

ESTUDIO DE LA CIRCULACION COSTERA FRENTE AL PUERTO DE LA LIBERTAD (ECUADOR) UTILIZANDO FLOTADORES

Por:

SILVIA ALLAUCA (1)
MIRIAM LUCERO (1)

RESUMEN

Aplicando el método De Lagrange para medición de corrientes, se realizó un estudio de la Circulación Costera frente al Puerto de La Libertad, para cuyo efecto se utilizaron flotadores tipo veletas superficiales. Las observaciones fueron realizadas desde el 23 de Julio hasta el 5 de Agosto de 1988, incluyendo marea en estado de Sicigia y Cuadratura.

De estas observaciones se encontró que la tendencia general del flujo es de dirigirse hacia el Este, con ciertos cambios en su dirección durante la sicigia, fase donde el régimen de mareas se presenta en forma muy influyente sobre la circulación. Por otro lado, los vientos y la topografía del fondo tienen menor influencia sobre la circulación. Se observó además que las corrientes superficiales son ligeramente más fuertes que las subsuperficiales, obteniéndose valores de 34.76 cm/s y de 23.73 cm/s respectivamente.

ABSTRACT

The Lagranges's method was applied for currents measurements, a study of Coast Circulation pattern was carried out in front of La Libertad using surface and subsurface drogues. The observations were taken from July 23 to August 5, 1988, including neap tides and spring tides.

Based on these observations, an eastward flow is the general tendency, with some changes in the direction during spring tides, where the tide behavior is predominant over the circulation. The influency of wind and submarine topography was smaller over the circulation. Furthermore the surface currents are slightly stronger than subsurface currents, with values of 34.76 cm/s and 23.73 cm/s respectively.

INTRODUCCION

El estudio de corrientes marinas en zonas costeras tiene primordial importancia para el entendimiento de los procesos costeros que influyen directamente sobre la costa. Su aplicación es de mucho interés no solo para fines pesqueros sino desde puntos de vista ingenieril para obras portuarias, como ha ocurrido principalmente en el país, puesto que en el planeamiento, diseño, operación y mantenimiento de trabajos de ingeniería costera, cierta información básica debe ser disponible al ingeniero como ayuda en la toma de decisiones, Johnson y Wiegel (1959)

A lo largo de la costa ecuatoriana se han realizado algunos estudios de corrientes, la gran mayoría de estos los han efectuado utilizando derivadores o flotadores considerándose que los mismos son excelentes herramientas para conocer la circulación de un área, entre algunos podemos citar los siguientes: INOCAR (1984), Paredes (1984), INOCAR (1985), ESPOL (1990).

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

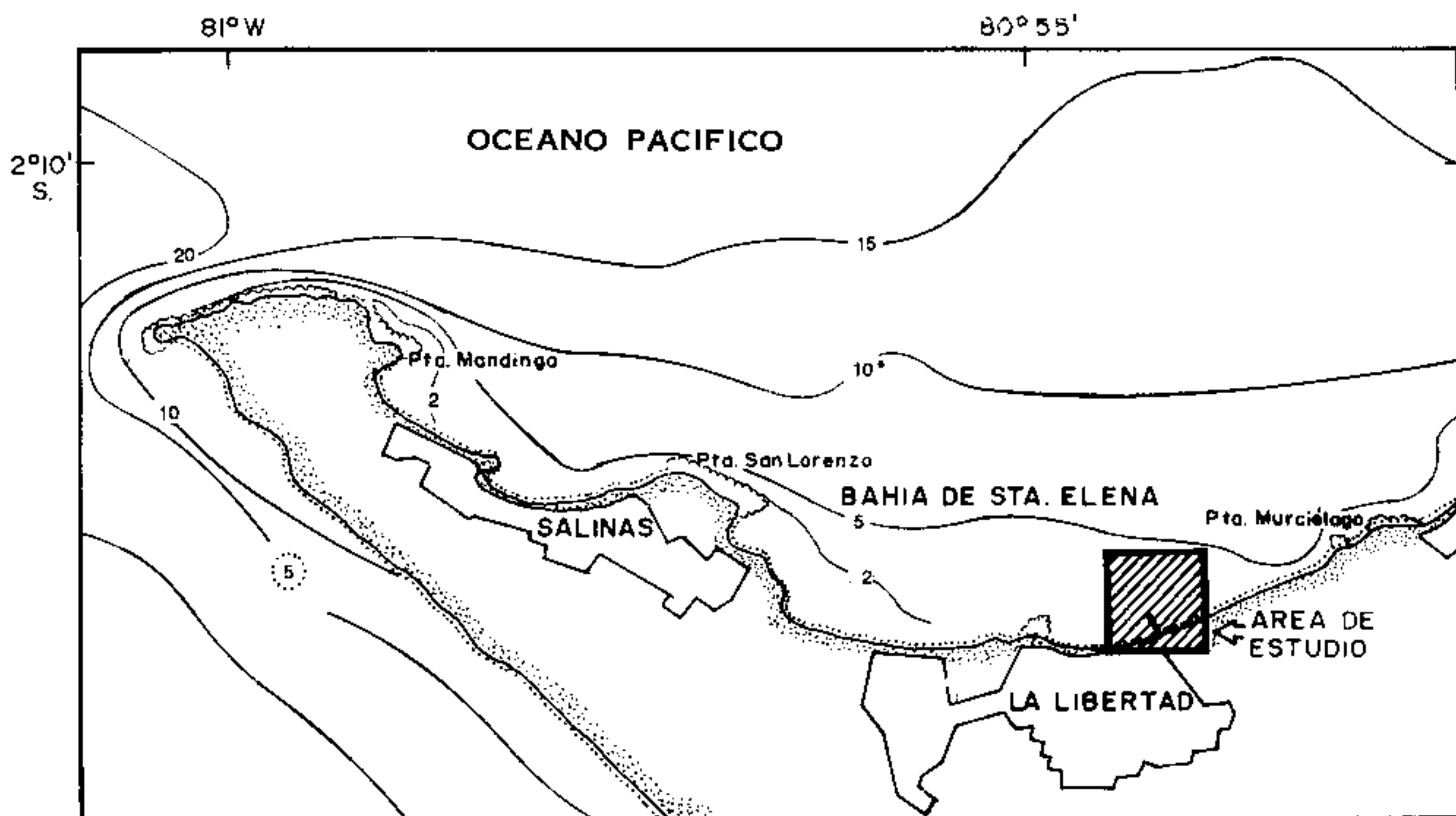


Figura 1 Área de Estudio

El presente estudio se basa en mediciones de corrientes marinas realizadas en el área frente a La Libertad (Figura 1) aplicando el método de Lagrange. Estas mediciones forman parte de un estudio global de esta área con fines a encontrar soluciones para el problema de erosión que está afectando al Malecón de La Libertad desde hace muchos años.

METODOLOGIA

Las mediciones de corrientes en el área de estudio se las realizaron aplicando el Método de Lagrange (Neshiba y Fonseca, 1981), utilizando para este efecto flotadores ó veletas superficiales y subsuperficiales (5 metros), las cuales consisten de dos pantallas de lata galvanizada cruzadas entre sí, en cuya parte superior se unen a un eje formado por un tubo galvanizado de 1/2 pulgada de diámetro uniéndose en su parte superior a una varilla delgada de hierro, la misma que sostiene una bandera plástica pequeña de diferentes colores para diferenciarlos unas de otras. El peso de la veleta es compensado por tres boyarines ubicados en el tubo galvanizado manteniéndola en flotación y permitiendo observar la parte superior de su eje (varilla y bandera) sobre la superficie. La diferencia entre veletas superficiales y subsuperficiales consiste en que en las segundas las pantallas cruzadas se suspenden del eje por medio de un cabo de polietileno de 5 metros de largo (longitud variable según el interés).

Con respecto a este tipo de flotadores utilizado, es decir una parte sumergida y otra no sumergida, el efecto de las corrientes sobre la parte sumergida es mucho mayor que el efecto de corriente y viento sobre la parte flotante, es por esto que efectivamente se mide la corriente a algún nivel bajo la superficie del mar (Johnson y Wiegel, 1959).

Las veletas fueron posicionadas con el método de intersección de ángulos, por medio de dos teodolitos ubicados en dos estaciones en la costa. Se conoce que desde hace muchos años se empleaba este tipo de posicionamiento, tal como es mencionado en Johnson y Wiegel (1959). Este tipo de mediciones tiene ventaja con respecto a otros flotadores tales como las botellas a la deriva o flotadores posicionados por radar, que son mediciones del tipo lagrangiano pero no dan una precisa posición de la trayectoria de cada flotador; sin embargo, el posicionamiento desde estaciones en tierra, también tiene una gran desventaja que radica en la buena visibilidad, por lo que se prefiere aplicarlo durante el día, pero, la deriva debe ser monitoriada día y noche en buenas o malas condiciones de tiempo (Neshyba y Fonseca, 1981). Por tal motivo, cuando se aplica este método se trata de extender el mayor tiempo posible en el día para realizar las mediciones, además de realizarlo durante algunos días continuos, obteniendo así una buena aproximación de la circulación marina en el área de estudio.

El período de medición diario fue de hasta 8.5 horas (08:30 - 17:00) aproximadamente, desde el 23 de Julio al 5 de Agosto de 1988, obteniendo un período total de 14 días de medición, el cual incluye la marea en estados de sicigia y cuadratura.

ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES

El análisis de la circulación costera en el área de estudio, se basa en la descripción de las trayectorias de los flotadores, tomando en consideración factores como mareas y vientos, entre otros. En las figuras 2 a 15, se presentan las trayectorias de las veletas durante cada día de medición, diferenciando las veletas superficiales de las subsuperficiales (profundas) e incluyendo en cada una de ellas la marea y el viento del día, los cuales fueron obtenidos de la Estación Mareográfica y Meteorológica ubicada en el Muelle de la Superintendencia de La Libertad.

En la figura 2, correspondiente al primer día de medición, ciertos flotadores inician su trayectoria con una dirección Norte-Noreste, alejándose de la costa para luego cambiar su rumbo hacia el Este junto a los demás flotadores, lo que podría ser producido por la marea. Esto no se observa en los días 24 al 30 (Figuras 3 a 9), donde las veletas siguen en conjunto la misma orientación y en forma casi paralela entre sí, fluctuando su dirección inicialmente entre el NE y SE para finalizar su dirección hacia el NE-E, y en la mayoría de los casos bordeando el perfil de la costa. No se aprecia en general un cambio pronunciado en la dirección de las trayectorias, de tal forma que a pesar de haber cambios en la marea, como se puede observar en las figuras mencionadas anteriormente, esta parece no ser muy influyente en estos días, en los cuales coincide con la cuadratura, que según los registros mareográficos de La Libertad, las mareas más bajas se presentaron el día 24 de Julio.

Para los siguientes días, 31 de Julio y 1ro. de Agosto, figuras 10 y 11 respectivamente, cuando la marea presenta los rangos más altos debido a la sicigia, se aprecia un ligero cambio en la dirección de algunas trayectorias, puesto que casi todas al inicio de la misma tienden a dirigirse hacia afuera de la playa, es decir hacia el Norte, para luego girar ciclónica y paulatinamente hacia el Noreste-Este.

Los cambios en las trayectorias de las veletas se aprecia fuertemente en los días posteriores 2, 3 y 4 de Agosto (Figuras 12, 13 y 14), donde las veletas presentan un cambio pronunciado de dirección, siendo los más bruscos los realizados por algunas veletas superficiales del día 2. Acerca de este cambio de orientación se podría pensar que se debe a la fuerte influencia del cambio de marea, de reflujo a flujo, como puede observarse en sus

respectivos gráficos de marea: además en el mismo día se observa que las veletas que se encuentran en el sector occidental del área de estudio, se dirigen hacia el Noroeste, dirección que tomaron durante sus trayectorias seguidas solo en las primeras horas de la mañana antes de la bajamar, o sea cuando la marea se encontraba en toda su fase de reflujo, mientras que con respecto a las demás veletas, unas comenzaron su trayectoria en la mañana y terminaron en la tarde y otras solo después de la bajamar. Un detalle presente en estas mediciones corresponde al giro anticiclónico que realizó una de las veletas subsuperficiales, la cual es diferente a los realizados por las otras. Durante los días 3 y 4 de Agosto, también se observa un giro en la mayoría de las trayectorias de las veletas, influenciados claramente por el cambio de marea, presentándose el mismo giro en todos los flotadores.

Para el día 5 de Agosto (Figura 15) se observa un patrón diferente de las trayectorias, ya que todas se alejan de la costa en dirección Norte fluctuando entre Noroeste y Noreste. El período total de medición de este día, fue desde las 9:20 hasta las 14:20, lo cual permite apreciar que las veletas derivaron únicamente en estado de reflujo, sin cambio de marea, obteniendo la misma orientación tanto las veletas superficiales como las profundas.

Las trayectorias de las veletas indican en forma clara la dirección que toma la circulación marina en el área. Se observa en las figuras 2 a 15 en forma general, que la tendencia del flujo es de dirigirse predominantemente hacia el Este, fluctuando entre el Noreste y Sureste, a excepción del día 5 de Agosto (Figura 15) donde las veletas se dirigen hacia el Norte. La marea ejerce influencia sobre la trayectoria de la circulación en época de sicigia y más aún después de la misma, aspecto observado en los últimos días de medición, no así en los primeros cuando la marea se encontraba en cuadratura, época en la cual son otros los factores que inciden mayormente sobre la circulación en el área. Las mismas características del movimiento de las aguas se los puede apreciar tanto en las veletas superficiales como en las subsuperficiales.

De acuerdo a Fleming y Heggarty (1962), en general, las corrientes tienden a seguir predominantemente en dirección paralela a los contornos de profundidad que a la línea de costa, característica que puede observarse durante algunos días de medición, especialmente es cuadratura, en la cual el cambio de marea tiene mínima influencia sobre la circulación, a pesar de que el veril de 5 m. presenta una distorsión perpendicular a la playa, en el sector central del área de estudio, continuando luego su alineación paralela a los demás veriles (Figura 1). Sin embargo, cuando la circulación en el área de estudio cambia de orientación debido a la marea, este cambio es

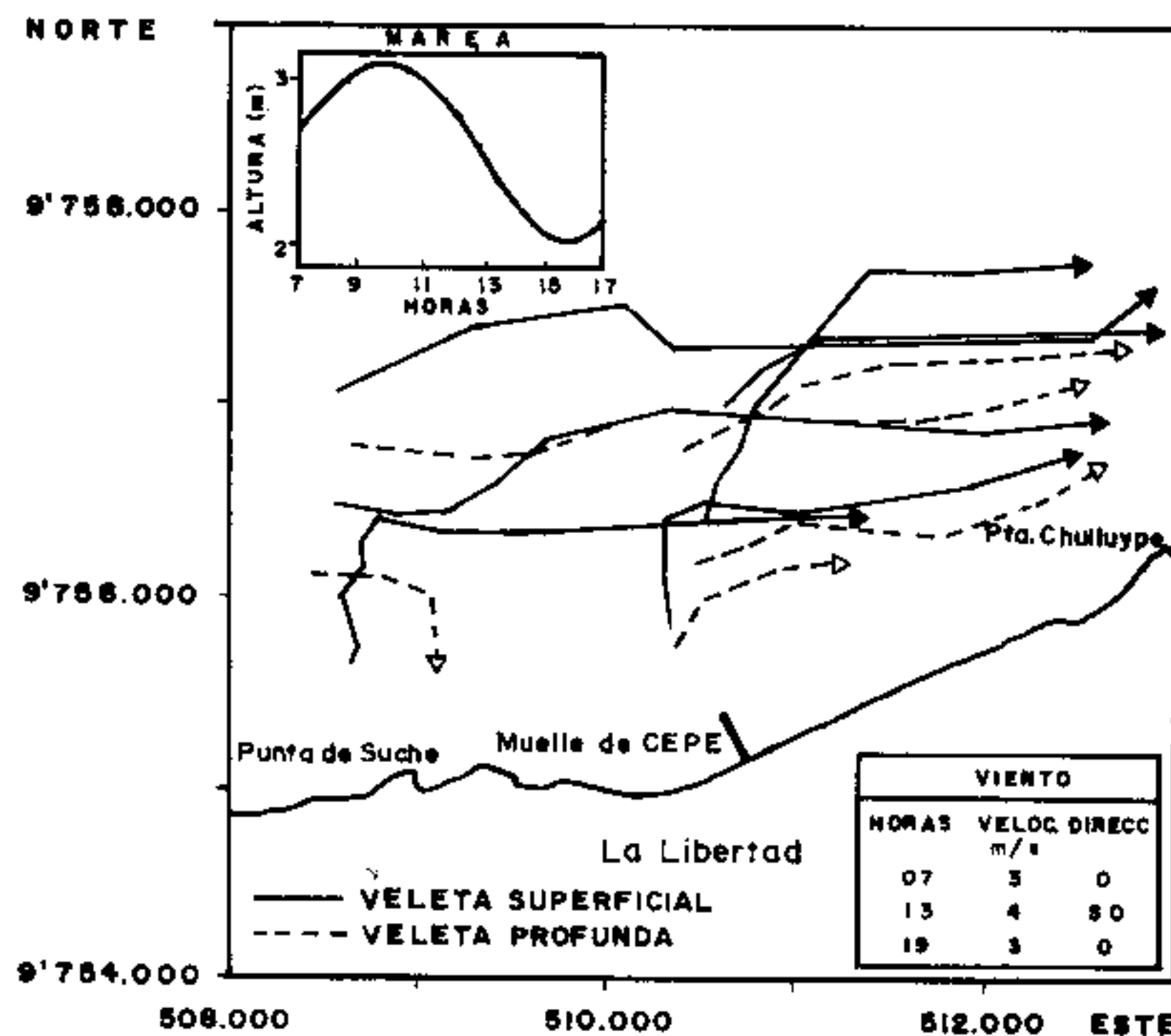


Figura 2 Trayectoria de las veletas durante el 23 de Julio/88

independiente de la topografía del fondo, lo cual indicaría que durante la cuadratura, cuando la marea ejerce poca influencia sobre las corrientes, el factor topografía podría tener cierta relación con las direcciones de las corrientes, confirmando lo dicho por Fleming y Heggarty (1962).

Además de las mareas y topografía, los vientos también influyen en las corrientes, tal como se demuestra en el Estudio de la circulación realizado en Manta, ESPOL (1990). Hachey (1953), encontró que la dirección y magnitud de las corrientes superficiales son fuertemente influenciadas por la fuerza y dirección del viento cuando éste excede 5 m/s. Sin embargo, según el promedio de los datos de viento para cada día de muestreo, como se puede apreciar en las figuras 2 a 15, predominan vientos del Suroeste y Oeste, con velocidades menores o iguales a 6 m/s, lo que indicaría que la influencia del viento sobre la circulación en ésta área es mínima, más aún en época de sicigia, cuando la marea ejerce mayor incidencia en la circulación. Se podría considerar que el viento tiene poca influencia comparándola con la marea y probablemente con la circulación oceánica costera presente en la Corriente Costanera Ecuatoriana, la cual proviene de un ramal de la Corriente de Humboldt y se dirige hacia el Norte bordeando las costas ecuatorianas, Allauca (1991), la misma que al llegar a la Puntilla de Santa Elena se divide en dos

ramales, el primero que sigue hacia el Norte alejado de la costa y el segundo que se dirige hacia el Noreste bordeando netamente la costa (Soledispa y Villacrés, 1989).

El posicionamiento continuo de cada flotador y el tiempo transcurrido en su trayectoria permitió conocer su velocidad media, así como la máxima en cada una de las trayectorias. En la tabla I, se presentan dichas velocidades para cada tipo de flotador. Por otro lado, se menciona que la velocidad media representa el promedio de las velocidades medias de todos los flotadores que derivaron en el día y la máxima es el mayor valor determinado de un segmento de trayectoria entre todos los flotadores. De acuerdo a la tabla mencionada, la máxima velocidad encontrada en las veletas superficiales es de 34.76 cm/s mientras que en las subsuperficiales es de 23.73 cm/s, las cuales se presentaron el día 23 de Julio. También se observa en forma general que las velocidades superficiales son mayores que las subsuperficiales, aunque en algunos casos la diferencia es mínima. El promedio global de la velocidad para los flotadores superficiales es de 10.7 cm/s y de 9.3 cm/s para los subsuperficiales. Se puede notar en la Tabla I que los máximos de velocidad se presentaron en cuadratura, en la cual la influencia de la marea es menor que en sicigia, debido probablemente a otros factores influyentes para estos días.

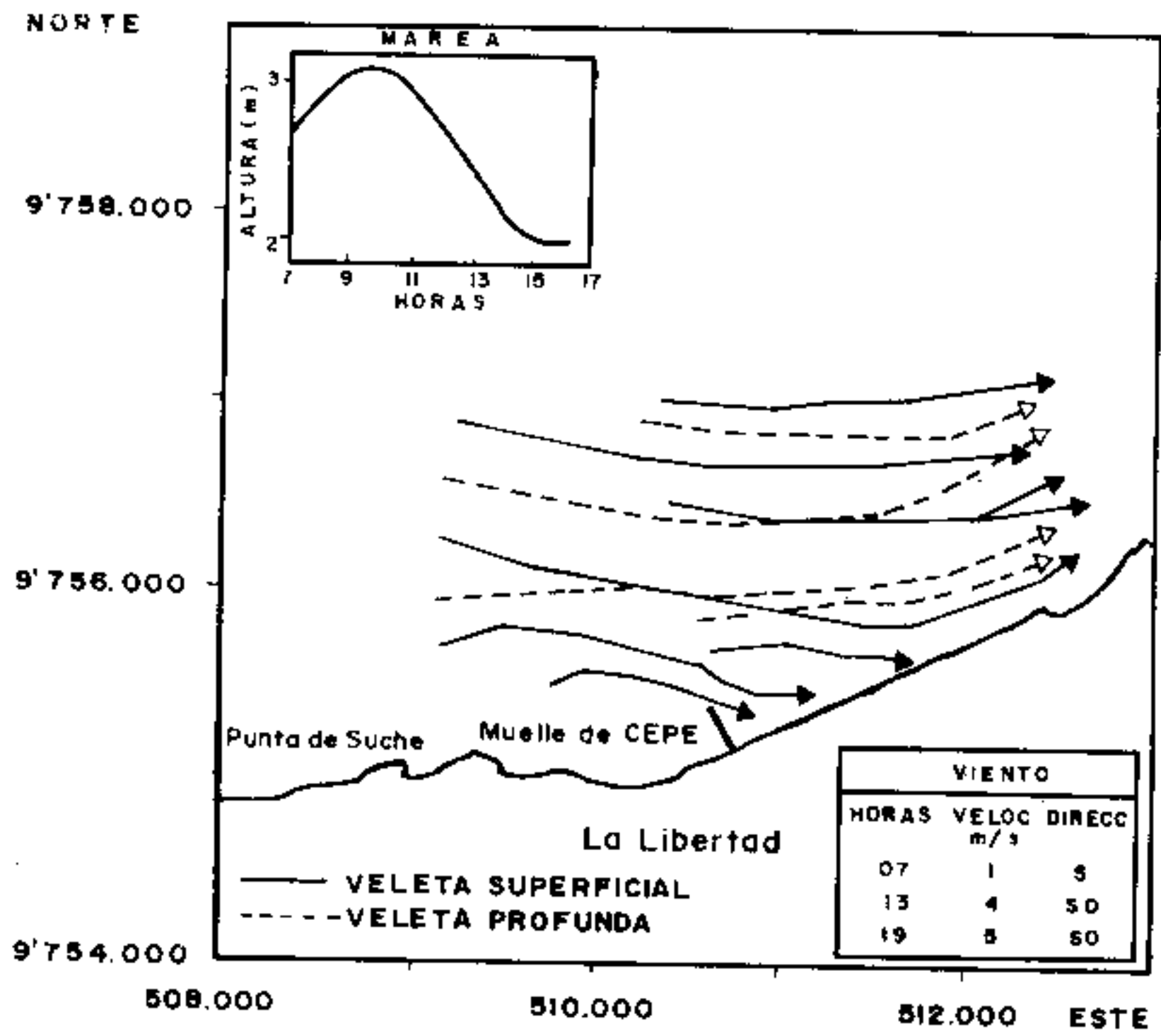


Figura 3 Trayectoria de las veletas durante el 24 de julio/88

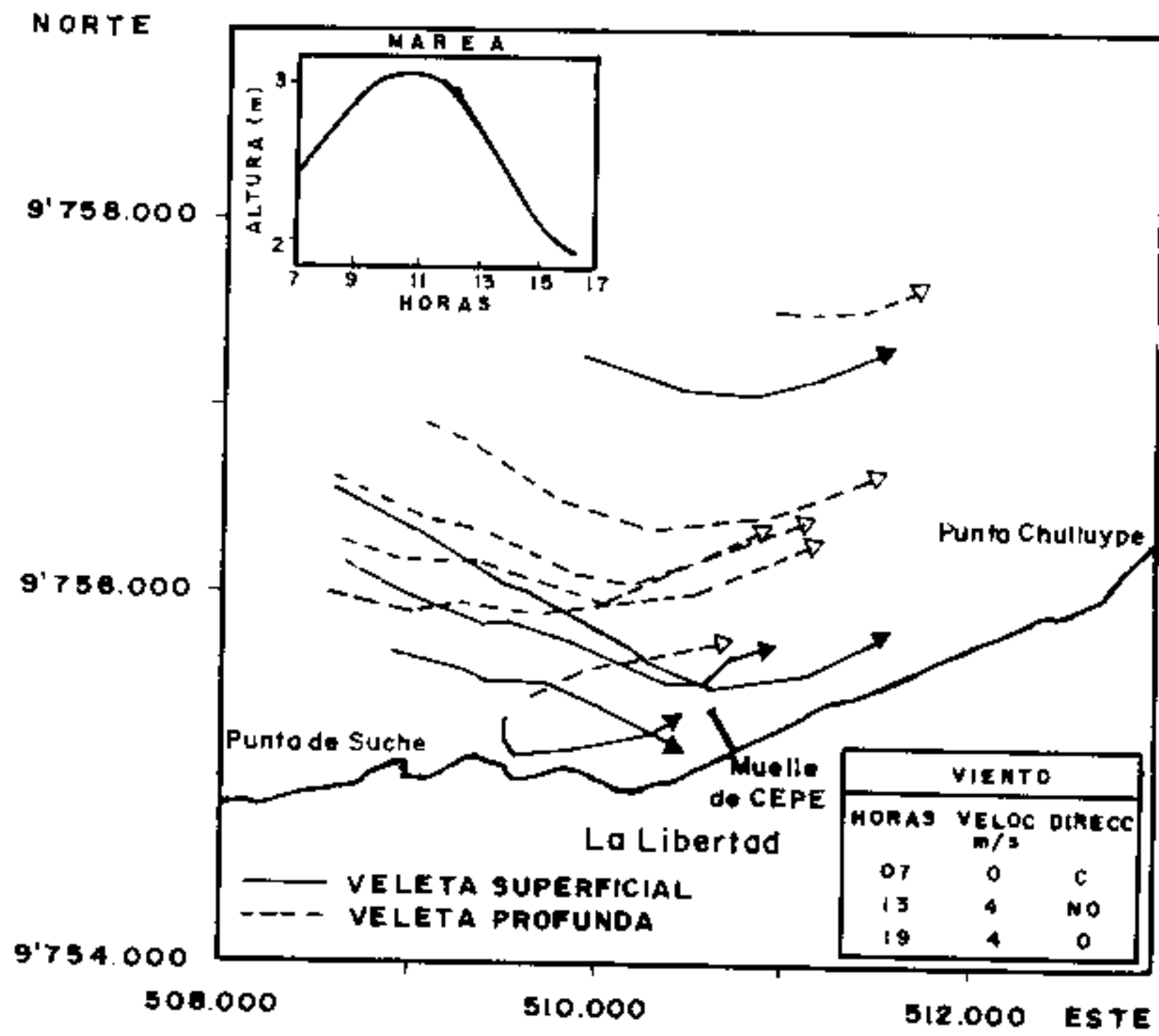


Figura 4 Trayectoria de las veletas durante el 25 de julio/88

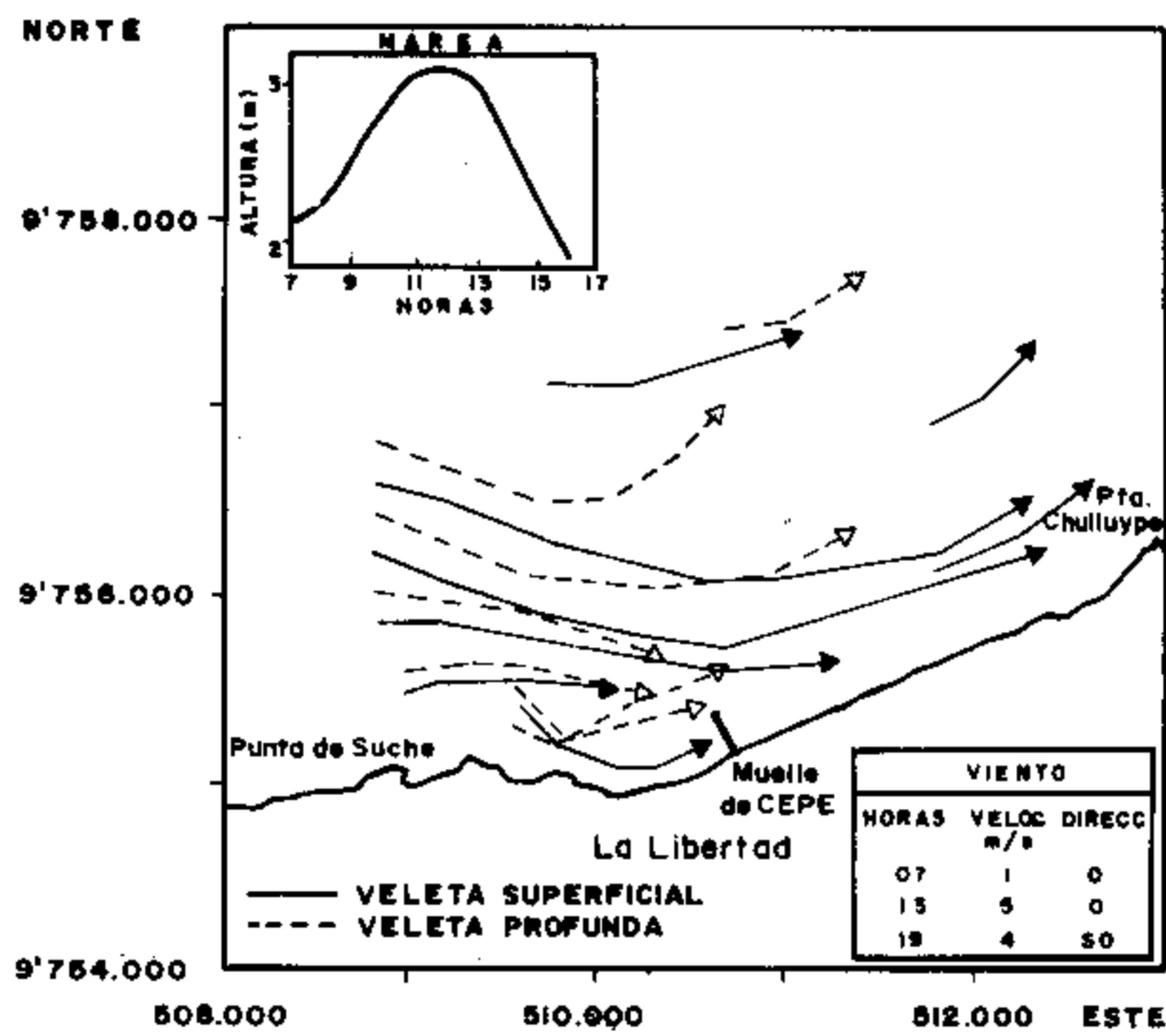


Figura 5 Trayectoria de las veletas durante el 26 de julio/88

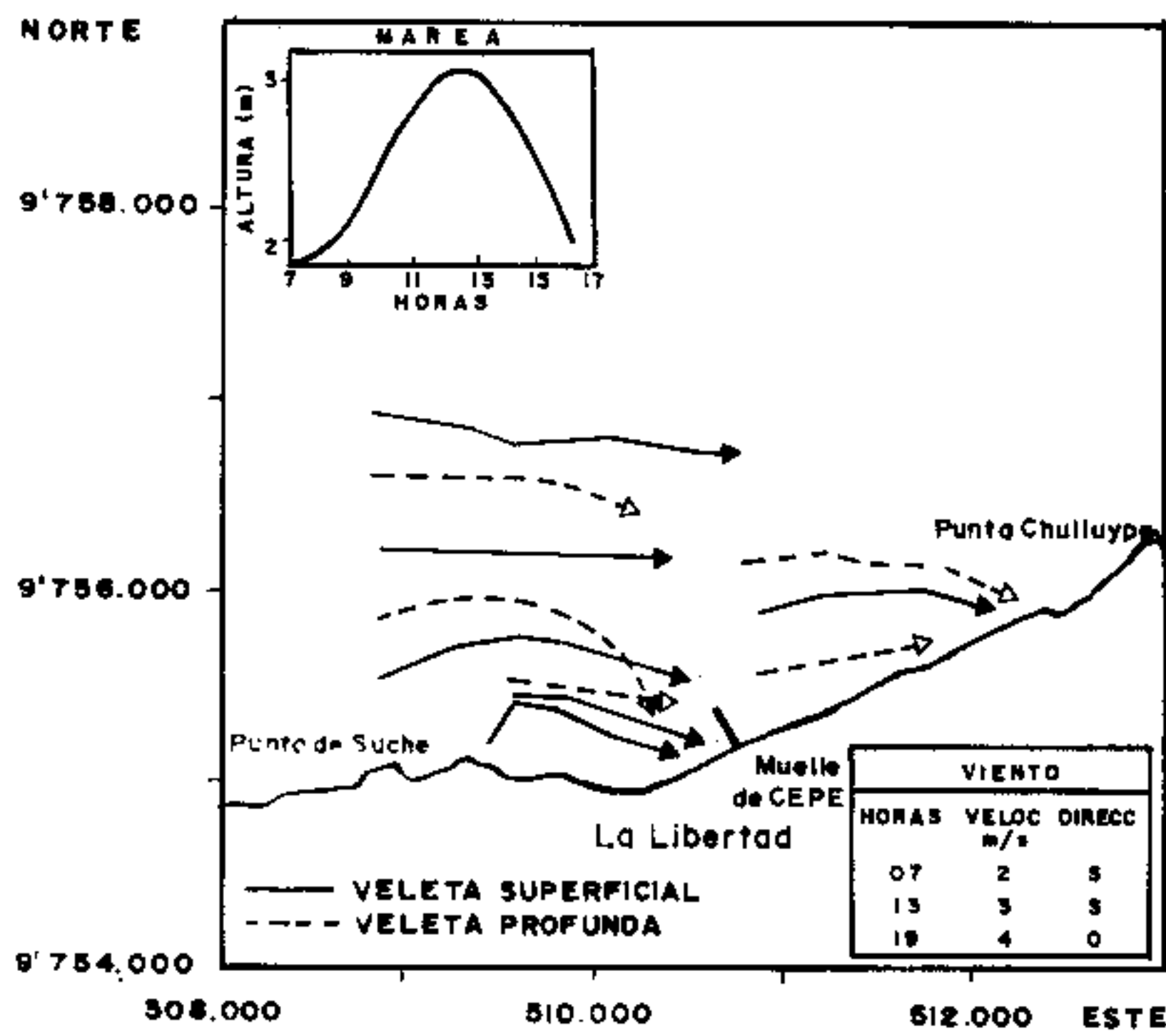


Figura 6 Trayectoria de las veletas durante el 27 de julio/88

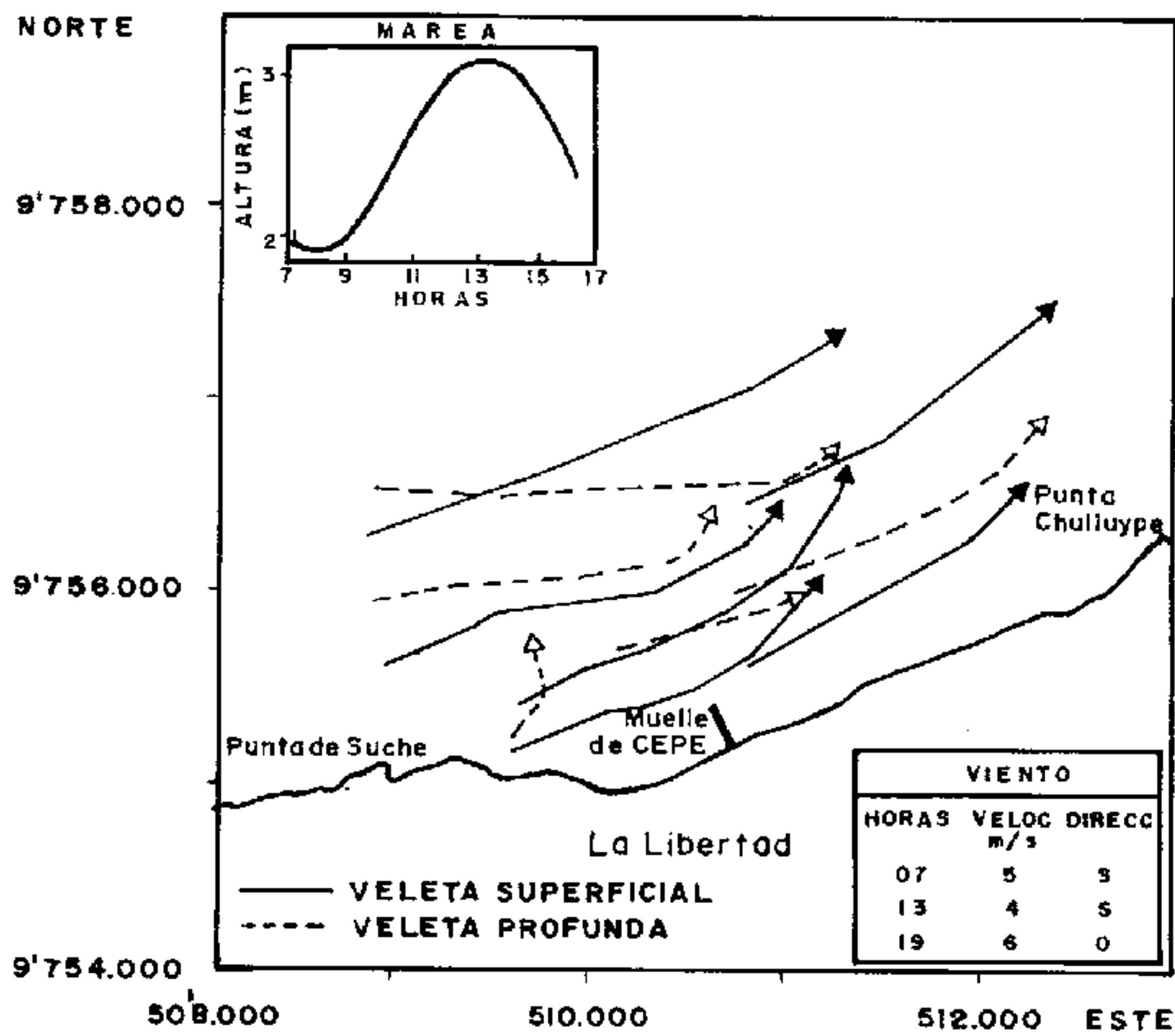


Figura 7 Trayectoria de las veletas durante el 28 de julio/88

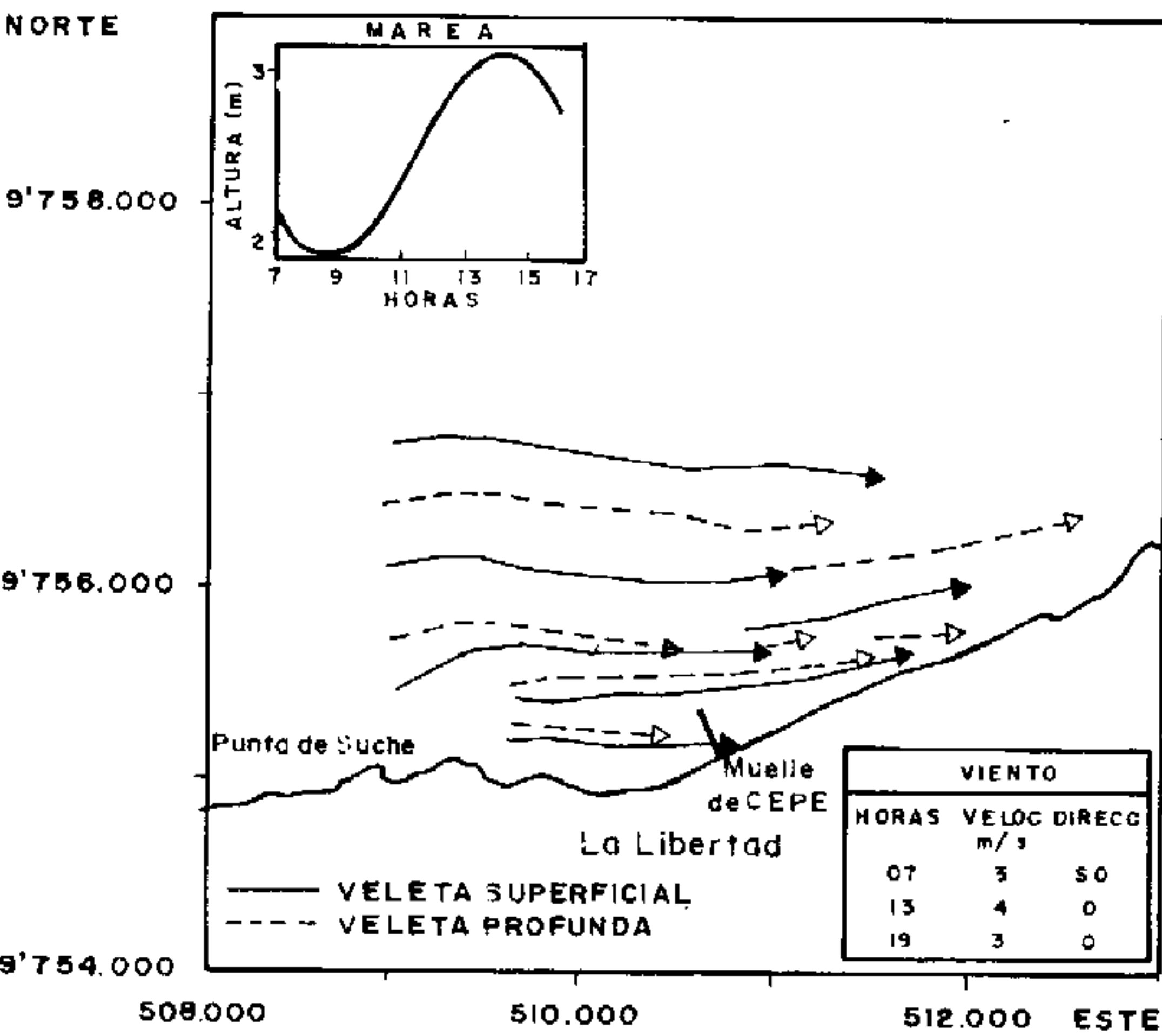


Figura 8 Trayectoria de las veletas durante el 29 de julio/88

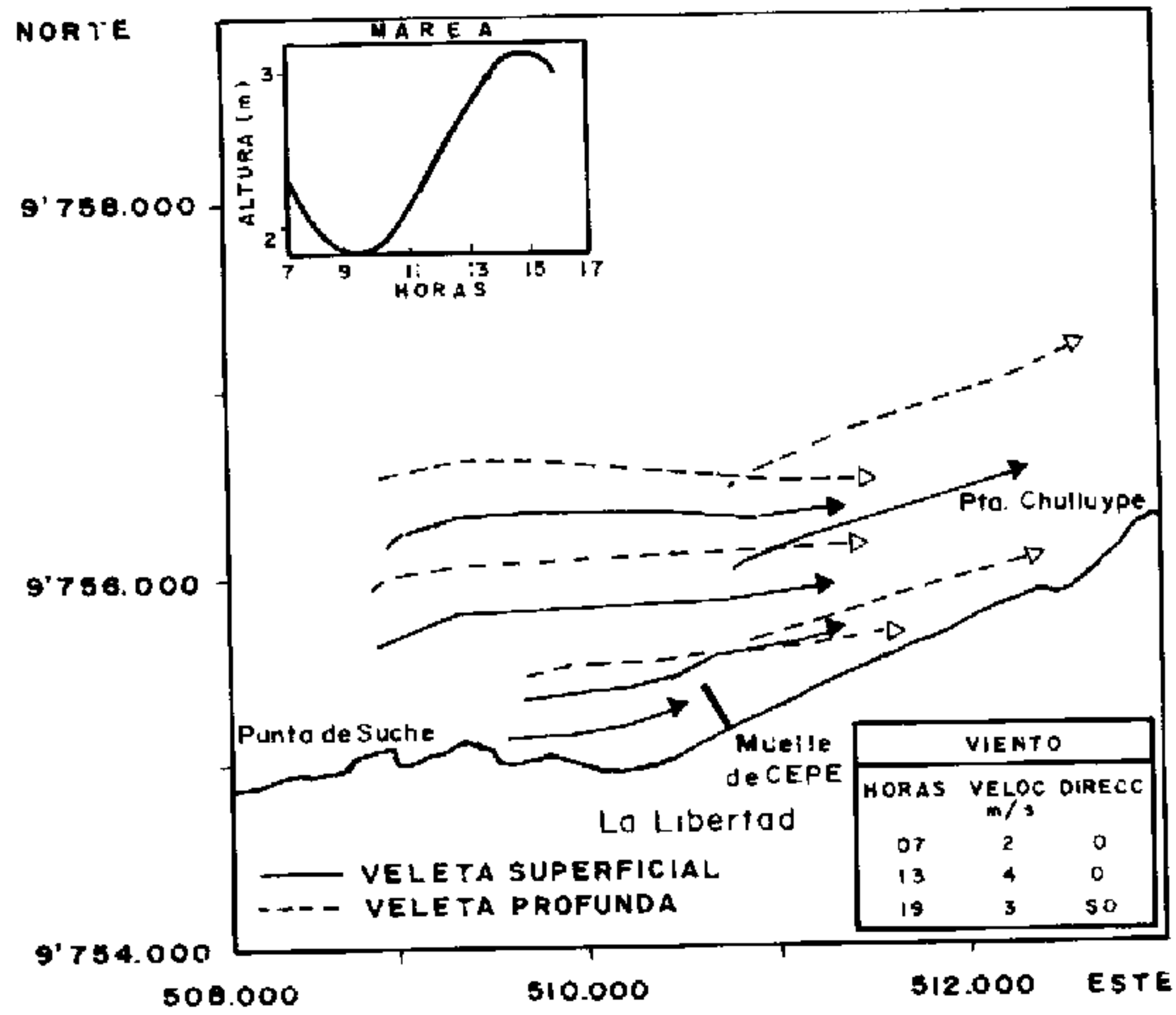


Figura 9 Trayectoria de las veletas durante el 30 de julio/88

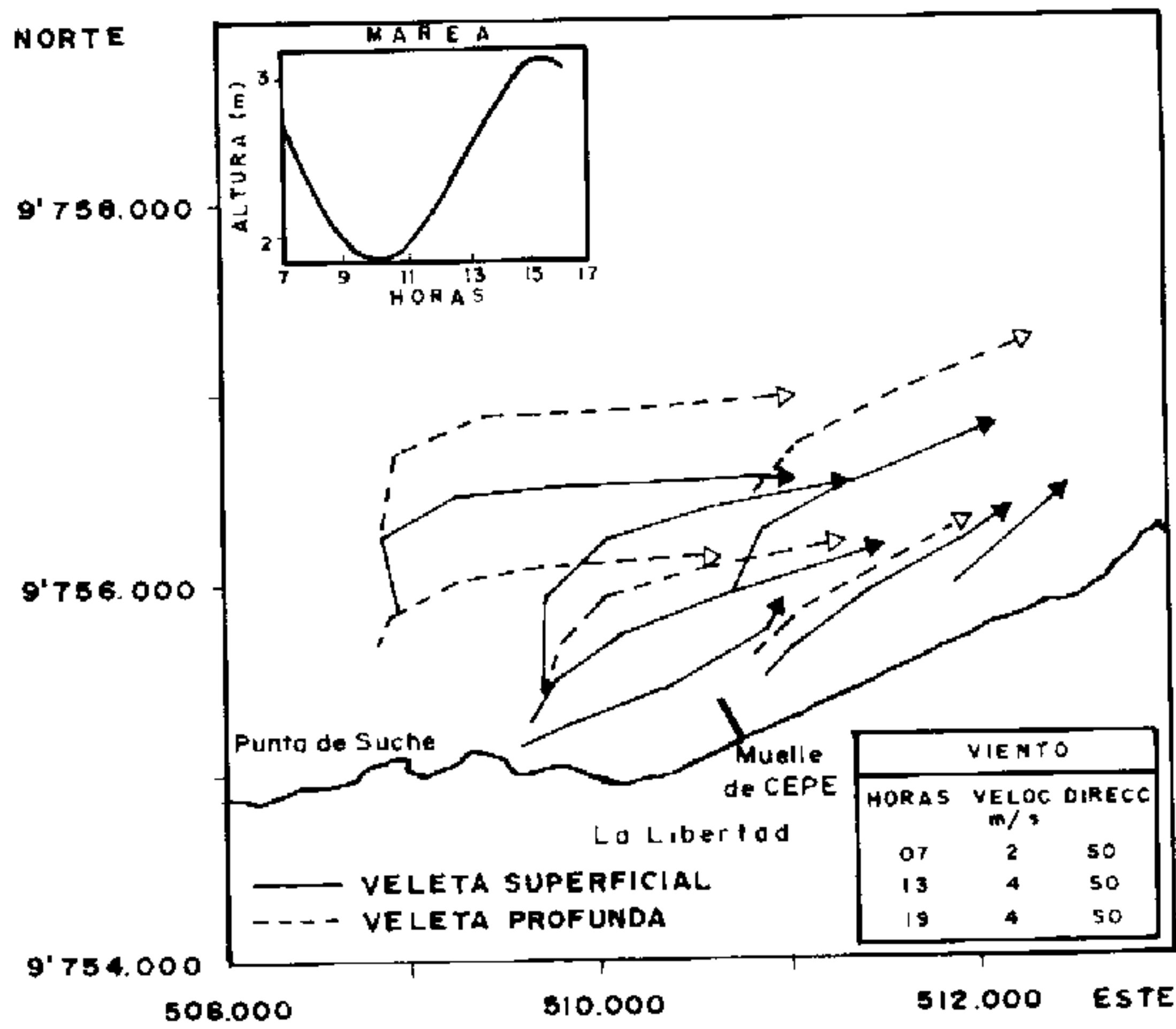


Figura10 Trayectoria de las veletas durante el 31 de julio/88

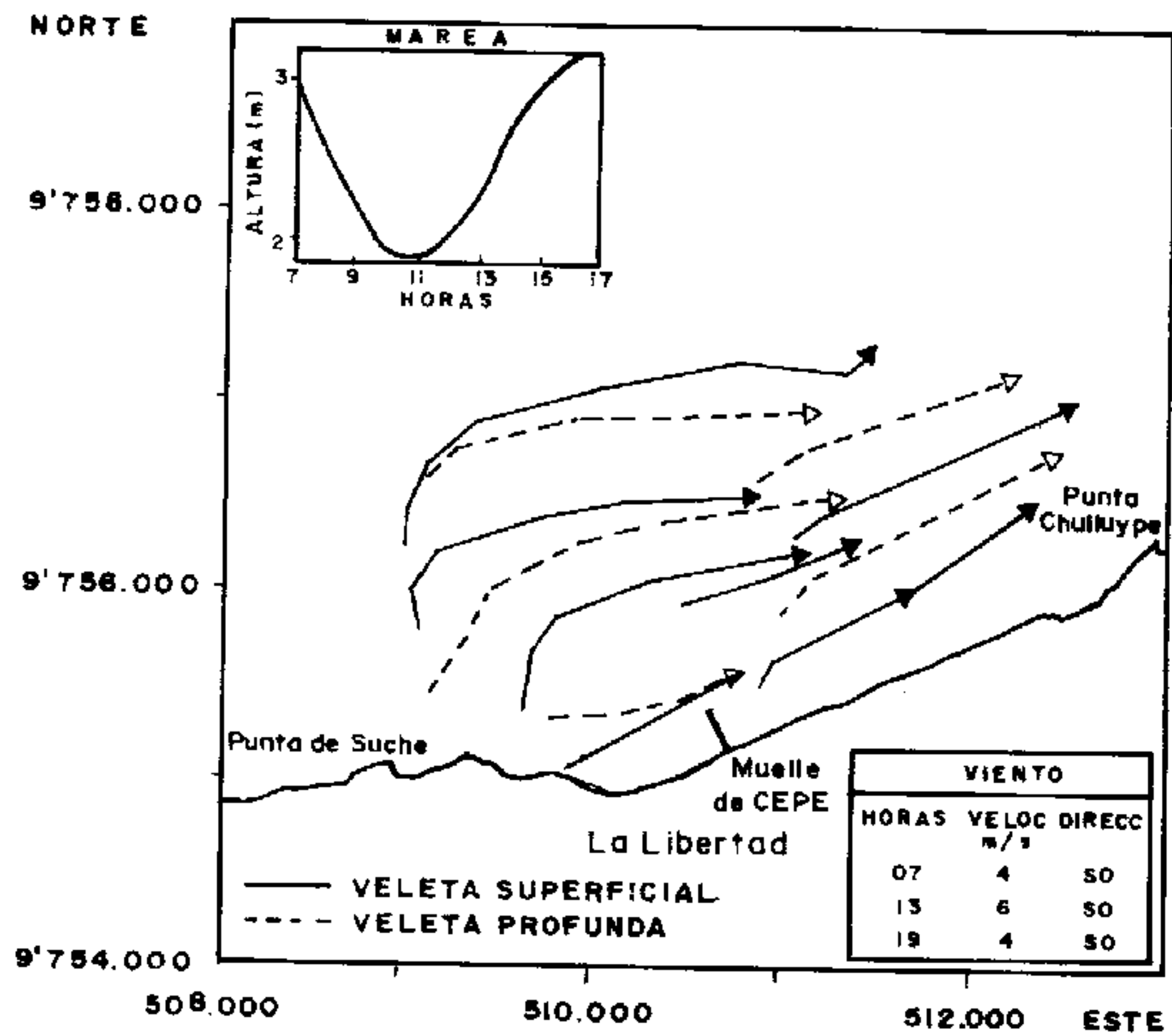


Figura 11 Trayectoria de las veletas durante el 1 de agosto/88

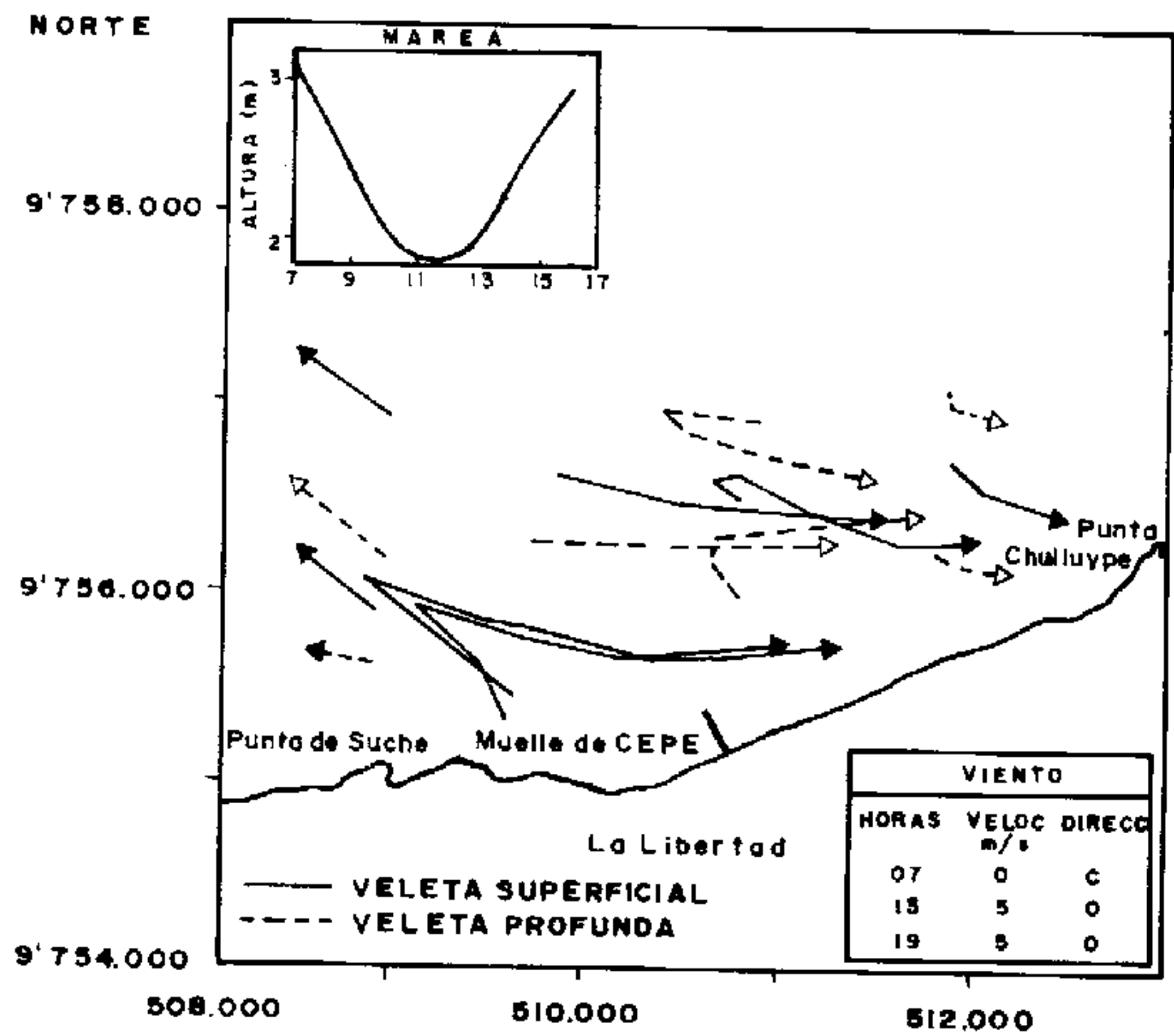


Figura 12 Trayectoria de las veletas durante el 2 de agosto/88

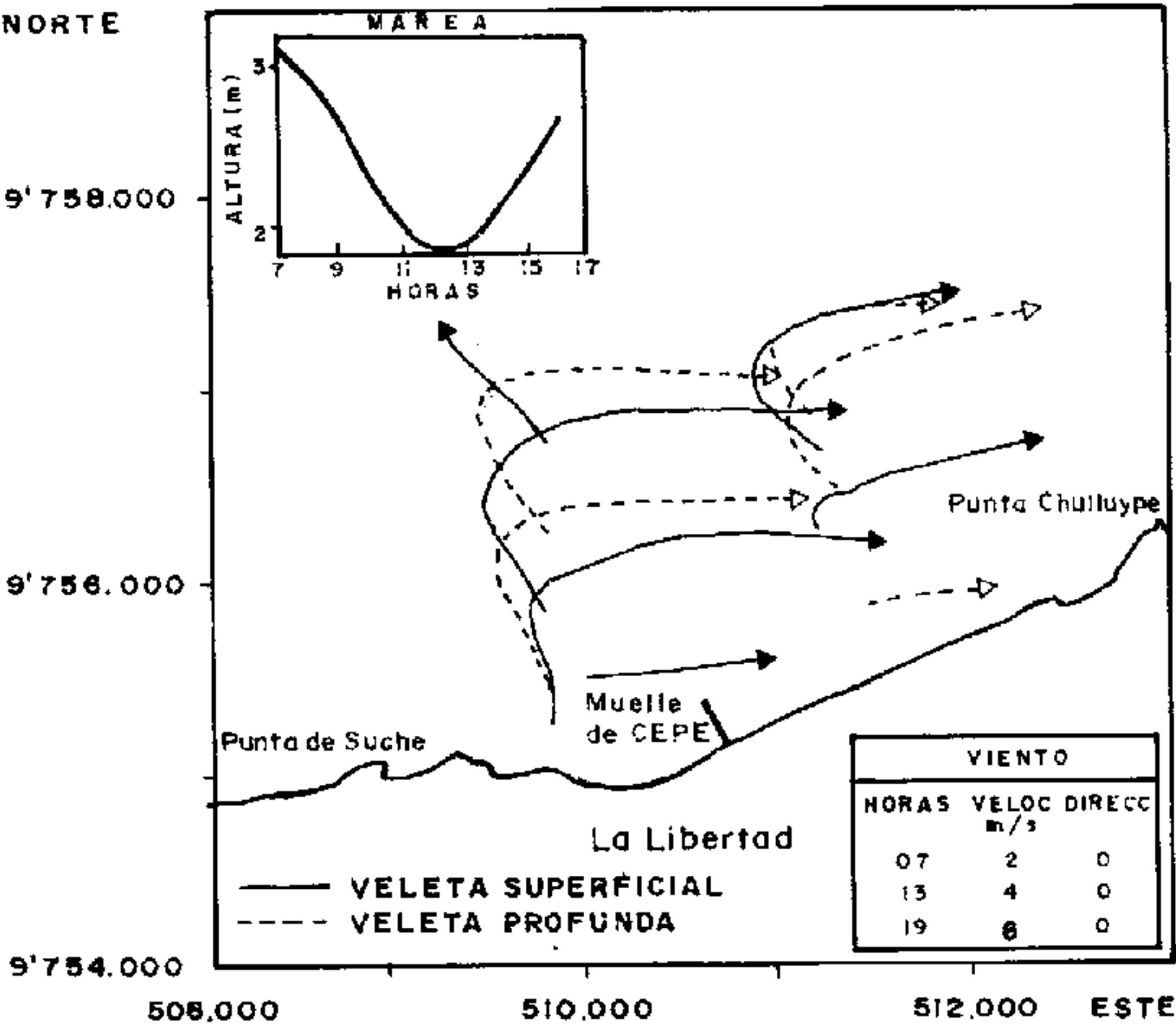


Figura 13 Trayectoria de las veletas durante el 3 de agosto/88

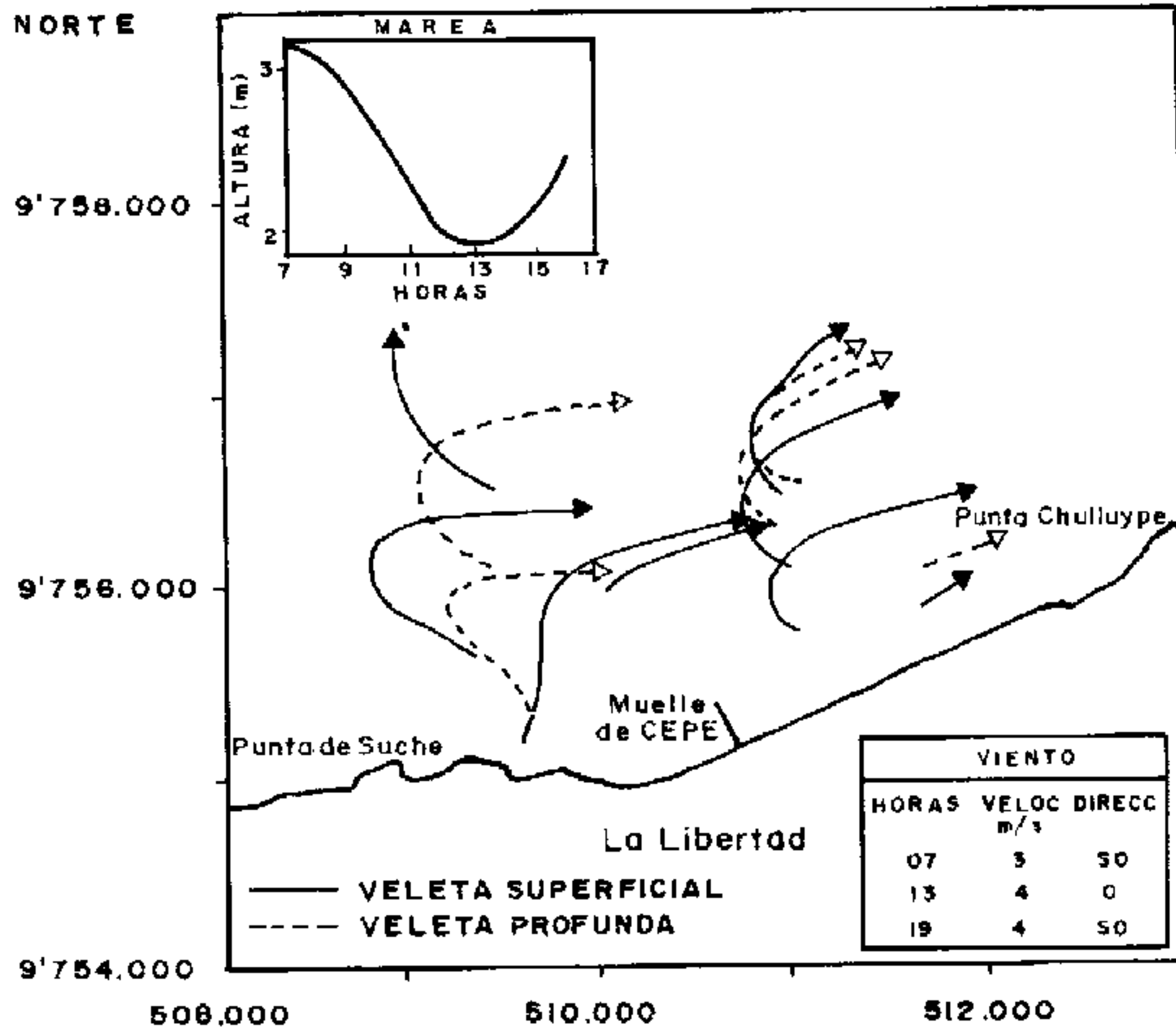


Figura 14 Trayectoria de las veletas durante el 4 de agosto/88

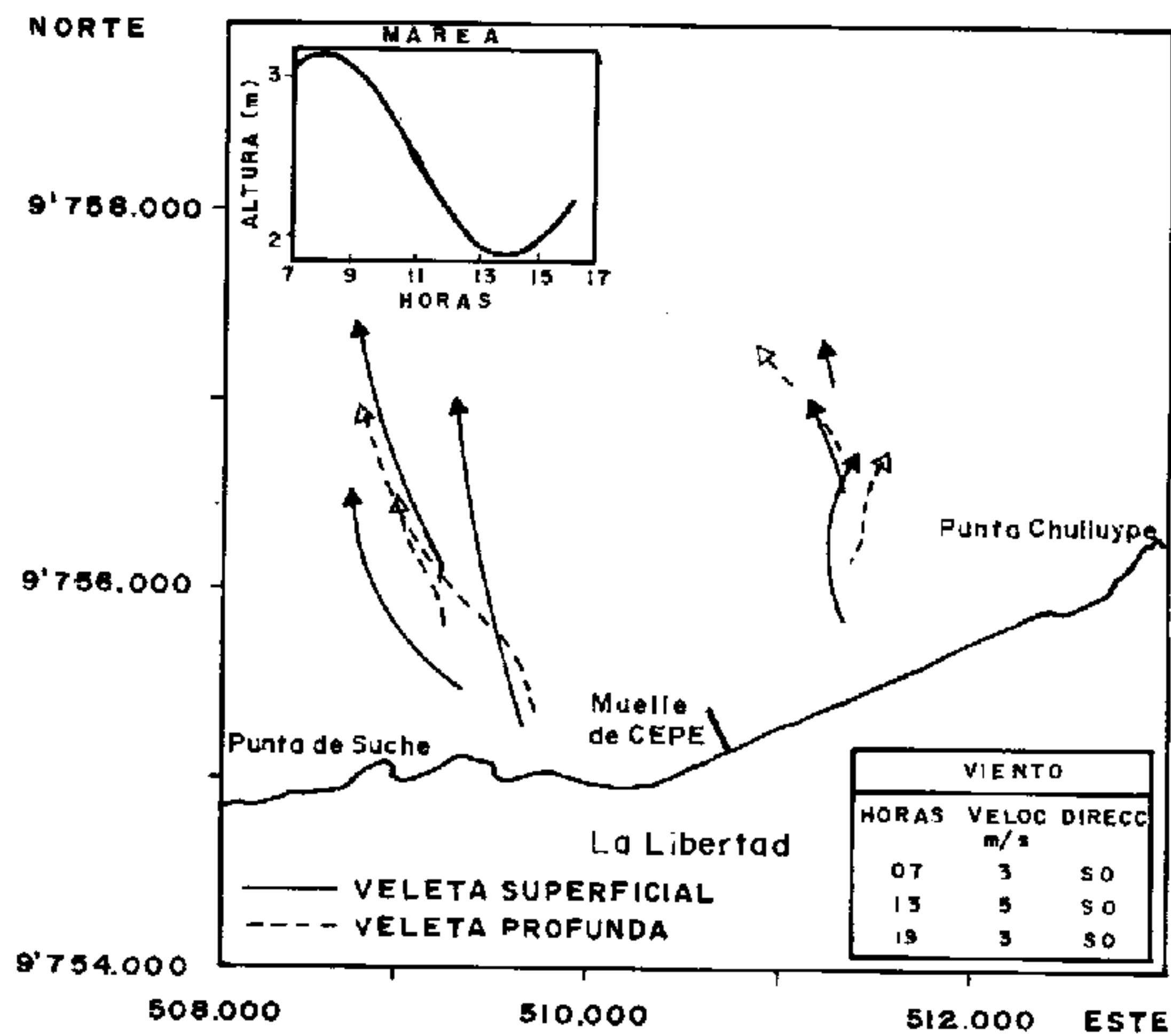


Figura 15 Trayectoria de las veletas durante el 5 de agosto/88

DIA	VELETA	V(media) (cm/s)	V(máxima) (cm/s)	Estado de marea
23	S	15.90	34.76	Cuadratura
24	S	10.35	23.73	
24	P	16.00	21.20	
25	S	15.10	23.55	
25	P	9.72	20.81	
26	S	9.09	19.38	
26	P	11.29	17.55	
27	S	8.28	13.27	
27	P	6.95	13.79	
28	S	6.76	11.99	
28	P	11.00	16.13	
29	S	8.10	19.83	Sicigia
29	P	10.22	15.25	
30	S	9.38	14.35	
30	P	9.20	14.62	
31	S	10.28	15.39	
31	P	9.85	14.78	
01	S	10.15	16.70	
01	P	11.41	28.28	
02	S	11.26	17.21	
02	P	12.59	25.11	
03	S	8.98	20.17	
03	P	8.92	25.81	
04	S	7.19	18.91	
04	P	8.66	13.70	
05	S	8.64	13.53	
05	P	7.22	12.85	
05	P	6.62	10.20	

TABLA I. Velocidades medias y máximas de las veletas superficiales (S) y subsuperficiales (P), durante julio 23 - agosto 5 de 1988.

CONCLUSIONES

Siendo las trayectorias de flotadores una metodología aceptada como buen estimativo de la dirección y velocidad de la circulación marina, de las mediciones realizadas frente al Puerto de La Libertad, entre el 23 de Julio y 5 de Agosto de 1988, se concluye que se puede mencionar que son representativas para dar un conocimiento de la orientación del flujo en aquella área.

En base a las trayectorias de las veletas observadas para el período de medición mencionado anteriormente, se puede apreciar que la influencia de la marea es mayor en sicigia que en cuadratura, presentándose con mayor énfasis después de la sicigia determinando un flujo consistente hacia el Norte (fluctuando entre NO y NE) cuando la marea se encuentra en reflujo y hacia el Este (entre NE y SE) en flujo. Con respecto a los movimientos de las veletas superficiales y subsuperficiales no presentaron diferencias, se puede mencionar que toda la masa de agua se dirigía en el mismo sentido en el nivel superficial y a 5 metros de profundidad. Sin embargo, se aprecian velocidades ligeramente mayores en la superficie que a 5 m. de profundidad.

Se observó que la marea es el factor más influyente en la circulación con relación a los vientos y a la topografía del fondo. Por otro lado otro factor que se presume tiene gran importancia es la Corriente Costanera Ecuatoriana, por cuanto la dirección predominante del flujo es hacia el Este, que observando la alineación de la línea de costa, bien puede formar parte de un ramal de esta corriente, que bordea netamente la costa.

BIBLIOGRAFIA

- ALLAUCA, S., 1990.- Presencia de la Corriente Costanera Ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Ecuador, 6 (1).
- ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral), 1990.- Informe del Programa Estudio de Circulación. Convenio Autoridad Portuaria de Manta, Ecuador.
- FLEMING R.H. y D. HEGGARTY, 1962.- Recovery of drives bottle released in the sotheastern Chukchi Sea and norther Bering Sea. Uni. Washington Dept. Oceanog. Tech. rept. No. 70. 18 pp.-
- AVERY D.E., D.C. Cox y T. Leavastu, 1963.- Currents around the Hawaiian Island, Interim Progress Report 1, Hawaiian Institute of Geophysics, Report No. 26, University of Hawaii.
- HACKEY, M.B. y N.O. Fothergill, 1953.- Wind Current on watter movement at Ambrose Lightship. Trans. Roy. Soc. Can. Ser. 3, Vol. 47.-
- BLASKOVICH D., 1973.- A Drift Card Study In Monterrey Bay, California: September 1971 to April 1973. Moss Landing Marine Laboratories of the California State University and Colleges, Technical Publication 73-4.
- INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada) 1984.- Informe Técnico sobre "Estudios Oceanográficos en el Area del Muelle Marginal de la Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar, Ecuador".
- INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada), 1985.- Informe Técnico sobre "Estudios Oceanográficos, Hidrográficos y Meteorológicos de Tipo Estadístico en el Area de Monteverde, Ecuador".
- JOHNSON J.W. y R.L. WIEGEL, 1959.- Investigation of Currents Measurement in Estuarine and Coastal Waters. State Water Polution Control Board, Sacramento - California, Publication No. 19.
- LAGRANGE.- Método para mediciones de corrientes. NESHYBA y T. FONSECA, 1981. Corrientes costeras, Manual de mediciones y análisis, Investigaciones Marinas Valparaíso, Suplemento al Volumen 7:132 pp.
- NESHYBA S. y T. FONSECA, 1981.- Corriente Costeras, Manual de Mediciones y Análisis, Investigaciones Marinas Valparaíso, Suplemento al Volumen 7: 132 pp.
- PAREDES R., 1984.- Estudio de Corrientes Marinas en la Zona de Valdivia - San Pedro, Tesis de Grado ESPOL.
- SOLEDISPA, B. y J. VILLACRES, 1989.- Estudio Sedimentológico y Mineralógico de la Plataforma Continental Ecuatoriana en el tramo comprendido entre Salinas y Ayampe. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 5, No. 1, p: 56-77

CARACTERISTICAS DEL REGIMEN DE OLAS EN SAN CRISTOBAL ISLAS GALAPAGOS

Por:

SILVIA MARÍA ESPIN (1)

JORGE NATH (1)

RESUMEN

Un estudio de las características del régimen del oleaje en la isla San Cristóbal fue realizado durante el período comprendido entre diciembre de 1990 y diciembre de 1991. Los datos fueron obtenidos con un sensor de presión instalado en el veril de 9 m. en Bahía Naufragio, obteniéndose un registro de 2436 datos de alturas significativas y períodos medios.

Del análisis de las series de alturas, períodos y los vientos de la región se determinó que las olas registradas corresponden a un régimen estacional ya que las de mayor altura y menores períodos se presentaron durante la época seca (de Mayo a Septiembre), con la intensificación de los vientos del sur y sureste, y las de menor amplitud y grandes períodos en la época húmeda. El arrecife de Schiavoni que se encuentra frente a la bahía actúa como zona de rompiente de las olas que vienen de aguas más profundas provocando olas de poca altura y grandes períodos.

Se realizó además una predicción de olas de retorno mediante los métodos probabilísticos de Weibull, Drapper, Log-log y Lon-log, determinándose que el de Drapper presenta la mejor recta de ajuste para los puntos de probabilidades calculadas. Los cálculos fueron hechos para períodos de 1, 10 y 25 años.

ABSTRACT

From December 1990 to December 1991, heights and periods of waves of San Cristobal Island were measured with a wave and tide recorder, installed at about 9 m. depth at Wreck Bay.

Series analysis of heights and periods determined the seasonal wave behavior in San Cristobal Island in agreement with the wind seasonal field. The Schiavoni reef in front of the Bay, showed his influence on the heights and periods of the waves arriving to the coast.

Besides, a returned wave prediction was done using the probabilistic methods of Weibull, Drapper, Log-log and Lon-log, concluding that the Drapper method presents the best linear fit to the probability points calculated. This approximation was made for periods of 1, 10 and 25 years.

INTRODUCCION

Estudiar las características del régimen de olas de las regiones cercanas a las costas en términos de altura, período y dirección se vuelve de gran importancia para el conocimiento de los procesos tanto hidrodinámicos como morfológicos de las zonas costeras y de circulación de las aguas.

Estudios de olas han sido realizados para la costa central del Ecuador y fueron publicados por Allauca y Cardin (1987), estos permitieron observar las características del oleaje de importantes áreas costeras en vías de desarrollo.

En cuanto a la región insular, poca ha sido la contribución a este conocimiento, es entonces que INOCAR, a partir de diciembre de 1990, inicia los estudios de altura de olas en las Islas Galápagos, con la instalación de un ológrafo en Bahía Naufragio de la Isla San Cristóbal, a fin de conocer las características del régimen de olas para realizar el tendido de una tubería submarina en Puerto Baquerizo Moreno. El período de medición estuvo comprendido entre diciembre de 1990 y diciembre de 1991, obteniéndose un registro de 2436 datos de alturas significativas y períodos de olas.

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

Los métodos que se emplean en este análisis son: el estadístico que nos permite conocer las condiciones predominantes del oleaje para este período de medición y el método de predicción para el cálculo de alturas de olas de retorno y la probabilidad de su ocurrencia para períodos de 1, 10 y 25 años.

AREA DE ESTUDIO

Bahía Naufragio se encuentra ubicada en la parte suroeste de la Isla San Cristóbal de la Provincia Insular de Galápagos, figura 1; siendo ésta la isla más oriental del archipiélago. En esta bahía se encuentra ubicado Puerto Baquerizo Moreno que es uno de los puertos más importantes de las islas. Es de destacar la ubicación de la isla San Cristóbal ya que tiene sobre su parte occidental a todas las demás islas del archipiélago, que le dan características físicas particulares tanto en circulación, calidad de sus aguas, y en la propagación de ondas marinas que arriban a sus costas. En cuanto al fondo marino, según la carta IOA 20001, se observa que la topografía del área interior de la Bahía es muy regular, con profundidades que varían suavemente entre los 5 y 10 metros, pero hacia el exterior ya se encuentran mayores profundidades de hasta 16 metros. Frente a la bahía se encuentra el arrecife

Schiavoni, que se presenta como una barrera natural formándose una zona de rompientes que juega un papel importante en la propagación y arribo de las ondas marinas hacia la costa.

METODOLOGIA

Los datos de altura y período de olas se obtuvieron con un sensor de presión modelo SBE 26 autocontenido, el cual fue instalado en el veril de 9 m. de profundidad, referidos al MLWS, en la parte interior de la bahía y frente al arrecife de Schiavoni, en las coordenadas $0^{\circ}53'35.11''$ S y $89^{\circ}36'48.7''$ W, (Fig. 1).

El sensor fue programado para realizar mediciones de altura de olas cada 3 horas durante 10 minutos continuos de registro y a intervalos de 5 segundos, además toma un dato de altura de marea y temperatura subsuperficial del mar cada hora.

El período de cada ola medida fue calculado por medio del análisis espectral para cada una de las series de 10 minutos registradas por el sensor. Este cálculo se hizo con el programa WAVE26 que se basa en el empleo de la transformada rápida de Fourier y la ventana espectral de Hanning.

RESULTADOS Y DISCUSION

CARACTERISTICAS DE LAS SERIES DE ALTURAS Y PERIODOS DE OLAS Y VIENTOS DE SAN CRISTOBAL

La serie de datos consta de valores de altura significativa, que fueron calculados con el promedio del 33% de las olas más altas registradas durante los 10 minutos de medición, y períodos medios que corresponden al promedio de los períodos medidos en el mismo intervalo de tiempo.

Los datos de altura significativa fueron recopilados en una gran serie que fue promediada a alturas diarias (Fig. 2), con el fin de observar la tendencia estacional del régimen del oleaje en esta zona.

Una serie de tiempo con la magnitud de los vientos en San Cristóbal se empleó para hacer una relación vientos - olas, ésta va desde los años 1980 hasta 1990, teniendo así una visión general de la predominancia de vientos en esta región tanto en años normales como en años de eventos El Niño. Es de destacar que los vientos de mayor predominancia en esta serie de 10 años, fueron los del sur y sureste, mientras que sus opuestos, o sea los del norte, no tuvieron mayor presencia como se observa en la figura 3.

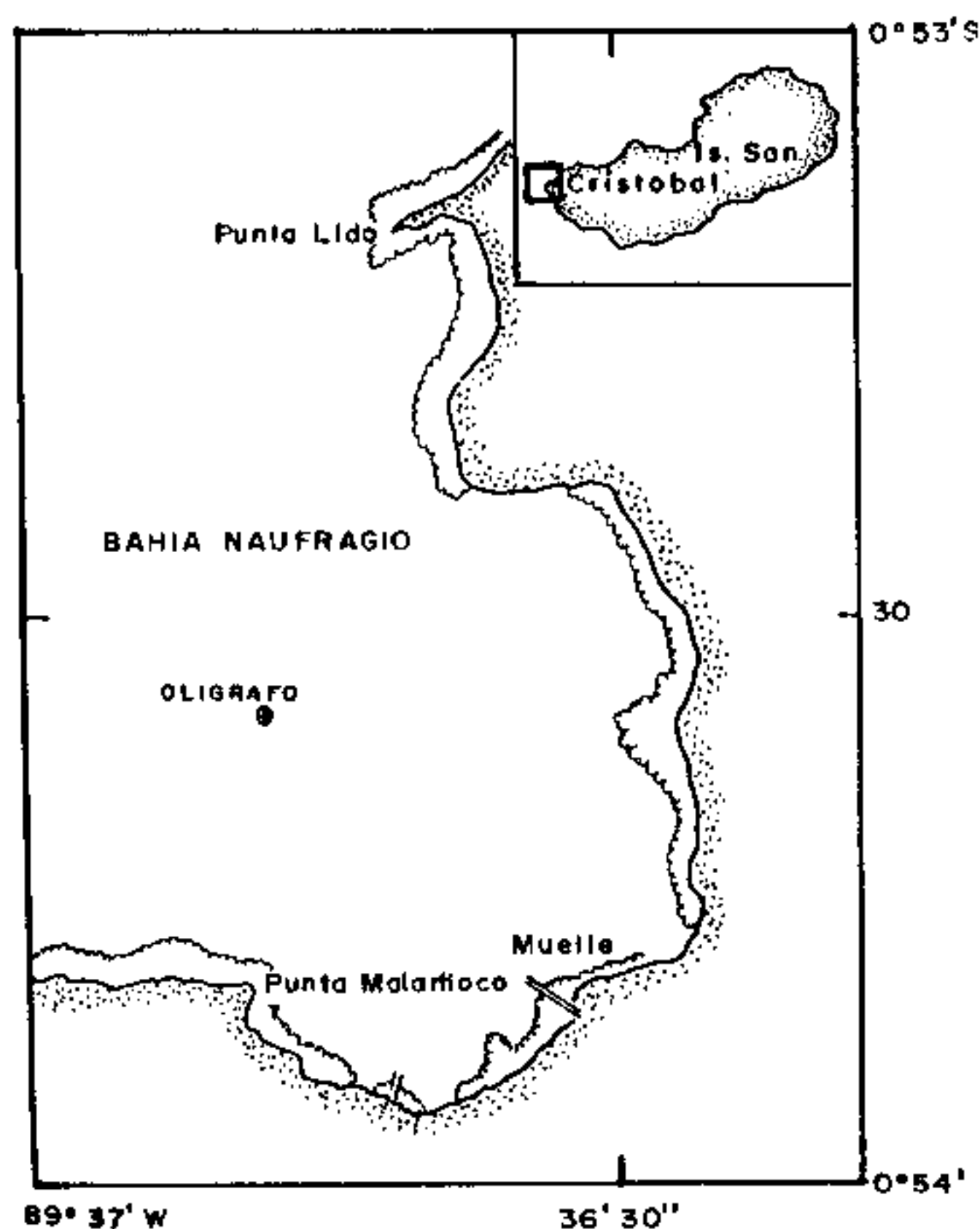


Figura 1 Area de estudio y ubicación del equipo

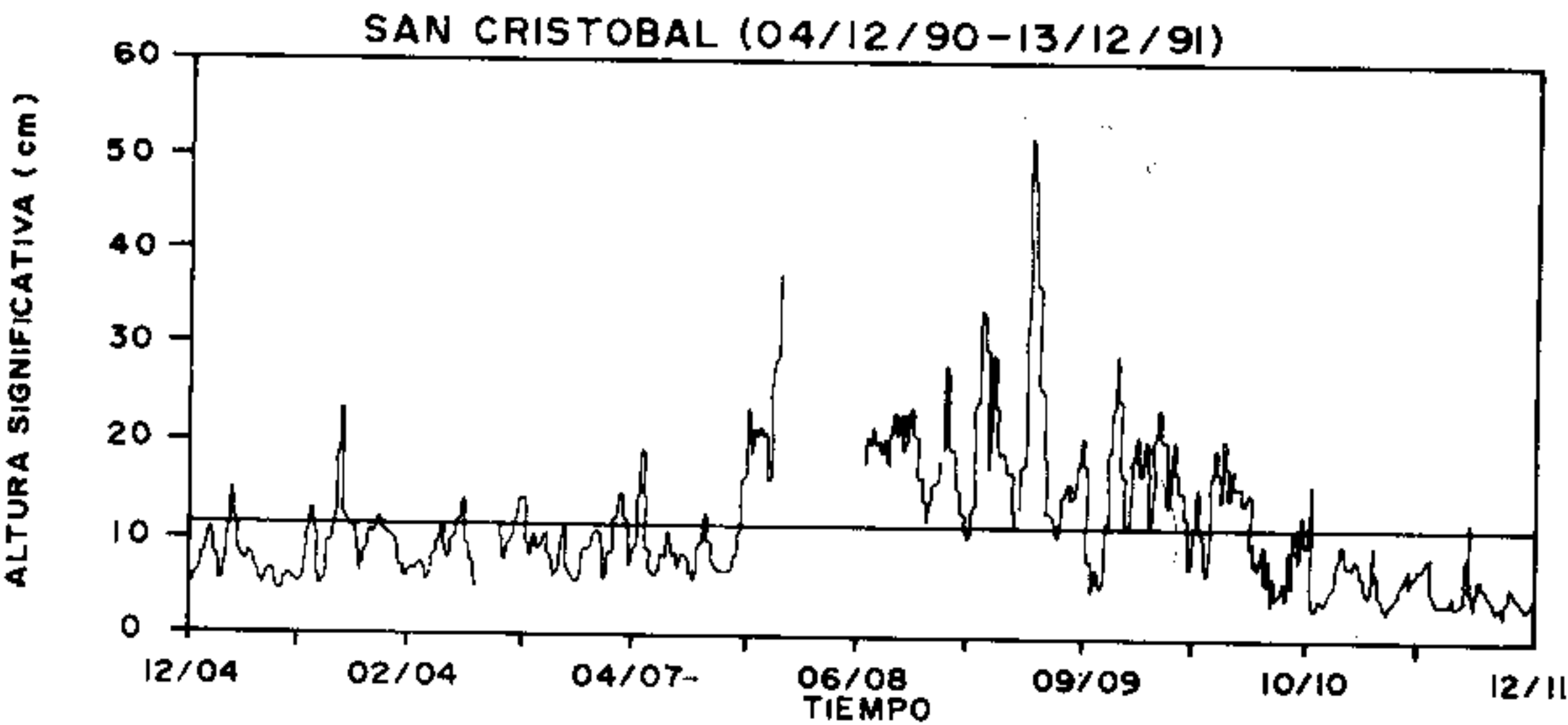


Figura 2 Datos promedios de alturas significativas

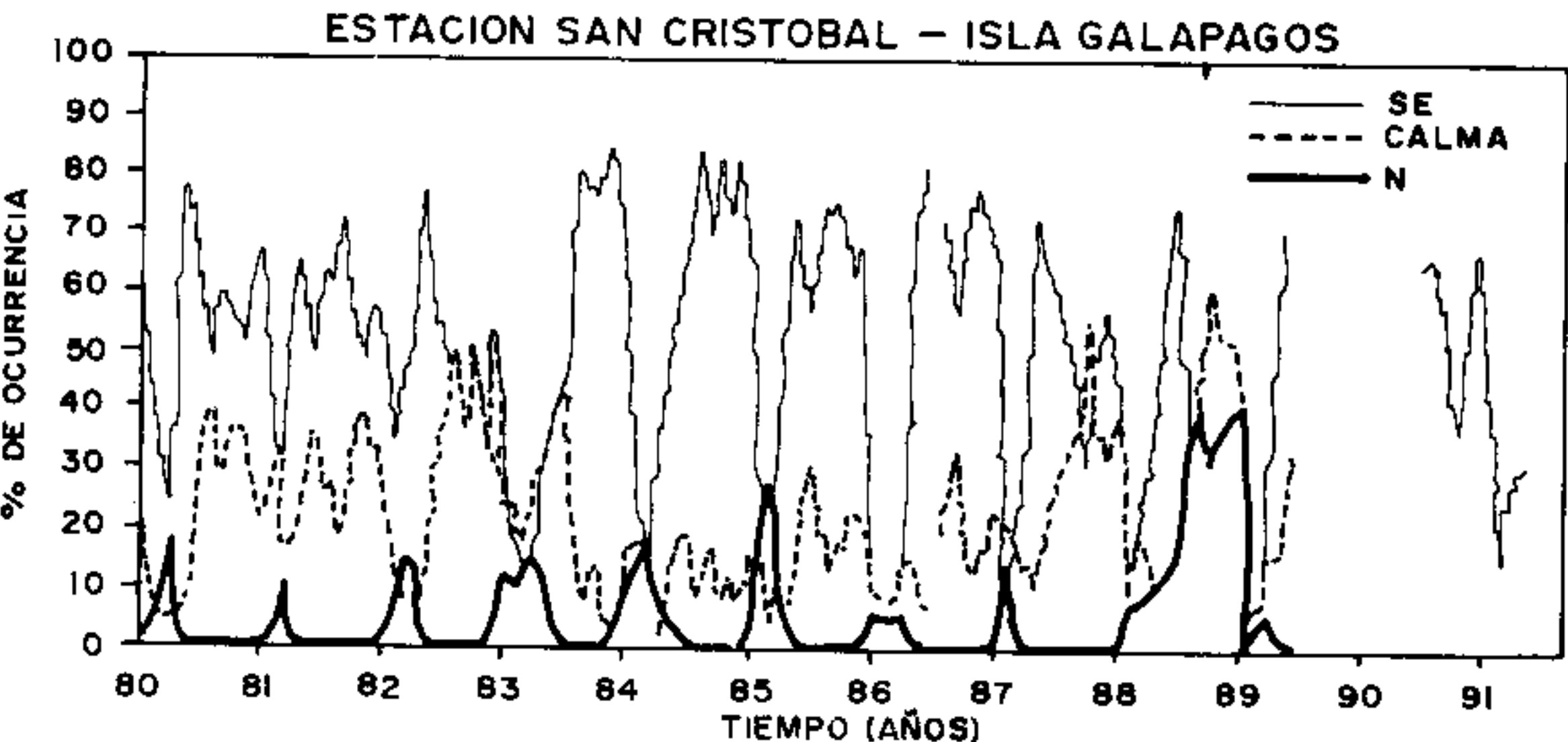


Figura 3 Variación mensual de la ocurrencia de vientos predominantes

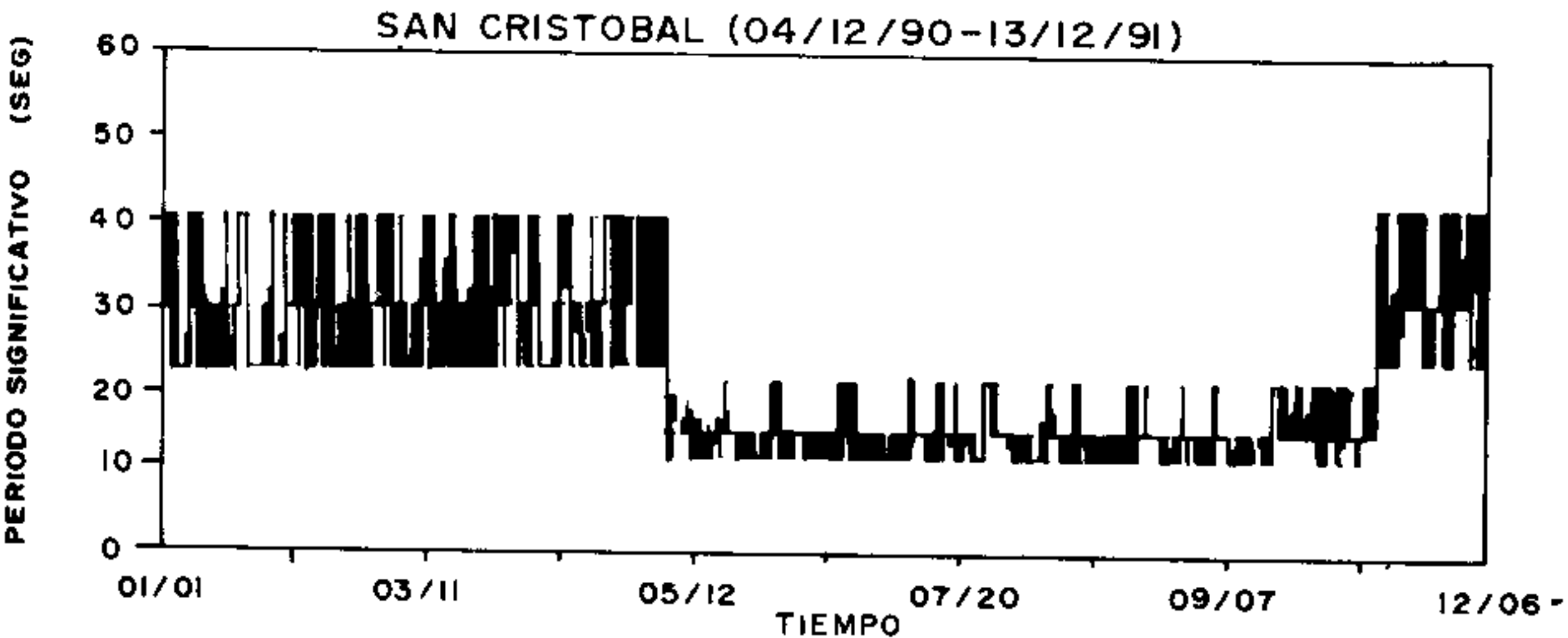


Figura 4 Registro de datos de períodos significativos

En la serie de alturas diarias se observó que los mayores valores van de 37 a 82 cm. y se presentaron de mayo hasta finales de septiembre, coincidiendo con el verano del hemisferio sur y con la intensificación, para estos mismos meses, de los vientos del sur y sureste que predominan generalmente en esta región durante casi todo el año.

