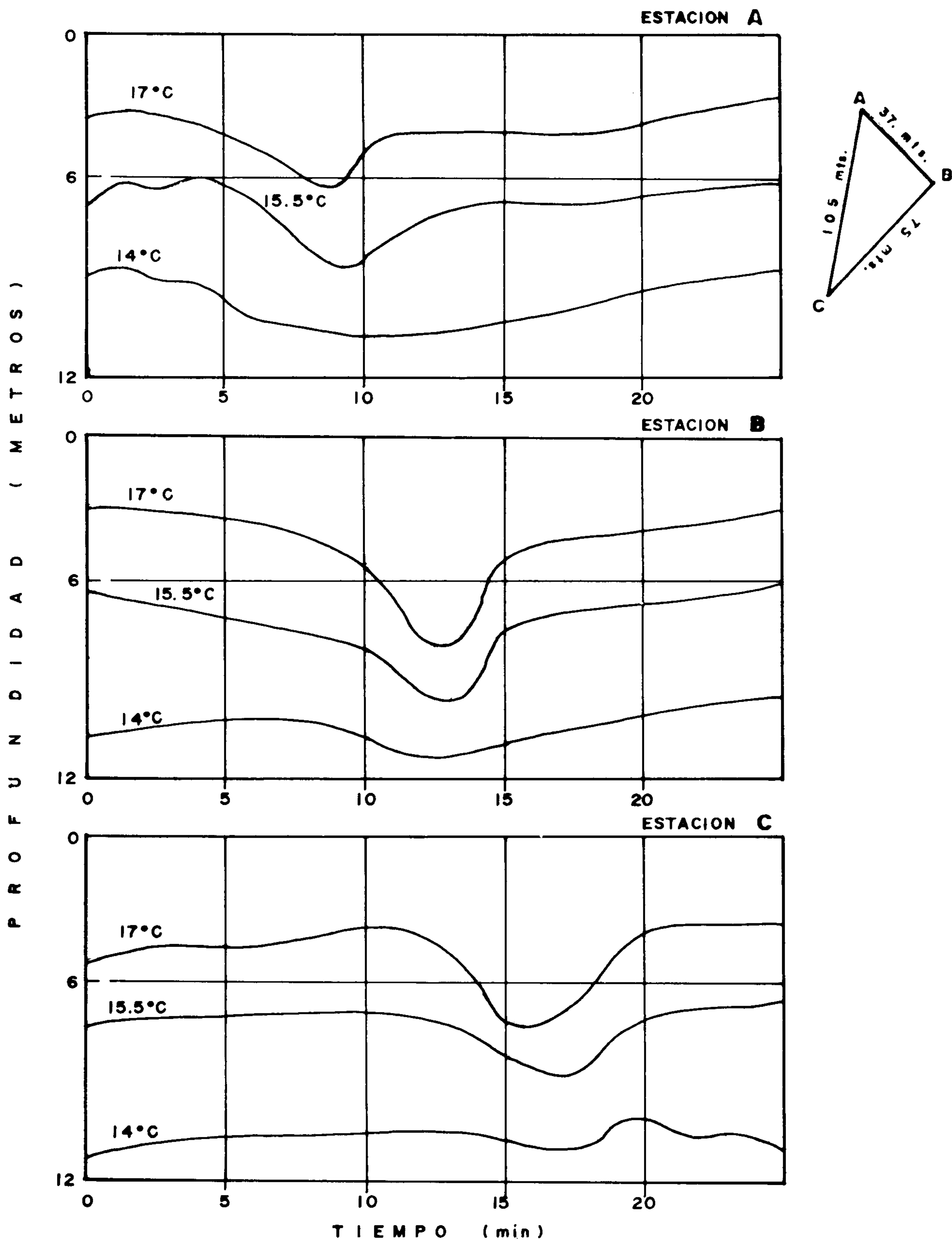


Fig. 1. Se muestra el paso de una onda interna en el océano en la región de Mission Beach (California). Fuente de Enciclopedia Salvat, Vol. 10. Pág. 11, 12.

den a una onda interna solitaria que se desplaza con una velocidad de 23 cm. por segundo. La profundidad media del fondo del mar era 20 m. Se insertan las posiciones relativas, en un plano horizontal de las localidades donde se realizaron los registros.

La distribución vertical del movimiento originado por las ondas internas depende del gradiente vertical de densidad existente en el fluido y de la frecuencia de las fuerzas generadoras. El fluido está constituido por dos capas homogéneas, una superior ligera y otra más pesada situada debajo, como ocurre con el petróleo sobre el agua.

Las ondas internas producidas en este sistema se llaman con frecuencia ondas límite, por presentarse al movimiento vertical de mayor amplitud en la superficie de separación de las dos capas, esto es, en el límite de discontinuidad de densidad. Supongamos, que los espesores de las capas son h_1 y h_2 , g es la aceleración de la gravedad y $\partial p/p$ es la variación relativa de la densidad a través de la superficie límite (en el océano $\partial p/p$ es del orden de 0,1% y pueden despreciarse los cuadrados de esta pequeña cantidad). Entonces, la velocidad de fase de las ondas internas cuya longitud es grande en relación con h_1, h_2 es:

$\left[(g h_1 + h_2) (h_1 + h_2) \partial p/p \right]^{1/2}$ que puede compararse con la expresión:

$$\left[g (h_1 + h_2) \right]^{1/2}$$

válida para las ondas superficiales de gran longitud.

A causa del factor $(\partial p/p)^{1/2}$ las ondas internas se desplazan con velocidad pequeña, del orden de unos pocos nudos en regiones oceánicas profundas. La rotación de la tierra incrementa la velocidad de fase de aquellas ondas que tienen períodos bastante grandes para aproximarse a un día pendular.

Cuando existe una distribución continua de densidad en el fluido, las ondas internas son únicamente posibles para frecuencias inferiores a:

$$(2\pi)^{-1} \left[g \frac{d}{dz} (\ln \rho) \right]^{1/2}$$

Siendo $\frac{d}{dz} (\ln \rho)$, el valor máximo del gradiente vertical del logaritmo de la densidad. Para una frecuencia inferior a este límite existe infinitas formas posibles de ondas internas.

En una primera forma, el movimiento vertical tiene un máximo singular en alguna parte dentro del fluido. Una segunda forma consiste con dos máximos (desfasados 180°) con un nodo intermedio y así sucesivamente.

Se cree que las ondas internas se generan en el mar por variaciones de la presión atmosférica y por influencias de ondas superficiales de baja frecuencia en aguas de profundidad variable. En ocasiones han sido excitadas por buques de poca velocidad en zonas donde existe una delgada capa de agua dulce encima de agua salada. Este fenómeno crea un aumento de la resistencia al avance de las naves. Esto se ha descubierto en el Atlántico Norte, donde la fusión de los hielos crea condiciones apropiadas (Fig. 2).

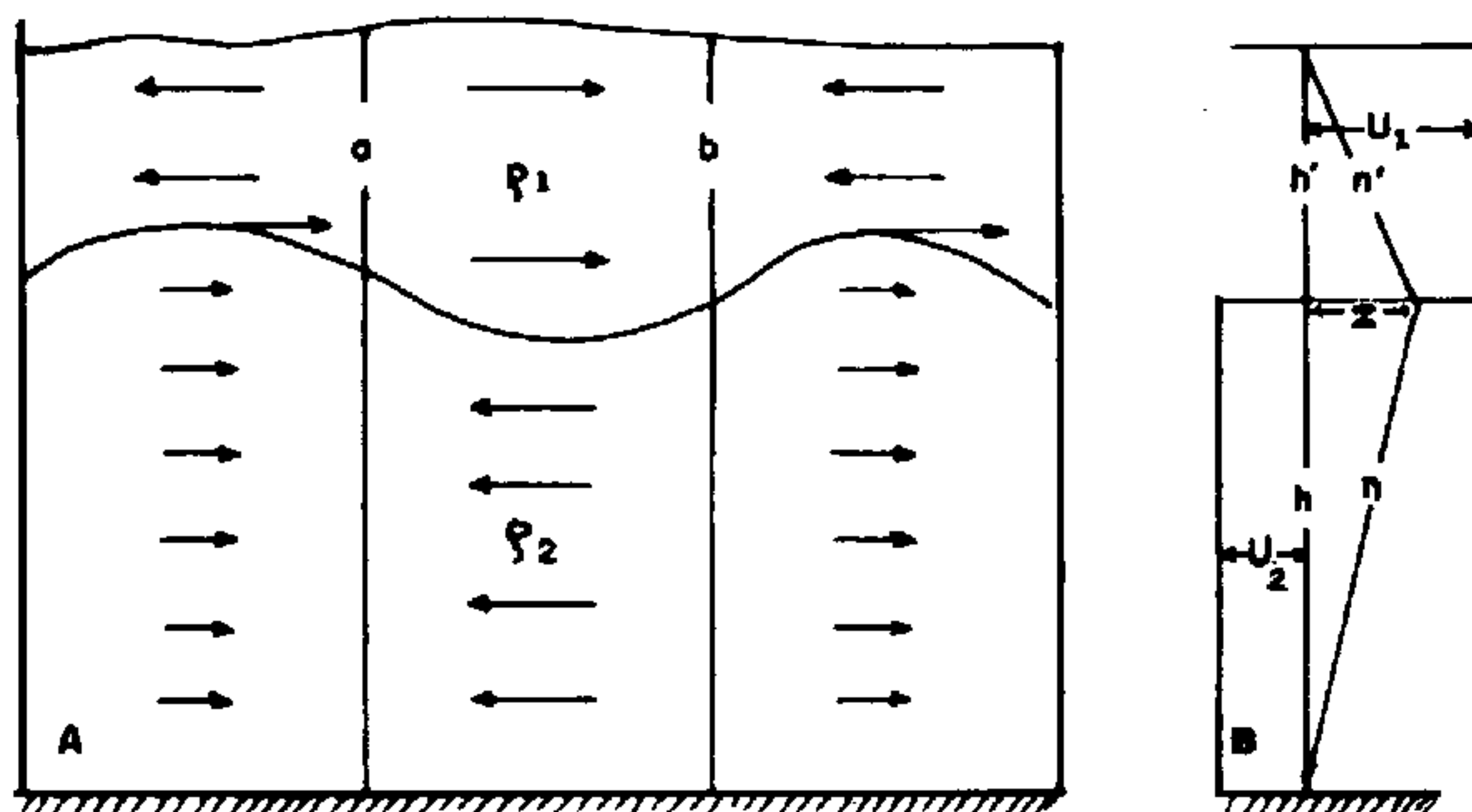


Fig. 2. (A) onda interna de aguas rasas en la interfase de 2 capas simples oceánicas, entre 2 líquidos de densidades ρ_1 y ρ_2 , (B) representación esquemática de la variación con profundidad de las amplitudes de desplazamientos verticales n y n' , y de máxima velocidad horizontal u_1 y u_2 . Las ondas a lo largo de la interfase aparecen en movimientos suaves.

Aunque la consideración de dos capas oceánicas pueden ser de mucha ayuda en la conceptualización de ondas internas, el océano real no es de dos capas. Es continuamente estratificado, y ondas internas ocurren en cualquier parte de la columna de agua. El rango de frecuencia de ondas internas está limitado por dos parámetros. Ellas no pueden tener una alta frecuencia de Brunt-Vaisala o baja frecuencia que la frecuencia inercial, excepto en la región de la brusca y marcada termoclina. Los períodos de ondas internas son medidos en horas y muchos minutos, en ninguna parte del océano son estas ondas internas con períodos medidos en segundos.

Hay evidencia que la energía de una onda interna está centrada alrededor de una inercial y frecuencia de marea. Horizontalmente las ondas internas propagándose pueden tener un número de nodos y antinodos entre la superficie y el fondo. Las ondas internas pueden propagarse verticalmente o en otro ángulo; las amplitudes de las ondas internas son grandes cerca de la plataforma continental en océano abierto. Las ondas internas juegan un rol importante en mezcla oceánica en el decaimiento turbulento.

ONDAS LIMITE O INTERFASE EN UN OCEANO DE DOS CAPAS

Las ondas internas pueden ocurrir entre capas de diferentes densidades en el mar, porque la diferencia de densidades conlleva a una presión gravitacional o hidrostática (causada por gravedad) que será una fuerza restauradora si el fluido se desplaza verticalmente.

La relación de dispersión puede derivarse de la ecuación del movimiento. Con $(p_2 - p_1)/p_2 \ll 1$ para el caso de océano ($\Delta p/p$) raramente es mayor que 3×10^{-3} en el océano abierto, en casos extremos en aguas costeras pueden extenderse (20×10^{-3}), la relación de dispersión correcta para $O(\Delta p/p)$ es:

$$\left[W^2 - g K \tanh(h_1 + h_2) \right] \frac{W^2 (p_2 - p_1) g K}{p_2 \coth Kh_2 + p_1 \coth Kh_1} = 0 \quad (1)$$

donde $\coth$ es la cotangente hiperbólica ($= 1/\tanh$). El primer término es la relación de dispersión para ondas superficiales de gravedad en el agua de una profundidad total de $(h_1 + h_2)$.