Durante la época húmeda se observaron alturas menores de 11.75 cm, es decir muy por debajo del valor promedio anual, que coincidió con el debilitamiento de los vientos del sureste y con la presencia de calmas en algunos casos.

En cuanto a los períodos, al igual que con las alturas se creó una serie con todos los datos registrados para todo el año de muestreo, y se los relacionó con las alturas diarias (Fig. 4), observándose que las olas con las mayores alturas, de 37 a 82 cm, coincidieron con los menores períodos de 10 a 20 segundos y aquellas con valores de altura menores a 15 cm. tuvieron períodos mayores a 20 segundos, determinándose así que las olas de mayor altura y menor período para esta región son originadas por la acción del viento y de acuerdo a la clasificación de las olas (M. Grant Gross, 1965), éstas pertenecen a un mar de fondo o de leva; las de períodos más largos son llamadas olas de largo período y como no son tan altas se encuentran entre las olas ordinarias de gravedad.

Es de destacar que en el análisis espectral realizado para el cálculo de los períodos, las olas de menor amplitud se presentaron muy poco energéticas, mientras que las de mayor magnitud tuvieron una energía relativamente más alta pero no tanta como las olas de régimen costero.

ESTADISTICA DE OLAS.-

Del estudio estadístico de los datos se observó que durante el período de medición las alturas variaron en un amplio rango que va desde los 5 cm. hasta los 82 cm., estando las olas de menor amplitud más densamente distribuidas que aquellas de alturas mayores.

En la tabla I se indica que la mayor altura significativa registrada en toda la serie fue de 82 cm., y fue observada en el mes de septiembre, mientras que la mínima altura fue menor a los 4 cm. durante los meses de la época húmeda.

El mayor promedio de altura se presentó durante el mes de julio con un valor de 22.19 cm, mientras que el menor fue en el mes de diciembre con un promedio de 4.18 cm.

FECHA	PROM	MAX	MIN
ANUAL	11.75	82.00	1.00
DIC	7.20	20.00	2.00
ENE	9.72	46.00	3.00
FEB	8.40	24.00	3.00
MAR	9.12	21.00	5.00
ABR	9.58	33.00	4.00
MAY	16.50	48.00	5.00
JUN	19.43	36.00	7.00
JUL	22.19	76.00	3.00
AGO	15.89	37.00	2.00
SEP	13.39	82.00	2.00
OCT	6.87	74.00	1.00
NOV	5.56	39.00	1.00
DIC	4.18	18.00	1.00

TABLA I Resumen de alturas medias mensuales(cm) en el área de la Isla San Cristóbal.

En la figura 5 se observa que el mayor porcentaje de ocurrencia anual de altura significativa de olas, fue de 32.39% para olas dentro de un intervalo de 5 a 10 cm., pero en general, los mayores porcentajes de ocurrencia para todo el año de registro fueron presentados para las olas comprendidas entre 0.5 y 20 cm.

En cuanto a los períodos, observamos en la figura 6 que el mayor porcentaje de ocurrencia fue de alrededor del 21% y lo tuvieron aquellas olas de períodos promedios de 6 a 10 segundos, pero en general los mayores porcentajes corresponden a los períodos comprendidos en un rango de 4 a 20 segundos.

De la tabla II, de distribución de frecuencias para alturas y períodos, se observa que olas con alturas significativas de 6 a 11 cm. con períodos comprendidos entre 23 y 25 segundos, fueron las que ocurrieron con mayor frecuencia durante todo el tiempo de registro, seguidas de olas con las mismas alturas pero con períodos más altos (29 a 31 segundos). Cabe indicar que también se registraron con mucha frecuencia en toda la serie, olas de poca altura, llamadas olas ordinarias de gravedad, menores a 6 cm. y de períodos largos mayores a 42 segundos. Estas olas pueden estar siendo originadas por la presencia de la rompiente de olas que ocasiona el arrecife Schiavoni que se encuentra ubicado justamente frente a la Bahía, de ahí que se observen olas de tan bajas alturas ya que además ellas no encuentran una topografía adecuada que les ayude a incrementar su energía y por ende su altura.

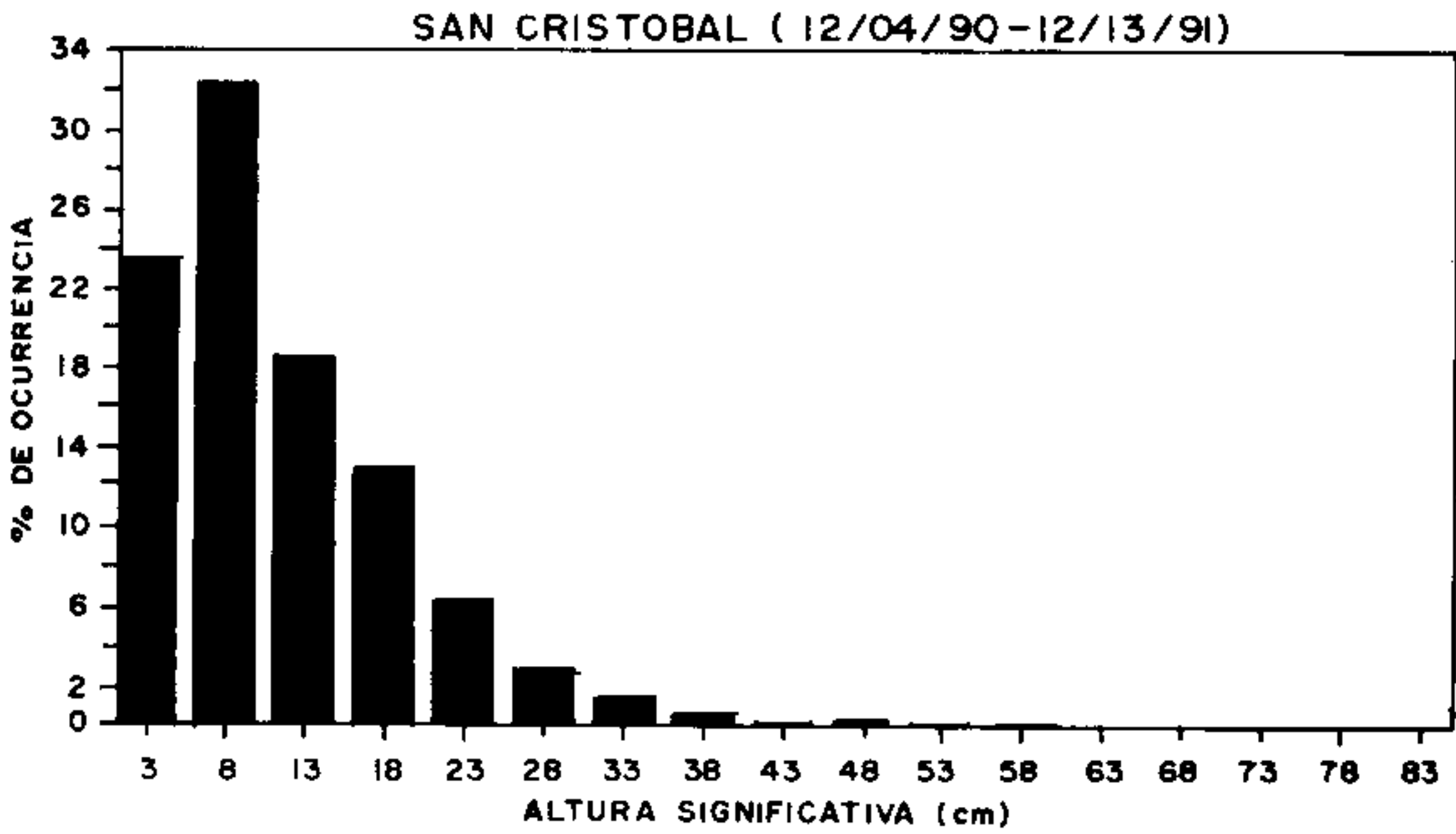


Figura 5 Porcentaje de ocurrencia de alturas significativas

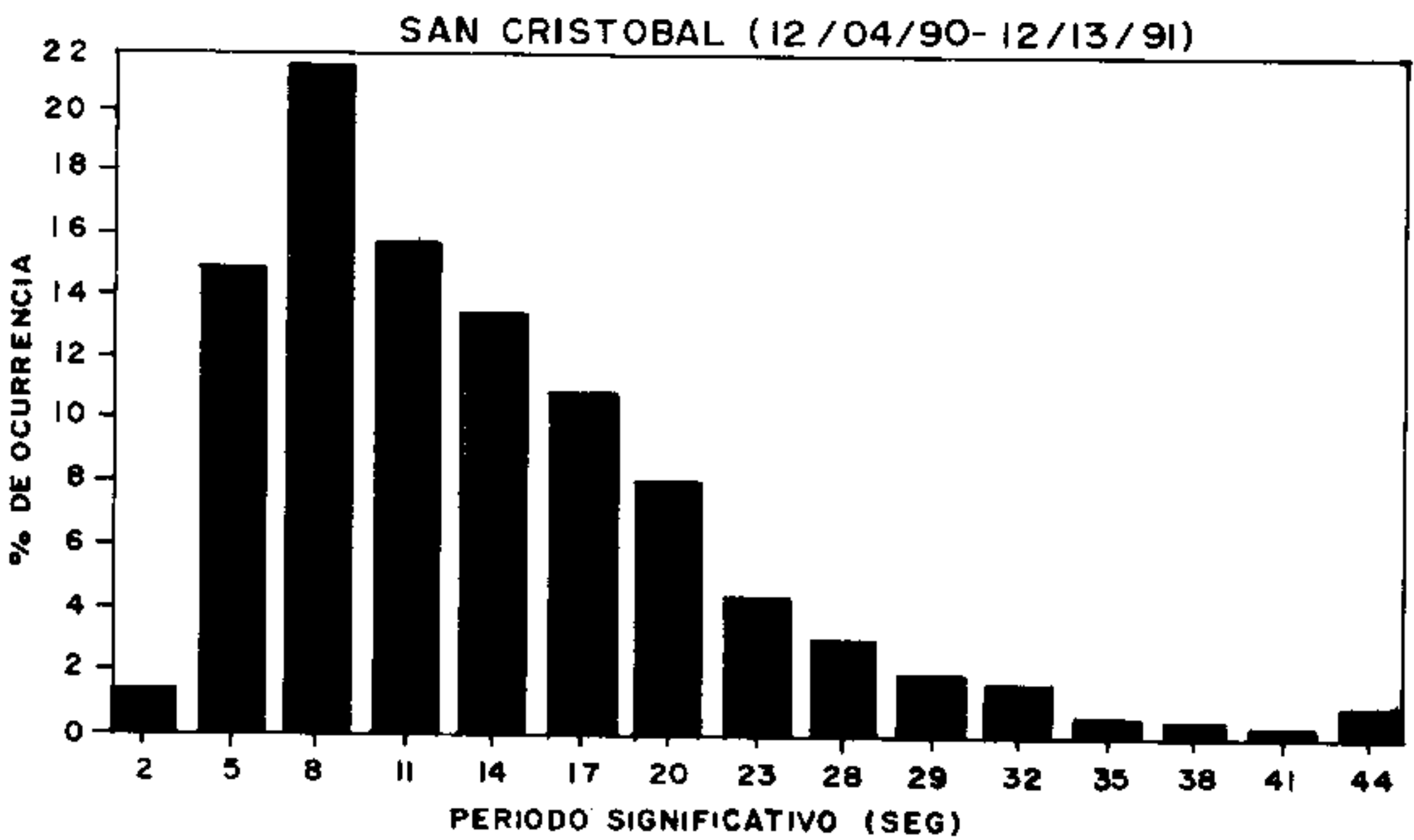


Figura 6 Porcentaje de ocurrencia de períodos significativos

		Ts (seg)																		
		11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	42	>42	Total
Hs (m)	0.01	9		36			17				26						37	409	557	
	0.06	34		52			15				181						158	174	804	
	0.11	115		116		1	21				53						15	33	449	
	0.16	80	2	145		5	23				13						1	15	313	
	0.21	45	7	75		3	10				1							9	152	
	0.26	22	4	38		4	3											5	73	
	0.31	6		27		1	4											2	41	
	0.36	4		10			4											1	19	
	0.41			3			1												4	
	0.46	1		3			2											3	10	
	0.51			3														1	4	
	0.56			3			1												4	
	0.61			1														1	2	
	0.66																		1	
	0.71																		1	
	0.76						1												1	
	0.81																		1	
0.85																		1		
TOTAL		316	13	512		14	102	338			274						211	656	2436	

TABLA II Distribución de frecuencias y períodos significativos para el área de San Cristóbal (12/04/90- 12/13/91).

CALCULO DE OLAS EXTREMAS.-

Los métodos típicos de predicción de olas extremas, se basan en el cálculo de la probabilidad de que un evento sea igual o excedido a un determinado valor en un cierto período de tiempo (Dattatri, 1981; Gadre y Kanetkar, 1981).

Para el presente trabajo se emplearon los métodos probabilísticos de: Weibull (1961), Log-log, Log-Lon, mencionados por Scott (1977), y Drapper (1966). Todas las rectas de ajuste fueron calculadas por el método de mínimos cuadrados y sobre una base de datos de alturas registradas durante un período de 1 año. Las extrapolaciones, para hallar las alturas de diseño, se hicieron solamente usando las probabilidades hasta un período de retorno de 25 años, debido a que la serie registrada resulta muy corta como para hacer el cálculo para un intervalo de recurrencia de más de 50 años, donde los valores que se encuentren no serían ya estadísticamente muy confiables.

Haciendo una comparación de las cuatro distribuciones calculadas, figuras 7 a 10, la que presenta la mejor recta de ajuste fue la de Drapper (1966), en la que la ola anual que tiene una probabilidad de ocurrencia de $3,7 \times 10^{-4}$ muestra que podrá ocurrir una ola que tenga una altura significativa de 82.20 cm, y para los 10 y 25 años podrían presentarse olas de 105.78 cm. y 115.17 cm. respectivamente. Cabe anotar que esta distribución, es la que presenta las alturas de olas más bajas seguidas de las calculadas para Weibull (opuc. loc.) como se ve en la Tabla III. Las distribuciones Log-log y Log-lon (opuc. loc.) presentan valores de altura de retorno similares entre ellas, pero muy altos, de 156 a 580 cm, y que no están de acuerdo con el orden de magnitud que se ha encontrado para el régimen de olas del área.

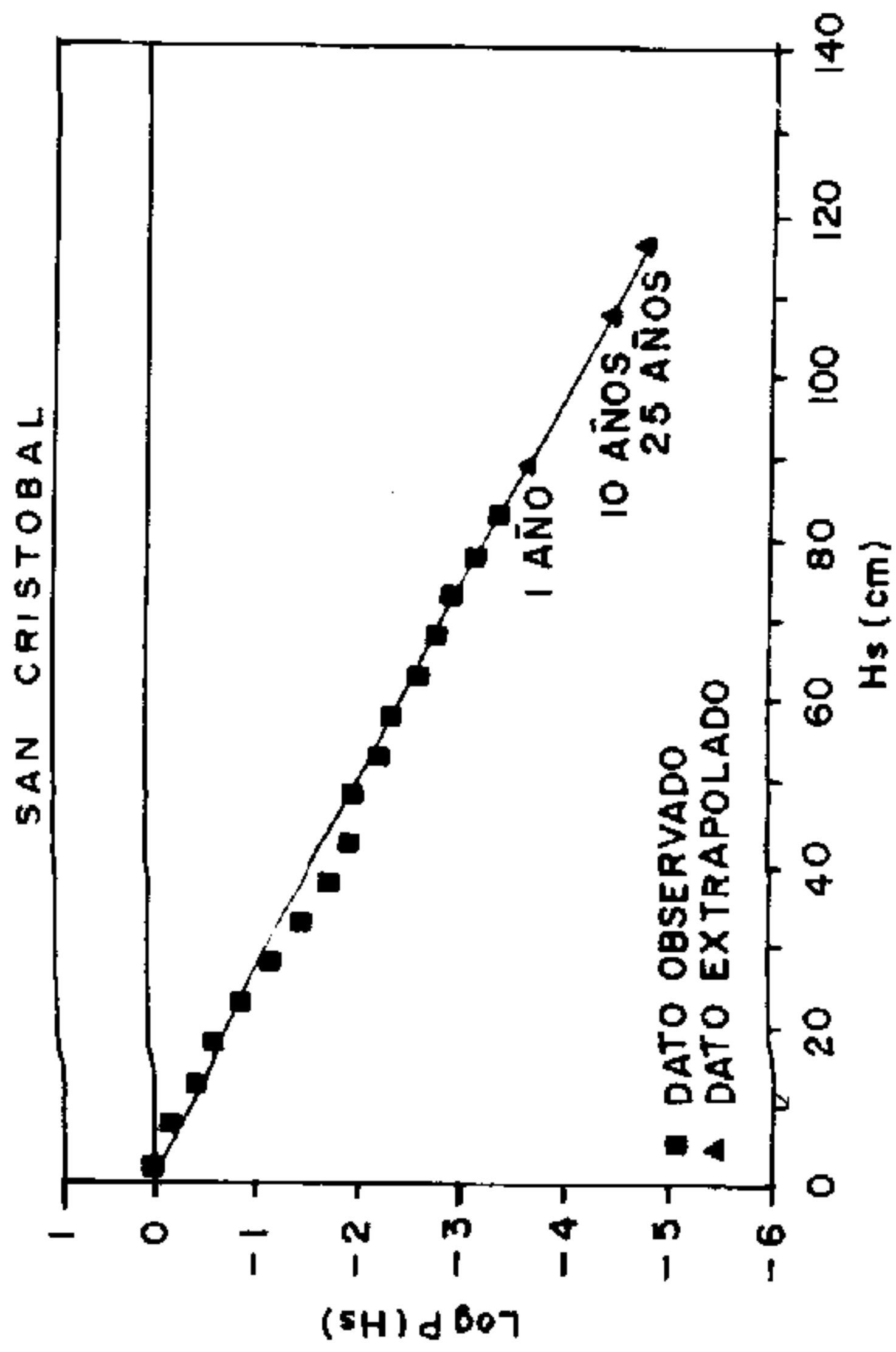


Figura 8 Distribución probabilística. Método Drapper

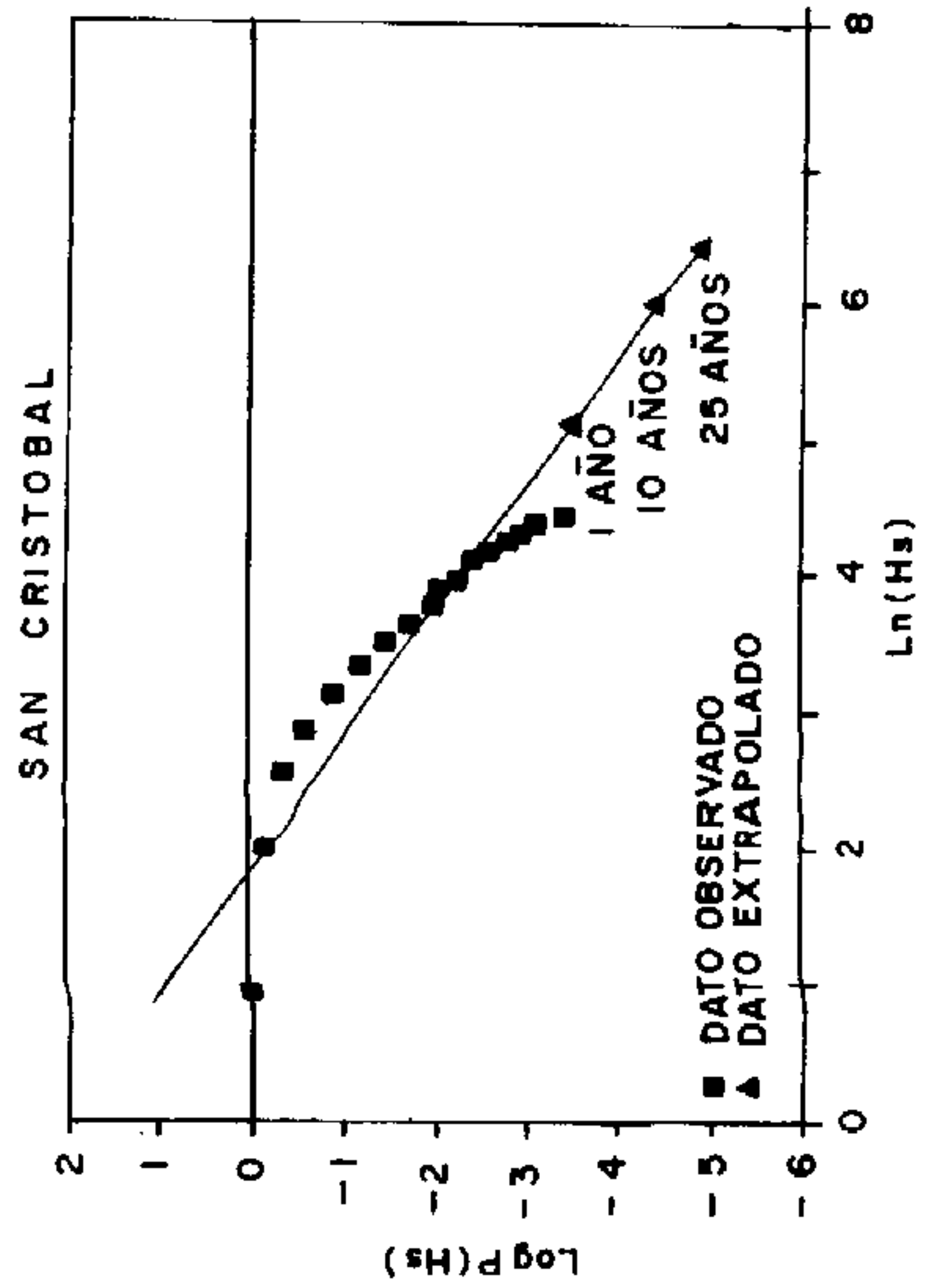


Figura 10 Distribución probabilística. Método Log-Ln

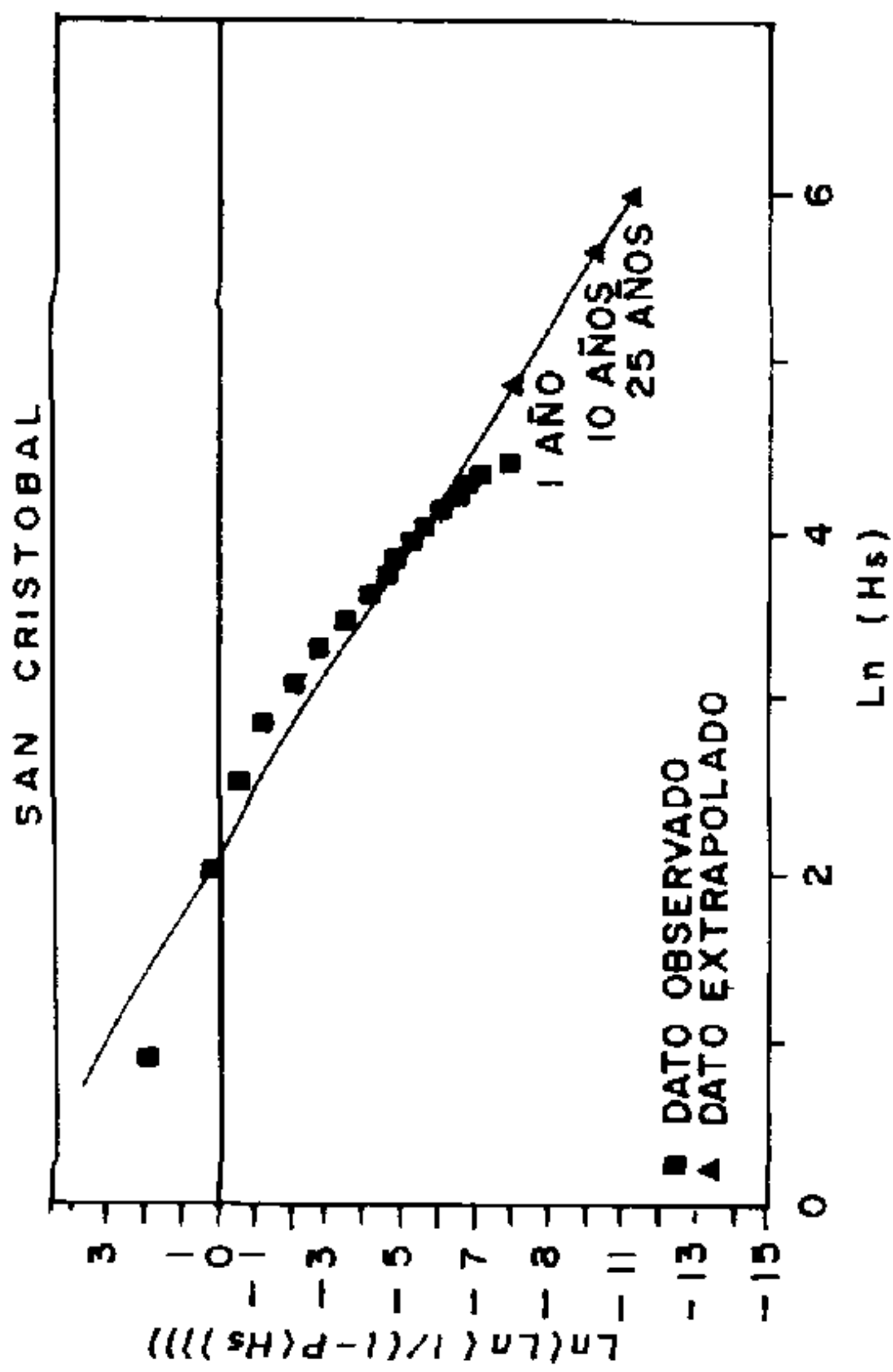


Figura 7 Distribución probabilística. Método Weibull

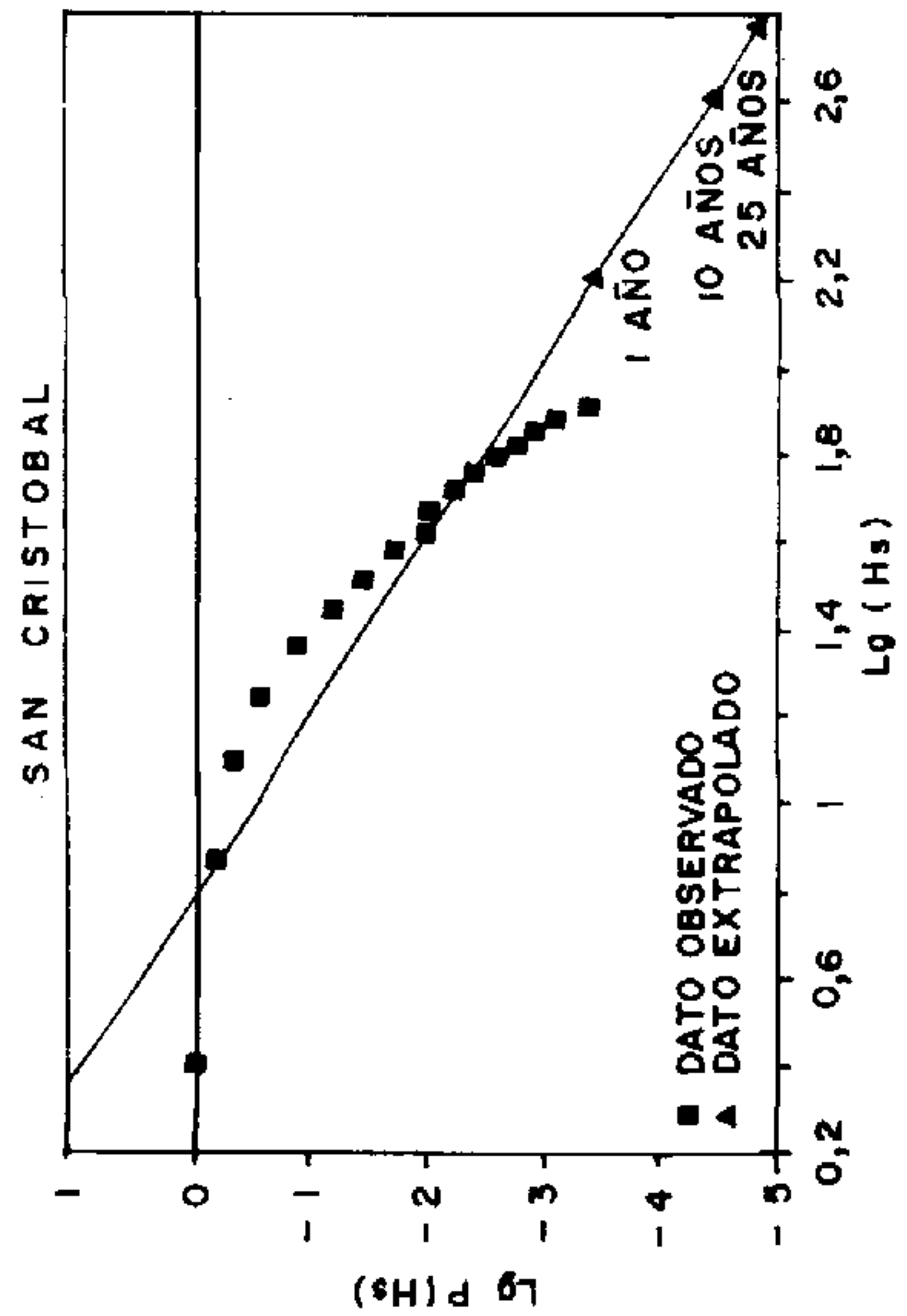


Figura 9 Distribución probabilística. Método Log-Log

AÑOS	DRAPER	WEIBULL	LOG-LOG	LOG-LN
1	82.20	130.16	157.19	156.82
10	105.78	288.46	404.73	403.76
25	115.17	395.92	589.67	580.42

TABLA III Altura significativa de olas (cm). para diferentes intervalos de recurrencia para el área de San Cristóbal

CONCLUSIONES

Las mayores alturas encontradas fluctuaron entre los 30 y 82 cm mientras que hubieron alturas menores a los 5 cm.

El registro de altura y período significativo de olas de San Cristóbal, presenta un patrón estacionario con predominancia de alturas mayores a la media y períodos característicos de olas de viento y mar de leva para la época seca, mientras en la época húmeda se observan características de mar de leva con alturas menores a la media.

Allauca y Cardin (1987), indican que el oleaje en la costa continental ecuatoriana, tiene características también de mar de leva, pero predominando las mayores alturas en la época húmeda, es decir contrario a las condiciones del oleaje encontradas en la zona de San Cristóbal, donde por la ubicación geográfica de la Bahía, prevalecen durante casi todo el año vientos que provienen del sureste, intensificados por lo general de mayo a septiembre.

Las olas de poca altura y grandes períodos corresponden a pequeñas olas generadas por la rompiente que ocasiona el arrecife de Schiavoni frente a la bahía, y que no alcanzan mayores alturas en su viaje hacia la costa debido a la topografía del lugar.

En la predicción de olas de diseño se obtuvo la mejor recta de ajuste con el método de Drapper (1966), estimando alturas de 82.20, 105.78 y 115.17 cm, para 1, 10 y 25 años, respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- Allauca, S. y V. Cardin, 1987.** Análisis de olas en la Costa Central del Ecuador.- Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. IV, N° 1, p:1-33
- Dattatri, J., 1981.** Wave Climatology for West Coast of India: Long-Term Wave Height distributions.- INCOE, p: 62-74
- Drapper, L., 1966.** The analysis and presentation of wave data - A plea for uniformity.- Proceedings 10th International Coastal Engineering Conference, Tokio, Vol. I, p: 1-11
- Gadre, M y C. Kanetkar, 1981.** Estimators of Maximum Wave Heights for the West Coast of India. - INCOE, p: 24- 29.
- Grant Gross, M., 1969.** Oceanography.- Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, p:136-137
- Scott, L., 1977.** Statistical Handling Graphically of environments observations with application to waves of the North Atlantic Coast of the USA.- Operational Sea State and Design Wave Criteria for Ocean Thermal Energy Conversion Projects., University of Hawaii, p:434-444.
- Weibull, 1961.** (original no consultado); citado en Scott, L., 1977. Statistical Handling Graphically of environments observations with application to waves of the North Atlantic Coast of the USA.- Operational Sea State and Design Wave Criteria for Ocean Thermal Energy Conversion Projects., University of Hawaii, p: 434-444.

TERREMOTOS TSUNAMIGENICOS EN EL ECUADOR

Por:

JORGE ESPINOZA (1)

RESUMEN

Se analizan los datos de los sismos ocurridos en el Ecuador desde 1901 a 1981 que aparecen principalmente en el Catálogo CERESIS. Ciento veinticinco sismos de magnitud $M_s > 4$, se han producido en la plataforma y en el continente, el 65% de todos los hipocentros fueron superficiales, es decir, que se produjeron a profundidades menores de 70 Km.; las profundidades hipocentrales menores a 50 Km., se ubican preferentemente en la región de la plataforma submarina y sus magnitudes varían entre 6.5 y 8.7 en la escala de Richter. Cinco sismos generaron tsunamis en los años 1906, 1933, 1953, 1958 y 1979.

Se encontró que los daños ocurridos en las costas ecuatorianas han sido mínimos debido a su poco desarrollo hasta 1960, o debido a otros factores como la ocurrencia del fenómeno en marea baja como en 1979, o a que las poblaciones con peligro potencial, tienen protecciones naturales al encontrarse ubicadas en el interior de canales, como en el caso de las poblaciones al norte de la Provincia de Esmeraldas.

La amenaza de futuros tsunamis es real y permanente, como consecuencia del constante movimiento diferencial de las placas que forman la fosa o trinchera, por lo que es necesario planificar el desarrollo de la zona costera, de tal manera que se pueda minimizar los efectos en las poblaciones y sus habitantes.

ABSTRACT

Earthquakes data of Ecuador between 1901 to 1981 from CERESIS Catalogue have been analyzed. 125 earthquakes of magnitude $M_s > 4$, took place either on the continental shelf or the continent; 65% of all hypocenter are shallow, with depth up to 70 Km. The hypocenters of depth up to 50 Km., are mainly located on the submarine shelf, and the magnitude is ranking from 6.5 to 8.5 Richter. Five tsunamis have been generated, they occurred in 1906, 1933, 1953, 1958 and 1979.

Few damages on the ecuadorian's coast have occurred because the little development up to 1960's decade, or because the level of the tide was at its lowest at that time, similar to 1979, another factor is the natural protection of the coastal villages because they are into the channels, especially to the north of Esmeraldas Province.

Threat of futures tsunamis is real and permanent, because of the continue differential movement of the plates, so it is necessary a coastal development planning in order to diminish the threat for either the villages and the people.

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

INTRODUCCION.

La costa continental ecuatoriana, con una extensión aproximada de 950 Km., está ubicada entre 1°26' N y 3°25' S en la costa oeste de sudamérica y por lo tanto sujeta a los procesos tectónicos de los bordes de placas.

La subducción de la Placa Nazca Sudamericana origina dos ambientes epicentrales, uno en el continente y otro en la plataforma submarina. En el Ecuador, alrededor de 125 sismos con magnitud $M_s > 4$, se han registrado en ambos ambientes entre 1901 y 1981, (Catálogo CERESIS, 1985).

En el ambiente continental, los sismos más importantes se ubican en la Región Interandina, entre estos tenemos el terremoto del 11 de marzo de 1955 de magnitud $M_s = 6.8$; ó el terremoto del 16 de agosto de 1868, cuya magnitud M_s probable fue de 7.8 deducida de las intensidades encontradas en la región y que produjo entre 15.000 y 20.000 víctimas. Estos terremotos pueden ser excedidos por los sismos de la Plataforma Submarina como el ocurrido el 31 de enero de 1906, con magnitud $M_s = 8.7$ frente a las costas de Esmeraldas, este sismo está considerado como uno de los más fuertes del mundo; o el sismo del 12 de diciembre de 1979 con magnitud $M_s = 7.8$ en la misma región, frente a la frontera Ecuador-Colombia; ambos originaron tsunamis que afectaron las costas cercanas y fueron registrados en muchos otros lugares de la Cuenca del Pacífico.

Se define a un tsunami o maremoto, como una serie de olas que viajan a gran velocidad, con periodos y longitudes extremadamente grandes, originadas por disturbios del oceano asociados con terremotos que ocurren debajo o cerca del piso oceánico; pueden ser generadas también, por erupciones volcánicas o por deslizamientos de tierra. Cuando las olas de un tsunami llegan cerca de la costa, pueden alcanzar grandes alturas y por lo tanto contener suficiente energía como para ocasionar severos daños en las poblaciones, en sus estructuras y en los habitantes. Estas olas no están relacionadas con las mareas, ni con las olas de viento que normalmente se presentan en las costas y que, en el Ecuador, son llamadas marejadas cuando su actividad es fuerte y ocasionan daños.

La vulnerabilidad de las playas del Ecuador frente a un tsunami, es progresivamente creciente como consecuencia del acelerado desarrollo de la zona costera. En la actualidad, a lo largo de la costa continental, existen cuatro Puertos Comerciales; tres Terminales Petroleros; 57 lugares clasificados como Puertos Pesqueros Artesanales, con asentamientos humanos importantes; el 40% de la población urbana del Ecuador, se concentra en las principales ciudades de la costa; 66 playas, de las 107 con atractivos turísticos, tienen algún grado de explotación. Lo anterior son algunas de las principales características de las costas continentales ecuatorianas, potencialmente vulnerables al ataque de las olas de un tsunami o maremoto.

MARCO TECTONICO.

De acuerdo a la teoría de la "Tectónica de Placas", la corteza terrestre y el manto superior, están divididos en 6 ó 7 "placas" mayores, rígidas y delgadas (100-150 Km.), que se mueven una con respecto a la otra. El calor y las corrientes de convección que se producen en el interior de la tierra, hacen que dichas placas se encuentren en constantes movimientos diferenciales. Dichos movimientos se manifiestan a través de las dorsales y de las fosas o trincheras.

La actividad de los cinturones sísmicos, es uno de los resultados de dichos movimientos diferenciales, así como la actividad volcánica presente en ciertas partes de dicho cinturón.

La sismicidad, el movimiento diferencial entre las placas, la actividad volcánica y las grandes formas topográficas, están íntimamente relacionadas, especialmente en los dominios de subducción o fosa. Uno de estos dominios lo produce la placa Oceánica Nazca, al consumirse en la trinchera o fosa que corre desde Colombia hasta el sur de Chile, cuando se incrusta por debajo de la Placa Continental Sudamericana.

Frente al Ecuador, además del consumo de la corteza oceánica, se produce la colisión y consumo de la Cordillera Carnegie frente a las costas de la Provincia de Manabí; esta cordillera es uno de los principales elementos tectónicos del Ecuador, Fig.1, puesto que divide a este sector de la Placa Nazca en diferentes ambientes tectónicos.

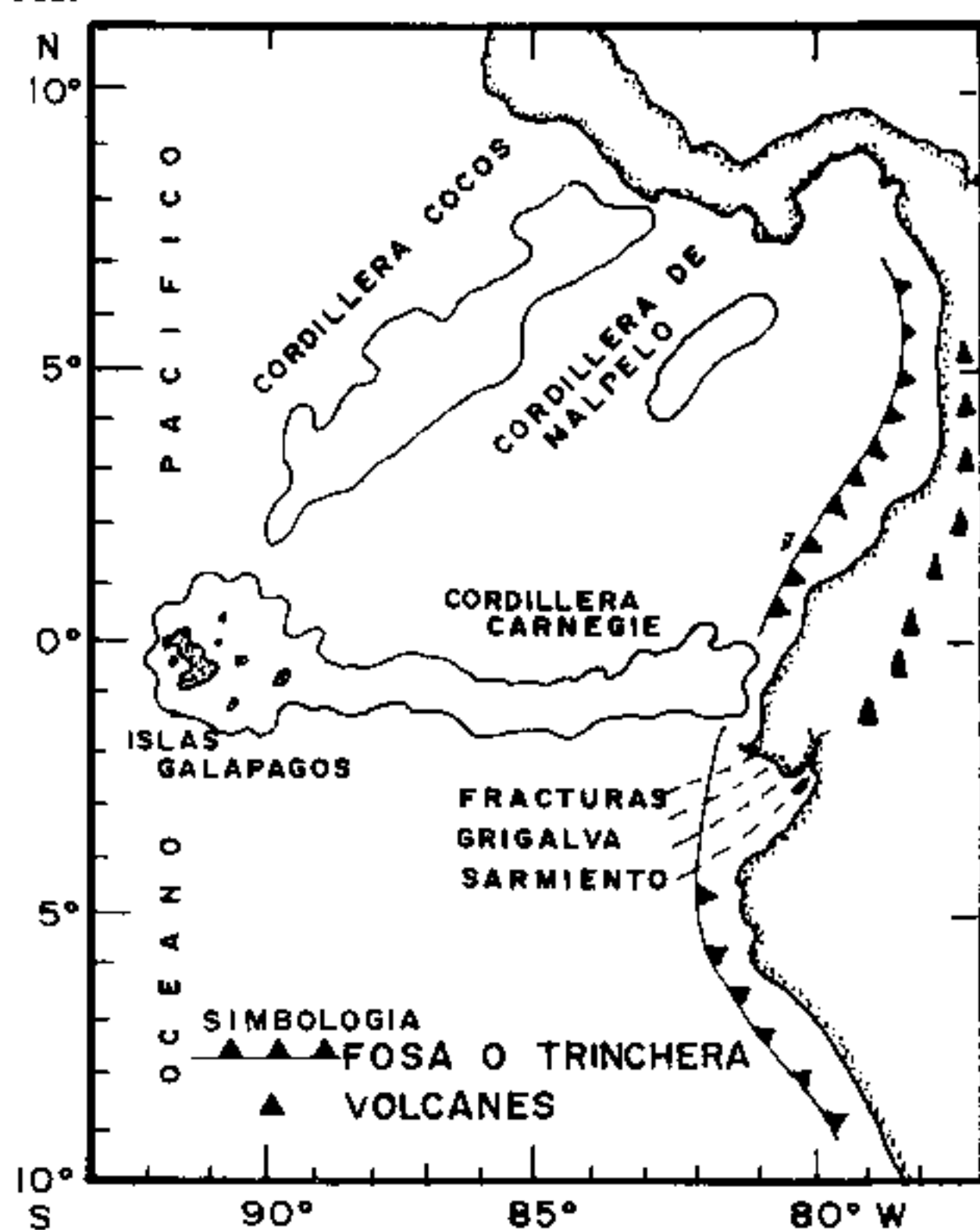


Figura 1 Configuración esquemática de los principales elementos tectónicos frente a Ecuador-Colombia.

Lomnitz y otros (1987), distinguen tres ambientes tectónicos en la Placa Nazca frente a Ecuador-Colombia, uno entre las latitudes 1°N y 7°N ; el segundo entre las latitudes 2°S y 4°S ; y entre los dos, es decir entre 1°N y 2°S , el tercer ambiente caracterizado por las elevaciones de la Cordillera Carnegie, Fig. 1.

Entre 1°N y 7°N , el fondo marino es alterado por la pequeña Cordillera de Malpelo con una orientación NE-SO ubicada al este de la Cordillera Cocos. La edad de la corteza aumenta progresivamente hacia el norte de 10 a 26 ma, (Lonsdale y Klitgord, 1978). El segundo ambiente tectónico se ubica entre los 2° y 4°S , frente al Golfo de Guayaquil, la corteza presenta una zona fracturada llamada la zona de fractura Grijalva-Sarmiento, dichas fracturas con una orientación NE-SO, coinciden con dos filas de elevaciones.

El tercer ambiente tectónico, lo forma la Cordillera Carnegie chocando contra la Placa Continental Sudamericana frente a la Provincia de Manabí. Esta cordillera tiene una orientación E-O y aparece en la superficie en las Islas Galápagos ubicada a unos 930 Km. de la costa ecuatoriana. Lomnitz (Op. cit., 1987), indican que esta cordillera, de 300 Km. de ancho y 3 Km. de alto, descansa sobre una corteza oceánica de más de 16 m.a. Debido a su orientación y al rumbo de la deriva de la Placa Nazca hacia el este, a una velocidad media de 5 cm./año en los últimos 25 m.a., la Cordillera Carnegie debe estar buzando bajo la parte central del Ecuador. El buzamiento interrumpe parcialmente la fosa o trinchera frente a la costa ecuatoriana, donde se manifiesta una fosa poco profunda de unos 2.800 m. frente a Bahía de Caráquez.

Otras manifestaciones del buzamiento de la Cordillera Carnegie, se las puede encontrar en el levantamiento activo de la zona de playa y costa entre 1°N en el Ecuador y probablemente hasta 6°S en el Perú, (CERESIS, Mapa Neotectónico, 1985); en un volcanismo extenso y en la naturaleza del fallamiento y de la sismicidad observadas. Tanto en la plataforma como en el continente, se observa un juego de fallas con rumbo NO-SE al norte del Ecuador y NE-SO a lo largo de toda la costa. Los esfuerzos tectónicos de este régimen de fallas y del margen convergente, han originado grandes sismos en la plataforma y en el continente, con saldos trágicos en ciudades y pueblos destruidos y miles de pobladores muertos.

MARCO SISMOLOGICO.

Se distinguen dos ambientes generadores de epicentros en el Ecuador continental. El primero de ellos está formado por el borde de consumo de la Placa Nazca con la sudamericana y por el posible contacto con la Placa Cocos al norte del Ecuador. El segundo ambiente generador de los sismos en el interior del país, en especial en la región sub e interandina, se debe a las fallas tectónicas activas en este sector, (Lomnitz Op. cit, 1987).

En el borde de consumo, el doblamiento de la Placa Nazca al hundirse, crea la fosa y genera sismos profundos. Se ha demostrado que los temblores profundos, se inclinan en una zona desde la fosa hacia el este del continente, interpretándose esto como el deslizamiento de una placa bajo la otra, (Suárez, 1977). Lo anterior se lo puede observar en los perfiles de la Fig. 2, en los que se ha plotado los hipocentros a lo largo de dos secciones orientadas en sentido E-O, correspondientes a los paralelos 1° y 2°S ; estos perfiles, realizados por Sheppmarker y Egred, y presentados por Miró (1976), muestran la tendencia de aumentar la profundidad de los hipocentros hacia el este, corroborando lo dicho por M. Suárez. Por otra parte, Barazangi e Isacks (1976), en un estudio de la distribución espacial de los terremotos relacionados con la subducción de las placas, encontraron que al sur del Ecuador, entre 0° y 2°S , los hipocentros al ser más profundos hacia el este, revelan que la placa subduce con una inclinación entre 25° y 30° .

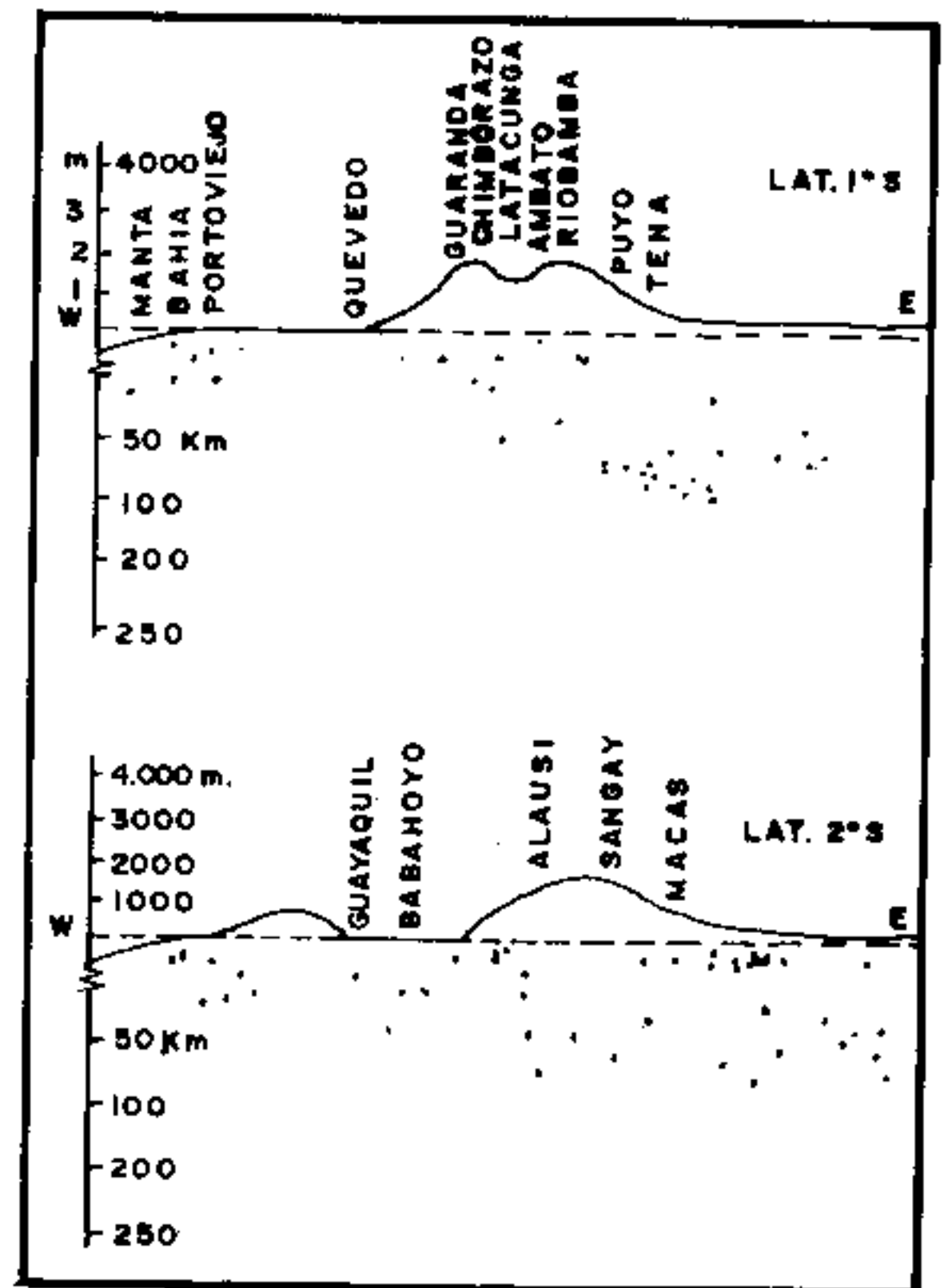


Figura 2 Profundidad de los hipocentros a lo largo de los paralelos 1° y 2°S en el Ecuador, (tomado de Miró, 1976)

En los perfiles de la Fig. 2, aparecen algunos puntos superficiales dentro de la capa superior de los 50 Km.. Algunos hipocentros superficiales, aparecen cerca de la costa y en el subfondo marino, y son estos los que al producirse bajo ciertas condiciones pueden originar un tsunami o maremoto.

De un análisis de los datos registrados en los Catálogos CERESIS, desde 1901 a 1981, se encontró que el 65% de los hipocentros, corresponden a sismos superficiales, es decir que se han producido a profundidades menores de 70 Km. y se concentran muy cerca y a lo largo de la línea costera o de la cordillera; las profundidades hipocentrales menores a 50 Km., se ubican preferentemente en la región de la plataforma submarina, Fig. 2, y su magnitud varía entre 6.5 y 8.0 en la escala de Richter. En general, se han registrado alrededor de 125 sismos de magnitud $M_s > 4$.

Al interior del país ocurren terremotos fuertes como el sismo del 5 de marzo de 1987 de magnitud $M_s = 6.5$, que causó la muerte de unas 1.000 personas y daños por un monto de más de U.S.\$ 3.000'000.000; otro sismo fuerte es el ocurrido el 11 de marzo de 1955, con magnitud de 6,8 en el valle interandino de la región de Ibarra, Otavalo y Cayambe; o el terremoto del 16 de agosto de 1868, que causó 4.485 muertos en Ibarra, 4.000 en Otavalo y sobre las 3.000 en Cotacachi. Otra región de sismos fuertes es la de Ambato, Pelileo y Riobamba, (Lomnitz, Op. cit., 1987).

Sin embargo, los terremotos con epicentro en el interior, son excedidos en magnitud por los ocurridos en la plataforma continental, como el sismo del 31 de enero de 1906 de magnitud 8.7 en la escala de Richter frente a Esmeraldas y que produjo uno de los tsunamis de mayor magnitud.

En la Tabla I se muestra un listado de los sismos de magnitud $M_s > 6$ ocurridos en la plataforma continental o cerca de la costa. Muchos de ellos no reportan la ocurrencia de un tsunami.

FECHA	HORA	LOCALIZACION	MAGNITUD	TSUNAMI
01/31/1906	1536Z	01.0N 081.5W	8.6	TSUNAMI
02/07/1906	—	01.0N 081.0W	—	—
03/11/1924	2244Z	04.0S 082.0W	6.8	No se reporta.
10/18/1924	2305Z	02.5N 080.0W	6.7	No se reporta.
10/02/1933	1529Z	02.0S 081.0W	6.9	TSUNAMI
10/03/1933	1021Z	01.7S 080.7W	6.3	No se reporta.
10/03/1933	1422Z	01.7S 080.7W	6.0	No se reporta.
05/14/1942	0213Z	00.3S 080.0W	7.9	No se reporta.
10/23/1944	2340Z	00.5N 080.0W	6.9	No se reporta.
12/12/1953	1731Z	03.5N 081.0W	7.3	TSUNAMI
01/19/1958	1407Z	01.3N 079.3W	7.8	TSUNAMI
02/09/1967	1525Z	02.9N 079.9W	6.3	No se reporta.
12/10/1970	0435Z	04.0S 080.7W	7.6	No se reporta.
12/12/1979	0759Z	01.6N 079.4W	7.9	TSUNAMI

TABLA I Sismos con magnitud $M_s > 6$ ocurridos en la plataforma continental ecuatoriana o cerca de la línea de costa desde 1901 a 1981.

LOS TSUNAMIS EN Y CERCA DE LAS COSTAS ECUATORIANAS.

Desde 1906, han ocurrido cinco terremotos fuertes en la plataforma continental ecuatoriana, o muy cerca de la frontera que han dado origen a la formación de tsunamis. El menor de los sismos fue de magnitud 6.9 frente a la Península de Santa Elena en 1933 y el de mayor magnitud de 8.7, frente a las costas de la Provincia de Esmeraldas en 1906.

La zona de mayor actividad tsunamigénica es la región fronteriza de Ecuador-Colombia, donde han ocurrido tres maremotos en los años 1906, 1958 y 1979; las otras dos regiones que presentan un tsunami cada una, es la de la Bahía de Santa Elena en 1933 y la frontera Ecuador-Perú en 1953, Fig. 3. De estas tres zonas, en la de Esmeraldas se producen los sismos más fuertes que en las otras dos, 8.6 (1906); 7.8 (1958) y 7.9 (1979).

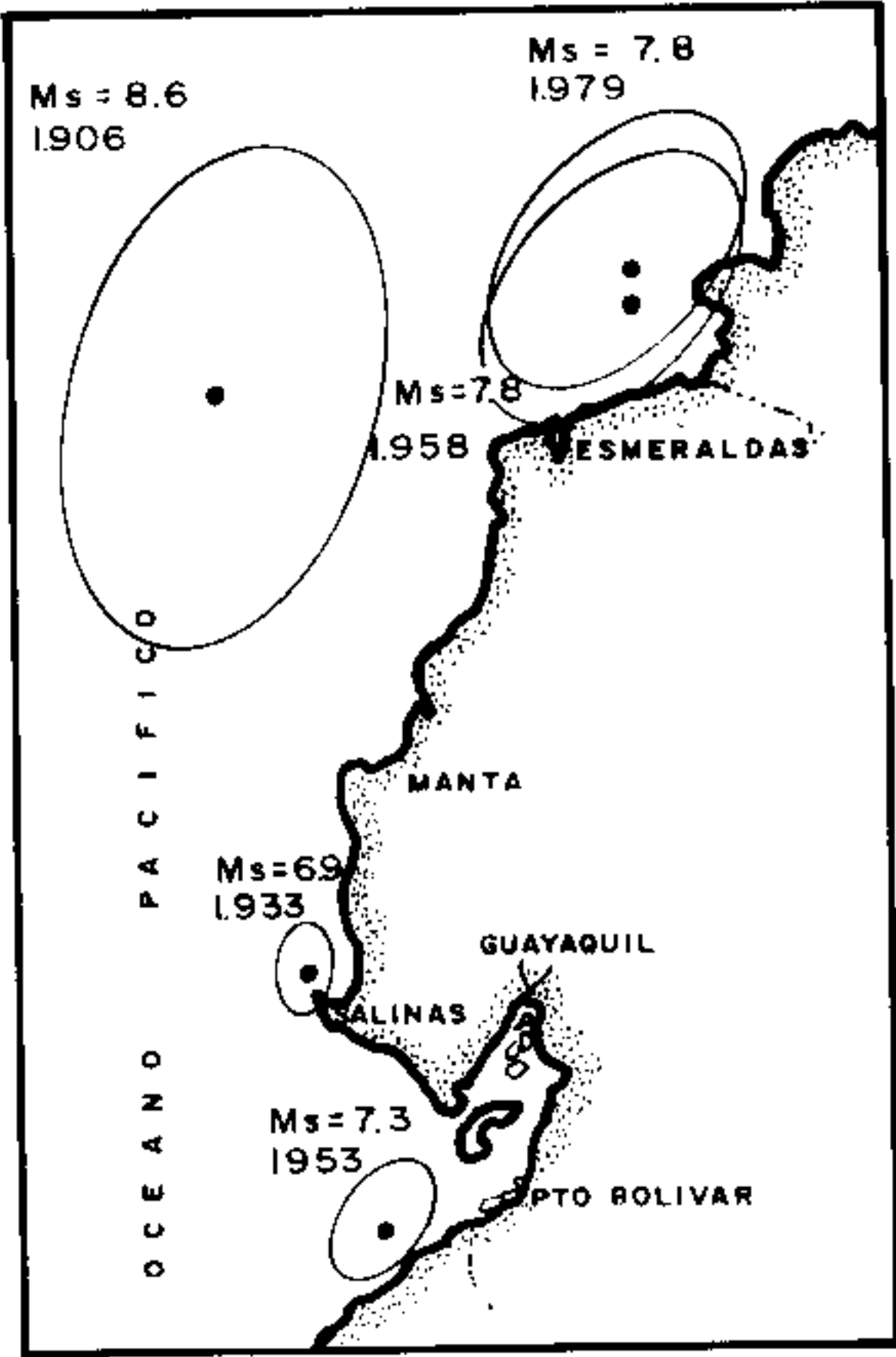


Figura 3 Tsunamis ocurridos en o cerca de la costa ecuatoriana.

Debido al escaso o ningún desarrollo de la costa ecuatoriana en la primera mitad del siglo en el que no existían poblaciones ni infraestructura de importancia, en la actualidad no se puede encontrar evidencias físicas o históricas de los efectos de las olas o de las características

con que se presentaron fenómenos tan fuertes como el de 1906. Sin embargo, de los diferentes catálogos y publicaciones especializadas, se ha reunido la siguiente información; las horas que se indican están referidas al tiempo universal.

1906, ENERO 31: Un fuerte sismo ocurrió a las 15h36 en las coordenadas 1°N y 81.5°W con magnitud $M_s=8.6$, el sismo tuvo una profundidad de 25 Km. (Catálogo CERESIS, 1985). Otras fuentes dan magnitudes de 8.7 y 8.9.

El terremoto ocurrió frente a las costas de Ecuador-Colombia y fue sentido en una gran extensión. Según E. Rudolph, (1911), la región sacudida verticalmente comprende desde Bahía de Caráquez al sur hasta Gualaquiza y la desembocadura del Río Timbiquí en el norte, es decir en una extensión de por lo menos 450 Km.; hacia el interior del continente indica que solo se sabe que en Quito el movimiento ya era completamente horizontal, deduciendo como hecho importante que la región más estremecida tenía una extensión marcadamente longitudinal comprendida entre el océano y la Cordillera Occidental de Ecuador y Colombia. El mismo autor da a conocer partes importantes de los informes de testigos quienes indican que en Tumaco fue imposible de mantenerse en pie sin apoyo, los de Gualaquiza agregan que era necesario sostenerse en objetos fijos, tales como árboles y plantas, para no ser arrojados lejos por la violencia de las sacudidas. Toda la Isla de Tumaco se encontraba visiblemente en movimiento: el suelo subía y bajaba alternadamente, sacudiendo todas las casas de una manera aterradora. Este movimiento duró unos 5 minutos. El autor destaca el hecho de que las edificaciones en Tumaco son de sólida construcción de madera, las cuales por su gran elasticidad pudieron resistir aún los movimientos más fuertes sin colapsar por efectos de las oscilaciones más grandes. El área estremecida tiene una dirección N-S en una extensión de 1.200 Km. entre Guayaquil y Medellín, hacia el interior del continente el ancho mayor del área fue de 350 Km. en la latitud de Bogotá. La superficie total del área estremecida fue estimada en unos 300.000 Km^2 aproximadamente.

El terremoto originó un tsunami el cual llegó media hora después a Tumaco y a las poblaciones cercanas, una segunda ola arribó luego de 20 minutos y después una tercera; durante unas cuatro horas se observaron olas largas en Tumaco, (Soloviev, 1984). La altura del run-up fue de 2.0 a 5.9 m., (Lockridge, 1984), calculada de la intensidad del tsunami.

Las olas del tsunami fueron muy destructivas en las costas bajas y planas existentes desde Río Verde hacia el norte, donde todas las viviendas asentadas cerca de la playa o en la zona estuarina formada por los Ríos Santiago y Mataje fueron destruidas; alrededor de unas 1.000 a 1.500 personas murieron. En La Tola, más de 23 viviendas fueron destruidas. En Esmeraldas el río se salió de su cauce inundando las zonas bajas de la población. El tsunami fue observado en Bahía de Caráquez donde el mar se elevó de 80 a 100 cm. en 20 minutos. Los fondeaderos desde Manta a Buenaventura perdieron por lo menos 2 m. de profundidad; algunos cambios se reportaron en el Canal del Río Esmeraldas. El tsunami fue registrado en otros lugares del Pacífico, Fig. 4. Algunos autores indican que fuertes oscilaciones tipo seiches, se registraron en las costas atlánticas de Colombia, (Soloviev, 1984).

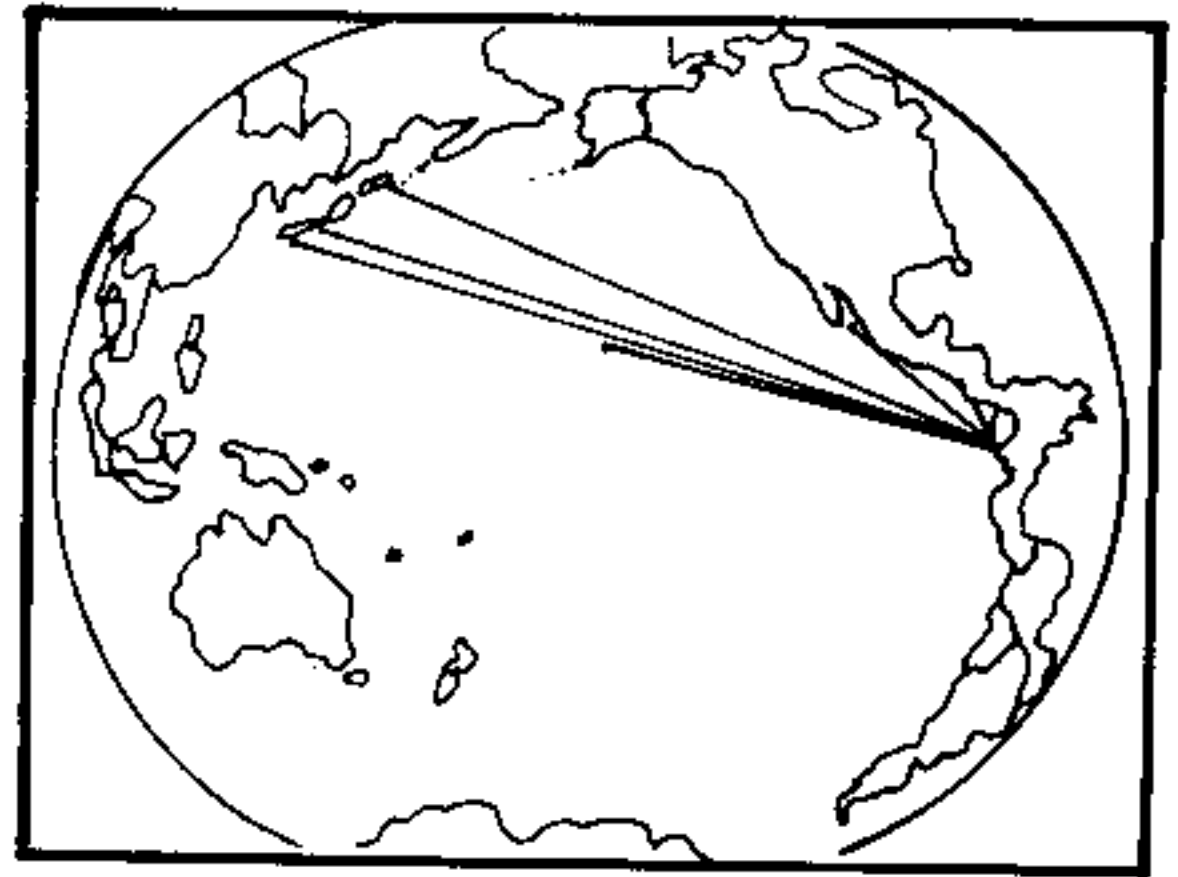


Figura 4 Lugares fuera del Ecuador en que fue registrado el Tsunami del 31 de enero de 1906.

1933, OCTUBRE 2: Un fuerte terremoto sacudió la Bahía de Santa Elena a las 15h29 con magnitud $M_s=6.9$. El epicentro tuvo las coordenadas 2°S , 81°W (Catálogo CERESIS, 1985). Soloviev, (1984) indica que de acuerdo a un reporte del Geólogo G. Shepard, quien estuvo en el lugar, en La Libertad el mar se retiró inmediatamente después del sismo, luego a las 16h30 se elevó alcanzando la marca de la marea alta, regresó al nivel de marea baja al medio día y nuevamente se elevó a las 19h00. Entre los daños solo se indica que un cable submarino fue roto a 25 Km. al sur de Salinas. Fuertes oscilaciones del nivel del mar se observaron en Ancón.

De la información anterior se puede deducir que es probable que el tsunami no se presentó con olas turbulentas, sino más bien con retiradas y aumentos del nivel del mar en forma de olas de inundación, la altura debe haber sido del orden de los 2 a 2,5 m. estimada de las características de las mareas en el sitio.

1953, DICIEMBRE 12: Sismo en la región fronteriza Ecuador-Perú. El terremoto ocurrió a las 17h31m21s, con magnitud $M_s=7.3$ a una profundidad focal de 33 Km.; sus coordenadas fueron 3.5°S y 81°W , (P. Lockridge, 1985). En cambio Soloviev (1984) da las siguientes coordenadas 3.4°S y 80.6°W , e indica que fue sentido en una área de 700.000 Km^2 ; el área de mayor destrucción fue de 5.000 Km^2 ; el terremoto tuvo una duración de 30 a 40 segundos y originó un tsunami con olas no destructivas para las costas ubicadas hacia el norte de la Puntilla de Santa Elena, la amplitud en La Libertad fue de 0.2 m. mientras que en las costas Peruanas se reportaron olas de hasta 1.9 m., (Lockridge, 1984).

La gran diferencia entre la baja altura de ola en La Libertad, con los valores altos reportados en el Perú, puede tener su explicación en los procesos de refracción que debe haber sufrido la onda al girar alrededor de la Puntilla de Santa Elena y en el de disminución de profundidad al acercarse a la costa, procesos que hacen perder energía y por lo tanto altura; se deduce así mismo que en las costas ubicadas al sureste de La Puntilla y en el Golfo de Guayaquil, las olas deben haber sido más altas que las observadas en La Libertad a pesar de la pérdida de energía por efectos de la reducción del fondo; es posible que las alturas de las olas hayan tenido magnitudes similares a las observadas en el Perú.

1958, ENERO 19: Ocurrió un fuerte sismo a las 14h07m26s. en la región fronteriza de Ecuador-Colombia, su epicentro fue ubicado en las coordenadas 1.37°N y 79.34°W con magnitud $M_s=7.8$ y profundidad focal de 60 Km., (Catálogo CERESIS, 1985); otras fuentes dan magnitudes de 7.5 y 7.6 en las coordenadas 1.5°N y 79.5°W .

S.L. Soloviev, (1984) indica que aproximadamente el 30% de Esmeraldas fue destruida, muriendo 11 personas y 45 fueron afectadas como resultado del terremoto; muchos sectores de la carretera Quito-Esmeraldas fueron destruidos, otras carreteras del país sufrieron daños; un deslizamiento de una elevación en la Cordillera enterró a la población de Panado muriendo cientos de personas. El sismo fue destructivo al norte del país y afectó severamente desde Quito a La Tacunga, Ibarra y Tulcán; fue sentido en Guayaquil. Daños más severos ocurrieron en suelo colombiano en las ciudades de Pasto e Ipiales.

El terremoto originó un tsunami haciendo que una embarcación casi se hunda frente a Esmeraldas, se

reportaron 4 muertos por efectos del maremoto. La altura del run-up fue de 2.0 a 5.9 m., (Lockridge, 1984). El autor S.L. Soloviev (1984), indica que las olas ocasionaron daños en Tumaco y Guayaquil. En relación al último dato no es posible que las olas del tsunami hayan alcanzado la ciudad de Guayaquil debido a su ubicación en la parte superior del Estuario del Río Guayas, aunque sí es fácilmente comprensible que hayan afectado en forma severa la zona de Tumaco y posiblemente la costa norte de la Provincia de Esmeraldas.

1979, DICIEMBRE 12: Un fuerte terremoto de magnitud 7.9 Richter ocurrió a las 07h59m3s en la zona fronteriza de Ecuador-Colombia. Sus coordenadas fueron 1.6°N y 79.4°W con una profundidad de 33 Km., (Iida, 1984). El sismo produjo un tsunami y ambos ocasionaron daños graves en territorio colombiano donde algunos lugares fueron declarados como zona de emergencia.

Revisando la información de los principales diarios de esas fechas, se encontró que en Ecuador los daños materiales fueron leves y no se produjeron víctimas. El terremoto causó daños ligeros en las ciudades y poblaciones ubicadas al norte del país. En Quito, Ibarra, Tulcán, Esmeraldas y Otavalo, se presentaron interrupciones en el sistema de energía eléctrica, en el de teléfonos o en el de agua potable; algunos edificios sufrieron daños en su estructura, en especial en la ciudad de Esmeraldas; centenares de personas abandonaron sus viviendas y permanecieron en las calles y parques por temor a nuevos movimientos y al derrumbe de sus viviendas. El sismo fue sentido hasta la ciudad de Guayaquil. Las poblaciones costeras no reportaron daños por efectos del tsunami o del terremoto.

En suelo colombiano los efectos fueron graves. En Charco, con una población aproximada de 4.000 personas todas las casas fueron seriamente dañadas o totalmente destruidas, primero por el terremoto y minutos después por olas de 4 a 5 m. de altura, además se presentaron algunos incendios de consideración por la caída de los postes de energía eléctrica. La población pesquera de San Juan, ubicada en una pequeña isla, fue prácticamente barrida por unas 3 ó 4 olas que se presentaron unos 10 minutos después del sismo, la tercera ola fue la más alta estimada en unos 5 m. sobre el nivel de la marea, la pequeña isla quedó reducida a una masa de arena y piedra. En Tumaco por lo menos el 10% de la población, de unos 50.000 habitantes, quedó destruida; en esta población se presentaron problemas de licuefacción, y en otros sectores e islas se observó una subcidencia de unos 50-60 cm., (Pararas-Carayanis, 1980).

En total seis pueblos pesqueros colombianos fueron prácticamente destruidos por los efectos combinados del terremoto y del tsunami; las olas en algunos lugares alcanzaron entre 2 y 5 m. de altura, las poblaciones afectadas fueron Tumaco, El Charco, San Juan, Mosquera, Majagual y Salahonda, todas ubicadas al sur de la costa pacífica colombiana; en esta área algunos ríos se desbordaron ocasionando daños adicionales de inundación, en algunas localidades más pequeñas el desborde de los ríos arrasaron con las viviendas.

Muchas personas que sobrevivieron al terremoto, algunas de ellas saliendo de sus casas, fueron sorprendidas minutos más tarde por las olas del tsunami. Varias embarcaciones pesqueras se hundieron con sus tripulantes. En general, según reportes de sobrevivientes, se observaron entre 3 y 4 olas, el nivel del mar descendió primeramente unos 3 m., la primera ola arribó aproximadamente 10 minutos después del terremoto, la tercera ola de unos 5 m. fue la más alta en la Isla de San Juan.

Una estimación del International Tsunami Information Center, ITIC, realizada poco después de ocurrido el fenómeno, indica que por los efectos combinados del terremoto y tsunami, pueden haber muerto de 500 a 600 personas, mientras que unas 4.000 fueron afectadas de diversas maneras; las viviendas de al menos unas 10.000 personas fueron destruidas. Cerca de 40 poblaciones en Nariño y Cauca fueron afectadas, (Pararas-Carayanis, 1980).

El Tsunami fue registrado en muchos lugares del Pacífico. En Manzanillo, Méjico, fue registrado con 50 cm. de altura; en Hilo, Hawaii, 40 cm.; Islas Johnstone, 3 cm.; Islas Galápagos, 80 cm.. En la Fig. 5 se indica los lugares en que fue registrado.

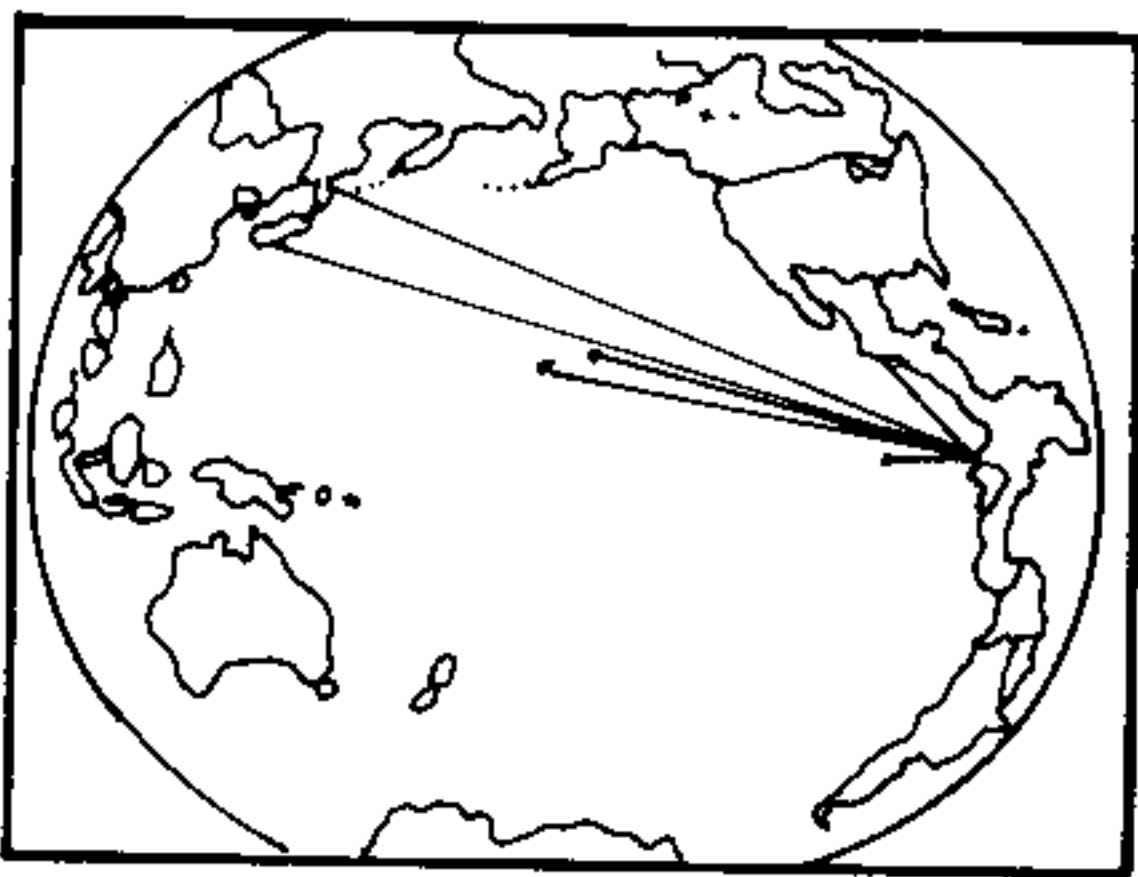


Figura 5 Lugares fuera del Ecuador en que fue registrado el Tsunami del 12 de diciembre de 1979.

Revisando los registros de mareas del mareógrafo de la ciudad de Esmeraldas, Fig. 6, se observa que se presentaron de 3 a 4 olas y que en el momento del sismo y tsunami la marea se encontraba en su nivel más bajo. Se deduce entonces que los efectos hubiesen sido muchos más graves si el tsunami se presentaba durante la pleamar, afectando incluso a las poblaciones costeras ecuatorianas de la Provincia de Esmeraldas.

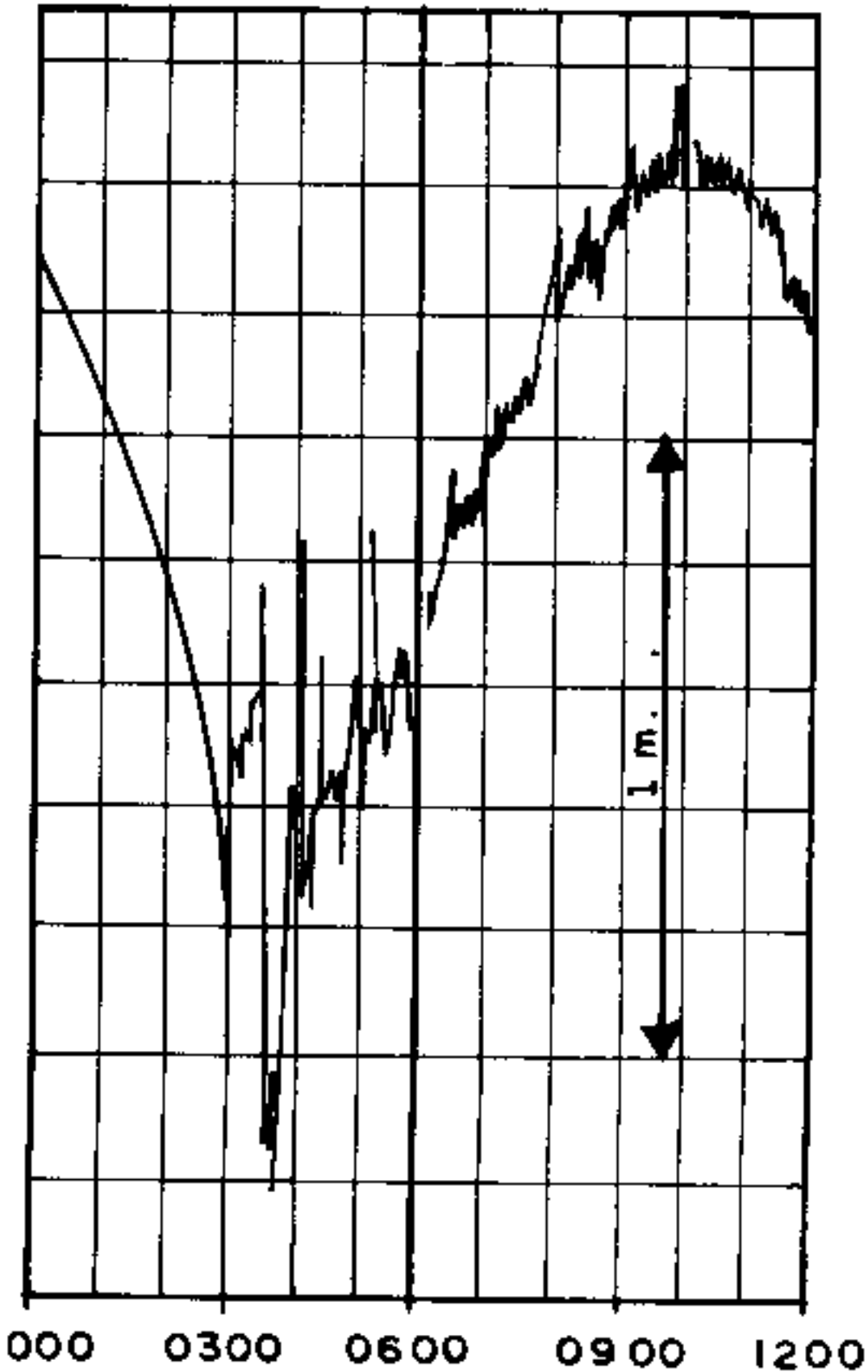


Figura 6 Esquema del registro mareográfico de la Estación de Esmeraldas del Tsunami del 12 de diciembre de 1979.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En la plataforma ecuatoriana, frente a la Provincia de Esmeraldas, ocurren los sismos más fuertes en el Ecuador, superando aún a los terremotos ocurridos al interior del país. La amenaza de futuros tsunamis de origen cercano, es real y permanente a lo largo de toda la costa ecuatoriana como consecuencia de la subducción de la Placa Nazca por debajo de la Placa Sudamericana y de la colisión y consumo de la Cordillera Carnegie frente a la Provincia de Manabí.

Es comprensible, que debido al escaso o ningún desarrollo de la costa ecuatoriana hasta 1960, los tsunamis ocurridos no ocasionaron daños en las costas en que se presentaron, como el tsunami en la Bahía de Santa Elena

de 1933, o el tsunami frente al Golfo de Guayaquil en 1953. Los tsunamis ocurridos en la región fronteriza de Ecuador-Colombia, han ocasionado pocos daños en las costas ecuatorianas debido a que se han presentado durante la marea baja y a que las poblaciones se encuentran protegidas en los canales interiores que conforman la zona estuarina de los ríos Santiago y Mataje. Sin embargo es una seguridad precaria ya que los efectos podrían ser graves si el fenómeno ocurre con la misma magnitud del sismo de, 1906 ($M_s=8.6$) y durante la marea alta, lo que pondría en peligro algunas poblaciones e incluso a la ciudad de Esmeraldas en la que en los últimos 10 años se han poblado extensas zonas bajas ganadas al río.

Debido a que en la actualidad la presencia de un tsunami podría tener graves consecuencias en nuestras costas y estas serán mayores en el futuro, es necesario emprender en un programa organizado de estudios de microzonificación costera de las áreas ya ocupadas, y en especial de las que tienen potencial desarrollo, para minimizar los efectos que puede tener un fenómeno de esta naturaleza.

BIBLIOGRAFIA

- Barazangi, M. and Isacks, B., 1976.** Spatial distribution of earth quakes and subduction of de Nazca Plate beneath South America. *Geology*. Vol.4, p:686-692.
- CERESIS, 1985.** Catálogo de Terremotos para América del Sur. Datos de Hipocentros e Intensidades. Ecuador, Vol.6.
- CERESIS, 1 985.** Mapa Neotectónico Preliminar de América del Sur.
- De Miró, M; Ayon, H y Benites, B. 1976.** Morfología y estructura del Margen Continental del Ecuador. Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, p:5-6.
- Iida, K., 1984.** Catalog of Tsunamis in Japan and it's Neighboring Countries. Aichi Institute of Technology, p:31.
- Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, 1979.** Registro mareográfico de la estación de Esmeraldas.
- Lockridge, P. 1984.** Tsunamis in the Pacific Basin 1900-1983. Mapa publicado por National Geophysical data Center.
- Lockridge, P. 1985.** Tsunamis in Perú-Chile. World Data Center a for Solid Earth Geophysics. Report. SE-39, p:14.
- Lomnitz, C; Egred, A; García, M; y Hall, M. 1987.** El terremoto de la zona Centro-Nororiente del Ecuador, 5 de marzo de 1987. CERESIS, Informe Técnico, p:3-9.
- Lonsdale, P. and Klitgord, K. 1978.** Structure and Tectonic history of the Eastern Panama Basin. *Geol. Soc. Amer. Bull.* Vol.89, p:981-998.
- Pararas-Carayanis, 1980.** Earthquake And Tsunami of 12 December 1979 in Colombia. *Tsunami Newsletter*, Vol. XIII, N°1. p:1-9.
- Rudolph, E and Szirtes, S. 1911.** El Terremoto Colombiano del 31 de Enero de 1906. Traducción al español de la Universidad del Valle, Cali-Colombia: Publicaciones Ocasionales del OSSO #1. 1991. p:5-10.
- Soloviev, S.L. and Go, Ch. 1984.** Catalogue of Tsunamis on the Estern Shore of the Pacific Ocean. Canada Institute for Cientific and Technical Information. p:144, 151, 163-168, 171-172.
- Suárez, M., 1977.** Introducción a la Nueva Geología. Teoría de Tectónica de Placas. Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago, p:3-10.

NOTAS HIDROLOGICAS DE AGUAS SUPERFICIALES ECUATORIANAS SEGUN INDICADORES BIOLOGICOS-FORAMINIFEROS PLANCTONICOS.*

Por:

MARÍA LUZURIAGA DE CRUZ (1)

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre la distribución de los foraminíferos planctónicos vivos en aguas superficiales del mar ecuatoriano, durante los periodos normales y anómalos del océano, ocurridos en determinadas épocas de los años 1971 a 1973 y 1974. El área de muestreo de mayor extensión comprende desde la costa hasta Long. 86°W entre Lat. 01°22'N y Lat. 03°16'S. La distribución de los foraminíferos planctónicos evidencia el desplazamiento de masas de aguas procedentes de la Cuenca de Panamá, Corriente del Perú y zonas de convergencia. Las especies indicadoras de aguas cálidas fueron: *Globigerinoides ruber*, *Globorotalia menardii*, *Globigerinoides sacculifer* y de aguas frías: *Globigerina quinqueloba*, *Globigerinita bradyi*, *Globigerina bulloides*. Durante la aparición del Evento "El Niño" de 1972 predominaron a lo largo de toda la costa de Ecuador, las especies de aguas cálidas típicas de la Bahía de Panamá.

ABSTRACT

The present paper describes the distribution of living planktonic foraminifera, in the surface (1m) of ecuadorian waters. This investigation was carried out during certain months of the years 1971, 1972, 1973 and 1974, covering normal and abnormal conditions of the ecuadorian ocean waters. The largest studied area was situated between the continental shoreline and Long. 86°W, Lat. 01°22'N. and Lat. 03°16'S. The distribution of planktonic foraminifera correlated with the environmental parameters indicates the displacements of water masses coming from the Panama Bight, Peruvian current and zonas of covergences. The foraminifera used as indicators of the warm water were: *Globigerinoides ruber*, *Globorotalia menardii*, *Globigerinoides sacculifer* and of cold water: *Globigerina quinqueloba*, *Globigerina bulloides*, *Globigerinita bradyi*. During the "El Niño" event of 1972, the predominant organisms along the coastal waters of Ecuador were the warm water species, tipical of Panama Bight.

INTRODUCCION

El Instituto Oceanográfico de la Armada y el Instituto Nacional de Pesca de Ecuador, considerando la importancia de la ubicación de zonas de convergencia frente a costas de Ecuador, áreas de afloramiento y demás áreas fértiles y, por su relación con las pesquerías, ha incorporado dentro de su lineamiento de acción el estudio de indicadores biológicos, como índices positivos en la detección de tales áreas. La validez de los foraminíferos planctónicos como indicadores de masas de agua, hace que un estudio de estos organismos en un medio donde la variabilidad estacional del ambiente marino es evidente, aporte importantes datos sobre el origen, desplazamiento de las corrientes de diferente procedencia, así como de condiciones oceanográficas, el Frente Ecuatorial y la

aparición del Evento "El Niño" frente a costas ecuatorianas.

El presente trabajo constituye en realidad la parte preliminar de un estudio más extenso que se pretende realizar con el fin de separar las diferentes masas de agua que influyen en esta parte del Pacífico Tropical utilizando datos biológicos.

Entre los autores precedentes que han utilizado los foraminíferos planctónicos como indicadores hidrológicos en aguas ecuatorianas y/o adyacentes están: Boltovskoy (1966, 1974, 1976), Luzuriaga de Cruz (1976, 1977, 1980) Miró y Luzuriaga (1974) Parker (1962) entre otros.

(1) Instituto Nacional de Pesca. INP. P.O. Box. 09-04-13151. Guayaquil-Ecuador

* Presentado en Taller de trabajo sobre EVENTO "EL NIÑO"- auspiciado por UNESCO en Cali- Colombia- Febrero 1983.

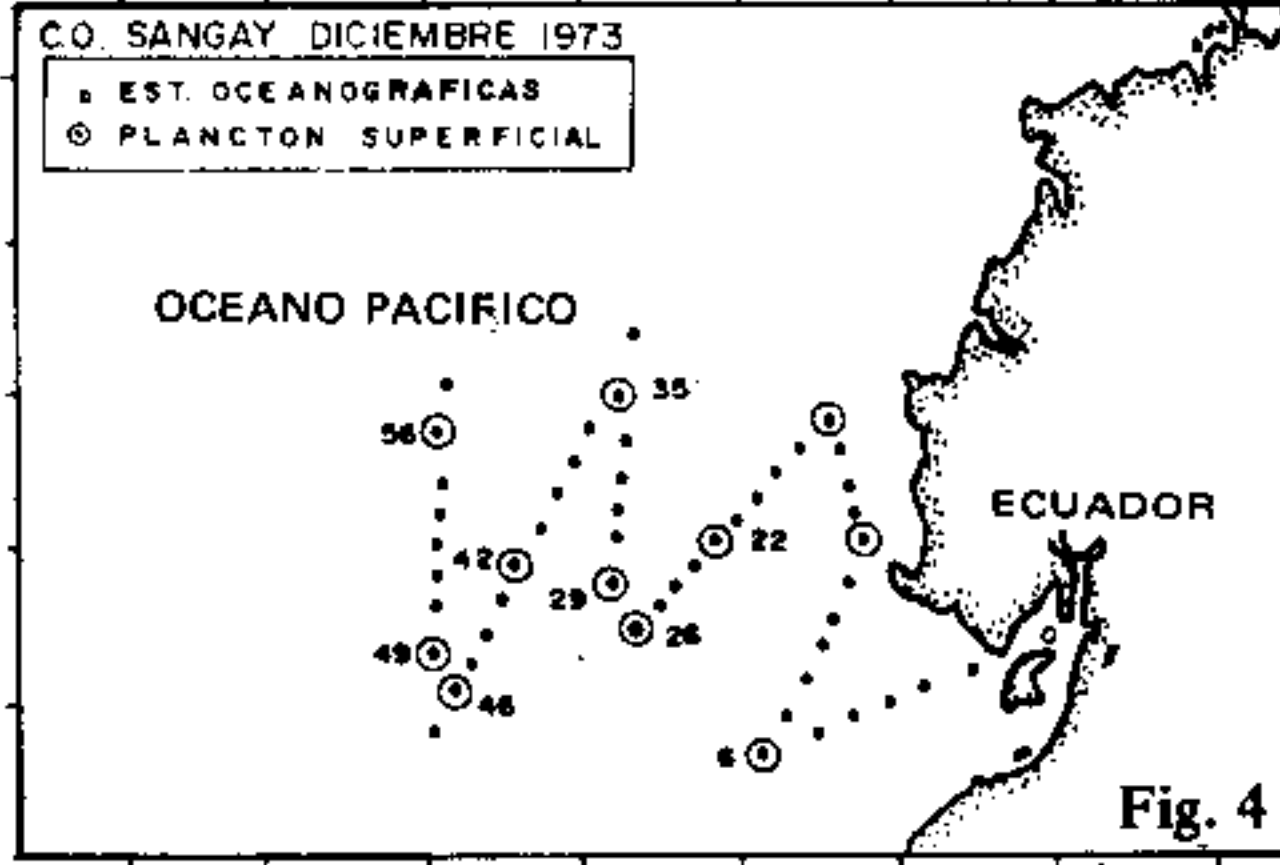
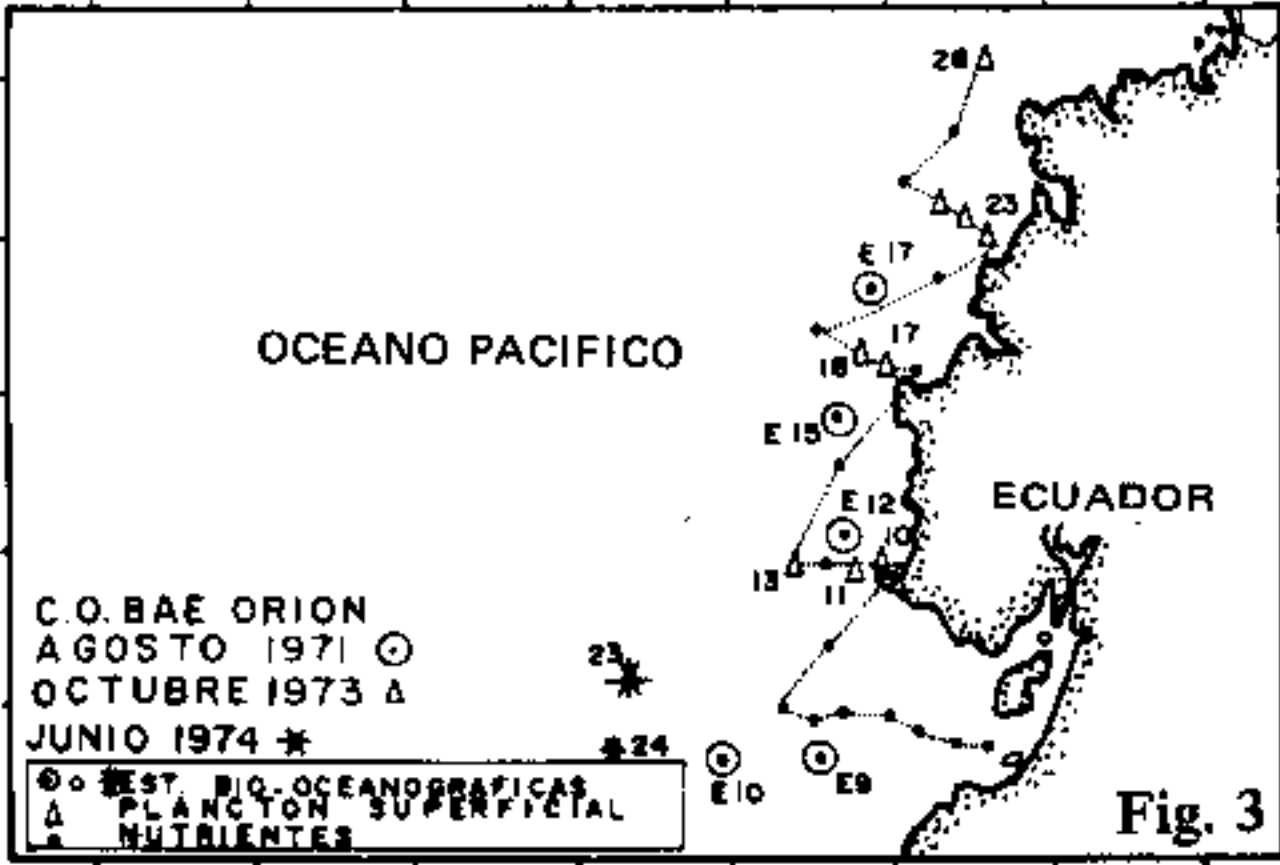
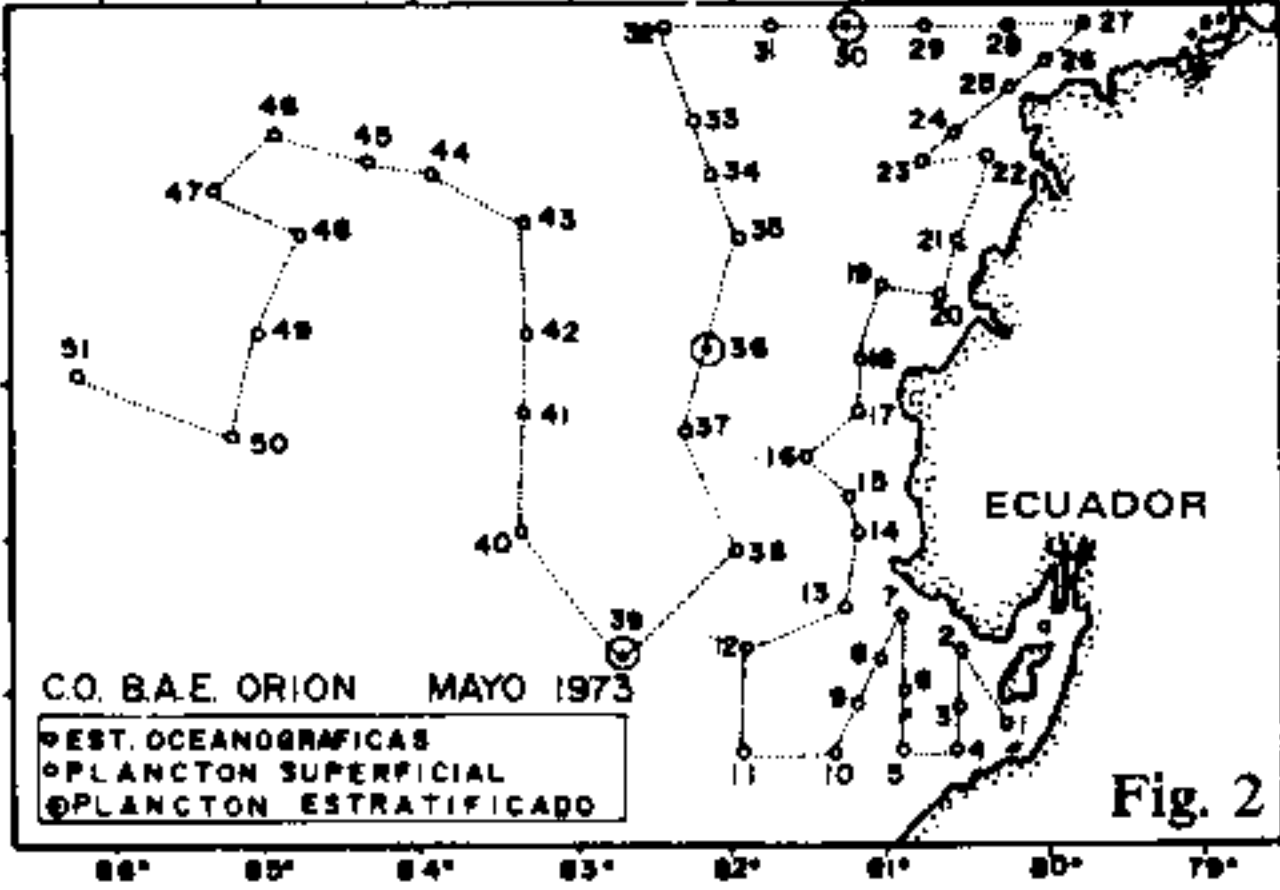
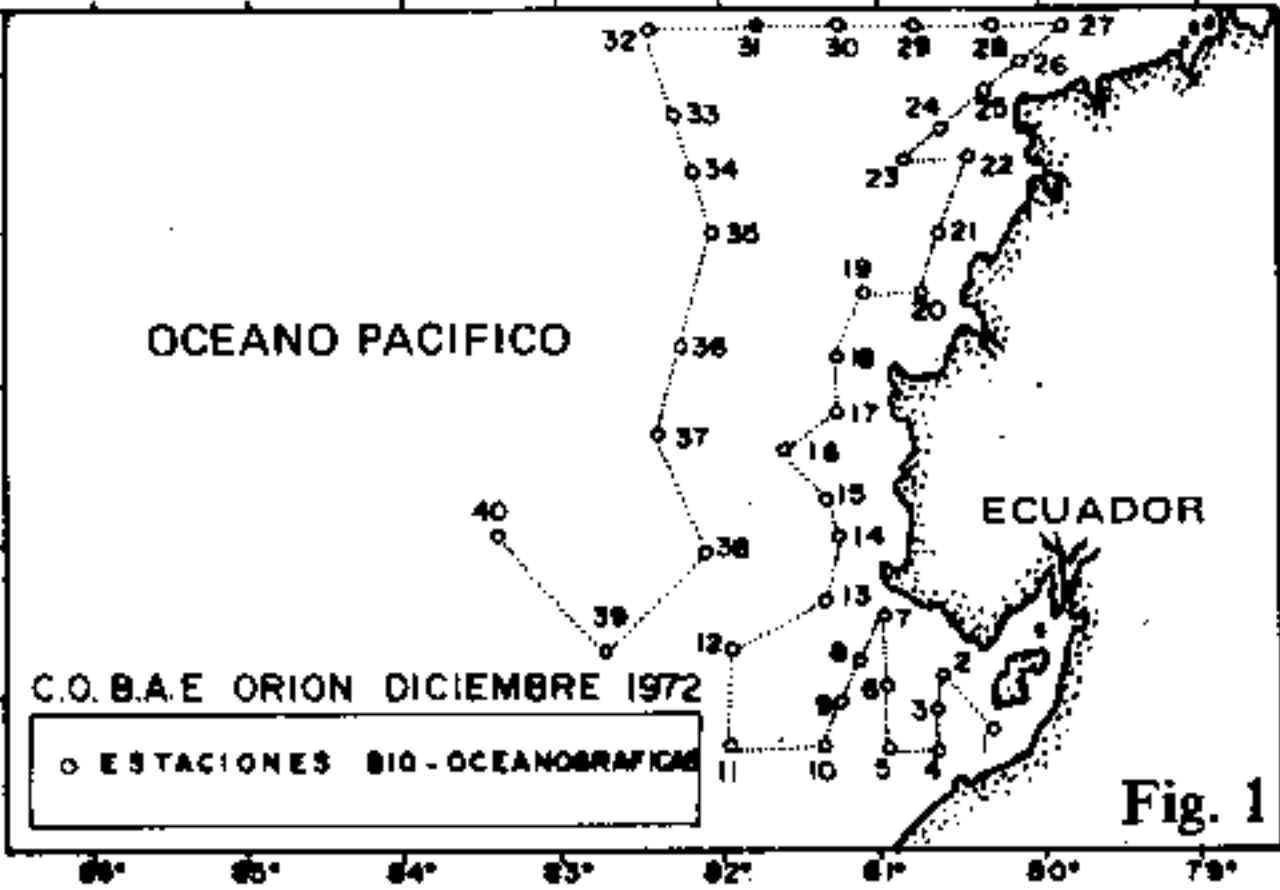
MATERIALES Y METODOS

Las muestras estudiadas fueron recolectadas a bordo del BAE ORION, del Instituto Oceanográfico de la Armada, en los meses de agosto de 1971, diciembre de 1972, mayo, octubre y diciembre de 1973, y junio de 1974. El área de muestreo y la ubicación de las estaciones de plancton corresponden a las figuras 1-4.

Se utilizaron redes cónicas simples de 150, 230 y 330 micras con 40 y 50 cm, de diámetro de boca. Los muestreos fueron superficiales, de 15 minutos de duración. El plancton se preservó con formol al 4% neutralizado con tetraborato de sodio.

CONDICIONES AMBIENTALES

En este trabajo las interpretaciones de carácter ecológico se han referido a los resultados obtenidos con indicadores biológicos (foraminíferos planctónicos) más que por datos oceanográficos. Se ha recurrido a éstos últimos solo a falta de información biológica en determinada área o época. De todas maneras en el capítulo sobre resultados y discusión se señala cuando las observaciones hidrológicas se basan en datos físicos y no en biológicos, que es el aspecto principal en que se basa este trabajo.



En el laboratorio se separó la mayor parte de los foraminíferos y se calculó su abundancia relativa. En la interpretación ecológica de las especies se tomó en cuenta a más de su abundancia, su tamaño, forma, color. Para la identificación de las especies se utilizó la clave de Bé (1967) y de Parker (1962)

A continuación se presentan los aspectos físico-químicos de las aguas en el momento de muestreo, durante los cruceros de agosto de 1971, diciembre de 1972, mayo, octubre y diciembre de 1973 y junio de 1974 (Fig. 5-6):

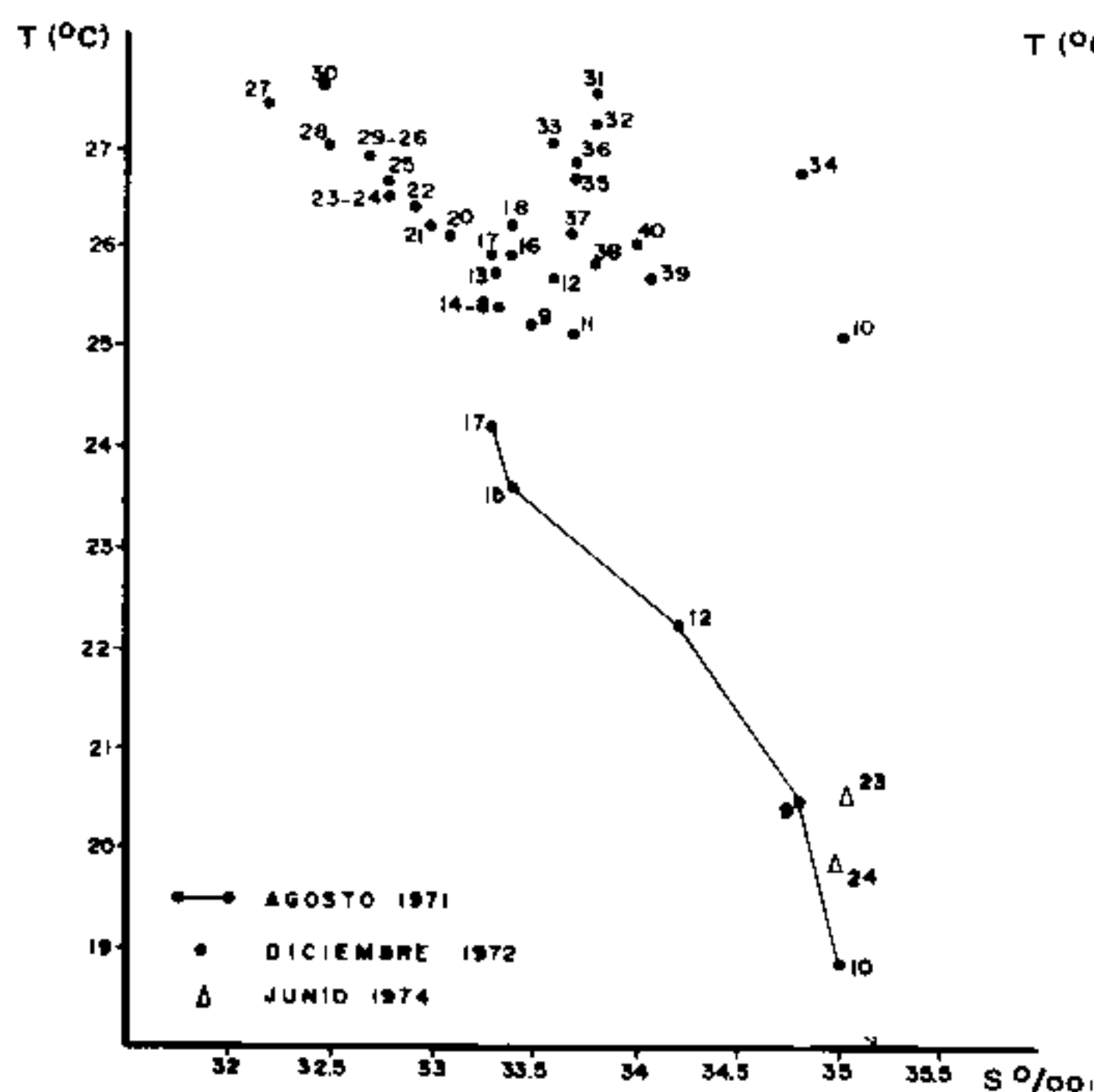


Figura 5 Diagrama T-S de estaciones bio-oceanográficas muestreadas en agosto 1971, diciembre 1972 y junio 1974. BAE ORION.

El área estudiada se caracteriza por estar influenciada por las aguas cálidas de la Cuenca de Panamá y las frías de la Corriente de Humboldt procedentes del sur. El frente ecuatorial formado por la mezcla entre esas dos masas de agua, varía su posición en cada época del año. Wooster (1969) ilustra el promedio de la posición del frente, esquematizando el límite oriental sobre la zona norte de la costa peruana, entre 4-6°S y el límite occidental entre 1°N y 2°S en Long. 90°W.

En agosto de 1971, la temperatura y salinidad variaron de 19°C y 35‰ en la parte sur del área a más de 25°C y 33.3‰ en el norte. En diciembre de 1972, cuando estuvo presente el fenómeno "El Niño", la isoterma de 25°C se desplazó 4 grados al sur, mientras en el norte la temperatura fue mayor a 27°C. El fenómeno "El Niño" tuvo una duración de 14 meses a partir de febrero de 1972 (Wooster y Guillén, 1974) y consistió en el desplazamiento de una capa superficial de más o menos 30 mts. de espesor, con temperaturas entre 23-30°C y bajas salinidades, hacia la zona costera, sobre una pronunciada termoclina de 11 y 14 isotermas, 25°C-15°C o entre 28°C-14°C en la capa de 30 a 80 metros (Zuta, 1972).

En mayo de 1973 la temperatura varió de 19.9°C a 27°C y de 33‰ a 35‰ de salinidad. Los más intensos gradientes de temperatura estuvieron entre 21°C y 25°C. En la parte exterior del Golfo de Guayaquil, también se observaron pronunciados gradientes de temperatura y salinidad aumentados por el aporte de aguas continentales.

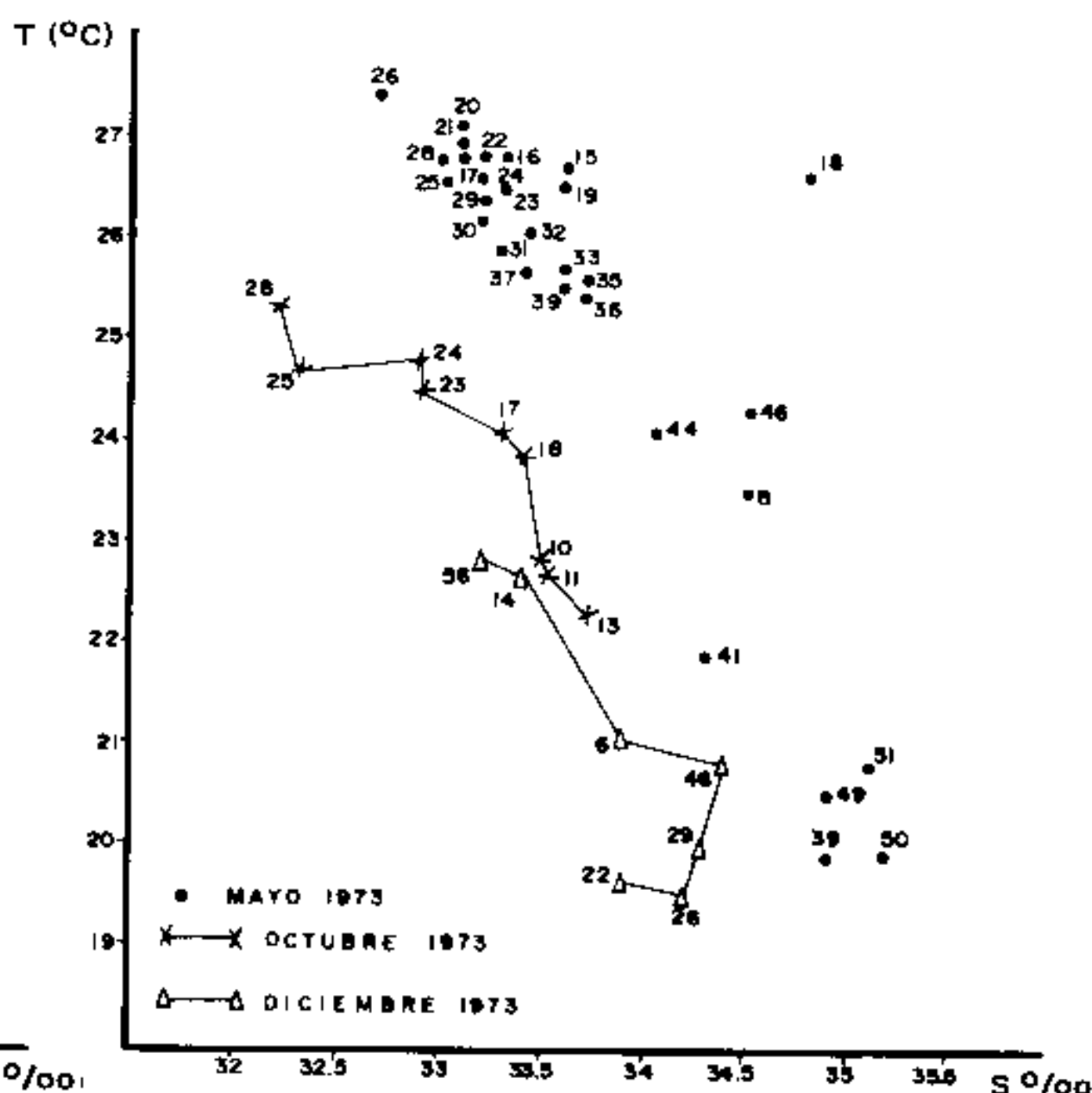


Figura 6 Diagrama T-S de estaciones bio-oceanográficas muestreadas en mayo, octubre y diciembre 1973. BAE ORION

En cuanto a cantidad de clorofila se distinguieron valores menores de 0.5 mg/m³ en casi toda el área de estudio, mientras que en la zona más austral, la cantidad de clorofila fue mayor a esta cifra, existiendo incluso puntos como la estación 8 donde la clorofila y producción primaria, fue de 93.8 mg/m³ y 3700.2 mgC/m/día respectivamente (Miró, Jiménez, Gualancañay y Luzuriaga, 1974). En la parte occidental del área oceánica en las estaciones 50 y 51 se presentó un afloramiento que fue detectado por datos biológicos (fitoplancton: Jiménez, 1978; foraminíferos planctónicos: Luzuriaga de Cruz, 1980).

En octubre de 1973, la temperatura y salinidad fluctuaron entre 22°- 25°C y 34-32.8‰, los fosfatos y nitratos fueron más altos en el Golfo de Guayaquil (1 ug at P04/1 y 5 ug at NO3/1). Igual cantidad de nitratos se encontró frente a costas de Esmeraldas. Jiménez y Pesantes (1977) asociaron las bajas concentraciones de células de fitoplancton frente a las costas de Manabí, con las bajas de nutrientes.

En diciembre de 1973 la temperatura y salinidad variaron de 19.5°C a 23°C y de 33‰ a 34.5‰. Se observó una gran variedad de gradientes térmicos en posición sur-este.

La temperatura y salinidad de las estaciones estudiadas en junio de 1974 fue de 20.5°C y 35.03‰ para la estación 23 y de 19.8°C y 34.98‰ para la estación 24.

DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES

En este capítulo se trata sobre la distribución de las especies de foraminíferos que se encontraron durante períodos normales del mar ecuatoriano: agosto/71, mayo, octubre, diciembre de 1973, junio de 1974 y períodos anormales, caracterizado por la presencia del fenómeno "El Niño": diciembre de 1972.

Las especies de foraminíferos están ordenados de acuerdo a su grado de tolerancia a aguas cálidas y a su abundancia. Por espacio no se incluyeron mapas de distribución de cada especie, pero el lector puede referirse a los trabajos publicados de Luzuriaga de Cruz (1974, 1976, 1980)

***Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides sacculifer*.**- Estas especies consideradas típicas de aguas cálidas, presentan un patrón de distribución similar, con ciertas variantes en su porcentaje. En el mes de diciembre de 1972, presentaron sus más elevadas concentraciones en el área oceánica y en la parte exterior del Golfo de Guayaquil. Al año siguiente las concentraciones se localizaron hacia el norte y hacia la costa en la parte septentrional de la zona convergencia.

En octubre de 1973, *G. ruber* estuvo condicionada más por la salinidad que por la temperatura, predominó en más de 50% en las estaciones situadas al norte de Punta de Santa Elena. En diciembre de ese mismo año, *G. ruber* aumentó su porcentaje en sentido sur-norte. *G. sacculifer* aunque presentó un bajo porcentaje, menos del 10%; en agosto/71, en octubre y diciembre de 1973 correlacionó siempre positivamente con la temperatura. La escasez de *G. sacculifer* en la zona costera evidencia la preferencia de esta especie por agua oceánica.

G. ruber también fué escasa en agosto de 1971 con la excepción de la estación 15 situada frente a Punta Galera.

***Globorotalia menardii*.**- En diciembre de 1972, ésta especie se distribuyó a lo largo de aguas ecuatorianas, pero contrario a lo sucedido con *G. sacculifer* y *G. ruber* presentó la mayor abundancia en áreas más costeras.

En mayo de 1973, *G. menardii* fué observada en mayores porcentajes en el área oceánica norte, zona costera norte y un parche en la parte sur. Ya en octubre, en las aguas neríticas el número de organismos se elevó, especialmente en la parte central, a más de 40% del total de foraminíferos. Fué sumamente escasa a fines del mismo año, se ausentó en el extremo sur-oeste del área oceánica. En agosto de 1971 fué también escasa, sólo en

pocas estaciones situadas en el centro y norte, *G. menardii* representó del 10 al 16% del total. Cabe anotar que en esta época, una de las estaciones centrales, la estación 17 que presentó el 16% del total de *G. menardii*, está ubicada dentro de la misma zona de máxima concentración de la especie que en octubre de 1973.

***Globoquadrina dutertrei*.**- Durante la aparición del fenómeno "El Niño", *G. dutertrei*, se distribuyó en toda el área, con concentraciones mayores al 50% del total de foraminíferos en la zona costera. Al año siguiente del evento, en 1973, la distribución de *G. dutertrei* disminuyó en la costa y aumentó mar afuera, con dirección norte en la parte media y septentrional del área. En octubre y diciembre de ese año, su porcentaje aumentó de sur a norte. En contraposición a lo observado, en agosto de 1971 fué más abundante al sur, donde las temperaturas fueron más bajas, quizás esta densidad, se extiende hacia el norte por el área oceánica, correspondiendo así a la mayor densidad que podría haberse observado meses después, como sucedió en diciembre de 1973.

***Globigerina bulloides*.**- Esta especie es la que refleja con mayor claridad las condiciones hidrológicas. En períodos normales del mar, *G. bulloides*, presenta un porcentaje apreciable en la parte sur del área oceánica, especialmente en la parte exterior del Golfo de Guayaquil y en la zona de afloramiento, en la estación 50 y 51. En la región costera fué escasa, pero siempre presentando correlación negativa con la temperatura y positiva con la salinidad. En condiciones anómalas, *G. bulloides* no se encontró muy cerca de la costa, escasa, menos del 10% en toda el área oceánica y, entre 10-20% en las estaciones situadas en el exterior del Golfo. Respecto a la escasez de esta especie en ciertos puntos de aguas superficiales en determinadas épocas, se han hecho observaciones en niveles más profundos del agua oceánica, donde se observó que el porcentaje de *G. bulloides* con relación a las otras especies fué entre 20-30% a los 100 y 200 m. de profundidad durante el crucero oceánico en mayo de 1973.

***Globigerina rubescens*.**- Se la encontró en un máximo de 1% y 8% del total de foraminíferos en las estaciones situadas en la parte más septentrional del mar ecuatoriano en agosto de 1971 y octubre de 1973 respectivamente. La temperatura en estos puntos osciló entre 24.2-24.7°C y salinidad entre 33.2‰-32.9‰.

En mayo de 1973, se presentó en forma aislada, en una zona de marea roja (estación 8) y de afloramiento (estación 51). En diciembre de 1972 se concentró en mayor número en la región nor-oeste del área (más del 10-20%).

***Globigerinoides tenellus*.**- Especie de aguas tropicales, fué escasa en toda el área, se la encontró en casi todos los meses estudiados, a excepción de agosto de 1971 y diciembre de 1973 cuando se registraron las temperaturas más bajas en relación con los otros cruceros. A fines del año 1972 se la encontró hasta en un 3% inclusive en la parte sur. En mayo y octubre de 1973 presentó un 1% en la mayoría de las estaciones del área norte.

***Hastigerina pelagica*.**- Presentó irregular distribución, se la encontró en pocas estaciones y en bajo porcentaje, menos del 3%.

***Globigerina quinqueloba*.**- Presentó irregular distribución en diciembre de 1972, con un máximo de 12% en la zona norte de la Punta de Santa Elena. En agosto de 1971 y mayo de 1973 llegó al 2% en la parte exterior-sur del Golfo de Guayaquil. Su presencia en el área superficial en diciembre de 1972, cuando se registraron las más altas temperaturas hace difícil su interpretación.

***Globigerina falconensis*.**- A veces fué difícil separarla de *Globigerina bulloides*. Según Boltovskoy (comp. pers.) *G. falconensis* constituye la forma tropical de *G. bulloides*. Se la observó tan solo en los cruceros de mayo a diciembre de 1973, en las estaciones 8 y 26 respectivamente (2% del total de foraminíferos).

***Globigerinella aequilateralis*.**- Tuvo los más altos valores, entre 5% y 16%, en la zona costera durante el mes de agosto de 1971, y en el nor-este del área a fines del año 1973, donde la temperatura fué mayor de 22°C. En las demás épocas, *G. aequilateralis* se dispuso en "parches", excepto durante el último mes de 1972, cuando se observó un ligero aumento a más del 4% en el área oceánica.

***Globigerinita glutinata*.**- En diciembre de 1972, *G. glutinata* fué escasa, poco más del 5% en agua oceánica y parte costera norte. En períodos normales del mar también fué escasa en aguas superficiales, con excepción de la época fría, en agosto de 1971. En este mes su abundancia estuvo entre 20-41%. En mayo de 1973, aumentó a 9-15% bajo la superficie en las estaciones 30 y 36 situadas al norte y centro del área respectivamente. En el mes de octubre del mismo año, no se registró su presencia. Hasta el momento, el comportamiento de *G. glutinata* en aguas ecuatorianas, parece corresponder a una mayor afinidad con temperaturas moderadas.

***Globigerina calida*.**- En diciembre de 1972 fué escasa y distribuida regularmente en el centro del área y con un máximo 5% al norte del Cabo San Lorenzo. En

agosto de 1971 se la encontró en un 1% en la estación 9, situada en la parte sur del área, en igual forma se encontró tan solo un ejemplar en la estación 23 muestreada en junio de 1974.

Durante los meses muestreados en 1973, *G. calida* no pasó del 2% del total de foraminíferos, salvo en la estación 24 al norte de la zona costera, donde llegó al 4% en el mes de octubre. La temperatura en este punto fué 24.8 oC y 32.9 ‰ de salinidad.

La distribución irregular de *G. calida* no hace posible, al menos por el momento emitir un criterio con respecto a sus preferencias ambientales.

Entre otras especies de escasa distribución presentes en el área de estudio se encuentran, *Pulleniatina obliquiloculata*, *Globorotalia inflata* y la forma intermedia entre estas dos especies. Se encontraron irregularmente distribuidas en diciembre de 1972 y mayo de 1973. En octubre de 1973 se encontró a *P. obliquiloculata* frente a Cabo San Lorenzo (1%) aumentó hacia el norte hasta el 5%. Se la observó también en diciembre del mismo año en la estación 22 al sur-este del mar ecuatorial. Según Miró y Luzuriaga (1974) esta especie es la forma tropical de *G. Inflata*.

La forma intermedia *G. inflata* cf *P. obliquiloculata* fué observada en el centro de lengua de aguas frías de la Corriente de Humboldt, que penetró por el lado sur-oeste del área a fines del año 1973.

RESULTADOS Y DISCUSION

Al analizar la población total de foraminíferos planctónicos en las épocas de estudio, se observó que las especies que ofrecen más información para determinar condiciones ecológicas y características hidrológicas son las especies más abundantes, como: *Globigerinoides sacculifer*, *G. ruber*, *Globorotalia menardii*, *Globigerina bulloides* y también, aunque en menor grado: *Globigerinita glutinata*, *Globigerinella aequilateralis* y *Globoquadrina dutertrei*.

Durante todos los meses de estudio que en realidad corresponden a la segunda mitad del año, desde mayo a diciembre, se encuentran especies de distinta procedencia (Tabla 1) en toda el área, aunque sea en forma aislada. Esto podría relacionarse con la gran variabilidad local en la posición y desplazamiento de las corrientes procedentes del norte y del sur frente a las costas ecuatorianas durante el año y la consiguiente variación en la ubicación del Frente Ecuatorial, que en su desplazamiento, no daría lugar a que se forme un límite preciso entre las masas de

Globigerina bulloides d'Orbigny
Globigerina calida Parker
Globigerina humilis (Brady)
Globigerina quinqueloba Natland
Globigerina rubescens Holker
Globigerina falconensis Blow
Globigerinella aequilateralis (Brady)
Globigerinita bradyi Weisner
Globigerinita glutinata (Egger)
Globigerinoides conglobatus (Brady)
Globigerinoides ruber d'Orbigny
Globigerinoides sacculifer (Brady)
Globigerinoides tenellus Parker
Globoquadrina conglomerata (Schwager)
Globoquadrina dutertrei (d'Orbigny)
Globoquadrina hexagona (Natland)
Globorotalia inflata (d'Orbigny)
Globorotalia scitula (Brady)
Pulleniatina obliquiloculata (Parker y Jones)
Globorotalia hirsuta (d'Orbigny)
Globorotalia menardii (d'Orbigny)
Hastigerina pelagica (d'Orbigny)
Orbulina universa (d'Orbigny)

TABLA I.- Lista de especies de foraminíferos planctónicos encontrados en aguas superficiales ecuatorianas.

agua de distinto origen y por lo tanto entre la fauna transportada por ellas.

La interpretación en la forma de distribución de las especies se la hizo especialmente en base a las mayores concentraciones que presentaron en el área, en condiciones normales y anómalas del mar.

Las notas hidrológicas se las agrupó en dos: relacionadas con períodos normales y con períodos anómalos del mar. Durante períodos normales, se trata del comportamiento de especies en área oceánica (fines de la estación lluviosa -mayo- y final de la época seca -diciembre 1973) y en área costera (época seca -agosto 1971, octubre 1973). Las estaciones de junio de 1974 servirán como referencia para la interpretación ecológica obtenida de datos recogidos en la parte sur de la costa. Los períodos anómalos se relacionan con la presencia del fenómeno "El Niño" en diciembre de 1972.

Area Oceánica

La fauna de mayor mezcla de foraminíferos planctónicos (Luzuriaga de Cruz, 1980), estuvo formada por la similar y baja abundancia de las especies predominantes en otras áreas del mar ecuatoriano, tales como *Globoquadrina dutertrei* y *Globigerinoides ruber*, a fines de la estación lluviosa y de la estación seca. En el límite sur de esta fauna de mezcla se pudo advertir un cambio en el tipo de especies nombradas anteriormente por *G. ruber* y *Globigerina bulloides*. El límite oriental de esta zona en el mes de mayo estuvo situada a la altura de la parte norte del Golfo de Guayaquil hasta las costas del sur de Manabí y en el límite occidental estaría entre 1°N y 0°30'S en la longitud de 85°W hasta donde se muestreó.

Boltovskoy (1976) señaló al Golfo de Guayaquil como límite entre la fauna de transición y fauna de aguas cálidas del Pacífico. Este límite podría estar asociado con la fauna de mezcla mencionada en el presente trabajo y por tanto sujeto a variación en su posición según la época del año. La parte sur del mar ecuatoriano bajo este límite llamado por Boltovskoy (1976) aguas de transición, corresponderían a la fauna con mayor influencia de aguas frías y la parte norte del mismo límite como correspondiente a la fauna con mayor influencia de aguas cálidas señaladas en este trabajo, o lo más probable, que las aguas de transición ocupen casi toda el área del mar ecuatoriano, elevándose dicho límite a las costas de Esmeraldas. Queda por averiguar mediante estudios locales detallados en que época del año y hasta que límite se desplazan aguas cálidas "puras" procedentes del norte.

En el mes de diciembre, parte de la fauna de mezcla se la localizó en sentido sur-este. El límite sur presentaría su más profunda concavidad cerca de Lat. 2°S y Long. 82°W hasta donde llega desde el sur la mayor concentración de *Globigerina bulloides* y el mínimo de *Globigerinoides ruber*. La penetración de *G. bulloides* refleja muy bien la introducción de aguas frías superficiales (Fig. 10).

La fauna de aguas cálidas presentó mayor predominio en la zona norte hasta donde se encontró la concentración de *Globigerinoides ruber*, *G. sacculifer*, *Globorotalia menardii* y también *Globoquadrina dutertrei* (Fig. 7). La fauna típica de aguas frías se situó en la parte austral y se caracterizó por la abundancia de *G. bulloides*. En el diagrama T-S que muestra la figura 8, se graficaron las mayores concentraciones de dos especies: *G. sacculifer* y *G. bulloides* en dos cruceros oceánicos, mayo y diciembre. *G. sacculifer* situó sus máximas

concentraciones entre 25.5°C - 27°C y 33.1‰ - 34.8‰ y *G. bulloides* entre 19.6°C - 23.5°C y 34.2‰ - 35.6‰ de salinidad.

Comparando la figura 8 con el diagrama y mapas de distribución presentados por Luzuriaga de Cruz (1980) para el año 1973, respecto a *Globigerinoides sacculifer*, *G. ruber*, *Globorotalia menardii*, se realizó la siguiente clasificación de la fauna de foraminíferos encontrados en los meses de estudio:

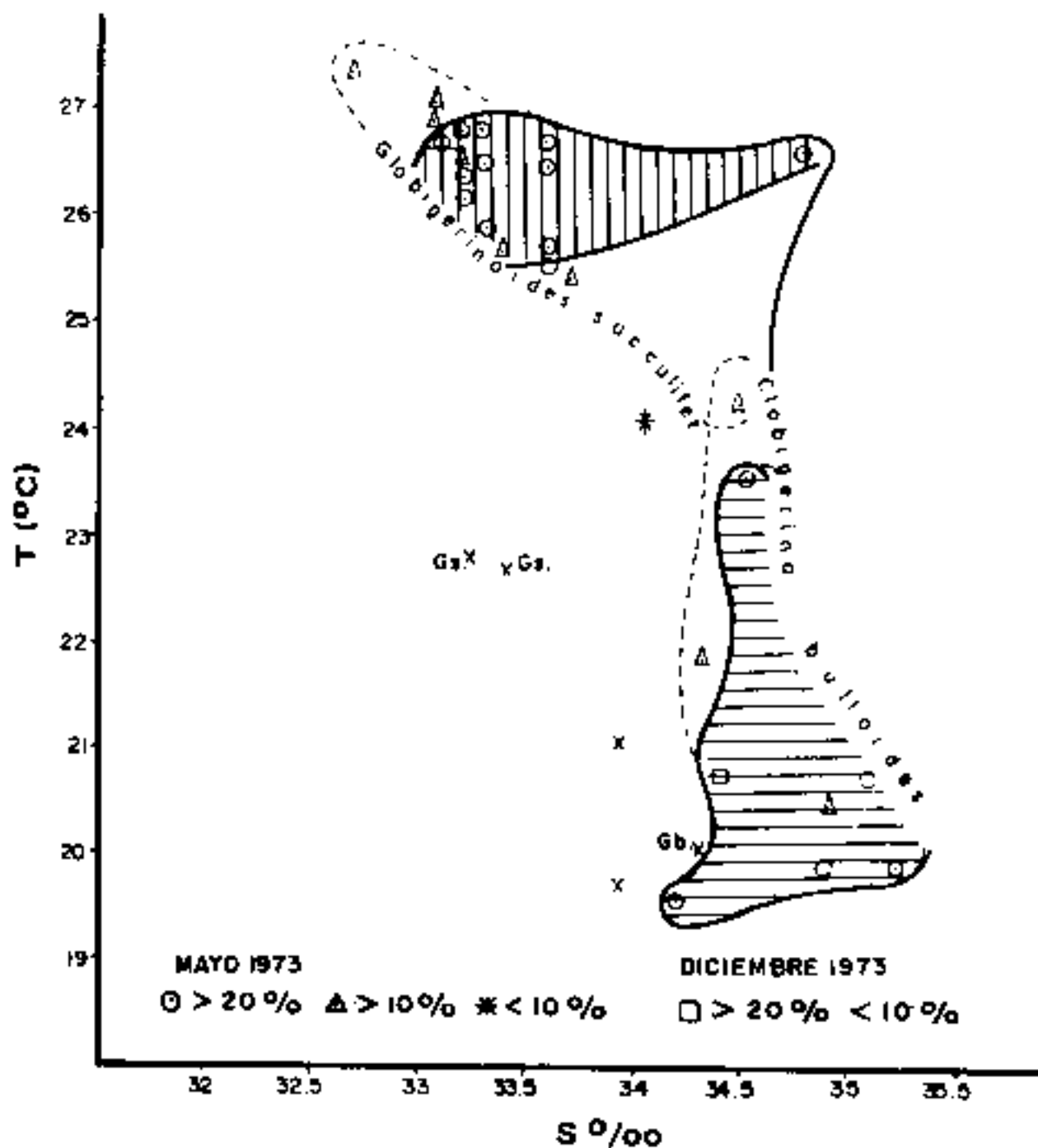
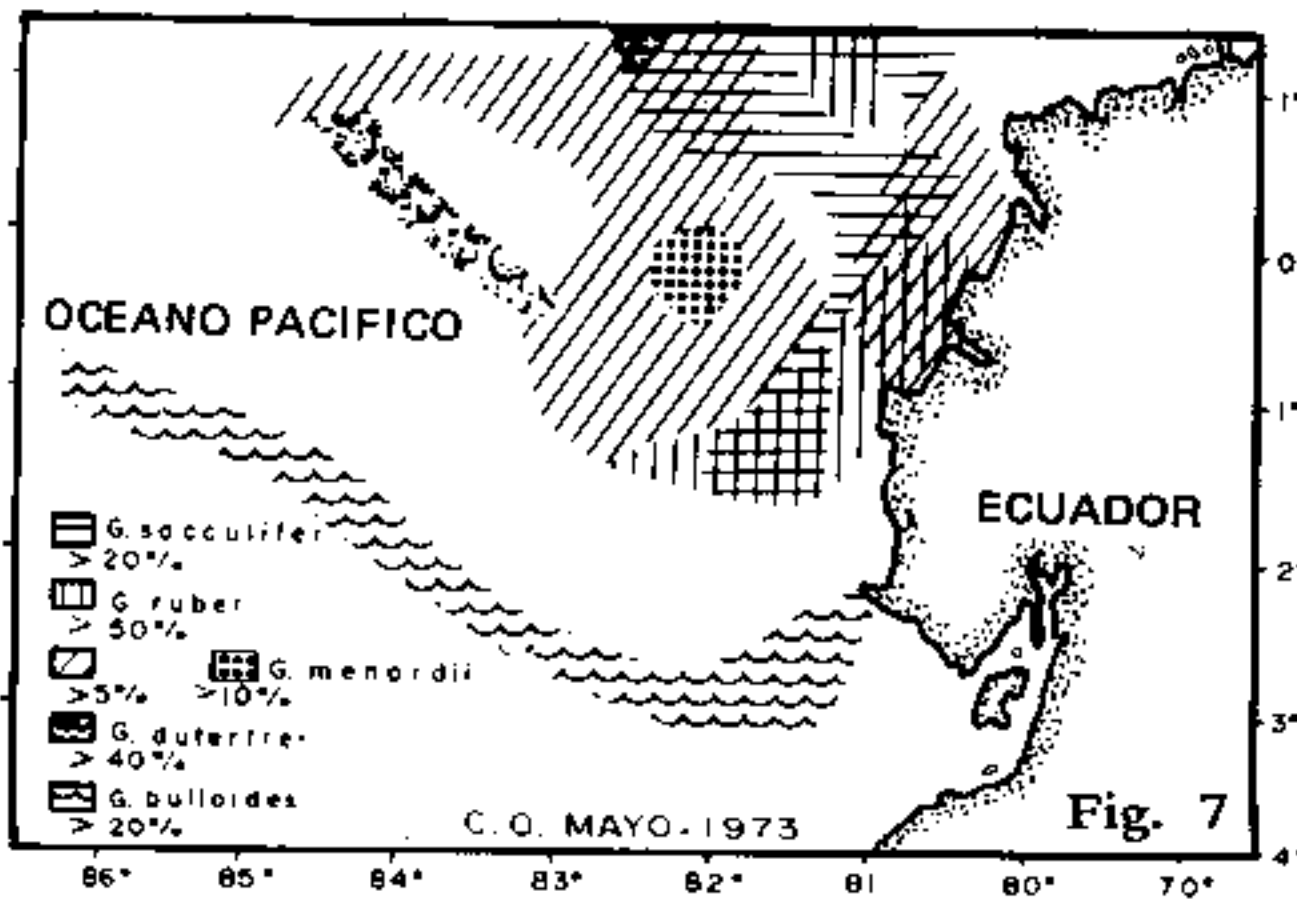


Figura 8 Diagrama T-S de 2 especies en cruceros oceánicos

NOTA: x, * estaciones con escaso número de las dos especies pero sin notable predominio de una sobre la otra.

Fauna de agua cálidas, entre 25.5°C - 27.4°C de temperatura y 32.7‰ - 34.8‰ de salinidad (con las mayores concentraciones de *G. menardii*, *G. sacculifer*), fauna de mezcla entre 20.5°C - 25°C y 34.1‰ - 34.8‰ (iguales y bajos porcentajes sin predominio de ninguna especie abundante sobre la otra) y fauna de aguas frías entre 19.6°C - 23.5°C y 34.4‰ - 35‰ de salinidad (con la mayor concentración de *G. bulloides*).

De acuerdo a lo expuesto, en la figura 9 se esquematiza el desplazamiento de las masas de aguas ecuatorianas durante el crucero oceánico de mayo. En este mes, la zona de convergencia según datos biológicos estuvo a la altura del Golfo de Guayaquil separando las aguas septentrionales y australes donde también existió mezcla de aguas de distinto origen, razón por la cual se prefirió denominar a estas áreas, subrayando en ellas, el mayor predominio de aguas cálidas de la Bahía de Panamá o de las aguas frías procedentes del sur.

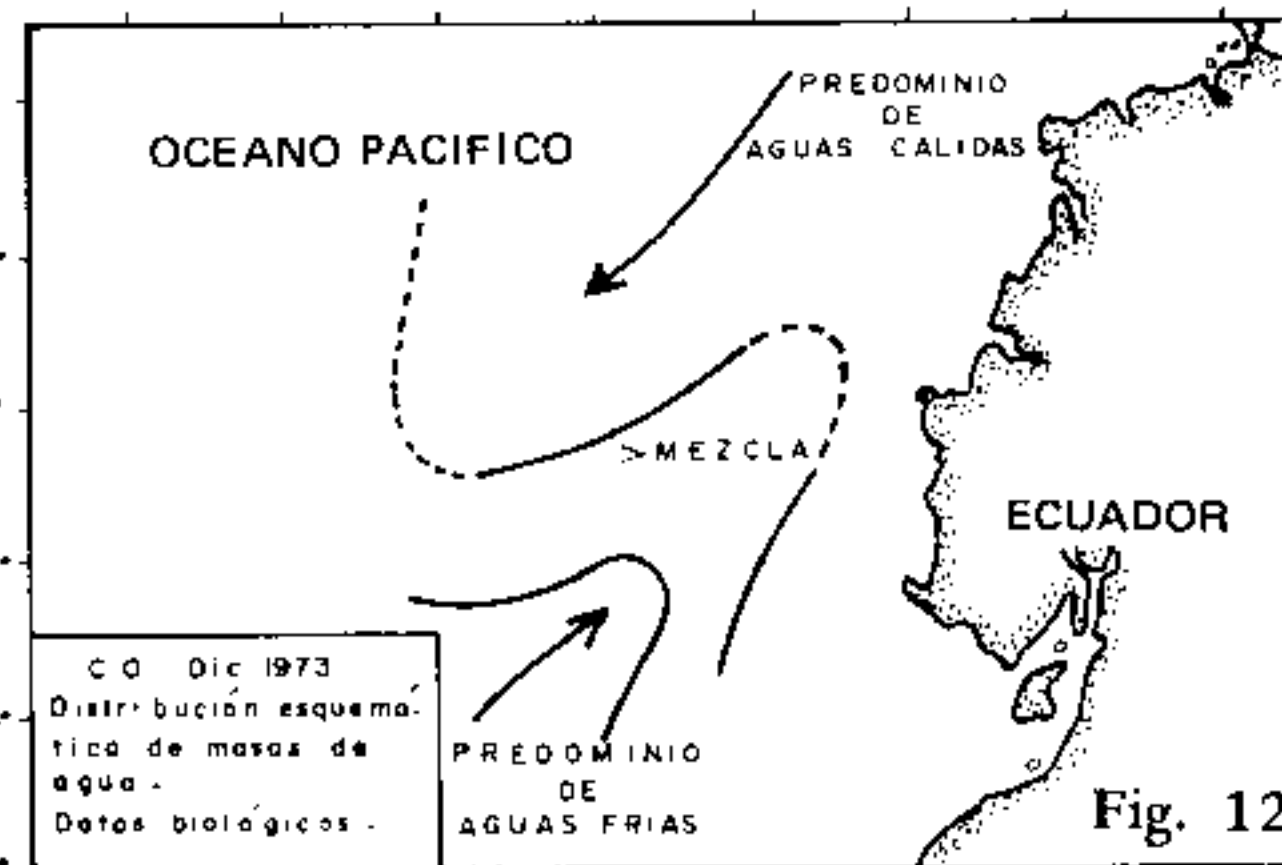
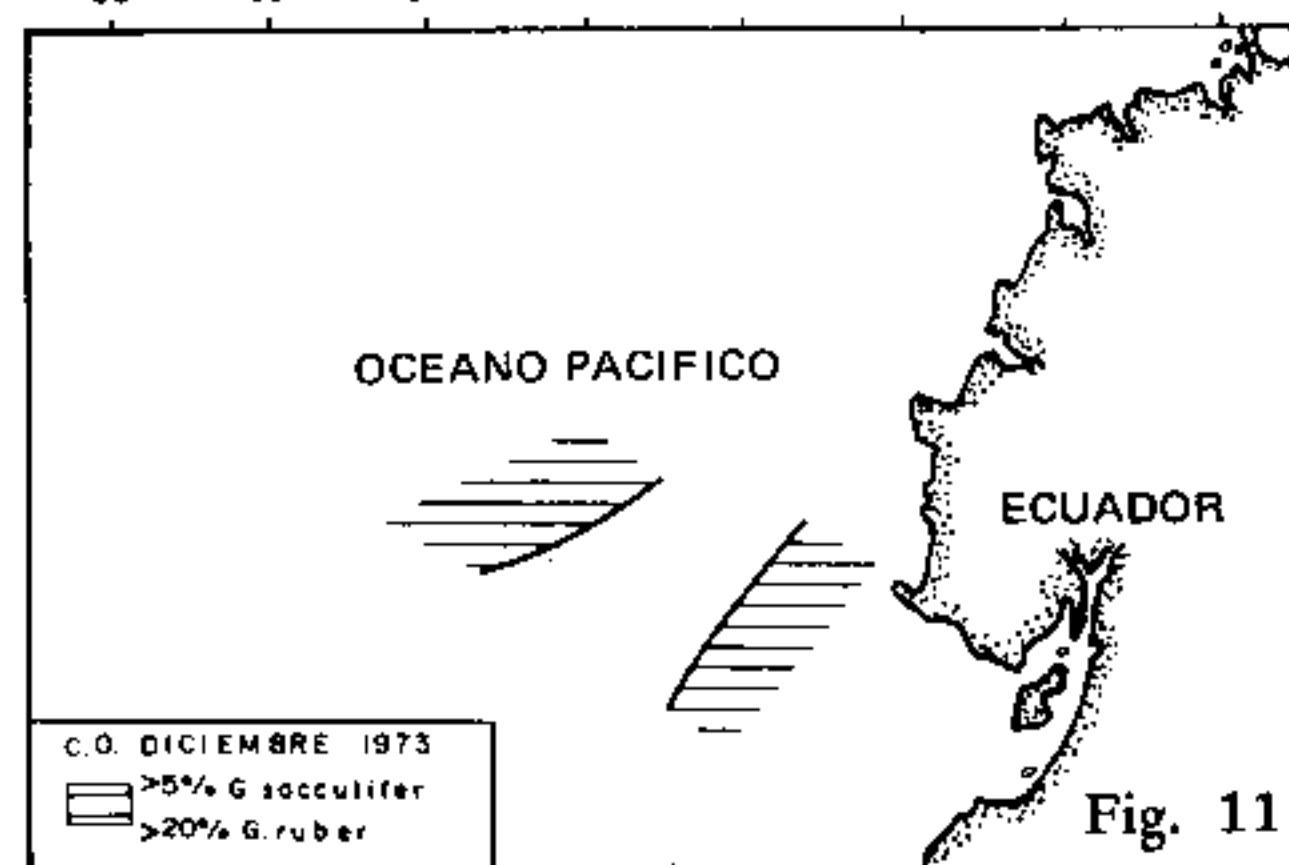
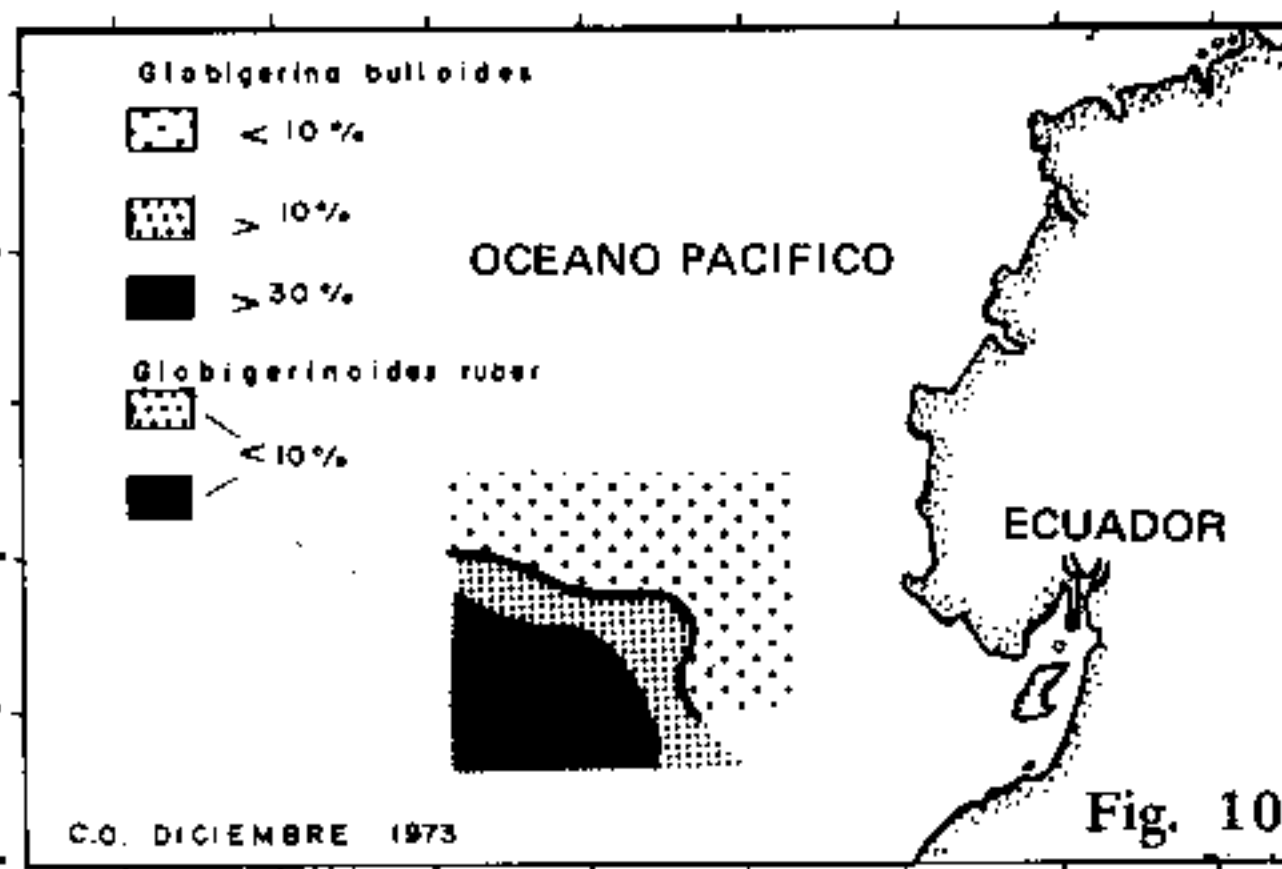
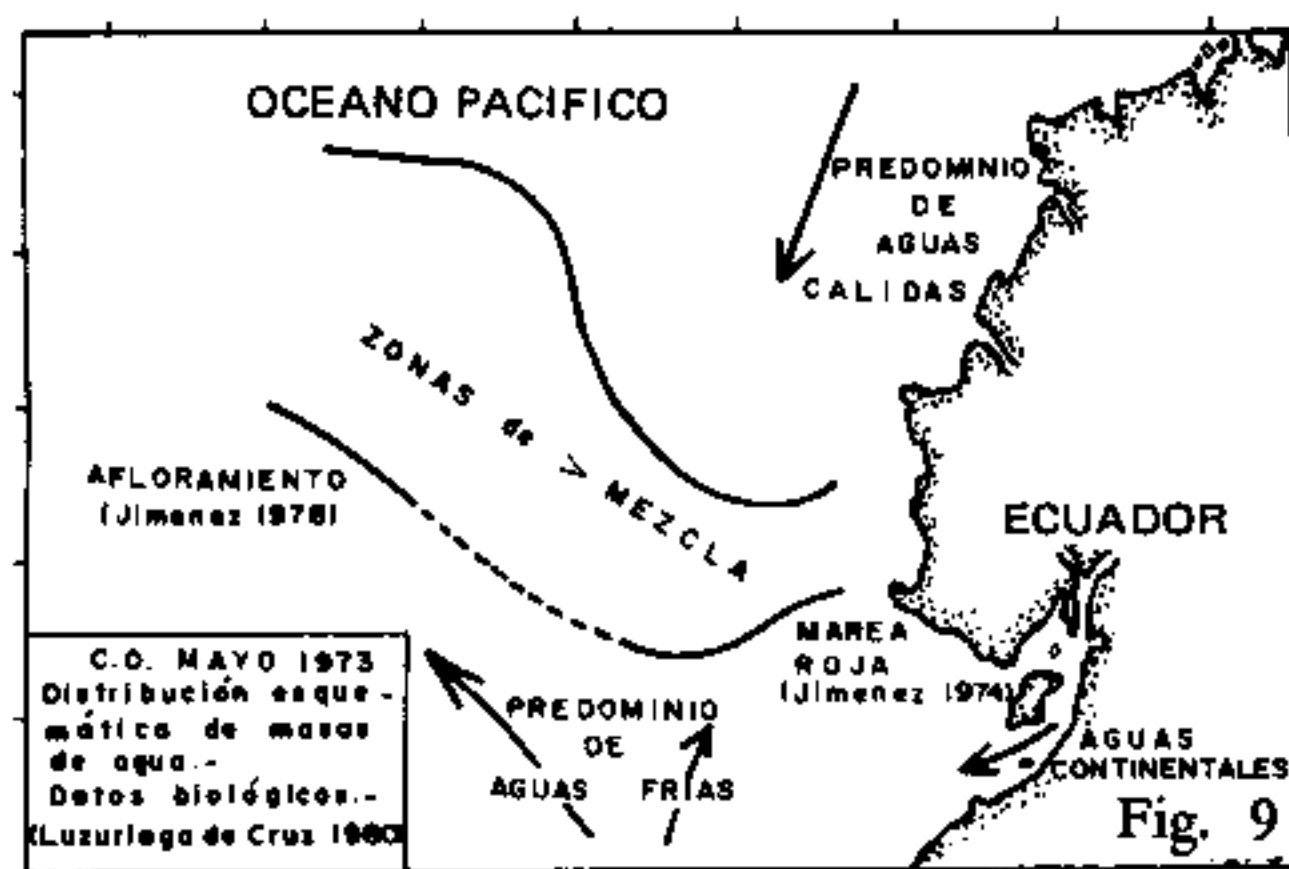
En la parte occidental de área oceánica, alrededor de las estaciones 50 y 51 se produjo un afloramiento y en la parte exterior del Golfo de Guayaquil, (estación 8) hubo una marea roja (Jiménez, 1974, 1978). Estas áreas se destacan por la abundancia de fitoplancton, elevada producción primaria y predominio de *G. bulloides* con cerca del 50% del total de foraminíferos tanto en el área de afloramiento como en el área de marea roja (Miró et al., 1974; Luzuriaga de Cruz, 1980). El tamaño de los foraminíferos fue pequeño, quizás debido a que la reproducción se vio favorecida por la gran cantidad de fitoplancton disponible (Mateu, 1979). Parece ser que el núcleo del afloramiento oceánico estuvo en la estación 50 por el gran número de ejemplares pertenecientes a la especie mencionada.

En el mes de diciembre pudo señalarse el avance de aguas frías en el extremo suroeste del área (Figs. 11-12). No se limitó la parte septentrional de la zona de convergencia por la falta de estaciones biológicas más al norte. Las aguas más cálidas se situaron especialmente hacia la parte oriental del área de muestreo. La presencia en estas aguas de *G. ruber* (más del 20%) y *G. sacculifer* (cerca del 10%) hace presumir que el límite norte de la convergencia tendría igualmente un sentido sur-este en el área muestreada.

Zona Costera

En los cruceros costeros de agosto de 1971 y octubre de 1973 se anotó lo siguiente:

En el mes de octubre, el predominio de especies en más del 20%, de *G. menardii* en el norte y de *G. ruber*



en el sur, sugieren la presencia de aguas cálidas en toda la costa. El relativo aumento del 4 al 8% de *G. bulloides* a partir de la zona situada a la altura de Punta Jama hacia el sur, nos permite advertir una ligera mezcla de estas aguas con agua fría procedente del sur, y observar la presencia de aguas de la zona de convergencia en todo este amplio sector (Fig. 14). El mayor número de ejemplares pertenecientes a *G. menardii* estuvo en la parte norte, entre 23.9°C - 24.8°C de temperatura y 32.3‰ - 33.6‰ de salinidad y *G. ruber* y *G. bulloides* entre 22.2°C - 24.1°C y 33.4‰ - 33.7‰ en la parte sur (Fig. 13).

En agosto de 1971, las aguas del extremo sur del área muestreada, son diferentes a la restante. La ausencia, entre las especies predominantes, de especies típicas de aguas frías y tropicales hace necesaria la obtención de mayor información faunística en períodos anteriores y posteriores en este lugar. El Frente Ecuatorial según datos físicos estaría situado más al norte.

En la figura 15 se puede observar la afinidad poblacional de foraminíferos en el mes de agosto y las especies dominantes en cada estación (Gg = *Globigerinita glutinata*, Gm = *Globorotalia menardii*, Ga = *Globigerinella aequilateralis*, Gr = *Globigerinoides ruber*, Gd = *Globoquadrina dutertrei*). La estación 10 es

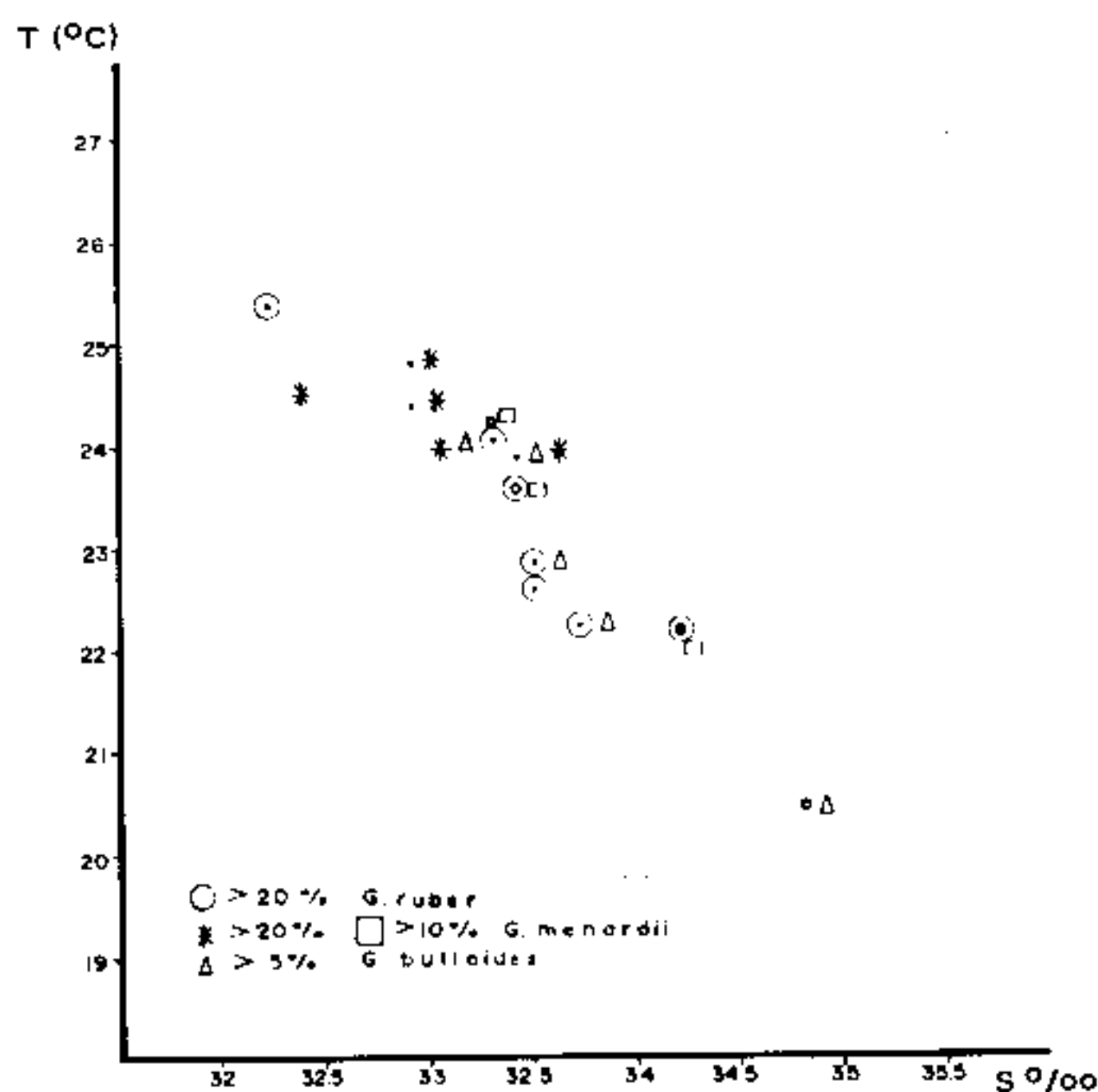


Figura 13 Diagrama T-S respecto a tres especies en plancton superficial. Cruceros costeros de octubre 1973 (○) y agosto 1971 (*).

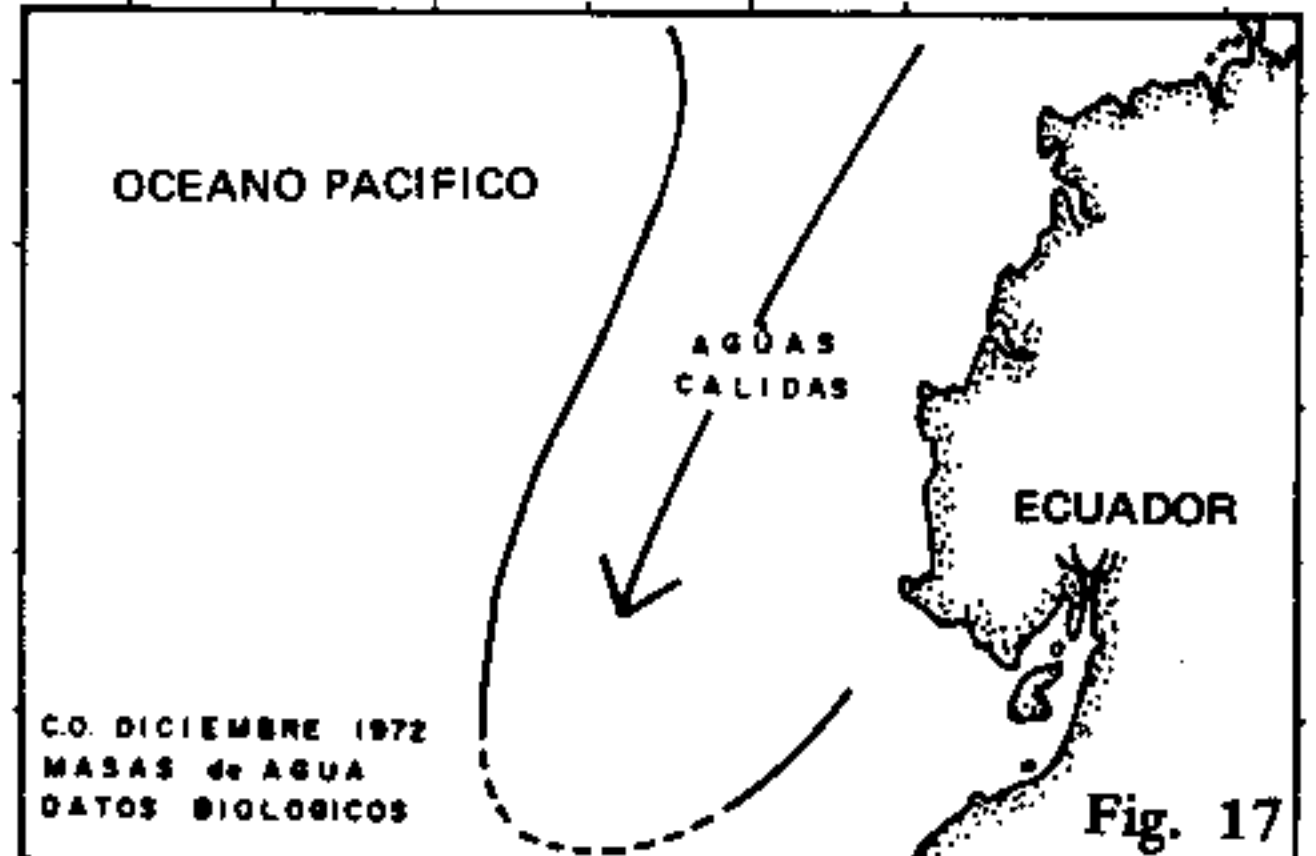
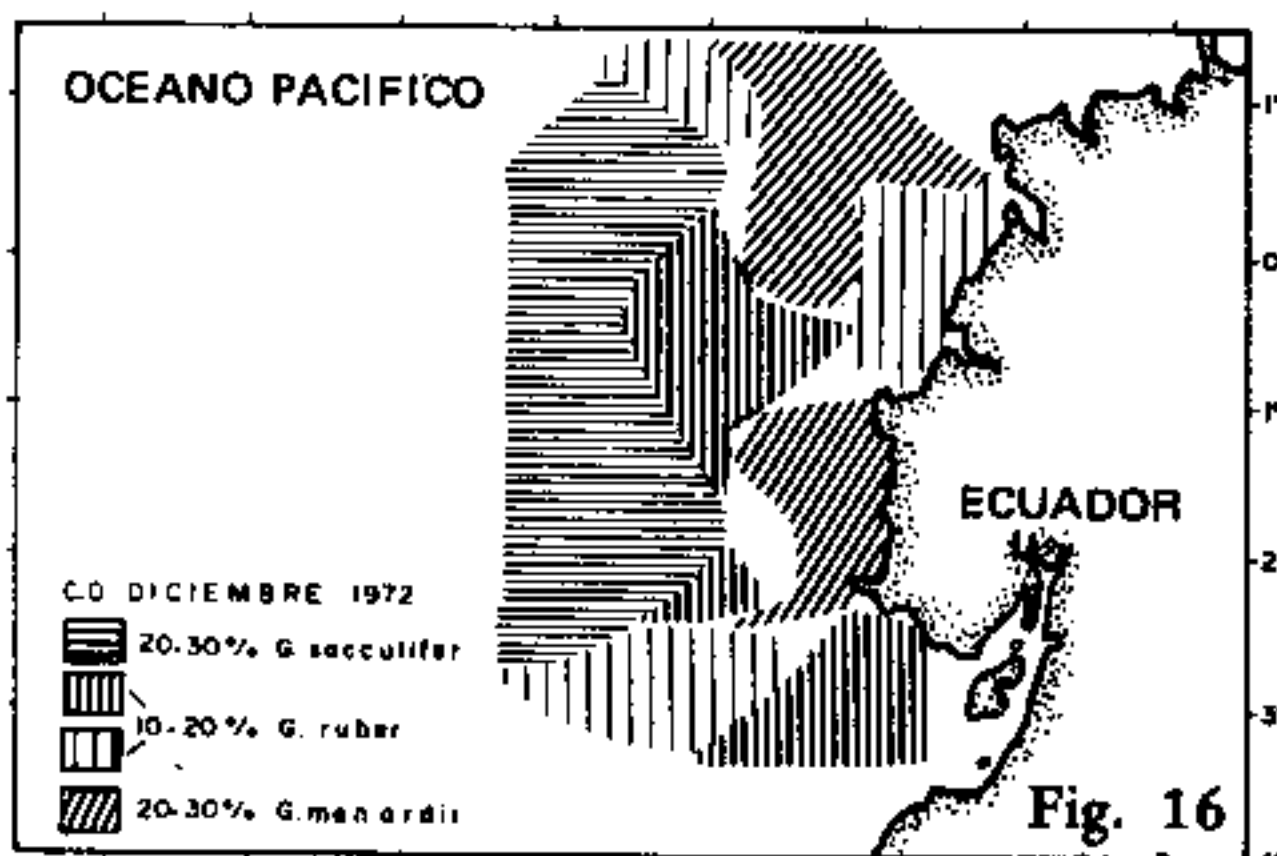
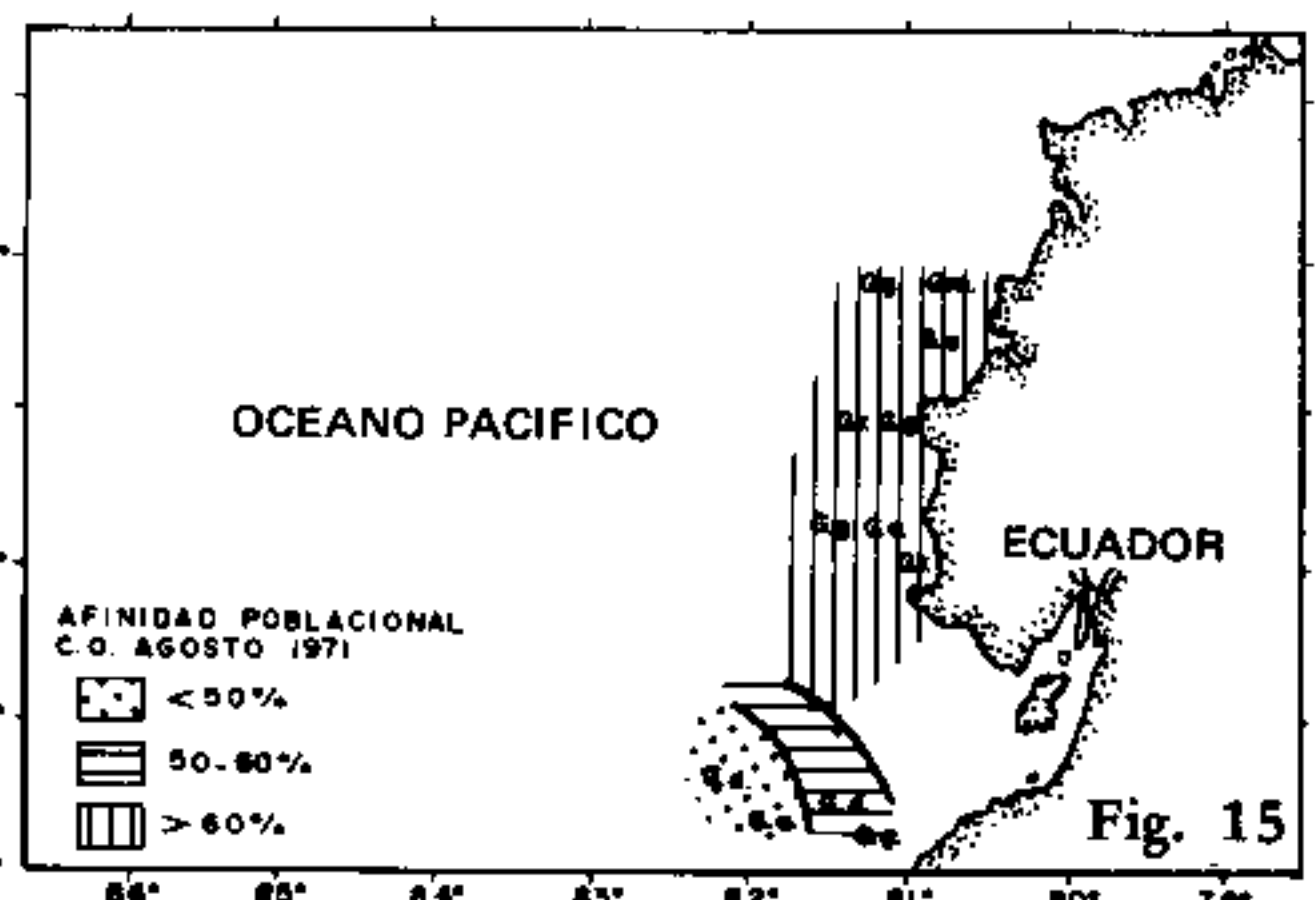
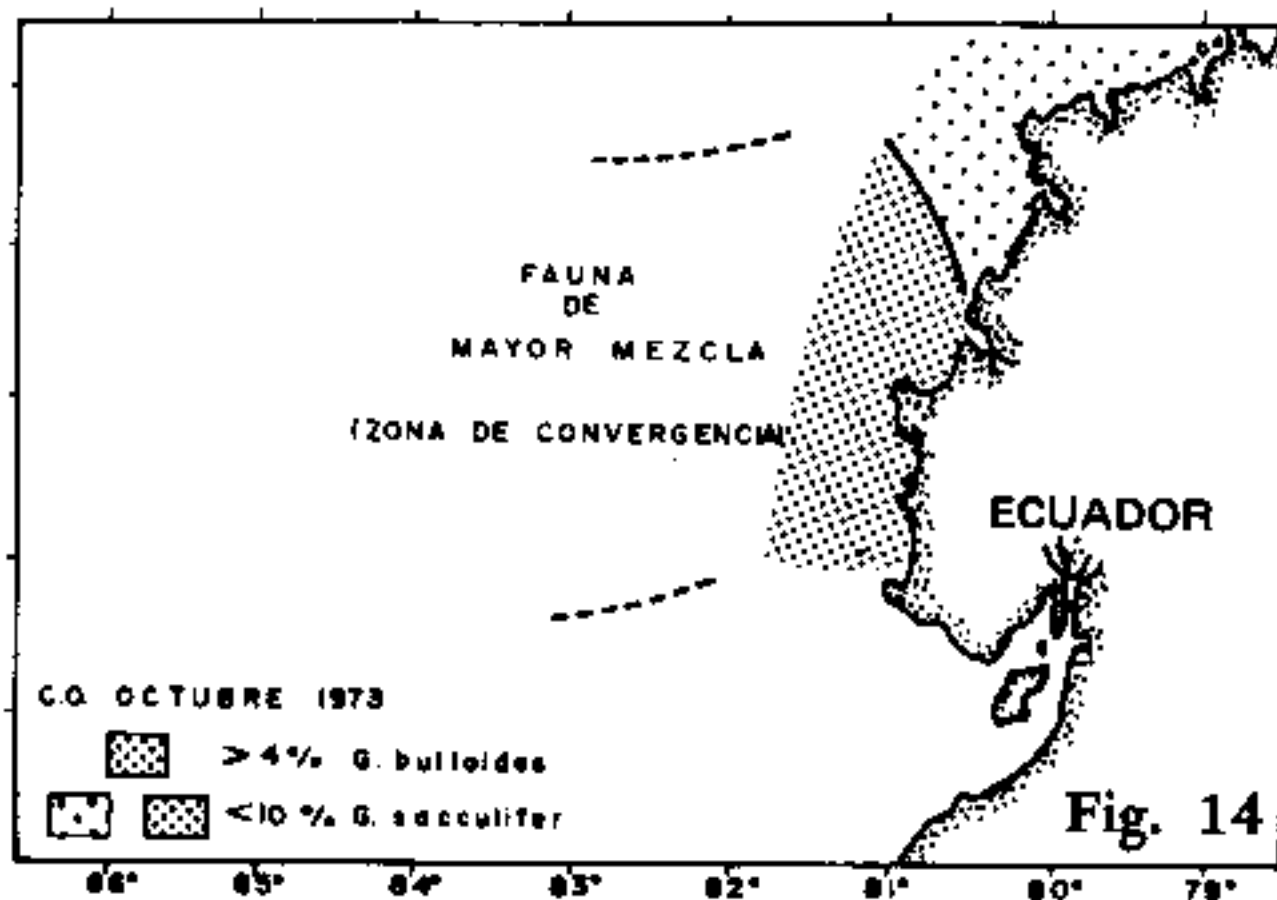
diferente a las demás, afin solo con la estación 9 en un 53%. Esta última estación mantiene una afinidad de 50-60% con las restantes. Entre las otras estaciones (12, 15, 17) se mantiene una afinidad de más del 60%. *G. bulloides* especie de aguas frías está presente en forma escasa e irregular en las dos primeras estaciones citadas y *G. ruber* también escasa en las últimas. La temperatura entre 20°-24°C correspondiente al Frente Ecuatorial (Stevenson et. al., 1970) influyó en toda la parte exterior del Golfo de Guayaquil hasta Cabo Lorenzo, zona donde se encontró la mayor parte de las estaciones nombradas, a excepción de la estación 10 que está en una entrante de aguas de menos de 19°C.