Porque $\Delta p/p \ll 1$, las ondas superficiales son esencialmente no afectadas por la estratificación, el segundo término es la relación de dispersión para ondas internas en la interfase.

Para ondas superficiales de gravedad podemos considerar casos especiales de cortas y largas ondas internas. Para ondas cortas (aguas profundas):

$$W_i^2 = \left[\frac{p_2 - p_1}{p_2 + p_1} \right] g K \quad ; \quad C_i^2 = \frac{g \Delta p}{K (p_2 + p_1)} \quad (2)$$

Estas ondas son dispersas con ondas largas viajando más rápidamente que una corta; además $C_g = C_i/2$. Porque $\Delta p/p \ll 1$, la velocidad de fase es mucho más pequeña que estas ondas superficiales de gravedad; para $p/p = 2 \times 10^{-3}$,

$$C_i / C_s = \left[\Delta p / (p_2 + p_1) \right]^{1/2} = 1/30 \quad (3)$$

Para ondas largas (aguas someras):

$$W_i^2 = \frac{g K^2 \Delta p h_1 \cdot h_2}{p_2 h_1 + p_1 h_2} = \left[\frac{g K^2 \Delta p}{p_2} \right] \frac{h_1 \cdot h_2}{h_1 + h_2} \quad (4)$$

Las ondas son NO DISPERSIVAS. Nuevamente la velocidad de fase es mucho menor que las ondas largas superficiales.

$$= \left[g (h_1 + h_2) \right]^{1/2} \text{ y:}$$

$$C_i / C_s = \left[(\Delta p h_1 \cdot h_2) / p (h_1 + h_2)^2 \right]^{1/2} = 1/45 \quad (5)$$

Finalmente consideremos el caso de una capa superior delgada ($h_1 < \lambda_i/20$) sobre una capa inferior ($h_2 > \lambda_i/2$). Esto podría ser una buena aproximación en regiones costeras cerca de entradas de ríos y para la picnoclina debajo de la capa de mezcla en el océano abierto. En este caso la relación de dispersión es:

$$W_i^2 = \frac{g h_1 K^2 \Delta p}{p_1} \quad C_i^2 = \Delta p \frac{g h_1}{p_1} \quad (6)$$

Estas ondas son NO DISPERSIVAS y análogas a las ondas largas superficiales en aguas de profundidad h pero con "gravedad reducida" $g' = (\Delta p/p) g$.

Además, la presencia de las ondas internas pueden ser frecuentemente detectadas visualmente por efectos secundarios si la capa superior no es muy gruesa.

En capas superiores de aguas costeras, períodos de ondas internas de pocos minutos y amplitudes de varios metros son frecuentemente observados en el océano; en aguas oceánicas donde la diferencia de densidades son pequeñas, períodos de 12 horas o más y amplitudes de 10 a 300 metros o más se han registrado.

ONDAS INTERNAS CUANDO LA DENSIDAD VARIA CON PROFUNDIDAD

Con una continua estratificación, esto es, una variación muy seguida de densidad con profundidad que en ondas internas repetidamente ocurren, para lo cual la interfase es generalmente casi horizontal; ellas no siempre se propagan horizontalmente. Este hecho es de considerable significado porque se provee un medio para el desplazamiento de energía desde la superficie hasta el fondo del océano y viceversa.

Para saber qué sucede considérese la posible situación de un océano con una frecuencia constante de Brunt-Vaisala dada por $N = -(g/\rho) (\partial \rho / \partial Z)$.

Si N es variable pero cambia ligeramente o un poco sobre una longitud de onda, entonces se puede decir que $N = \text{cte}$ y la teoría para predecir cómo una onda interna se refractará con cambios en N , es igual como si usáramos la teoría con $h = \text{cte}$ para predecir

cómo ondas superficiales podrían ser refractadas en la presencia de lentos cambios de profundidad. Generalmente, conforme se va descendiendo en el océano, N va decreciendo.

Cuando un rayo alcanza la superficie (o la base de la capa mezclada) o el fondo de éste es reflejado con un ángulo de reflexión igual al de incidencia. La figura 3, muestra una situación donde la onda interna de frecuencia de marea está siendo generada por la onda superficial de marea que va sobre una plataforma continental.

Si el fondo es inclinado, y la energía de la onda se acerca a la costa ésta puede ser reflejada en dirección contraria o hacia adelante.

La reflexión en dirección contraria ocurre cuando la inclinación del fondo es mayor que la inclinación del rayo.

La figura 4, muestra un rayo transmitido el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia alrededor de un eje horizontal. Esta aproximación de usar la teoría del rayo con N , variando ligeramente sobre una longitud de onda; es aplicable a ondas internas cuyas longitudes de onda son mucho menores que la profundidad del agua.

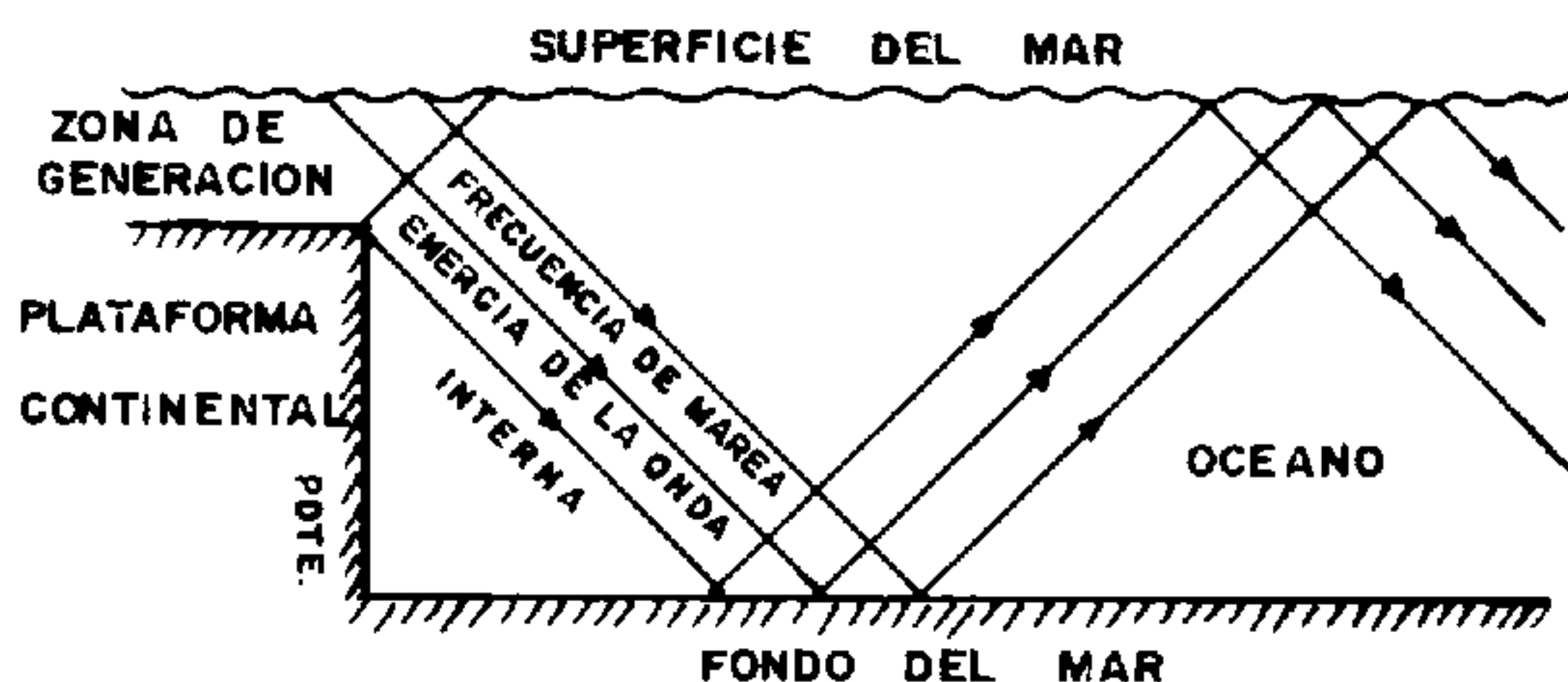


Fig. 3. Onda interna generada por marea superficial sobre la plataforma continental siendo refractada hacia el fondo, entonces se refleja a la superficie y nuevamente se refleja, etc.

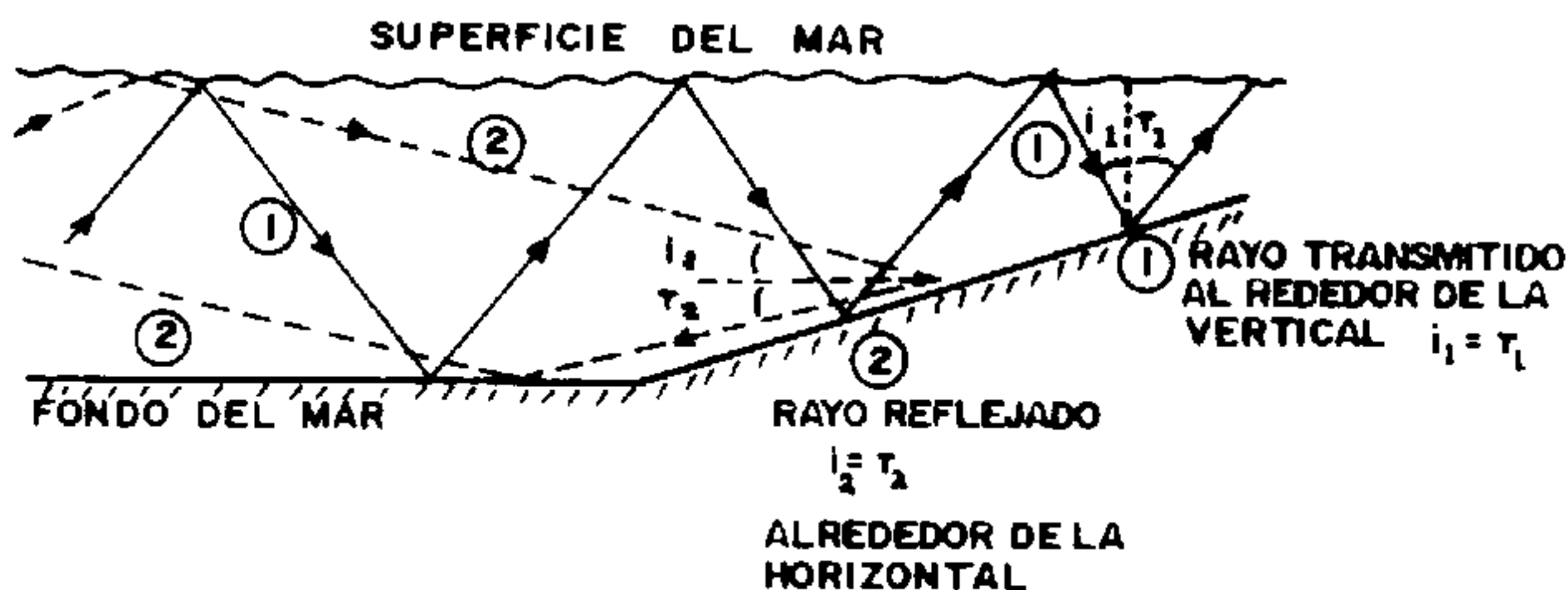


Fig. 4. Energía de la onda interna. Rayo 1 es transmitido hacia aguas rasas, mientras que Rayo 2 es reflejado desde el fondo en dirección contraria o de regreso hacia aguas profundas.

Fuente: Introductory Dynamical Oceanography, pág. 243.

CAUSA DE ONDAS INTERNAS

Las posibles causas son la existencia de inestabilidad o flujo donde hay un fuerte corte de velocidad; efectos de barómetro invertido asociados con sistemas de presión atmosférica moviéndose a poca altura y relacionados con variaciones de corto período en esfuerzos de viento y transferencia no lineal de ondas superficiales.

Le Blond y Mysak (1978) y Munk (1981), discuten la posible conexión de ondas internas con procesos de mezcla de pequeña escala.

Finalmente las ondas internas son un fenómeno geofísico descubierto en años anteriores, pero insuficientemente estudiado. El análisis de ondas internas podría aplicarse con un mayor interés en la relación de éstas con el Deep Scattering Layers y la propagación del sonido.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a los señores Directivos del INOCAR, por el apoyo brindado para poder publicar este trabajo. A la Jefatura de Ciencias del Mar y a todos mis compañeros de esta Sección que en todo momento me prestaron colaboración y orientación. Gracias a Dios, Fuente de Sabiduría.