Muestreos más continuos de los foraminíferos nos llevaría a establecer épocas de desarrollo masivo de determinadas especies como parece ser el caso de *G. glutinata* cuya abundancia en agosto de 1971 se hace más lógica por este motivo, que por su preferencia a determinada condición ambiental, dado el carácter de especie cosmopolita que posee, criterio compartido por Boltovskoy (1966), y Miró (1971) entre otros. Sin embargo, ciertas notas ecológicas se desprenden del comportamiento de estas especies predominantes y que invariablemente se deben a las características propias de

las corrientes donde se encuentran. La fauna dominante en agosto de 1971 estuvo formada por *G. glutinata*, *G. dutertrei*, *G. aequilateralis* fauna parecida a la encontrada en las estaciones 23 y 24 estudiadas en junio de 1974. Miró (1971) en su estudio de la Plataforma Continental de Venezuela, encontró que en la zona de los Roques, la población de foraminíferos planctónicos estuvo integrada en mayor parte por *G. glutinata*, *G. dutertrei*, *G. aequilateralis*, *G. ruber*, no registró a *G. bulloides*. En aguas ecuatorianas *G. glutinata* no encerró en ninguna otra época estudiada en este trabajo, la abundancia que se observó en este mes, igual *G. aequilateralis*. La explicación a esta diferencia habría que buscarla en el grado de complejidad o nivel de organización de la población dentro de la sucesión ecológica de los foraminíferos planctónicos.

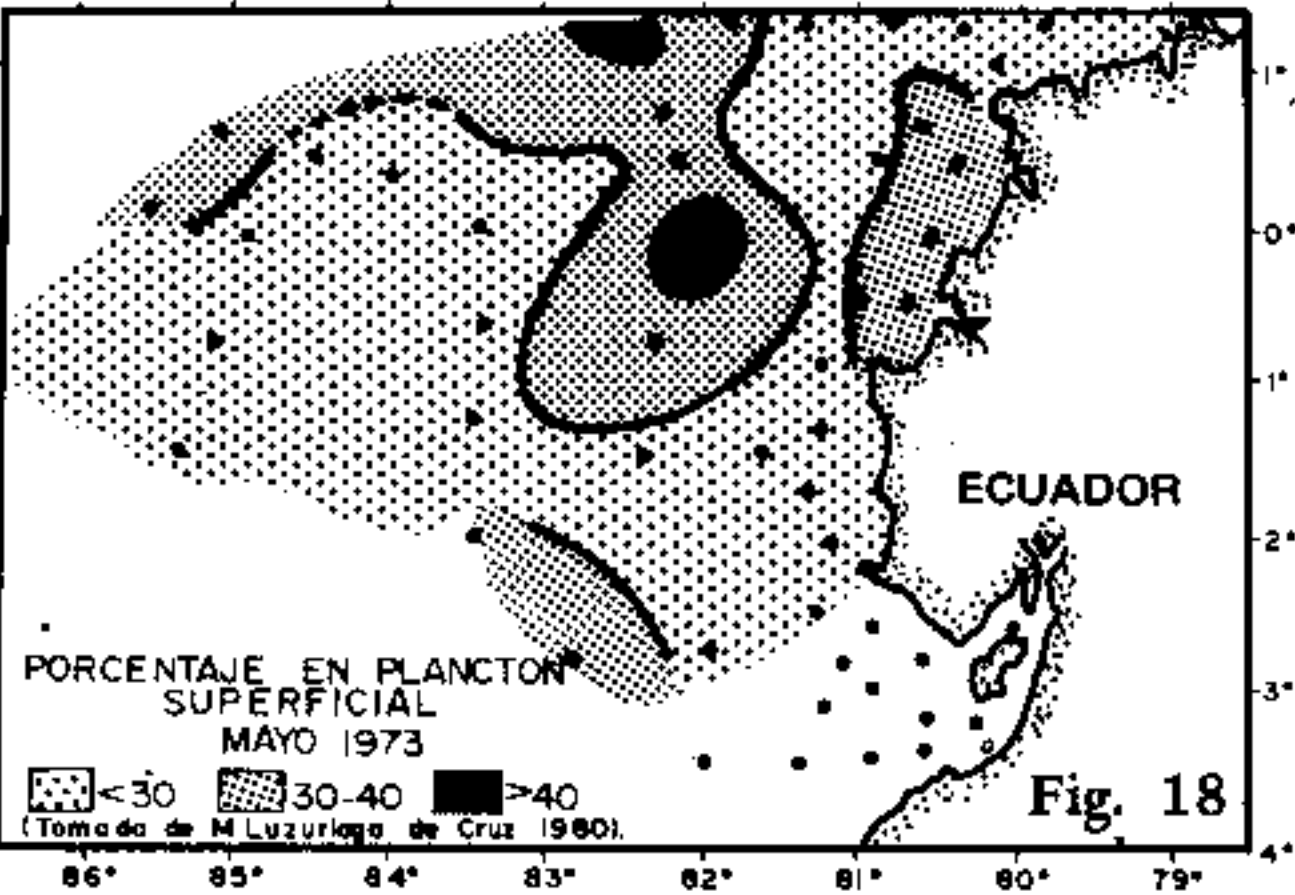
Condiciones anómalas del mar

En el mes de diciembre de 1972, *G. sacculifer*, *G. ruber* en área oceánica y *G. menardii*, *G. dutertrei* en área costera, indicaron el desplazamiento de aguas cálidas frente a Ecuador (Figs. 16 - 17). La presencia en forma aislada de especies de aguas templadas y frías durante el evento no es clara (*Globigerina quinqueloba*,



Globigerinita bradyi, *Globorotalia scitula*) quizás su captura se deba al azar por efecto de pequeñas migraciones que realizarían los foraminíferos, o tal vez su resistencia a cambios tan radicales del medio ambiente sería favorecido por el aporte de agua subsuperficial o por parches de agua fría que quedaron atrapados, especialmente en la parte exterior del Golfo de Guayaquil y cerca de la Punta de Santa Elena.

Según Enfiel (1975), el fenómeno “El Niño” comenzó en los primeros meses de 1972 y terminó en marzo de 1973, por tanto según datos físicos en el mes de mayo de 1973, las condiciones del mar ya se normalizaron pero los datos biológicos sugirieron la existencia de vestigios de dicha anomalía. Las aguas cálidas avanzaron hasta el límite sur de la convergencia propiamente dicha, como lo demuestra la fauna dominante en este zona (*Globoquadrina dutertrei*, *Globigerinoides ruber*). Además, se observaron parches de aguas cálidas en mezclas con aguas frías que dominaron en la parte sur del área. A los 50 metros de profundidad, en la estación 39, situada en el extremo sur del área oceánica, *Globorotalia menardii* fué la segunda especie en abundancia (15%) después de *G. dutertrei* (Figs 18-19).



De todo lo expuesto anteriormente se desprende que los cambios en la población de foraminíferos planctónicos en aguas ecuatorianas delatan la posición y desplazamiento de las masas de agua ayudando también a localizar áreas de riqueza o pobreza de fitoplancton, nutrientes, áreas de afloramiento e inclusive contribuiría a investigaciones sobre la predicción del fenómeno “El Niño”.

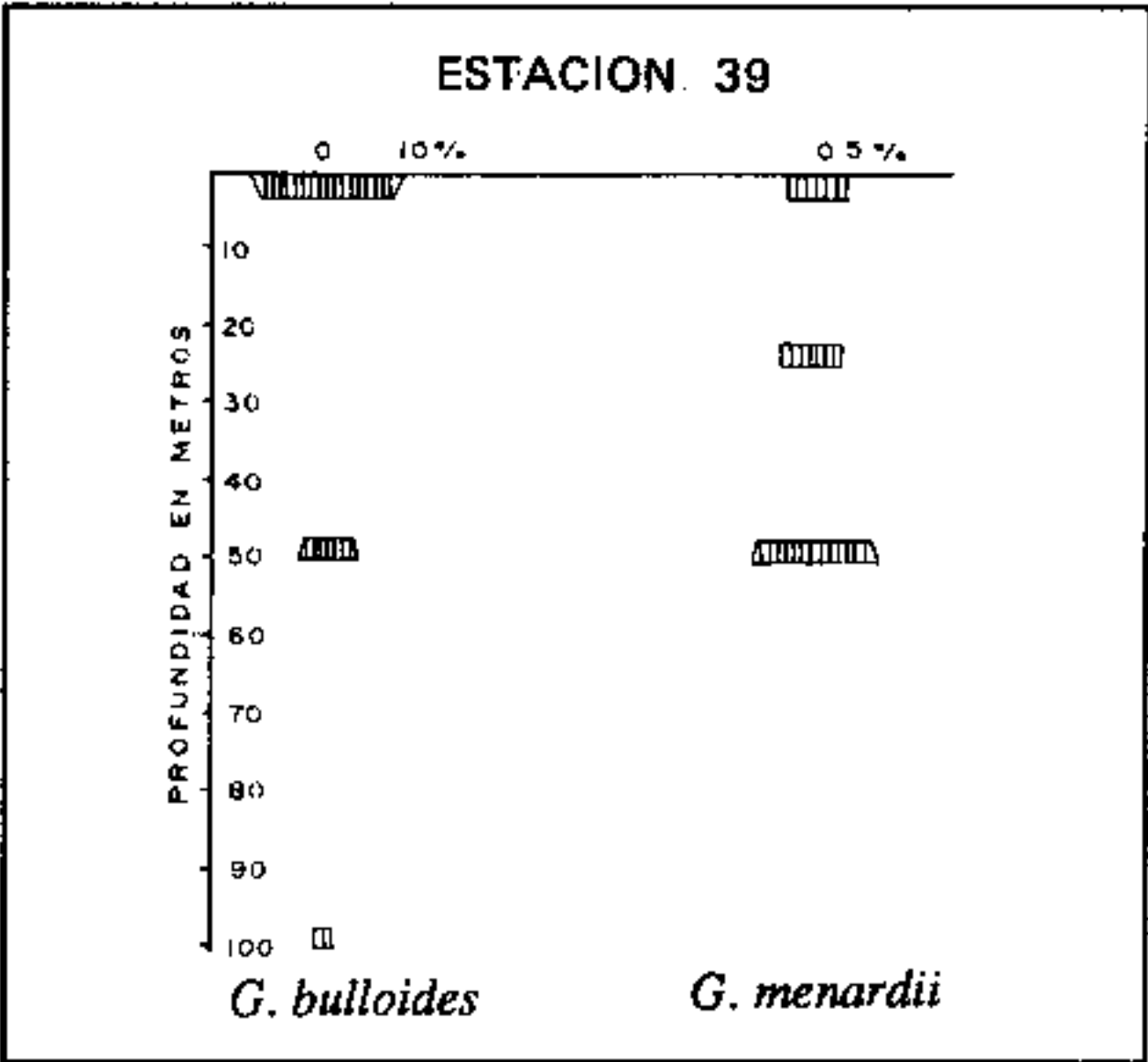


Figura 19 Distribución de dos especies de foraminíferos planctónicos en diferentes niveles de profundidad. Mayo 1973

AGRADECIMIENTO

Presento mi agradecimiento al Instituto Oceanográfico de la Armada y al Instituto Nacional de Pesca por las facilidades dadas a la realización del presente trabajo.

Mi reconocimiento al Dr. Roberto Jiménez, ex-Director del INP y Dra. Elena Gualancañay por la lectura y crítica del manuscrito. A la Srta. Marjorie Ceballos por el acabado de los dibujos.

BIBLIOGRAFIA

- Bé, A.W.H., 1967.- Foraminífera. Families: *Globigerinidae* and *Globorotalidae*. Cons. Perm. Internat. Expl. Mer, Fiches Ident. Zooplankton. Sheet 108. Contr. 982, pp. 2-9, Text figs, New York.
- BOLTOVOSKOY, E. 1966.- Zonación en las latitudes altas del Pacífico Sur según los Foraminíferos planctónicos vivos. *Rev. Hidr. Mus. Argentino Cienc. Nat.* Tomo II, No. 1 Argentina.
- 1974.- *Globorotalia hirsuta eastropacia* N. subsp. Planktonic subspecies (Foraminiferida) from the Tropical Pacific Ocean. *Rev. Española Micropaleont.*, vol. VI, No. 1, pp. 127-133.
- 1974.- Foraminíferos planctónicos epipelágicos de la parte este del Pacífico Tropical. *Rev. Hidr. Mus. Argentino. Cienc. Nat.*, Tomo IV, No. 3, Argentina.
- 1976.- Distribution of recent Foraminífera of the South American. *Region Foraminifera*. Vol.2, Academic Press-London.
- ENFIELD, D., 1975.- Oceanografía de la región norte del Frente Ecuatorial: Aspectos físicos. Publ. INOCAR-IOA - 201-75, 55 págs. Guayaquil-Ecuador
- JIMENEZ, R., 1974.- Marea Roja debida a un ciliado en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Publ. INOCAR-CM-BIO-2, 11p. Guayaquil - Ecuador.
- 1978.- Mise en Evidence de L'upwelling Equatorial a L'est des Galápagos. *Cash O.R.S.T.O.M.*, Ser. Oceanogra. Vol. XVI, No. 2, 137-155
- JIMENEZ, R. Y F. PESANTES, 1978.- Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. Publ. INOCAR. Vol. 2, No. 1, 1-30, Guayaquil-Ecuador
- LUZURIAGA DE CRUZ, M., 1976.- Foraminíferos planctónicos vivos en aguas superficiales ecuatorianas durante "El Niño" de 1972. Publ. INOCAR-CM-IONA-CM-BIO-09. 30pp., Guayaquil-Ecuador.
- 1977.- Biomasa del zooplankton y anotaciones ecológicas en base a los indicadores biológicos: Foraminíferos planctónicos, al oeste de las Islas Galápagos. *Bol. ERFEN*, Vol. 1, No. 2, Chile.
- 1980.- Sistemática y ecología de los foraminíferos planctónicos vivos en el mar ecuatoriano. *Tesis Doctoral* - Universidad de Guayaquil. 82 págs. Tablas I-IV, Figs. 1-51 y Lám. I-IX. Guayaquil - Ecuador
-, en prensa.- Morfología de los foraminíferos planctónicos vivos de Ecuador. Guayaquil-Ecuador.
- MATEU, G., 1979.- Foraminíferos planctónicos del área de afloramiento del Atlántico de NW de Africa: Estructura, origen y evolución de sus comunidades. *Revista Española de Micropaleontología*. Vol. XI, No. 1, 135-157. España.
- MIRO, M. de 1971.- Los foraminíferos planctónicos y sedimentados del margen continental de Venezuela. *Tesis Doctoral*. Universidad de Barcelona (manuscrito) 322 págs. lám. I-V
- MIRO, M.D. de, R. JIMENEZ, E. GUALANCAÑAY Y M. LUZURIAGA 1974.- Producción primaria y pigmentos fotosintéticos del Fitoplancton Marino del Ecuador. Publ. INOCAR-CM-BIO-1, 12 págs. Guayaquil-Ecuador
- MIRO, M.D. de, y M. LUZURIAGA, 1974.- Foraminíferos planctónicos vivos en aguas superficiales ecuatorianas. Publ. INOCAR-CM-BIO-3-74, 14 págs. Guayaquil - Ecuador.
- PARKER, F., 1962.- Plancktonic foraminiferal species in Pacific sediments. *Micropaleontology*, Vol. 8, No. 2, 219-254. plates 1-10.
- STEVENSON, M.O. GUILLEN Y J. SANTORO, 1970.- Atlas de las aguas costeras del Océano Pacífico en la América del Sur. Univ. de California Press., 23 págs. y mapas.
- WOOSTER, W. Y O. GUILLEN, 1969.- Equatorial front between Perú and Galápagos. *Deep-Sea Research*. Supl. Vol. 16., 407-419.
- WOOSTER, W. Y O. GUILLEN, 1974.- Características de "El Niño" en 1972, Bo. Inst. Mar del Perú 3 (2), 44-71. Callao-Perú.
- ZUTA, S 1972.- El fenómeno "El Niño". *Revista de Estudios del Pacífico* pp. 27-42. Valparaíso - Chile.

ESTADO ACTUAL DEL RECURSO MALACOLOGICO (BIVALVOS Y GASTEROPODOS) DE LA ZONA INFRALITORAL DEL GOLFO DE GUAYAQUIL. *

Por:

MANUEL CRUZ (1)

RESUMEN

Del análisis de 144 muestras de sedimento (Tabla I), obtenidas en seis (6) cruceros realizados en el Estero Salado y los canales de Cascajal, Jambell y del Morro, así como al Oeste y Sur de la Isla Puná en el Golfo de Guayaquil (Fig. 1); se identificaron 52 especies de moluscos vivos de los cuales 31 son Bivalvos y 21 Gasterópodos.

Se da a conocer la distribución areal de las especies con sus principales características ecológicas, se relacionan con el tipo de sedimento, profundidad y hábitat para determinar los ecosistemas marinos, estuarinos y barreras ecológicas.

Se encontró que las especies que podrían considerarse como posibles recursos de importancia económica y alimenticia en la Zona Infralitoral estudiada son: *Mytella strigata*, *Mytella guyanensis*, *Crassostrea columbiensis* y *Anadara tuberculosa*. De las cuales *M. strigata* se presentó como la más abundante y con una distribución en forma de un gran parche en el Estero Salado Superior, en un ambiente estuarino.

M. guyanensis y *C. columbiensis* se presentaron raros en la Zona Infralitoral, pero son más comunes y abundantes en la Zona Mesolitoral y constituyen un importantísimo recurso alimenticio, que se lo debe cultivar y explotar racionalmente. En cuanto a *Anadara tuberculosa* fue encontrada solamente al Oeste de la Isla Puná en un ambiente con influencia de aguas oceánicas de mayor salinidad, en el Golfo de Guayaquil exterior. Se considera que ésta importante especie es poco común en el Golfo.

La mayor diversidad se encontró en el Estero Salado Inferior y al Oeste de la Isla Puná donde predomina un sedimento arenoso y bien clasificado (Soledispa, 1987); mientras que la menor diversidad y mayor pobreza se la observó en los canales de Jambell y Cascajal donde predomina el limo-arcilloso proveniente del Río Guayas, considerándose a este sedimento mal clasificado y leptocúrtico (Jácome y Llanos, 1987)

ABSTRACT

From the analysis of 144 benthic samples obtained on six cruises in the Estero Salado: the Cascajal, Jambell and El Morro channels; also the West and South of Puna island in the Gulf of Guayaquil, were identified 52 species of living mollusks, 31 of which are Bivalvia and 21 are Gastropods.

The areal distribution with the principal ecological characteristics are given and the relationship with the texture of sediment, depth, habitat are made for understanding the marine ecosystem and the ecological border.

The species with economic importance that are living in the infra-littoral zone are *Mytella strigata*, *Mytella guyanensis*, *Crassostrea columbiensis* y *Anadara tuberculosa*; of which *M. strigata* was the most abundant with the great distribution in an estuarine environment.

M. guyanensis and *C. columbiensis* are rares in the infra-littoral zone, because they have preference for living in the intertidal zone and are very important economic resource, that must culture. *Anadara tuberculosa* was found only to the west of Puna island in an environment with marine influence in the Gulf of Guayaquil (External zone); this specie is considered no common.

The highest diversity was found in the outer part of Estero Salado and the west of Puna island, where there is a sandy sediment very good classified (Soledispa, 1987).

While the lower diversity and poorness were observed in the Jambell and Cascajal channels, where there are muddy and fluvial sediments from the Guayas river. This sediment is good classified and leptocurtic (Jacome y Llanos, 1987).

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

(*) Trabajo presentado en el Simposio sobre Recursos vivos y Pesquería en el Pacífico Sudeste. Viña del Mar, Chile. Mayo 8-13 de 1988

No. Est.	FECHA	TIPO DE EXTRACTOR	PROFUNDIDAD EN METROS	TEXTURA DEL SEDIMENTO	No. Est.	FECHA	TIPO DE EXTRACTOR	PROFUNDIDAD EN METROS	TEXTURA DEL SEDIMENTO
1	Octubre/78	Van Veen	5		70	Marzo/1985	Van Veen	9	Arcilla limosa
2	Octubre/78	Van Veen	7.5		71	Marzo/1985	Van Veen	2	Arenosa
3	Octubre/78	Van Veen	10		72	Agosto/1985	Van Veen	4.6	Limosa
4	Octubre/78	Van Veen	6		73	Agosto/1985	Van Veen	10.2	Limo arcillosa
5	Octubre/78	Van Veen	5		74	Agosto/1985	Van Veen	6	Limo arcillosa
6	Octubre/78	Van Veen	5		75	Agosto/1985	Van Veen	15	Limo arcillosa
7	Octubre/78	Van Veen	10		76	Agosto/1985	Van Veen	8	Arena limosa
8	Octubre/78	Van Veen	5		77	Agosto/1985	Van Veen	8	Arena limosa
9	Octubre/78	Van Veen	5		78	Agosto/1985	Van Veen	6	Limosa
10	Octubre/78	Van Veen	20		79	Agosto/1985	Van Veen		Limosa
11	Octubre/78	Van Veen	10		80	Agosto/1985	Van Veen	10	Arenosa
12	Octubre/78	Van Veen	8		81	Agosto/1985	Van Veen	12	Limo arcillosa
13	Octubre/78	Van Veen	7.5		82	Agosto/1985	Van Veen	13	Limosa
14	Octubre/78	Van Veen	5		83	Agosto/1985	Van Veen	6	Limosa
15	Octubre/78	Van Veen	5		84	Agosto/1985	Van Veen	10.6	Limo arcillosa
16	Octubre/78	Van Veen	6		85	Agosto/1985	Van Veen	5	Arenosa
17	Octubre/78	Van Veen	4		86	Agosto/1985	Van Veen	6	Limosa
18	Octubre/78	Van Veen	7		87	Agosto/1985	Van Veen	7	Limo arcillosa
19	Octubre/78	Van Veen	5		88	Agosto/1985	Van Veen	8.8	Limo arcillosa
20	Octubre/78	Van Veen	6		89	Junio/1986	Van Veen	11	Arena limosa
21	Octubre/78	Van Veen	5		90	Junio/1986	Van Veen	17.5	Arena limosa
22	Octubre/78	Van Veen	8		94	Junio/1986	Van Veen	13	Arenosa
23	Agosto/83	Van Veen	6		95	Junio/1986	Van Veen	16.6	Limosa
24	Agosto/83	Van Veen	10		96	Junio/1986	Van Veen		Arenosa
25	Agosto/83	Van Veen	10		97	Junio/1986	Van Veen	22	Arena limosa
26	Agosto/83	Van Veen	6		98	Junio/1986	Van Veen	20	Arena limosa
27	Agosto/83	Van Veen	10		99	Junio/1986	Van Veen	19	Arena limosa
28	Agosto/83	Van Veen	5		100	Junio/1986	Van Veen	15	Limosa
29	Agosto/83	Van Veen	8		103	Junio/1986	Van Veen	29	Limo arcillosa
30	Agosto/83	Van Veen	7		104	Junio/1986	Van Veen	30	Limosa
31	Agosto/83	Van Veen	10		106	Junio/1986	Van Veen	6.8	Limosa
32	Agosto/83	Van Veen	8		107	Junio/1986	Van Veen	33	Limo arcillosa
33	Agosto/83	Van Veen	8		108	Junio/1986	Van Veen	31	Limosa
34	Agosto/83	Van Veen	10		109	Junio/1986	Van Veen	50	Arena limosa
35	Agosto/83	Van Veen	7		110	Junio/1986	Van Veen	20	Limosa
36	Agosto/83	Van Veen	9		111	Junio/1986	Van Veen	20	Arenosa
37	Agosto/83	Van Veen	8		113	Febrero/87	Van Veen	41	Arenosa
38	Agosto/83	Van Veen	9		114	Febrero/87	Van Veen	12	Limo arcillosa
39	Agosto/83	Van Veen	8		116	Febrero/87	Van Veen	20	Arenosa
40	Agosto/83	Van Veen	7		117	Febrero/87	Van Veen	7	Arenosa
41	Marzo/1985	Van Veen	20	Arena limosa	118	Febrero/87	Van Veen	12	Arenosa
42	Marzo/1985	Van Veen	15	Limosa	119	Febrero/87	Van Veen	10	Arenosa
43	Marzo/1985	Van Veen	12	Limosa	120	Febrero/87	Van Veen	7	Limo arcillosa
45	Marzo/1985	Van Veen	1.57	Limosa	121	Febrero/87	Van Veen	15	Arenosa
46	Marzo/1985	Van Veen	7.5	Limosa	122	Febrero/87	Van Veen	12	Arenosa
47	Marzo/1985	Van Veen	4	Limosa	125	Febrero/87	Van Veen	13	Arenosa
49	Marzo/1985	Van Veen	10	Limosa	126	Febrero/87	Van Veen	14	Limo arenosa
50	Marzo/1985	Van Veen	5	Limosa	127	Febrero/87	Van Veen	10	Limo arenosa
53	Marzo/1985	Van Veen	9	Arena limosa	128	Febrero/87	Van Veen	7	Arenosa
54	Marzo/1985	Van Veen	12	Limosa	130	Febrero/87	Van Veen	11	Arenosa
55	Marzo/1985	Van Veen	12	Limo arenosa	131	Febrero/87	Van Veen	14	Arenosa
56	Marzo/1985	Van Veen	13	Limosa	132	Febrero/87	Van Veen	16	Arenosa
57	Marzo/1985	Van Veen	9.2	Limosa	133	Febrero/87	Van Veen	18	Arenosa
58	Marzo/1985	Van Veen	5.4	Limo arcillosa	134	Febrero/87	Van Veen	15	Arenosa
59	Marzo/1985	Van Veen	6	Limo arcillosa	135	Febrero/87	Van Veen	13	Arenosa
60	Marzo/1985	Van Veen	13	Limo arcillosa	136	Febrero/87	Van Veen	6	Arenosa
61	Marzo/1985	Van Veen	6	Limo arcillosa	137	Febrero/87	Van Veen	8	Arenosa
62	Marzo/1985	Van Veen	8	Limo arcillosa	138	Febrero/87	Van Veen	17	Arenosa
63	Marzo/1985	Van Veen	6	Limo arcillosa	139	Febrero/87	Van Veen	17	Arenosa
64	Marzo/1985	Van Veen	4	Limo arcillosa	140	Febrero/87	Van Veen	21	Arenosa
65	Marzo/1985	Van Veen	4	Limo arenosa	141	Febrero/87	Van Veen	34	Arenosa
66	Marzo/1985	Van Veen	4	Limo arcillosa	142	Febrero/87	Van Veen	13	Arenosa
67	Marzo/1985	Van Veen	7	Arenosa	143	Febrero/87	Van Veen	17	Arenosa
68	Marzo/1985	Van Veen	8.4	Arena gravosa	144	Febrero/87	Van Veen	10	Arenosa
69	Marzo/1985	Van Veen	14	Limo arcillosa					

TABLA I.- Muestreo bentónico en el Estero Salado y los Canales de Cascajal, Jambelí y del Morro; al Sur y al Oeste de la Isla Puná en el Golfo de Guayaquil, a bordo de la LAE "RIGEL".

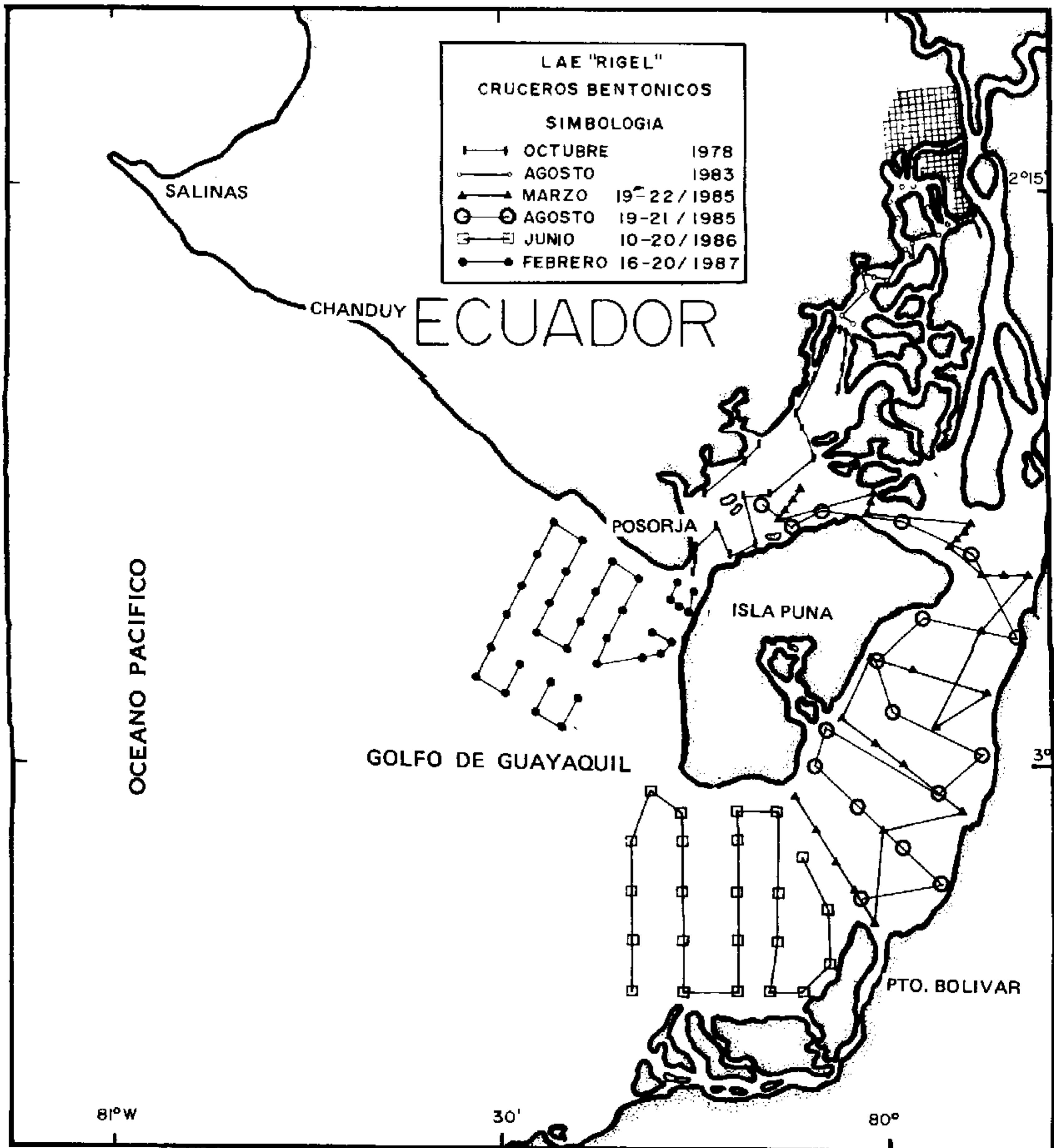


Figura 1 Cruceros realizados en el Golfo de Guayaquil

INTRODUCCION

El Ecuador en las últimas dos décadas, comenzó a realizar investigaciones en Biología Marina y una de sus grandes preocupaciones era conocer mejor el Golfo de Guayaquil, donde se encuentra la mayor producción del camarón en piscinas, ésta producción ocupa el segundo lugar como producto de exportación en el País; por lo que se hace necesario conocer mejor el ecosistema marino y

estuarino del Golfo; las especies bentónicas que existen, su distribución y los factores que influyen sobre sus poblaciones y comunidades de organismos, por esa razón, en esta oportunidad se da a conocer los moluscos Bivalvos y Gasterópodos Bentónicos vivos, que existen en la Zona Infralitoral del Estero Salado y los canales de Cascajal, Jambelí, del Morro así como al Sur y al Oeste de la Isla Puná, con la finalidad de conocer mejor las especies existentes, su abundancia, distribución, su relación con la

profundidad y la granulometría del sedimento.

Además en base a las especies poder identificar las "zonas de Transición" y los límites de los diferentes ecosistemas marinos y estuarinos.

El conocer la fauna malacológica del Golfo de Guayaquil también nos servirá para evaluar los cambios ecológicos que ocurran y poder determinar los posibles daños que se produzcan al medio ambiente en base a un estudio minucioso de las especies bentónicas.

ANTECEDENTES

Según Olsson (1961), la primera expedición a Sud América que realizó estudios Malacológicos desde el Norte del Perú a Chile, fue financiada por el Museo Nacional de Historia de París y sus resultados fueron publicados por Alcide D'Orbigny en 1926.

En el Ecuador, las primeras recolecciones de moluscos con fines de investigación, la realizó la misión Francesa en 1935 -44 cuando vinieron al Ecuador a medir el Meridiano de la Tierra (Olsson, 1961). Este mismo autor, menciona que Hung Cumming en 1933 en su yate "Discoverer" recolectó con una draga, moluscos marinos en la Plataforma Continental de Atacames, Manta, Jipijapa, Santa Elena, Isla del Muerto y Guayaquil.

Strong and Hertlein (1939), en su trabajo "Marine Mollusks from Panamá Collected by the Allan Hancock Expedition to Galápagos Islands 1931-1932, da a conocer la Sistemática y Distribución de las principales especies de nuestra Región Insular y de la Provincia Panámica o Panameña.

Más tarde Hertlein and Strong (1955), reporta las especies de moluscos colectadas en Panamá, Colombia y Ecuador en 1941. En Ecuador obtuvo muestras a 3 millas de Santa Elena, en la Isla La Plata y en el Cabo Pasado, da a conocer la Sistemática, tipo de Localidad, Distribución, Medidas, Hábitat y posición del material examinado.

Dos años más tarde, Emerson and Puffer (1957), publica los "Moluscos Recientes del Golfo de California", que incluye las mismas especies que existen en Ecuador por estar dentro de la misma provincia ecológica o Panameña.

El conocimiento de los Moluscos Ecuatorianos se amplía más al publicar Grau (1959), "Pectinidae of the Eastern Pacific" donde describe muchas especies que existen en el Ecuador.

Toda esta información más nuevas especies son descritas en la publicación de Olsson (1961), en su trabajo "Mollusks of the Tropical Eastern Pacific". Particularly from the Southern half of the Panamic-Pacific Faunal Province (Panama to Peru), Panamic-Pacific Pelecypoda. Este libro ha sido de mucha ayuda para identificar las especies de moluscos ecuatorianos.

Esta información malacológica la completa este mismo autor, Olsson (1964), al dar a conocer su trabajo "Neogene Mollusks from North Western Ecuador", en esta investigación describe los moluscos fósiles de la Provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Una investigadora norteamericana que contribuyó mucho al conocimiento de los Moluscos de la Región Panámica fue Myra Keen, quien con sus trabajos de los años 1963, 1966a 1966b y 1971, recopila toda la información que existía hasta 1970, siendo su última obra la más completa, cuyo título es "Sea Shells of Tropical West America".

En México, García Cubas (1963), da a conocer la Sistemática y Distribución de los Micromoluscos Recientes de la Laguna de Términos, en donde se presentan fotografías de Bivalvos y Gasterópodos; algunas especies, también existen en Ecuador.

Un nuevo investigador que siempre ha mostrado interés por la malacología de América es Coan, E. (1973), quien en sus publicaciones de las diferentes familias de Bivalvos, ayuda a resolver los problemas de identificación de las especies; nos actualiza y despeja muchas dudas sobre la sistemática.

A partir del año 1960, investigadores ecuatorianos comienzan a trabajar en Biología Marina y es Bonilla (1967), quien hace su Tesis doctoral "Estudio de la Familia Mytilidae en aguas ecuatorianas". Describe las especies recolectadas en la Costa Ecuatoriana.

Cruz (1977) en su primer trabajo nos da a conocer los "Bivalvos de la Plataforma Continental de la Región Norte de Ecuador". Describe las especies encontradas en Esmeraldas. En el mismo año, Cruz y Luzuriaga de Cruz, presentan en el IV Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica, un trabajo sobre la Familia Crassatellidae en la Plataforma Continental de Manabí.

Tres años más tarde, Cruz, et. al., 1980, publican una "Lista de la Fauna Sublitoral Bentónica del Estero Salado Inferior" reportando los moluscos, Crustáceos, Poliquetos y Foraminíferos del área mencionada.

Un año más tarde Mora y Reinoso (1981), en un estudio sobre las ostiones del Golfo de Guayaquil, reportan que el tamaño mínimo para recolectar una ostión debería ser 5 centímetros, considerando que ya se han reproducido.

Dos años después Cruz (1983), contribuye con un catálogo, da conocer los "Bivalvos del Golfo de Guayaquil". En el mismo año, Gualancañay y Cruz, encontraron que existe una relación ecológica, pero inversa, entre *Crassinella varians* (Bivalvo) y *Cibicides bertheloti* f. *boueana* (Foraminífero).

Después Cruz (1986), estudiando los Esteros del Golfo de Guayaquil, contribuye con una nueva publicación sobre los "Bivalvos vivos en los Esteros de El Salado y Cascajal del Golfo de Guayaquil".

En el Ecuador, también se han estudiado los moluscos bivalvos perforadores de madera y sobre este campo existen algunas contribuciones como la de Cruz (1986); Cruz et al., (1987 y 1989), donde se dan a conocer 14 especies de bivalvos perforadores en la costa ecuatoriana, en los puertos de Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja y Base Naval (Golfo de Guayaquil).

Estos trabajos recopilados y completos, que incluyen una primera fase del proyecto, son publicados por Cruz (1992)

Mora (1990), publica un "Catálogo de Bivalvos Marinos del Ecuador", contribuyendo con la Sistemática y Distribución de las principales especies.

Las investigaciones sobre moluscos deben correlacionarse con parámetros geológicos como la granulometría del sedimento y la profundidad, habiéndose consultado los trabajos realizados en el Golfo de Guayaquil, como el de Rada (1986), que nos enseña la morfología y Sedimentación existente en el Estero Salado. Otros aportes con la granulometría del Golfo son los de Soledispa (1987) y la de Jácome de Solórzano y Llanos (1987)

Con el presente aporte se pretende completar y conocer mejor la distribución de los moluscos, sus barreras ecológicas que limitan su distribución y conocer mejor los diferentes ambientes en que se encuentra el recurso malacológico, determinando donde se encuentran las especies de importancia comercial para defenderlas y explotarlas racionalmente.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende los principales esteros y canales del Golfo de Guayaquil, a excepción del Río Guayas (fig. 2).

El Estero Salado se inicia en la ciudad de Guayaquil y se extiende hacia el Sur - Oeste, hasta el Canal del Morro cubriendo una extensión aproximada de 75 km. Según Rada (1986), la composición del fondo son variables; desde la desembocadura en el Canal del Morro hasta la boya No. 35 (10 km aproximadamente), la profundidad disminuye de 20 a 8 metros y el espesor del sedimento supera los 10 metros; esta profundidad se mantiene hasta la boya No. 55 (parte media del estero). A esta sección la denominaremos en nuestro trabajo, Estero Salado Inferior.

Desde la boya No. 55 hasta cerca de la ciudad de Guayaquil, se incrementan las profundidades hasta más de 20 metros y se mantiene el espesor del sedimento (rada, op cit.,), a esta sección la llamaremos, Estero Salado Superior.

El Estero Salado recibe el mayor aporte de agua dulce del río Guayas a través del canal Cascajal, que se localiza al norte de la Isla Puná; esta influencia del río se nota en la distribución textural de los sedimentos, de la materia orgánica y carbonato de calcio, reportado por Jácome y Llanos (1987) en su trabajo "Estudio geoquímico de los sedimentos en el canal de Jambelí".

El canal de Jambelí se inicia en la desembocadura del Río Guayas, hasta el Archipiélago de Jambelí, tiene una longitud aproximada de 70 km. En su parte inicial tiene unos 10 km de ancho y unos 30 km en su extremo final (Jácome y Llanos 1987).

El Canal del Morro tiene unos 3 km de diámetro y profundidades cercanas a 60 metros (Rada, 1986). Al Sur del Canal del Morro limita con el perfil Oeste de la Isla Puná, encontramos un sedimento con textura Limo-Arcillosa a Limo-Arenosa notándose la influencia del Estero Salado; mientras que al Oeste del canal, limitando con la costa del continente, predomina la Arena-Limosa (Soledispa, 1987). En esta zona se observa el predominio de especies de ambiente marino.

El área descrita posee diferentes ecosistemas los que se pretenden conocer mejor al definir las zonas de transición y de distribución de las especies de moluscos marinos y estuarinos.

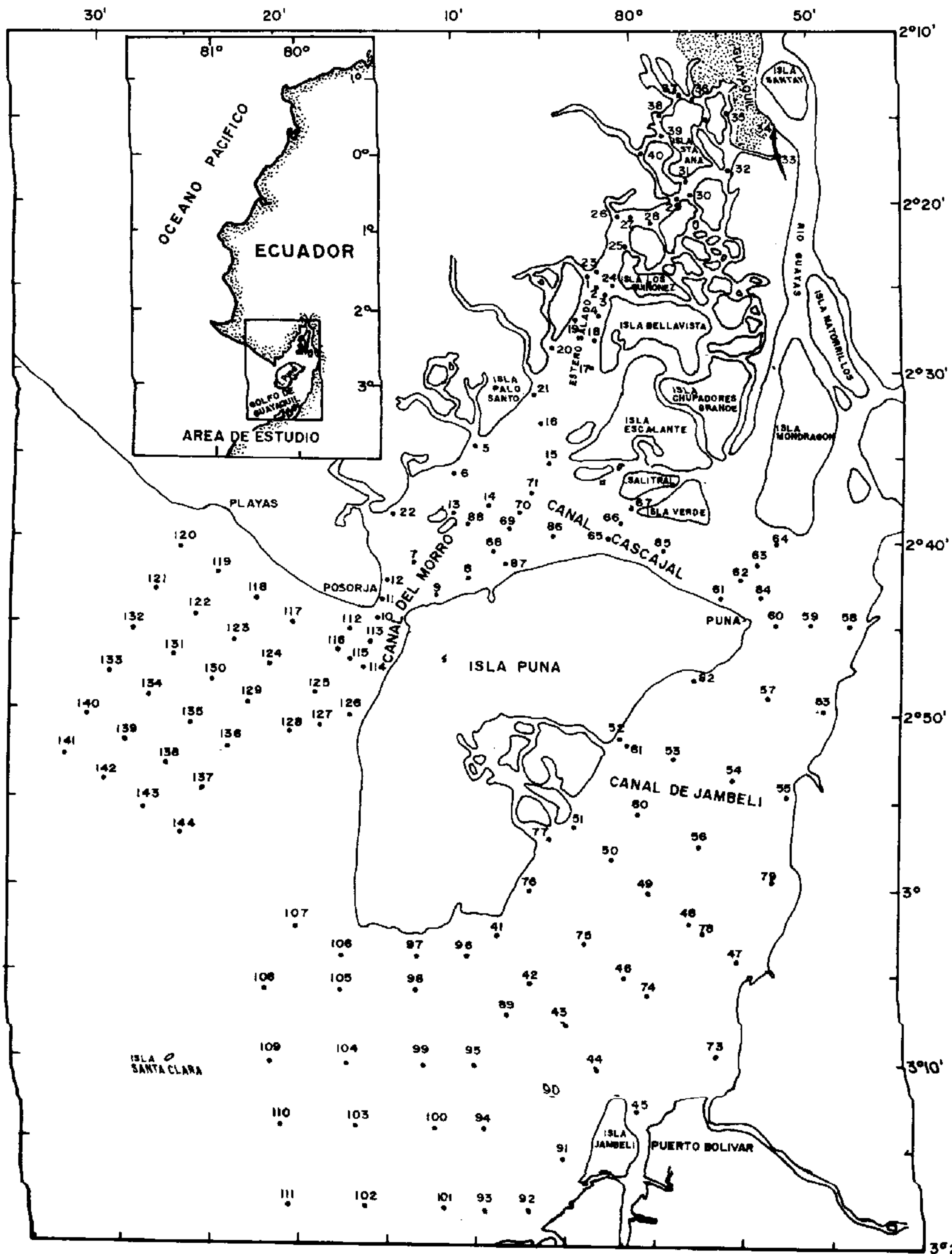


Figura 2 Posición de las estaciones estudiadas

RESULTADOS

ESTERO SALADO SUPERIOR

En 8 de las 21 estaciones estudiadas, se encontraron un total de 5 especies vivas de moluscos: tres bivalvos y 2 gasterópodos (Tabla II)

Mytella strigata fue la especie más abundante y de más amplia distribución; se localizó en la estación No. 34, al Sur de la isla Santa Ana, en el lugar denominado "Tres Bocas". Se puede considerar a *Mytella strigata* como el principal recurso malacológico de la Zona Infralitoral en esta zona del Estero Salado (Figs. 3 y 16)

DISCUSION:

En este ambiente estuarino en que predominan los Bivalvos sobre los Gasterópodos, *Crassostrea columbiensis* y *Thais kioquiiformis* están tipificando el ambiente estuarino.

Se considera que en la estación No. 34, al sur de la Isla Santa Ana, es el lugar más apropiado para el desarrollo de *M. Strigata* (fig. 16)

Es interesante recordar que hace unos 10 años, *M. strigata* era muy abundante y común en el Estero Salado que bordea la ciudad de Guayaquil, principalmente alrededor del puente 5 de Junio hasta la ciudadela Urdesa, pero en la actualidad esta especie ya no se la encuentra en estos sitios y ha sido reemplazada por *Mytilopsis trawtiniana*, que es un bivalvo parecido a un mejillón y que probablemente este adaptado para soportar una mayor contaminación que *M. strigata*.

ESTERO SALADO INFERIOR.-

En 14 de las 22 estaciones estudiadas se encontraron 22 especies de moluscos vivos: 14 Bivalvos y 8 Gasterópodos (Tabla III). La especie más abundante fue *Leptopecten velero*, encontrada en una sola estación; seguida de *Corbula amethystina* y *Mytella strigata* (fig. 5)

Las estaciones donde se encontró la mayor abundancia y diversidad de especies son las No. 6, 18, 5 y 8 (fig. 4), que corresponden al Sur-Este de la Isla de la Seca; la desembocadura del Estero Sabana Grande y al Nor-Oeste de la Isla Puná (fig. 16)

DISCUSION:

En esta zona del estero, la diversidad malacológica es mayor y predominan los Bivalvos sobre los Gasterópodos (fig. 5).

Se encontraron dos especies que tienen importancia comercial *M. strigata* y *M. guyanensis*, esta última es rara en la Zona Infralitoral por no ser su verdadero hábitat y solamente *M. strigata* sería la única especie de importancia comercial; sus localidades son al Este de la Isla de la Seca y en la desembocadura del Estero Sabana Grande.

Otro posible recurso malacológico existente es *Leptopecten velero*, especie característica del golfo interno, pero su tamaño pequeño de unos 2 cms. aproximadamente, la hace poco apreciable, pero es una buena alternativa para un futuro.

Al sur del Estero Salado también existen especies de ambiente marino, pero que pueden tolerar aguas estuarinas, ellas son *Lima orbigny*, *Crucibulum spinosum*, *Donax gracilis*, *Donax obesulus* etc. Estas especies se presentan escasas o raras cerca del Canal del Morro (figs. 16 y 17).

CANAL CASCAJAL

En 6 de las 19 estaciones estudiadas se encontraron 11 especies de moluscos vivos: 10 Bivalvos y 1 Gasterópodo (Tabla IV). Se encontró que la especie más abundante fue *Mytella strigata* seguida de *Leptopecten velero* (fig. 7) en las estaciones 68, 85 y 87 (fig. 6), notándose que la mayor diversidad de especies se localizó al Nor-Oeste de la Isla Puná, mientras que al Nor-Este de la isla, donde se recibe más directamente la influencia del Río Guayas, disminuye la diversidad de especies, aunque *Mytella strigata* mantiene relativamente su abundancia en la estación 85 y aparece *Macoma elytrum* en la estación No. 64, al Sur de la Isla Mondragon.

DISCUSION:

La especie dominante de este ecosistema es *Mytella strigata*.

La mayor abundancia y diversidad de especies se localizó al Nor-Oeste de la Isla Puná; mientras que hacia el Este del Estero Cascajal, disminuye la diversidad malacológica. Además no se encontraron Gasterópodos, lo que nos hace suponer que el Canal Cascajal es una Zona de Transición para algunas especies de moluscos y probablemente una barrera ecológica para los Gasterópodos marinos y estuarinos (fig. 16 y 17).

CANAL DE JAMBELI

Solamente en 3 de las 26 estaciones estudiadas, se encontraron 5 especies de moluscos vivos: 4 Bivalvos y 1 Gasterópodo (Tabla V). La especie más abundante fue *Macoma elytrum* con una abundancia relativa de 33.3 % (fig. 8) y se localizó en la estación No. 78 al norte de Puerto Bolívar.

DISCUSION:

Se considera que el área es muy pobre en abundancia y diversidad de moluscos, donde predominan los Bivalvos sobre los Gasterópodos. La especie que tipifica este ecosistema parece ser *Macoma elytrum*, quien recibe toda la influencia del Río Guayas (fig. 16).

Calyptraea conica, el único gasterópodo que se encontró en la estación No. 46, al sur del Canal de Jambelí, parece ser que esta especie marina tolera el ambiente estuarino. Las demás especies encontradas no tipifican ambientes.

SUR DEL CANAL DE JAMBELI

En 11 de las 23 estaciones estudiadas, se encontraron 8 especies de moluscos vivos: 6 Bivalvos y 2 Gasterópodos (Tabla VI), habiéndose observado la mayor abundancia en la estación No. 104 (Fig. 9).

Las especies más abundantes fueron *Tellina sp.*, *Cancellaria exopleura* y *Nasarius collarius* (fig. 11), en las estaciones No. 98, 99 y 104 (fig. 10).

DISCUSION:

A pesar de que el mayor número de especies son Bivalvos, los Gasterópodos aparecen en este lugar como los más abundantes, indicándonos ya, la poca influencia del Río Guayas en este lugar y una "Zona de transición" para los Gasterópodos marinos.

SUR DEL CANAL DEL MORRO

En 12 de las 33 estaciones estudiadas se encontraron 21 especies de moluscos vivos de los cuales 7 son Bivalvos y 14 Gasterópodos (Tabla VII).

Las especies más abundantes fueron: *Corbula nuciformis* y *Olivella volutella* en las estaciones No. 118, 119, 131 y 112 (fig. 11), que están relativamente cerca de la costa (fig. 16 y 17).

DISCUSION:

En esta zona se observa la predominancia de los Gasterópodos sobre los Bivalvos y las especies que dominan el ecosistema son de un ambiente marino, aunque *Nasarius collarius* se presentó en la estación No. 125, que se localiza frente al Estero del Morro, donde probablemente todavía hay una influencia estuarina proveniente del Estero Salado Inferior.

OBSERVACIONES SOBRE LAS ESPECIES DE MOLUSCOS BENTONICOS:

a. BIVALVOS, PELECYPODOS O LAMELLIBRANQUIOS

Anadara tuberculosa (Sowerby, 1833). Esta especie es típica de aguas tropicales, comunes en la Zona Intermareal o a poca profundidad en áreas estuarinas o zonas de manglares, prefiriendo un sedimento fino.

En el área de estudio se la encontró en 4 estaciones al Oeste de la isla Puná, en un sedimento de arena limosa a profundidades de hasta 20 metros, en un ambiente con influencia marina. Se la considera escasa para el Golfo de Guayaquil.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Tumbes, Perú.

Arcopsis solida (Soweby, 1833). Esta especie se encuentra adherida por el biso a sustratos duros como piedras o rocas en la plataforma continental, en ambiente marino.

Se presentó en una sola estación, con 8 ejemplares en el Estero Salado Inferior, al Nor-este de las islas Manglecitos, en un ambiente estuarino con influencia directa de aguas marinas que penetran a través del Canal del Morro. Se la considera rara para el área de estudio.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Paita, Perú.

Barnea subtruncata (Sowerby, 1834).- Este bivalvo perforador de rocas blandas o maderas, es de ambiente marino y de poca profundidad.

Se observó un solo ejemplar al Nor-este de la isla Puná, en el Canal de Jambelí a unos 13 metros de profundidad. Es posible que esta especie sea tolerante a las condiciones estuarinas. Se la considera rara para el área estudiada.

DISTRIBUCION: Desde Oregon a Chile en la costa Oeste de América.

Cardita radiata Sowerby, 1833. Especie marina que puede encontrársela en un sedimento fino hasta profundidades de 24 metros, en la plataforma continental, también habita en los orificios o huecos de las rocas en la zona intermareal, donde vive adherida por un biso.

En el área de estudio se presentó en 3 estaciones y se restringió al Estero Salado Inferior, al Oeste de la isla de los Quifones, en la desembocadura del Estero Sabana Grande y al Norte de la isla Puná en la Estación 87. Por su gran área encontrada, se estima que puede vivir o es muy tolerante al ambiente estuarino, en un sustrato limoso.

DISTRIBUCION: Nicaragua a Ecuador

Corbula amethystina Olsson, 1961. Especie característica de la plataforma continental.

Estuvo presente en 6 estaciones, localizadas en el Estero Salado Inferior, desde la isla de la Seca hasta el Nor-oeste de la isla Puná, en un ambiente estuarino y prefiriendo un sedimento limo, limo-arenoso, en profundidades menores a 20 metros. Se la considera frecuente en el Estero Salado Inferior.

DISTRIBUCION: Panamá a Ecuador

Corbula biradiata Sowerby, 1833. Es una especie de la Plataforma Continental superior, ha sido encontrada desde los 0 a 24 metros de profundidad.

Estuvo presente solo en estación No. 18, con 4 ejemplares, al Oeste de la isla de Los Quiñones en un sedimento fino y a menos de 10 metros de profundidad. Se la considera rara para el Estero Salado.

DISTRIBUCION: México a Ecuador

Corbula nuciformis Sowerby, 1833. Esta especie es típica de la Plataforma Continental, es de ambiente marino y una de las mas comunes y abundantes de las Corbulas; se la ha encontrado desde los 11 a 90 metros de profundidad.

En el área de estudio se la observó en 8 estaciones, localizadas al Sur y al Oeste de la isla Puná, desde los 10 hasta los 30 metros de profundidad, donde existe un ambiente marino y un sedimento de arena-limosa. Parece que esta especie no tolera el ambiente estuarino. Se la considera abundante en el Golfo de Guayaquil externo.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Ecuador

Corbula tumaca (Olsson, 1961). Especie de poca profundidad que prefiere vivir en sedimento blando.

En el Estero Salado se la vió en una sola estación con 2 ejemplares en la desembocadura del Estero Bajén en un sedimento limoso y a menos de 10 metros de profundidad. Se la considera rara.

DISTRIBUCION: Panamá a Ecuador.

Crassostrea columbiensis Hanley, 1846. Típica de ambiente estuarino, se la encuentra abundantemente en la Zona Intermareal, adherida por cementación a sustratos duros como rocas, piedras, muros o a los árboles de mangles.

En la zona infralitoral se encontró un solo ejemplar al Nor-este de la isla de la Seca. Es normal que sea rara en el área de estudio, porque su hábitat es la Zona Intermareal.

DISTRIBUCION: Baja California a Chile.

Crassinella adamsi Olsson, 1961. Es una especie tropical que habita en la Plataforma Continental

superior.

Se observó un solo ejemplar al Oeste de la isla Puná, en la estación No. 138, en un ambiente marino con un sedimento de arena fina a 17 metros de profundidad. Se la considera rara en el área estudiada.

DISTRIBUCION: México a Ecuador

Crassinella pacifica (C.B. Adams, 1852). Es una especie tropical de ambiente marino que vive en la Plataforma Continental.

Esta especie también se hizo presente en una sola estación con 3 ejemplares que se localizaron al Sur de la isla Puná, en un sedimento de arena limosa a 22 metros de profundidad. Se la considera de ambiente marino y muy rara para el área de estudio.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Perú

Cumingia adamsi Olsson, 1961. Es una especie poco común en la Plataforma Continental.

En el área estudiada se observó un solo ejemplar al Nor-Oeste de la isla Puná en la estación No. 68 en un sedimento de arena gravosa a 8 metros de profundidad, donde existe un ambiente estuarino con una gran influencia de aguas marinas que ingresa por el Canal del Morro. Se la considera muy rara para el Estero Salado.

DISTRIBUCION: Panamá a Ecuador

Cumingia lamellosa Sowerby, 1833. Esta especie es más común que la anterior y prefiere vivir en arena, con esponjas o en las ranuras y huecos de las rocas, desde la Zona Intermareal hasta los 24 metros de profundidad.

Se la observó en dos estaciones con un total de 3 ejemplares al Nor-Oeste y al Este de la isla Puná en un sedimento de arena y arena gravosa en profundidades de 8 y 10 metros. Se la considera rara para el área estudiada, de ambiente marino y que tolera las condiciones estuarinas.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Norte del Perú

Cyclopecten exquiritus Grau, 1959. Es una especie de ambiente marino, que puede adherirse a un sustrato de manera temporal por un delgado biso; esta especie es capaz de desprenderse del biso y "nadar" cortas distancias. Vive entre los 22 a 273 metros de profundidad.

Se encontraron 4 ejemplares en la estación No. 8, al Nor-Oeste de la Isla Puná en un sedimento de arena gravosa a menos de 10 metros de profundidad donde existe un ambiente estuarino influenciado por aguas marinas que penetran a través del Canal del Morro. Se la considera rara y poco tolerante al ambiente estuarino.

DISTRIBUCION: Golfo de California a las Isla Galápagos y hasta el norte del Perú.

Corbula ovulata Sowerby, 1833. Esta especie es de ambiente marino, prefiere vivir en la Plataforma Continental desde los 2 a 55 metros de profundidad.

Un solo ejemplar se encontró en la Estación No. 46, localizada en el Canal de Jambelí a 6 metros de profundidad en un sedimento Limo - arcilloso. Se la considera rara para el área estudiada y poco tolerante al ambiente estuarino.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Perú

Chione ornatissima (Broderip, 1835). Es una especie de ambiente marino que habita en la Plataforma Continental Ecuatoriana entre los 13 a 27 metros de profundidad.

Un solo ejemplar se observó en la estación No. 118 a 12 metros de profundidad en un sedimento arenoso. Esta especie está tipificando su ambiente. Se la considera rara para la zona.

DISTRIBUCION: Panamá a Ecuador

Donax gracilis Hanley, 1845. Esta especie marina es característica de preferir un sedimento arenoso; es común encontrarla en la Zona Intermareal, hasta una profundidad de 24 metros.

En el área de estudio se presentó en 5 estaciones con un total de 13 ejemplares en profundidades de hasta 17 metros en un sedimento arenoso. Parece que esta especie tolera el ambiente estuarino y puede ingresar al Estero Salado a través del Canal del Morro hasta los alrededores de las islas Manglecitos. Se la considera "escasa" en el área estudiada, tipificando el sustrato y su ambiente.

DISTRIBUCION: Golfo de California al norte de Perú.

Donax obesulus Reeve, 1854. Es una especie de ambiente marino, que prefiere habitar en los sedimentos arenosos a poca profundidad en la Plataforma Continental.

Se encontró un solo ejemplar en el Canal del Morro, en la estación No. 10, asociada a *D. gracilis*, donde existe un ambiente marino-estuarino. Se la considera rara para el área de estudio y poco tolerante al ambiente estuarino.

DISTRIBUCION: América Central a Ecuador

Leptopecten velero Hertlein, 1935. Es una especie que prefiere vivir entre los 5 a 55 metros de profundidad en la Plataforma Continental. Se adhiere al fondo o a un sustrato por medio de un biso, formando grupos de individuos o raramente solas.

Esta especie fue la de mayor abundancia relativa en el Estero Salado Inferior, pero restringida a dos estaciones en el área comprendida entre la desembocadura del Estero Sabana Grande y el Nor-Oeste de la isla Puná, donde existe un ambiente marino-estuarino. Se considera a esta especie, relativamente abundante y que está tipificando el ambiente estuarino con influencia marina. A pesar de su pequeño tamaño, se podría considerar a esta especie como una posible alternativa para la acuicultura.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Perú

Lima orbigny Lamy, 1930. Especie de ambiente marino y una de las mejores adaptadas para nadar; es común encontrarla entre los 7 a 22 metros de profundidad en la Plataforma Continental.

Se encontró un solo ejemplar en la estación No. 5, en la desembocadura del Estero Sabana Grande, indicándonos su presencia, que existe una influencia bastante fuerte de aguas marinas hasta el Estero Sabana Grande. Se la considera rara para el Estero Salado Inferior y parece tolerar un poco el ambiente estuarino.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Chile

Lucina cancellaris Phillippi, 1846. Es una especie de ambiente marino, que habita en la Plataforma Continental desde los 7 a 70 metros de profundidad.

Se obtuvo un solo ejemplar en la estación No. 109, al Sur de la Isla Puná en un sedimento de Arena Limosa a 50 metros de profundidad. Se la considera rara para el área de estudio.

DISTRIBUCION: California a Panamá

Macoma elytrum Keen, 1958. Especie marina, habitante de la Plataforma Continental, que ha sido reportada hasta los 110 metros de profundidad.

Se obtuvieron solo dos ejemplares en dos estaciones localizadas en el Canal de Jambelí, en un sedimento limo-arcilloso, donde existe un ambiente estuarino con influencia directa del Río Guayas. Se la considera rara para el área estudiada y posiblemente sea una especie muy tolerante al ambiente estuarino.

DISTRIBUCION: Baja California, Golfo de California a Ecuador

Macoma siliqua (C.B. Adams, 1852) Es de ambiente marino, vive enterrada en el sedimento y ha sido reportada hasta profundidades de 110 metros.

En una sola estación se encontraron 7 ejemplares, localizados al Sur-Este de la ciudad de Playas, en un sedimento de arena fina y un ambiente marino. Se la considera escasa para el área estudiada y esta tipificando su medio ambiente.

DISTRIBUCION: México a Panamá

Mytella guyanensis (Lamarck, 1819). Esta especie es de importancia comercial, vive en el Golfo de Guayaquil, en un ambiente estuarino y es muy común encontrarla en la zona intermareal o a poca profundidad, enterrada en un sedimento blando, asociada a los manglares.

Solo dos ejemplares se encontraron en la estación No. 8, al Nor-Oeste de la Isla Puná, en un sedimento de arena gravosa a menos de 5 metros de profundidad. Se la considera rara para la Zona Infralitoral estudiada y no está tipificando su ecosistema.

DISTRIBUCION: México a norte del Perú.

Mytella strigata (Hanley, 1843) Esta especie es de importancia comercial, y es típicamente de ambiente estuarino. Se adhiere con el biso a diferentes sustratos que se encuentran en un fondo blando o lodoso, formando grupos de organismos y/o raramente están solos.

Se recolectaron 450 ejemplares en 10 estaciones localizadas en el Estero Salado Superior e Inferior y en el Canal Cascajal; su mayor abundancia se localizó en el Estero Salado superior, constituyendo un recurso factible de cultivarlo, para en un futuro explotarlo racionalmente.

DISTRIBUCION: México, El Salvador y las Islas Galápagos. En la costa Este de Sud-américa, desde Venezuela a la Argentina.

Nucula colombiana Dall, 1908. Es una especie marina, que ha sido reportada en profundidades de 45 a 730 metros de profundidad.

Se encontraron dos organismos en el Estero Salado, al Nor-Este de la Isla de la Seca, donde hay un ambiente estuarino. Este registro ampliaría el ambiente y la distribución de esta especie y además se la consideraría tolerante al ambiente estuarino. Se la considera rara para el área estudiada.

DISTRIBUCION: Panamá a Chile

Pitar tortuosus (Broderip, 1835). Se la considera una especie de ambiente marino y es muy común encontrar sus valvas vacías en las playas de la costa Ecuatoriana. Según Keen 1971, se la ha encontrado en un sedimento lodoso y en arena en la Zona Mesolitoral y a poca profundidad.

Se encontró un solo ejemplar, en el Canal Cascajal, al Norte de la Isla Puná, en la Estación No. 70 a 9 metros de profundidad en un sedimento de Arena limosa. Se la considera rara para la zona y se piensa que llegó a este lugar a través del Canal del Morro a este ambiente marino-estuarino, por lo que se la puede considerar poco

tolerante al ambiente estuarino.

DISTRIBUCION: México a Panamá

Sphenia fragilis (H. A. Adams, 1854). Esta especie es de ambiente marino y tolera las condiciones estuarinas, prefiere vivir en las cavidades producidas por otros organismos ya sea en las rocas o en las valvas vacías de los moluscos.

Se observaron 16 organismos en tres estaciones, localizadas en el Estero Salado Inferior, con preferencia en la desembocadura del estero Sabana Grande y al Nor-Oeste de la Isla Puná, en profundidades menores a 10 metros. Se la considera poco frecuente para el Estero salado en un ambiente estuarino. Es eurihalina.

DISTRIBUCION: California a Norte del Perú.

Tellina rubescens Hanley, 1844. Es una especie de ambiente marino-estuarino, habita desde la Zona Mesolitoral hasta los 10 metros de profundidad.

Se encontraron 5 ejemplares en 3 estaciones que se localizaron en el Estero Salado Inferior, desde el Sur de las Islas de la seca y de Los Quiñones, hasta el Norte de la Isla Puná, en un ambiente estuarino y a profundidades menores a 10 metros. Se la considera rara para el área estudiada.

DISTRIBUCION: México a Perú.

Tellina sp Linnaeus, 1758. Las características taxonómicas de estos bivalvos del género *Tellina* no coinciden con ninguna de las especies reportadas, por lo que se ha preferido dejarla como *Tellina sp*.

Se encontraron 13 ejemplares en 3 estaciones, que se localizaron al Sur de la Isla Puná, donde las aguas marinas que ingresan al Golfo de Guayaquil, se mezclan con las aguas del Canal de Jambelí. El sedimento preferido, fue el Limo, en profundidades de 16 y 31 metros. Se la considera rara para el área estudiada.

DISTRIBUCION: Ecuador a Perú.

b. GASTROPODOS O GASTEROPODOS

Bifurcium bicanaliferum (Sowerby, 1832). Es una especie de ambiente marino y vive a poca profundidad en la Plataforma Continental.

En las estaciones 118 y 119, localizadas entre las ciudades de Playas y Data de Posorja, se observaron 143 ejemplares en un ambiente marino, a 10 y 12 metros de profundidad, en un sedimento arenoso. Se lo considera muy abundante para el área y está tipificando su ambiente.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Ecuador y las Islas Galápagos.

Calliostoma mcleani Shasky y Campbell, 1964. Es una especie marina que vive de 0 a 9 metros de profundidad.

Se encontró un solo ejemplar en la Estación No. 125 a 13 metros de profundidad, en sedimento de arena fina, en un ambiente marino con influencia estuarina proveniente del Canal del Morro. Otro ejemplar se observó en la desembocadura del estero Sabán Grande en un ambiente estuarino.

Se considera a esta especie, rara para el área estudiada y tolerante al ambiente estuarino.

DISTRIBUCION: México a Isla la Plata, Ecuador

OBSERVACIONES: Se amplía la distribución por el Sur de esta especie.

Calyptraea conica Broderip, 1834. Especie de ambiente marino que vive adherida a sustratos duros como piedras o conchas, desde la Zona Intermareal hasta los 37 metros de profundidad.

Un solo ejemplar se recolectó en la estación No. 46, en el Canal de Jambelí a 7.5 metros de profundidad en un sedimento limoso.

Se la considera muy rara para esta zona y se tiene dudas de que sea su ambiente y posiblemente haya sido arrastrada por la corriente.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Ecuador

Calyptraea lichen Broderip, 1834. Es una especie de ambiente marino, que vive adherida a sustratos duros.

En la estación No. 131, al Oeste de la Isla Puná, se obtuvieron 23 ejemplares a 14 metros de profundidad en un sedimento arenoso.

Se considera a esta especie como frecuente y si está tipificando su hábitat.

DISTRIBUCION: Solo esta reportada para Guayaquil, Ecuador

Calyptraea mamillaris Broderip, 1834. Especie de ambiente marino, vive adherida a rocas, conchas o cualquier sustrato duro.

Un solo ejemplar se observó entre las ciudades de Playas y Data de Posorja a 10 metros de profundidad en un sedimento arenoso. Se la considera rara para el área de estudio.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Paita, Perú.

Cancellaria exopleura Dall, 1908. Especie de ambiente marino, reportada hasta profundidades de 128 metros.

Se obtuvieron 50 ejemplares en 4 estaciones que se localizaron: Dos al Sur del Canal de Jambelí con 6 organismos y dos al Oeste de la Isla Puná con 54 organismos, entre los 7 y 19 metros de profundidad en un sedimento de arena limosa en un ambiente marino y marino - estuarino. Se la considera frecuente, pero esta tipificando el ambiente marino donde es más abundante.

DISTRIBUCION: Panamá a Paita, Perú

Cancellaria urceolata Hind, 1843. Especie de ambiente marino que vive en la Plataforma hasta los 73 metros de profundidad.

Se observó un solo ejemplar en la Estación No. 120, frente a la ciudad de Playas a 7 metros de profundidad en un sedimento arenoso y de ambiente marino. Se la considera rara para el área.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Cabo Pasado, Ecuador.

OBSERVACIONES: Este nuevo registro, amplía la distribución por el Sur de esta especie

Cheilea cepacea Broderip, 1834. De ambiente marino, vive adherida a rocas, conchas muertas o cualquier sustrato duro, desde los 0 a 20 metros de profundidad.

Un solo ejemplar se encontró en la Estación No. 8 al Nor-Oeste de la Isla Puná a menos de 10 metros de profundidad en un sedimento de arena gravosa. Se la considera muy rara para la zona estudiada.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Chile

Conus perplexus Sowerby, 1857. Especie marina, carnívora y venenosa que vive en un sedimento arenoso.

Se recolectaron 48 ejemplares en 5 estaciones localizadas entre las ciudades de Playas y Data de Posorja entre los 10 y 15 metros de profundidad en un sedimento de arena fina. Se la considera relativamente abundante, tipificando el área.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Ecuador

Crepidula striolata Menke, 1851. Esta especie vive adherida a rocas o piedras desde la Zona Intermareal hasta pocos metros de profundidad en un ambiente marino.

Se encontraron 17 ejemplares en 4 estaciones localizadas al Oeste de la Isla Puná, entre los 6 a 14 metros de profundidad en un sedimento arenoso y adheridos a piedras y valvas vacías. Se la considera poco frecuente.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Panamá

OBSERVACIONES: Se amplía la distribución hacia el Sur.

Crucibulum spinosum (Sowerby, 1824). Esta especie marina vive adherida a piedras, rocas o conchas vacías, desde la Zona Mesolitoral hasta los 55 metros.

Se encontraron 28 ejemplares en la estación No. 133 al Oeste de la Isla Puná a 10 metros de profundidad en un sedimento arenoso y ambiente marino. Se la considera relativamente frecuente para el área.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Chile

Dendronotus cf nanus Marcus & Marcus 1967.- Especie marina que se encuentra flotando en el mar, en los primeros 50 centímetros.

A esta especie se la observó en dos estaciones, la No. 8 y 9 al Nor-Oeste de la Isla Puná a menos de 10 metros de profundidad en un sedimento de arena gravosa y un ambiente estuarino, cerca del Canal del Morro. Se la considera rara para el área, pero es posible que haya sido llevada por la corriente a través del Canal del Morro.

DISTRIBUCION: México

OBSERVACIONES: Se amplía la distribución por el Sur de esta especie

Erato panamensis Carpenter, 1856 En el Estero Salado Superior, se encontraron dos ejemplares en la desembocadura del estero Sabana Grande a menos de 10 metros de profundidad en un ambiente estuarino. Se la considera rara para el Estero Salado.

DISTRIBUCION: Panamá

OBSERVACIONES: Se amplía la distribución por el Sur de esta especie.

Nassarius collarius (C.B. Adams, 1852). Esta especie se presentó en el Estero Salado Inferior, en la desembocadura del Estero Salado Grande; en el Canal del Morro a 10 metros de profundidad en un sedimento arenoso y al Sur de la Isla Puná, en las estaciones 97 y 98 a 20 y 22 metros de profundidad en un sedimento de arena limosa. Todos estos lugares poseen un ambiente estuarino y marino-estuarino, sin influencia directa del Río Guayas.

Sería interesante estudiar mejor el hábitat de esta especie. Se la considera relativamente escasa para el área de estudio.

DISTRIBUCION: Guatemala a Panamá

OBSERVACIONES: Se amplía la distribución por el Sur de esta especie

Natica chemnitzii Pfeiffer, 1840. Especie tropical de ambiente marino y marino-estuarino, comunes de la Zona Intermareal a poca profundidad prefiriendo un sustrato blando.

Se encontraron 3 ejemplares en dos estaciones localizadas entre las islas de la Seca y de los Quiñones, en un ambiente estuarino a 10 metros de profundidad en un sedimento blando.

Se la considera rara para el Estero Salado y muy tolerante para el ambiente estuarino.

DISTRIBUCION: Baja California a Norte del Perú.

Natica grayi Philippi, 1852. Se la ha reportado para un ambiente marino, en la Plataforma Continental hasta los 37 metros de profundidad.

Se observó un solo ejemplar en la estación No. 68 al Nor-Oeste de la Isla Puná, en un ambiente estuarino a 8.4 metros de profundidad y un sedimento de arena gravosa. Se la considera rara para el Estero Salado Inferior y tolerante para el ambiente estuarino.

DISTRIBUCION: Golfo de California a Ecuador y las Islas Galápagos.

Olivella vollutella (Lamarck, 1811). Especie marina que prefieren vivir en un sedimento blando en la Zona Intermareal o a poca profundidad.

Se la observó en dos estaciones, entre las ciudades de Playas y Data de Posorja, en las estaciones No. 118 y 122 a 12 metros de profundidad en un sedimento de arena fina o arena limosa. Se considera que la estación 118 es su hábitat preferido, al haberse encontrado 132 ejemplares. Se estima que es muy abundante al Sur-Este de la ciudad de Playas y esta tipificando su ambiente.

DISTRIBUCION: Centro América a Ecuador

Phos fusoides (C.B. Adams, 1852) De ambiente marino y carnívoro.

Se recolectó un solo ejemplar en la estación No. 119, entre las ciudades de Playas y Data de Posorja a 10 metros de profundidad, en un sedimento de arena fina. Se la considera rara.

DISTRIBUCION: Panamá

OBSERVACIONES: Se amplía la distribución hacia el Sur.

Polinices ravidus (Souleyet, 1852). Especie de ambiente marino.

Se obtuvo un solo ejemplar en la Estación No. 122, entre las ciudades de Playas y Data de Posorja a 10 metros

de profundidad en un sedimento de arena fina. Se la considera rara para el área estudiada.

DISTRIBUCION: Panamá a Paíta, Perú.

Thais biserialis (Blainville, 1832). Son de ambiente marino, carnívoros, comunes de la Zona Intermareal, es común encontrarla sobre las rocas.

Un solo ejemplar se recolectó en la estación No. 110, en el Canal del Morro a 200 metros de profundidad en un sedimento arenoso. Se la considera rara para el área estudiada.

DISTRIBUCION: Baja California a Chile y la Isla Galápagos

Thais kiosquiformis (Duclos, 1832) Especie de ambiente estuarino, vive sobre rocas o en áreas de los manglares depredando ostiones.

Se encontraron dos ejemplares en dos estaciones; en el Estero del Muerto, cerca de la ciudad de Guayaquil y en el Canal del Morro a 20 metros de profundidad. Para el área estudiada se la considera rara, pero tiene una gran distribución en el Golfo, prefiriendo la Zona Intermareal.

DISTRIBUCION: Baja California a Norte del Perú

MUESTREO MANUAL EN EL ESTERO SALADO, JUNTO AL PUENTE QUE UNE LA CIUDADELA URDESA Y ALBAN BORJA, EN JUNIO DE 1986

En la Zona Intermareal se recolectaron con la mano 4 especies de gasterópodos:

Ellobium stagnalis (Orbigny, 1835). Gasterópodo pulmonado que vive en ambiente estuarino, en la Zona Intermareal, prefiriendo un sustrato lodoso y podrido con materia orgánica descompuesta.

Se encontraron 3 ejemplares, que están tipificando este ambiente

Se los considera relativamente raros para el área

DISTRIBUCION: El Salvador a Ecuador

Tralia panamensis (C.B. Adams, 1852). Especie pulmonada, que vive en la Zona Intermareal, debajo de las rocas húmedas y arrastrándose en un sedimento blando o pantanoso.

Se encontraron 2 ejemplares en este hábitat.

DISTRIBUCION: Costa Rica a Panamá y las islas Perlas

OBSERVACIONES: Es el primer registro para el Ecuador

Melampus sp. Montfort, 1810. Género de Gasterópodo pulmonado, que habita en la Zona Supralitoral, en el límite de la pleamar, donde generalmente pone sus huevos.

Se observaron 4 ejemplares, considerándolos relativamente raros.

DISTRIBUCION: Baja California a Ecuador y las Islas Galápagos

Littorina varia Sowerby, 1832. Esta especie de ambiente marino -estuarino, se la encuentra en la Zona Intermareal con preferencia la Zona Supralitoral, sobre las rocas o muros, alimentándose de las algas. Se la encuentra en el Estero Salado, desde el puente Urdesa-Alban Borja, hasta el Canal del Morro, en todos los esteros del Golfo de Guayaquil

Se encontraron 2 ejemplares y se la considera escasa, pero con una amplia distribución en el Golfo.

DISTRIBUCION: Panamá a Ecuador

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

En la Zona Infralitoral del Estero Salado, desde la ciudad de Guayaquil hasta el Canal del Morro, es el área más "rica" en abundancia y diversidad de moluscos, predominando los Bivalvos sobre los Gasterópodos. Se estima que al unirse el agua proveniente del Río Guayas a través del Canal Cascajal, con las del Estero Salado y las que ingresan por el Canal del Morro, forman un ambiente estuarino de alta productividad que permite el desarrollo de la gran diversidad de moluscos que existe en el área.

En el Estero Salado, incluyendo la confluencia con el Canal Cascajal, existen aproximadamente 30 especies de moluscos, que representan casi el 50% de la malacofauna encontrada en el área estudiada, considerándose como un área de alta productividad y diversidad malacológica.

De todo el Estero Salado, la zona comprendida entre la desembocadura del Estero Sabana Grande, el Canal del Morro y la confluencia del Canal Cascajal, posee aproximadamente más de 20 especies de moluscos bentónicos, considerándose esta zona de alta diversidad en moluscos bentónicos.

La especie más abundante y de más amplia distribución en el Estero Salado, es *Mytella strigata*, (Fig. 14), la que se "concentra" en un gran parche en el Estero Salado Superior. Se estima que este recurso es factible de cultivarlo y explotarlo racionalmente.

En el Estero Salado existen otras especies de Bivalvos que son posibles de cultivarlas, son "raras" en el área estudiada, pero son comunes en la Zona Intramareal como: *Crassostrea columbiensis* y *Mytella guyanensis*. Como una nueva alternativa de cultivo podría ser *Leptopecten velero*, que es común en el Estero Salado Inferior.

Al Sur-Oeste del Canal del Morro, está la segunda zona de mayor diversidad en moluscos, donde predominan los gasterópodos sobre los Bivalvos en un ambiente marino y marino-estuarino.

Los Canales de Cascajal y Jambelí, se encontraron relativamente "pobres" en abundancia y diversidad de moluscos bentónicos.

"BARRERAS ECOLOGICAS" Considerando la distribución areal de los moluscos en el Golfo de Guayaquil, la distribución textural de los sedimentos, (Fig. 15), la dirección de las corrientes de agua y la influencia del Río Guayas, se estima que:

El Canal Cascajal parece ser una "Barrera ecológica" para los Gasterópodos marinos y estuarinos; así como para la mayoría de los moluscos Bivalvos.

El Canal de Jambelí también parece ser otra "Barrera ecológica" para las especies marinas que quisieran ingresar al interior del Golfo; el límite Sur del canal se considera a la línea que uniría a Puerto Bolívar con la desembocadura del Estero Grande de la Isla Puná.

Estas "Barreras ecológicas" también lo son para otros organismos bentónicos como los equinodermos que no tienen el poder de osmorregulación y para las especies que son estenohalinas.

La "pobreza" malacológica de los Canales de Cascajal y Jambelí, está relacionada con el tipo de sedimento Limo arcilloso, proveniente del río Guayas, que tiene un bajo porcentaje de carbonato de calcio y un alto porcentaje de carbono orgánico.

CONCLUSIONES:

Se encontraron 52 especies de moluscos en la Zona Infralitoral del Estero Salado y los Canales de Cascajal, Jambelí y del Morro, así como al Sur-Oeste del Canal del Morro y al Sur de la Isla Puná; considerándose al Golfo de Guayaquil como un área de gran diversidad malacológica, donde los Bivalvos predominaron a los Gasterópodos en un ambiente estuarino.

Al Sur-Oeste del Canal del Morro y/o al Oeste de la Isla Puná, se encontró la segunda zona de mayor diversidad y abundancia de moluscos, donde predominan los Gasterópodos sobre los Bivalvos en un ambiente marino y marino-estuarino.

Se detectó que las zonas más "pobres" en moluscos se localizan en los Canales de Cascajal y Jambelí, donde predomina un sedimento limo arcilloso y leptocúrtico, proveniente del Río Guayas. (Figs. 15, 16, 17 y 18).

Se considera que los Canales de Cascajal y Jambelí son "Barreras ecológicas" para la distribución de la mayoría de los gasterópodos y Bivalvos marinos y estuarinos; así como también, para otros grupos de organismos bentónicos como los Equinodermos.

La especie más abundante y de mayor distribución fue *Mytella strigata*, (Figs. 12 y 13) que se localizó en el Estero Salado, con preferencia en el área superior del estero.

Las especies de importancia comercial que existen en el Golfo de Guayaquil y son factibles de cultivarlas y explotarlas racionalmente son:

Mytella strigata, *Mytella guyanensis*, *Crassostrea columbiensis*, *Anadara tuberculosa* y como posible especie de cultivo se ha considerado a *Leptopecten velero*.

La mayoría de las especies bentónicas de ambiente marino que ingresan al Golfo interior, lo hacen a través del Canal del Morro y no por el Canal de Jambelí, razón por la cual en la zona comprendida entre la desembocadura del Estero Sabana Grande, Canal del Morro y la confluencia del Canal Cascajal con el estero Salado, se encuentra la más alta diversidad de moluscos del Golfo de Guayaquil.

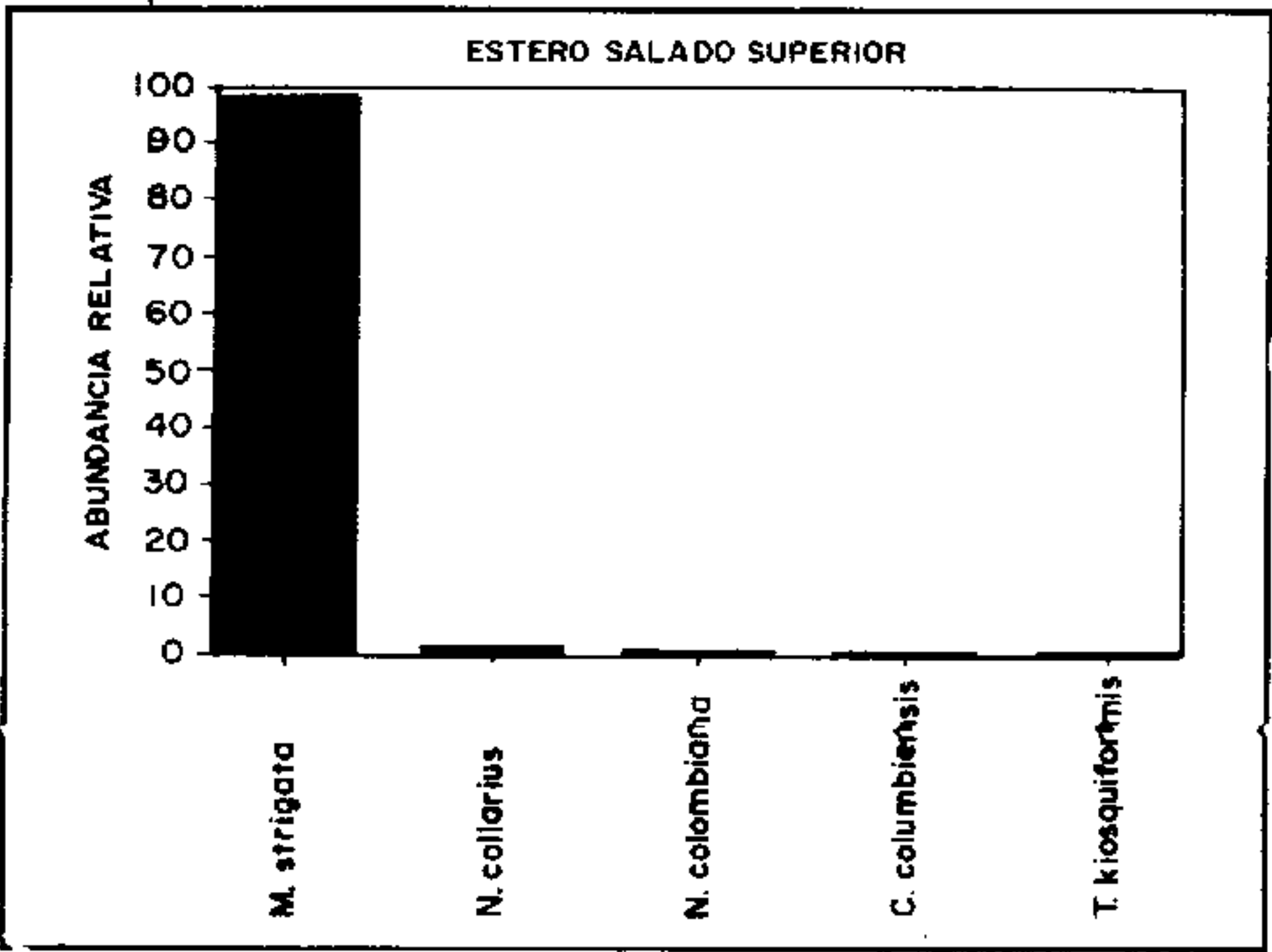


Figura 3 Abundancia relativa de los moluscos en el Estero Salado superior

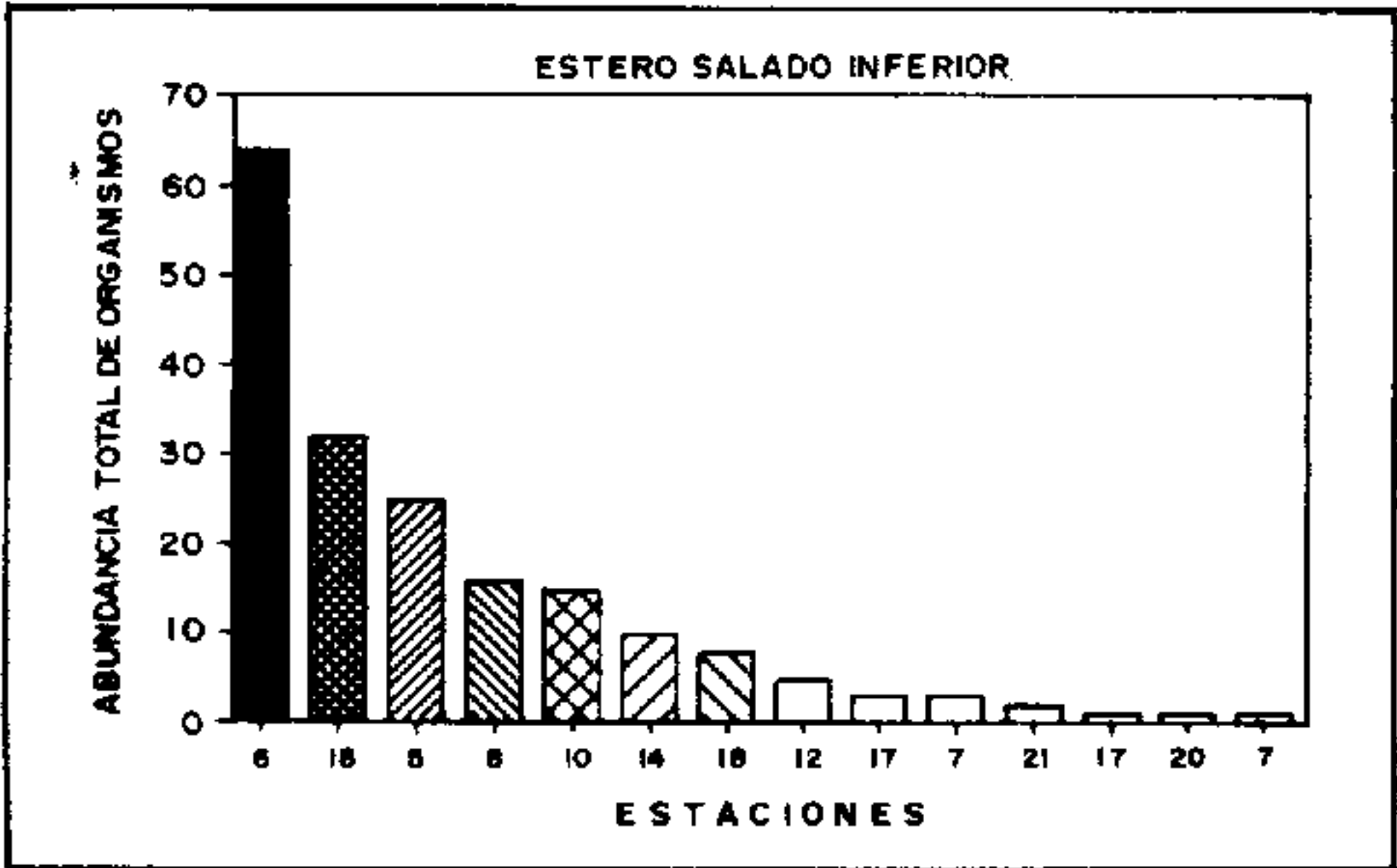


Figura 4 Estaciones con la abundancia total de moluscos encontrados

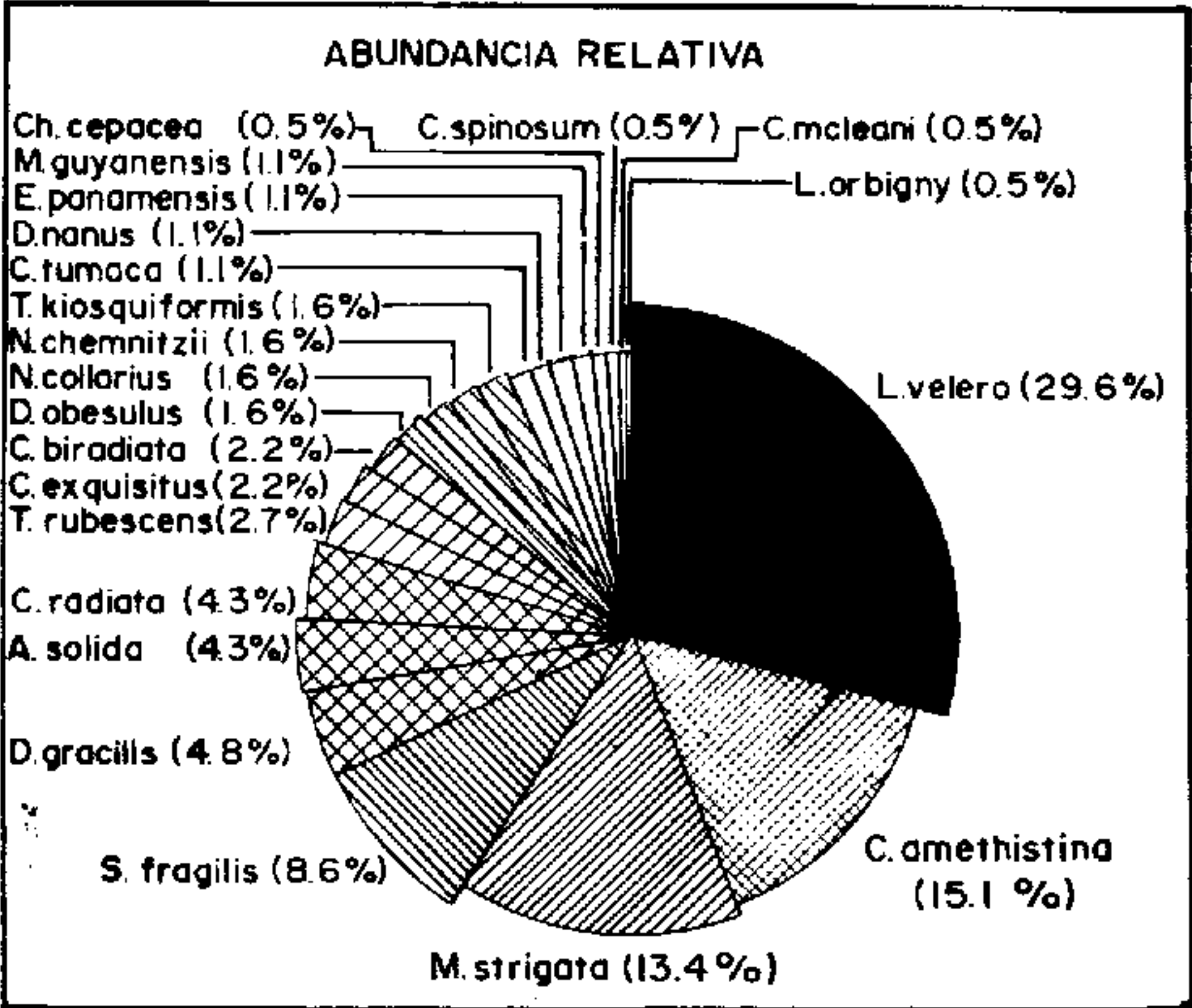


Figura 5 Abundancia relativa de los moluscos en el Estero Salado inferior.

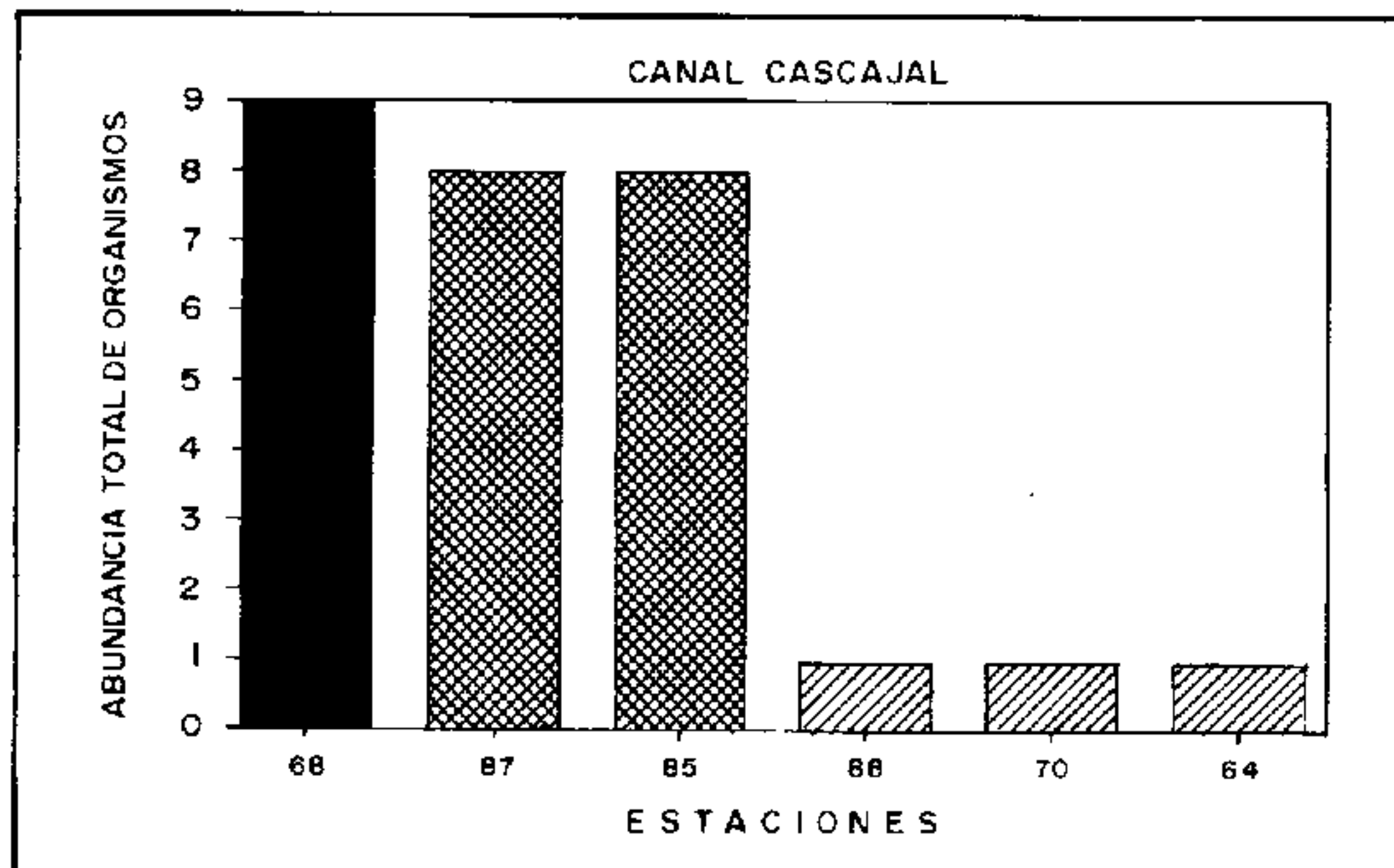


Figura 6 Estaciones con la abundancia total de los moluscos encontrados.

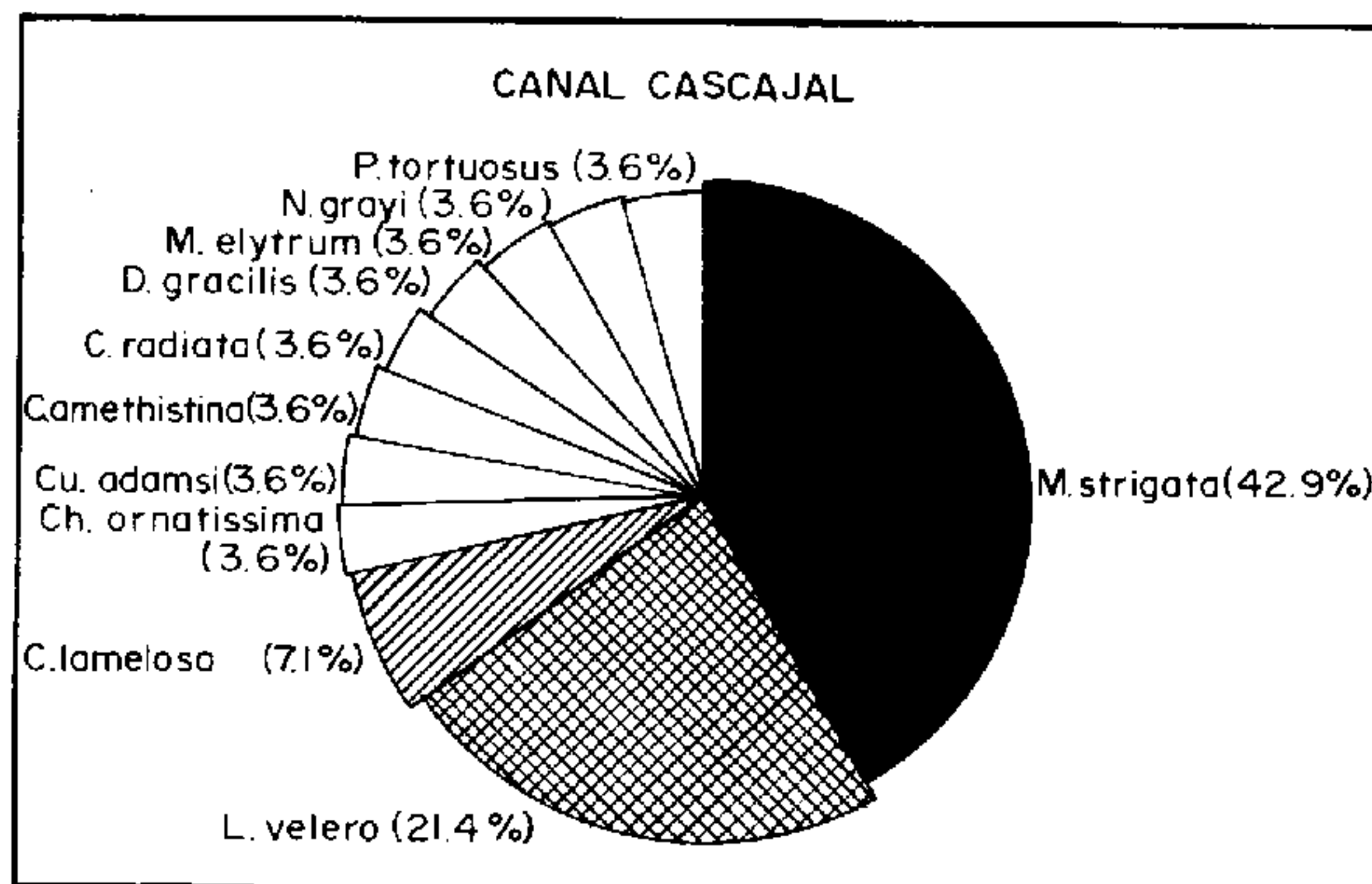


Figura 7 Abundancia relativa de los moluscos vivos en el Canal Cascajal del Golfo de Guayaquil

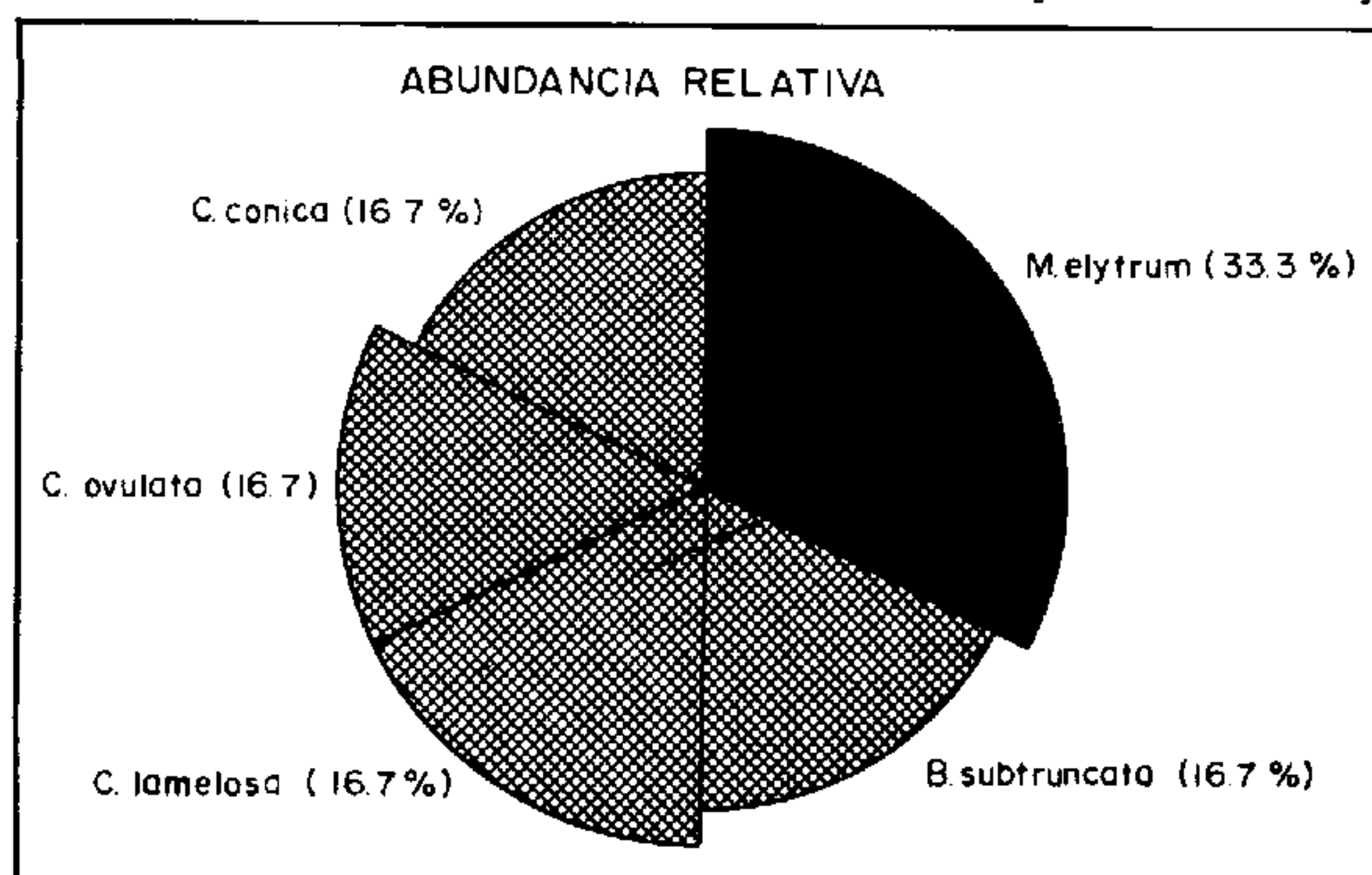


Figura 8 Abundancia relativa de los moluscos encontrados en el Canal de Jambelí del Golfo de Guayaquil

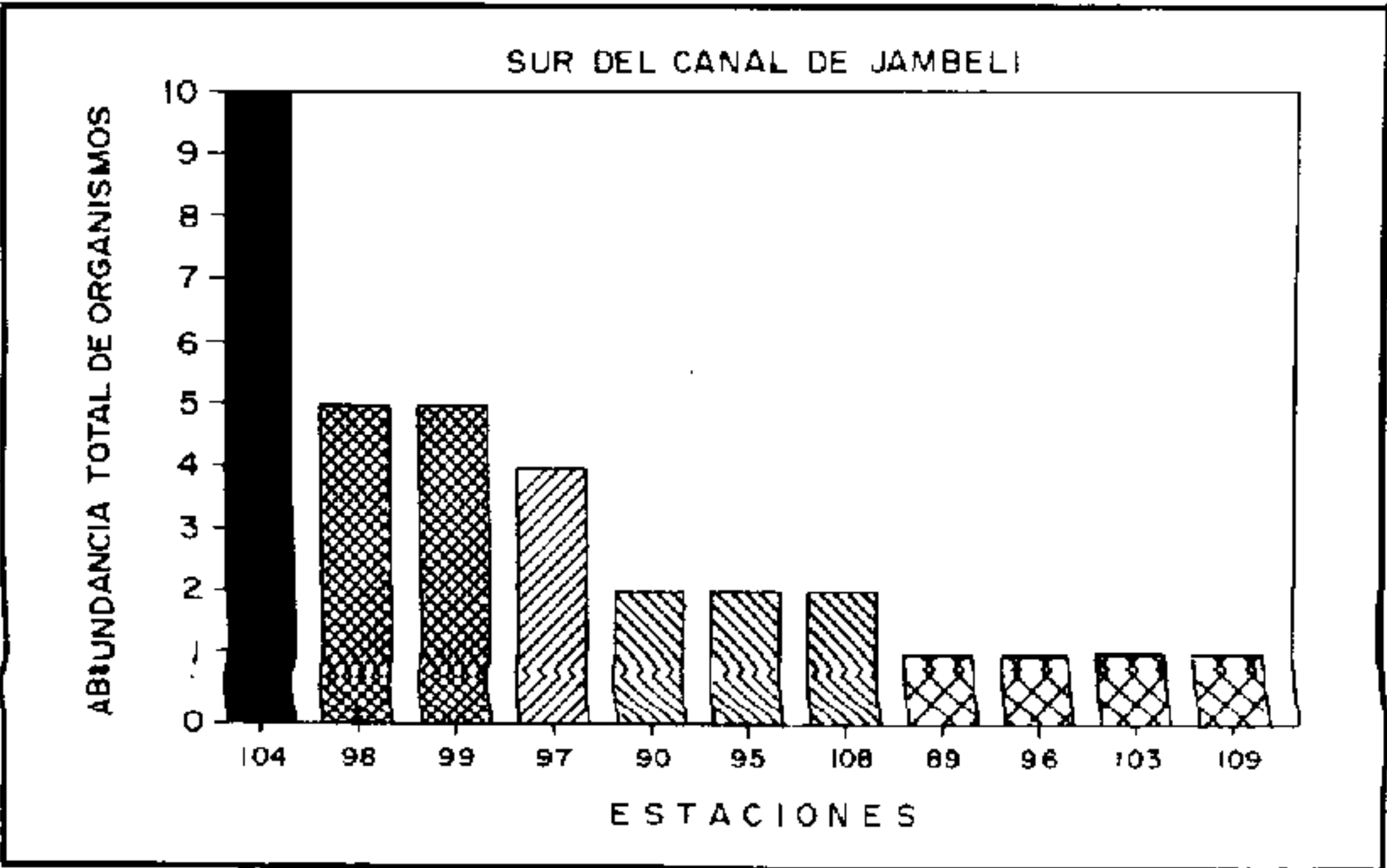


Figura 9 Estaciones con la abundancia total de organismos encontrados

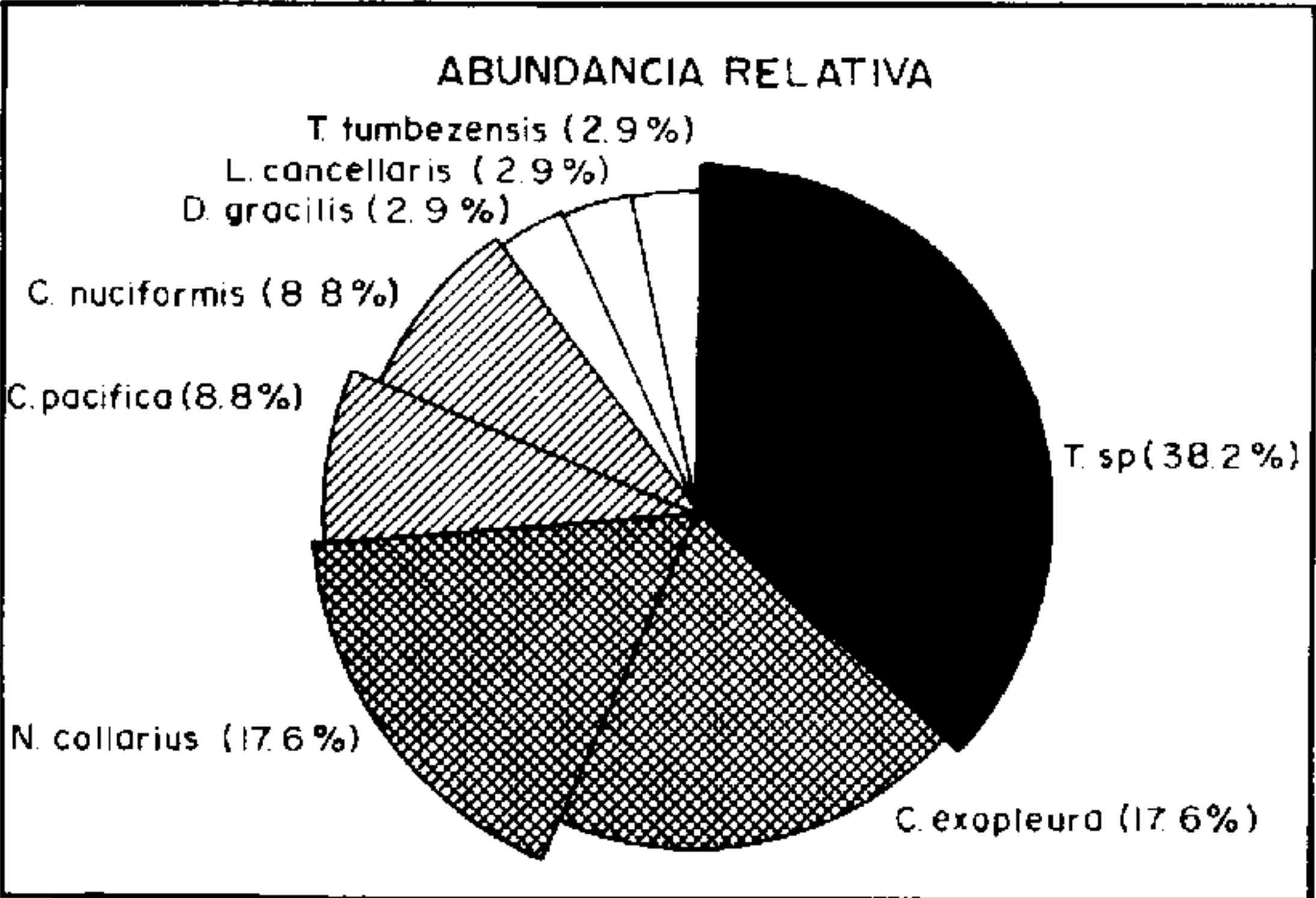


Figura 10 Abundancia relativa de los moluscos encontrados al sur del Canal de Jambelí en el Golfo de Gtayaquil

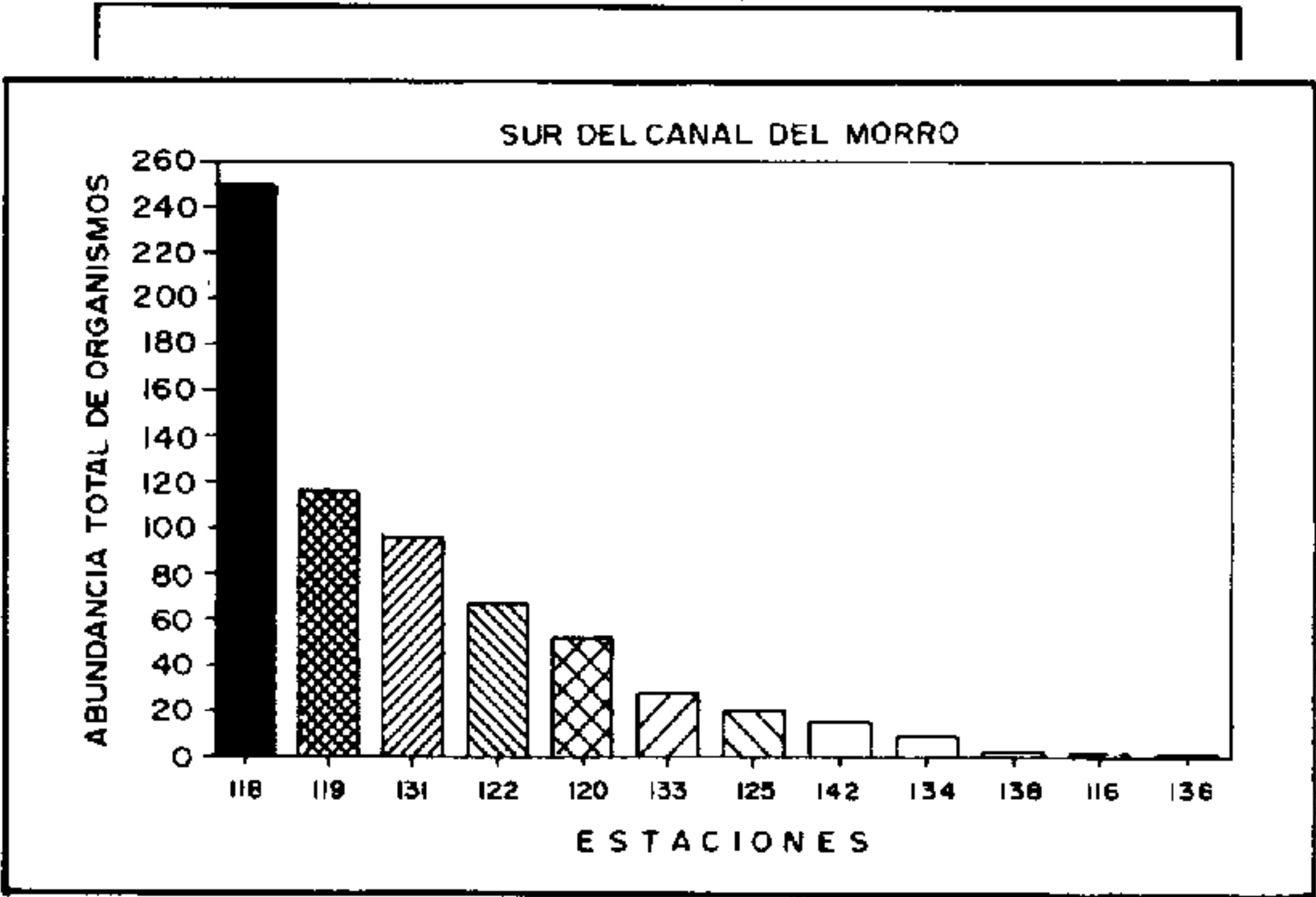


Figura 11 Estaciones con la abundancia total de organismos encontrados.

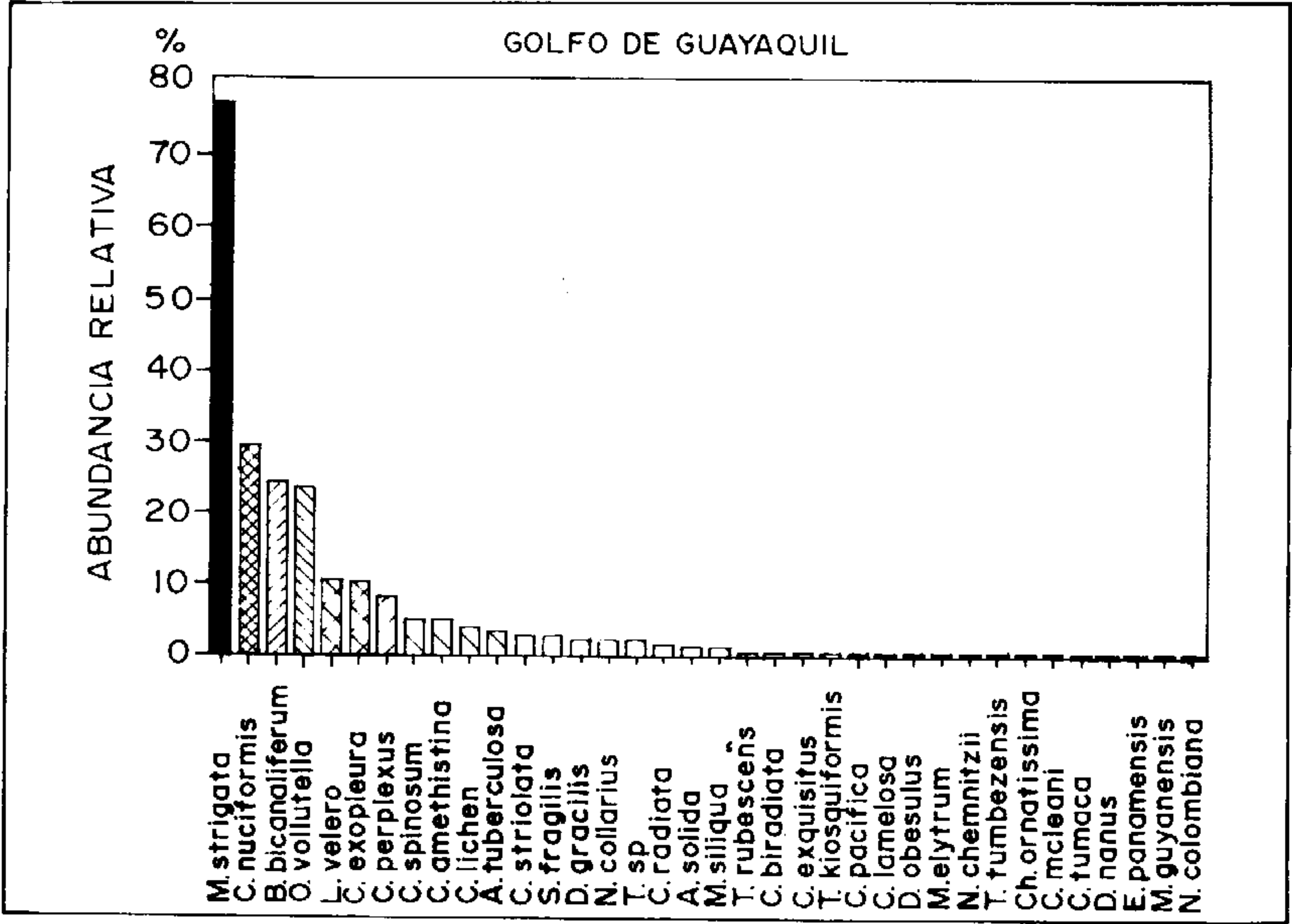


Figura 12 Abundancia relativa de las especies de moluscos bivalvos y gasterópodos.

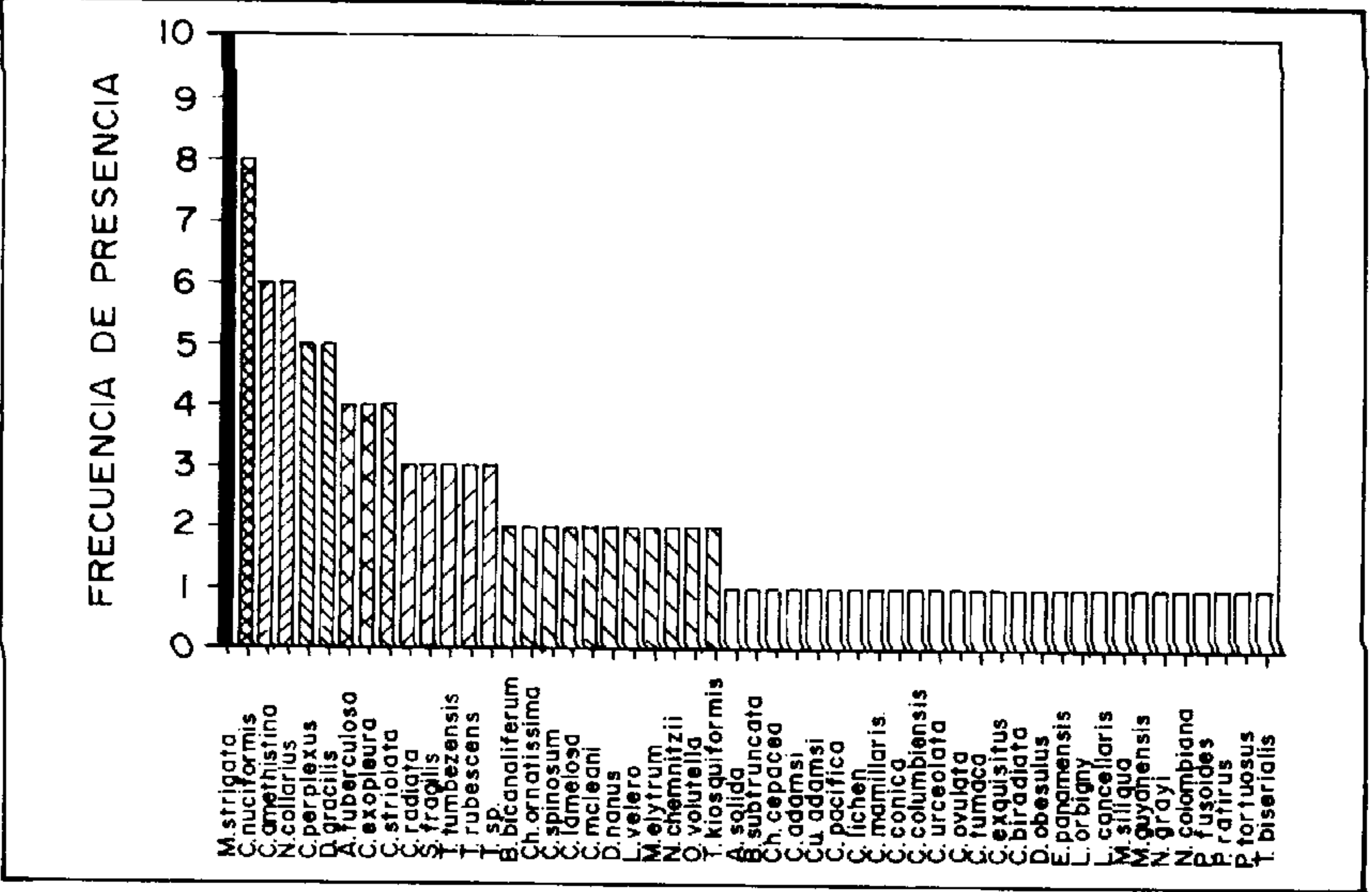


Figura 13 Frecuencia de presencia de las especies de bivalvos y gasterópodos.

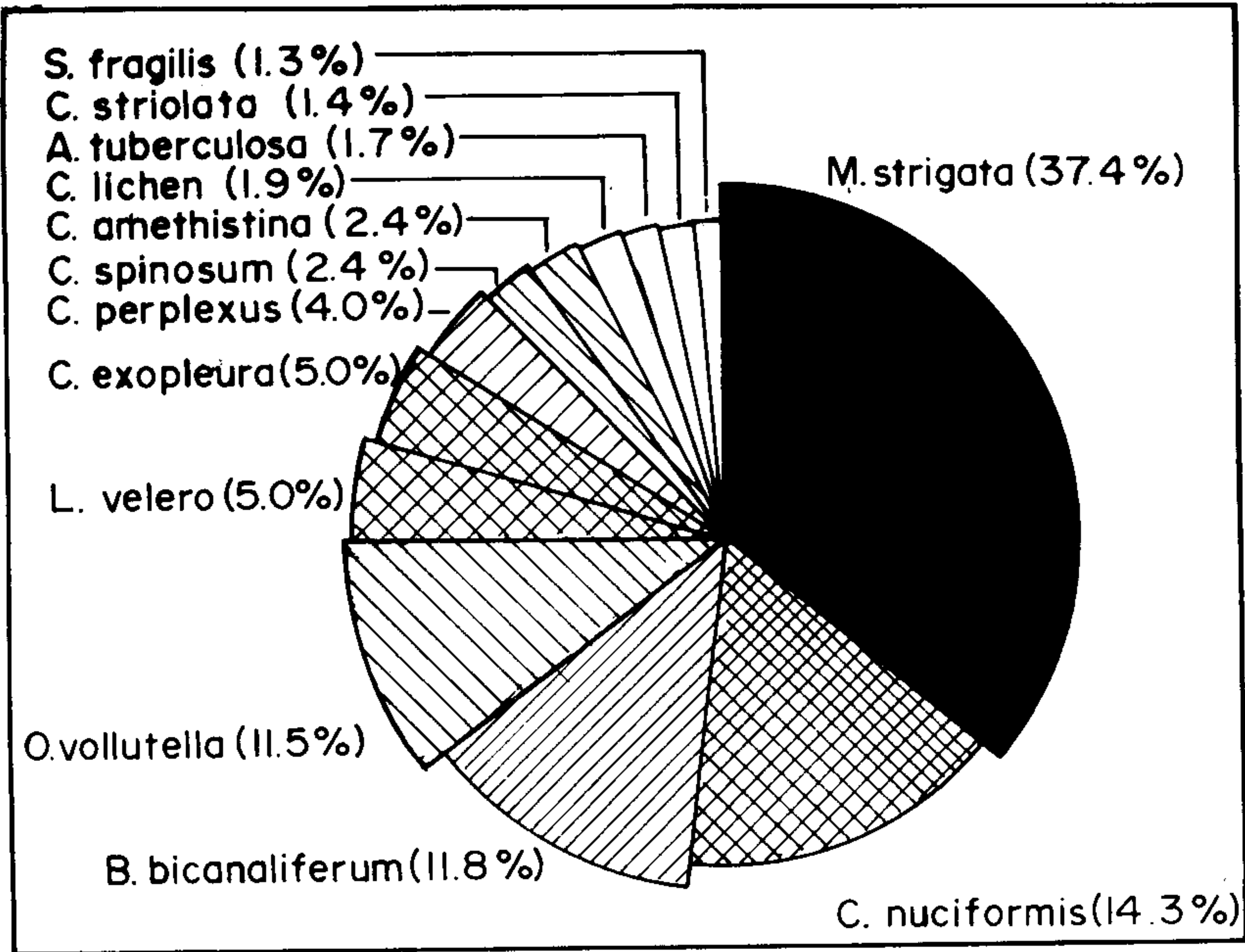


Figura 14 Abundancia relativa de los principales moluscos (bivalvos y gasterópodos) vivos en la zona infralitoral del Golfo de Guayaquil

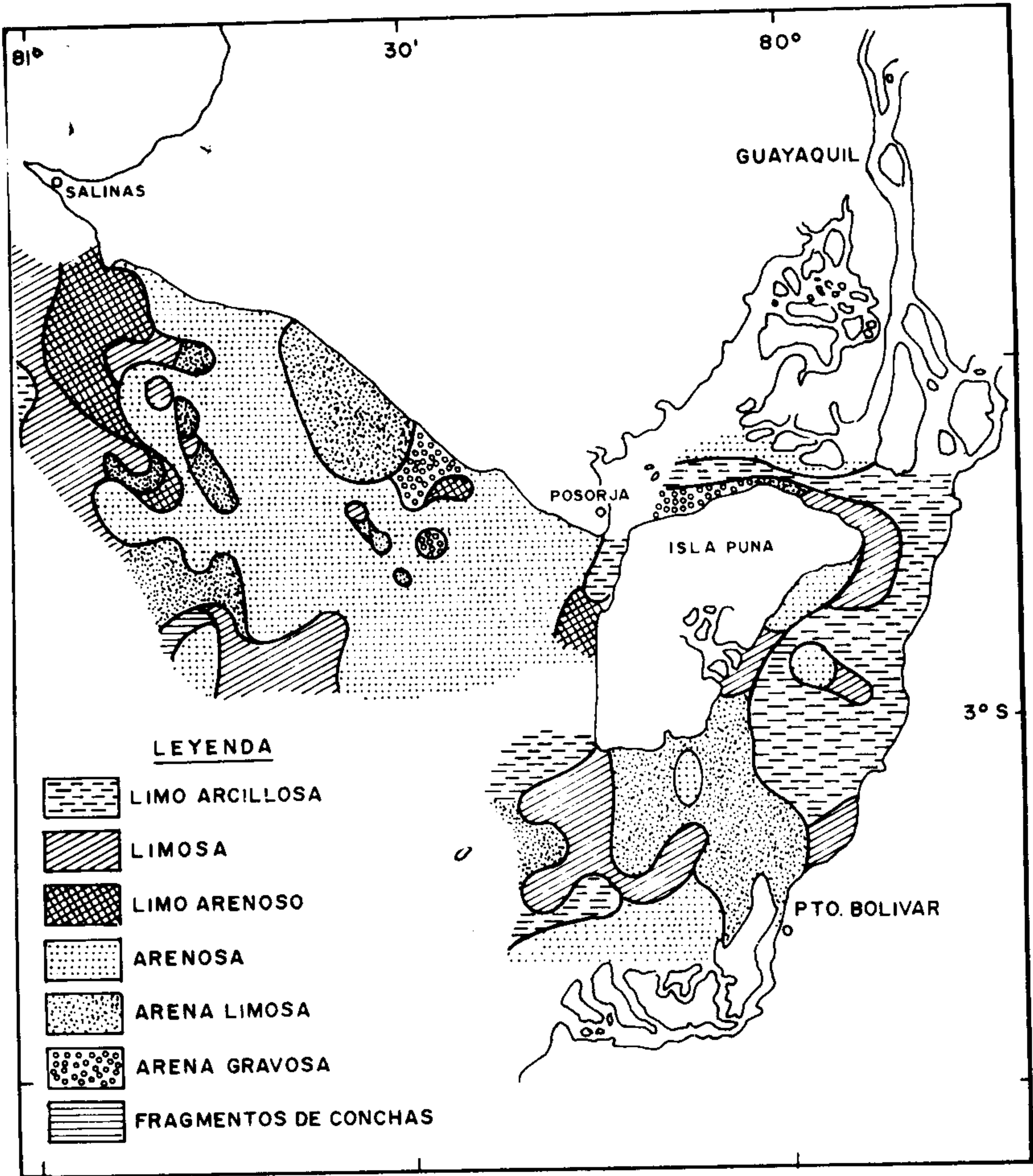


Figura 15 Distribución textural de los sedimentos (compilado de Soledispa, 1987 y Jácome de Solórzano & Llanos, 1987).

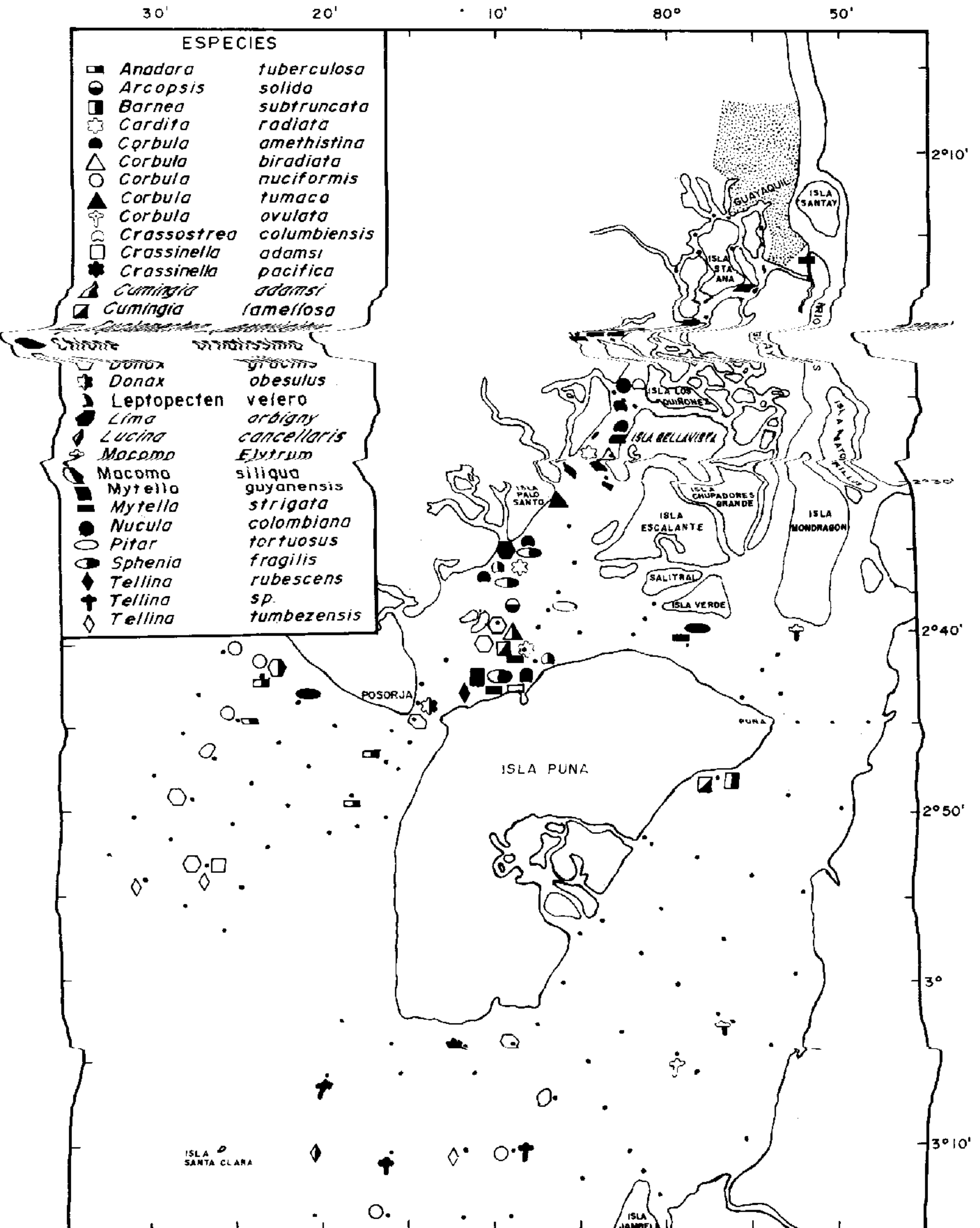


Figura 16 Distribución areal de los bivalvos vivos en el Estero Salado y los Canales de Cascajal, Jambelí, El Morro y al oeste de la Isla Puna en el Golfo de Guayaquil.

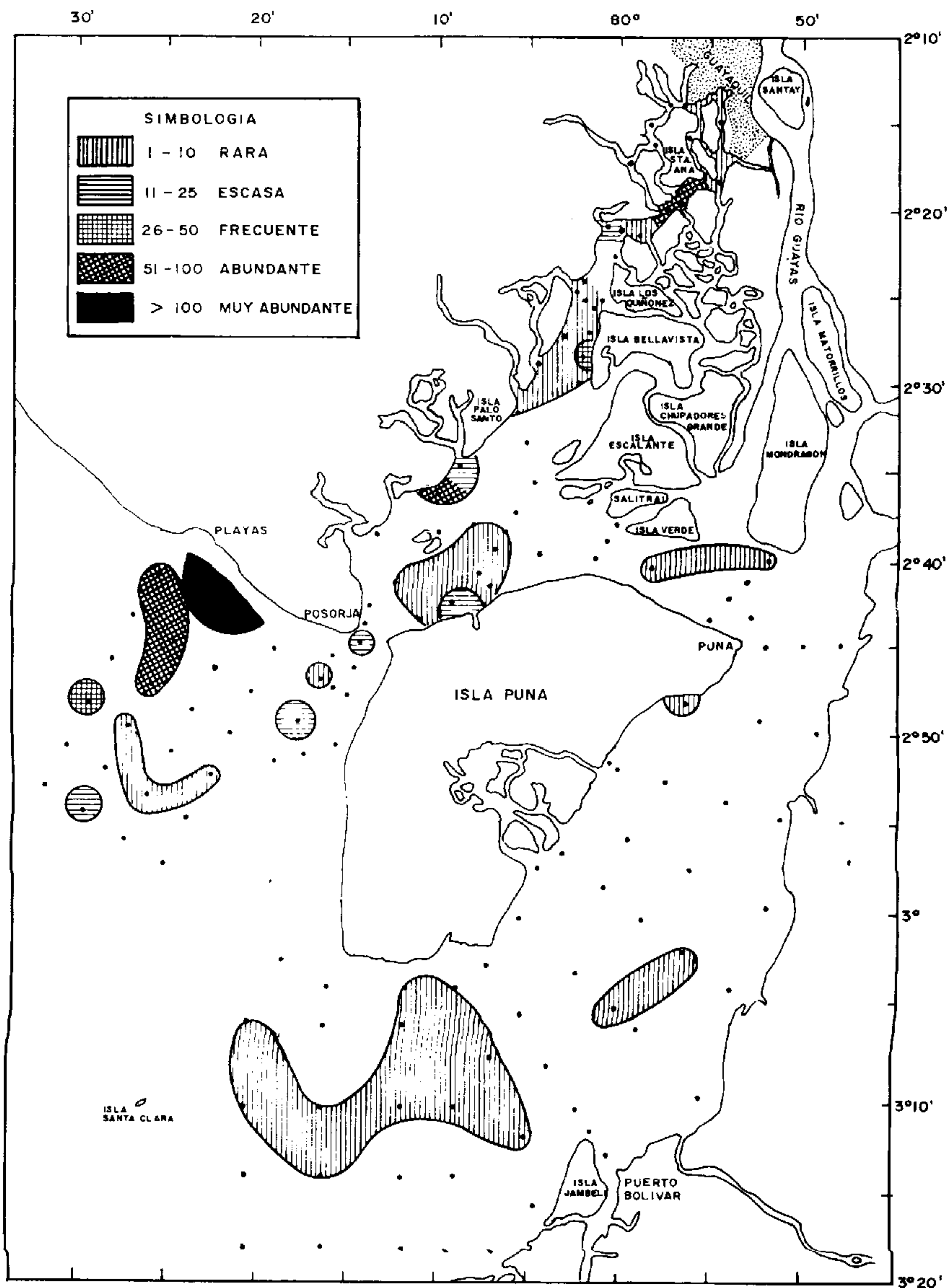


Figura 18 Abundancia relativa de la malacofauna bentónica (bivalvos y gasterópodos) en la zona infralitoral del Golfo de Guayaquil.

ESPECIES	ESTACIONES								TOTAL
	40	34	32	29	28	27	26	23	
<i>Mytella strigata</i>		300	5	10	75	6	19		415
<i>Nassarius collarius</i>					1	2			3
<i>Nucula colombiana</i>								2	2
<i>Crassostrea columbiensis</i>								1	1
<i>Thais kiosquiformis</i>	1								1
	1	300	5	10	76	8	19	3	422

TABLA II. Malacofauna infralitoral del Estero Salado superior en el Golfo de Guayaquil.

ESPECIES	ESTACIONES															TOTAL
	2	4	19	18	20	17	21	5	6	14	7	8	9	10		
<i>Leptopecten velero</i>									55						55	
<i>Corbula amethystina</i>	5	10		6				3	4						28	
<i>Mytella strigata</i>				20								5			25	
<i>Sphenia fragilis</i>								8	5			3			16	
<i>Donax gracilis</i>														9	9	
<i>Arcopsis solida</i>										8					8	
<i>Cardita radiata</i>				2				6							8	
<i>Tellina rubescens</i>					1	1							3		5	
<i>Cyclopecten exquisitus</i>												4			4	
<i>Corbula biradiata</i>				4											4	
<i>Donax obesulus</i>														3	3	
<i>Nassarius collarius</i>								3							3	
<i>Natica chemnitzii</i>			1			2									3	
<i>Thais kiosquiformis</i>														3	3	
<i>Corbula tumaca</i>							2								2	
<i>Dendronotus cf. nanus</i>											1	1			2	
<i>Erato panamensis</i>								2							2	
<i>Mytella guyanensis</i>												2			2	
<i>Cheilea copacea</i>												1			1	
<i>Crucibulum spinosum</i>								1							1	
<i>Calyptrea mcleani</i>								1							1	
<i>Lima orbigny</i>								1							1	
	5	10	1	32	1	3	2	25	64	8	1	16	3		186	

TABLA III. Malacofauna infralitoral del Estero Salado inferior en el Golfo de Guayaquil.

ESPECIES	ESTACIONES						TOTAL
	88	68	70	87	85	64	
<i>Mytella strigata</i>		5			7		12
<i>Leptopecten velero</i>				6			6
<i>Cumingia lamellosa</i>		2					2
<i>Chione ornatissima</i>					1		1
<i>Cumingia adamsi</i>		1					1
<i>Corbula amethystina</i>				1			1
<i>Cardita radiata</i>				1			1
<i>Donax gracilis</i>	1						1
<i>Macoma elytrum</i>						1	1
<i>Natica grayi</i>		1					1
<i>Pitar tortuosus</i>			1				1
	1	9	1	8	8	1	28

TABLA IV. Malacofauna infralitoral del Canal de Cascajal en el Golfo de Guayaquil.

ESPECIES	ESTACIONES			TOTAL
	82	78	46	
<i>Macoma elytrum</i>		2		2
<i>Barnea subtruncata</i>	1			1
<i>Cumingia lamellosa</i>	1			1
<i>Corbula ovulata</i>			1	1
<i>Calyptrea</i>			1	1
	2	2	2	6

TABLA V. Malacofauna infralitoral del Canal de Jambelí en el Golfo de Guayaquil.

ESPECIES	ESTACIONES											TOTAL
	89	90	95	96	97	98	99	103	104	108	109	
<i>Tellina sp</i>			1						10	2		13
<i>Cancellaria exopleur</i>		2					4					6
<i>Nassarius collarius</i>					1	5						6
<i>Crassinella pacifica</i>					3							3
<i>Corbula nuciformis</i>	1		1					1				3
<i>Donax gracilis</i>				1								1
<i>Lucina cancellaris</i>											1	1
<i>Tellina tumbezensis</i>							1					1
	1	2	2	1	4	5	5	1	10	2	1	34

TABLA VI. Malacofauna infralitoral del sur del Canal de Jambelí en el Golfo de Guayaquil.

ESPECIES	ESTACIONES												TOTAL
	116	118	119	120	122	125	131	133	134	136	138	142	
<i>Corbula nuciformis</i>			1	48	50		70					1	170
<i>Bifurcium bicanaliferum</i>		115	28										143
<i>Olivella volutella</i>		132			7								139
<i>Cancellaria exopleura</i>			51	3									54
<i>Conus perplexus</i>		1	26			10	2		9				48
<i>Cruciculum spinosum</i>								28					28
<i>Calyptraea lichen</i>							23						23
<i>Anadara tuberculosa</i>	1		1		9	9							20
<i>Crepidula striolata</i>		1					1			1		14	17
<i>Macoma siliqua</i>			7										7
<i>Donax gracilis</i>									1		1		2
<i>Tellina tumbezensis</i>											1	1	2
<i>Chione ornaticissima</i>		1											1
<i>Crassinella adamsi</i>											1		1
<i>Calyptraea mamillaris</i>			1										1
<i>Calliostoma mcleani</i>						1							1
<i>Cancellaria urceolata</i>				1									1
<i>Nassarius collaris</i>						1							1
<i>Phos fusoides</i>			1										1
<i>Polinices ravidus</i>					1								1
<i>Thais biserialis</i>	1												1
	2	250	116	52	67	21	96	28	10	1	3	16	662

TABLA VII.- Malacofauna infralitoral del sur-oeste del Canal Del Morro en el Golfo de Guayaquil.

AGRADECIMIENTO

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento a los Directivos del INOCAR, por el apoyo brindado a la realización de esta investigación.

De igual forma mi reconocimiento al Gobierno de la República Federal de Alemania (RFA) y a la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), que auspiciaron mi beca para realizar un entrenamiento post-doctoral en el Instituto Alfred Wegener de la RFA, en donde pude

procesar los datos bajo la dirección del Dr. Profesor Wolf Arntz, quien me brindó todas las facilidades para culminar este trabajo.

A mi esposa la Dra. María Luzuriaga de Cruz y a mis compañeros del INOCAR, por sus críticas constructivas y al Sr. Víctor Mesías por los dibujos y diagramación del texto.

BIBLIOGRAFIA

- Bonilla D., 1967.-** Estudio de la Familia MYTILIDAE en aguas Ecuatorianas. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil, pp. 1 - 50
- Coan E.V., 1973.-** The Northwest American SEMELIDAE. Veliger. Vol. 15, No. 4, pp. 314 - 329
-**1973.-** The Northwest American DONACIDAE. Veliger. Vol. 16, No. 2, pp. 130-139
- Cruz M., 1977.-** Bivalvos de la Plataforma Continental de la Región Norte de Ecuador. Publ. INOCAR CM. BIO. 15. Vol. 1, No. 1, pp. 1 - 55, Lam. 5, Figs. 56
- Cruz M. y M. Luzuriaga de Cruz, 1977.-** Estudio y Distribución de la Familia CRASSATELLIDAE en la Plataforma Continental de Manabí. Trabajo presentado en el IV Simposio Latin. Oceanogr. Biol. Guayaquil-Ecuador.
- Cruz M. y M. de Gonzalez, E. Gualancañay y F. Villamar, 1980.-** Lista de la Fauna Sublitoral Bentónica del Estero Salado Inferior, Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR - Ecuador. Vol. 1 (1), pp. 82-96.
- Cruz, M. 1983.-** Bivalvos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 2, No. 2, pp. 735-819
- Cruz, M., 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. INOCAR Vol. 3, No. 1, pp. 133 - 148
- Cruz R., 1974.-** Morphodynamics and sedimentation of the Rio Guayas Delta, Ecuador. PhD. Dissertation. Louisiana State University. pp. 1 - 103
- Emerson W.K. and E. Puffer., 1957.-** Recent Mollusks of the 1940 E. W. Scripps" Cruise to the Gulf of California. Amer. Mus. Novitates. No. 1825, pp. 1 - 57, Fig. 1
- Grau G., 1959.-** PECTINIDAE of the Eastern Pacific. Univ. S. Calif. Publ. Allan Hanc. Pacif. Exped. Vol. 23, pp. 308, Lám. 8, Pls. 57
- Gualancañay E. y M. Cruz., 1983.-** Relación Ecológica de *Crassinella varians* (Bivalvo) y *Cibicides bertheloti f. boueana* (Foraminífero) en el Golfo de Guayaquil. Acta Oceanogr. Pacif. INOCAR - ECUADOR. Vol. 2, No. 1, pp. 161- 168
- Hertlein L. and Strong., 1955 a.-** Marine Mollusks Collected During the "ASKOY" Expedition to Panama, Colombia and Ecuador in 1941. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. Vol. 107, art. 2, pp. 159 - 318. pls. 1 -3
-**1956b.-** Marine Mollusks Collected at the Galapagos Island During the Voyage of the Velero III, 1931 - 1932. Essay in the Natural Sciences in Honor of Cap. Allan Hancock. Univ. Southern. Calif. pp. 111 - 141, pl. 1
- Hoffstetter T., 1952.-** Moluscos Subfósiles de los estanques de sal de Salinas (Pen. de Santa Elena, Ecuador) Comparación con la fauna actual del Ecuador. Bol. Inst. Cienc. Nat. Ecuador. Vol. 1, No. 1, pp. 5 - 79, Figs. 19.
- Jácome de Solorzano y L. Llanos 1987.-** Estudio Geoquímico de los Sedimentos en el Canal de Jambelí. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 4, No. 1, pp. 191-203
- Keen A.M. 1963.-** Marine Molluscan Genera of Western North America: An Illustrated Key. Stanf. Univ. Press. pp. 126, Unnumbered fig.s 882
-**1966.-** West American Mollusks types in the British Museum (Natural History), II Species Described by R. B. Hinds. Veliger Vol. 8, No. 4 pp. 265-275
-**1966.-** West American Mollusks Types of the British Museum (Natural History), III Alcide D'Orbigny's South American Collection. Veliger. Bol. 9, No. 1, pp. 1 - 7
-**1971.-** Sea Shells of Tropical West America. Stanf. Univ. Calif. 2da. Edit. pp. 1064

- Mora, E. 1990.-** Catálogo de Bivalvos Marinos del Ecuador. Bol. Cient. y Tec. INP. Vo. X, No. 1, pp. 1-136
- Mora S.E. y B. 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. Vol. 1, No. 1, pp. 49 - 59
- Olsson A., 1961.-** Mollusks of the Tropical Eastern Pacific. Particularly from the Southern half of the Panamic Pacific. Faunal Province (Panama to Perú). Panamic Pacific. Pelecypoda Paleont. Res. Inst. Ithaca. pp. 574, pls. 86
- Olsson A., 1964.-** Neogene Mollusks from North Western Ecuador. Paleont. Res. Inst. Ithaca. pp. 256, pls. 38
- Rada, F., 1986.** Morfología y Sedimentación del Sistema Estuarino Estero Salado - Río Guayas. Acta Ocean. Pacif. INOCAR Vol. 3, No. 1, pp., 185 - 194
- Rost. H., 1955.-** A report on the Family ARCIDAE. Allan, Hanc. Pacif. Exped. Vol. 20, No. 2, pp. 177 - 249, pls. 11 - 16, Text. fig.s 79-95
- Soledispa, B. 1987.-** Estudio de las características Sedimentológicas del área comprendida entre Ancon y el Canal del Morro (Golfo de Guayaquil). Acta Ocean. Pacif. INOCAR. Vol. 4, No. 1, pp. 171-189
- Strong A.M., and L.G. Hertlein, 1939.-** Marine Mollusks from Panama Collected by the Allan Hanc. Found. Publ. Univ. South Calif. Vol. 2, No. 12, pp. 177 - 245, pls. 18-23
- Vokes H., 1980.-** Genera of the Bivalvia: A Systematic and Bibliographic Catalogue (Revised and Updated). Paleont. Res. Inst. Ithaca, N. Y. USA., pp. 1-162
- Yonge C.M., 1949.-** On the Structure and Adaptation of the TELLINACEA, Deposit -feeding Eulamellibranchia. Phil. Trans. B. No. 648 Bol. 237, pp. 335 - 374
- 1967.- Form, Habit and Evolution in the CHAMIDAE (Bivalvia) with Referencia to Conditions in the Rudist (Huppuritacea) Phil. Trans. B. No. 775, Vol. 252, pp. 49 - 105

MOLUSCOS INCRUSTANTES DE MADERAS EN EL MAR ECUATORIANO

Por:

MANUEL CRUZ (1)

RESUMEN

Del análisis de 12 tipos de diferentes maderas expuestas al medio marino, durante 3, 8 y 12 meses, entre Julio de 1984 y Junio de 1985; en cinco puertos de la costa Ecuatoriana, se encontró 8217 paletas, que pertenecen a 14 especies de moluscos bivalvos perforadores; de las cuales 13 pertenecen a la familia TEREDINIDAE y una a PHOLADIDAE.

Las especies más abundantes fueron: *Teredo furcifer* con el 33%; *Bankia gouldi* con el 32% y *Bankia orcutti* con el 29,9%. Entre las 14 especies encontradas en los cinco puertos estudiados, *Bankia destructa* fue la única especie que se presentó en todos los puertos o estaciones.

En la costa Ecuatoriana, después de tres meses de exposición de las maderas al medio marino, la especie más dominante fue *Bankia orcutti*, con el 48,4% y el puerto más afectado fue Posorja. Después de ocho meses, *Teredo furcifer*, fue la especie más dominante en los puertos de Manta y Salinas. A los 12 meses *Bankia gouldi* fue la especie más dominante en el puerto de Esmeraldas. Las maderas duras como el Mangle y el Guayacán fueron las más infestadas, mientras que la menor infestación se observó en el Laurel, Moral y Palo de Vaca.

El más alto porcentaje de hembras con larvas, se encontró en el puerto de Manta, con un 45,5% y se observó una preferencia por las maderas menos infestadas, "livianas o suaves" como el Laurel, aunque también se las encontró en menor cantidad en las maderas "duras" y pesadas como el Guayacán y Tillo.

ABSTRACT

From an analysis of twelve species of wood panels exposed to the marine environment during 3, 8 and 12 months, between July/84 and June/85; in 5 ports of the Ecuadorian Coast, 8217 pallets were founded, that belong to 14 species of boring pelecypods which 13 were of TEREDINIDAE family and one was of PHOLADIDAE family.

The 3 most abundant species were: *Teredo furcifer* with 33%; *Bankia gouldi* with 32% and *Bankia orcutti* with 29.9%. Among the 14 species recorded at the 5 ports, *Bankia destructa* was the only one that infested all the ports or stations.

After 3 months the study showed that *B. orcutti* was the most dominant with 48.4% and their highest abundance was recorded at Posorja port.

After 8 months, *T. furcifer* was found the most dominant with 70.4%. Its highest abundance was observed both at Manta and Salinas ports.

After 12 months *B. gouldi* was the most dominant with 43% and their highest abundance was recorded at Esmeraldas port.

Heavy woods like Mangle and Guayacan were the most infested, while woods like Laurel, Moral and Palo de Vaca, were less infested.

The highest percentage of females with larvae was observed at Manta port with 45.5%, in general they preferred the less infested light woods, but they were found in the Guayacan and Tillo that are among the heavy and more infested woods.

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

INTRODUCCION

El estudio de los moluscos perforadores de maderas comenzó en el Ecuador en 1984 a cargo del Instituto Oceanográfico de la Armada, habiéndose puesto 12 tipos de diferentes maderas en los puertos de Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja, Base Naval y Puerto Bolívar. De los primeros resultados Cruz (1986) en base a las radiografías tomadas a los paneles de maderas, da a conocer las maderas más "resistentes" y las más "atacadas" o degradadas por los organismos marinos; midió la penetración mensual en cada tipo de madera y observó que las maderas menos degradadas son el Laurel, Morale y Palo de Vaca; mientras que una de las más infestadas es el Mangle, Cruz et. al; (1987) al estudiar las especies de bivalvos perforadores que degradan al Mangle, encontró 12 especies, de las cuales 11 eran primeros registros para la costa ecuatoriana. Cruz et. al; (1989) de la comparación de las especies que infestaban a las maderas más "resistentes" y a la más "infestada" como el Mangle encontró que existen 13 especies de bivalvos perforadores y que el Mangle estaba "atacado" por 11 especies; el Laurel y Palo de Vaca por 10 especies y el Morale por 8 especies; además se conoció que *Teredo furcifer* y *Bankia gouldi* eran las más abundantes.

Con el presente trabajo se complementa la primera fase de este proyecto, que incluye el estudio de los 12 tipos de maderas recolectadas a los 3, 8 y 12 meses en los puertos de la costa ecuatoriana. Con el presente trabajo se conocerá que son 14 especies las que se han observado en la costa ecuatoriana; cuales son las especies responsables de la degradación de los muelles y embarcaciones de maderas en cada puerto ecuatoriano; que los bioensayos con una especie serían aplicables solo para un lugar y no para toda la costa; las maderas "preferidas" por los bivalvos hembras y los puertos con su ecosistema más "apropiado" para la reproducción de estos moluscos y por último creemos que al orientar la utilización de las maderas menos infestadas y "denunciar" que el Mangle no es recomendable utilizarlo en el medio marino, estaremos protegiendo el recurso manglar y orientando la utilización de otros recursos más "útiles" para el pueblo ecuatoriano.

AREA DE ESTUDIO

Comprende la costa ecuatoriana con sus principales puertos como "estaciones", ellos son: Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja, Base Naval (Golfo de Guayaquil) y Puerto Bolívar (Fig. 1); comprendidos entre 1° de Lat. Norte y 3,5° Lat. Sur.

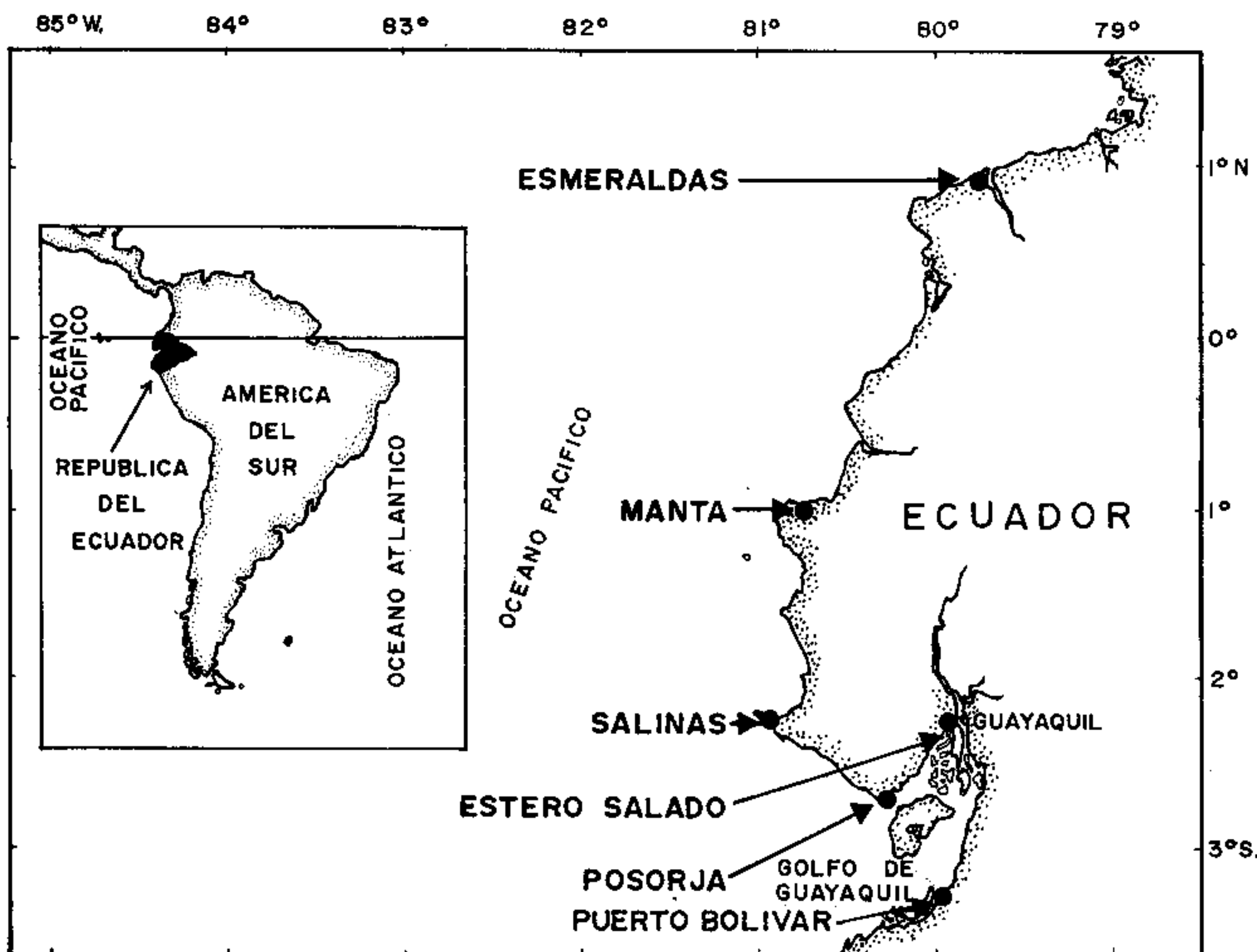


Figura 1 Posición de las estaciones

El área estudiada se caracteriza por tener diferentes ecosistemas marinos bien definidos en la "época seca" o no lluviosa (Mayo-Diciembre). Se observa en la región norte, que incluye el Puerto de Esmeraldas, el predominio de aguas tropicales provenientes de la Bahía de Panamá.

Los puertos de Manta y Salinas, están influenciados por el "frente ecuatorial" que se origina de la mezcla de las aguas tropicales del norte con las aguas frías del sur a las que se las conoce como "aguas superficiales ecuatoriales" que por acción de la rotación de la tierra, se dirigen hacia las islas Galápagos. Esta zona de "transición" o "Barrera ecológica" para algunas especies marinas, tiene su fluctuación y/o desplazamiento de acuerdo a la época del año, que depende principalmente de la intensidad de los vientos alisios del sur.

El puerto de Posorja y Puerto Bolívar, están influenciados por la corriente fría del sur y el aporte del río Guayas, con un ambiente marino-estuarino.

La Base Naval, localizada en el interior del Golfo de Guayaquil, posee un ambiente típicamente estuarino.

En la época lluviosa (Enero-Abril) el área estudiada es más "homogénea" debido al desplazamiento de aguas cálidas del norte hacia el sur del Ecuador, cambiando los ambiente marinos.

Por estas razones, el área de estudio es más interesante, compleja y se necesita de que las investigaciones tengan por lo menos un año de observaciones con la finalidad de conocer sus cambios y el comportamiento de las especies.

MATERIALES Y METODOS

En cada puerto se depositaron 3 sets de 12 tipos de diferentes maderas, que estarían expuestas en el medio marino y se recolectaron uno por uno a los 3, 8 y 12 meses de exposición al "ataque" de los organismos marinos. Una vez recolectados, se analizó su porcentaje de degradación y se remarcaron para evitar confusión; luego se preservaron en formol neutralizado al 10%. En el laboratorio se les tomó radiografías en las que se midió la penetración mensual de los organismos en cada tipo de madera. Posteriormente se separaron los organismos de las maderas; se midieron y en base a las paletas las que fueron dibujadas con una cámara clara o lúcida, se identificaron a nivel de especie siguiendo principalmente las recomendaciones de Turner (1966 y 1971). Estos resultados parciales han sido publicados por Cruz et. al; (1987 y 1989).

RESULTADOS

PUERTO DE ESMERALDAS.- En este puerto se han encontrado once especies de moluscos perforadores, que están dañando los muelles y las embarcaciones de maderas, que están expuestas al medio marino. De estas especies, *Bankia gouldi* se presentó durante todo el año, como la más abundante y la responsable de la degradación de las estructuras de maderas en el mar; en segundo lugar de abundancia relativa, le correspondió a *Bankia orcutti*, pero con una infestación relativamente pobre (Fig. 2)

Las maderas menos infestadas por los Bivalvos perforadores fueron: El Laurel, Moral y Palo de vaca en su orden. El Mangle resultó ser la madera más infestada en los tres primeros meses, siendo prácticamente inservible en este corto tiempo, de igual forma, otras maderas como el Guayacán, Machares, Tillo etc. no son recomendables para su utilización en el medio marino (Fig. 3)

En este puerto se encontró el menor porcentaje de Bivalvos hembras con larvas (Fig. 12)

OBSERVACIONES: El Mangle después de los 3 primeros meses, es una de las maderas más infestadas por los moluscos perforadoras, siendo casi inservible, por lo que se recomienda NO utilizarlo en las estructuras como muelles, embarcaciones etc., que estarán expuestas al medio marino y al "ataque" de estos organismos.

El Laurel resultó ser la madera menos infestada, por lo que sería conveniente utilizarla en las estructuras expuestas al medio marino.

Para disminuir o controlar la infestación o la acción destructiva de los moluscos perforadores a las estructuras de maderas expuestas al medio marino en el puerto de Esmeraldas, se deberían hacer estudios específicos con *Bankia gouldi* y sus resultados serían aplicables solo para este puerto y no para otro ecosistema marino diferente en la costa Ecuatoriana.

PUERTO DE MANTA.- En este puerto se han encontrado once especies de Bivalvos perforadores, en maderas expuestas al medio marino, de las cuales *Teredo furcifera* se presentó como la más abundante después de los 3, 8 y 12 meses de exposición, siendo esta especie la responsable de la degradación de las maderas en este puerto; le siguen en su orden: *B. gouldi*, *B. carinata* y *L. pedicellatus* (Fig. 4)

Entre las maderas menos infestadas están: El Laurel, Moral y Palo de Vaca; mientras que las maderas más degradadas en los tres primeros meses fueron: Machares, Figueroa y Mangle (Fig. 5)

En este puerto se detectó el más alto porcentaje de Bivalvos hembras con larvas, constituyéndose este lugar como el más "apropiado" para la reproducción de los bivalvos perforadores, principalmente para *Teredo furcifer* (Fig. 12).

OBSERVACIONES.- *Teredo furcifer*, se presentó en este puerto de Manta, como una de las especies más abundantes y con el mayor porcentaje de infestación en la costa Ecuatoriana. Su mayor abundancia se detectó entre Noviembre a Febrero, es decir en la época de invierno o lluviosa, siendo probablemente su "mejor ambiente para desarrollarse".

Para controlar en el puerto de Manta la infestación de las estructuras de maderas expuestas al medio marino, se debería realizar un estudio específico con *Teredo furcifer*, principalmente en la época lluviosa. Sus resultados serán aplicados solamente para los puertos de Manta y Salinas (Fig. 15 y 16)

Es conveniente utilizar la madera Laurel y no el Mangle en las estructuras que estarán expuestas al medio marino en este ecosistema.

PUERTO DE SALINAS.- Del análisis de los "colectores" de 4 y 8 meses de exposición, se encontraron 11 especies de bivalvos perforadores que están infestando las estructuras de maderas expuestas al medio marino en Salinas. Al igual que en Manta, la especie que está degradando las maderas en el medio marino es *Teredo furcifer*, que se presentó como la más abundante después de los 4 y 8 meses de exposición al medio marino; en segundo lugar estuvo *Bankia destructa* (Fig. 6)

En este puerto se observó que las maderas: Laurel, Moral y Palo de Vaca fueron las menos infestadas, mientras que el Mangle en los cuatro primeros meses fue muy infestado y la mayoría de las demás maderas se degradaron totalmente (Fig. 7)

En Salinas también se encontraron Bivalvos perforadores con larvas en un 36,4% (Fig. 12)

OBSERVACIONES.- En este puerto, los "colectores" de 12 meses de exposición en el mar, se "perdieron", razón por la que no hay información sobre los moluscos perforadores de un año.

El bivalvo perforador, *Teredo furcifer* es la especie que se ha presentado como la más abundante en dos puertos: Manta y Salinas, convirtiéndose en el organismo que más daño (infestación), esta ocasionando a los muelles y embarcaciones de maderas en la costa Ecuatoriana; por lo que se recomienda estudiar el desarrollo larvario, mecanismo de penetración a las maderas y realizar bioensayos con esta especie.

Se considera que las maderas menos infestas como el Laurel, Moral y Palo de Vaca, son las más recomendadas para utilizarlas en estructuras que estarán expuestas en el medio ambiente marino de Salinas.

PUERTO DE POSORJA.- En este puerto se encontraron ocho especies de bivalvos perforadores de maderas; la especie *Bankia orcutti*, se presentó con una abundancia relativa de mas del 80% (Fig. 8), seguida de *B. gouldi* con el 12 % y *B. destructa* con el 5%.

Se observó que las maderas menos infestadas en los tres meses de exposición al mar, fueron: Palo de Vaca, Moral y Laurel, mientras que la madera más degradada fue el Mangle (Fig. 9)

No se encontró en este puerto a hembras con huevos y es notorio la disminución del número de especies con respecto a los puertos mencionados anteriormente.

Para "controlar" la infestación de las maderas por los moluscos perforadores, en el Puerto de Posorja se debería realizar bioensayos en el laboratorio con la especie *B. orcutti*.

OBSERVACIONES.- El puerto de Posorja, por su posición geográfica, esta influencia por la corriente fría del Perú y por la influencia del río Guayas a través del canal de Cascajal (norte de la isla Puná), creándose un ecosistema marino diferente al resto de la costa Ecuatoriana y como consecuencia la abundancia, dominancia y diversidad de especies, tipifican este ecosistema.

BASE NAVAL.- Esta estación se localiza en el estero "Del Muerto" del Golfo de Guayaquil y solo se obtuvo un colector que por el tiempo de 12 meses estuvo expuesto al medio marino.

La única especie encontrada fue *Bankia destructa* (Fig. 10)

Las maderas menos infestadas fueron: Moral, Palo de Vaca y Guayacán; mientras que las más degradadas fueron: El Pino, Machares y Mangle (Fig. 11)

En este ambiente estuarino, no se observaron moluscos hembras con larvas.

Para "controlar" la infestación a las maderas por los bivalvos perforadores en el Golfo de Guayaquil interior, se deberían realizar bioensayos con *B. destructa*

OBSERVACIONES.- Al encontrar una sola especie en el ambiente estuarino, nos está indicando que la baja salinidad es un "limitante" para las otras especies de moluscos perforadores, lo que debería comprobarse en futuras investigaciones y de ser así, poder utilizarlos como indicadores de ecosistemas en la costa Ecuatoriana.

PUERTO BOLIVAR.- En este puerto se "perdieron" los "colectores" (paneles de maderas) que se pusieron por tres ocasiones, razón por la cual, no hay información para este lugar.

CONCLUSIONES.- En la costa Ecuatoriana existen 14 especies de moluscos bivalvos que están infestando las estructuras de maderas expuestas al medio marino (Tablas I y II).

La especie más abundante fue *Teredo furcifer* y la más frecuente *Bankia destructa*. (Tabla III)

Teredo furcifer es la especie responsable de la infestación a las estructuras de maderas en el mar, en dos puertos: Manta y Salinas; los que por su posición geográfica, están influenciados por aguas del "frente ecuatorial" (aguas tropicales provenientes del Norte del país y por el Sur, las aguas frías de la corriente del Perú) (Figs. 14 y 15).

Bankia gouldi es la especie que está degradando las maderas en el mar, en el puerto de Esmeraldas, donde predominan aguas tropicales (Figs. 14 y 15).

Bankia orcutti tipificando un ecosistema estuarino (Golfo de Guayaquil, exterior), en el puerto de Posorja, es la responsable de la degradación de las maderas que están expuestas al mar (Figs. 14 y 15).

Bankia destructa es la especie dominante en el estero "Del Muerto" en el Golfo de Guayaquil interior y la responsable de la degradación de las maderas en este ambiente.

Esta especie estuvo presente en todos los puertos de la costa Ecuatoriana, notándose su preferencia y aumentando su abundancia hacia el Sur del país, es decir, hacia el Golfo de Guayaquil (Figs. 14 y 15).

En la costa Ecuatoriana, después de los tres primeros meses de exposición de los paneles de maderas al ambiente marino, *B. orcutti* fue la especie más dominante; después de los ocho meses fue *Teredo furcifer* y después de los doce meses fue *B. gouldi* (Fig. 16).

En el puerto de Manta, se observó el más alto porcentaje de Bivalvos hembras con larvas (Fig. 12)

En las maderas menos infestadas como el Laurel ("suave y liviana"), Moral y Palo de Vaca ("semi-duras"), se encontró el más alto porcentaje de hembras con larvas, aunque también se observaron a hembras con larvas en una madera muy infestada, "dura" y "pesada" como el Guayacán (Fig. 13).

Se considera que entre las maderas estudiadas, el Laurel, Moral y Palo de Vaca que son las menos infestadas por los moluscos perforadores, deberían utilizarse en estructuras que serán expuestas al medio marino.

Se recomienda NO utilizar el MANGLE en estructuras que serán expuestas al medio marino, ya que en los tres primeros meses, es fuertemente "atacado" por los moluscos perforadores en todos los puertos ecuatorianos y es prácticamente INSERVIBLE.

RECOMENDACIONES.- Para "controlar" la infestación o daño que están ocasionando los moluscos perforadores en la costa Ecuatoriana, se debería realizar el desarrollo larvario de *Teredo furcifer*, por ser la especie más abundante en dos puertos principales: Manta y Salinas. Conociendo su comportamiento larval, se desarrollarían bioensayos en el laboratorio para "controlar" la infestación a las maderas más "resistentes".