BIBLIOGRAFIA

- Andreyeva, I.B., and P. Makshtas, 1976.- Fluctuations in the Depth of Sound Scattering Layers and internal waves; *Oceanology* 16(3): 242-245.
- Andreyeva, I.B., and Ya. P. Makshtas, 1977.- Internal Waves and Sound Scattering Layers in the thermocline; *Oceanology* 17(3): 287-289.
- Ekman, V.W., 1904.- Waves and Tides. En: *The Oceans (Their physics)*, Prentice-Hall, Inc., USA, 585-602 pp.
- Fjldstad, J. E., 1933.- *Interne Wellen* Geofys Publ. 10(6).
- Fofonoff, N.P., 1969.- Spectral characteristics of internal waves in the ocean. *Deep Sea Res.* 16 (Suppl) 58-71.
- Garrett, C.J.R., and V. H. Munk, 1972.- Space-time Scales of internal waves. *Geophys. Fluid Dyn.*, 3, 225-264.
- Groen, P., 1948.- Contribution to the theory of internal waves, Mededeel, Verch Kgl. Ned Meteorol Inst.; Ser. B, 2(1).
- Le Blond, P.H., and L.A. Mysak, 1978.- *Waves in the Ocean* Elsevier, 604 pp.
- Olbers, D.J., 1976.- Non linear energy transfer and the energy balance of the internal wave field in the deep Ocean. *J. Fluid Mech.*, 74, 375-399.
- Romea, R., 1982.- On coastel trapped waves at low latitudes in a stratified ocean. P.H.D., Thesis. Oregon State University.
- Stokes, Sir G.G., 1932.- Waves and Tides. En: *The Oceans (Their Physics)*, Prentice-Hall, Inc., USA, 585-602 pp.
- Sverdrup, H.V., M.W. Johnson and R.H. Fleming, 1942.- *The Oceans. (Their physics, chemistry and general biology)*, Prentice-Hall, Inc., USA, 1-1086 pp.

PLATAFORMA CONTINENTAL ECUATORIANA DE 350 MILLAS: UNA APRECIACION DEL NUEVO DERECHO DEL MAR. IMPLICACIONES ECONOMICAS DE MINERALES EXISTENTES EN EL AREA

Por:

GUILLERMO ZURITA (1)

RESUMEN

El común origen geológico de las Islas Galápagos y las cordilleras Carnegie y Cocos permite la posibilidad de extender la plataforma continental ecuatoriana hasta 350 millas desde las Islas, de acuerdo a consideraciones estipuladas en el Nuevo Derecho del Mar. Después de una serie de investigaciones realizadas por instituciones internacionales, los depósitos minerales existentes en este área han sido evaluados económicamente, los que pueden haber sido sub o sobreestimados. Se considera necesaria mayor investigación en los lugares de asentamiento de yacimientos minerales, de manera de conocer su real valía. Ante la situación expectante creada a raíz de la apertura para la firma del Nuevo Derecho, el Ecuador debe tomar en cuenta la posibilidad presentada en este trabajo y otras de carácter científico y político, las que se tratarán en otros artículos, para su decisión de adherirse o no al nuevo régimen.

ABSTRACT

According to the New Law of the Sea (UNCLOS III), Ecuador might extend its continental shelf up to 350 miles from the Galapagos Islands because of their common origin with Carnegie and Cocos ridges. After different investigations of the Galapagos area, economical factibility of mineral deposits have been evaluated, which could have been under or over estimated; so, more studies are needed to know the minerals deposits real value. Expectant situations have emerged since 1982, when UNCLOS III was opened for signature, and Ecuador must take into account the possibility presented in this paper and other scientific and political considerations, which will be treated in other papers, to decide its adherence to the new law.

INTRODUCCION

La exploración y explotación de minerales submarinos es un hecho en los actuales momentos y despertará un interés cada vez mayor con el devenir de los años, puesto que ellos representan la alternativa de extracción de material necesario para la industria cada vez más sofisticada y ávida de minerales que a decir de muchos se agotan sobre los continentes. Uno de los mayores problemas para el progreso de la minería submarina no hidrocarburífera, tanto en la plataforma continental como en los fondos oceánicos, es el costo de extracción comparado con sus similares terrestres; hoy se consiguen minerales con menor riesgo y sobre todo a menor costo en los continentes. Centrándose en los minerales de los fondos oceánicos (profundidades mayores de 2.000-3.000 metros), cabe decir que su

aprovechamiento depende además de otro factor como es el aspecto jurídico dictaminado por el Nuevo Derecho del Mar.

Estos depósitos abisales se refieren específicamente a acumulaciones de minerales en forma de nódulos de manganeso, nódulos polimetálicos y corteza de sulfatos polimetálicos y de manganeso, los que generalmente son más rentables fuera de las áreas jurisdiccionales de los países ribereños.

Las acumulaciones tipo nódulos se encuentran en lugares en donde la sedimentación, proceso de depositación de material sobre el fondo del mar, es escasa, lo que permite la formación de capas

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

delgadísimas de minerales alrededor de núcleos de diversa naturaleza sin ser perturbada. Este medio ambiente de depositación existe únicamente en lugares profundos (mayor de 3.000 metros) alejados de los continentes, en donde no es afectado por inmersión de una gran cantidad de sedimentos. Por otro lado la formación de corteza de sulfitos polimetálicos tiene lugar en áreas aledañas a las cordilleras submarinas, donde se genera nueva corteza oceánica; aquí, el agua saturada de minerales, al circular por grietas en el subsuelo marino, forma gruesas capas de sulfitos polimetálicos al salir nuevamente a través de vertientes hidrotermales. Así mismo los lugares en donde se hallan dichas cortezas se distribuyen en general lejos de la costa.

Hasta hace poco, la zona jurisdiccional sobre la cual los estados ribereños tenían completa y particular ingerencia en cuestión de exploración y explotación del mar se extendía a poca distancia de sus costas (excepto países que defienden el mar territorial de 200 millas), lo que cambió desde la década del sesenta al vislumbrarse nuevos recursos a ser extraídos del mar. Fue precisamente el potencial económico de los depósitos minerales encontrados fuera de las pretéritas zonas jurisdiccionales, lo que obligó a países desarrollados y en vías de desarrollo a promover tesis tendientes a explotar libremente o a salvaguardar intereses de los nuevos yacimientos hallados.

Los países desarrollados iniciaron inmediatamente la exploración y evaluación de los depósitos en los mares del mundo, determinando zonas económicamente rentables en distintas áreas, ya sea por la cantidad de minerales o por la calidad de minerales estratégicos (cobalto, por ejemplo). Pocos yacimientos atractivos están situados dentro de la plataforma continental (zona económica exclusiva) de 200 millas (o su extensión a 350 millas) establecida en el Nuevo Derecho del Mar. Lo que deja una inmensa área con millonarios depósitos a merced de las multinacionales de países desarrollados. Aunque en los últimos años algunos países han hecho importantes hallazgos en sus ZEE(s) lo que les ha obligado a dedicar mayores esfuerzos a establecer sus estimaciones reales y su factibilidad de explotación.

La extensión de la zona económica exclusiva a 200 millas, la posibilidad de extender la plataforma continental aún hasta 350 millas y la declaración del área externa a ésta como patrimonio de la humanidad, es a decir de muchos, uno de los mejores logros, en términos jurídicos, de los países del tercer mundo. Dentro de la zona jurisdiccional, un país puede explotar o concesionar la explotación de los yacimientos

minerales. Fuera ella (el "Área"), la explotación de minerales (presumiblemente reservada a países desarrollados) encierra una entrega no sólo de parte de los ingresos, sino también de tecnología a los países del Tercer Mundo a través de la Autoridad Internacional (también definida en el Nuevo Derecho de 1982).

Con todo esto, toma una singular importancia la situación de cualquier país en vías de desarrollo que posea dentro de la zona jurisdiccional establecida en el nuevo Derecho del Mar de 1982, potenciales yacimientos minerales, puesto que podría usufructar divisas de explotación propias, así como de lo que se lleve a cabo en el "Área" (zona externa).

La exploración sistemática y futura explotación de estos minerales crea actualmente situaciones expectantes, toda vez que países firmantes y no firmantes del nuevo convenio se encuentran revisando posiciones y estudiando conveniencias en cuanto a la ratificación. Aunque ya existen países que han pagado su cuota de entrada al club de exploradores serios (1'000.000 U.S. dólares) a la Autoridad Internacional, confirmando, en cierta forma, la aceptación a sus estatutos.

El presente trabajo se refiere precisamente a uno de los estudios que el Ecuador debe realizar como premisa para aceptar o no el Nuevo Derecho del Mar de 1982. Más aún, es una posición que se debe tomar en cuenta si se observa que sólo restan menos de la mitad de países ratificantes (debe haber 60) para que los estatutos enunciados en Jamaica entren a regir como Ley Universal. Otros estudios técnico-científicos relacionados con el tema están siendo preparados, de lo que resultará un trabajo más completo que al entrelazarlos con los aspectos políticos y económicos involucrados redundará en la aceptación o no del Ecuador al Nuevo Derecho.

El Ecuador es uno de los pocos países en el mundo que puede extender su plataforma continental más allá de las 200 millas según el nuevo Derecho del Mar. Esta aseveración se basa específicamente en el común origen geológico de las Islas Galápagos y las cordilleras submarinas Carnegie y Cocos, las que están unidas por encima del veril de los 2.500 mtrs., constituyendo las cordilleras prolongaciones naturales de la Plataforma de Galápagos.

Diferentes investigaciones científicas llevadas a cabo en el área han proporcionado la información necesaria para el conocimiento geológico del Pacífico Ecuatorial Oriental y su evolución tectónica, lo que precisamente permite defender la posible posición ecuatoriana en caso de adherirse al Nuevo Derecho del Mar. A continuación se describe en forma general la

geología del área y el proceso evolutivo a que ha estado sujeta a través del tiempo, para luego discutir las implicaciones en cuanto a la extensión de la plataforma continental del Ecuador a la luz del nuevo régimen, complementándose el trabajo con un breve tratado de los posibles asentamientos de depósitos minerales del área.

SITUACION GEOLOGICA

La geología del sector Pacífico Ecuatorial Oriental ha sido definida por muchos científicos como una de las más complejas del mundo. Siendo así, ha despertado un inusitado interés entre muchos investigadores, los que a partir de la década del 70 iniciaron amplios trabajos oceanográficos en el área. Fruto de aquellos y de algunas otras anteriores investigaciones es el actual conocimiento de su situación geológica.

Específicamente, este área abarca la Cuenca de Panamá y parte de la Cuenca del Perú, las que se encuentran separadas por la cordillera asísmica submarina Carnegie (Fig. 1). El suelo oceánico pertenece a 2 placas tectónicas, Nazca y Cocos, las que son absorbidas en la Fosa del Ecuador y en la de América Central respectivamente. Otras características geológicas corresponden a las Islas Galápagos; las cordilleras asísmicas submarinas Cocos, Malpelo y Coiba; las Islas del Coco, Malpelo y la Triple Juntura ubicada en la Latitud 02 grados N y Longitud 102 grados W (Fig. 1).

La Cuenca de Panamá está limitada al Sur por la Cordillera Carnegie y al Oeste por la Cordillera Cocos. Constituye un importante lugar de investigación pues representa una región marítima encerrada en donde pueden ser estudiados eventos oceanográficos a escala regional similares a los que ocurren en grandes áreas oceánicas. La cuenca está influenciada por diferentes corrientes superficiales y subsuperficiales, tales como la corriente Norecuatorial, Surecuatorial, Contraecuatorial, de Cromwell, parte de la de Humboldt, Costanera del Ecuador y de Colombia (Fig. 2). Así mismo, sobre ella actúan las corrientes de fondo que pasan a través de la fosa del Ecuador y de la montura central de la Cordillera Carnegie (Fig. 2).

Las placas tectónicas Nazca y Cocos son originadas en el Centro de Expansión (o línea cero) de Galápagos (en dirección Norte-Sur) y en la Dorsal del Pacífico Oriental (en dirección Oeste-Este) y son absorbidas o destruidas en las fosas del Ecuador y América Central, respectivamente (Fig. 1). Conforme nueva corteza oceánica es creada a lo largo de las líneas cero, la misma cantidad de corteza más vieja es destruida en las fosas, manteniéndose el equilibrio necesario para que se cumplan los modelos de la Teoría de las Placas Tectónicas.

Sobre las placas Nazca y Cocos se asientan características geológicas producto de volcanismo y de la depositación de material transportado por el viento y corrientes. De entre los accidentes geológicos importantes producidos por expulsión de material

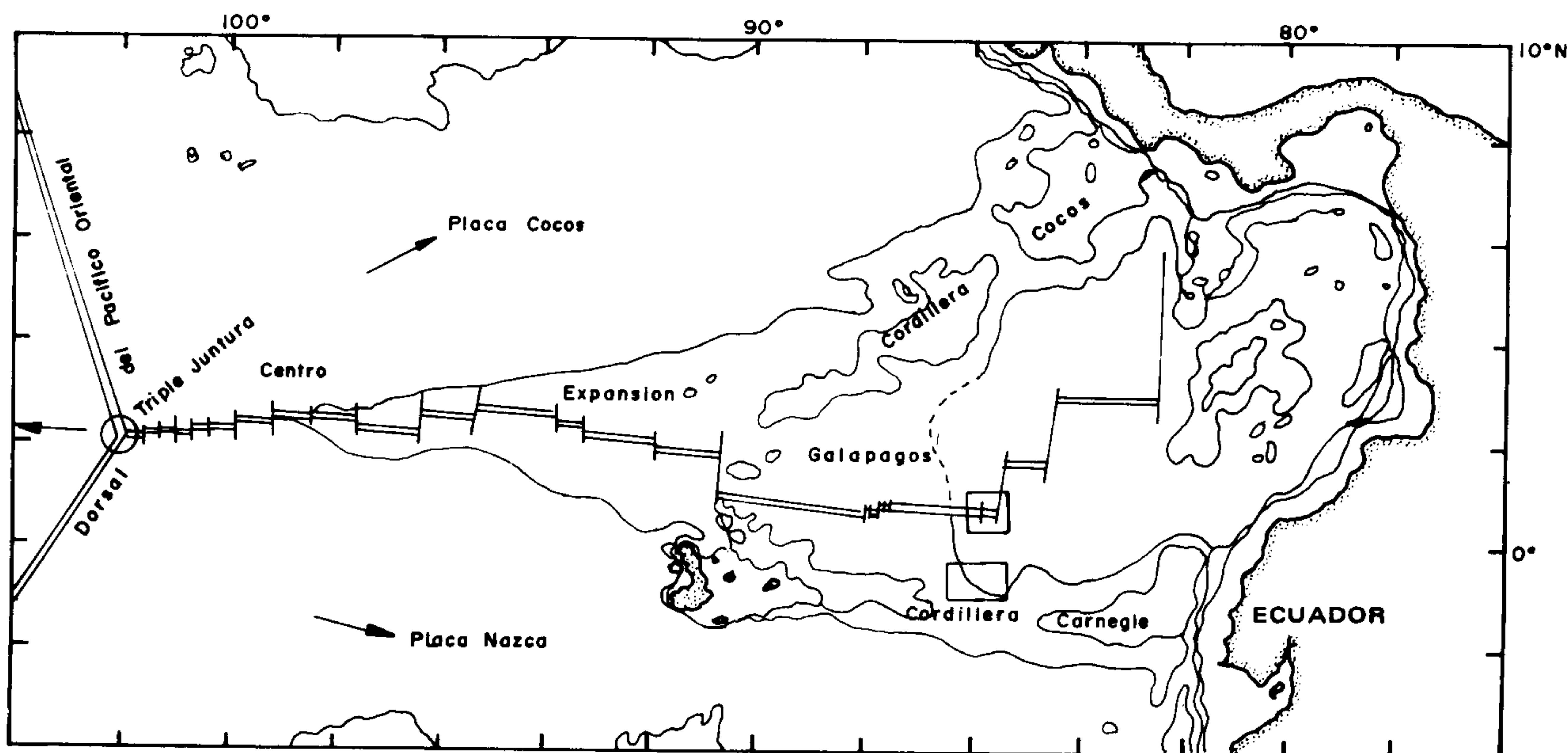


Fig. 1. Principales características geológicas del Pacífico Ecuatorial Oriental. Áreas de asentamiento de depósitos minerales en recuadros. Flechas indican movimiento de placas. Líneas dobles representan centros de expansión y líneas simples zonas de fracturas. Contorno batimétrico alrededor de Cordilleras Carnegie y Cocos se refiere al veril de 2.500 mts. Batimetría de Van Andel (1973).

magmático se encuentran las Islas Galápagos y las cordilleras asísmicas submarinas Cocos y Carnegie, las que fueron creadas en una ventana volcánica fija situada debajo de las Islas Isabela y/o Fernandina, por lo que toma el nombre de Punto Caliente Galápagos. Este accidente geológico es muy importante en el proceso evolutivo del Centro de Expansión Cocos-Nazca, como se verá más adelante y creó las cordilleras y las islas al paso de las placas Nazca y Cocos sobre el mismo (Fig. 3). La gruesa carpeta sedimentaria (hasta alrededor de 600 m) que cubre las placas tectónicas antes nombradas, son evidencia del continuo proceso de depositación en el área, llegando a formar pequeñas terrazas y dunas producto del "moldeamiento" accionado por corrientes de fondo.

El Centro de Expansión Cocos-Nazca se une a la Dorsal del Pacífico Oriental en la Latitud 02 grados N y Longitud 102 grados W y constituyen lo que se conoce como Triple Juntura (Fig. 1). Este tipo de accidente geológico es muy común en la unión entre placas alrededor del mundo. La interacción de las cordilleras submarinas así unidas es muy compleja, y su estudio representa un tema aparte en la geología marina.

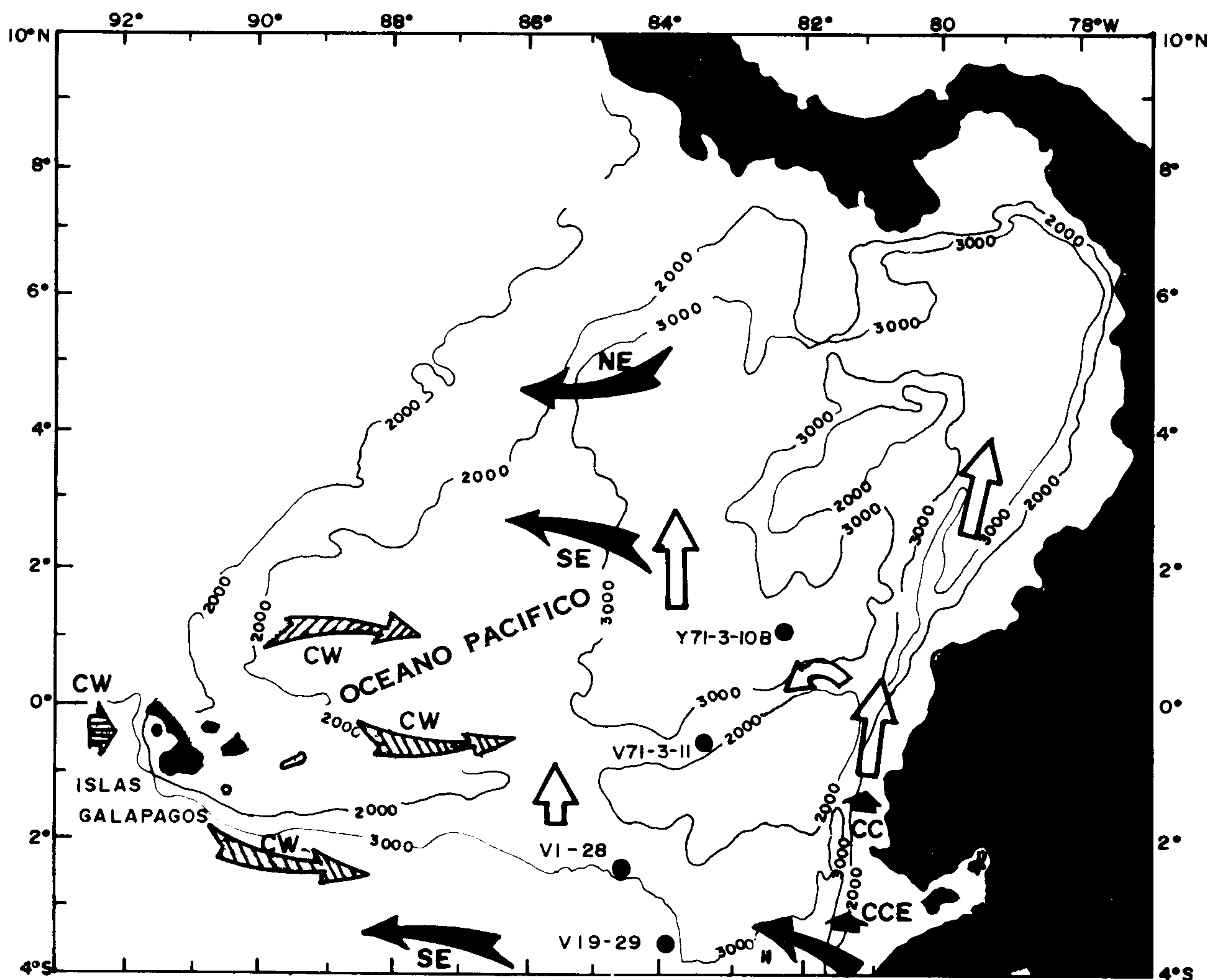


Fig. 2. Corrientes que afectan a la Cuenca de Panamá. Flechas blancas corresponden a corrientes superficiales y rayadas a las subsuperficiales. Flechas negras corresponden a corrientes de fondo. Norecuatorial - NE; Surecuatorial - SE; Centroecuatorial - CE; Cromwell - CW; Humboldt - H; Costanera Ecuatoriana - CCE; Colombia - C; Batimetría de Van Andel (1973); Corrientes de Wyrski (1974, 1981); Pak y Zaneveld (1973); Laird (1971); Lonsdale (1977).

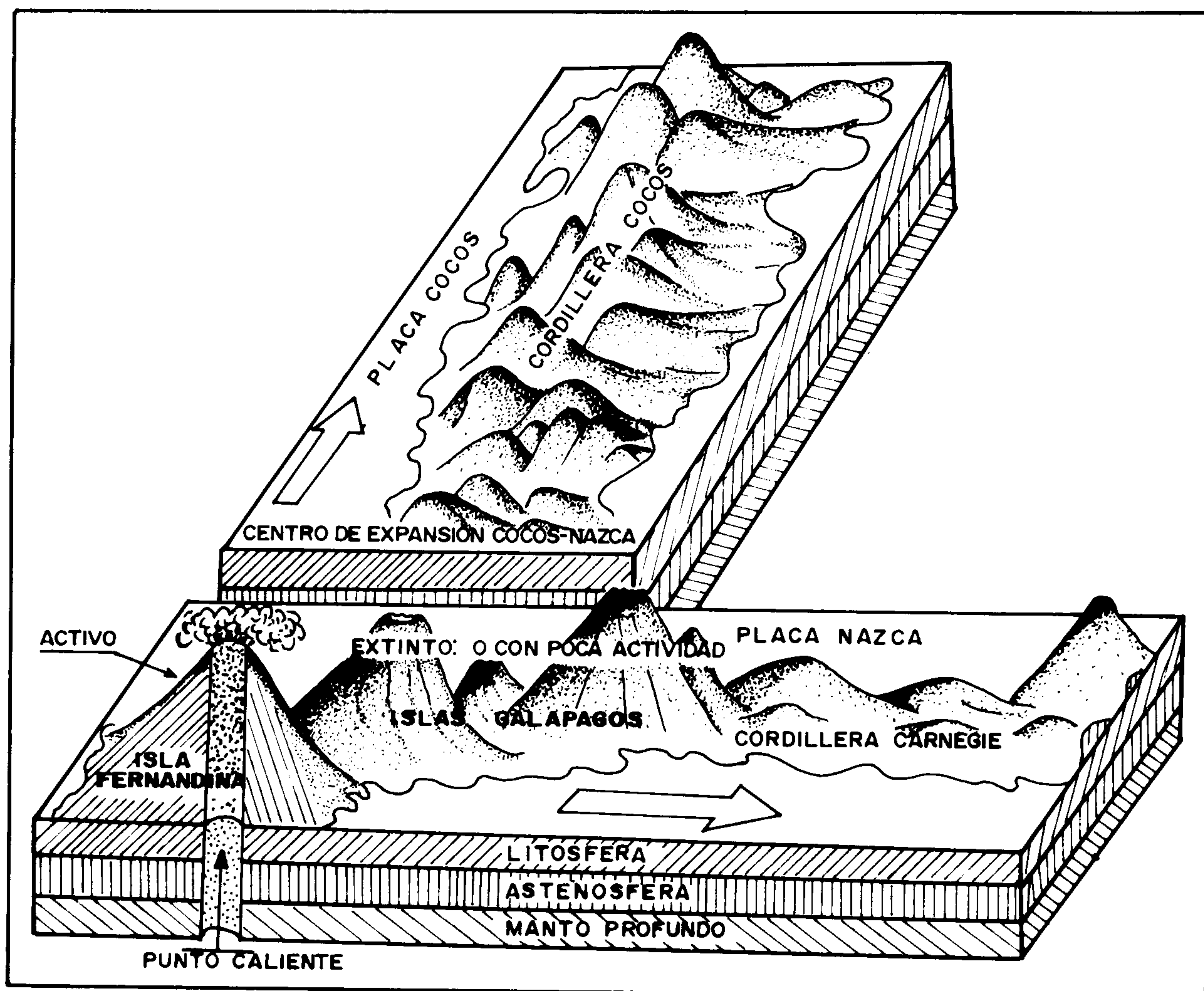


Fig. 3. Formación geológica de las Islas Galápagos y Cordilleras Cocos y Nazca.