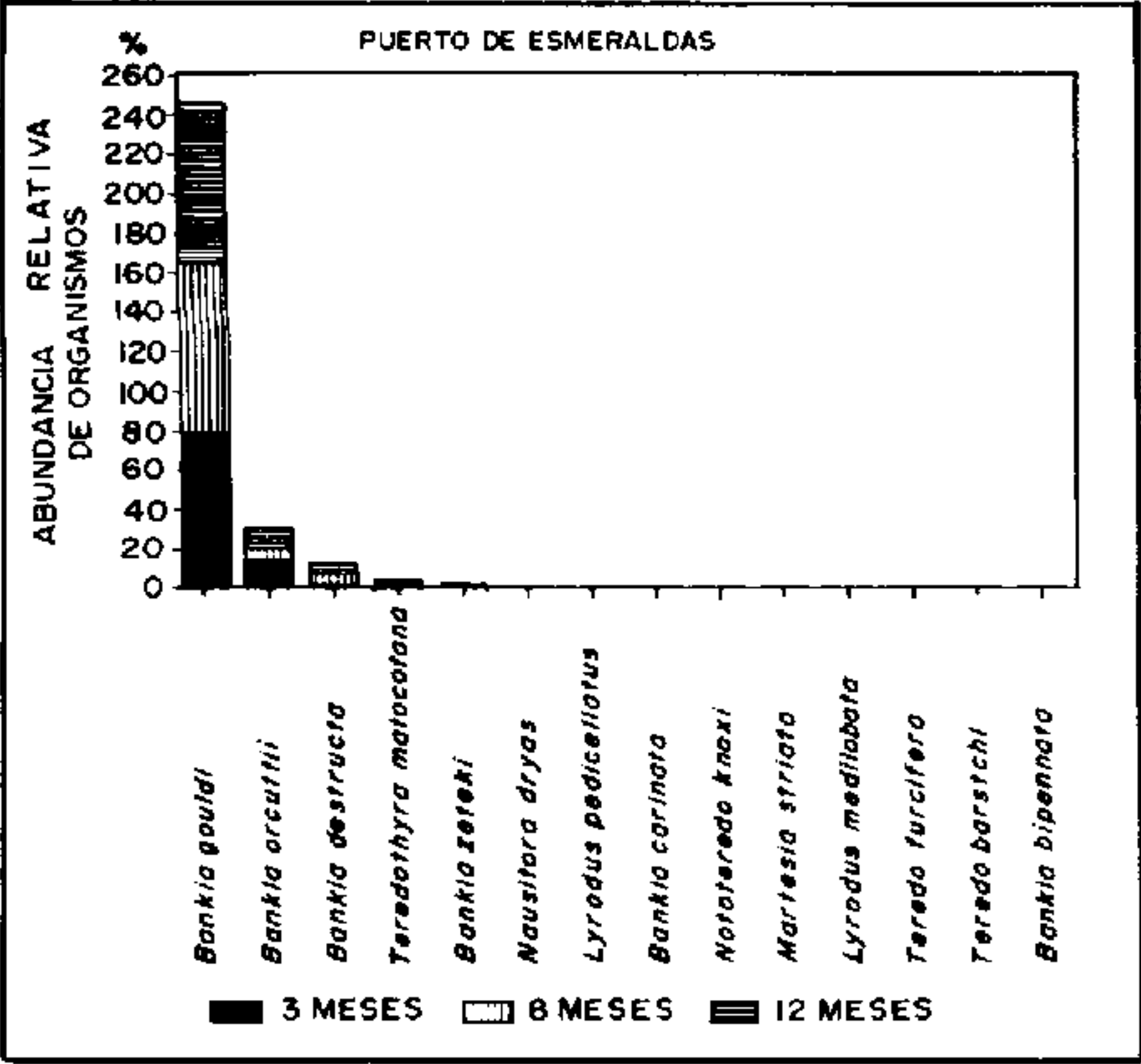


Figura 2 Moluscos perforadores de maderas, después de 3, 8 y 12 meses de exposición al medio marino , entre Julio/84-Junio/85.

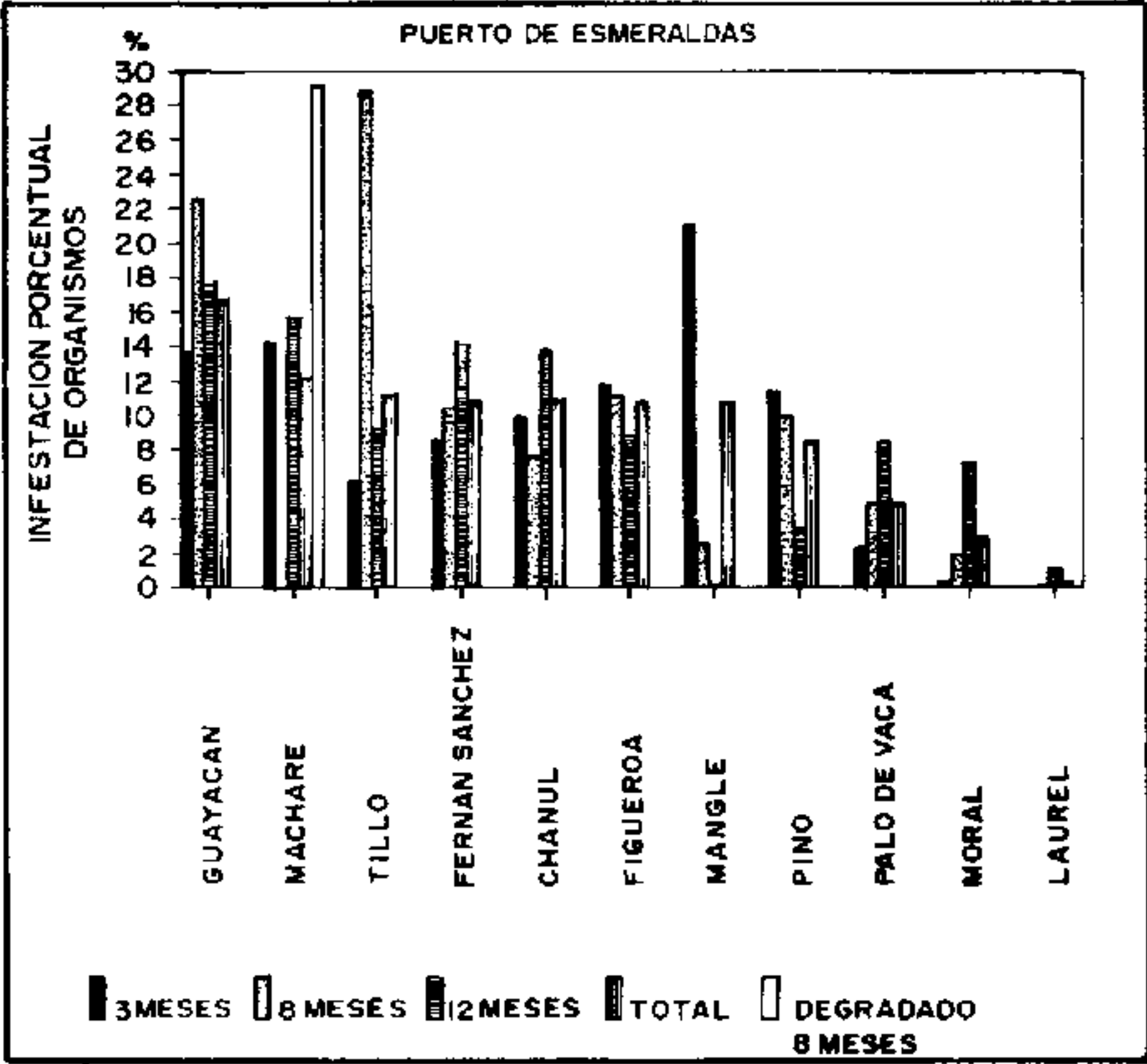


Figura 3 Infestación porcentual de las maderas expuestas a 3, 8 y 12 meses en el Puerto de Esmeraldas. Julio/ 84 - Junio/85.

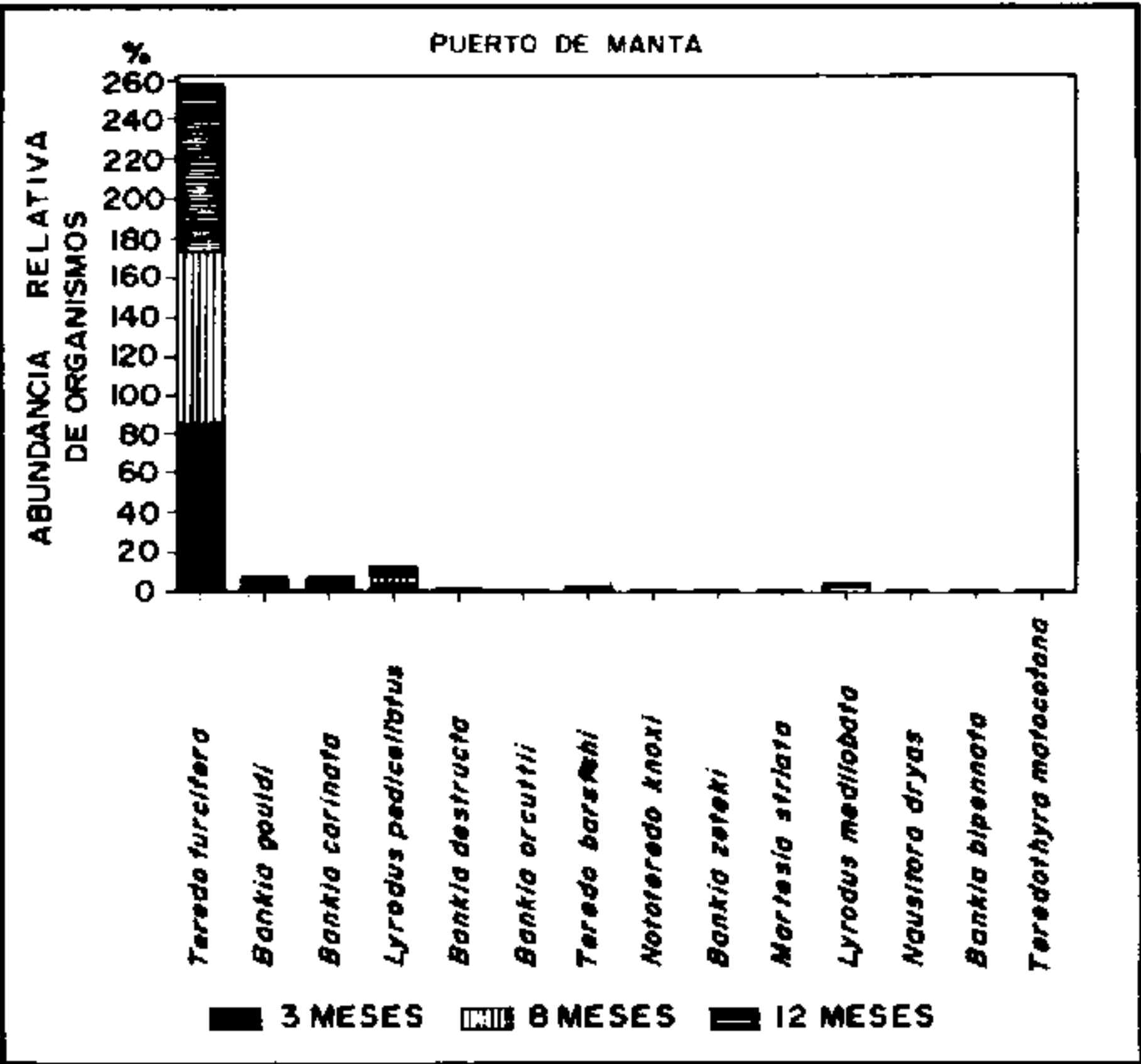


Figura 4 Abundancia relativa de las especies de bivalvos perforadores de maderas después de 3, 8 y 12 meses de exposición al medio marino; entre Julio/ 84-Junio/85.

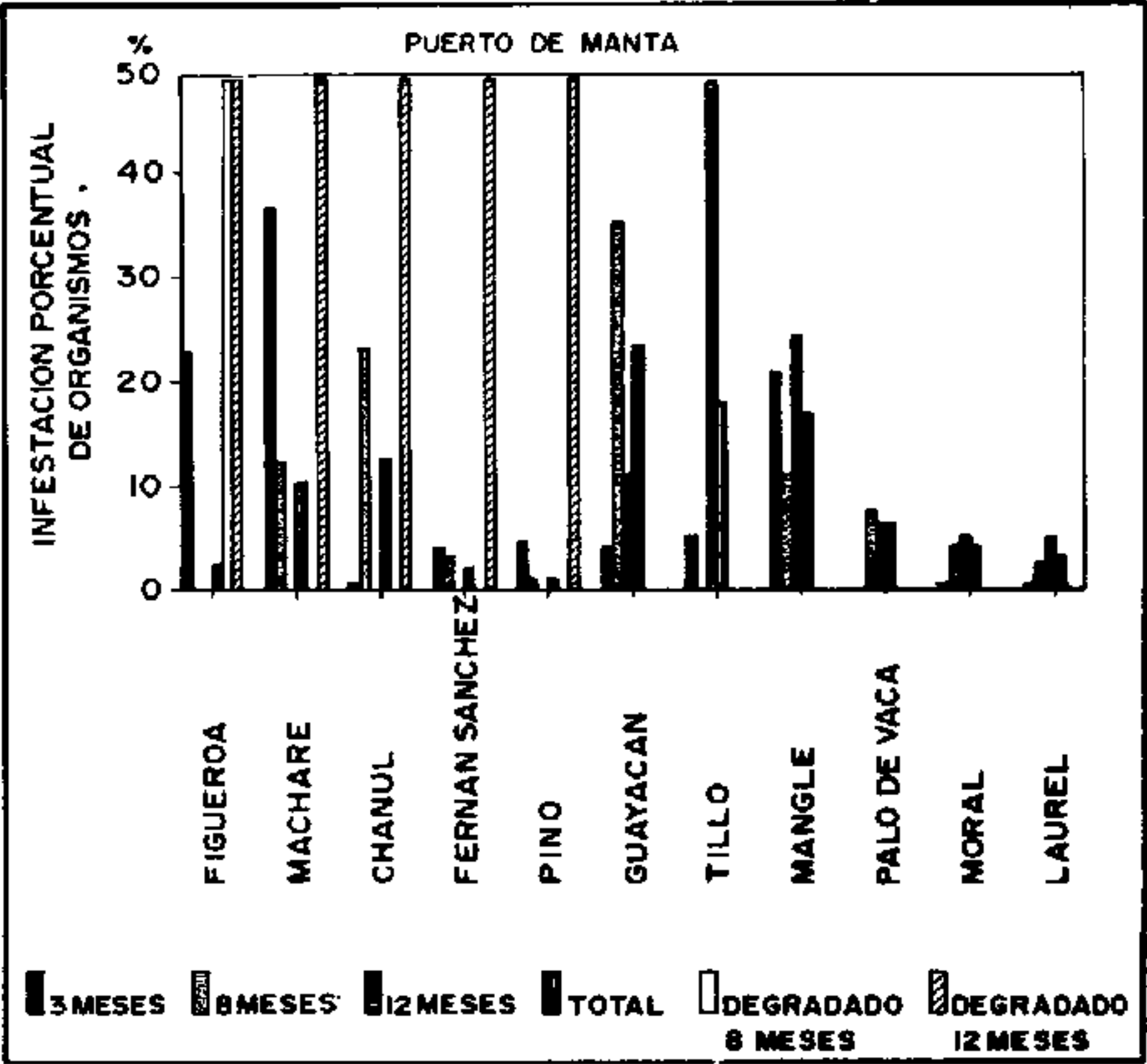


Figura 5 Infestación porcentual de las maderas expuestas a 3, 8 y 12 meses en el Puerto de Manta. Julio/84 - Junio/85.

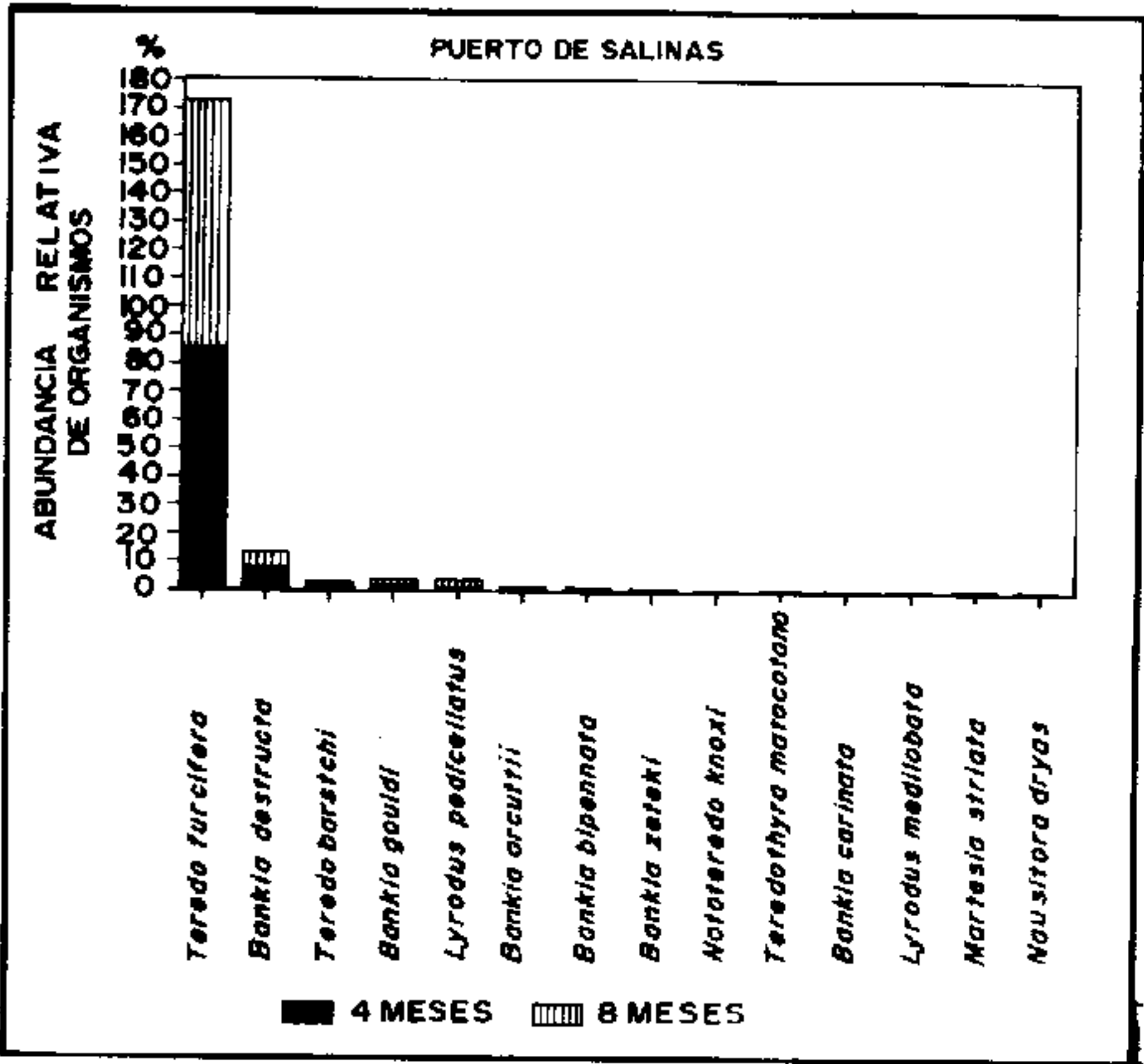


Figura 6 Abundancia relativa de los bivalvos perforadores de maderas en el Puerto de Salinas. Durante Julio/84 - Marz.1/85.

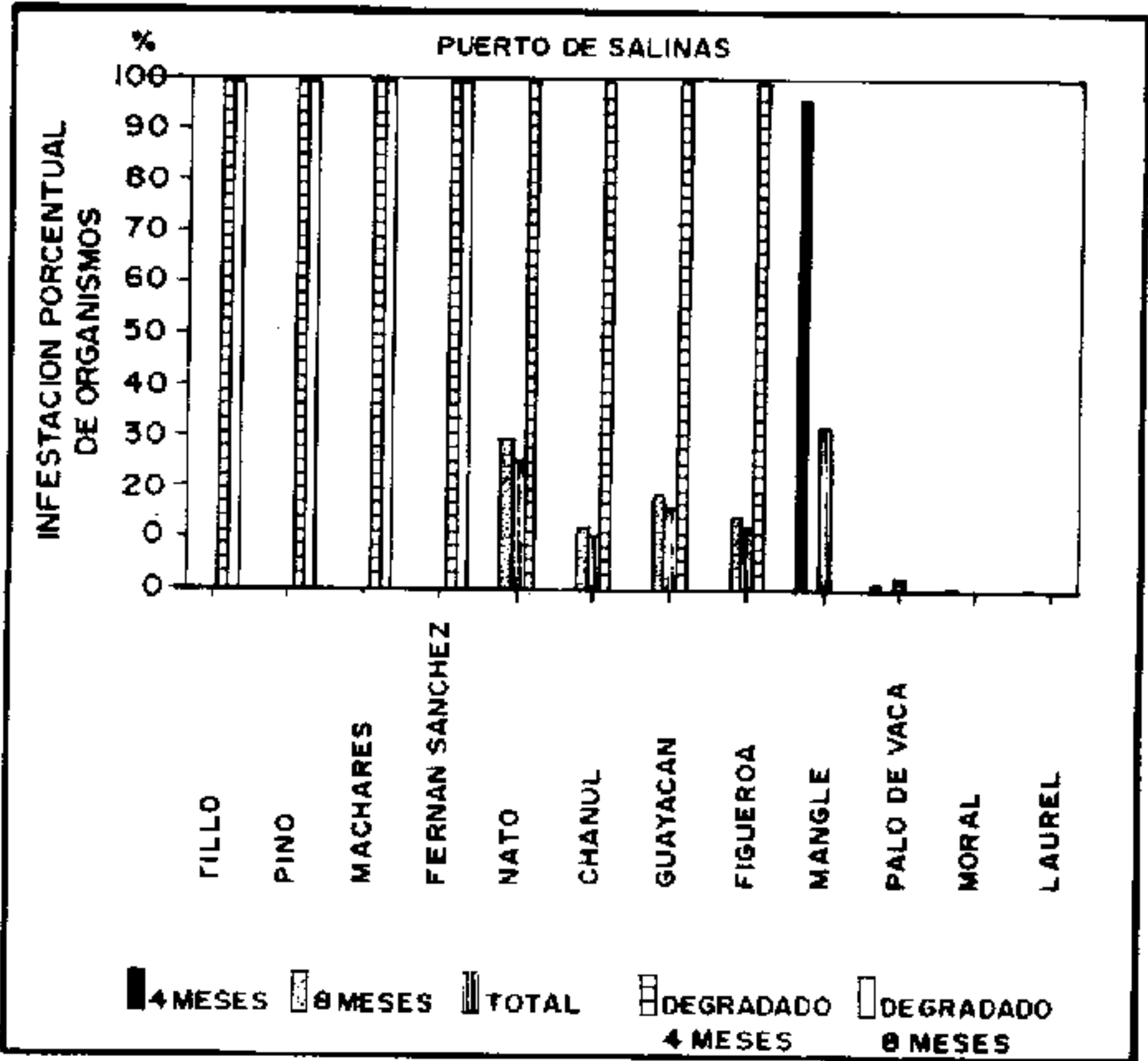


Figura 7 Infestación porcentual y degradación de las maderas a los 4 y 8 meses en Puerto de Salinas. Julio/84 - Marz.1/85

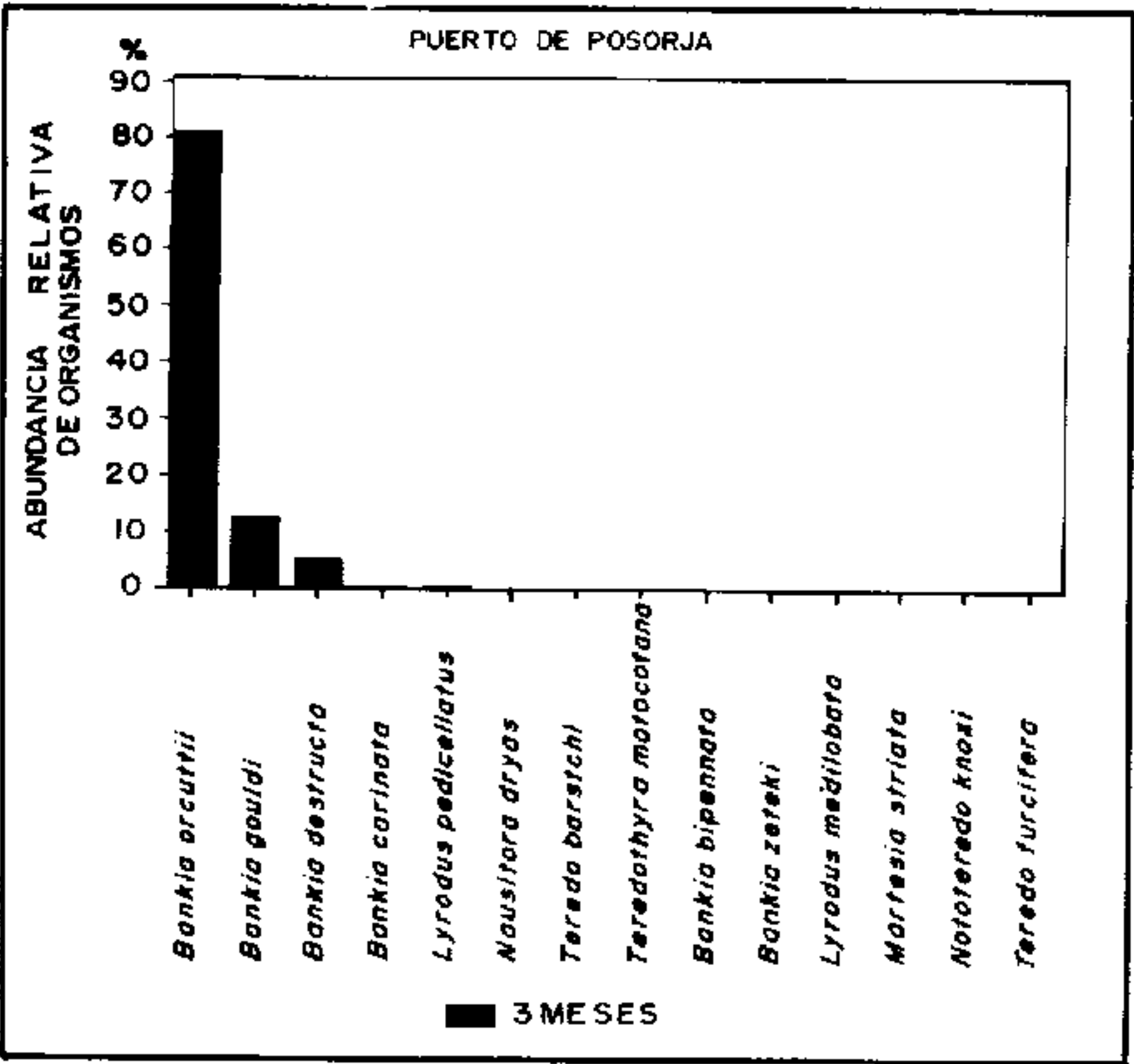


Figura 8 Especie de moluscos bivalvos perforadores de maderas, durante Marz.1/85-Junio/85

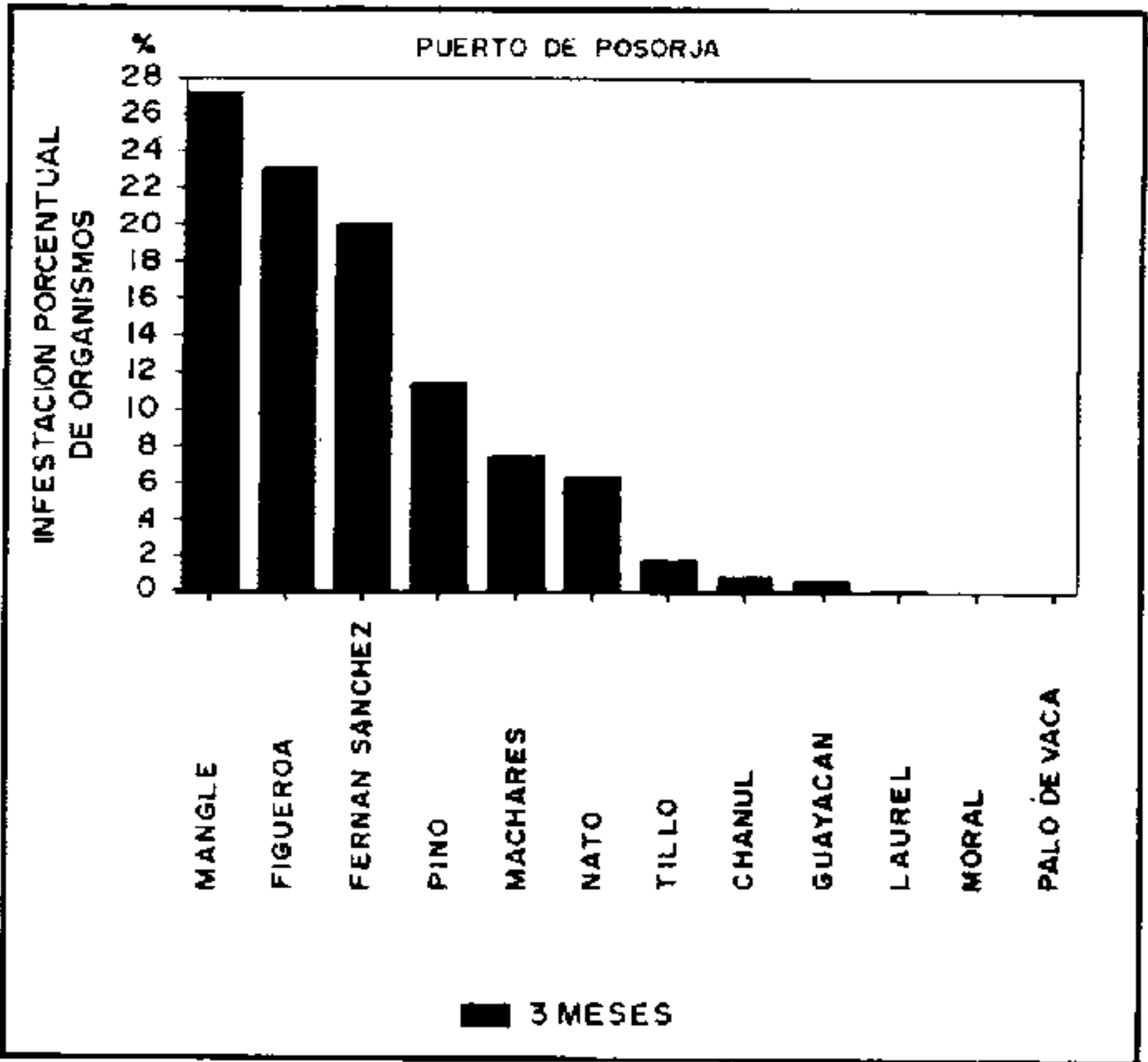


Figura 9 Infestación porcentual de las maderas expuestas al medio marino durante 3 meses. Marz.1/85-Junio/85.

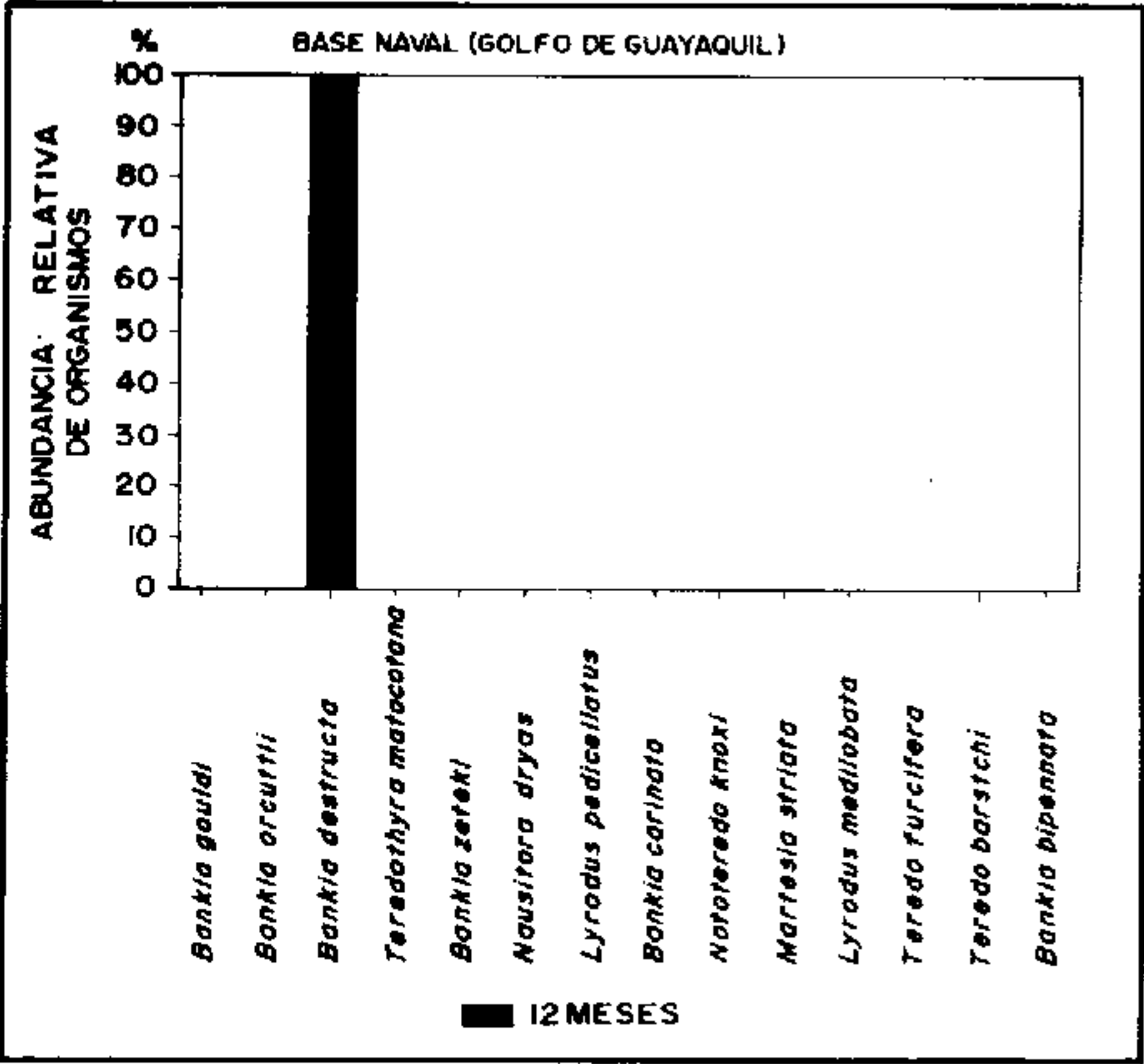


Figura 10 Bivalvo perforador de madera, después de 12 meses de exposición al medio marino. Julio/84-Junio/85.

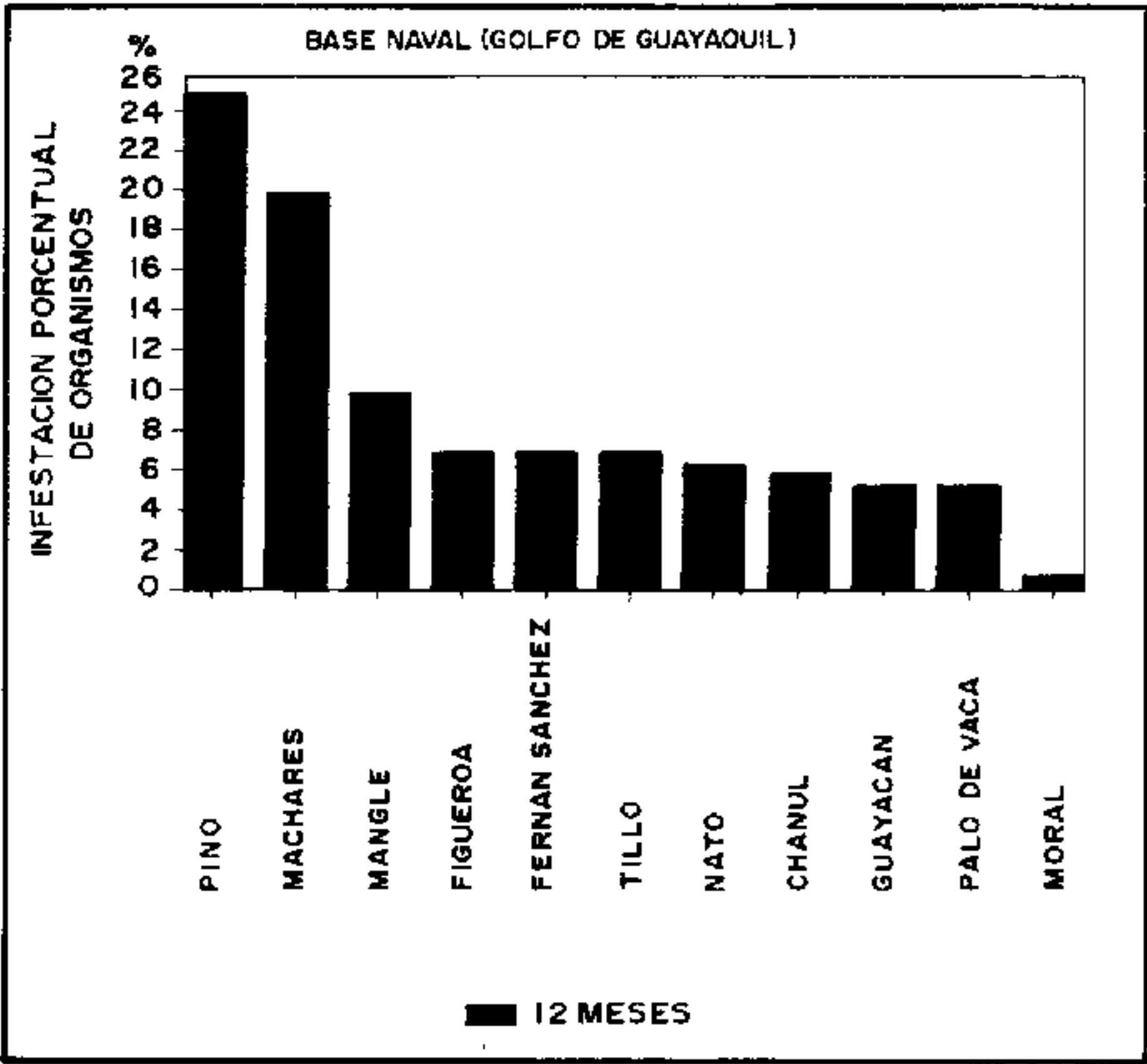


Figura 11 Infestación porcentual de las maderas por los moluscos perforadores en la Base Naval, Golfo de Guayaquil (Esteró "El Muerto"). Julio/84-Junio/85.

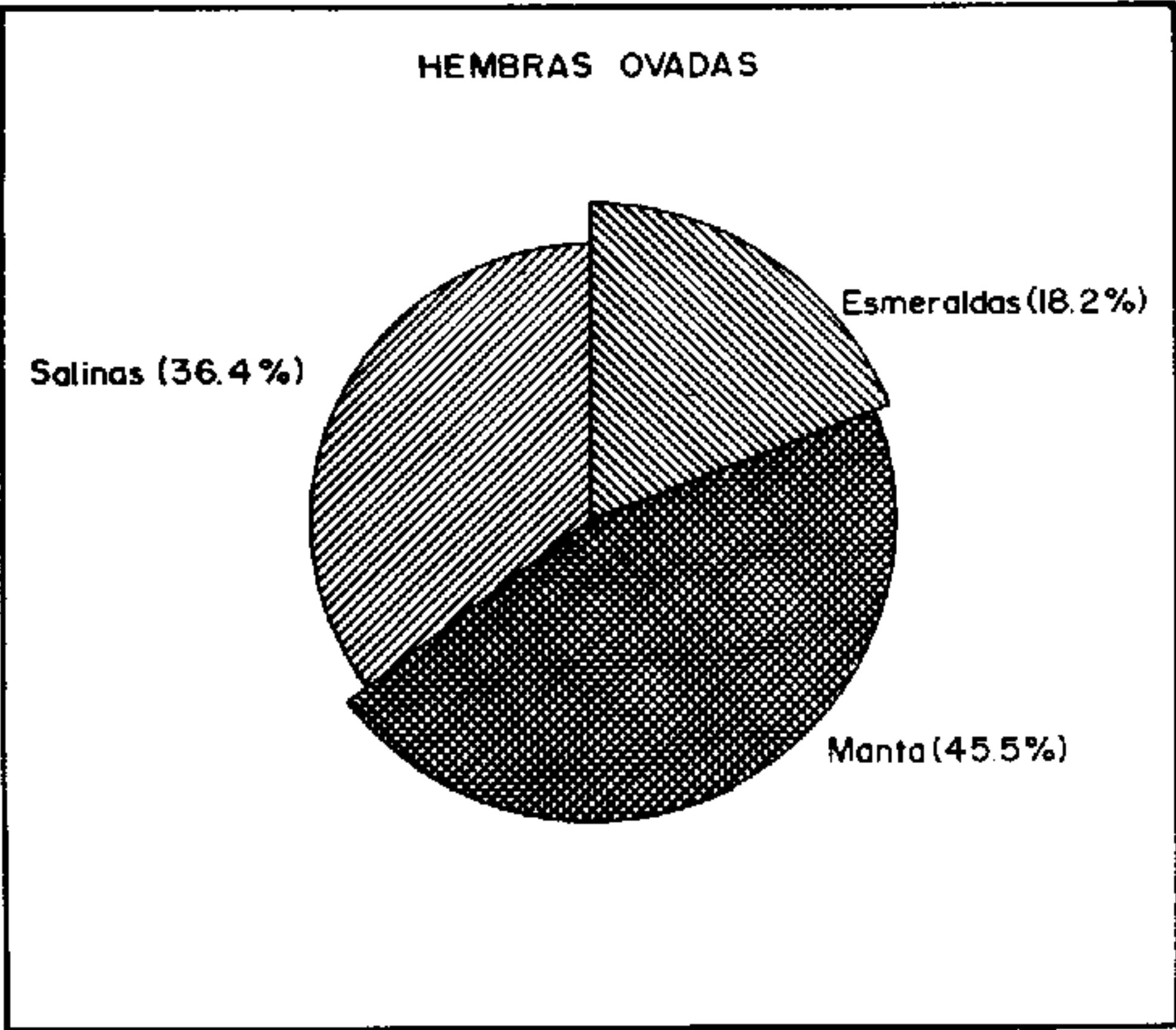


Figura 12 En el Puerto de Manta se observó el más alto porcentaje de bivalvos perforadores hembras, con larvas durante Julio/84-Junio/85.

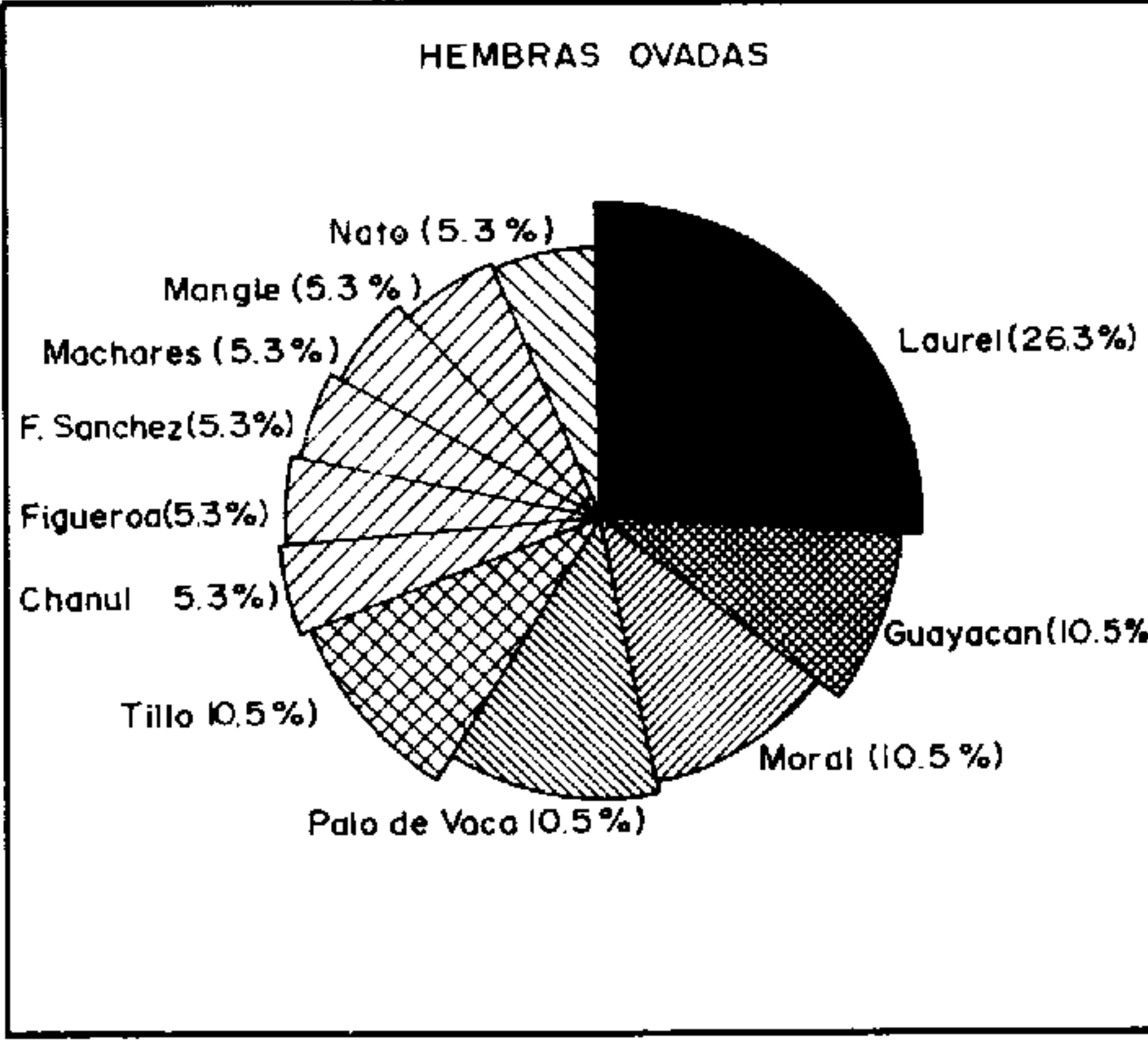


Figura 13 Infestación porcentual de las maderas por los bivalvos hembras con larvas en los Puertos de Esmeraldas, Manta y Salinas en la Costa Ecuatoriana, durante Julio/84-Junio/85.

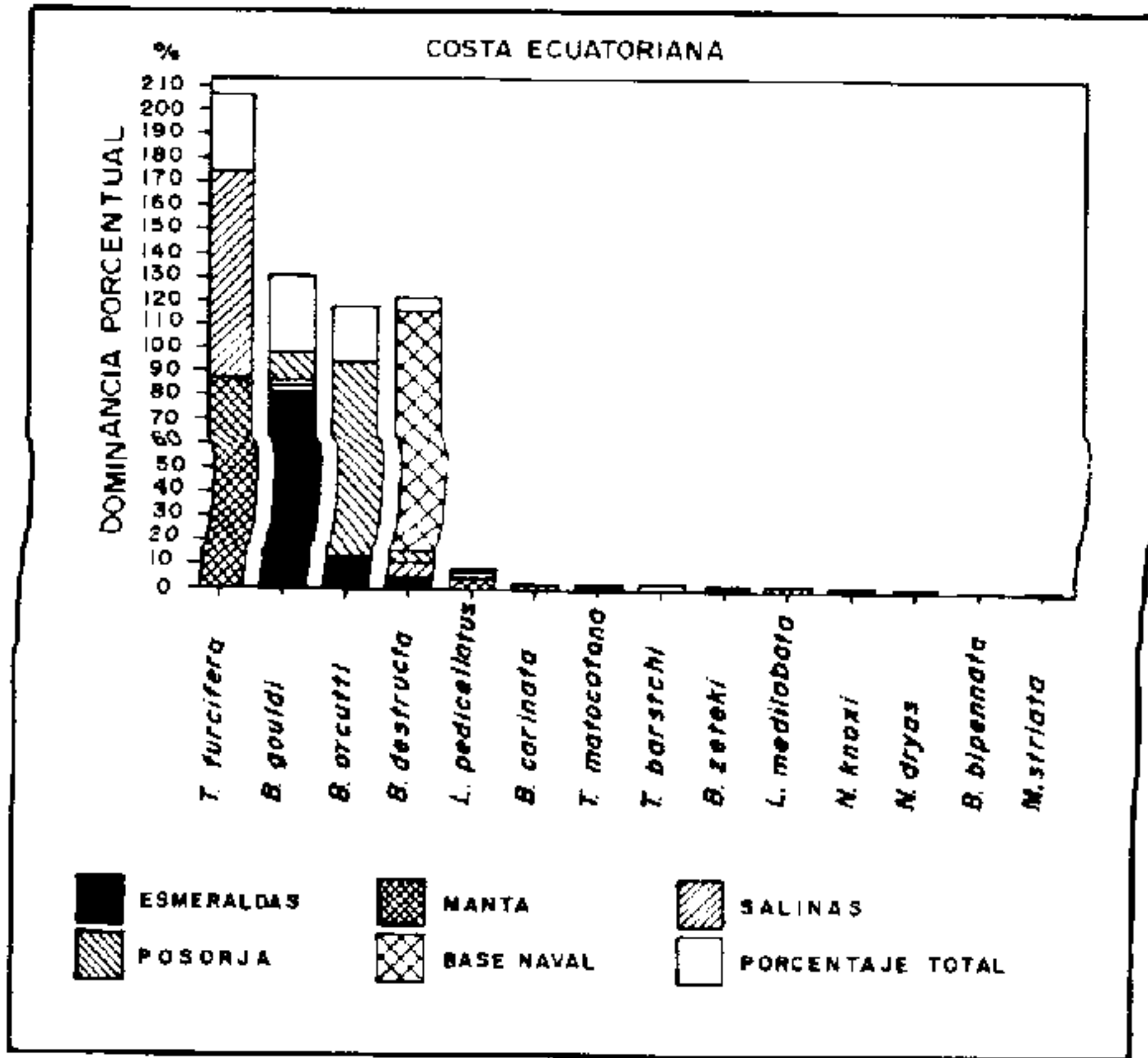


Figura 14 Dominancia de las especies de bivalvos perforadores de maderas en el mar ecuatoriano durante Julio/84 - Junio/85.

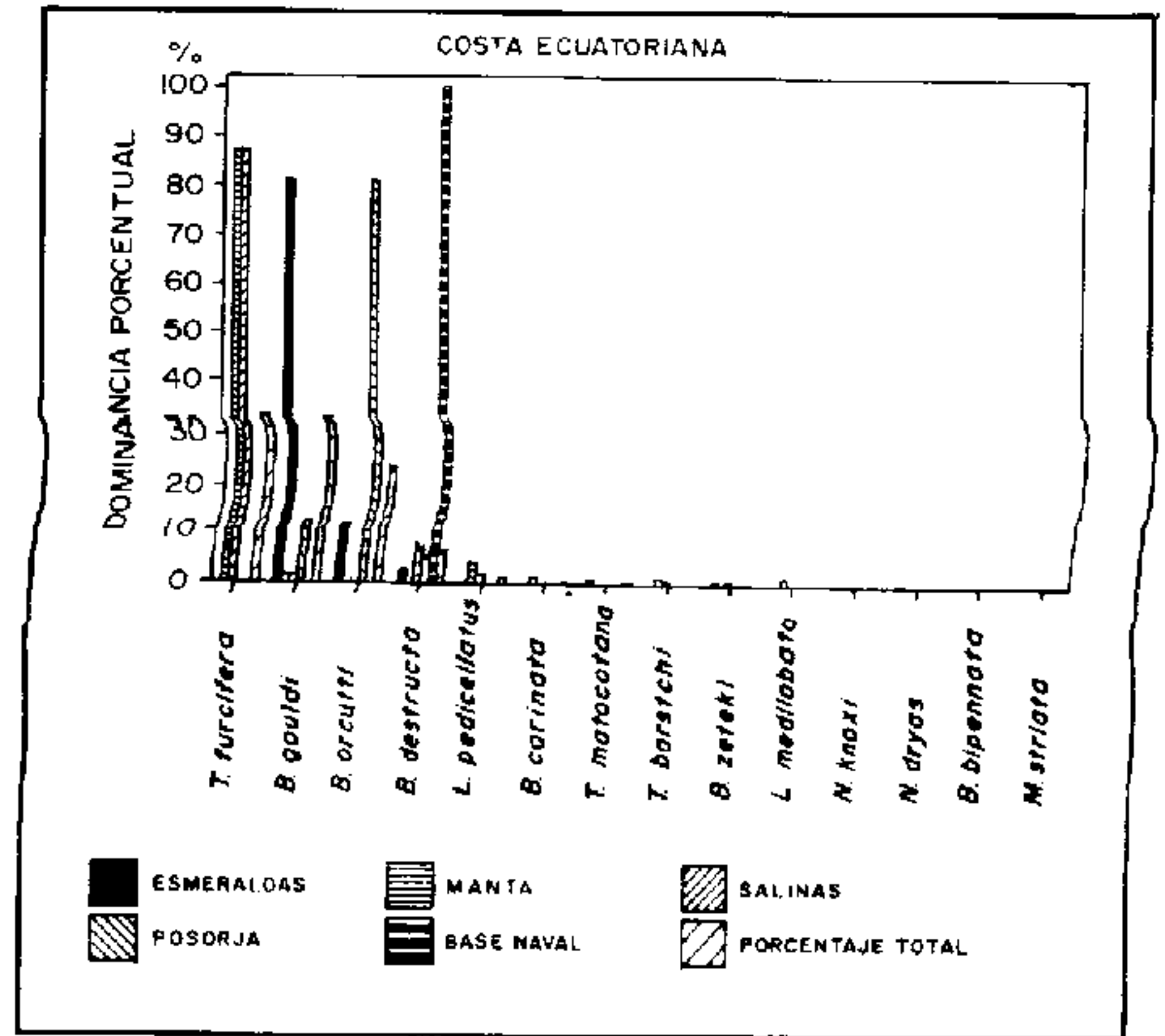


Figura 15 Dominancia porcentual de los bivalvos perforadores de maderas en 5 puertos de la costa ecuatoriana. Durante Julio/84-Junio/85.

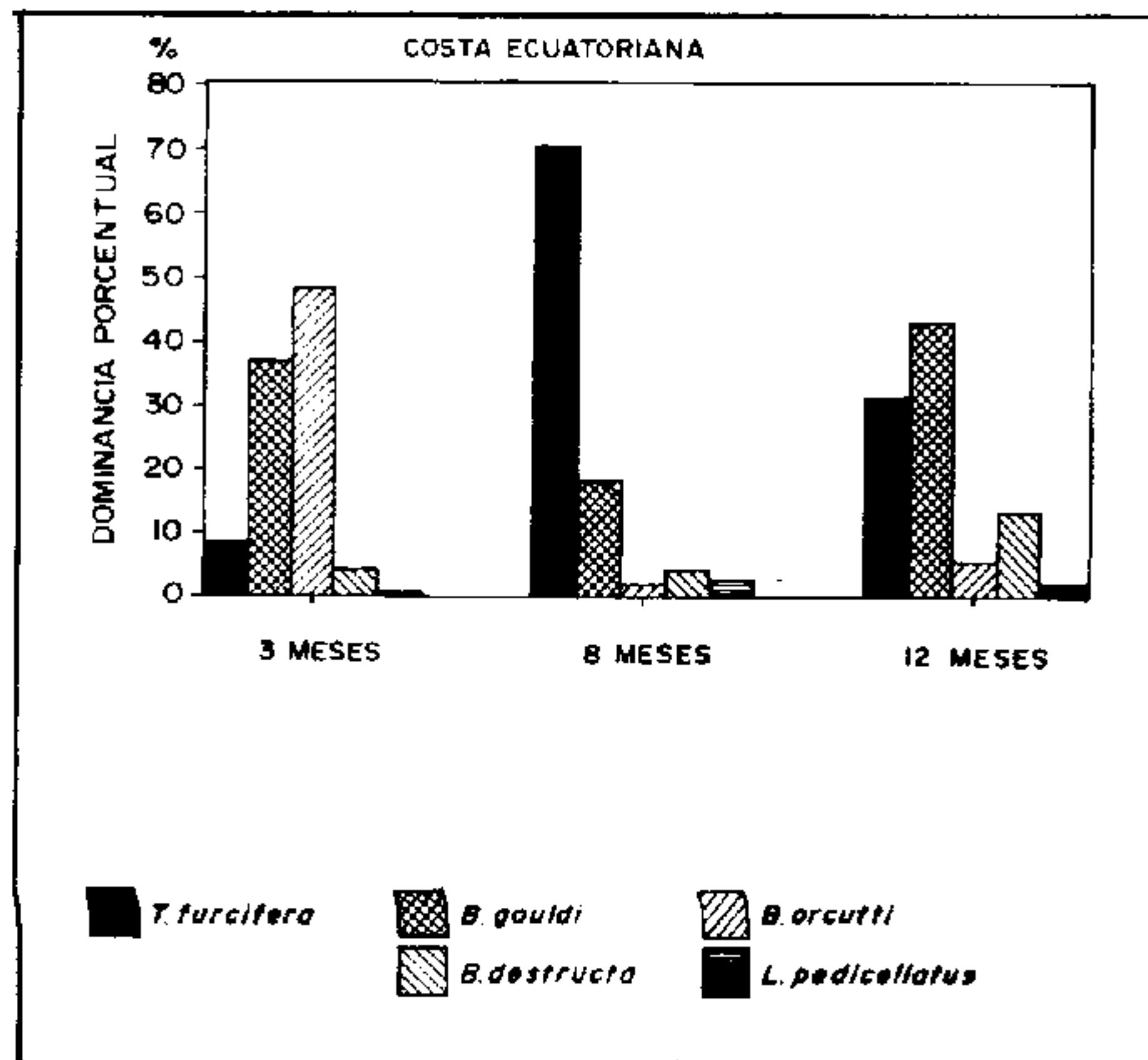


Figura 16 Infestación de los bivalvos perforadores en 12 tipos de maderas, expuestas al medio marino durante 3, 8 y 12 meses. Julio/84- Junio/85.

ESPECIES:	ESMERALDAS			MANTA			SALINAS		POBORJA	BASE NAVAL	TOTAL
DIAS	108	240	360	108	240	360	125	240	110	360	
<i>T. furcifera</i>	0	0	2	166	911	580	153	918	0	0	2730
<i>B. gouldi</i>	1129	0	793	11	20	6	3	19	255	0	2669
<i>B. orcutti</i>	201	38	100	1	2	0	1	8	1620	0	1968
<i>B. destructa</i>	28	30	43	1	8	3	14	63	107	201	498
<i>L. pedicellatus</i>	2	0	0	7	40	38	2	25	7	0	121
<i>T. matocotana</i>	19	5	21	0	0	1	0	1	1	0	48
<i>B. carinata</i>	1	0	0	10	24	8	0	1	7	0	48
<i>T. bartschi</i>	0	0	0	0	17	12	4	5	1	0	39
<i>B. zeteki</i>	9	7	10	0	1	0	0	10	0	0	37
<i>L. medilobata</i>	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	33
<i>N. knoxi</i>	0	1	5	0	6	2	0	3	0	0	17
<i>N. dryas</i>	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	5
<i>B. bipennata</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3
<i>M. striata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	1392	513	974	196	1029	680	178	1055	1999	201	8217

TABLA I Especie de moluscos perforadores de maderas en la costa ecuatoriana.

Nº	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
1	CHANUL	<i>Humiriastrum procerum</i>	HUMIRIACEAE
2	NATO	<i>Mora megistosperma</i>	LEGUMINOSA
3	FERNAN SANCHEZ	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	POLIGONACEAE
4	PALO DE VACA	<i>Alseis eggersii</i>	RUBEACEAE
5	PINO	<i>Pinus caribea</i>	CONIFEREAE
6	GUAYACAN	<i>Tabebuia chrysantha</i>	BIGNONACEAE
7	MANGLE	<i>Ryzophora harrisonii</i>	RYZOPHORACEAE
8	FIGUEROA	<i>Carapa guianensis</i>	MELIACEAE
9	MACHARES	<i>Synphonla globulifera</i>	GUTIFEREAE
10	LAUREL	<i>Cordia alliodora</i>	BORRAGINACEAE
11	MORAL	<i>Chlorophora tintorea</i>	MORACEAE
12	TILLO	<i>Celtis schppil</i>	ULMACEAE

TABLA II Maderas utilizadas para el estudio de los moluscos perforadores.

ABUNDANCIA		FRECUENCIA	
<i>Teredo</i>	<i>furcifera</i>	<i>Bankia</i>	<i>destructa</i>
<i>Bankia</i>	<i>gouldi</i>	<i>Teredo</i>	<i>furcifera</i>
<i>Bankia</i>	<i>orcutti</i>	<i>Bankia</i>	<i>gouldi</i>
<i>Bankia</i>	<i>destructa</i>	<i>Bankia</i>	<i>orcutti</i>
<i>Lyrodus</i>	<i>pedicellatus</i>	<i>Lyrodus</i>	<i>pedicellatus</i>
<i>Teredothyra</i>	<i>matocotana</i>	<i>Teredothyra</i>	<i>matocotana</i>
<i>Bankia</i>	<i>carinata</i>	<i>Bankia</i>	<i>carinata</i>
<i>Teredo</i>	<i>bartschi</i>	<i>Bankia</i>	<i>zeteki</i>
<i>Bankia</i>	<i>zeteki</i>	<i>Lyrodus</i>	<i>medilobata</i>
<i>Lyrodus</i>	<i>medilobata</i>	<i>Nototeredo</i>	<i>knoxii</i>
<i>Nototeredo</i>	<i>knoxii</i>	<i>Teredo</i>	<i>bartschi</i>
<i>Nausitora</i>	<i>dryas</i>	<i>Nausitora</i>	<i>dryas</i>
<i>Bankia</i>	<i>bipennata</i>	<i>Bankia</i>	<i>bipennata</i>
<i>Martesia</i>	<i>striata</i>	<i>Martesia</i>	<i>striata</i>

TABLA III Moluscos bivalvos perforadores de maderas en la costa ecuatoriana.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a los directivos del INOCAR, por el apoyo brindado en la realización de este proyecto. Mi reconocimiento sincero al Profesor Dr. Wolf Arntz, del Alfred Wegener Institute (AWI) de la República Federal de Alemania (RFA), quien me apoyó para que procesara mis datos en el AWI, durante mi beca en la RFA. De igual forma, doy gracias a mis compañeros del INOCAR y a mi esposa la Dra. María Luzuriaga de Cruz, por las sugerencias constructivas a este trabajo y al Sr. Víctor Mesías por el arte final y diagramación realizada.

BIBLIOGRAFIA

- Bartsch, P. 1944.** A new Shipworm From The Panama Canal., Smithsonian Mis. Coll. Vol. 104, No. 8, pp. 1-3
- Barnard, J.L. and D.J. Reish. 1957.** First Discovery of Marine Wood Boring Copepods., Science. Vol. 125, No. 3241, pag. 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. and R.D. Turner. 1976.** The Larval Development of the Wood Boring Piddock *Martesia striata* (L) (Mollusca: Bivalvia: Pholadidae)., J. Exp. Mar. Ecol., Vo.. 22, pp. 55-68
- Bultan, J.D. 1978.** The Naval Research Laboratory and Marine Wood-destroyers., Naval Research, Arlington. Vol. 21, No. 8, pp. 1-9
- 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
- Crisp, D.J. 1972.** 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 harrisonii* (Mangle)., Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 4, No. 1, pp. 121-160.
- Cruz, M., G. Torres y F. Villamar. 1989.** Estudio Comparativo de los Moluscos Bivalvos Perforadores de las Maderas mas Resistentes (Laures, Moral, Palo de Vaca) y la mas "Atacada" (Mangle) en la Costa Ecuatoriana., Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 5, No. 1, pp. 49-55.
- 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
- Eckelbager, K. J. and D.J. Reis. 1972.** A First Report of Self-Fertilization in the Wood - Boring Family TEREDINIDAE (Mollusca: Bivalva) Bull. South Calif. Acad. Sci., Vol. 71, No. 1 pp. 48-50
- Eckelbager, K.J. and D. J. Reis, 1972.** Effects of Varing 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 *Xylophaga* (PHOLADIDAE, Bivalvia) Galathea Report. Vol. 5, pp. 163-208
- Kofoed, C.A. and 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.
- 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 and R. Rosende. 1970.** Sobre el Ataque de *Bankia* (*Bankia*) *martensi* Stempell (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 1 Pholadinae., Johnsonia 3: pp.3-64
- Turner, R.D. (1966).** A Survey and Illustrated Catalogue of the TEREDINIDAE., Cambridge. Mus. of Comp. Zool. Harvard. Univ. Cambridge, Mass. p. 265
- Turner, R.D. (1971).** Identification of Marine Wood-Boring Mollusks. Marine Borer, Fungi and Fouling Organisms of Wood. Chapter 1, pp. 17-64
- Turner, R.D. and A.C. Johnson. 1971.** Biology of Marine Wood-Boring Mollusks. Mar Borers, Fungi and Fouling Organisms of Wood. Chapter 13, pp. 259-301
- Turner, R.D. and J.L. Culliney. 1972.** The Biologist 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 Larvas., Proc. 3rd. Internat. Biodegradation Symposium, pp. 409-416
- Turner, R.D. 1977.** Search for a "Weak Link" Proc. Workshop Biodet. 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 DE LAS CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DE LA ZONA LITORAL COMPRENDIDA ENTRE ANCONCITO Y GENERAL VILLAMIL (PLAYAS), PROVINCIA DEL GUAYAS, ECUADOR.

Por:

BOLÍVAR SOLEDISPA (1)

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de las investigaciones realizadas sobre sedimentos superficiales de fondo, desde el punto de vista textural y de los parámetros estadísticos.

Se estudian 61 muestras del área entre Anconcito y General Villamil (Playas), estableciéndose que los sedimentos arenosos, moderadamente bien seleccionados, asimétricos negativos, son los que predominan en el área, ocupando aproximadamente un 70% de la misma. Al frente de Anconcito se ubican los sedimentos limosos.

Se comparan los resultados obtenidos con trabajos realizados en 1975, y no se observan diferencias significativas en la textura y distribución de los sedimentos.

ABSTRACT

Based upon textural characteristics and statistical parameters, marine sediments were studied from 61 samples coming from the area between Anconcito and General Villamil (Playas). Fine to very fine sand, moderately well sorted, negative asymmetricals are predominant in that area, with a percentage of 70%. Muddy sediments are located in front of Anconcito.

Comparing these analysis with investigations performed on 1975, these are not significant variations related with texture and distribution of the sediments.

INTRODUCCION

En el mundo actual, el avance tecnológico es cada vez más vertiginoso, lo que ha incidido en la utilización de una mayor cantidad de materia prima para las industrias. Por este motivo, la comunidad científica internacional en el campo de la geociencia marina, ha recomendado que los países en vía de desarrollo se incorporen a la investigación del mar, comenzando con el levantamiento de un inventario de los recursos naturales existentes frente a las costas y plataformas continentales, que comprendan los hidrocarburos, minerales pesados, de origen detrítico y los áridos para la construcción.

Dando prioridad a los puntos anteriormente expuestos, y como parte del Proyecto "Estudio de la Composición, Estructura Sedimentaria y Mineralógica del Fondo Marino Ecuatoriano", la División de Geología Marina del Instituto Oceanográfico de la Armada, programó un muestreo de sedimentos superficiales de

fondo, en la zona litoral comprendida entre Anconcito y General Villamil (Playas), y cuyos resultados han servido para la redacción de este artículo.

La finalidad de este estudio es conocer como están distribuidos los sedimentos en el área, su origen y su comportamiento en relación a los agentes de transporte que allí actúan.

Investigaciones de este tipo, es decir, estudio del origen y distribución de los sedimentos, sirven como guía en la planificación de programas cuyo objetivo sea la exploración racional de las zonas costeras y plataformas continentales.

Cabe señalar que al presente artículo, ya que ha sido redactado sólo en base a los datos granulométricos, y parámetros estadísticos, sucederá otro, en el que se incluye, el estudio mineralógico y químico de los sedimentos.

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

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la zona comprendida entre Anconcito y General Villamil (Playas), la misma que se encuentra localizada al suroeste del país (Fig. 1), dentro de las siguientes coordenadas:

2°24'00"S	1°56'00"S
80°56'00"W	80°48'30"W
2°43'30"S	2°39'00"S
80°29'30"W	80°25'00"W

“Estudio de la Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental del Golfo de Guayaquil” (Benitez, 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 Río Guayas Delta, Ecuador” (Cruz-Orozco, 1974); “Estudio de las Características Sedimentológicas del área

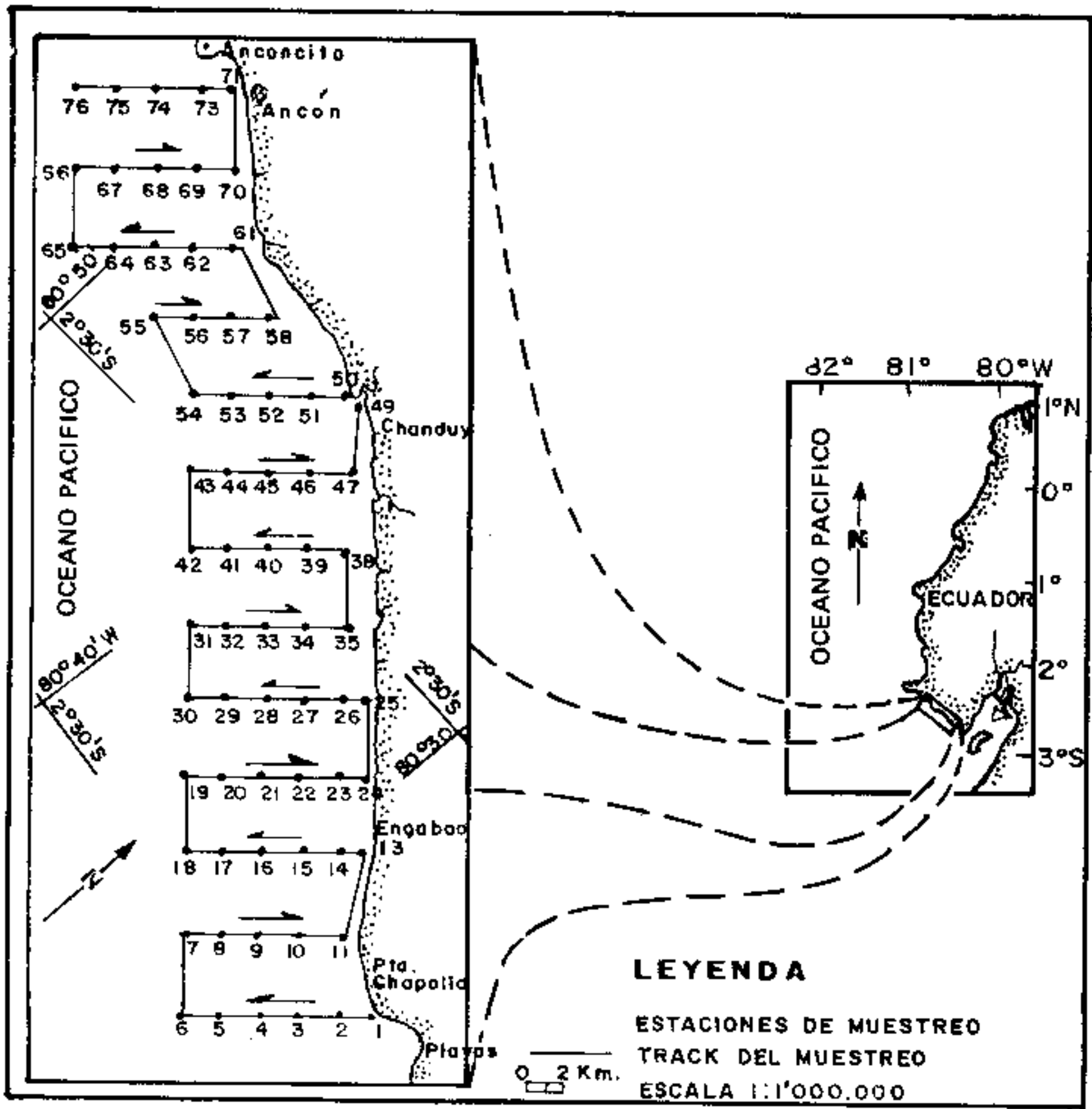


Figura 1 Mapa de ubicación de estaciones de muestreo

ESTUDIOS PREVIOS DEL AREA

Pese a la importancia ya señalada, son pocos los trabajos de investigación realizados en la plataforma continental ecuatoriana. Entre estos, tenemos:

comprendida entre Ancón y el Canal del Morro, Golfo de Guayaquil” (Soledispa, 1987); “Estudio Geoquímico de los Sedimentos en el Canal de Jambell” (Jácome y Llanos, 1987); “Estudio Sedimentológico y Mineralógico de la Plataforma Continental Ecuatoriana en el tramo com-

prendido entre Salinas y Ayampe" (Soledispa y Villacrés, 1989); "Clasificación de los Sedimentos de la Plataforma Continental Ecuatoriana, Provincia del Guayas, en relación al porcentaje de carbonato de calcio". (Jácome y Llanos, 1989); "Estudio Composicional de las Arenas Ferrotitaníferas del sector comprendido entre el Estero Data de Posorja y el Monasterio de Santa Teresa, Provincia del Guayas, Ecuador" (Soledispa y Villacrés, 1989)

CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA

Clima

La sedimentación está controlada indirectamente por el clima. La precipitación lluviosa y esorrentía elevadas aportan sedimentos al ambiente costero, acelerando el relleno (De Miró, 1972). El clima que caracteriza el área de estudio es tropical seco, es decir, presenta un ambiente de sequía muy marcado, que alcanza máximas proporciones en la Península de Santa Elena (Blandin, 1977)

Drenaje

El sistema estuarino Río Guayas - Estero Salado es la principal cuenca hidrográfica del Golfo de Guayaquil, el mismo que ejerce su influencia en el sector estudiado. Los demás ríos son intermitentes, es decir, sólo adquieren un pequeño caudal en los meses de lluvia. Entre estos ríos tenemos: Zapotal, Tugaduaia. Engunga, etc.

Vientos y Olas

En el sector de la costa, entre la Puntilla de Santa Elena, Punta del Morro e Isla Puná, los vientos provienen del oeste-suroeste y generalmente alcanzan 9 km/h en la mañana, incrementándose hasta 20 km/h en la tarde, lo cual explicaría el porqué las playas de esos sectores están sometidas a fuertes oleajes (Cruz-Orozco, 1974). Sánchez (1978), además de confirmar lo aseverado en el párrafo anterior sobre la dirección predominante de los vientos, señala que también provienen del este y norte, aunque en menor escala.

Corrientes de Fondo

Con relación a las corrientes de fondo, tanto Murray et al., (1975), como Benítez (1975), este último, relacionando parámetros mineralógicos de los sedimentos del Río Guayas, con los obtenidos frente a Playas y Chanduy, han determinado que en el área de estudio actúan corrientes con dirección norte-noroeste.

Corrientes Litorales

Según los estudios realizados por Sánchez (1978), las corrientes litorales en el área en mención, están dirigidas hacia el sureste.

Transporte Litoral

Es el transporte paralelo a la costa, realizado por las olas en la zona de rompiente, debido a la dirección oblicua de incidencia sobre las playas. La posición de la flecha acrecional ubicada en la desembocadura del Estero Data de Posorja, confirma la dirección predominante del transporte litoral, es decir, hacia el sureste.

Transporte Frontal

Este transporte se origina por la incidencia perpendicular de las olas sobre las playas, llevando sedimentos a lo largo de éstas, y viceversa.

Cuando las crestas de las olas son paralelas a la línea de costa, se produce el ataque frontal, y cuanto más fuerte es el ataque, mayor es la posibilidad de un retorno intenso de las aguas, acarreado material y provocando con esto, la erosión de las playas. Esta erosión, provocada por el ataque frontal de las olas, es complementada por la acción de las corrientes litorales.

Esto es lo que posiblemente ocurre en las playas del área, las mismas que sufren períodos de acreción y erosión en determinados meses del año.

Esto fue comprobado por Soledispa y Villacrés (1989), cuando realizaron un reconocimiento de las playas del sector (febrero/1989). En esa fecha encontraron una capa de arena ferrotitanífera cubierta por una capa de arena gris clara de aproximadamente 40 cm. de espesor; además el oleaje era normal. Cuando llevaron a cabo un muestreo sistemático en dicho depósito (junio/1989), era fuerte el oleaje y la capa de arena gris clara había desaparecido, dejando al descubierto el depósito de arena "negra".

Batimetría

Para complementar el estudio de la distribución de los sedimentos, se elaboró un mapa batimétrico (Fig. 2), tomando como base los estudios hidrográficos para la elaboración de la Carta IOA-106-Golfo de Guayaquil-Punta Clara, publicado por INOCAR en 1983, a una escala 1:100.000.

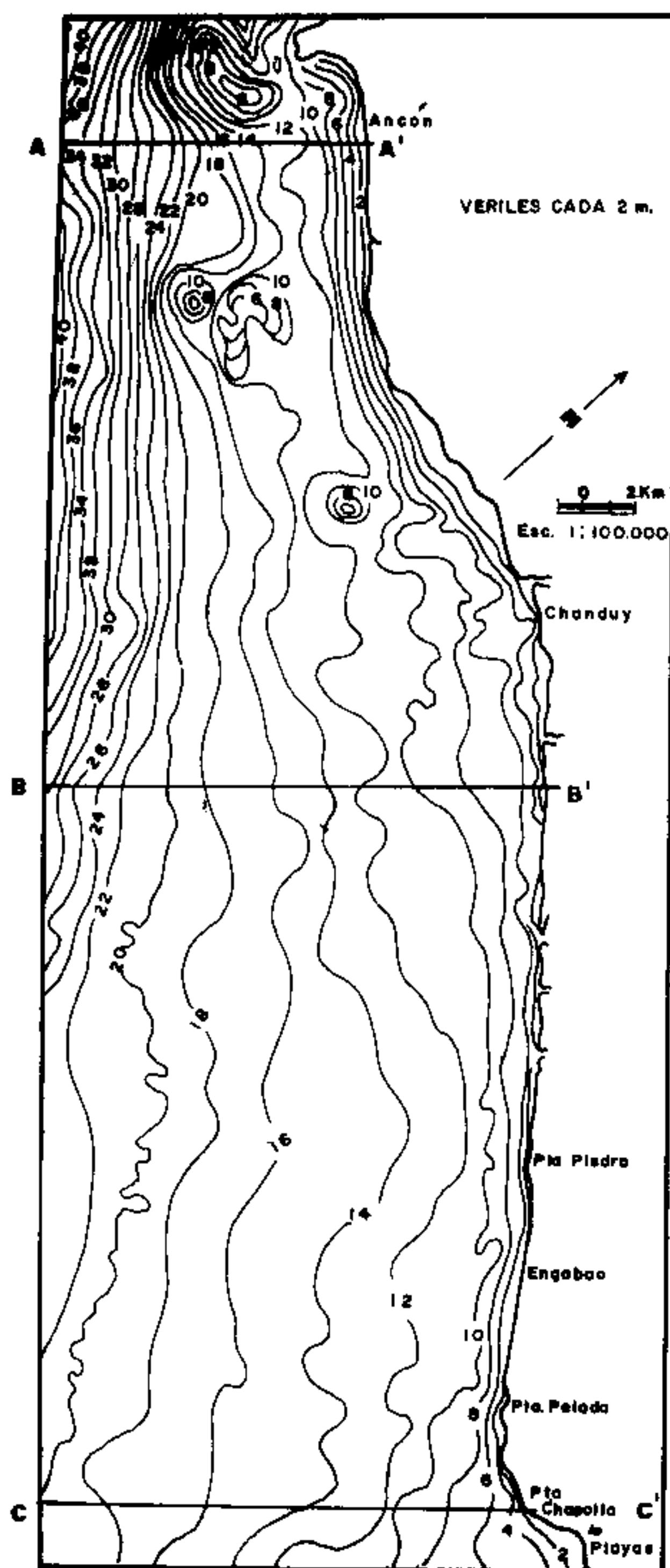


Figura 2 Mapa batimétrico

También se trazaron tres perfiles batimétricos perpendiculares a la línea de costa (Fig. 3), en los que se incluye el número de las estaciones de muestreo que se llevaron a cabo en esos perfiles y los tipos de sedimentos que cubren estas áreas, cuya leyenda está indicada en la figura 6. La finalidad de estos perfiles es la de aportar con

nuevos elementos de juicio para interpretar las características morfológicas del fondo, así como la distribución sedimentológica.

Según De Miró (1972), la pendiente de la zona de plataforma próxima a la costa, no es constante, siendo su promedio mundial alrededor de 1%.

Los veriles de la figura 2 presentan una orientación NO-SE, es decir, son casi paralelos a la línea de costa, notándose especialmente en la parte inferior, que estos veriles forman senos cuyos vértices están orientados hacia la costa, indicando ésto, la dirección del tren de olas.

En el perfil A-A de la figura 3, los veriles están más cerca uno del otro, lo que indica que la plataforma es más estrecha en este sector. Este perfil es el más irregular, por lo que se ha dividido en dos sectores:

a. Desde la línea de costa hasta los 5 km. de largo, se aprecia una zona de suave pendiente (0.2%), con una concavidad en el centro, de aproximadamente 2 km de largo.

Los registros de algunas plataformas bastante típicas, muestran un perfil cóncavo desde la playa hasta la plataforma interna (De Miró, 1972).

b.- Desde los 5 km hasta los 12 km., la pendiente de la plataforma es relativamente mayor (0.5%), siendo la longitud de ésta, hasta el veril de los 35 m., de aproximadamente 12 km.

El perfil B-B muestra en su totalidad una plataforma de suave pendiente (0.15%), la misma que hasta el veril de los 30 m., alcanza una longitud de 20 km.

El perfil C-C, igual que el anterior, muestra una pendiente suave (0.11%), presentando un pequeño desnivel a la izquierda de la estación 43, pero que no altera la inclinación de la plataforma, alcanzando ésta, hasta el veril de los 19m., una longitud de 19 km.

Geología

Según Cruz-Orozco (1974), la costa comprendida entre la Puntilla de Santa Elena-Punta del Morro- Isla Puná, constituida por depósitos cuaternarios, es un área sometida a procesos de levantamiento. Dicha zona se encuentra contorneada por las siguientes Formaciones: Complejo Olistostrómico de Santa Elena, Zapotal, Dos

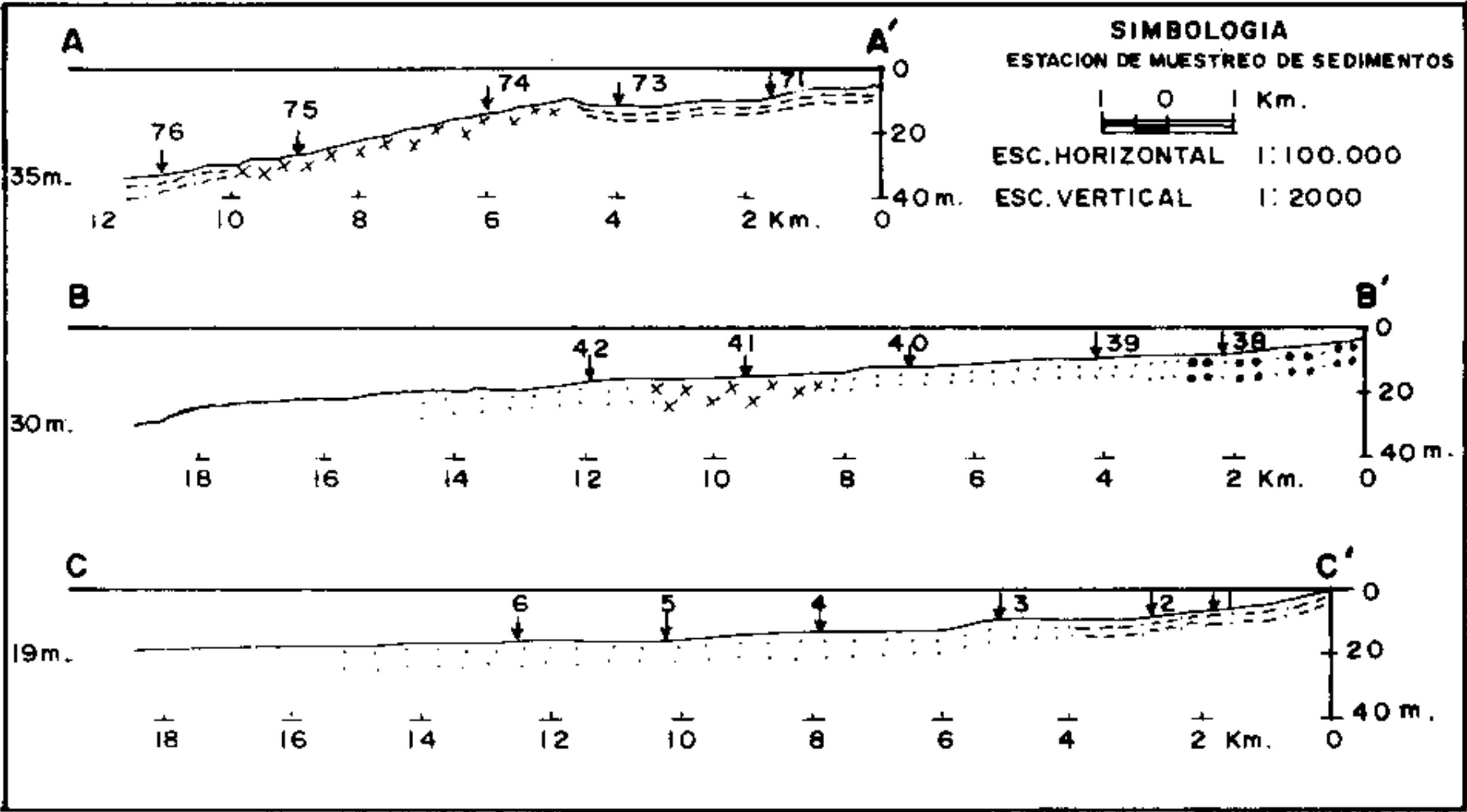


Figura 3 Perfiles batimétricos

Bocas, Villingota, Progreso, Puná, Tablazo y sedimentos cuaternarios. Todas estas Formaciones están descritas en la "Geología del Ecuador", por Sawyer (1965) (Fig. 4).

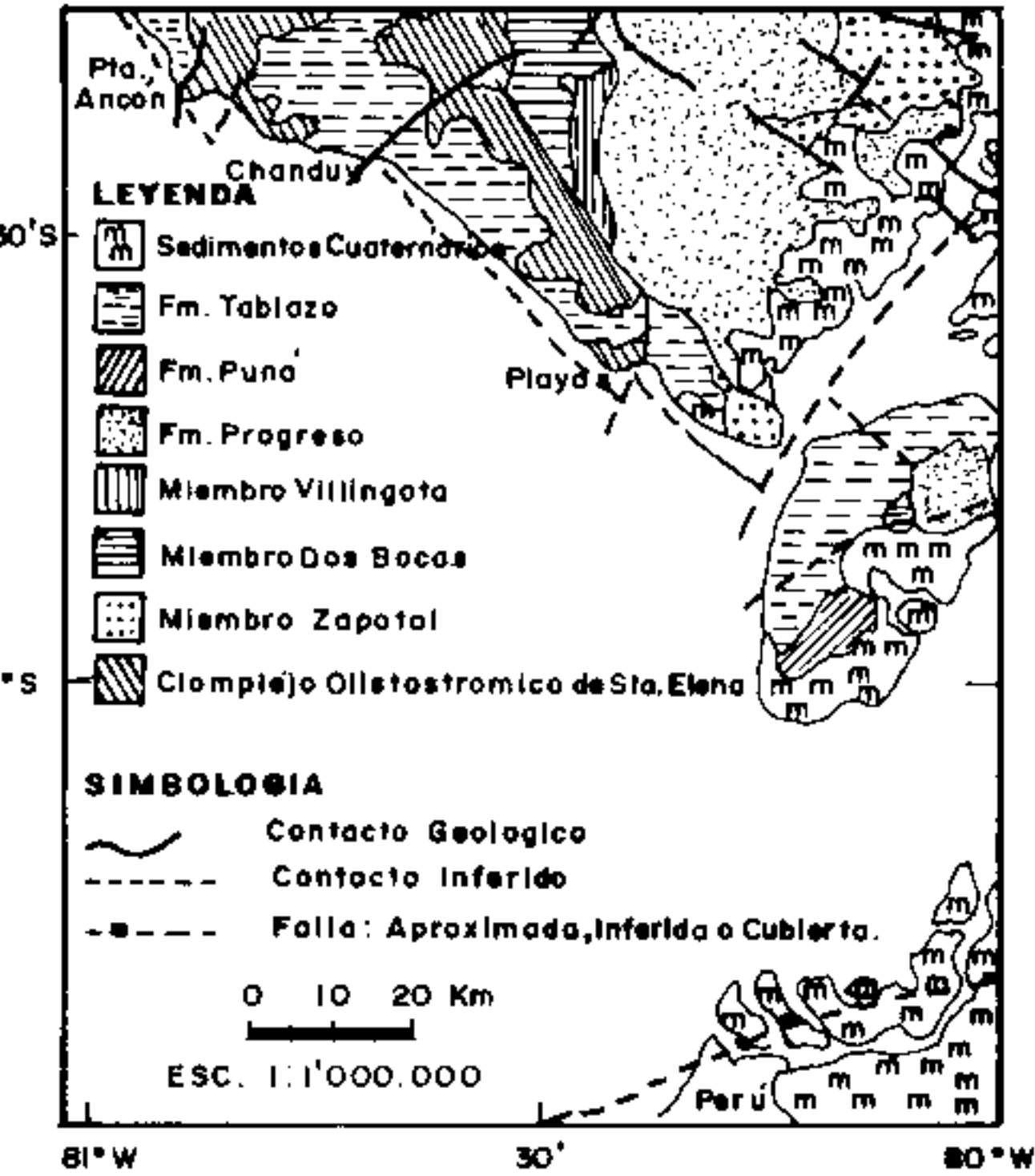


Figura 4 Mapa geológico (Ref. mapa geológico del Ecuador- Ministerio de Recursos Naturales-1982)

La costa del Ecuador ha sido dividida en dos dominios situados al norte y sur de la cordillera Chongón-Colonche (Benítez 1975). El primero tiene un sustrato rígido constituido por rocas volcánicas básicas del Cretácico (Complejo Piñón). En el segundo dominio, en cambio, el basamento de la cadena andina es de carácter continental, muy inestable, y se extiende hasta la plataforma continental del norte peruano, siendo sus principales conjuntos tectónicos: La Península de Santa Elena, Cuenca Progreso y Graben de Jambelí.

Geomorfología

Desde Anconcito hasta Chanduy se presentan acantilados altos inestables (Fig. 5), donde las rocas se

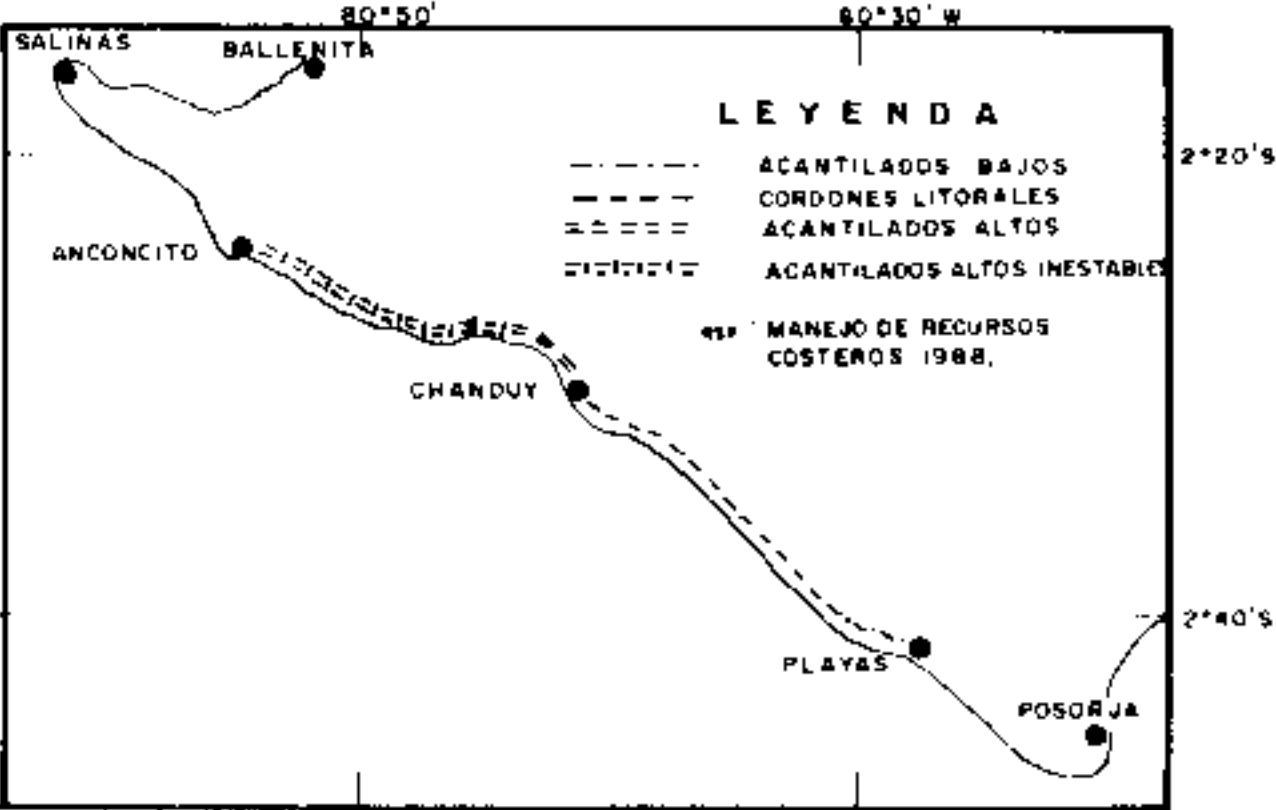


Figura 5 Tipos de costas presentes en el área de estudio

degradan en bloques (Ayón, 1988). El pie de los acantilados es continuamente socavado por el oleaje, produciéndose simultáneamente un retroceso de la línea de costa y una continua aportación de sedimentos al mar. Los pequeños valles fluviales interminentes están taponados por pequeñas barreras litorales que son fácilmente desbordadas por las mareas de sicigia o por corrientes de agua, durante la estación lluviosa.

Desde Chanduy a Playas, la costa es rectilínea, excepto por los promontorios rocosos de Punta de Piedra y los acantilados de bajo ángulo del oeste de Playas. Las costas son bajas en terreno plano a ligeramente ondulado.

METODOLOGIA DE TRABAJO

De Campo

El trabajo de campo comprendió 13 perfiles de muestreo de sedimentos superficiales de fondo, perpendiculares a la línea de costa, con un distanciamiento de 5 km. entre perfiles y 2.5 km entre estaciones de muestreo, las mismas que sumaron un total de 61 (Fig. 1). El muestreo se llevó a cabo en la LAE "RIGEL", utilizando una draga modelo Shipek. El sistema de posicionamiento que se utilizó, fue el de ángulo y distancia e intercepción de ángulos, el mismo que estuvo a cargo del personal del Dpto. de Hidrografía de INOCAR.

Es de señalar que en ciertas estaciones no se realizó el muestreo por cuanto la lancha no pudo aproximarse a la costa, debido al fuerte oleaje. En otras, en cambio, no fue posible muestrear sedimentos, pese a que se hicieron varios lances de draga, lo que permite señalar que posiblemente son zonas de afloramiento rocoso, siendo estas estaciones, las siguientes: 33, 41, 58, 67, 74 y 75.

De Laboratorio

En el laboratorio se llevó a cabo el análisis granulométrico, para lo cual las muestras se tamizaron en húmedo sobre un tamíz 230 (USA, Standard Testing Sieve), con el fin de separar la fracción gruesa (grava-arena) de la fracción fina (limo-arcilla). La fracción gruesa fue sometida al tamizado seco, utilizando un juego de tamices y un agitador mecánico; la fracción fina, en cambio, fue tratada mediante el análisis de pipeta.

Los parámetros estadísticos se obtuvieron mediante un programa elaborado en el Centro de Datos Oceanográficos (CENDO).

Las coordenadas de las estaciones de muestreo y su profundidad; el porcentaje de las fracciones: grava, arena, limo y arcilla; así como los parámetros estadísticos, se presentan en las Tablas I, II, III, respectivamente.

NUMERO DE ESTACION		PROFUNDIDAD (M)	COORDENADAS		NUMERO DE ESTACION		PROFUNDIDAD (M)	COORDENADAS	
			LATITUD	LONGITUD				LATITUD	LONGITUD
1		6	2°39'26"S	80°25'12"W	38		9	2°28'16"S	80°37'30"W
2		8	2°39'34"S	80°25'45"W	39		10.5	2°29'00"S	80°38'15"W
3		10	2°40'34"S	80°26'38"W	40		12.1	2°30'09"S	80°39'17"W
4		14	2°41'29"S	80°27'48"W	42		17	2°32'02"S	80°41'21"W
5		15	2°42'28"S	80°28'36"W	44		14	2°29'17"S	80°42'07"W
6		15.8	2°43'30"S	80°29'16"W	45		12.4	2°28'24"S	80°41'18"W
7		17	2°41'44"S	80°31'14"W	46		9.5	2°27'05"S	80°40'15"W
8		16	2°40'45"S	80°30'25"W	47		8.3	2°26'25"S	80°39'50"W
9		14.5	2°39'45"S	80°29'26"W	49		4	2°24'46"S	80°40'18"W
10		12	2°38'40"S	80°28'38"W	50		7	2°25'03"S	80°41'12"W
11		11.8	2°38'08"S	80°28'03"W	51		10	2°25'21"S	80°42'38"W
13		10	2°35'34"S	80°29'22"W	52		11	2°26'00"S	80°43'06"W
14		11.3	2°36'02"S	80°29'29"W	53		13	2°26'51"S	80°43'55"W
15		12.7	2°36'26"S	80°30'39"W	54		17.3	2°28'13"S	80°45'12"W
16		14	2°37'36"S	80°31'42"W	55		20	2°27'20"S	8°847'57"W
17		15	2°38'38"S	80°32'38"W	56		16.4	2°26'38"S	80°47'06"W
18		16.6	2°39'36"S	80°33'28"W	57		13.3	2°25'14"S	80°46'06"W
19		17	2°37'56"S	80°35'16"W	58		10.8	2°24'18"S	80°45'20"W
20		16	2°36'54"S	80°34'24"W	61		13	2°23'42"S	80°47'54"W
22		14	2°34'51"S	80°32'30"W	62		14	2°24'39"S	80°48'54"W
23		12	2°33'54"S	80°31'41"W	63		16.2	2°25'34"S	80°49'55"W
24		10.5	2°33'40"S	80°31'12"W	64		25.4	2°25'36"S	80°49'56"W
25		10.5	2°31'47"S	80°33'27"W	65		37.8	2°27'15"S	80°51'36"W
26		11.3	2°32'00"S	80°33'42"W	66		37.2	2°25'45"S	80°53'48"W
27		13	2°32'47"S	80°34'30"W	67		26.8	2°24'50"S	80°53'00"W
28		15	2°33'52"S	80°35'24"W	68		20	2°23'45"S	80°52'00"W
29		15.4	2°34'38"S	80°36'16"W	69		14.2	2°22'40"S	80°51'00"W
30		17.7	2°35'54"S	80°37'12"W	70		12	2°22'03"S	80°50'22"W
31		18	2°34'03"S	80°39'12"W	71		10.2	2°20'39"S	80°51'42"W
32		16	2°32'54"S	80°38'08"W	73		13	2°21'20"S	80°52'39"W
33		14.5	2°31'54"S	80°37'15"W	74		16	2°22'12"S	80°53'28"W
34		12.2	2°31'06"S	80°36'33"W	75		23.3	2°22'57"S	80°54'56"W
35		10.4	2°35'12"S	80°35'37"W	76		34.8	2°23'44"S	80°55'39"W

TABLA I.- Coordenadas de las estaciones de muestreo y su profundidad.

Nº DE ESTAC.	GRAVA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	TEXTURA %	Nº DE ESTAC.	GRAVA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	TEXTURA %
1		41.8662	48.3780	9.7558	LIMO-ARENOSA	38	52.9667	38.2457	8.7876		GRAVA-ARENOSA
2		21.8335	64.4048	13.7617	LIMOSA	39	4.1128	92.9798	2.9074		ARENOSA
3	3.6681	63.0357	22.5216	10.7746	ARENOSA	40	0.9793	96.2091	2.8116		ARENOSA
4	0.0578	79.3085	13.1480	7.0236	ARENOSA	42		94.2444	5.7556		ARENOSA
5	0.0578	98.2224	1.7198		ARENOSA	44	3.9138	93.6983	2.3879		ARENOSA
6	24.6784	60.7383	9.4811	5.1022	ARENOSA	45	0.2850	96.6840	3.0310		ARENOSA
7	0.2301	96.8948	2.8751		ARENOSA	46	0.1004	64.7114	35.1882		ARENA-LIMOSA
8	0.1217	97.7941	2.0842		ARENOSA	47	0.4840	95.1810	4.3350		ARENOSA
9	0.4138	97.2459	2.3403		ARENOSA	49	0.5683	18.4586	79.9592	1.0139	LIMOSA
10	38.2028	56.8591	4.9381		ARENA-GRAVOSA	50		1.7330	96.4130	1.8540	LIMOSA
11	20.2672	77.3665	2.3663		ARENOSA	51	66.4580	28.8160	4.7261		GRAVA-ARENOSA
13		95.0323	4.9677		ARENOSA	52	0.9146	65.6519	27.8354	5.5981	ARENA-LIMOSA
14	0.7711	98.2336	0.9953		ARENOSA	53	3.2508	79.2758	16.9845	0.4889	ARENOSA
15	2.3764	92.7057	2.9283	1.9896	ARENOSA	54	4.4388	65.6001	26.8797	3.0814	ARENA-LIMOSA
16	3.1929	94.5832	2.2239		ARENOSA	55	0.2313	97.6664	2.1023		ARENOSA
17	18.4926	75.7262	5.7818		ARENOSA	56	0.2367	53.4676	44.9739	1.3218	ARENA-LIMOSA
18	0.0486	97.8522	2.0922		ARENOSA	57	7.8315	84.7960	7.3725		ARENOSA
19	0.1603	97.5403	2.2951		ARENOSA	58					ROCA
20	2.4222	96.1163	1.4615		ARENOSA	61	0.8940	65.8379	31.6764	1.5918	ARENA-LIMOSA
22		92.9164	4.8357	2.2479	ARENOSA	62		96.9120	3.0880		ARENOSA
23	0.7994	92.5477	4.1467	2.5062	ARENOSA	63		95.2451	4.7549		ARENOSA
24	0.7469	64.6237	32.1958	2.4330	ARENA-LIMOSA	64		86.1248	13.8752		ARENOSA
25	0.1928	51.5822	42.5439	5.6811	ARENA-LIMOSA	65	0.6436	89.8628	9.6936		ARENOSA
26		19.3058	72.0235	8.6707	LIMOSA	66	0.4935	31.0207	62.8882	5.5977	LIMO-ARENOSA
27	0.2801	95.0857	4.6342		ARENOSA	67					ROCA
28	1.1416	96.9247	1.5937		ARENOSA	68	0.4794	47.1858	45.3658	6.9691	ARENA-LIMOSA
29	2.3028	97.3630	0.3342		ARENOSA	69	0.9722	18.4314	77.3223	3.2741	LIMOSA
30	0.3637	96.6148	3.0215		ARENOSA	70		63.2548	33.6079	2.9474	ARENA-LIMOSA
31	0.0910	98.1835	1.7255		ARENOSA	71	0.9711	2.4764	96.0254	0.5270	LIMOSA
32	0.0491	96.3219	3.6290		ARENOSA	73		2.2254	96.7886	0.8290	LIMOSA
33					ROCA	74					ROCA
34	3.6177	87.4395	8.9428		ARENOSA	75					ROCA
35	0.6363	46.8275	48.4987	4.0375	LIMO-ARENOSA	76	0.4587	45.7805	48.0849	5.6759	LIMO-ARENOSA

TABLA II.- Porcentajes de las fracciones que conforman los sedimentos y su textura

Nº DE ESTAC.	MEDIA (Ø)	SELECCION (Ø)	ASIMETRIA	Nº DE ESTAC.	MEDIA (Ø)	SELECCION (Ø)	ASIMETRIA
1	4.45	1.47	0.44	34	2.68	1.24	-0.14
2	4.95	1.48	0.47	35	3.62	1.46	-0.30
3	3.81	2.19	0.51	38	-0.44	2.30	0.47
4	3.33	1.80	0.45	39	1.29	0.91	-0.30
5	2.14	0.79	-0.43	40	2.57	0.74	-0.39
6	1.70	3.17	-0.39	42	3.25	0.45	0.04
7	2.65	0.85	-0.53	44	1.30	0.91	-0.22
8	2.76	0.42	0.01	45	1.68	0.99	0.03
9	2.61	0.59	-0.37	46	3.36	0.72	-0.31
10	0.22	2.18	0.26	47	1.95	0.66	-0.03
11	0.51	1.67	-0.41	49	4.40	1.22	0.23
13	2.73	0.55	0.06	50	4.66	0.97	0.98
14	1.46	0.54	-0.08	51	-1.20	2.26	0.67
15	2.82	0.64	0.00	52	3.62	1.73	0.40
16	2.33	0.83	-0.43	53	2.82	1.10	-0.23
17	0.94	2.25	-0.22	54	2.98	1.72	-0.08
18	2.09	0.82	0.00	55	1.79	0.68	0.16
19	2.85	0.54	-0.02	56	3.50	0.62	-0.52
20	2.08	0.80	-0.20	57	2.04	1.97	-0.28
22	2.96	0.62	0.17	61	3.08	0.95	-0.23
23	2.92	0.54	0.26	62	2.43	0.47	-0.06
24	2.79	1.41	-0.10	63	2.78	0.54	0.17
25	3.90	1.79	0.11	64	3.01	0.93	0.37
26	4.81	1.37	0.43	65	1.84	0.76	0.11
27	2.72	0.74	-0.13	66	4.21	1.38	0.25
28	2.22	0.84	-0.52	68	4.16	1.63	0.23
29	2.10	0.97	-0.63	69	5.04	1.48	0.10
30	2.27	0.77	-0.41	70	4.06	0.63	0.28
31	2.20	0.74	-0.46	71	4.32	0.49	0.92
32	2.30	0.68	-0.37	73	4.60	0.82	0.92
				76	3.97	1.51	0.17

TABLA III.- Parámetros estadísticos

Uno de los gráficos elaborados en base a los datos obtenidos, es el de las curvas acumulativas (Fig. 6), las cuales representan a los 6 tipos texturales presentes, a saber: grava-arenosa (estación 51); arena-gravosa (estación 10); arenosa (estación 9); arena-limosa (estación 54); limosa (estación 73) y limo-arenosa (estación 66), y en las cuales se aprecia una predominancia de sedimentos gruesos (grava-arena).

Otro gráfico es el que se obtuvo al plotear las estaciones de muestreo en un diagrama ternario (Shepard, 1954), de acuerdo a los porcentajes de los tamaños. El rango de los tamaños de grano va de: grava, arena y lodo (limo-arcilla), (Fig. 7). Este gráfico representa las diferentes condiciones de depositación (alta, moderada y baja energía), a que son sometidos los sedimentos.

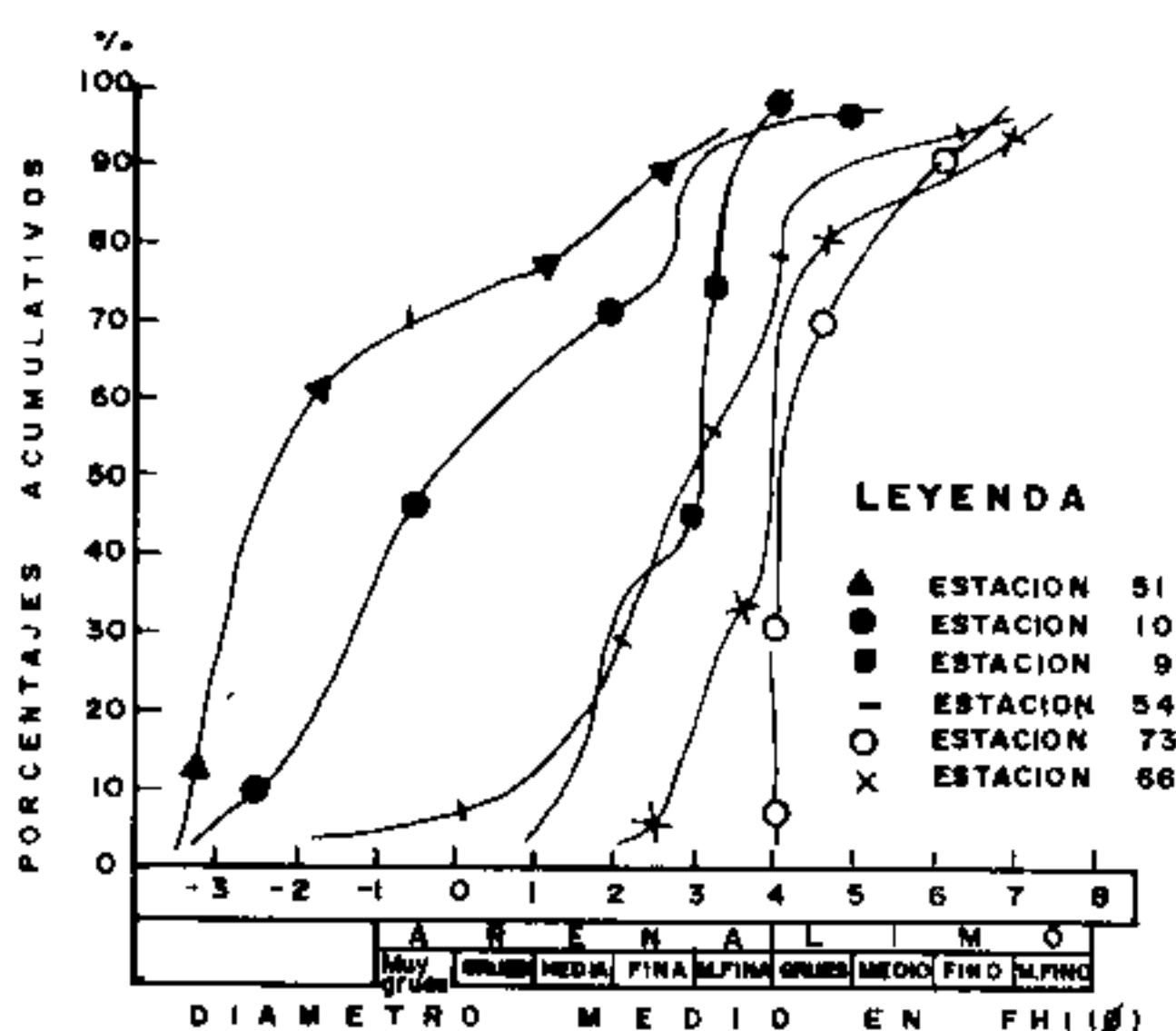


Figura 6 Curvas acumulativas

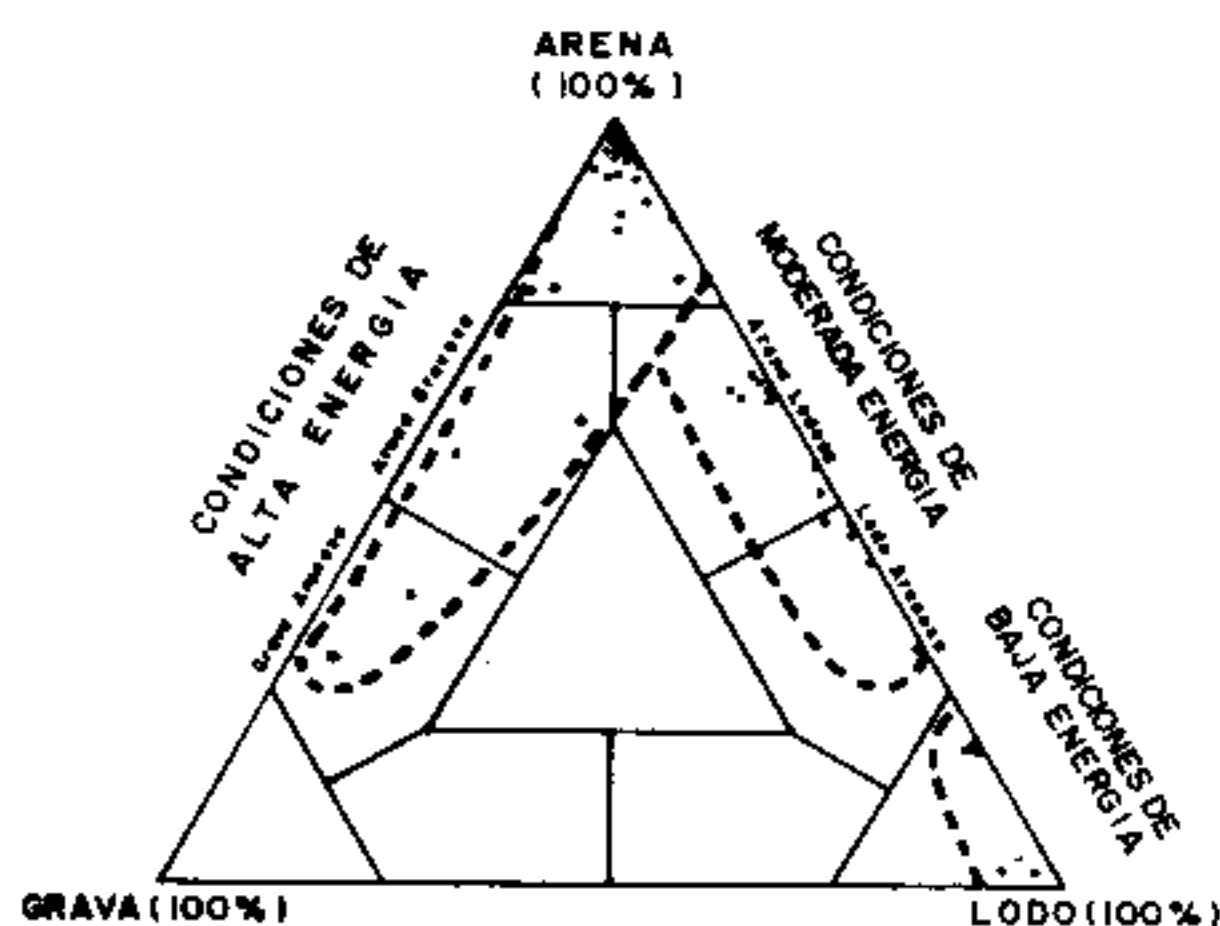


Figura 7 Diagrama ternario de Shepard (1954) mostrando las condiciones de depositación de los sedimentos colectados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los Sedimentos y su distribución

Tomando como base las características texturales y los parámetros estadísticos, se han elaborado varios gráficos de distribuciones de los diferentes tipos de sedimentos presentes en el área.

De acuerdo con Folk y Ward (1957), los parámetros estadísticos son criterios útiles en la distinción de ambientes de depositación.

Textura

La textura, es decir, el tamaño de grano, es uno de los parámetros más utilizados en la determinación de ambientes sedimentarios (Carranza, 1980), y depende de muchos factores por cuanto sus componentes son de orígenes diferentes.

Según el porcentaje de los cuatro constituyentes principales: grava, arena, limo y arcilla (Tabla II), se elaboró la figura 8, correspondiente a la distribución de los sedimentos según la textura.

En este gráfico se aprecian varios grupos texturales que van desde grava arenosa, arena gravosa, arenosa, limosa, hasta las mezclas de estos dos últimos. Dentro de estos grupos resalta la predominancia de los sedimentos arenosos que ocupan un 70% del área, y que se extienden en una franja casi desde Ancón hasta Playas, ocupando preferentemente la parte exterior de la plataforma interna estudiada. Según la figura 7, éstas se depositan en condiciones de alta energía.

Le sigue en predominancia los sedimentos areno-limosos, los mismos que se ubican casi frente a Ancón, Punta de Piedra, así como también frente a Chanduy, pero fuera de la zona cercana a la costa.

En tercero y cuarto lugar están los grupos limoso y limo-arenoso, respectivamente, y se localizan entre Anconcito y Ancón, frente a Chanduy y Playas.

Los demás grupos texturales, es decir, grava-arenosa y arena-gravosa, están presentes en menor porcentaje, ocupando pequeños parches de la zona cercana a la costa.

La predominancia de los sedimentos gruesos en el área, hace presumir la acción de fuertes corrientes que lavan el sedimento fino (limo-arcilla), dejando al descubierto la arena.

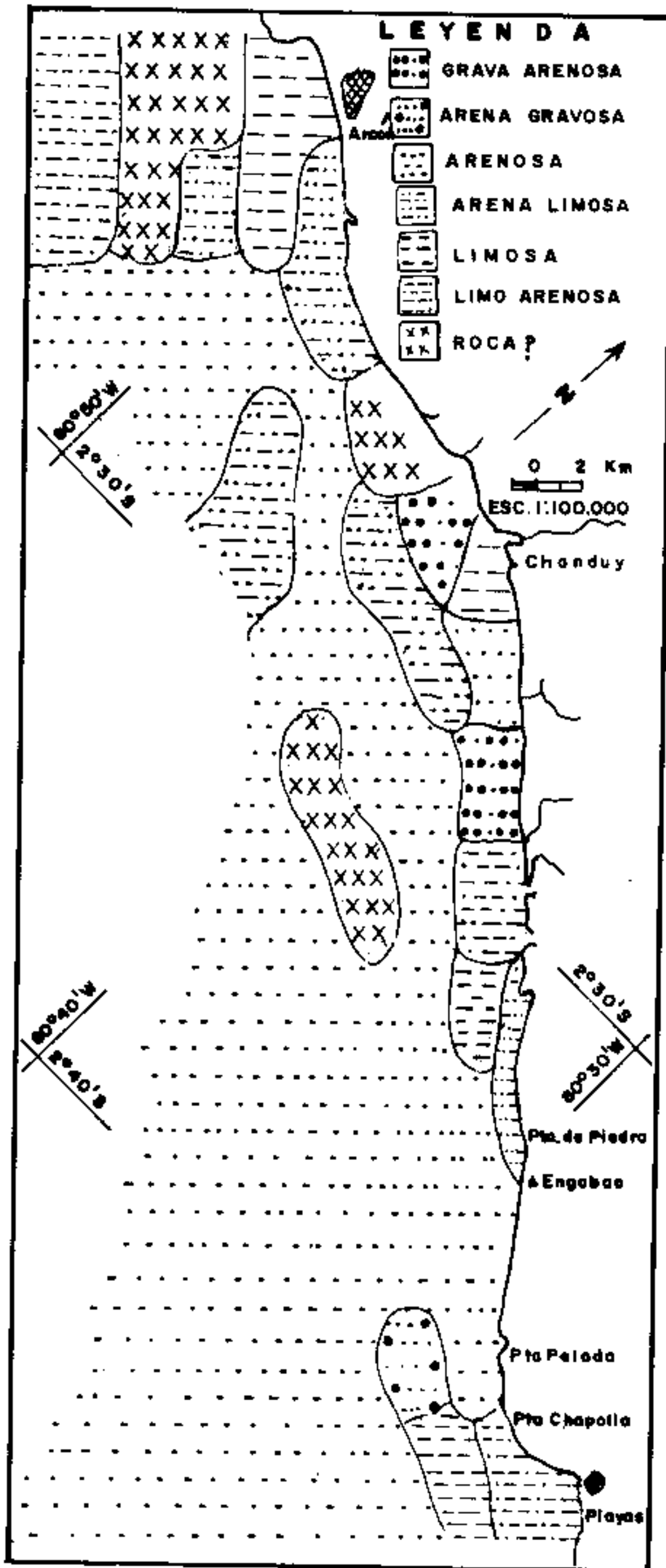


Figura 8 Distribución de los sedimentos según la textura.

Los sedimentos finos, que se ubican principalmente desde aproximadamente la parte central hacia el norte, son de origen fluvial, es decir, arrastrados por el Río Guayas y transportados en suspensión, por fuertes corrientes de fondo con dirección N y NO (Benítez,

1975), para luego ser depositados, a medida que disminuye la fuerza del transporte, en las áreas ya señaladas. Otra fuente de donde provienen estos sedimentos son las rocas sedimentarias aflorantes a lo largo de la costa.

Se conoce que, en forma general, los sedimentos finos están dotados de "Tixotropía", es decir, se convierten en un líquido al ser agitado, para volver al estado sólido después de un tiempo de reposo. También se ha determinado que, en ciertas muestras limo-arcillosas estuarinas, se han hallado valores superiores al 150% de agua con relación al peso seco. Esto confirma la escasa densidad de estos sedimentos, y permite comprender las consecuencias que tiene esta propiedad sobre el modo de transporte, lo que también ayudaría a explicar su presencia en los sectores anotados.

Fracción predominante

La distribución de los sedimentos en base a este parámetro, se determina por el rango de tamaño de las partículas que forman la fracción más abundante de cada muestra, es decir, el diámetro medio (Tabla III).

La figura 9 muestra que las arenas finas ($2\phi - 3\phi$), son las fracciones que alcanzan mayor predominancia, localizándose principalmente en la parte sur del área, desde el centro hasta Playas en una franja casi paralela a la costa, aunque también están presentes en la parte norte, pero en menor proporción.

Le siguen en abundancia las fracciones de arena muy fina ($3\phi - 4\phi$), las mismas que se ubican, en pequeños parches, en casi todo el área. Los limos gruesos ($4\phi - 5\phi$) están en tercer lugar de distribución, ocupando el área frente a Ancón, Chanduy y Punta Chapolla. En cuarto lugar están las fracciones de arena media ($1\phi - 2\phi$), presentes en pequeñas franjas tanto al norte, centro y sur del área, ocupando principalmente la parte exterior de la plataforma.

Los sedimentos gruesos (grava y arena-gravosa) están presentes frente a Chanduy, Río Tugadua y Punta Pelada, casi siempre cerca de la línea de costa.

Según el criterio de De Morais (1980), los granos que conforman los sedimentos, tienden a reducir su tamaño en la dirección del transporte. Este proceso es el resultado de una clasificación progresiva, en donde los granos pequeños y livianos avanzan mayor distancia que los más grandes y pesados, los cuales se van quedando rezagados conforme disminuye la energía de transporte.

La figura 9 muestra esta clasificación progresiva, es decir, una degradación del tamaño de grano, la misma que se inicia con arena fina en la parte sur, para luego, en la parte central, disminuir el tamaño a arena muy fina; y por último, limo grueso, frente a Ancón.

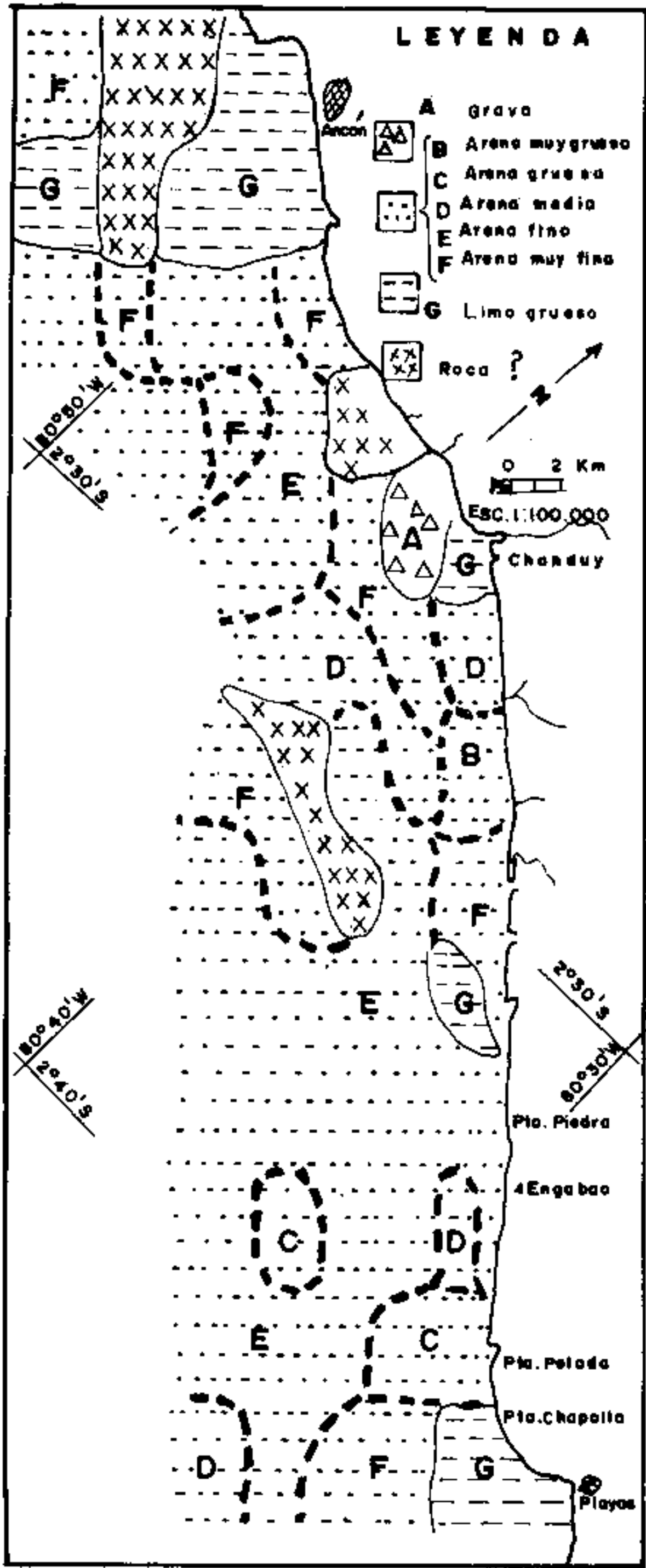


Figura 9 Distribución de los sedimentos según la fracción predominante.

Las gravas, arena gruesa y muy gruesa, presentes cerca de la costa, generalmente predominan en áreas de mayor energía, o sea, en las zonas de rompiente de las olas.

Según De Miró (1972), las arenas medias y finas que tapizan el fondo del Golfo de Guayaquil, incluyendo las del área de estudio, constituyen las huellas dejadas por la última Transgresión Holocena que comenzó hace unos 18.000 años. Esta facies ha sido hallada en casi todas las plataformas continentales del mundo, y ha sido llamada arenas transgresivas basales, porque son la base de la nueva serie de sedimentos que se deposita. También han sido llamadas arenas relictas, porque sus constituyentes no están relacionados con las condiciones ambientales actuales, y son las que marcan el avance de la línea de costa hacia tierra, al iniciarse la transgresión.

Selección o uniformidad de los granos

La desviación standar mide el grado de selección de un sedimento e indica los cambios del nivel de energía del agente deposicional y su capacidad de seleccionar los materiales allí movilizados.

En la figura 10 se aprecia una gama de sedimentos que varían desde bien seleccionados hasta muy mal seleccionados.

Si se considera a los sedimentos: moderadamente seleccionados, moderadamente bien seleccionados y bien seleccionados, como un sólo grupo, es decir, que tienen la tendencia a clasificarse mejor, se observa que éstos prevalecen en el área, y son más notables desde el centro hacia el sur, ubicándose en la parte externa de la plataforma. También en el norte se observan estos sedimentos, aunque en menor escala.

Le sigue en predominancia el grupo conformado por los sedimentos mal y muy mal seleccionados, los mismos que se ubican en casi todo el área, en pequeños sectores, principalmente desde Chanduy hacia el sur, hasta Playas, casi bordeando la costa.

Según Krumbein et al. (1963), los bajos valores de desviación standar indican un sedimento bien seleccionado, es decir, hay una tendencia a presentar un único tamaño, mientras que los valores altos indican sedimentos mal seleccionados. Este parámetro depende de un agente selectivo que generalmente es dinámico.

De acuerdo con este criterio, la tendencia mayoritaria que tienen los sedimentos del área de estudio, a presentarse mejor seleccionados, se debe posiblemente

al retrabajamiento y redistribución de las olas y corrientes litorales, que en este sector son muy fuertes.

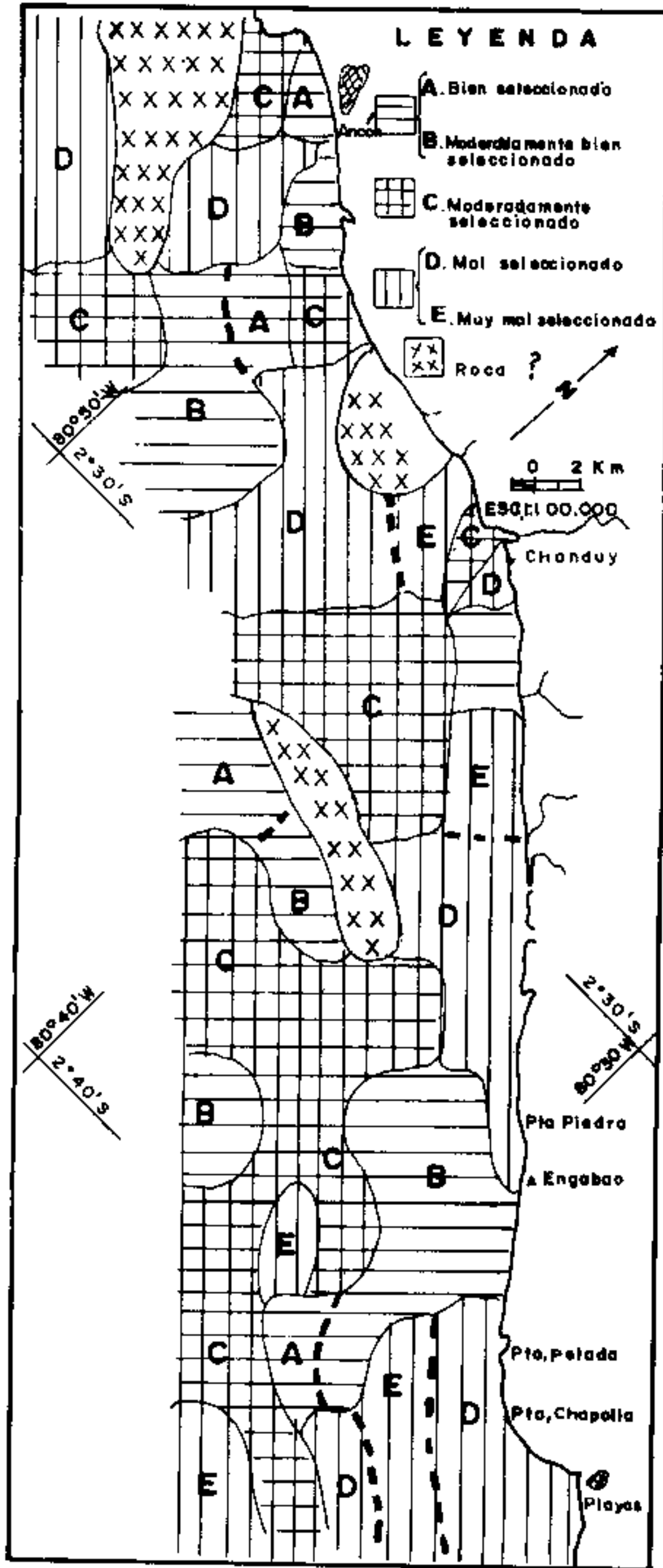


Figura 10 Distribución de los sedimentos según el grado de selección

Asimetría o sesgo

El sesgo es el grado de asimetría de una distribución, por lo tanto establece la relación entre las mezclas gruesas y finas.

La simetría según Willcock (1978), es uno de los parámetros más sensibles en la caracterización de ambientes sedimentarios. Según Folk (1969), cuando predominan los tamaños gruesos, el sesgo es negativo; y aquellos con exceso de material fino, presentan asimetrías positivas.

La figura 11 muestra una predominancia de los sedimentos asimétricos negativos, es decir, sedimentos con tamaños gruesos, que ocupan preferentemente el sector comprendido desde el centro del área, frente a Chanduy hasta el sur, frente a Playas, en una franja ubicada en el sector externo de la plataforma. Este grupo negativamente asimétrico está constituido por sedimentos asimétricos y muy asimétricos hacia los tamaños gruesos.

El segundo grupo predominante son los sedimentos con asimetrías positivas, es decir, mezclas finas, las mismas que se ubican principalmente en el sector norte, frente a Ancón. Pequeños parches de estos sedimentos también se aprecian en áreas cercanas a la costa, especialmente frente a Chanduy, Punta de Piedra y Playas. Estas asimetrías positivas varían entre los grados: asimétricos y muy asimétricos hacia los tamaños finos.

Un tercer grupo está conformado por los sedimentos casi asimétricos, o sea, aquellos en que tanto las mezclas gruesas como las finas son casi iguales, es decir, se aproximan al valor cero, y cubren pequeños sectores, ubicándose principalmente en el lado externo de la plataforma.

Las asimetrías negativas que presentan las arenas predominantes en el área, sugiere condiciones de alta energía en los agentes de transporte, lo que permite el lavado de los sedimentos finos, y por lo tanto, mantiene a la arena con escasa o nula acumulación de esta fracción fina.

Las asimetrías positivas prevaecientes en el sector norte, obedecen a la adición de material fino transportado en suspensión por las corrientes.

A los lados de los asimétricos negativos, se ubican los casi asimétricos, es decir, aquellos en los cuales las mezclas de sedimentos gruesos y finos son casi iguales, indicando ésto, que la depositación se lleva a cabo en condiciones de moderada energía.

Las características de distribución aquí analizadas, corroboran el criterio de Folk et al., (1957), en lo que respecta a la sensibilidad de la asimetría en la caracterización de ambientes sedimentarios. Esta es negativa cuando los sedimentos son sometidos a un proceso de selección que remueva los finos. Es positiva, cuando la sedimentación fina originada por condiciones de moderada energía, domina sobre los gruesos.

CONCLUSIONES

El análisis de las características texturales y de los parámetros estadísticos, muestran una predominancia de arenas finas, las cuales presentan la tendencia a una mejor selección, son asimétricas negativas, y son movilizadas por los agentes hidrodinámicos (corrientes, mareas, olas), que se presentan con alta energía en este sector, los mismos que son las causas de los períodos de erosión y acreción que se observan en las playas de esta área.

Morfológicamente, la plataforma del sector norte es más estrecha y más profunda. La del sector sur, en cambio, es más ancha y con una profundidad menor.

La presencia de fuertes corrientes de fondo con dirección norte y noroeste es, probablemente, la causa del desplazamiento, en suspensión, de la fracción fina hacia el norte, y cuya fuente principal sería los sedimentos transportados por la cuenca hidrográfica Río Guayas-Estero Salado y el Río Jubones.

Los sedimentos gruesos predominantes en el área, en cambio, son las arenas transgresivas basales que, según De Miró (1972), constituyen la evidencia de la transgresión marina que se produjo a finales del Pleistoceno, coincidiendo con la última glaciación, hace aproximadamente 18.000 años.

AGRADECIMIENTO

Se deja constancia del reconocimiento al Sr. Ernesto Zavala, Dibujante Técnico del INOCAR, por la elaboración de los gráficos que ilustran este artículo.

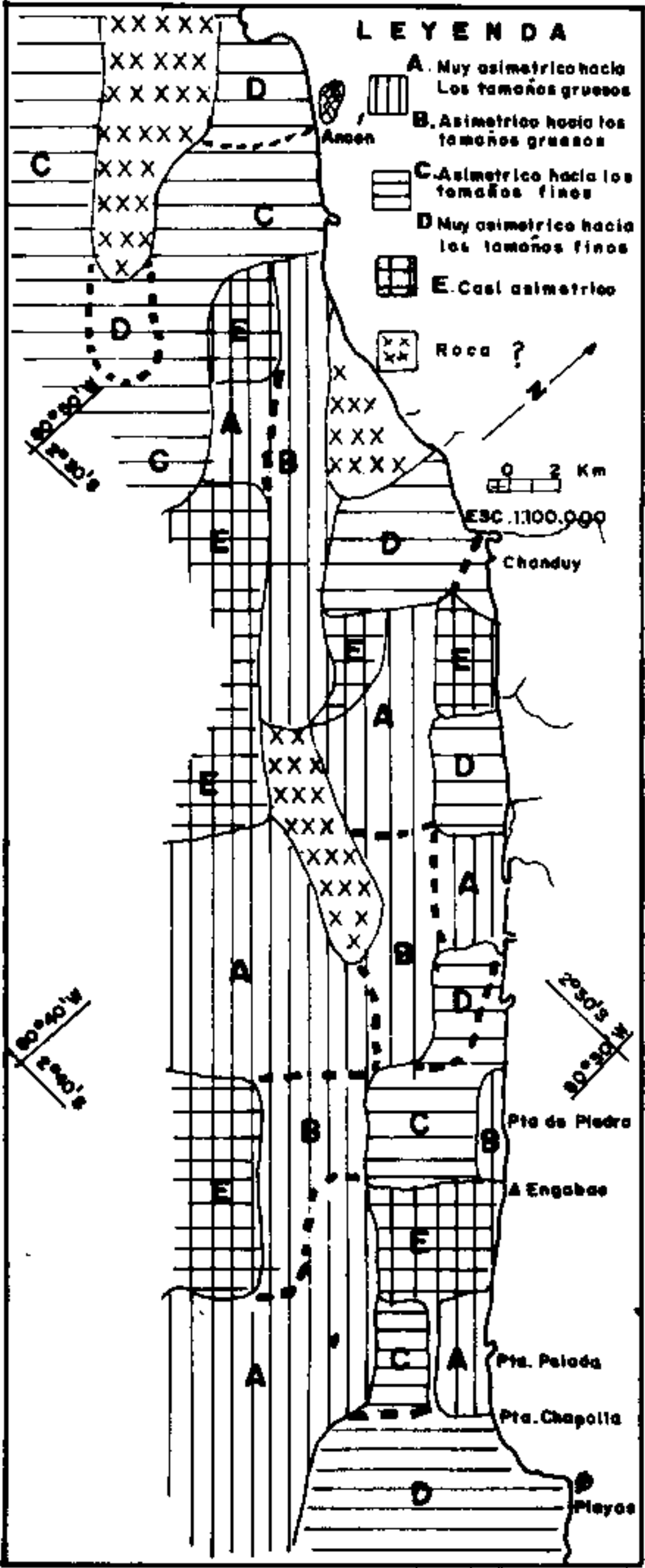


Figura 11 Distribución de los sedimentos según la asimetría.

BIBLIOGRAFIA

- Ayón, H., 1988.-** Grandes Rasgos Geomorgológicos de la Costa; Proyecto de Manejo de Recursos Costeros, PMRC; Informe #1; Pág. 16, 17.
- Benítez, S., 1975.-** Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental del Golfo de Guayaquil; Tesis de Grado; ESPOL; Pág. 15, 77, 78
- Blandin, C., 1977.-** El Clima y sus características en el Ecuador: XI Asamblea General y Reuniones Panamericanas de Consulta Conexas; Quito, Ecuador; Pág. 26, 27
- Carranza, A., 1980.-** Ambientes Sedimentarios de la Llanura Costera sur del Istmo de Tehuantepec; Centro de Ciencias del Mar y Limnología; Univ. Nacional Autónoma, México.
- Cruz-Orozco, R., 1974.-** Morphodynamic and Sedimentation of the Río Guayas Delta, Ecuador; B S. Instituto Politécnico Nacional, 1962; M. S., Louisiana State University, 1971; Pág. 8, 20
- Cuenca, J., 1976.-** Estudio de la Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental de Puerto López.
- De Miró, M., 1972.-** Curso de Geología Marina; INOCAR; Ecuador; Pág. 14, 120, 183, 189
- De Miró, M., Ayón, H. y Benítez B., 1976.-** Estudio de la Morfología y Estructura de la Plataforma Continental Ecuatoriana.
- De Miró, M., Coronel, V; Franco, M. y J. Cuenca, 1977.-** Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental de la Provincia de Esmeraldas, Ecuador.
- De Morais, J., 1980.-** Aspectos do Transporte de Sedimentos no Litoral do Município de Fortaleza, Estado de Ceará, Brasil; Arquivo de Ciencias del Mar, Vol. XX, Dezembro 1980; #1 e 2, Brasil
- Folk, R. and Ward, W., 1957.-** Brazos River Bar. A Study in the significance of grain size parameters. Jour. Sediment. Petro.; Washington; en De Morais, J., 1980; Arquivo de Ciencias do Mar; Vol. XX Dezembro, #1 e 2.
- Folk, R., 1969.-** Petrología de las Rocas Sedimentarias; Instituto de Geología de la U.N.A.M., México; Traducida al español.
- García, L., 1982.-** Estudio de la Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental entre Cabo San Lorenzo - Punta Jama.
- Jácome, M. y Llanos, L., 1989.-** Clasificación de los sedimentos de la Plataforma Continental Ecuatoriana, Provincia del Guayas, en relación al porcentaje de carbonato de calcio.
- Krumbein, W., and Sloss, L., 1963.-** Estratigrafía y Sedimentación; Segunda edición traducida al español; Pág. 116
- Murray, S., Condon, D., Siripong, A. and J. Santoro, 1975.-** Circulation and salinity distribution in the Río Guayas Estuarine, Ecuador; in Estuarine Research; Vol II; Academic Press, N.Y.
- Sánchez, E., 1978.-** Transporte Litoral en General Villamil (Playas) Dpto. de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar; ESPOL; Tesis de Grado; Pag. 10, 11, 12
- Sawer, W., 1965.-** Geología del Ecuador; Primera Edición Castellana; Talleres del Ministerio de Educación, Quito, Ecuador.
- Soledispa, B., 1987.-** Estudio de las Características Sedimentológicas del área comprendida entre Ancón y el Canal del Morro, Golfo de Guayaquil.
- Soledispa, B. y Villacrés, J., 1989.-** Estudio Sedimentológico y Mineralógico de la Plataforma Continental Ecuatoriana, en el tramo comprendido entre Salinas y Ayampe.
- Soledispa, B. y Villacrés, J., 1989.-** Estudio Composicional de las arenas ferrotitaníferas del sector comprendido entre el Estero Data de Posorja y el Monasterio de Sta. Teresa, Prov. del Guayas, Ecuador; Acta Oceanográfica del Pacífico; INOCAR; Vol. 6 (1); Pág. 87
- Willcock, J., 1978.-** Aspectos de sedimentação na região nordeste de Lago dos Patos; Lago Casamento e aco do Cocuruto RS-Brasil; Universidad Federal do Rio Grande do Sul-Instituto de Geociencias - CECO; Brasil

INFLUENCIA DE LOS PROCESOS COSTEROS EN LAS CARACTERISTICAS SEDIMENTOLOGICAS EN EL AREA DE LA PENINSULA DE SANTA ELENA

Por:

MARIANA JÁCOME DE SOLÓRZANO (1)
LILIANA LLANOS DE BONILLA (1)

RESUMEN

Con el fin de conocer algunas de las características del transporte litoral se realizaron mediciones simultáneas de parámetros de olas, corrientes, sedimentos en suspensión y sedimentos de playa en las líneas de alta, media y baja marea en cuatro estaciones ubicadas en la parte más saliente de la costa Norte de la Península de Santa Elena del 28 de Octubre al 20 de Diciembre de 1990, tomando en consideración los estados de marea.

Se determinó el transporte litoral para los meses de muestreo en base a 2 métodos: Galvin y Bagnold.

Los resultados indican que el volumen del transporte litoral de sedimentos está entre 430 m. cúbicos/día a 24 m. cúbicos/día.

El análisis granulométrico de las muestras de sedimentos de playa indica que se trata de una arena fina, bien seleccionada y mesocúrtica.

Se determinó además que la estación 1 por su ubicación refleja un ambiente erosivo a diferencia de la estación 4 donde las olas son de poca energía debido a los procesos de refracción produciéndose un ambiente de depositación.

ABSTRACT

Littoral transport was determined based upon simultaneous measurements of tides, currents, suspended and shore sediment on four stations located at the outermost site of Santa Elena Peninsula.

It was considered the tides from October 28th to December 20th, 1990. At that time, littoral transport was measured using Galvin and Bagnold methods.

Littoral transport of sediments is about 430 m³/day to 24 m³/day. Beach sediments are composed of mesocurtic and well selected fine sand. Station 1 shows an erosive environment, differing from station 4 a where exist s tides of low energy due to refraction processes, producing a deposition environment.

INTRODUCCION

El transporte de los sólidos a lo largo de una playa se manifiesta a través de procesos erosivos o acrecionales, constituyendo uno de los principales problemas para las diferentes obras marítimas y portuarias e incluso, en algunos casos para toda una comunidad.

Bajo la acción de las olas, las corrientes y los vientos, se mueven los sedimentos hacia las playas, a lo largo y fuera de ellas. De esta forma el transporte de los sedimentos se produce de dos maneras:

- a) Perpendicular a la línea de costa
- b) Paralelo a la línea de costa.

Normalmente el efecto combinado de estos dos tipos de transporte es un movimiento neto paralelo a la costa, denominado transporte litoral.

En el presente trabajo se pretende determinar las características del transporte que se produce a lo largo de la línea de costa en estudio, y a la vez establecer la distribución de los sedimentos de playa y en suspensión a partir de su textura, parámetros estadísticos y concentración.

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

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra localizada en la parte más saliente de la costa norte de la Península de Santa Elena, provincia del Guayas (Fig.1). El sector de playa estudiado tiene una longitud aproximada de 4 kilómetros dentro de los paralelos $2^{\circ}10'$ y $2^{\circ}12'$ de latitud Sur y los meridianos $80^{\circ}68'$ y $80^{\circ}00'$ de longitud Oeste. Entre los puntos más extremos escogidos para recoger la información, la línea de costa tiene una orientación E-O para luego girar hacia el SE en la Punta Viejita.

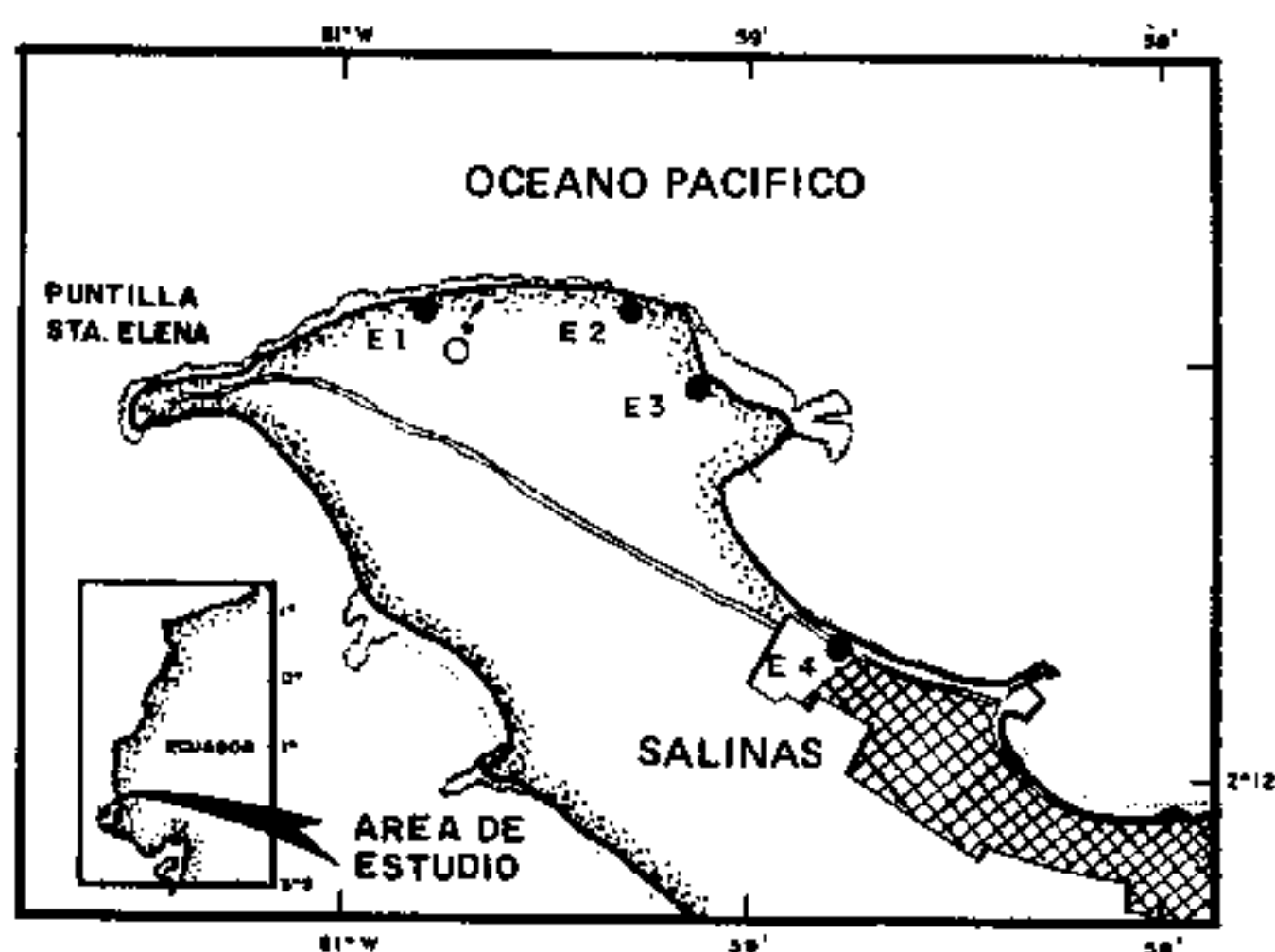


Figura 1 Área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo.

Debido a la orientación de las playas y a las condiciones de circulación y arribo de las olas existen dos ambientes claramente definidos en el sector en estudio, entre la Puntilla de Santa Elena y Punta Viejita la línea de playa está sometida a una fuerte acción dinámica de las olas y corrientes, más al Sureste las olas son de poca energía debido a los procesos de refracción, presentando una zona de calma muy atractiva al turismo.

La población más cercana es Salinas ubicada al Este y que se dedica principalmente al turismo, y en menor grado a la pesca.

Las condiciones climáticas corresponden a un clima tropical seco, las tierras son desérticas o semidesérticas produciéndose en invierno una vegetación de tipo herbáceo (Blandin, 1976).

METODOLOGIA EMPLEADA

El desarrollo del trabajo consistió en dos etapas: Trabajo de campo y trabajo de laboratorio.

Trabajo de campo.- El trabajo de campo se realizó en consideración a la selección de los lugares y los

períodos más adecuados para realizar los muestreos. Para lo cual se seleccionaron cuatro puntos a lo largo de la costa entre la Puntilla de Santa Elena y Punta Chipipe tomándose en consideración la fase de marea.

Octubre 28 a Noviembre 6 de 1990	Cuadratura y Sicigia
Noviembre 19 a Noviembre 22 1990	Sicigia
Diciembre 18 a Diciembre 20 1990	Sicigia

En cada una de las estaciones se tomó una serie de datos para determinar la dirección del transporte litoral y estimar las magnitudes de dicho transporte. En cada perfil se midió simultáneamente en intervalos de una hora la corriente litoral, altura de rompiente, dirección de llegada de las olas a la línea de costa y períodos de las mismas. Colectándose además cada dos horas una muestra de agua en la zona de rompiente con el objeto de cuantificar la cantidad de sedimento en suspensión, obteniéndose un total de 265 muestras. Una vez al día durante la marea baja se tomaron tres muestras de sedimentos de playa, en las líneas de pleamar, media marea y bajamar; colectándose un total de 197 muestras.

La corriente litoral se determinó con un pequeño flotador, el mismo que fue colocado en la zona de rompiente, midiéndose con un cronómetro el tiempo empleado en trasladarse el flotador a cierta distancia paralela a la playa. La dirección fue anotada ya sea a la izquierda o a la derecha del observador mirando hacia el mar.

La altura y el período de rompiente fueron promediados de una serie continua de las 10 olas, la altura de cada ola se estimó visualmente y el período acumulado fue medido con un cronómetro. La dirección de llegada de las olas fue medida utilizando un compás.

Trabajo de laboratorio.- En orden secuencial se realizaron los siguientes trabajos:

Análisis granulométrico: Se utilizaron las técnicas sugeridas por Folk (1969). Después del secado de las muestras en una estufa a 60°C hasta peso constante, se realizó el tamizaje seco utilizando un juego de tamices de 40 mm. 0.063 mm. de la clasificación estandar, Sieve Size. Los resultados obtenidos sirvieron para elaborar una serie de gráficos como curvas acumulativas y de frecuencia así como la obtención de los diferentes parámetros estadísticos (Tabla I).

Sólidos en Suspensión: La concentración de sedimento en suspensión se determinó por filtración al vacío utilizando un papel filtro Machey Nagel 640 D, de 12.5 cm. de diámetro; los cuales previamente fueron secados y pesados en una balanza analítica.

Después del filtrado estos papeles con el sedimento fueron secados y pesados obteniéndose por diferencia de peso la concentración del sedimento en suspensión en g/lit.

# ESTAC.	FECHA	TEXTURA	MEDIANA (ϕ)	DIAMETRO MEDIO (ϕ)	SIMETRIA	GRADO CLAS (ϕ)
1A	28-10-90	Arena Mediana	1.4509	1.4221	-0.0690	0.6174
1M	28-10-90	Arena Gruesa	0.5169	0.4373	-0.1108	1.0313
1B	28-10-90	Arena Gruesa	0.3021	0.2609	-0.1048	0.6710
1A	29-10-90	Arena Mediana	1.2952	1.3053	0.0122	0.6224
1M	29-10-90	Arena Gruesa	0.3341	1.0615	0.0943	1.0615
1B	29-10-90	Arena Gruesa	0.4747	-0.5919	-0.1373	1.1353
1A	30-10-90	Arena Mediana	1.5547	1.5063	-0.0976	0.5584
1M	30-10-90	Arena Gruesa	0.9295	0.8690	-0.0966	0.8929
1B	30-10-90	Ar. Muy Gruesa	0.0227	-0.0136	-0.0642	0.7762
1A	31-10-90	Arena Gruesa	0.6493	0.5805	-0.1304	0.8024
1M	31-10-90	Arena Gruesa	0.5129	0.4958	-0.0257	0.7106
1B	31-10-90	Arena Mediana	1.0699	1.0300	-0.2626	0.8071
1A	01-11-90	Arena Gruesa	0.8228	0.7316	-0.1523	0.9734
1M	01-11-90	Arena Mediana	0.8621	0.7806	-0.1332	0.9135
1B	01-11-90	Arena Mediana	1.9475	1.8954	-0.1320	0.5761
1A	02-11-90	Arena Mediana	1.1857	1.1647	-0.0371	0.7826
1M	02-11-90	Arena Mediana	1.6787	1.4792	-0.5529	0.5629
1B	02-11-90	Arena Mediana	2.0534	1.9999	-0.1205	0.5074
1A	03-11-90	Arena Mediana	2.0397	1.6580	-0.6480	0.7738
1M	03-11-90	Ar. Muy Gruesa	0.5108	-0.1443	-0.4304	1.0528
1B	03-11-90	Arena fina	2.0978	2.0478	-0.1364	0.5079
1A	04-11-90	Arena Mediana	1.2742	1.2617	-0.0388	0.6842
1M	04-11-90	Arena Mediana	1.7991	1.7630	-0.0973	0.6269
1B	04-11-90	Arena Mediana	1.6883	1.2138	-0.4403	1.3470
1A	05-11-90	Arena Gruesa	1.0606	0.9676	-0.1581	0.8887
1M	05-11-90	Arena Fina	2.1379	2.0979	-0.1135	0.5277
1B	05-11-90	Arena Fina	2.2564	2.2614	-0.0052	0.5141
1A	06-11-90	Arena Gruesa	0.9346	0.8656	-0.1307	0.8257
1M	06-11-90	Arena Mediana	1.8305	1.8119	-0.0660	0.5864
1B	06-11-90	Arena Fina	2.1146	2.0852	-0.0822	0.5021
1A	19-11-90	Arena Mediana	1.4026	1.3802	-0.0609	0.6699
1M	19-11-90	Arena Mediana	1.7705	1.7414	-0.0694	0.6830
1B	19-11-90	Arena Fina	2.0896	2.0440	-0.0917	0.5756
1A	20-11-90	Arena Gruesa	0.6734	0.6317	-0.0717	0.9564
1M	20-11-90	Arena Mediana	1.4484	1.3528	-0.0797	0.9615
1B	20-11-90	Arena Fina	2.0963	2.0670	-0.0627	0.5370
1A	21-11-90	Arena Gruesa	0.9976	0.9946	-0.0112	0.8610
1M	21-11-90	Arena Mediana	2.0666	1.9075	-0.1731	0.7421
1B	21-11-90	Arena Fina	2.1657	2.1350	-0.0830	0.5464
1A	22-11-90	Arena Gruesa	0.9970	0.9426	-0.0925	0.8849
1M	22-11-90	Arena Gruesa	0.8023	0.6221	-0.2997	0.9373
1B	22-11-90	Arena Gruesa	0.6611	0.6362	-0.0386	1.0625
1A	18-12-90	Arena Mediana	1.4843	1.4614	-0.0508	0.7052
1M	18-12-90	Arena Gruesa	0.6265	0.6543	0.0460	0.9187
1B	18-12-90	Arena Fina	2.2812	2.1849	-0.2173	0.7133
1A	19-12-90	Arena Mediana	1.2462	1.3598	0.0181	0.7106
1M	19-12-90	Arena Gruesa	0.6253	0.6384	0.0084	1.1000
1B	19-12-90	Arena Mediana	2.0348	1.8424	-0.2876	0.8538
1A	20-12-90	Arena Mediana	1.5565	1.5020	-0.1103	0.7305
1M	20-12-90	Arena Gruesa	0.8040	0.8166	0.0101	1.0751
1B	20-12-90	Arena Fina	2.4236	2.3475	-0.1846	0.6805
2A	28-10-90	Arena Mediana	1.2844	1.3284	0.0885	0.6563
2M	28-10-90	Arena Gruesa	0.8620	0.9675	0.1607	0.8922
2B	28-10-90	Arena Gruesa	0.8504	0.9675	-0.0931	1.2550
2A	29-10-90	Arena Mediana	1.1567	1.2046	0.0997	0.7291
2M	29-10-90	Arena Mediana	1.1194	1.1600	0.0442	0.8693
2B	29-10-90	Arena Gruesa	0.8867	0.5955	-0.2962	1.6557
2A	30-10-90	Arena Gruesa	0.9499	0.9809	0.0879	0.5881
2M	30-10-90	Arena Mediana	1.0563	1.1426	0.1309	0.8240
2B	30-10-90	Arena Mediana	1.1704	1.1619	-0.0450	0.9812
2A	31-10-90	Arena Mediana	1.1085	1.1788	0.1690	0.6774
2M	31-10-90	Arena Gruesa	0.6927	0.7663	0.1375	0.9534
2B	31-10-90	Ar. Muy Gruesa	-0.4865	-0.7915	-0.2538	1.5671
2A	31-10-90	Arena Mediana	1.1753	1.2574	0.1759	0.7143
2M	31-10-90	Arena Mediana	1.0482	1.1377	0.1883	0.7334
2B	31-10-90	Arena Mediana	0.9533	1.1030	0.1490	0.9714
2A	01-11-90	Arena Mediana	1.0406	1.1322	0.1344	0.8605

TABLA Ia.- Parámetros estadísticos

# ESTAC.	FECHA	TEXTURA	MEDIANA (Ø)	DIAMETRO MEDIO (Ø)	SIMETRIA	GRADO CLAS (Ø)
2M	01-11-90	Arena Gruesa	0.4972	0.4070	-0.1918	0.5679
2B	01-11-90	Arena Fina	2.6510	2.6083	-0.1488	0.4711
2A	02-11-90	Arena Mediana	1.0441	1.1063	0.1577	0.6444
2M	02-11-90	Arena Gruesa	0.8240	0.9686	0.3294	0.7449
2B	02-11-90	Arena Mediana	1.6448	1.4545	-0.2488	1.0761
2A	03-11-90	Arena Mediana	1.1886	1.2490	0.1141	0.7450
2M	03-11-90	Arena Fina	2.3709	2.3581	-0.0517	0.5148
2B	03-11-90	Arena Fina	2.4535	2.4121	-0.0862	0.5224
2A	04-11-90	Arena Gruesa	0.8328	0.8951	0.1393	0.6003
2M	04-11-90	Arena Mediana	0.9945	1.1440	0.2026	0.9260
2B	04-11-90	Arena Fina	2.6680	2.5949	-0.1928	0.5686
2A	05-11-90	Arena Gruesa	0.9280	0.9718	0.0994	0.6149
2M	05-11-90	Arena Mediana	1.5104	1.3813	-0.1820	0.8267
2B	05-11-90	Arena Mediana	1.2515	1.2123	-0.1291	0.5531
2A	05-11-90	Arena Gruesa	0.7640	0.7457	-0.0529	0.6788
2M	06-11-90	Arena Fina	2.0282	2.0188	-0.0188	0.5042
2B	06-11-90	Arena Mediana	1.6458	1.5412	-0.2068	0.6577
2A	19-11-90	Arena Mediana	1.1279	1.2146	0.1838	0.7307
2M	19-11-90	Arena Mediana	1.4229	1.2399	0.2239	0.2505
2B	19-11-90	Arena Fina	2.6324	2.5791	-0.1773	0.4804
2A	20-11-90	Arena Gruesa	0.8304	0.8695	0.0582	0.9969
2M	20-11-90	Arena Gruesa	0.9092	0.9480	0.0017	0.3561
2B	20-11-90	Arena Fina	2.5650	1.1763	-0.1834	0.4956
2A	21-11-90	Arena Mediana	1.4108	1.4401	0.0404	0.7786
2M	21-11-90	Arena Mediana	1.7997	1.5570	-0.3417	1.0063
2B	21-11-90	Arena Fina	2.5689	2.5084	-0.1739	0.4590
2A	22-11-90	Arena Mediana	0.8647	1.0279	-0.3095	0.7652
2M	22-11-90	Arena Mediana	1.2462	1.2469	-0.0313	1.0187
2B	22-11-90	Arena Fina	2.4307	2.3545	-0.2030	0.5638
2A	18-12-90	Arena Mediana	1.0818	1.2082	-0.2113	0.8649
2M	18-12-90	Arena Gruesa	0.5356	0.6710	0.1791	0.2578
2B	18-12-90	Arena Mediana	1.2525	1.1439	-0.1703	0.9710
2A	19-12-90	Arena Fina	2.2663	2.1108	-0.2683	0.8917
2M	19-12-90	Arena Gruesa	0.8272	0.9627	0.1325	1.1805
2B	19-12-90	Arena Fina	2.5632	2.4656	-0.2290	0.5517
2A	20-12-90	Arena Mediana	0.9927	1.0841	0.2156	0.6627
2M	20-12-90	Arena Gruesa	0.4478	0.5372	0.1216	1.2197
2B	20-12-90	Arena Fina	2.5689	2.4828	-0.2024	0.5460
3A	28-10-90	Arena Gruesa	0.7640	0.7524	-0.0456	0.6095
3B	28-10-90	Arena Mediana	1.5525	1.5388	-0.0299	0.4986
3M	28-10-90	Arena Mediana	1.5571	1.4047	-0.2903	0.7421
3A	29-10-90	Arena Mediana	1.1605	1.1587	-0.0042	0.4948
3M	29-10-90	Arena Mediana	1.7056	1.6759	-0.0905	0.5751
3B	29-10-90	Arena Mediana	1.9850	1.9814	0.0052	0.4605
3A	30-10-90	Arena Fina	2.9625	2.9726	0.0411	0.4749
3M	30-10-90	Arena Mediana	1.5542	1.5232	-0.0687	0.4917
3B	30-10-90	Arena Fina	2.0722	2.0086	-0.1983	0.4324
3A	31-10-90	Arena Mediana	1.8096	1.7776	-0.1226	0.5392
3M	31-10-90	Arena Mediana	1.4832	1.4702	-0.0213	0.4787
3B	31-10-90	Arena Fina	2.0009	2.0033	0.0217	0.5077
3A	01-11-90	Arena Fina	2.0774	2.0879	0.0420	0.5256
3M	01-11-90	Arena Mediana	1.7701	1.7735	-0.0177	0.4630
3B	01-11-90	Arena Mediana	2.0169	1.8849	-0.2803	0.6475
3A	02-11-90	Arena Fina	2.1290	2.1145	-0.0280	0.5547
3M	02-11-90	Arena Mediana	1.5191	1.4895	-0.6499	0.5663
3B	02-11-90	Arena Fina	2.3020	2.3084	-0.0082	0.5426
3A	03-11-90	Arena Fina	2.2144	2.2350	0.0570	0.4816
3M	03-11-90	Arena Mediana	1.7122	1.6760	-0.1122	0.5266
3B	03-11-90	Arena Mediana	1.5094	1.3221	0.3263	0.5333
3A	04-11-90	Arena Mediana	2.0990	1.3703	-0.6438	1.6663
3M	04-11-90	Arena Fina	2.1853	2.1409	-0.1062	0.7372
3B	04-11-90	Arena Mediana	1.5876	1.5256	-0.1258	0.6043
3A	05-11-90	Arena Fina	2.4849	2.4044	-0.1822	0.5050
3M	05-11-90	Arena Fina	2.1264	2.1138	-0.0341	0.4728
3B	05-11-90	Arena Mediana	1.6610	1.6109	-0.1358	0.5403
3A	06-11-90	Arena Fina	2.1724	2.1233	-0.1318	0.5639
3M	06-11-90	Ar.Muy Gruesa	0.2203	-0.1056	0.1401	1.1776

TABLA Ib.- Parámetros estadísticos

# ESTAC.	FECHA	TEXTURA	MEDIANA (ϕ)	DIAMETRO MEDIO (ϕ)	SIMETRIA	GRADO CLAS (ϕ)
3B	06-11-90	Arena Mediana	1.9241	1.9100	-0.0402	0.4365
3A	19-11-90	Arena Mediana	1.5343	1.4308	-0.2038	0.7054
3M	19-11-90	Arena Fina	2.1301	2.0930	0.1165	0.4836
3B	19-11-90	Arena Fina	2.1009	2.0528	-0.1362	0.4878
3A	20-11-90	Arena Mediana	1.5149	1.4252	-0.1881	0.6433
3M	20-11-90	Arena Mediana	1.4119	1.3925	-0.1158	0.6911
3B	20-11-90	Arena Fina	2.1417	2.1154	-0.0868	0.4785
3A	21-11-90	Arena Mediana	1.2392	1.2740	-0.0874	0.7346
3M	21-11-90	Arena Mediana	1.8218	1.8472	-0.0715	0.4644
3B	21-11-90	Arena Fina	2.1137	2.0772	-0.0951	0.5942
3A	22-11-90	Arena Mediana	1.6232	1.6088	-0.0186	0.5664
3M	22-11-90	Arena Fina	2.1350	2.1149	-0.0715	0.4586
3B	22-11-90	Arena Fina	2.1327	2.1288	-0.0060	0.4762
3A	18-12-90	Arena Mediana	1.5761	1.3115	-0.4064	0.9212
3M	18-12-90	Arena Mediana	1.6572	1.6089	-0.1405	0.5119
3B	18-12-90	Arena Mediana	2.0438	2.0150	-0.0746	0.4440
3A	19-12-90	Arena Mediana	1.6534	1.5867	-0.1644	0.5689
3M	19-12-90	Arena Mediana	1.6816	1.6643	-0.0585	0.4698
3B	19-12-90	Arena Mediana	1.9119	1.9175	-0.0309	0.4536
3A	2-12-90	Arena Mediana	1.8538	1.8396	-0.0599	0.4439
3M	20-12-90	Arena Mediana	1.7136	1.6786	-0.1126	0.5140
3B	20-12-90	Arena Fina	2.0533	2.0298	-0.0644	0.4605
4A	31-10-90	Arena Fina	2.5454	2.5230	0.0543	0.4522
4M	31-10-90	Arena Fina	2.5051	2.4840	-0.0453	0.4304
4B	31-10-90	Arena Fina	2.5825	2.5311	-0.1517	0.4618
4A	01-11-90	Arena Fina	2.5406	2.5205	-0.0489	0.4281
4M	01-11-90	Arena Fina	2.5829	2.5425	-0.1203	0.4451
4B	01-11-90	Arena Fina	2.6623	2.6600	-0.0322	0.3968
4A	02-11-90	Arena Fina	2.6306	2.6209	-0.0438	0.3971
4M	02-11-90	Arena Fina	2.5882	2.5469	-0.1253	0.4459
4B	02-11-90	Arena Fina	2.6056	2.5841	-0.0748	0.4038
4A	03-11-90	Arena Fina	2.6099	2.6011	-0.0271	0.4029
4M	03-11-90	Arena Fina	2.5119	2.4227	-0.1944	0.5284
4B	03-11-90	Arena Fina	2.7115	2.6749	-0.1301	0.4957
4A	04-11-90	Arena Fina	2.3854	2.3829	-0.0068	0.4709
4M	04-11-90	Arena Fina	2.6744	2.6603	-0.0751	0.4156
4B	04-11-90	Arena Fina	2.7670	2.7637	-0.0320	0.4344
4A	05-11-90	Arena Fina	2.6512	2.6471	-0.0322	0.3992
4M	05-11-90	Arena Fina	2.6311	2.5924	-0.1375	0.4506
4B	05-11-90	Arena Fina	2.6705	2.6206	-0.1555	0.5086
4A	06-11-90	Arena Fina	2.5062	2.4757	-0.0740	0.4333
4M	06-11-90	Arena Fina	2.4996	2.4739	-0.0592	0.4296
4B	06-11-90	Arena Fina	2.6857	2.6573	-0.1200	0.4471
4A	19-11-90	Arena Fina	2.5893	2.5673	-0.0682	0.4074
4M	19-11-90	Arena Fina	2.5434	2.5178	-0.0720	0.3996
4B	19-11-90	Arena Fina	2.6211	2.5731	-0.1528	0.4758
4A	20-11-90	Arena Fina	2.6627	2.6526	-0.0622	0.3798
4M	20-11-90	Arena Fina	2.6171	2.6053	-0.0469	0.3886
4B	20-11-90	Arena Fina	2.6955	2.6889	-0.0438	0.4243
4A	21-11-90	Arena Fina	2.6454	2.6320	-0.0704	0.3716
4M	21-11-90	Arena Fina	2.5178	2.4709	-0.1106	0.4819
4B	21-11-90	Arena Fina	2.5669	2.4530	-0.2622	0.6146
4A	22-11-90	Arena Fina	2.6825	2.6785	-0.0542	0.3788
4M	22-11-90	Arena Fina	2.5588	2.5191	-0.1034	0.4475
4B	22-11-90	Arena Fina	2.4997	2.3577	-0.3013	0.6380
4A	18-12-90	Arena Fina	2.4375	2.4324	-0.0107	0.4262
4M	18-12-90	Arena Fina	2.5938	2.5789	-0.0450	0.3833
4B	18-12-90	Arena Fina	2.6677	2.6266	-0.1639	0.4483
4A	19-12-90	Arena Fina	2.5556	2.5256	-0.0826	0.4369
4M	19-12-90	Arena Fina	2.6269	2.6150	-0.0636	0.3991
4B	19-12-90	Arena Fina	2.7379	2.7348	-0.0336	0.4224
4A	20-12-90	Arena Fina	2.5111	2.4796	-0.0763	0.4392
4M	20-12-90	Arena Fina	2.6750	2.6638	-0.0760	0.3938
4B	20-12-90	Arena Fina	2.7613	2.7561	-0.0408	0.4447

TABLA Ic.- Parámetros estadísticos

RESULTADOS

Granulometría: Luego de realizado el análisis granulométrico y determinada la textura del sedimento se procedió a elaborar la curva granulométrica y la obtención de los diferentes parámetros estadísticos cuya interpretación ayudó a determinar las características del material estudiado. Entre los parámetros analizados se mencionan: moda, mediana, simetría y grado de clasificación.

Histogramas: Corresponden al tamaño más frecuente en la distribución y es el tamaño de la clase modal del histograma de frecuencias que se obtiene de cada una de las muestras.

Los histogramas se graficaron con los porcentajes de la fracción retenida de cada una de las muestras e indican que hay predominancia de una sola clase modal (Unimodales) en las cuatro estaciones, lo que significa que no hay mezclas de otras poblaciones de clastos y por lo tanto la zona está afectada por una misma dinámica de sedimentación.

De acuerdo a una estadística realizada se indica que en las estaciones 1 y 3 la moda se ubica entre 1 FI y 2 FI que corresponde a las arenas medianas, en la estación 4 la moda se ubica entre 2 FI y 3 FI que corresponde al diámetro de las arenas finas; mientras que en la estación 2 la moda se encuentra entre 0 FI a 1 FI que corresponde a las arenas gruesas.

Estación 1: Arena mediana 42,5%; arena fina 27,7%

Estación 2: Arena gruesa 49, 2 %; arena fina 30,5%

Estación 3: Arena mediana 59,2%; arena fina 38,8%

Estación 4: Arena fina 100%

En la figura 2 se presenta la distribución de las modas en cada una de las estaciones, así se tiene que en la estación 1 las modas de las muestras (unimodales) se agrupan en cuatro clases diferentes de grano; desde la grava muy fina hasta la arena fina; en la estación 2 las modas se reducen a tres clases que van desde arena gruesa hasta arena fina; en la estación 3 se observa prácticamente, dos clases de modas, arena mediana y arena fina para finalmente observar en la estación 4 una sola clase modal y que corresponde a las arenas finas. Este comportamiento induce ya a pensar que el material se va clasificando de la estación 1 hacia la estación 4 y que es en este sentido el transporte de material.

Mediana: O diámetro central, representa el tamaño de la mitad en peso, de las frecuencias. A pesar de que este parámetro no es muy representativo, su análisis

comparativo entre estaciones es muy útil ya que guarda concordancia con los resultados de los otros parámetros estadísticos al mostrar la presencia de arena gruesa en las estaciones 1 y 2.

Una estadística realizada con el total de muestras presenta el porcentaje predominante en cada estación.

Estación 1: Arena gruesa 39,2 %; arena mediana 35,3%

Estación 2: Arena mediana 40,7%; arena gruesa 35,2%

Estación 3: Arena mediana 54,9%; arena fina 41,2%

Estación 4: Arena fina 100%

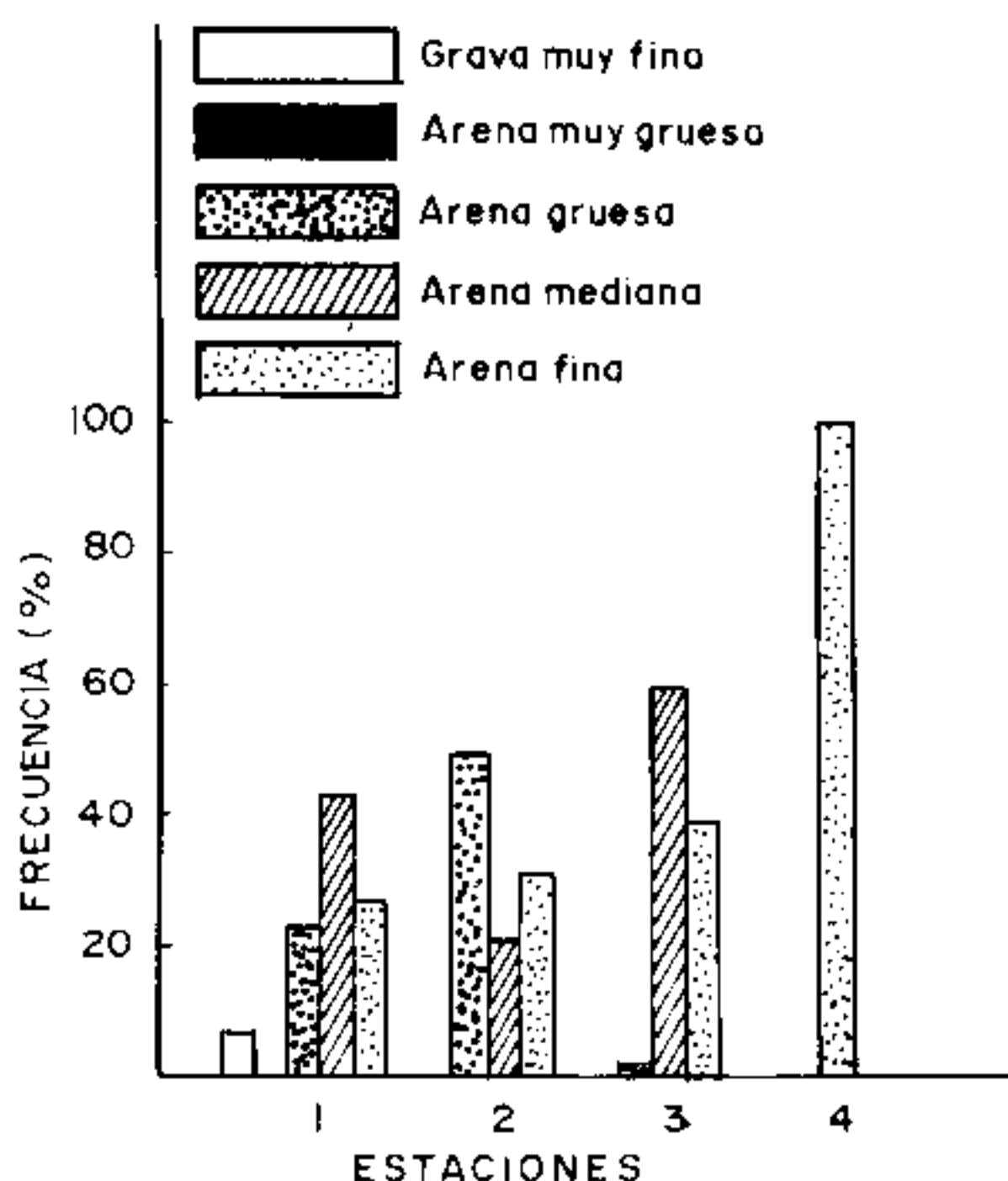


Figura 2 Moda

La Figura 3 indica la distribución de la mediana en cada una de las estaciones, observándose que en las estaciones 1 y 2 se encontraron muestras de arena clasificadas como arena fina en un porcentaje significativo. Se aprecia además que en la estación 4 el total de las muestras fueron clasificadas como arena fina.