EVOLUCION TECTONICA DEL AREA

Después de que la Teoría de las Placas Tectónicas fue propuesta a comienzos de los años sesenta, numerosos proyectos fueron destinados a probarla en áreas específicas. Una de estas fue precisamente el Pacífico Ecuatorial Oriental, en donde numerosos cruceros fueron llevados a cabo tratando de explicar el origen de las Islas Galápagos y su área circundante. Ya durante los años sesenta se presentaron algunas incógnitas acerca del tema (Herron y Heirtzler, 1967), las que al parecer provinieron de observaciones relacionadas con la edad de las islas (Cox y Dalrymple, 1966).

Posteriormente y resultado de un gran proyecto multidisciplinario iniciado por la Universidad de Oregón, mayor información estuvo disponible a muchos investigadores que describieron la geomorfología del área y trataron de entender su evolución tectónica.

El primer intento por descubrir el origen de la Cuenca de Panamá fue publicado por Van Andel y otros en 1971. Ellos describieron el área como producto de la interacción de las placas Sudamericana, Nazca y Cocos. Aunque explicaron en buena forma la continuidad de las cordilleras asísmicas Cocos y Carnegie hacia la plataforma de Galápagos, ellos fallaron al tratar su evolución como producto de la separación de una gran Cordillera Carnegie a raíz de la creación del Centro de Expansión Cocos-Nazca (cordillera sísmica submarina donde nueva corteza oceánica de las placas Cocos y Nazca es creada). Se propuso entonces, que este evento geológico comenzó en el lado Este de la Cuenca de Panamá hace 10 millones de años y paso a paso se extendió hacia el Oeste, obteniéndose de esta manera la actual posición de las Cordilleras Cocos y Carnegie en forma de abanico con su vértice en las Islas Galápagos (Fig. 1). Esta hipótesis se basó en la edad y composición mineralógica de las cordilleras (obtenidas de

perforaciones realizadas en 1971), su similar configuración sedimentaria (obtenida de levantamientos sísmicos del área), el análisis de las líneas magnéticas hasta ese momento obtenidas (que dan una visión del alineamiento magnético de la corteza oceánica después que ésta es creada) y la batimetría reunida para el estudio.

En realidad, Van Andel y otros (1971) no tuvieron la suficiente cantidad de información para evaluar convenientemente todos los procesos geológicos que tuvieron lugar en el área. Así lo reconocieron Holden y Dietz (1972) al refutar estas ideas, quienes desde ese momento propusieron la hipótesis de que las Cordilleras Cocos y Carnegie pudieron haber sido formadas por un "Punto Caliente", y que éste posiblemente estaba situado en las Islas Galápagos.

Más tarde, la investigación oceanográfica del área recibió un nuevo impulso después del descubrimiento de flujos de calor anómalos en el área del Rift de Galápagos a la altura del meridiano 86 grados W (Sclater y Klitgord, 1973; Williams y otros, 1974). Con lo que, además de la Universidad de Oregón, otras universidades e instituciones de reconocido prestigio mundial se volcaron a estudiar la región con mejores y más confiables equipos.

De estos trabajos resultaron algunas interesantes publicaciones acerca de la topografía submarina y distribución de sedimentos (Moore y otros, 1973; Malfait, 1974), así como acerca de la circulación superficial y subsuperficial (Wyrki, 1974 y 1981; Pak y Zaneveld, 1973) y acerca de la circulación de fondo realizados por Laird (1971) y Lonsdale (1977). Ingerencias acerca de corrientes de fondo también fueron obtenidas de estudios de Kowsmann (1973), Plank y otros (1973) y Lonsdale y Malfait (1974).

Posteriormente, sirviéndose de estas investigaciones, así como de información adicional obtenida, Hey (1977) enuncia su hipótesis acerca de la formación tectónica del área. Aunque difiere un poco de la de Lonsdale y Klitgord (1978) en cuanto al tiempo en que se iniciaron los procesos geológicos que dieron como resultado la actual geomorfología del área, ambas hipótesis coinciden en el origen y evolución geológica de la región y hoy constituyen las más aceptadas dentro de la comunidad científica.

Como principales evidencias para la postulación de la hipótesis se pueden anotar, los mapas batimétricos, los levantamientos magnéticos y el flujo de calor anómalo medido en diferentes sectores.

Después de obtener más información batimétrica del área, quedó clara cierta relación entre las cordilleras Carnegie y Cocos y las Islas Galápagos ya que ellos están unidos arriba de la isóbata de los 2.500 mts. Más aún, se determinó la localización del Centro de Expansión Cocos-Nazca que nace desde la Triple Juntura (con 2 segmentos de la Dorsal del Pacífico Oriental ubicada en la Latitud 02 grados N y Longitud 102 grados N), y que se proyecta hacia el Este (y no desde el Oeste como dijo Van Andel en 1971), siendo desplazado hacia el Norte o Sur a lo largo de zonas de fracturas ubicadas en su trayectoria. Así mismo, se determinó similitud en las alturas y forma de las prolongaciones submarinas paralelas al Centro de Expansión, lo que permitió asegurar que nueva corteza oceánica es formada en dicho Centro hacia las placas Cocos (Norte) y Nazca (Sur).

Todo lo anterior fue confirmado al obtenerse datos magnéticos de la corteza oceánica por medio de más modernos magnetómetros. Este instrumento registra la intensidad y alineamiento magnético de la corteza oceánica conforme es remolcado desde un buque. El principio que sigue el análisis de esta información es que el alineamiento magnético de la tierra varía de tiempo en tiempo. Así, el actual eje magnético, desviado 11.5 grados del eje geográfico, no ha estado fijo, llegando incluso a oponerse muchas veces (Fig. 4). La nueva corteza oceánica creada en los centros de expansión o cordilleras sísmicas submarinas (como el que separa las placas Cocos y Nazca), adquiere el alineamiento propio de la época en la cual es expulsada desde el interior de la tierra una vez que se enfría, por lo que existe a ambos lados de la línea cero (centro de expansión), corteza de igual edad y por lo tanto con el

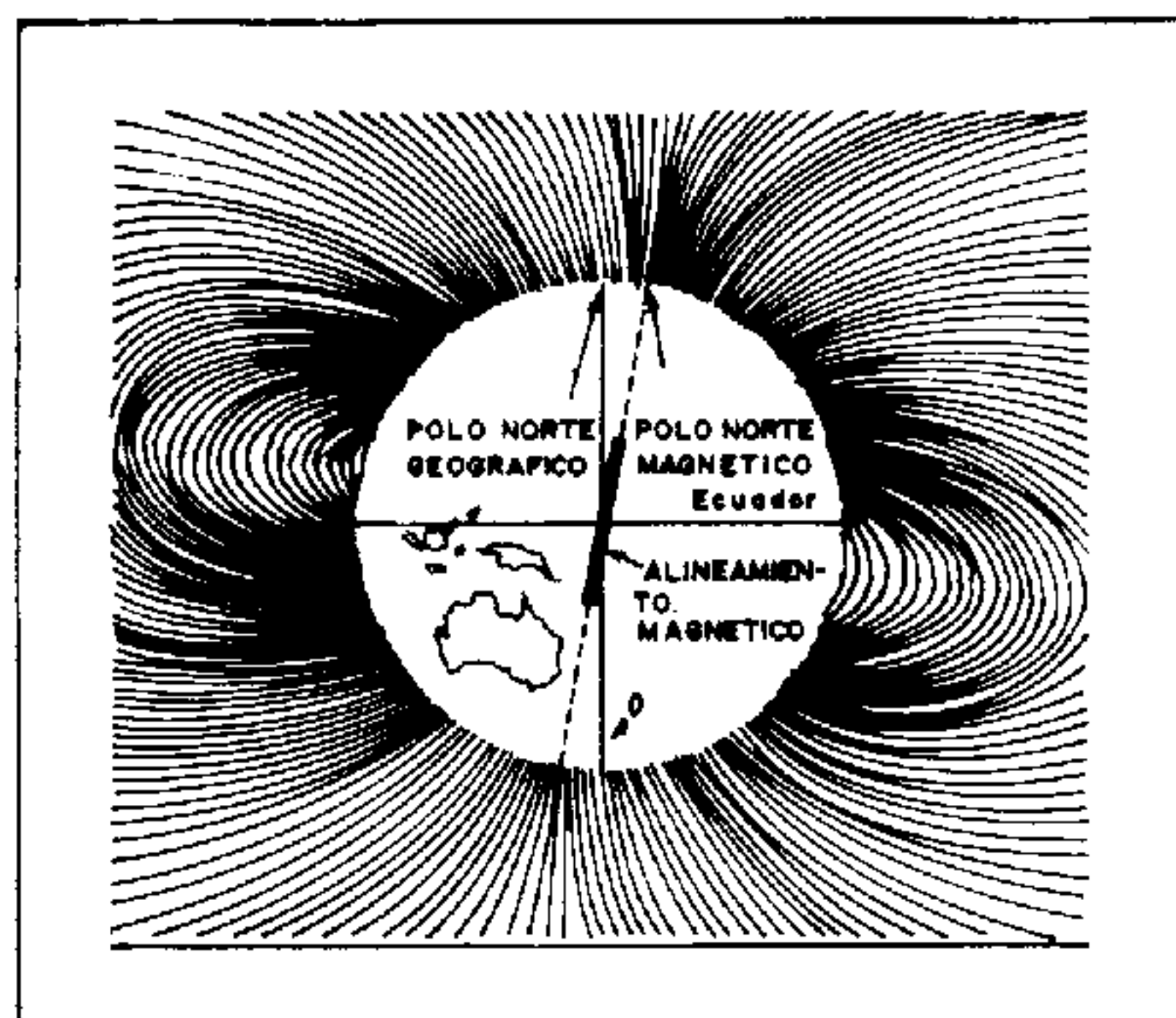


Fig. 4. Actual posición del Eje magnético de la tierra. (Press y Siever, 1982).

mismo alineamiento magnético (Fig. 5). Las variaciones magnéticas de cada punto recibidas en forma de curvas por los sensores abordo de los buques son correlacionadas, determinándose líneas que las une (líneas magnéticas) (Fig. 6). Primordialmente, estos datos fueron de capital importancia para el enunciado de la teoría de las placas tectónicas y particularmente para las hipótesis de la evolución del área del Pacífico Ecuatorial Oriental. Efectivamente, tanto Hey (1977) como Lonsdale y Klitgord (1978) se sirvieron de nuevos datos magnéticos del área para descartar las evidencias presentadas por Van Andel y otros (1971) y para presentar su modelo asimétrico acrecentante a lo largo del Centro de Expansión Cocos-Nazca (Fig. 7).

Mayor énfasis en las investigaciones se dio en lugares donde se detectó flujos de calor anómalos, pues ellos constituyen activos puntos volcánicos o hidrotermales. De esta manera, el Rift de Galápagos en la altura del meridiano 86 grados W constituyó durante

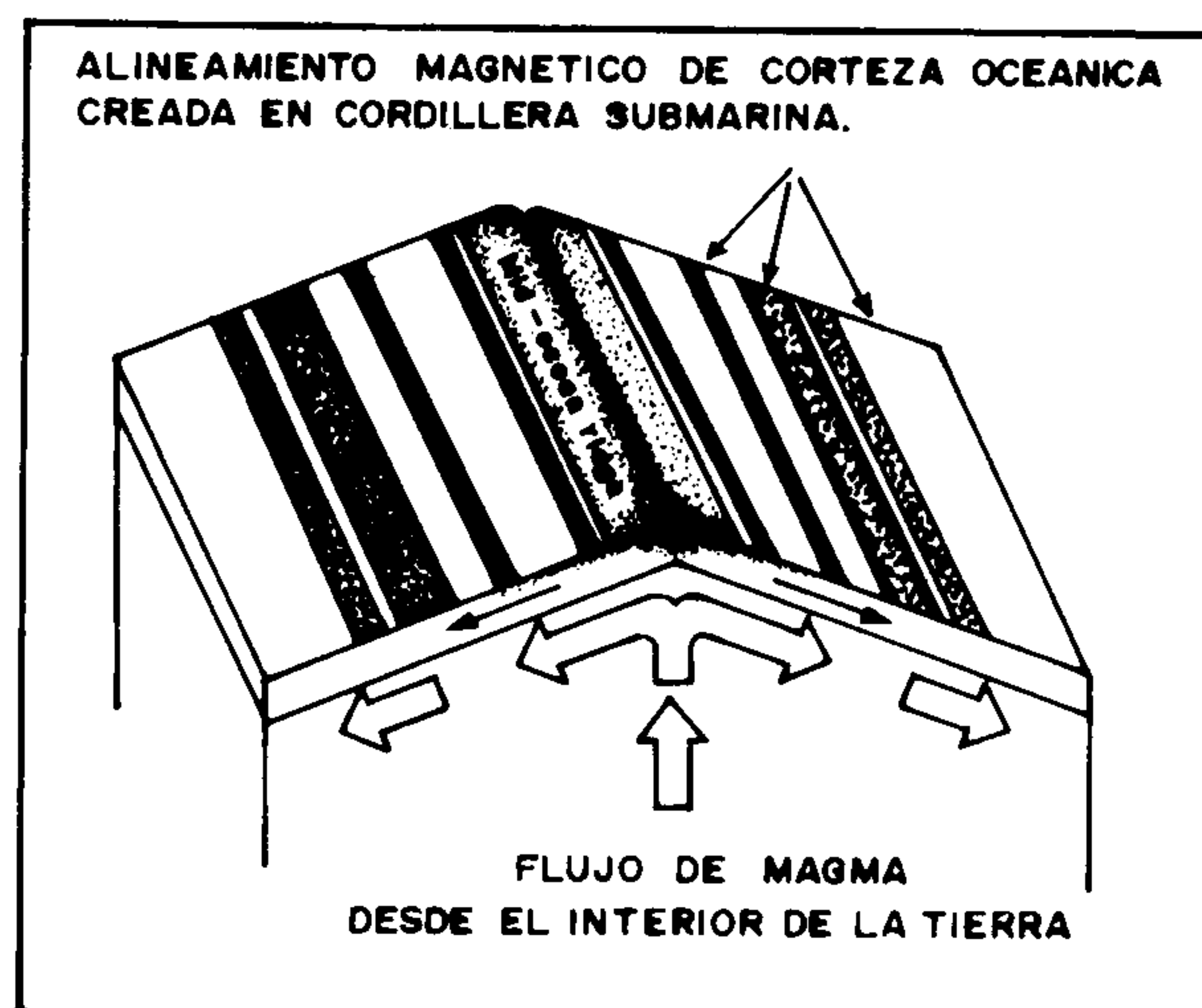


Fig. 5. Alineamiento magnético de corteza oceánica recién creada en los Centros de Expansión (Press y Siever, 1982).

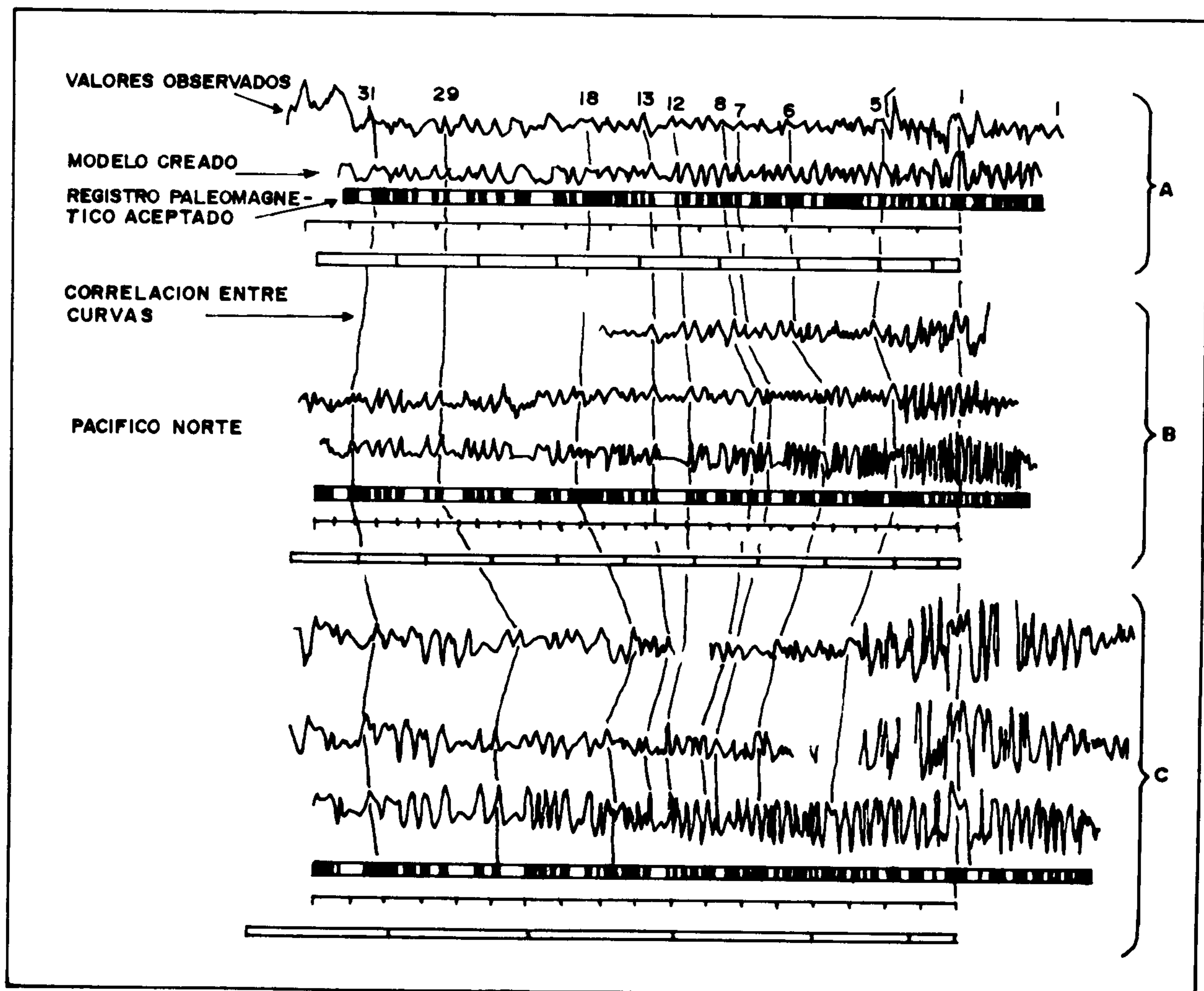


Fig. 6. Correlación de las curvas magnéticas (Press y Siever, 1982).

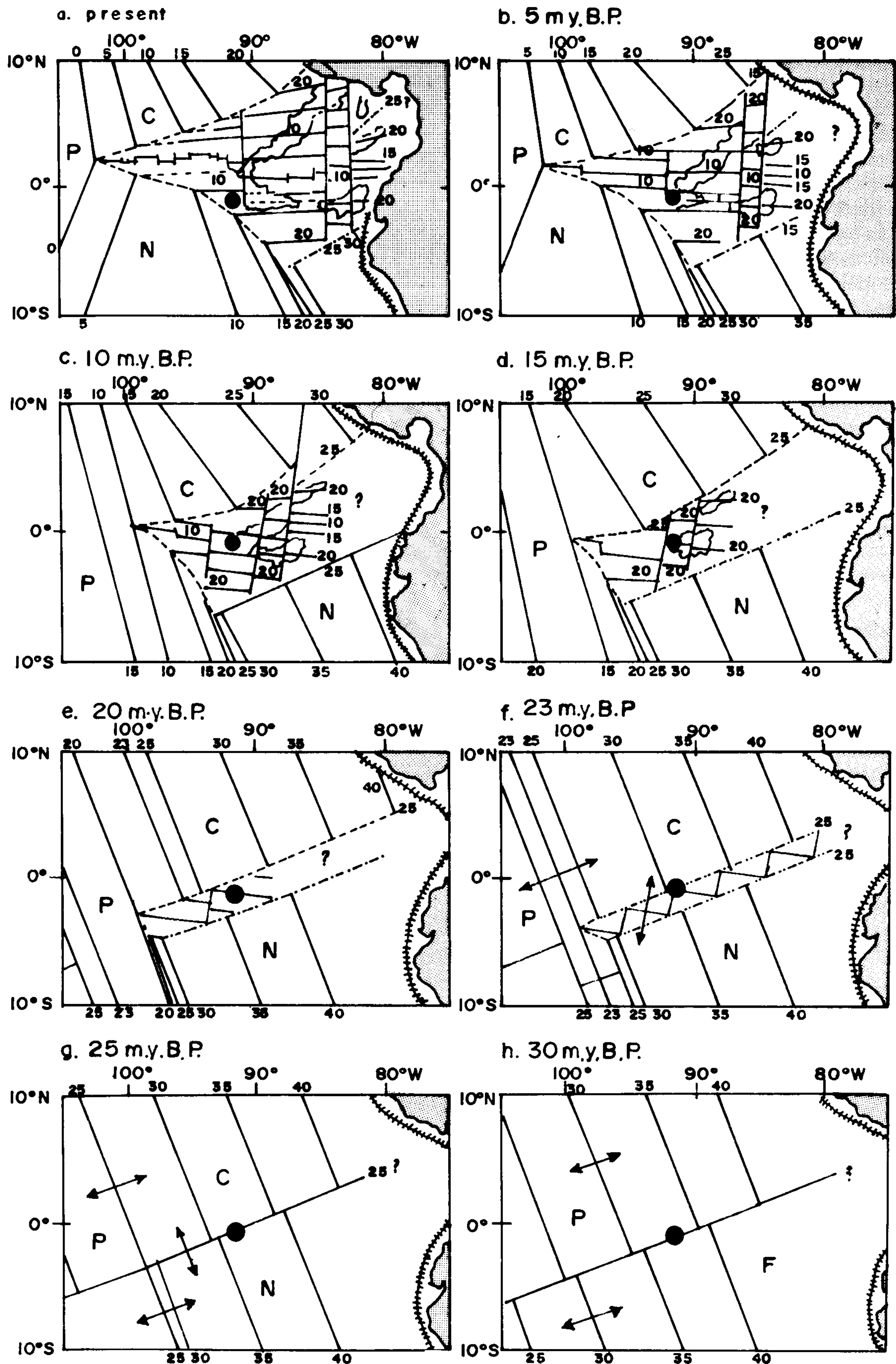


Fig. 7. Modelo asimétrico-acrecentante de Hey (1977). Puntos negros indican posible situación de Punta Caliente de Galápagos. Líneas continuas negras indican Centros de Expansión, líneas continuas más claras señalan al incremento magnético de corteza oceánica y líneas punteadas representan zonas de fractura. Líneas hachuradas son zonas de subducción. P - Placa Pacífico; F - Farallones; C - Cocos; N - Nazca. Flechas indican dirección de desplazamiento de placas.

los 70 y comienzos del 80 uno de los lugares más estudiados del mundo. Así mismo, la activa área volcánica situada debajo de las Islas más occidentales del Archipiélago de Galápagos fue interpretada como un "Punto Caliente" que actualmente sigue formando otras islas y que en épocas pasadas originó las cordilleras submarinas Carnegie y Cocos, conforme las placas Nazca y Cocos, respectivamente, pasaron por encima de la mencionada "ventana volcánica" fija.

El "Punto Caliente" de Galápagos es componente importante del desarrollo del Centro de Expansión Cocos-Nazca, pues existe una tendencia a "relocalizarlo"; este hecho se observa además en Islandia (Holden y Dietz, 1972; Hey, 1977; Lonsdale y Klitgord, 1978). Como resultado, el Centro de Expansión ha "saltado" al Norte y Sur de dicho "Punto Caliente" (Hey, 1977; Lonsdale y Klitgord, 1978), ocasionando la creación de una mayor cantidad de corteza oceánica hacia la Placa Cocos que a la de Nazca (de ahí el calificativo de modelo asimétrico).

Evidencias para este proceso constituyen además de las anomalías magnéticas obtenidas (repetidas de un lado del eje y ausente del otro), la irregular acumulación de material de las Cordilleras Cocos y Carnegie, ya que sus volúmenes varían de tiempo en tiempo como resultado de que el "Punto Caliente" estuvo bajo la placa Cocos o Nazca, respectivamente (Hey, 1977; Lonsdale y Klitgord, 1978). Las prolongaciones de las Cordilleras Cocos (Noreste) y Carnegie (Este) indican por lo tanto, el movimiento de las placas antedichas sobre el "Punto Caliente".

Reunida esta información, se delineó las hipótesis sobre la evolución geológica de tan compleja región.

De acuerdo al modelo asimétrico acrecentante de Hey (1977), el origen del Centro de Expansión Cocos-Nazca resultó de la resquebrajadura de la Placa Farallón hace 25 millones de años (27 millones de años de acuerdo a Lonsdale y Klitgord) a lo largo de la Zona de Fractura de Marquezas (Fig. 7g). Las alineaciones magnéticas más viejas situadas al Sureste de la Figura 8, y con dirección general 060, fueron interpretadas como la orientación del inicial Eje de Expansión; esto es, el Centro de Expansión Cocos-Nazca no estuvo orientado en ese tiempo tal como se orienta hoy (Oeste-Este). Esas anomalías son paralelas a la Grijalva Scarp (Fig. 8), la cual, de acuerdo a Hey (1977), resultó de la ruptura a lo largo de la Zona de Fractura Pacífico-Farallón con orientación Noreste, lo que hoy no es visible debido a un "salto" posterior de la Dorsal del Pacífico Oriental (Hey, 1977) (Fig. 7b).

Existen algunas ideas acerca del origen de la resquebrajadura de la Placa Farallón. Hey (1977) no fue capaz de definir el origen; el tan sólo indicó que fue el resultado de "un nuevo sistema de fuerzas tectónicas del área". Lonsdale y Klitgord (1978) fueron más específicos indicando que fue originado debido a diferencia de fuerzas gravitacionales producidas por un cambio de dirección de la subducción en la Fosa de Centro América, después que la Placa Farallón se dividió en una placa Norte (Placa Gorda) y una placa Sur (Cocos-Nazca). Finalmente, Wortel y Cloetingh (1983) afirmaron que una tensión Norte-Sur cerca de la presente Panamá causaron tal fragmentación.

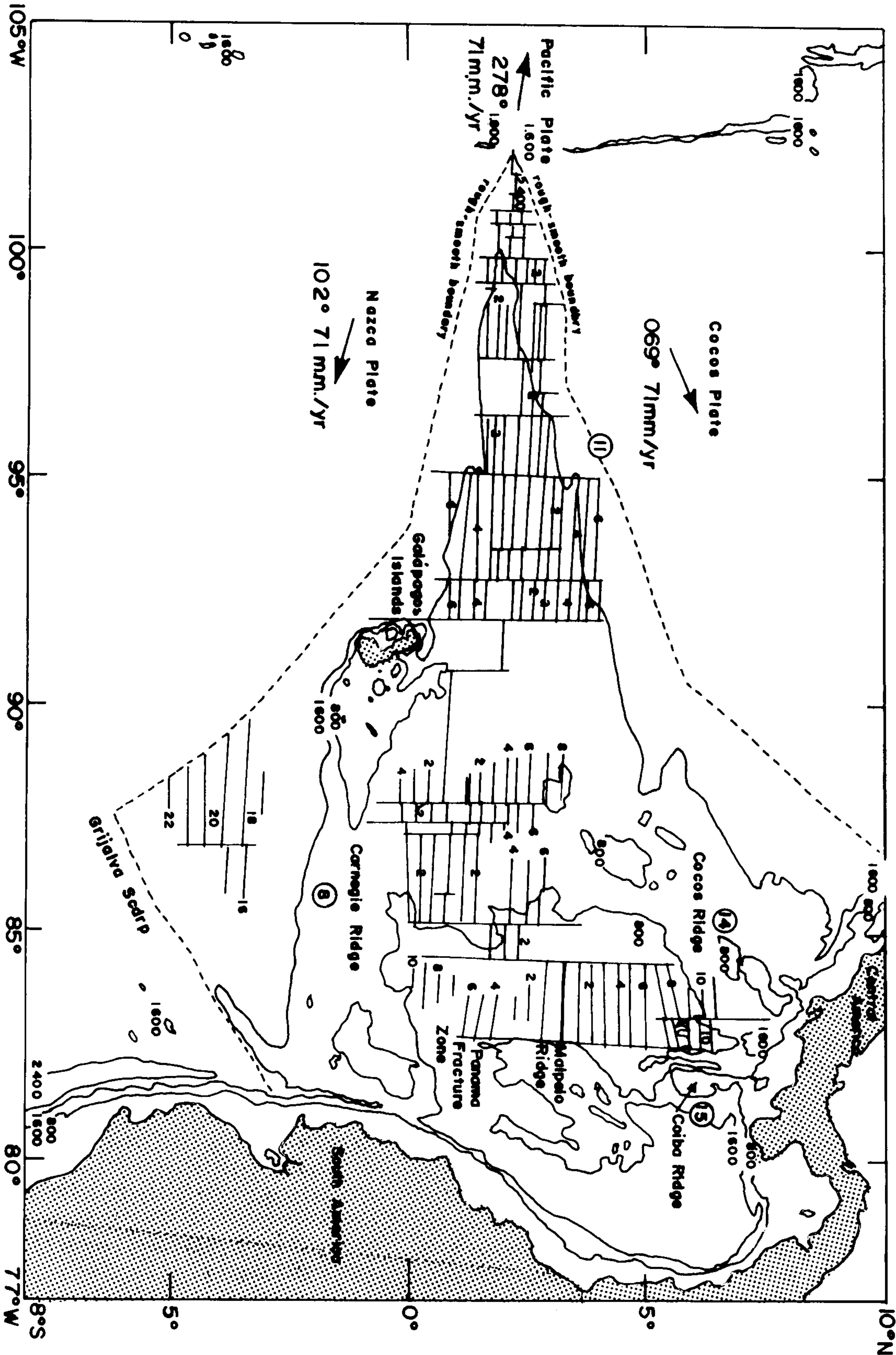
El tiempo del origen de la gran ruptura de la Placa Farallón está ligada a otros eventos geológicos, como el cambio de dirección de subducción Noreste de la anterior placa a una dirección Este de las nuevas bajo la Fosa de Perú-Chile y la de Centro América (Hey, 1977; Lonsdale y Klitgord, 1978; Mernard, 1968; Wortel y Cloetingh, 1983). Así mismo, todo esto coincide con una gran actividad volcánica en Méjico, Centro América y Sudamérica observada en ese tiempo (Dott, 1969).

Como resultado de una posterior reorganización tectónica del área, se obtuvo la dirección Oeste-Este del Centro de Expansión Cocos-Nazca (Fig. 7e). Esto es notado en el cambio de dirección de las anomalías magnéticas al Oeste de la Longitud 88 grados W paralelas al Eje, y que pueden ser correlacionadas hasta edades de 23 millones de años (21 millones de años de acuerdo a Lonsdale y Klitgord, 1978) (Fig. 8).

La última reorganización tectónica del área ocurrió hace 10 a 5 millones de años y corresponde a la migración hacia el Oeste de la Dorsal del Pacífico Oriental (Herron, 1972; Hey, 1977; Lonsdale y Klitgord, 1978). La elevación de Galápagos (Galapagos Rise), al Sur de las Islas del mismo nombre, es interpretada como el antiguo Eje de Expansión Pacífico-Nazca (Fig. 7b). Hey (1977) concluyó que el "Punto Caliente" Galápagos estuvo en ese tiempo por primera vez completamente debajo de la Placa Nazca.

Posteriormente, el Eje de Expansión Galápagos ha migrado hacia el Sur, "como tratando de estar cerca del Punto Caliente" (Hey, 1977). Mientras tanto, nuevo material está siendo expulsado a través de este Punto Caliente formando las Islas Galápagos, constituyendo un gran bloque en forma de abanico con las Cordilleras Cocos y Carnegie.

Fig. 8. Actual disposición del alineamiento magnético de la corteza oceánica en el Pacífico Ecuatorial Oriental (Hey, 1977). Números corresponden a millones de años.



DISCUSION

La descripción geológica y la evolución tectónica del Pacífico Ecuatorial Oriental son claramente entendidos hasta el momento. Dentro del esquema tratado anteriormente, las Islas Galápagos y las Cordilleras Carnegie y Cocos constituyen un importante punto de apoyo para la defensa de las hipótesis hoy aceptadas en la comunidad científica. Tanto su configuración física como su composición mineralógica permiten entrever la dirección en la cual se han movido las Placas Nazca y Cocos y el rol de Punto Caliente Galápagos a través del tiempo en la posición del Rift de Galápagos (fracción del Centro de Expansión situado a 150 Km al Norte del Archipiélago). La presencia de tales accidentes geológicos dentro o alrededor de las zonas jurisdiccionales ecuatorianas presenta posibilidades interesantes en cuanto se refiere a investigación científica, materia jurídica marítima y al aprovechamiento económico de los probables asentamientos minerales ahí depositados.

No por el hecho de que se acepte las ideas de su evolución, esta área deja de ser atrayente para la ciencia. Continuamente llegan investigadores extranjeros, que junto con nacionales estudian diversos fenómenos oceanográficos que mantienen latente el interés en ciertos sectores. Así, la formación de los depósitos de cortezas de sulfatos polimetálicos en el fondo del mar dan las pautas para descubrir otros de la misma naturaleza sobre las islas o continentes que alguna vez estuvieron cubiertos por el mar. Las vertientes hidrotermales determinan puntos de partida para investigar el origen de los océanos y de la vida misma. La geología de las Islas Galápagos, hasta ahora razonablemente conocida, puede ligarse a características similares en otros lugares del mundo, buscando un nexo común que explique mejor su evolución y con ello su futuro. El Ecuador es privilegiado de tener cerca esta fuente de investigación, acrecentando con ella su poder de desarrollo marítimo.

De importancia relevante es el hecho de que las Cordilleras Carnegie y Cocos sean prolongaciones naturales de las Islas Galápagos; lo que permite, al tenor del Nuevo Derecho del Mar, la posibilidad de que el Ecuador prolongue su plataforma continental, a lo largo de las mismas, hasta una distancia de 350 millas. En efecto, de acuerdo a su Artículo 76, "Definición de la Plataforma Continental", el Nuevo Derecho determina la extensión de la Plataforma de un Estado Ribereño en el caso especial de que existiese continuación geológica natural de su lecho marino, lo que se amplía a las Islas pertenecientes a dicho Estado en su Artículo 121. La Plataforma Continental ecuatoriana

podría definirse, si el país se adheriese al nuevo régimen, tal como se presenta en la figura 9. La Fosa del Ecuador, que bordea la costa continental a una distancia promedio de 30 millas, define la plataforma hasta una distancia de 200 millas de acuerdo al primer párrafo del Artículo 76. Lo mismo debe aplicarse en el sector Oeste y Sur de las Islas Galápagos, en donde, debido a su formación geológica, existe un corte abrupto, encontrándose profundidades de hasta 3.000 metros a una distancia de 8 millas de las mismas. Otro es el caso en el sector Norte, Noroeste, Noreste y Oeste de las islas, puesto que por razones probadas anteriormente, la plataforma puede extenderse hasta una distancia de 350 millas.

El área que nos ocupa posee en sus fondos marinos 2 sectores donde posiblemente se asienten depósitos minerales. Ellos son, el área central de la Cordillera Carnegie y el Rift de Galápagos entre los meridianos 86 grados 30' W y 85 grados 30' W (Fig. 1). Existe alguna controversia acerca de la rentabilidad de su explotación; mas, sus dimensiones y su potencial económico deben ser confirmados con el fin de conocer realmente su importancia como futura riqueza minera.

Malfait describió por vez primera en 1974 la acumulación de nódulos y pedazos de corteza de manganeso situados en la parte central (montura) de la Cordillera Carnegie (Fig. 1). El no consideró esta área como rica en minerales, los que se hallaban en poca proporción en los nódulos encontrados. Posteriores investigaciones al respecto no se han realizado, por lo que no existe al momento mayores datos de su potencial económico. Aunque se anticipa que por estar a una profundidad de 2000-3000 metros, ellos no podrían contener el porcentaje metalífero que justifique una explotación futura.

Por lo contrario, numerosos han sido los reportes de la presencia de depósitos minerales en el área del Rift de Galápagos (un segmento del Eje de Expansión Cocos-Nazca) a la altura del meridiano 86 grados W (Fig. 1). Los que incluso han sido evaluados en 2000 billones de dólares, luego de una serie de investigaciones llevadas a cabo por Malahoff (1982). Avalúo que ha sido tomado como erróneo por Broadus (1987b), y además por otros analistas, los que estiman que es muy difícil la cuantificación de recursos presentes. Los estudios del área no se han detenido y trabajos geoquímicos han sido realizados hasta 1984 por la compañía alemana PREUSSAG, desde cuando se ha notado una disminución de investigaciones en el área, las que posiblemente se reinicien desde 1988-1989.

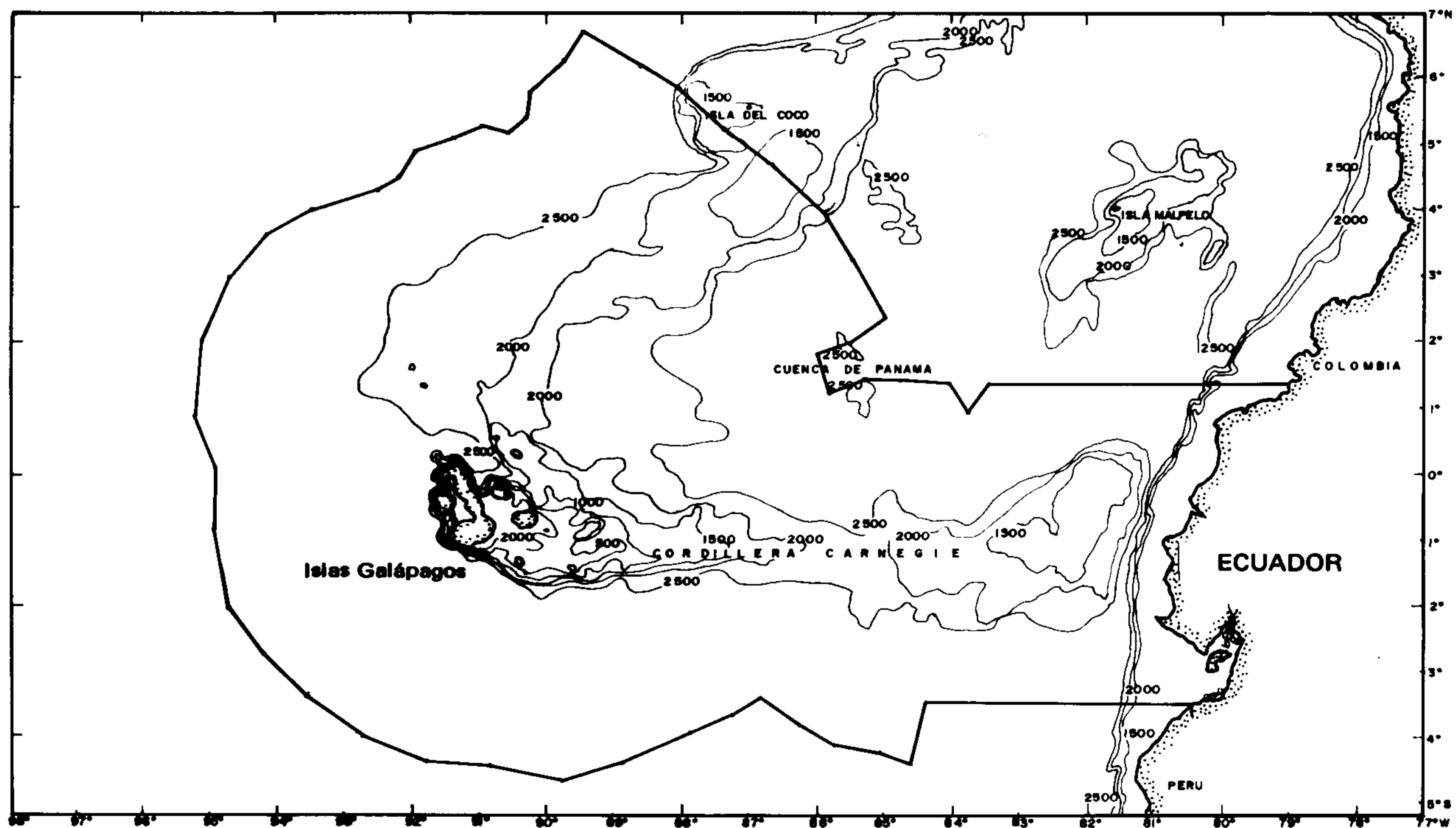


Fig. 9. Plataforma Continental ecuatoriana de acuerdo al Nuevo Derecho del Mar de 1982.

Del exhaustivo análisis de Law y otros (1981) en el área del Rift de Galápagos, resultó el reporte de yacimientos masivos de corteza de sulfatos polimetálicos, los que fueron publicados además en otras revistas especializadas (Mining Congress Journal, 1981; Industry Newswatch, 1981). Para la investigación, ellos usaron SASS (ecosonda múltiple) y el submarino ALVIN, lo que les permitió describir masivos sectores de sulfatos polimetálicos de hasta 1000 mts. de largo, 150 mts. de ancho y 35 mts. de espesor, y con una interesante composición mineralógica (Tabla 1). Posteriormente, Malahoff (1982) avaluó los depósitos en 2.000 millones de dólares expresando que ellos podrían marcar una nueva fuente de yacimientos metalíferos del fondo del mar.

La proporción, valor y accesibilidad de tales depósitos fueron pronto cuestionados por algunos investigadores económicos. De entre ellos, J. Broadus, del Centro de Política Marina de la Woods Hole Oceanographic Institution, propuso mayores estudios tendientes a catalogar la real factibilidad de su explotación. El expresó (Broadus y Bowen, 1984), que los depósitos minerales marinos encontrados no serían tomados en cuenta como recursos económicos, aún a largo plazo, puesto que a medida que se agotan los conocidos sobre los continentes, nuevas fuentes accesibles se encuentran y sustitutos se crean en los laboratorios, los que satisfacen los requerimientos de la

industria. Por otro lado, los depósitos no pueden ser dimensionados con tan poca investigación, por lo que muy bien pudieron haber sido sobreestimados (Broadus, 1987a). Además, el que las técnicas de recuperación de minerales de la masiva corteza, en donde se hallan en poca proporción, son hasta el momento desconocidas (y si se inventaran, muy costosas), hacen que el pronóstico de su rentabilidad económica sea muy bajo comparado al riesgo de su extracción (Broadus, 1987b).

Los depósitos minerales alrededor del Rift de Galápagos y alrededor de la Carnegie pudieron no haber sido correctamente evaluados. Así como expresa Broadus, la insuficiencia de información pudo haber ocasionado tergiversación en la evaluación económica, la que muy bien podría revertir resultados contrarios, es decir, también pudieron haber sido subestimados. Es necesario, entonces, mayor investigación de los depósitos que existen alrededor del Rift de Galápagos y que han originado el enorme interés de numerosas instituciones internacionales. Así mismo, un mayor estudio de la distribución de nódulos y pedazos de corteza de manganeso en la parte central de la Carnegie proporcionará el que se determine su rentabilidad económica. Ambos darán las pautas para que futuras generaciones tengan a buen resguardo los depósitos económicos que se hallasen y que se puedan aprovechar en el desarrollo del país.

CONCLUSION

El Ecuador puede extender su plataforma continental hasta una distancia de 350 millas desde las Islas Galápagos si se adhiriere al Nuevo Derecho del Mar. Las Cordilleras Carnegie y Cocos, como prolongaciones naturales de la Plataforma de Galápagos, proveen esa facultad a la luz del Artículo 76 del nuevo régimen. Este y otros estudios técnico-científicos en preparación marcarán las pautas para una decisión gubernamental de adherirse o no a la nueva ley.

Los depósitos minerales asentados en el área deben ser mayormente investigados con el afán de conocer la real rentabilidad de su explotación. Aún siendo de gran importancia económica, la explotación de los sulfitos polimetálicos se producirá a largo plazo, puesto que al momento no se conoce de la implementación de técnicas que permitan extraer los minerales que conforman la corteza desde profundidades de 2.000 a 3.000 metros.

RECONOCIMIENTO

El autor agradece los valiosos comentarios emitidos a este trabajo de parte del señor CPFG-EM Hernán Moreano A.

MINERAL	%
SULFURO	40
HIERRO	38
COBRE	6.5
SILICE	7.0
ZINC	1.0
MANGANESO	0.5
ALUMINIO	0.3
SELENIO	360 P.P.M.
COBALTO	250 P.P.M.
MAGNESIO	270 P.P.M.
MOLIBDENO	181 P.P.M.
PLOMO	215 P.P.M.
ARSENIO	45 P.P.M.
CADMIO	< 40 P.P.M.
CROMO	< 40 P.P.M.
FOSFORO	< 40 P.P.M.
MERCURIO	< 40 P.P.M.
NIQUEL	< 40 P.P.M.
VANADIO	< 40 P.P.M.
URANIO	< 40 P.P.M.
TUNGSTENO	< 40 P.P.M.
ORO	0.2 P.P.M.
PLATA	21.0 P.P.M.

Tabla I. Composición mineralógica de sulfitos polimetálicos depositados alrededor del Rift de Galápagos (De Malahoff (1982).

BIBLIOGRAFIA

Broadus, J.M., 1987a.- Seabed Materials. Science. Vol. 225, p: 853-860.

Broadus, J.M., 1987b.- Minerales Marinos: Malentendidos y Mitología-Seminario sobre Reserva Marina de Galápagos. Guayaquil-Ecuador. 20 a 23 de abril de 1987.

Broadus, J.M. y Bowen, R.E., 1984.- Polymetallic Sulfides and Policy Spheres. Oceanus. Vol. 27 (3), p: 26-31.

Cox, A. y Dalrymple, G., 1966.- Paleomagnetism and potassium-argon ages of some volcanic rocks from the Galapagos Islands. Nature. v. 209, p: 776-777.

Dott, R., 1969.- Circum-Pacific late cenozoic structural rejuvenation: implications of sea-floor spreading. Science. Vol. 166, p: 874-876.

Herron, E.M., 1972.- Sea-floor spreading and the Cenozoic history of the East Central Pacific. Geological Society of America Bulletin. Vol. 83, p: 1671-1692.

Herron, E. y Heirtzler, J., 1967.- Seafloor Spreading near the Galapagos. Science. Vol. 158, p: 775-780.

Hey, R.N., 1977.- Tectonic evolution of the Cocos-Nazca Spreading Center. Geological Society of America Bulletin. Vol. 88, p: 1404-1420.

Holden, J. y Dietz R., 1972.- Galapagos Gore, Nazca Pac triple juntion and Carnegie/Cocos ridges. Nature. Vol. 235, p: 266-269.

Kowsmann, R., 1973.- Coarse components in surface sediments of the Panama Basin eastern equatorial Pacific. Journal of Geology. Vol. 81, p: 473-494.

Laird, N.P., 1971.- Panama Basin deep water properties and circulation. Journal of Marine Research. Vol. 29, p: 226-234.

Law, S., Malahoff, A. y Fornari, D., 1981.- Massive polymetallic Sulfides of the Galapagos Rift. EOS. Vol. 62, p: 1027.

- Lonsdale, P., 1977.-** Inflow of bottom water to the Panama Basin. *Deep-Sea Research*. Vol. 24, p: 1065-1101.
- Lonsdale, P., 1978.-** Ecuadorian subduction system. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. Vol. 62 (12), p: 2452-2477.
- Lonsdale, P. y Klitgord, K.D., 1978.-** Structure and tectonic history of the eastern Panama Basin. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. 89, p: 981-999.
- Lonsdale, P. y Malfait, B.T., 1974.-** Abyssal dunes of foraminiferal sand on the Carnegie Ridge. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. 85, p: 1697-1712.
- Malfait, B.T., 1974.-** The Carnegie Ridge near 86 grados W: structure, sedimentation, and near bottom observations. Tesis no publicada. Oregon State University. 117 p.
- Malahoff, A., 1982.-** A comparison of the massive submarine polymetallic sulfides of the Galapagos Rift with some continental deposits. *Marine Technology Society Journal*. Vol. 16, p: 39-45.
- Mernard, H., y Atwater, T., 1968.-** Changes in direction of sea-floor spreading. *Science*. Vol. 219, p: 463-567.
- Moore, T.C., Heath, G. R. y Kowsmann, R.O., 1973.-** Biogenic sediments of the Panama Basin. *Journal of Geology*. Vol. 81, p: 458-472.
- Pak, H. y Zaneveld, J.R.V., 1973.-** The Cromwell Current on the Galapagos Islands. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 78, p: 7845-7859.
- Plank, W.S., Zaneveld, J.R., y Pak, H., 1973.-** Distribution of suspended matter in the Panama Basin. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 78, p: 7113-7121.
- Press, F. y Siever, R., 1972.-** (Eds.) *Earth*. W.H. Freeman and Company, 613 p.
- Sclater, J.G. y Klitgord, K.D., 1973.-** A detailed heat flow, topographic, and magnetic survey accross the Galapagos Spreading Center at 86 grados W. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 78, p: 6951-6975.
- Van Andel, T.H., 1973.-** Texture and dispersal of sediments in the Panama Basin. *Journal of Geology*. Vol. 81, p: 434-457.
- Van Andel, T.H., Heath, G.R., Malfait, B.T., Heinrichs, D.F., y Erwing, I., 1971.-** Tectonics of the Panama Basin, eastern equatorial Pacific. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. 82, p: 1489-1508.
- Williams, D., Von Herzen, R., Sclater J. y Anderson R., 1974.-** The Galapagos Spreading Center: lithospheric cooling and hydrothermal circulation. *Royal Astron. Soc. Geophys. Jour*. Vol. 38, p: 587-608.
- Wyrski, K., 1974.-** Equatorial currents in the Pacific 1950-1970 and their relations to the trade winds. *Journal of Physical Oceanography*. Vol. 4, p: 372-380.
- Wyrski, K., 1981.-** An estimate of upwelling in the Pacific. *Journal of Physical Oceanography*. Vol. 11 (9), p: 1205-1214.