Diámetro Medio: Se determina por la categoría del tamaño de las partículas que constituyen la porción más abundante del sedimento. Utilizando la escala de Wenworth (1922) se elaboró esta distribución encontrándose los siguientes intervalos.

Arena muy gruesa:	-1 FI a 0 FI
Arena gruesa:	0 FI a 1 FI
Arena mediana:	1 FI a 2 FI
Arena fina:	2 FI a 3 FI
Arena muy fina:	3 FI a 4 FI

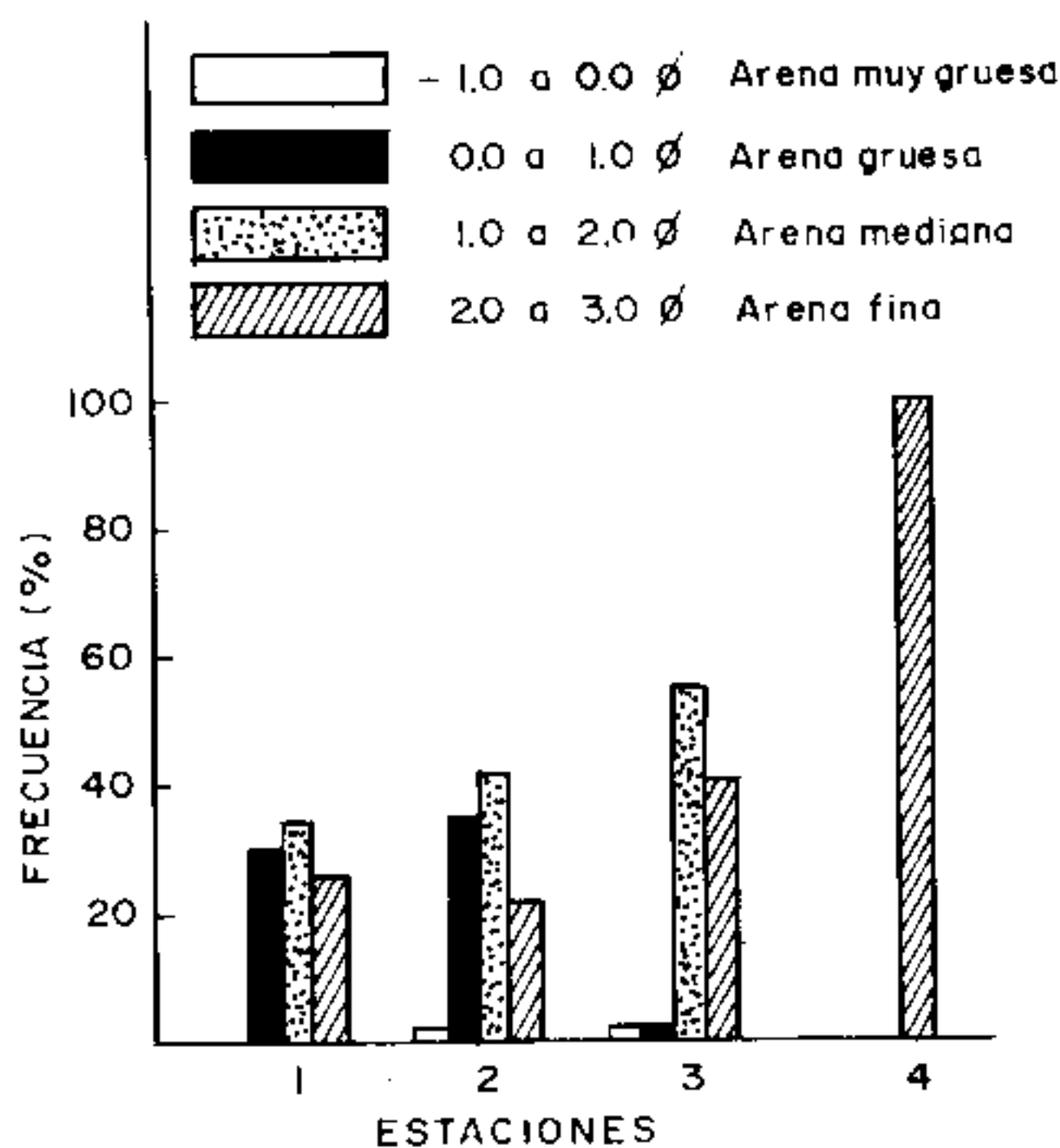


Figura 3 Mediana

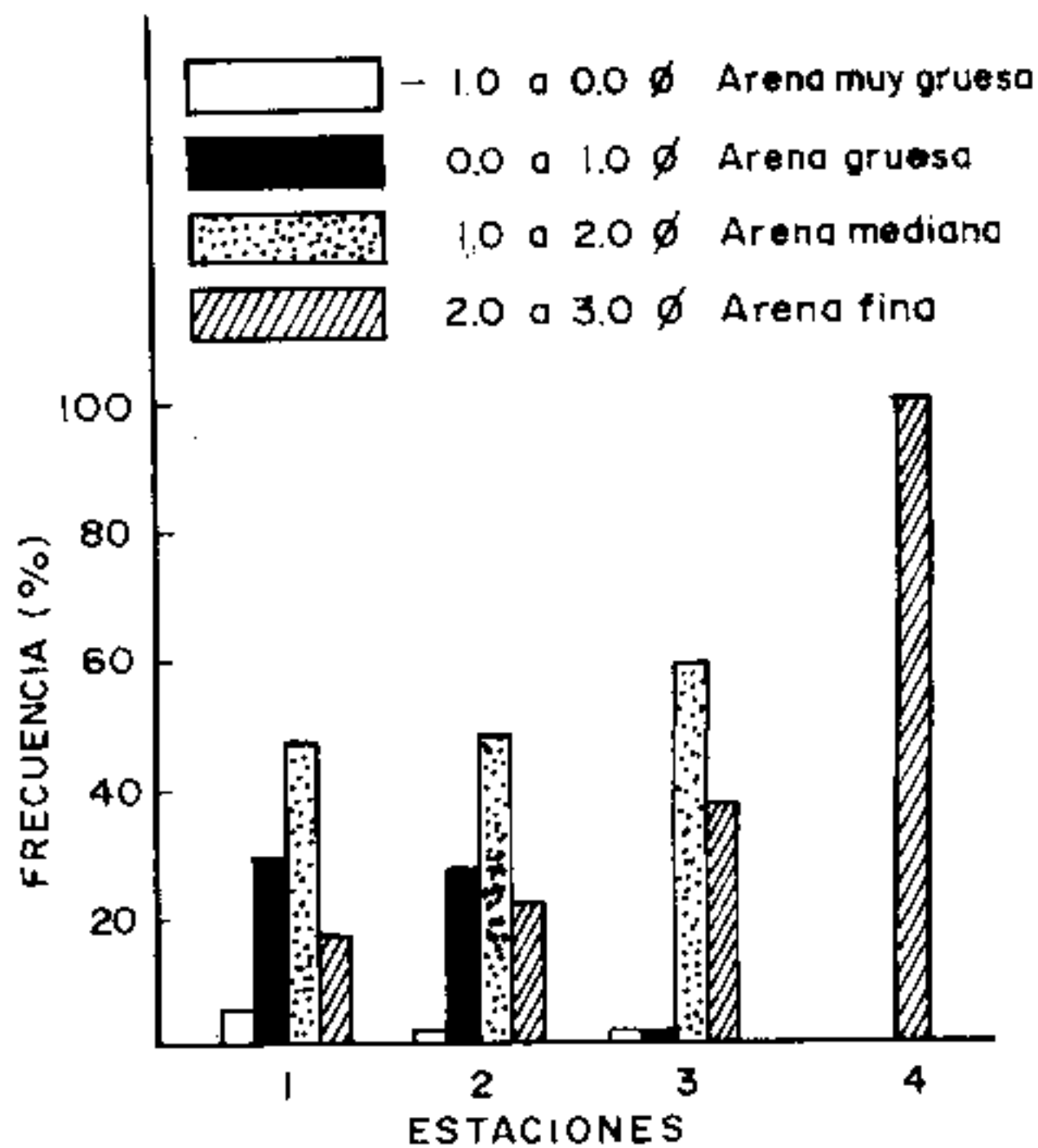


Figura 4 Diámetro medio

Esta clasificación textural de cada muestra de arena se hizo tomando en cuenta las dos fracciones que presentan el mayor porcentaje de grano y permite establecer la predominancia de un determinado grupo de arena (Wenworth 1922).

Según una estadística realizada los porcentajes obtenidos en cada estación son los siguientes:

Estación 1: Arena mediana 47,0%; arena gruesa 29,4%
Estación 2: Arena mediana 48,1%; arena gruesa 27,7%
Estación 3: Arena mediana 58,8%; arena fina 37,2%
Estación 4: Arena fina 100%

De acuerdo a estos porcentajes se deduce que los sedimentos de diámetro medio cercano al tamaño arena fina son los mejores seleccionados debido a que la arena fina es movida con mayor facilidad, mientras que los sedimentos mas gruesos son movidos por reptación superficial y tienden a quedar rezagados, esto indica que las arenas del área estudiada se van seleccionando de una estación a otra, para finalmente encontrar un solo tipo de selección el cual se pone de manifiesto en la estación 4 que corresponde a una arena fina bien seleccionada (Miró, 1969) , (Fig 4)

Grado de clasificación: Este parámetro depende de la efectividad de un agente selectivo que por lo general es dinámico, por lo tanto indica la dirección de algún tipo de transporte.

La figura 5 presenta una estadística del grado de clasificación de las muestras tomadas en cada estación. Se puede observar que la estación 1 presenta valores que van entre 0,71 FI y 1,00 FI y que corresponden a un material moderadamente seleccionado.

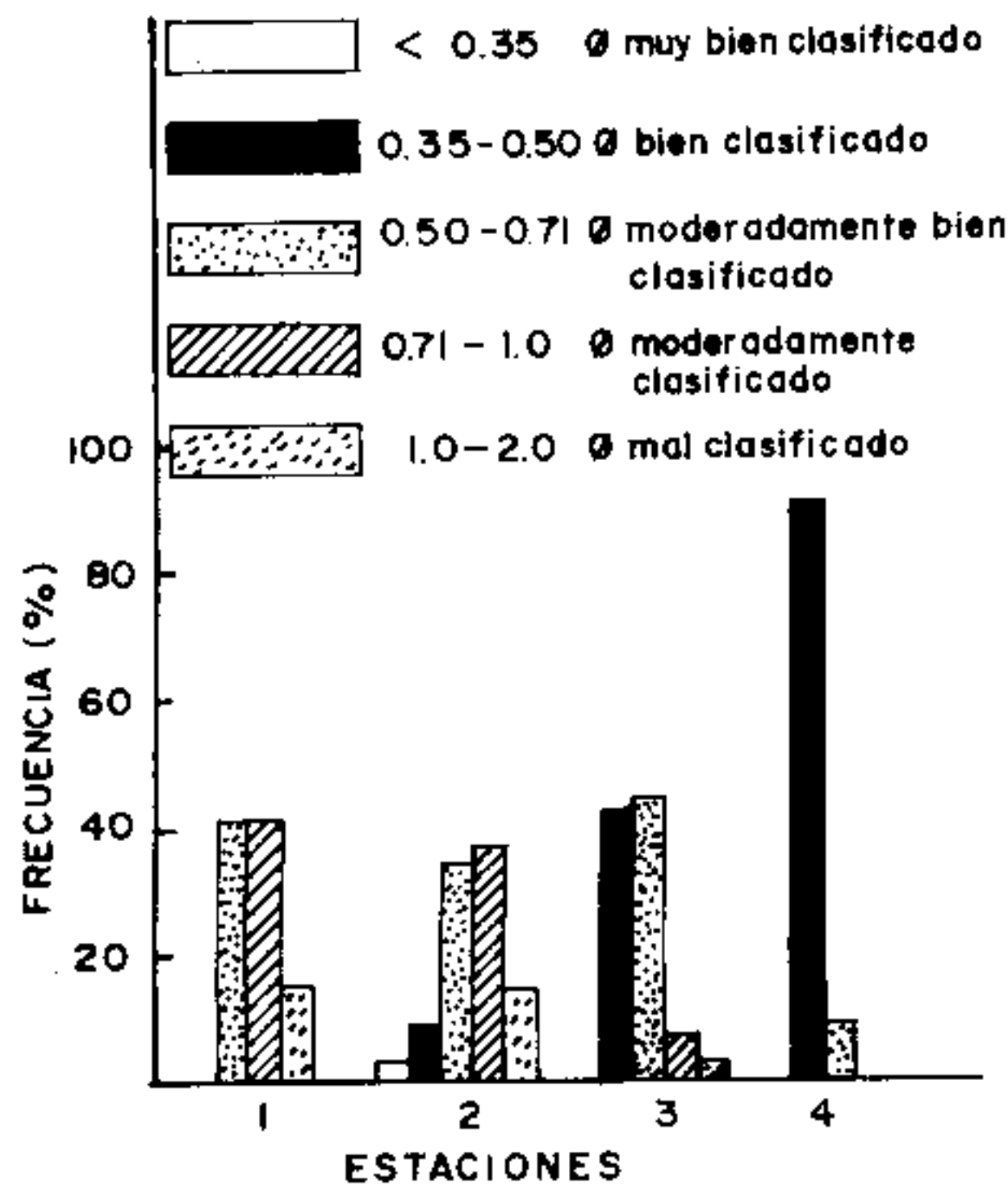


Figura 5 Clasificación

En la estación 2 las muestras presentan un grado de clasificación de un material bien seleccionado el mismo que está definido como un sedimento de diámetro entre 0,35 FI y 0,50 FI. Este material va aumentando progresivamente en las estaciones 3 y 4, en esta última estación se observa una tendencia de los sedimentos a presentar un único tamaño es decir una arena fina bien seleccionada.

Simetría: Indica el grado de desviación de los tamaños que son diferentes del diámetro central, de esta forma se conoce si en una muestra predominan las mezclas gruesas y las finas.

El grado de simetría más frecuente en cada estación se presentó de la siguiente manera:

- Estación 1: Casi asimétrico 54,9%; asimétrico hacia los tamaños gruesos 27,2%
- Estación 2: Asimétrico hacia los tamaños finos 35,2%
Asimétrico hacia los tamaños gruesos 21,5%
- Estación 3: Casi asimétrico 56,9%
Asimétrico hacia los tamaños gruesos 35,3%
- Estación 4: Casi asimétrico 66,7%
Asimétrico hacia los tamaños gruesos 2,86%

En la figura 6 se indica la distribución de la simetría de cada estación. Observándose que en las estaciones 1 ,3 y 4 predominan las muestras casi asimétricas, característica que es propia de las arenas de playa. La estación 2 se comporta diferente sin mostrar una tendencia de las muestras a agruparse hacia algún grado de simetría en especial.

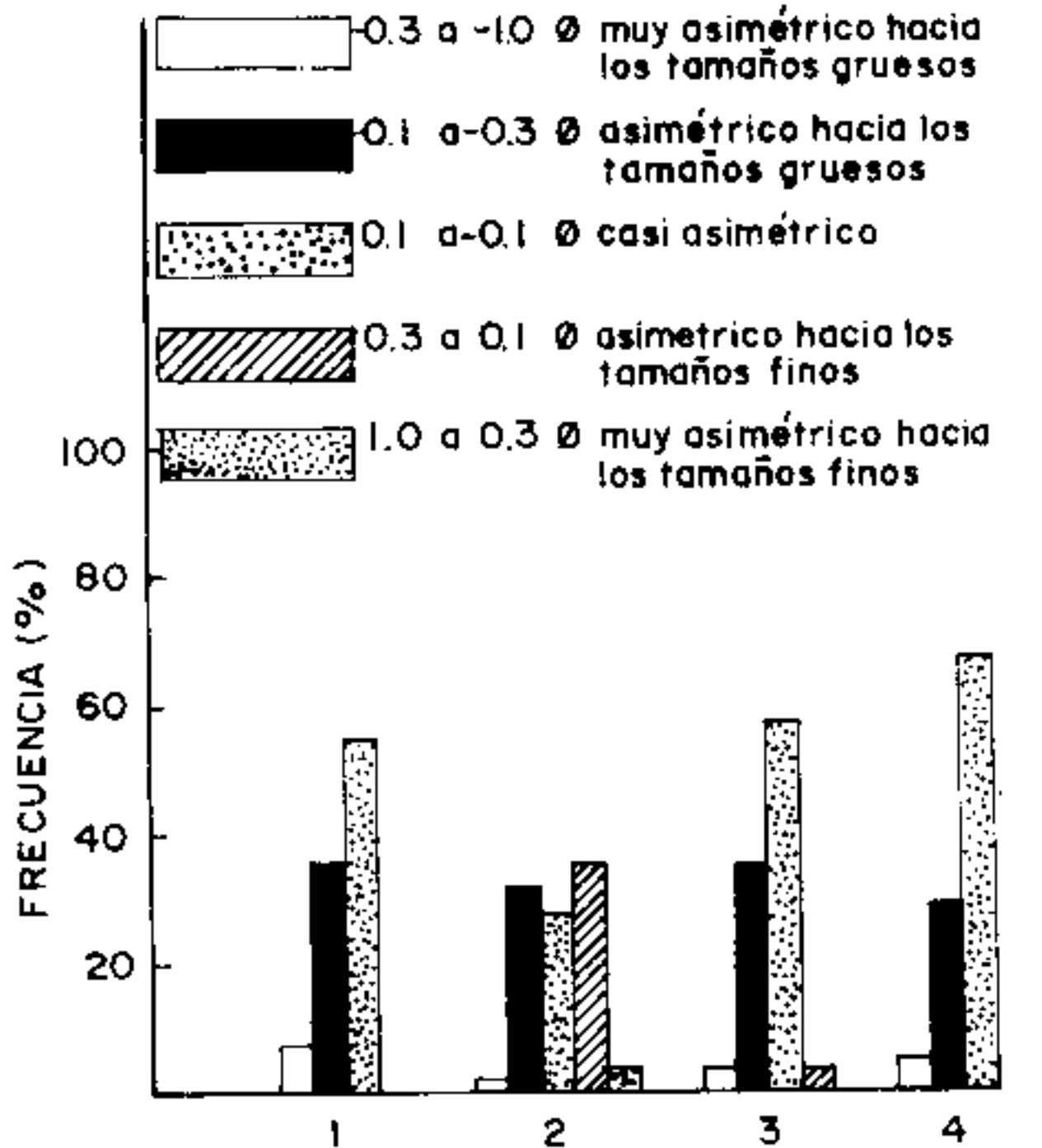


Figura 6 Simetría

Curtosis: Es el parámetro que mide el grado de clasificación de los extremos de la distribución granulométrica, respecto al grado de clasificación de la porción central.

Según la estadística realizada los porcentajes de curtosis más frecuentes fueron los siguientes:

- Estación 1: Mesocúrtica 60%; leptocúrtica 20%
- Estación 2: Mesocúrtica 50%; platicúrtica 25,5%
- Estación 3: Mesocúrtica 70%; leptocúrtica 19,6%
- Estación 4: Mesocúrtica 69%; leptocúrtica 31,0%

En la figura 7 se observa que en las 4 estaciones predominan los sedimentos mesocúrticos seguidas de material leptocúrtico; en las estaciones 1 y 2 y en especial en esta última hay un importante porcentaje de muestras de material platicúrtico.

Luego de interpretado los parámetros estadísticos se observa que el material sedimentario del área estudiada está constituido por partículas de textura fundamentalmente arenosa, la misma que se va clasificando de la estación 1 hacia la estación 4 y que se caracteriza por la presencia de una arena fina en su totalidad. Esta estación corresponde al sector de playa y está compuesta de arena fina debido a la baja energía del oleaje que recibe, por estar protegida por la Puntilla de

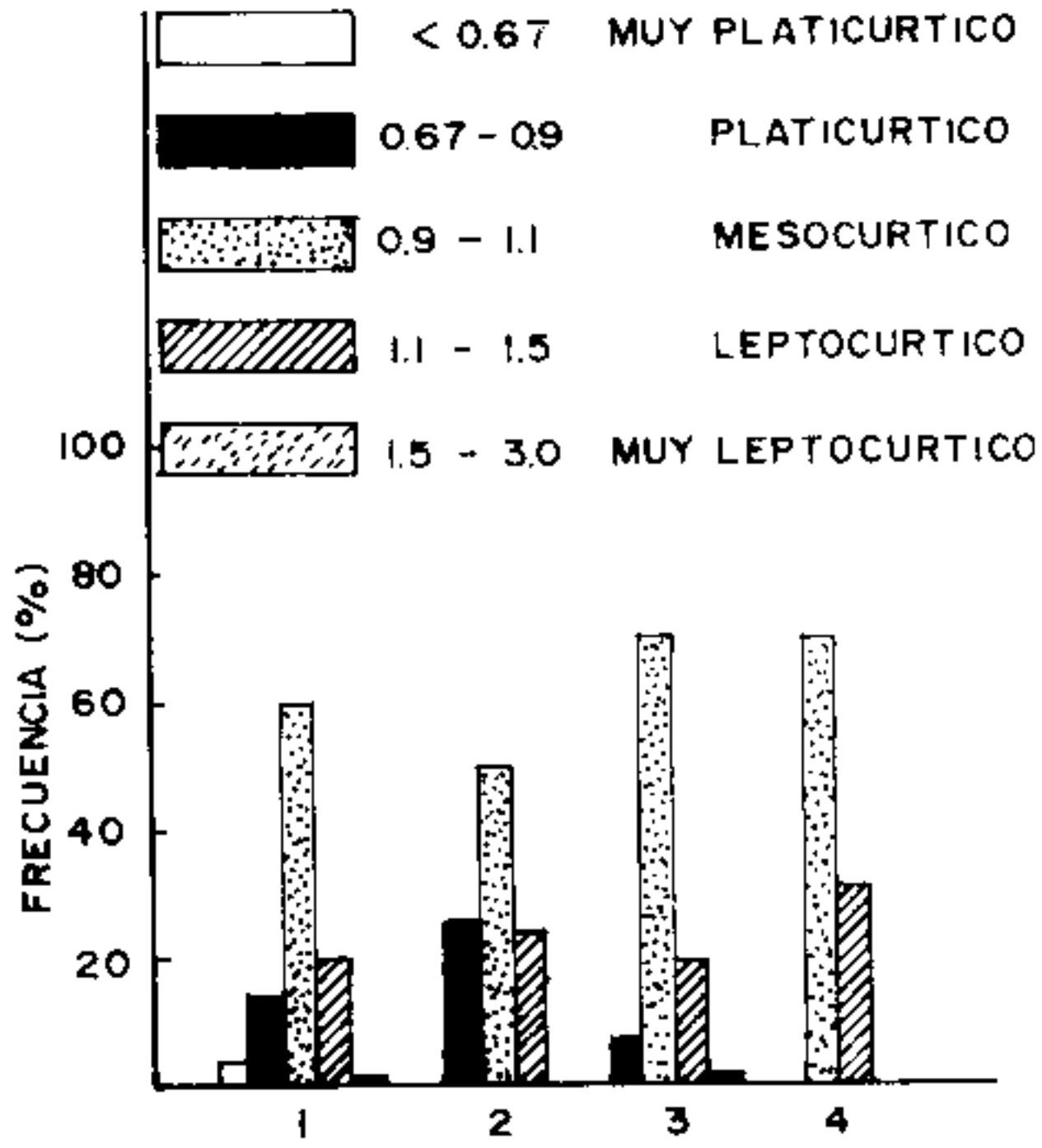


Figura 7 Curtosis

Santa Elena, la misma que la protege de las fuertes corrientes litorales; además existe un proceso de clasificación natural de los materiales de playas.

SOLIDOS EN SUSPENSION

Debido a que el material transportado en la zona estudiada es arena fina, la carga suspendida juega un papel importante en el transporte total de sedimento. La concentración de los sedimentos en suspensión varió en cada una de las estaciones, debido probablemente a una serie de factores; tales como la fuerte variación de la concentración instantánea de sedimentos al paso de la ola o de la dificultad de muestrear siempre al mismo nivel y del estado de marea. Así vemos que en cada estación las concentraciones máximas y mínimas fueron:

Observando que las mínimas concentraciones se producen durante la marea de cuadratura con valores que van desde 0.010 g/lit en la estación 1, mientras que las máximas concentraciones se presentan durante la marea

de Sicigia que es donde se encuentran las mayores amplitudes de marea; con rangos que van hasta 3.9 g/lit para la estación 2.

Cuando existen condiciones mínimas de oleaje como en el caso de la estación 4, seguramente se producirá la depositación de los sedimentos finos. Cuando esto no ocurre y por las corrientes de transporte de masa debido a las olas, los sedimentos, en suspensión y quizás las arenas finas de la plataforma que han sido removidas por el dragado de fondo de las olas de mayor altura y período, son transportados hacia la playa, donde no se sedimentan, sino los más gruesos. Estos sedimentos finos son acarreados por las corrientes litorales, hasta ser depositados en algún punto donde la energía del lugar no sea suficiente como para tenerlos en suspensión. Lo cual se pone de manifiesto en la estación 4, la misma que se caracteriza por presentar un mismo tamaño de grano (arena fina), en la cual la energía del lugar es de apenas 6.47 watt/m; a diferencia de la estación 1 en donde el valor de la energía es de 59.77 watt/m y se encuentra a más de sedimento fino mayor porcentaje de sedimento grueso (Tabla II)

Estaciones	Mínimo g/lit.	Máximo g/lit.
1	0.010	2.01
2	0.018	3.90
3	0.016	1.85
4	0.019	2.6

ESTACION	FECHA	HORA	CONCENTRACION mg/l	ESTACION	FECHA	HORA	CONCENTRACION mg/l
1	27-10-90	11h00	22,315	1	27-10-90	13h00	32,81
1		13h00	26,28	1		15h00	44,60
1		15h00	25,41	2		11h00	85,50
1	28-10-90	09h00	27,19	2	28-10-90	13h00	27,65
1		11h00	268,00	2		15h00	51,90
1		13h00	23,06	2		09h00	97,62
1	29-10-90	15h00	35,69	2	29-10-90	11h00	20,77
1		09h00	22,59	2		13h00	44,34
1		11h00	25,93	2		15h00	91,53
1	30-10-90	13h00	140,98	1	30-10-90	09h00	37,86
1		15h00	25,79	2		11h00	76,94
1		09h10	59,26	2		13h00	36,06
1	31-10-90	11h00	55,25	2	31-10-90	15h00	50,85
1		13h20	53,60	2		09h00	58,41
1		15h00	37,78	2		11h00	60,70
1	01-11-90	09h20	37,60	2	01-11-90	13h00	84,83
1		11h00	181,61	2		15h00	32,60
1		13h20	97,60	2		09h00	58,00
1	02-11-90	15h00	10,03	2	02-11-90	11h00	35,90
1		09h30	47,11	2		13h00	18,20
1		11h00	42,86	2		15h00	56,06
1	03-11-90	13h00	147,55	2	03-11-90	09h00	29,20
1		15h00	29,91	2		11h00	90,10
1		09h00	48,84	2		13h00	28,28
1	04-11-90	11h00	153,70	2	04-11-90	15h00	33,78
1		13h00	253,41	2		09h00	45,53
1		15h00	1.298,99	2		11h00	216,00
1	05-11-90	09h00	50,76	2	05-11-90	13h00	349,50
1		11h00	26,54	2		15h00	3.203,52
1		13h00	854,19	2		09h00	55,00
1	06-11-90	15h00	304,63	2	06-11-90	11h00	40,40
1		09h00	2.007,92	2		13h00	103,11'
1		11h00	277,98	2		15h00	3.903,94
1	19-11-90	09h10	27,12	2	19-11-90	09h00	326,92
1		11h10	28,06	2		11h00	78,38
1		13h15	23,36	2		09h00	295,28
1	20-11-90	15h00	315,67	2	20-11-90	11h00	95,19
1		09h00	231,45	2		13h00	25,67
1		11h00	128,55	2		15h00	555,70
1	21-11-90	13h00	1.768,33	2	21-11-90	09h00	230,00
1		15h00	831,49	2		11h00	135,25
1		09h00	50,89	2		13h00	1.063,90
1	22-11-90	11h00	44,60	2	22-11-90	15h00	686,10
1		13h00	20,70	2		09h00	541,55
1		15h00	28,00	2		11h00	25,70
1	18-12-90	09h00	48,24	2	18-12-90	13h00	382,60
1		11h00	110,78	2		15h00	68,89
1		13h10	346,25	2		09h00	22,23
1	19-12-90	15h00	29,87	2	19-12-90	11h00	633,23
1		09h00	495,05	2		13h00	1.756,90
1		11h00	43,63	2		15h00	350,28
1	20-12-90	13h00	216,30	2	20-12-90	09h00	57,44
1		15h00	1.266,50	2		11h00	136,65
1		09h00	134,84	2		13h00	55,00
1	18-12-90	11h00	25,26	2	18-12-90	15h00	1.212,00
1		13h00	42,14	2		09h00	47,48
1		15h00	444,09	2		11h00	363,27
1	19-12-90	09h00	88,84	2	19-12-90	13h00	129,09
1		11h00	672,78	2		15h00	279,25
1		13h00	162,40	2		09h00	73,80
1	20-12-90	15h00	47,50	2	20-12-90	11h00	148,89
1		09h00	97,70	2		13h00	77,40
1		11h00	204,20	2		15h00	87,88
1	20-12-90	13h00	700,20	2	20-12-90	09h00	189,61
1		15h00	243,14	2		11h00	202,26
1		09h00	37,76	2		13h00	853,89
1	20-12-90	11h00	25,70	2		15h00	350,43
1				2			
1				2			

TABLA IIa- Sólidos en suspensión

ESTACION	FECHA	HORA	CONCENTRACION mg/l	ESTACION	FECHA	HORA	CONCENTRACION mg/l
2	20-12-90	09h00	24,90	3		11h00	225,20
2		11h00	41,11	3		13h00	282,60
2		13h00	192,29	3		15h00	212,36
2		15h00	408,91	3	29-12-90	09h00	39,39
3	27-10-90	11h00	94,62	3		11h00	39,70
3		13h00	86,56	3		13h00	33,66
3		15h00	19,89	3		15h00	53,30
3	28-10-90	09h00	93,29	4	30-10-90	09h00	30,96
3		11h00	16,29	4		11h00	35,45
3		13h00	81,88	4		13h00	44,70
3		15h00	37,38	4		15h00	37,02
3	28-10-90	09h00	23,53	4	31-10-90	09h35	211,14
3		11h00	49,90	4		11h00	19,09
3		13h00	235,65	4		13h00	35,65
3		15h00	169,18	4		15h00	33,90
3	30-10-90	09h00	56,40	4	01-11-90	09h00	49,20
3		11h00	46,50	4		11h00	31,92
1		13h00	27,30	4		13h00	38,68
3		15h00	77,50	4		15h00	39,30
3	31-10-90	09h00	66,07	4	02-11-90	09h00	64,50
3		11h00	139,60	4		11h00	233,96
3		13h00	32,60	4		13h00	29,09
3		15h00	30,90	4		15h00	1.625,70
3	01-11-90	09h00	34,69	4	03-11-90	09h00	633,27
3		11h00	71,44	4		11h00	313,29
3		13h00	42,84	4		13h00	928,40
3		15h00	44,58	4		15h00	301,60
3	02-11-90	09h00	141,28	4	04-11-90	09h00	2.529,62
3		11h00	706,57	4		11h00	550,33
3		13h00	128,60	4	05-11-90	09h00	47,55
3		15h00	1.337,13	4		11h00	27,58
3	03-11-90	09h00	22,36	4		13h00	1.764,90
3		11h00	16,87	4		15h00	562,96
3		13h00	222,75	4	06-11-90	09h15	328,00
3		15h00	24,20	4		11h00	424,20
3	04-11-90	09h00	1.848,89	4		13h00	1.875,52
3		11h00	121,57	4		15h00	942,59
3	05-11-90	09h00	226,25	4	19-11-90	09h00	396,41
3		11h00	56,67	4		11h00	1.659,48
3		13h00	28,60	4		13h00	96,74
3		15h00	37,30	4		15h00	854,18
3	06-11-90	09h00	352,42	4	20-11-90	09h00	1.802,97
3		11h00	500,38	4		11h00	665,50
3		13h00	1.269,33	4		13h00	250,91
3		15h00	742,55	4		15h00	37,05
3	19-11-90	09h00	52,66	4	21-11-90	09h00	350,67
3		11h00	34,00	4		11h00	589,78
3		13h00	46,34	4		13h00	215,61
3		15h00	253,26	4		15h00	922,43
3	20-11-90	09h00	24,66	4	22-11-90	09h00	768,47
3		11h00	21,00	4		11h00	32,27
3		13h00	227,23	4		13h00	1.996,30
3		15h00	—POCA AGUA	4		15h00	725,56
3	21-11-90	09h00	261,06	4	18-12-90.	09h00	252,60
3		11h00	32,04	4		11h00	335,17
3		13h00	224,38	4		13h00	525,30
3		15h00	1.167,40	4		15h00	34,81
3	22-11-90	09h00	101,00	4	19-12-90	09h00	299,01
3		11h00	29,16	4		11h00	672,27
2		13h00	42,14	4		13h00	889,62
3		15h00	452,86	4		15h00	65,00
2	18-12-90	09h00	274,55	4	20-12-90	09h00	136,60
3		11h00	33,79	4		11h00	226,73
3		13h00	1.061,33	4		13h00	82,60
3		15h00	712,66	4		15h00	116,29
3	19-12-90	09h00	123,59				

TABLA IIb- Sólidos en suspensión

CORRIENTE LITORAL

“Las corrientes litorales han sido reconocidas como el principal agente formador y destructor de playas. Las corrientes litorales fluyen paralela a la playa y están restringidas principalmente en la zona de surf, es decir entre la rompiente más lejana y la línea de agua. Su formación es debida al ángulo con que se aproximan las olas a la playa, por tanto es este el factor principal que influye en la dirección y magnitud de la corriente litoral. La velocidad de la misma varía tanto a lo largo como a lo ancho de la zona de Surf”. (Sánchez 1978)

Comparando los gráficos de velocidad de corriente versus frecuencia (Figs. 8-9-10-11); se observa que la Est. 1, presenta valores de magnitud de velocidad de 0.50 m/seg. dirigidas siempre hacia la derecha. Esto se debe a que esta estación está ubicada en la parte más externa de la Bahía de Salinas y está expuesta en forma más directa a las corrientes que vienen del sur y al régimen de oleaje que para nuestras costas predomina el que procede del Sur W. (Allauca, 1985)

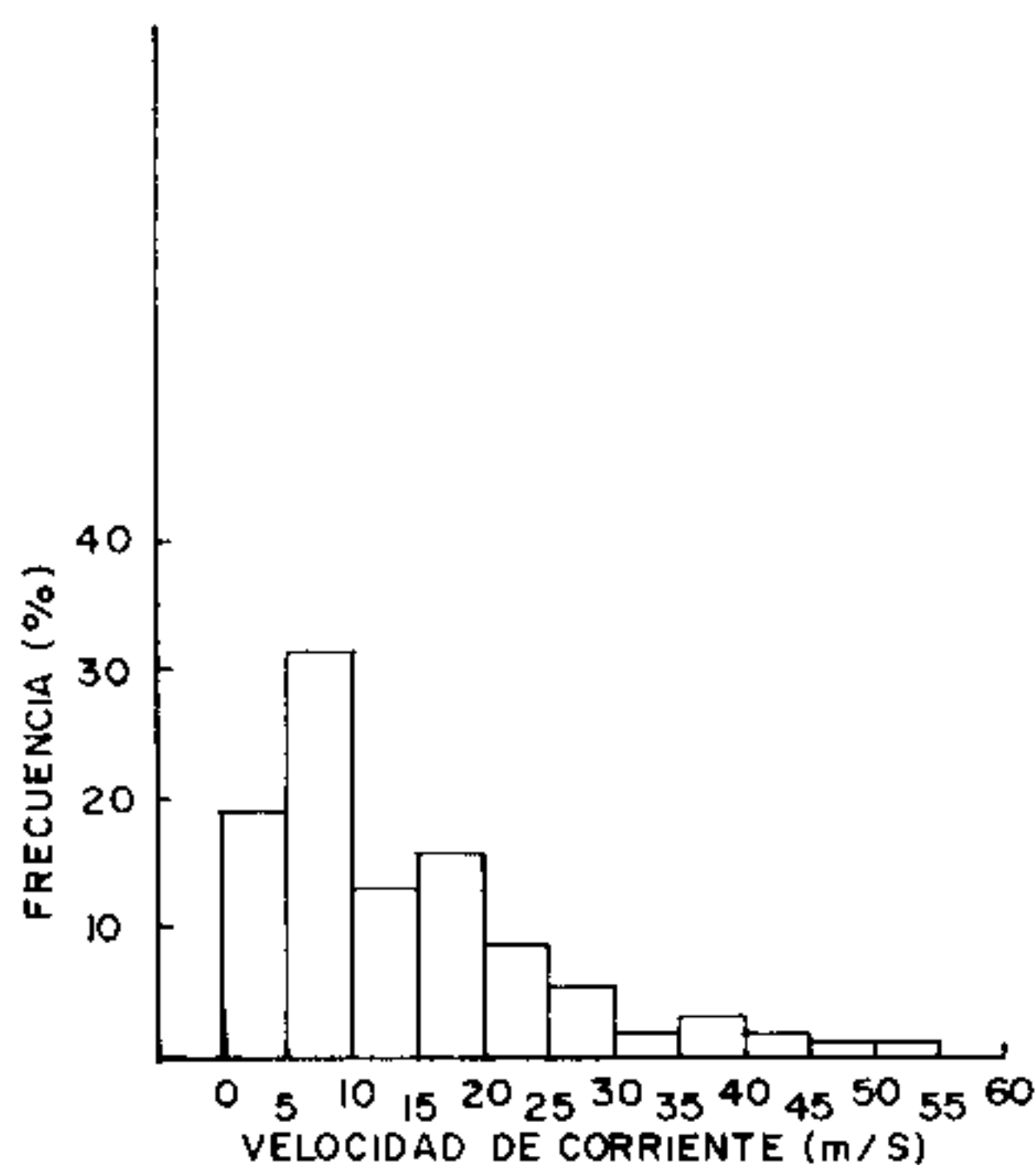


Figura 8 Velocidad de corriente versus frecuencias
Estación 1

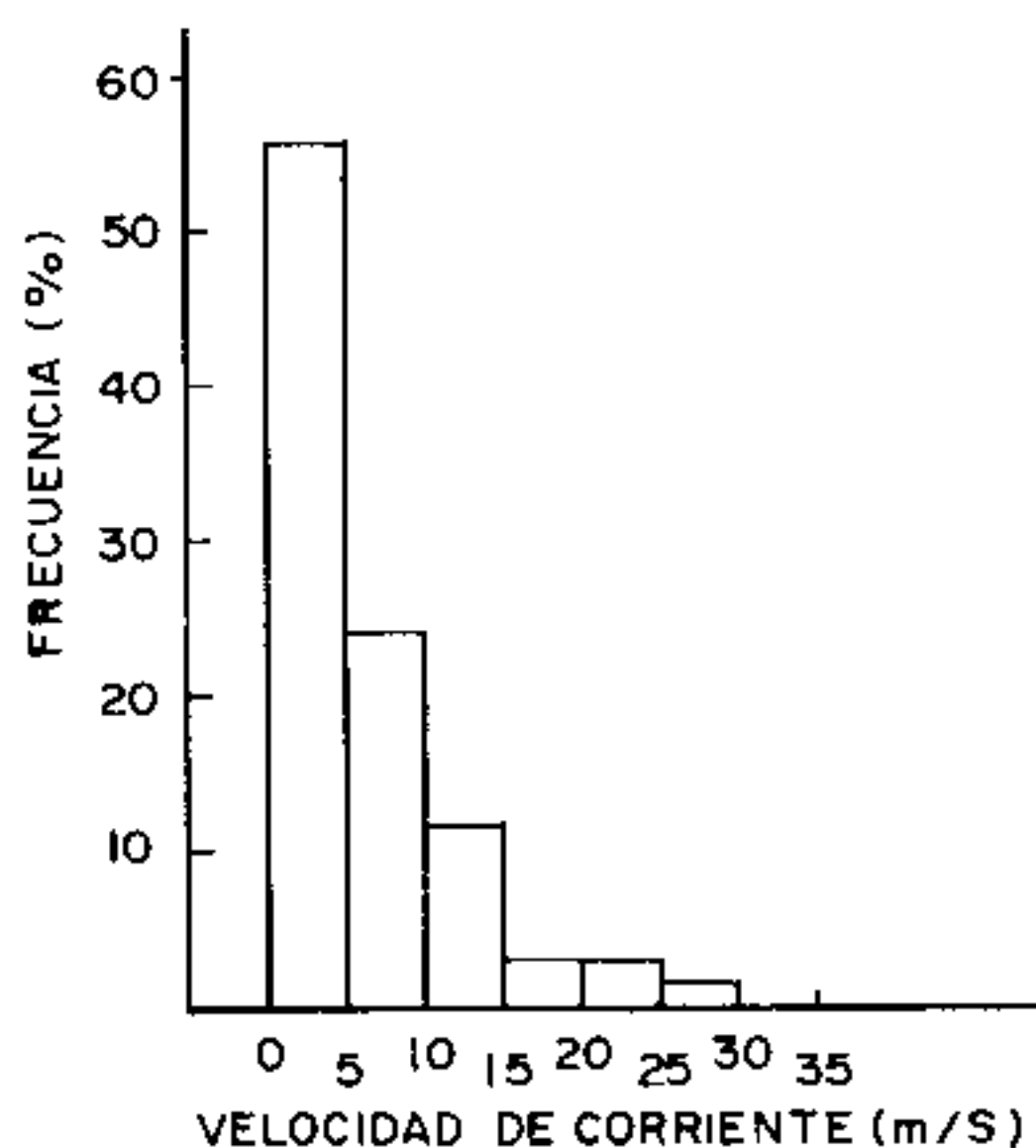


Figura 9 Velocidad de corriente versus frecuencia.
Estación 2

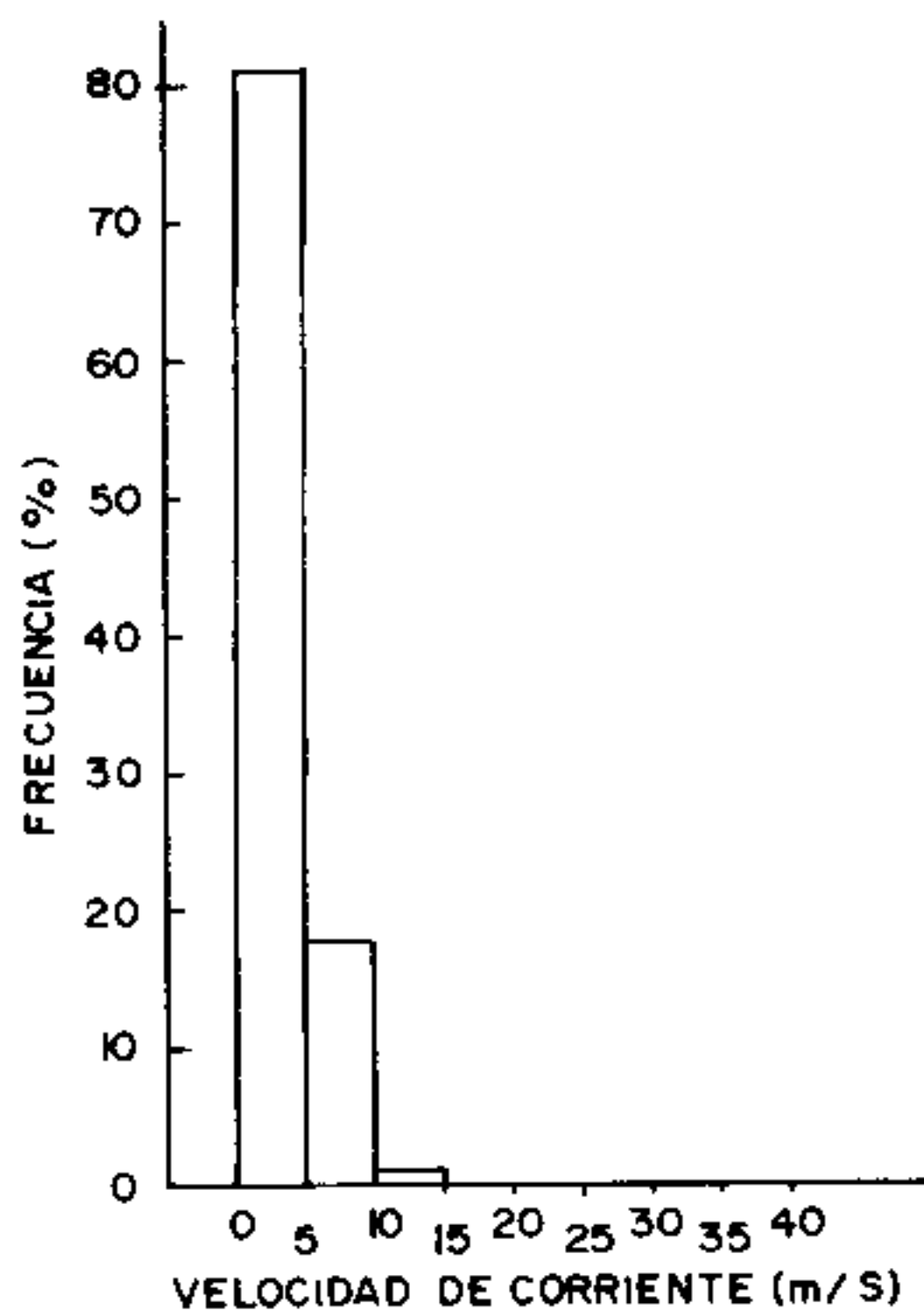


Figura 10 Velocidad de corriente versus frecuencias .
Estación 3

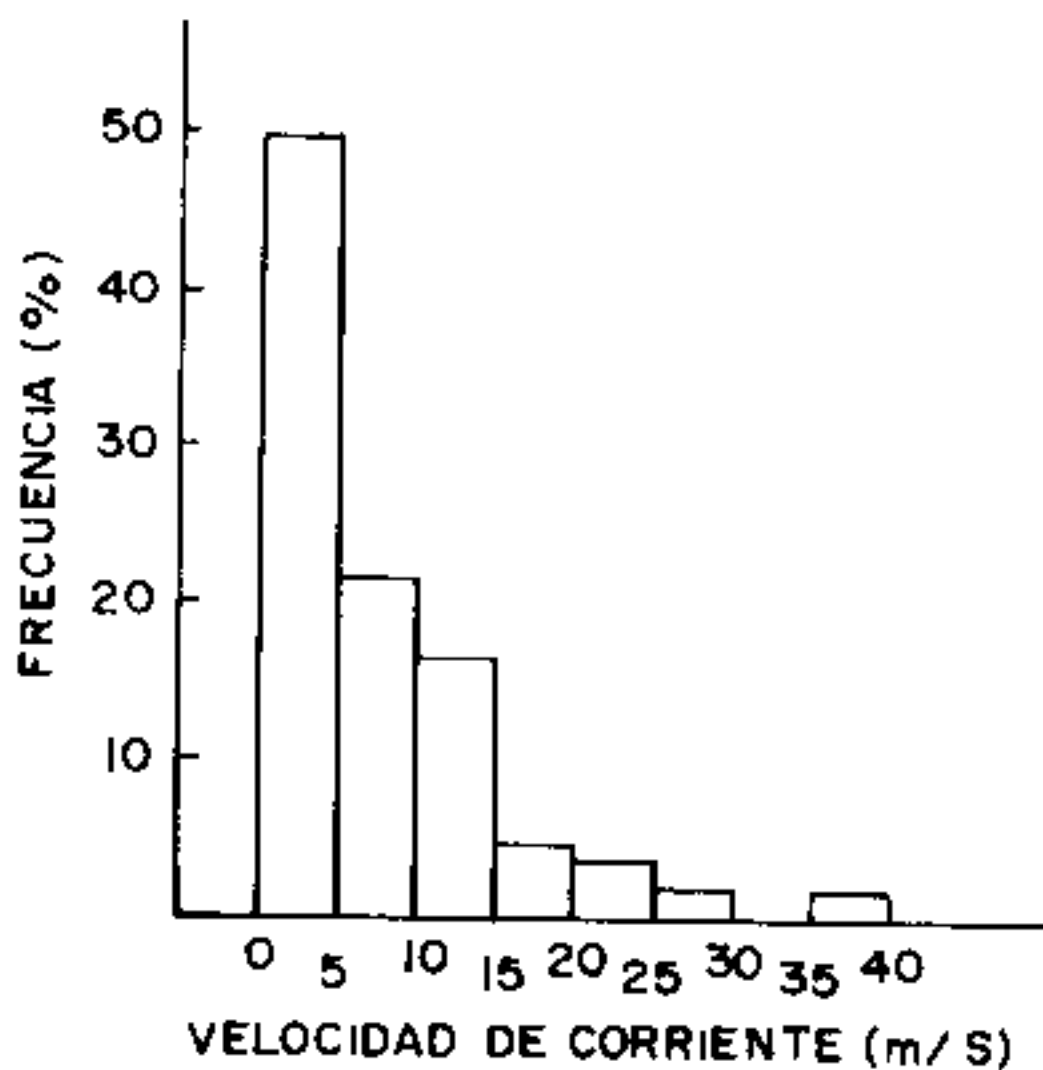


Figura 11 Velocidad de corriente versus frecuencias .
Estación 4

Se puede observar de manera general que en las otras estaciones la velocidad de corriente fluctúa en el rango comprendido de 0.40 -0.14m/seg.; siendo sus direcciones de izquierda a derecha.

TRANSPORTE LITORAL

Numerosos intentos se han hecho para establecer las correlaciones que evidentemente existen entre la acción de las olas y de los sedimentos con la capacidad de transporte de material que tiene una playa en sentido longitudinal. La cuantificación del transporte litoral puede hacerse por medición directa, fórmulas empíricas y por la combinación de ambos. Según Frías y Moreno (1988) la utilización de fórmulas empíricas es a veces poco confiable, ya que se han desarrollado bajo hipótesis de que la altura de la rompiente de las olas y su ángulo con la línea de playa es la causa principal del acarreo litoral.

En el presente trabajo se ha querido determinar cual es la capacidad de transporte en cada una de las cuatro estaciones aplicando relaciones ya establecidas por investigadores en diferentes playas. Uno de ellos Galvin Jr. (1972) estableció un límite superior de la capacidad de transporte y la definió como transporte bruto que es diferente al concepto de transporte neto.

Para determinar el transporte bruto consideró una faja de playa paralela a la línea de costa y limitada por la línea de máxima subida del agua en la playa y por la

profundidad en que las olas empiezan a mover el sedimento en cantidades apreciables. El transporte bruto lo consideró entonces, como la suma de las cantidades de transporte que pasa hacia la izquierda y hacia la derecha de un punto en un tiempo dado, es decir que el transporte es igual a:

$$Q_g = Q_r + Q_i$$

mientras que el transporte neto lo define como la diferencia, es decir:

$$Q_n = Q_r - Q_i$$

El mismo investigador analizó los resultados de 17 trabajos realizados con los datos de cambio histórico de la topografía de la zona litoral y asumió que el transporte Q_g estaba relacionado únicamente con la altura de las rompiente H_b , encontrando que la relación $Q_g = 16,5 H_b^2 \times 10^5$ se ajustaba a los resultados de los 17 trabajos (Ingeniería de Costas, Laboratorios de Puertos "Ramón Iribarren" (C.E.E.O.P.)

Partiendo de la hipótesis anterior, que se basa en las características de la rompiente (H_b) del régimen del oleaje, se calculó el transporte bruto (Q_g) para cada una de las cuatro estaciones obteniéndose los siguientes resultados:

Estación	Altura de Rompiente (H_b)	Transporte Bruto $m^3/año$ $Q_g \times 10^5$
1	0,39	2,51
2	0,45	3,34
3	0,37	2,26
4	0,20	0,66

Los valores encontrados con la relación de J. Galvin no toman en cuenta las características del grano de arena que es transportado, constituyendo esto una objeción; el transporte depende únicamente de la cantidad de energía liberada por las rompiente en la zona de surf, es decir que la causa predominante del transporte son las olas.

Asumiendo que los valores de altura de rompiente indicados sean los valores promedios de todo el año, es conocido que estas alturas varían entre las estaciones seca y húmeda. Por lo tanto se debe indicar que los valores para el transporte litoral promedio para los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre (época seca) pueden ser superados en magnitud cuando se presentan condiciones de tormentas, oleajes, etc. que hacen que las alturas de rompiente varíen. Además los valores

obtenidos mediante el método de Galvin indican el máximo potencial de transporte litoral que puede tener la playa en cada uno de los sitios estudiados. Realizando también estimaciones del transporte litoral, el mismo que fue obtenido en base a condiciones oceanográficas promedio revelaron los siguientes valores para un día típico de cada mes.

Estas estimaciones se obtuvieron aplicando el método de Bagnold, incluido en el Shore Protection Manual (1975).

ESTIMACIONES PARA UN DIA PROMEDIO DEL MES				
Transporte m ³ /día				
ESTACION	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
1	200	430	95	
2	150	125	115	
3	60	52	24	
4	23	35	32	

Las estimaciones del transporte litoral efectuadas, indican que durante los meses de muestreo (Octubre, Noviembre y Diciembre) se presentan en las estaciones 1 y 2 valores elevados, comparados con los determinados en las estaciones 3 y 4 en los que se encuentran mínimos valores.

Esto se debe quizás a que éstas dos últimas estaciones se encuentran localizadas en un área protegida de la acción del oleaje predominante; por lo que el bajo régimen de olas determina una baja capacidad de transporte.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en este estudio son válidos para los meses en que fueron realizadas las mediciones. El transporte litoral de la zona estudiada presenta una diferencia entre los valores obtenidos en cada una de las estaciones, teniéndose que la estación 1 presenta un mayor volumen de sedimento transportado y la corriente tiende a dirigirse hacia la derecha, disminuyendo la cantidad de sedimento a medida que se avanza hacia la estación 4, fluctuando la corriente de derecha a izquierda.

Transporte m ³ /mes			
ESTACION	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	6.000	12.900	2.900
2	4.500	3.800	3.500
3	1.800	1.600	800
4	700	1.100	1.000

En condiciones climáticas normales como las presentadas en 1990, y según los cálculos efectuados por el método de Bagnold, la capacidad de transporte litoral bruto sería:

El transporte litoral neto para estas condiciones, dependerá del régimen y dirección de las olas y por lo tanto de la dirección del transporte litoral.

Debido a la conformación y alineamiento que tiene el sector de costa en estudio con respecto al oleaje y a las corrientes, se observa que en la estación 1, que se encuentra más próxima a la puntilla de Santa Elena, se refleja un ambiente netamente erosivo ayudado por la pendiente de la playa, a diferencia de la estación 4, que se encuentra protegida por dos salientes rocosas, Punta Mandinga y Punta Chipipe; y en la cual una parte del material transportado es depositado y otra sigue en suspensión produciéndose de esa manera un ambiente de depositación.

El material del sector de playas estudiado está constituido por partículas de textura arenosa y su tamaño de grano predominante es el fino. Las características texturales obtenidas a partir de los parámetros estadísticos permiten establecer que son sedimentos bien seleccionados, casi asimétricos hacia los tamaños finos, mesocúrticos y unimodales.

De acuerdo a la distribución de los sedimentos de playa según el diámetro medio la arena fina se ubica en su totalidad en la Estación 4.

AGRADECIMIENTO

A la Sra. Narcisa Arteaga por su colaboración en el tipeo de este trabajo y al Sr. Víctor Mesías por la elaboración de los gráficos.

BIBLIOGRAFIA

- Allauca, S., 1985.-** Estudio del oleaje en la zona de Valdivia, Tesis de Grado, ESPOL. p: 150 -162
- Blandin, C., 1977.-** El clima y características en el Ecuador. XI Asamblea General y reuniones Panamericana de Consulta Conexas. Ecuador p.26 - 27
- Coastal Engineering Research Center, "Shore Protection Manual".- 1975** Vol. I, II, III, Department of the Army Corps of Engineers.
- Cunningham, R, Jr. 1974.-**"An investigation of littoral transport between Virginia". Tesis de grado de Oceanografía. Institute of Oceanography old Dominion University.
- Dass, M. M. 1972.-** "Suspended sediment and longshore sediment transport Data. = Review", 13th International Conference on Coastal Engineering, Vancouver, B.C. Canadá. July 1972
- Folk Robert, 1977.-** Manual de Petrología Sedimentaria. ESPOL.- Guayaquil, p. 101 -113
- Fundación Pedro Vicente Maldonado, 1987.-** Ecuador: Perfil de sus recursos costeros (PMRC) p. 138 - 142
- Galvin, C.I. Jr., 1972.-** A gross Longshore transport rate formula, Proc of the 13 th. Conf. on Coast. Eng. July, 1972
- Ingle, J.C., -**"The movement of beach sand", Devel. Sediment Vol. 5
- Sánchez, E., 1978.-** Transporte Litoral en General Villamil (PLAYAS); Dpto. de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL Tesis de Grado; p. 12-36 - 38 - 46
- Wentworth, c., 1922.-** A scale of grade and class terms for clastic sediments. Jour. Geol. En Folk 1969. Petrología de rocas sedimentarias. Instituto de Geología de la UNAM, México, p. 63

DISTRIBUCION Y ENRIQUECIMIENTO DE METALES TRAZA EN NUCLEOS DE SEDIMENTO DE TRES SISTEMAS COSTEROS DEL ESTADO DE SONORA, MEXICO.

Por:

PEDRO ORTEGA ROMERO (1)
DOLORES VÁSQUEZ DEL CASTILLO (2)

RESUMEN

Concentraciones de Ni, Cu, Pb, Mn y Fe, en núcleos de sedimento de tres sistemas lagunares del Estado de Sonora, México, fueron cuantificados utilizando métodos de espectrofotometría de absorción atómica. Se establecieron las relaciones existentes entre las concentraciones de los metales mencionados, el contenido de materia orgánica y la granulometría con el fin de señalar su acción ó influencia ecológica en el medio ambiente acuático. Los resultados sugieren que, de acuerdo a la distribución y forma en que se encuentran los metales estudiados, podrían estar siendo transferidos al sedimento mediante el depósito del material orgánico.

ABSTRACT

Concentration of Ni, Cu, Pb, Mn y Fe, in sediment nucleus of three lacunars system of Sonora State, Mexico, were valued using methods of Absortion Atomic Spectrophotometry. Established the existents relation between the concentration of named metals, organic matter contained and the granulometry with proposit of point the action or ecologic influence in acuatric environmental. The results suggest that resolution to distribution and form of studied metals, could be being transfered at the sediment by means of deposit of the organic material.

INTRODUCCION

Los metales traza, son acarreados desde los continentes hacia el medio ambiente marino en forma disuelta, coloidal o particulada principalmente por medio de los ríos y las descargas antropogénicas.

Entre los mayores depósitos de metales traza en los sistemas costeros (i. e., biota, agua o sedimento), los sedimentos son cuantitativamente más importantes, (Renfro, 1973), los cuales pueden comportarse como una fuente o un vertedero de materiales, dependiendo de las reacciones que ocurren en ellos y de la dirección de

transferencia de las sustancias a través del agua intersticial, lo cual da como resultado, un enriquecimiento de metales traza a la superficie del sedimento o a la columna de agua, (Elderfield et. al., 1975).

Este trabajo tiene como objetivo principal, conocer el enriquecimiento y distribución de los metales traza y su relación con la materia orgánica y el tamaño medio de partícula (Mz) en la columna sedimentaria con el fin de determinar su acción e influencia ecológica en el medio ambiente marino.

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

AREA DE ESTUDIO

Los ecosistemas marinos que comprende el área de estudio, son: Bahía de Guásimas, Estero Los Algodones y Bahía Lobos, fueron seleccionados por encontrarse geográficamente contiguos, y además por presentar características fisiográficas muy particulares. Se localizan entre las coordenadas 27° 55', 27° 16' de latitud Norte y 110° 40', 110° 27' de longitud Oeste. (Fig. 1)

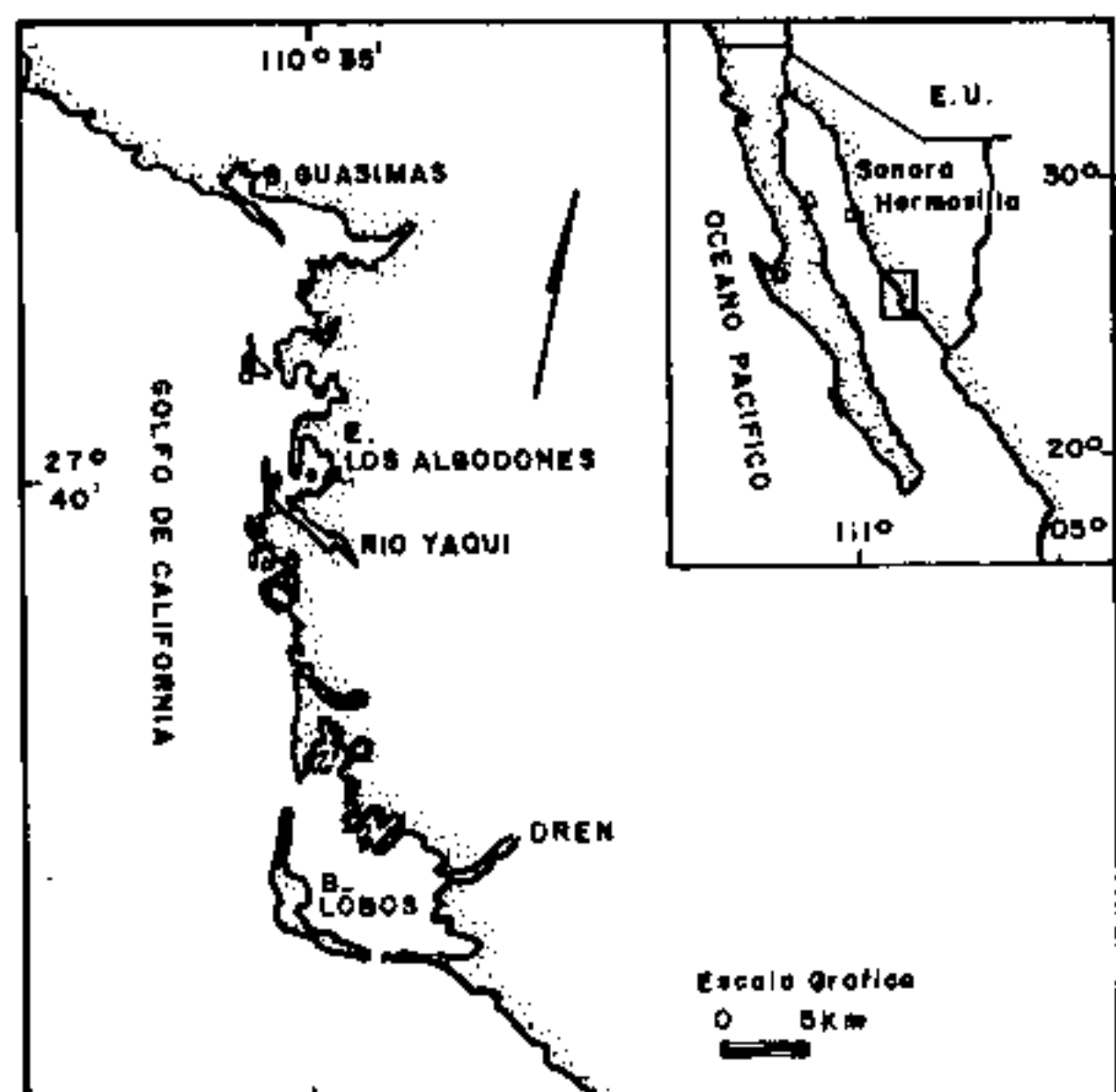


Figura 1 Ecosistemas marinos del estado de Sonora que comprende el área de estudio.

MATERIALES Y METODOS

En cada uno de los puntos, (Figs. 2, 3 y 4) se colectó un núcleo de sedimento por medio de buceo, teniendo cuidado al realizar la operación de no perturbar los sedimentos. Para esto se utilizaron nucleadores de gravedad de 50 cm de longitud por 7.5. cm. de diámetro interno. Se conservaron a baja temperatura (5°C), procurando evitar el contacto con el aire y la luz durante su traslado al laboratorio. Se dividieron en secciones transversales de 2 cm. a partir de la capa superficial del sedimento, hasta los 40 cm. de profundidad. A cada fracción de sedimento, se analizaron cinco metales pesados, Ni, Cu, Pb, Mn y Fe, utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica, de acuerdo al método descrito por (Agemian, H. et. al., 1975). Para el análisis granulométrico se siguieron las técnicas descritas por (Folk, 1969), de acuerdo a los procesos descritos originalmente por (Krumbein, 1932) y (Emery, 1938)

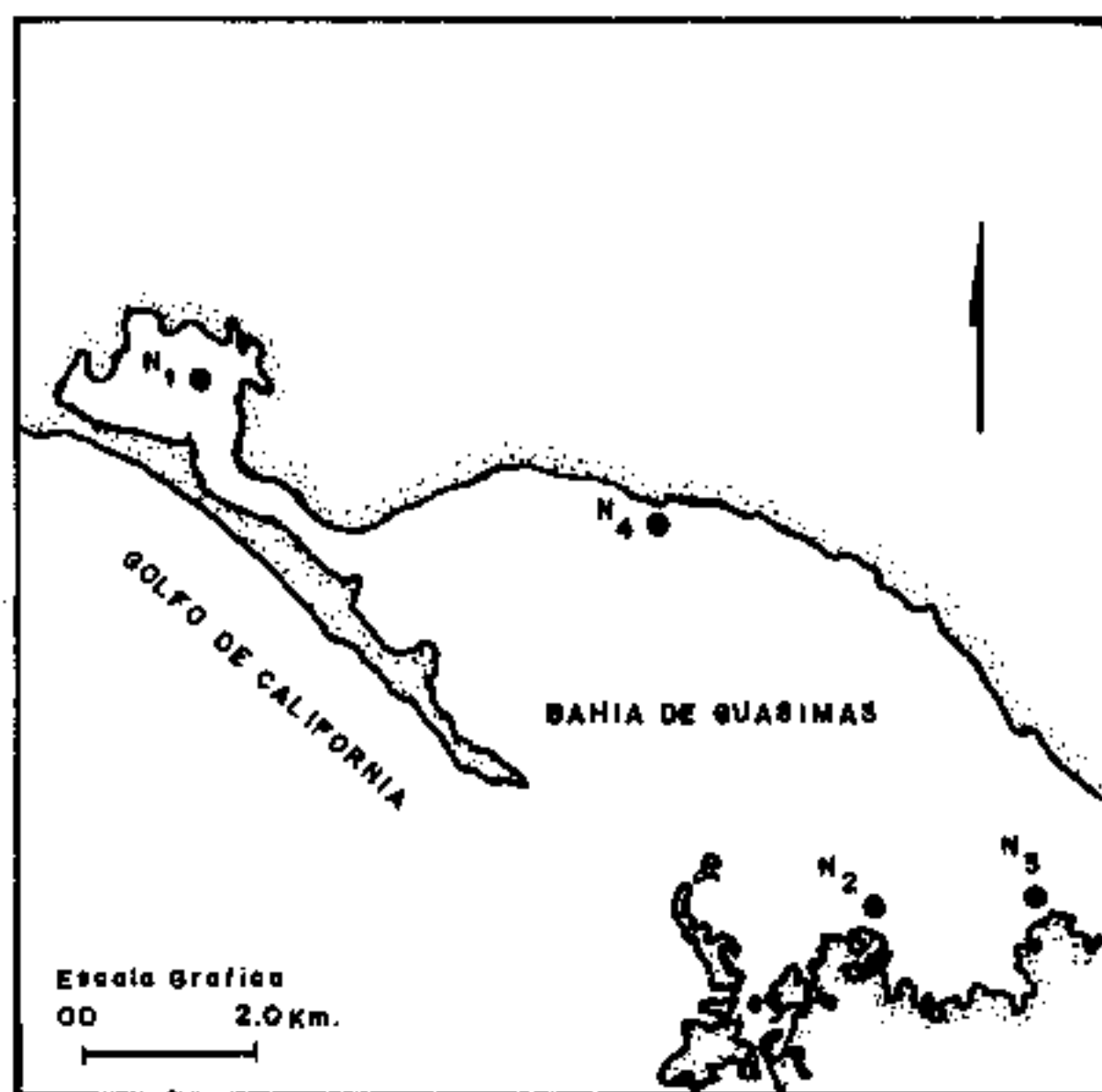


Figura 2 Localización de los puntos de muestreo en el sistema costero Guasimas.

● NUCLEOS DE SEDIMENTO

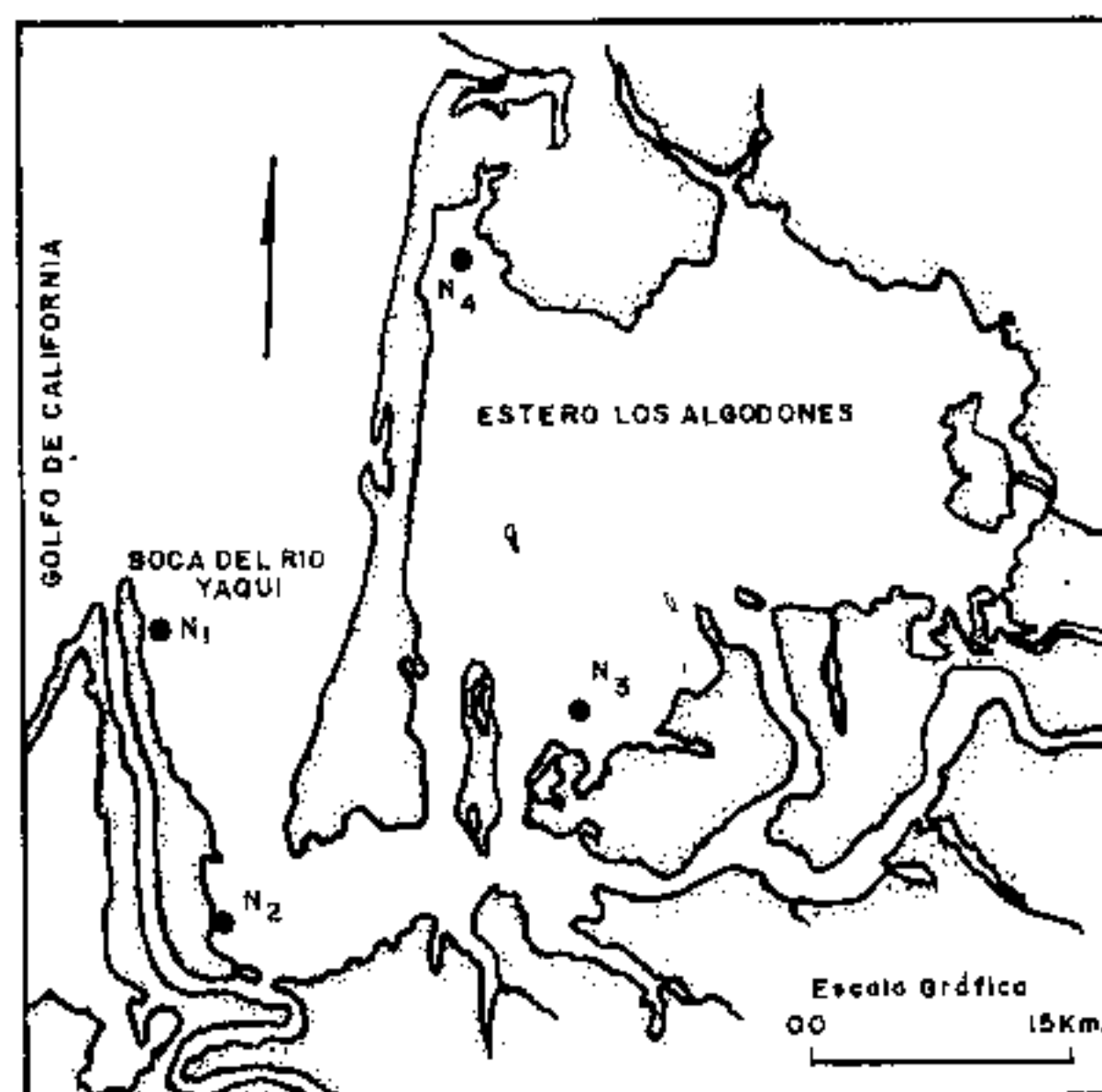


Figura 3 Localización de los puntos de muestreo en el sistema costero Los Algodones.

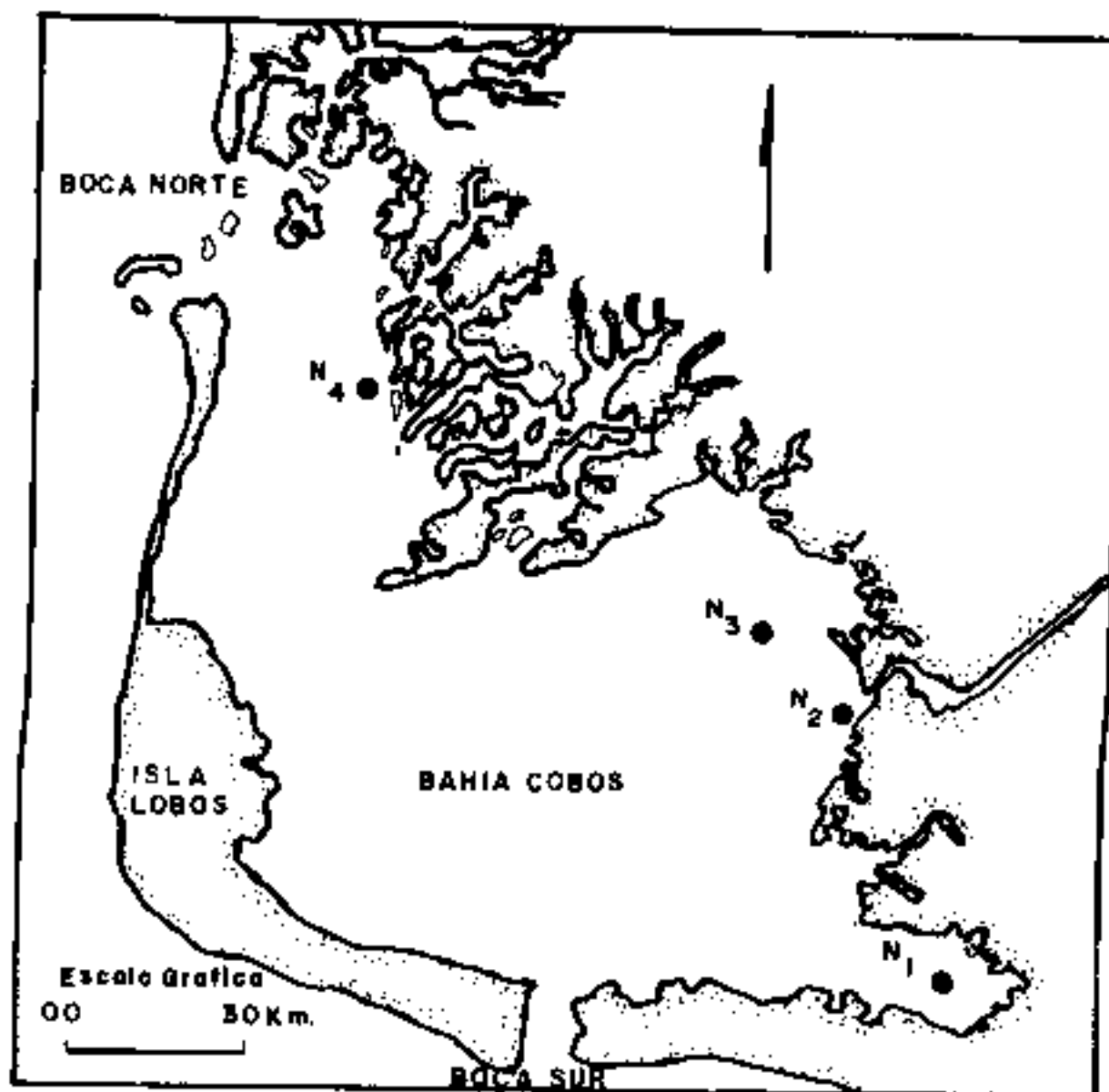


Figura 4 Localización de los puntos de muestreo en el sistema costero Lobos.

RESULTADOS Y DISCUSION

DESCRIPCION DEL SEDIMENTO

Se determinó un contenido de agua entre 50-85%, y en otros núcleos el contenido de agua fué algo menor, 40-60%. El análisis granulométrico indica un predominio de limos que van desde gruesos a muy finos, con un tamaño medio de partícula de 4.13 a 8.26 phi. El contenido de materia orgánica, varía de un núcleo a otro, de acuerdo al lugar de muestreo, distribuyéndose en relación directa al contenido de limo, presentándose los valores más bajos en sedimentos gruesos y los valores más altos en sedimentos con gran abundancia de material limoso. En general, la tendencia observada en cada uno de los núcleos, es que a medida que disminuye el tamaño de partícula, el contenido del material orgánico aumenta.

METALES TOTALES

Para el sistema costero Guásimas, la concentración de metales traza que se determinaron en cada fracción de sedimento, así como también el contenido de agua y materia orgánica se muestran en las Tablas I y II.

Prof. (cm)	H ₂ O %	Mat. Org. %	Ni	Cu	Pb	Mn	Fe
Núcleo 1. Sistema Costero Las Guásimas.							
0-3	46.46	7.06	14.0	35	24	174	16600
3-4	38.28	8.84	16.0	35	21	182	18400
4-5	32.64	5.05	13.0	15	14	187	18250
5-6	26.07	3.80	19.5	12	19	141	14100
6-7	39.39	3.68	13.0	13	09	151	14600
7-8	38.07	2.56	06.0	12	14	157	14850
8-9	37.36	9.14	14.0	14	15	182	17100
9-10	30.03	3.22	11.0	18	25	213	20100
10-11	32.96	3.98	06.0	15	19	205	19600
11-12	32.26	3.21	13.0	17	19	185	17300
12-13	34.04	7.02	14.0	17	23	208	19050
13-14	33.41	7.39	07.0	18	22	203	18700
14-15	30.60	2.94	13.0	24	21	169	15300
15-16	29.16	3.33	18.0	14	18	179	16050
16-17	31.05	2.49	11.0	10	11	135	12800
17-19	31.83	3.97	18.0	12	21	124	11350
Núcleo 2. Sistema Costero Las Guásimas.							
0-2	37.53	3.54	21.0	20	25	447	35750
2-4	35.99	3.17	19.0	20	24	399	34500
4-6	31.96	3.43	22.0	19	25	361	33750
6-8	29.56	4.57	20.0	20	27	395	33100
8-10	29.26	3.47	30.0	22	28	452	34000
10-12	31.88	7.97	33.0	23	20	490	34750
12-14	61.63	10.87	23.5	23	32	512	36450
14-16	32.70	3.24	48.0	24	37	591	38650
16-18	35.16	5.87	45.00	26	32	585	38500
18-20	26.01	17.26	24.0	26	26	581	37600
20-22	36.75	7.82	41.0	36	162	592	40500
22-24	37.62	3.90	30.00	28	34	539	39250
24-26	34.67	3.96	29.0	29	39	540	39000
26-28	35.38	4.06	34.0	27	38	592	36400
28-30	33.75	4.97	37.0	28	40	467	39550
30-32	33.32	7.76	41.0	32	38	458	37900
32-34	38.55	5.09	28.0	31	42	577	40300
34-36	34.87	4.81	33.0	32	95	580	41150

TABLA I. Contenido de agua, materia orgánica y metales traza en núcleos de sedimento

Prof. (cm)	H2O %	Mat. Org. %	Ni	Cu	Pb ppm	Mn	Fe
Núcleo 3. Sistema Costero Las Guásimas.							
0-2	53.89	3.93	26.0	32	26	350	35600
2-4	39.71	3.57	32.0	28	18	300	34250
4-6	40.11	3.31	29.5	24	15	250	32750
6-8	38.88	3.80	28.0	31	22	300	31150
8-10	36.31	3.84	21.5	26	14	400	33250
10-12	34.50	3.59	26.5	25	22	300	33250
12-14	40.12	4.38	35.0	29	30	450	38250
14-16	35.37	3.76	33.0	33	28	500	37100
16-18	35.69	4.33	39.0	30	20	550	36450
18-20	33.23	4.26	42.0	30	25	450	36600
20-22	36.86	3.96	37.0	32	19	600	38450
22-24	36.83	3.99	39.0	33	20	550	38250
24-26	35.67	5.01	40.5	38	34	550	37550
26-28	44.59	8.13	35.5	39	115	700	37100
28-30	50.15	10.85	40.5	47	40	800	38000
30-32	49.18	6.37	39.0	42	32	1100	40550
32-34	47.64	6.19	45.0	49	52	1100	38800
34-36	45.61	6.15	42.0	43	34	900	38950
Núcleo 4. Sistema Costero Las Guásimas.							
0-2	35.74	2.08	19.5	2.0	39	232	10350
2-4	31.03	1.56	21.0	2.0	55	228	10100
4-6	26.28	1.16	22.5	2.5	58	267	11150
6-8	23.19	1.87	26.0	1.5	41	273	11550
8-10	23.70	1.82	25.0	1.0	43	255	10700
10-12	21.15	0.78	27.0	4.0	30	257	10500
12-14	25.20	0.81	27.0	2.0	33	292	11750
14-16	21.51	0.80	19.5	1.0	18	205	8550
16-18	20.67	1.30	21.5	0.5	37	229	9100
18-20	24.40	0.62	28.0	1.0	34	203	8200
20-22	21.68	1.10	24.5	1.2	28	207	8950
22-24	19.83	0.94	24.5	1.0	19	199	8850
24-26	25.35	0.86	18.5	2.0	10	206	8800
26-28	26.28	1.01	34.5	3.0	12	219	9550
28-30	21.23	1.02	19.5	1.0	13	182	8050
30-32	25.52	0.79	25.0	2.0	36	221	9050
32-34	19.27	2.39	27.5	2.0	32	200	8500
34-36	20.37	1.75	16.0	1.0	33	203	9050
36-38	20.22	1.11	34.0	2.0	41	229	10100
38-40	23.42	1.07	26.0	2.0	25	242	9700

TABLA II. Contenido de agua, materia orgánica y metales traza en núcleos de sedimento

La concentración de níquel en el sedimento de los núcleos de esta laguna costera fluctuó de 20-40 ppm. En los Núcleos 2 y 3 se obtuvieron las mayores concentraciones de níquel en un rango de 0.5-11.5 ppm y 0.5-7.5 ppm respectivamente. La menor concentración se encontró en el Núcleo 1 en un rango que varía de 0.1-2.5 ppm.

La más alta concentración de cobr se encontró en el Núcleo 3 en un rango de 24.0-49.0 ppm, y los valores más bajos se obtuvieron en el Núcleo 4 en un rango de 0.5-4.0 ppm.

Los valores de cobr se incrementan en los Núcleos 2 y 3, mientras que en el Núcleo 4, casi no existe variación de una fracción de sedimento a otra.

Se observa que la mayor concentración de plomo se encontró en el Núcleo 2 en un rango de 20.0-162.0 ppm y la menor en el Núcleo 1 en un rango de 9.0-25.0 ppm.

La distribución de la concentración de plomo, en los Núcleos 2 y 3, posee un comportamiento diferente de un nivel a otro de profundidad, observándose un valor máximo a los 22 y 28 cm. respectivamente.

La mayor concentración de manganeso se encontró en el Núcleo 3, en un rango de 250.0-1100.0 ppm. En el Núcleo 1, se obtuvieron las más bajas concentraciones en un rango de 124.0-213.0 pp. de manganeso.

Se puede apreciar que el comportamiento de los valores de manganeso en los Núcleos 1 y 4, disminuyen ligeramente con la profundidad; mientras que en los Núcleos 2 y 3 se incrementan.

Se observa que la mayor concentración de hierro se encontró en el Núcleo 2 en un rango de 3.31-4.05%; mientras que en el Núcleo 4 se obtuvieron los menores valores en un rango de 0.805-1.175%.

En todos los núcleos, los valores de hierro se incrementan a medida que aumenta la profundidad de la columna sedimentaria. Es evidente, de acuerdo a los resultados obtenidos, que el sedimento de los núcleos 2 y 3 se encuentran altamente enriquecidos de estos metales traza, en relación con los sedimentos de los núcleos 1 y 4 (Fig. 5).

En el sistema costero Los Algodones, los resultados de la determinación de metales traza, contenido de agua y materia orgánica en cada nivel de profundidad en los

núcleos de sedimento, se muestran en las Tablas III y IV.

La concentración de níquel en los núcleos de sedimento, variaron en un intervalo de 39.0-72.0 ppm, correspondiéndole al Núcleo 1 las mayores concentraciones.

En el Núcleo 1 se aprecian variaciones en los valores de níquel, entre los 8 y 16 cm. de profundidad. La distribución de los gradientes de concentración en los Núcleos 1 y 2, tienden a disminuir a medida que aumenta la profundidad de la columna sedimentaria.

Los valores máximos de cobre se encontraron en el Núcleo 1 en un rango de 28.0-48.5 ppm, detectándose los valores mínimos en el Núcleo 4 en un rango de 21.0-32.0 ppm.

En los Núcleos 1 y 2, se observan variaciones significativas, principalmente en el Núcleo 1 a los 8 y 30 cm. de profundidad. En los Núcleos 3 y 4, las concentraciones de este metal, tienden a disminuir a medida que aumenta la profundidad del sedimento.

Las mayores concentraciones de plomo se obtuvieron en el Núcleo 3 en un rango de 44.0-63.0 ppm; y las menores en el Núcleo 4, en un rango de 20.5-39.0. Se aprecia que en todos los núcleos se presentan considerables cambios de un nivel a otro de profundidad.

En el Núcleo 1 se detectaron los valores más altos de manganeso en un rango de 548.0-702.0 ppm, correspondiendo al Núcleo 3 los menores valores en un rango de 462.0-633.0 ppm. Observándose, que en el Núcleo 1 la concentración tiende a incrementarse con la profundidad, mientras que, en los Núcleos 2 y 4 disminuye ligeramente.

Las mayores concentraciones de hierro se encontraron en el Núcleo 1 en un rango de 3.955-4.025 %, y las menores en el Núcleo 4, en un rango de 3.275-3.825 %. Los Núcleos 1 y 2, poseen variaciones de concentración muy similares con respecto a la profundidad; mientras que en los Núcleos 3 y 4, el comportamiento es diferente. Como se observa, (Fig. 6), el enriquecimiento de metales traza en los sedimentos del núcleo 1 es mucho mayor en relación a los demás núcleos.

Para el sistema costero Lobos, las concentraciones de metales traza, contenido de agua y materia orgánica que se determinaron en los núcleos de sedimento se muestran en las Tablas V y VI.

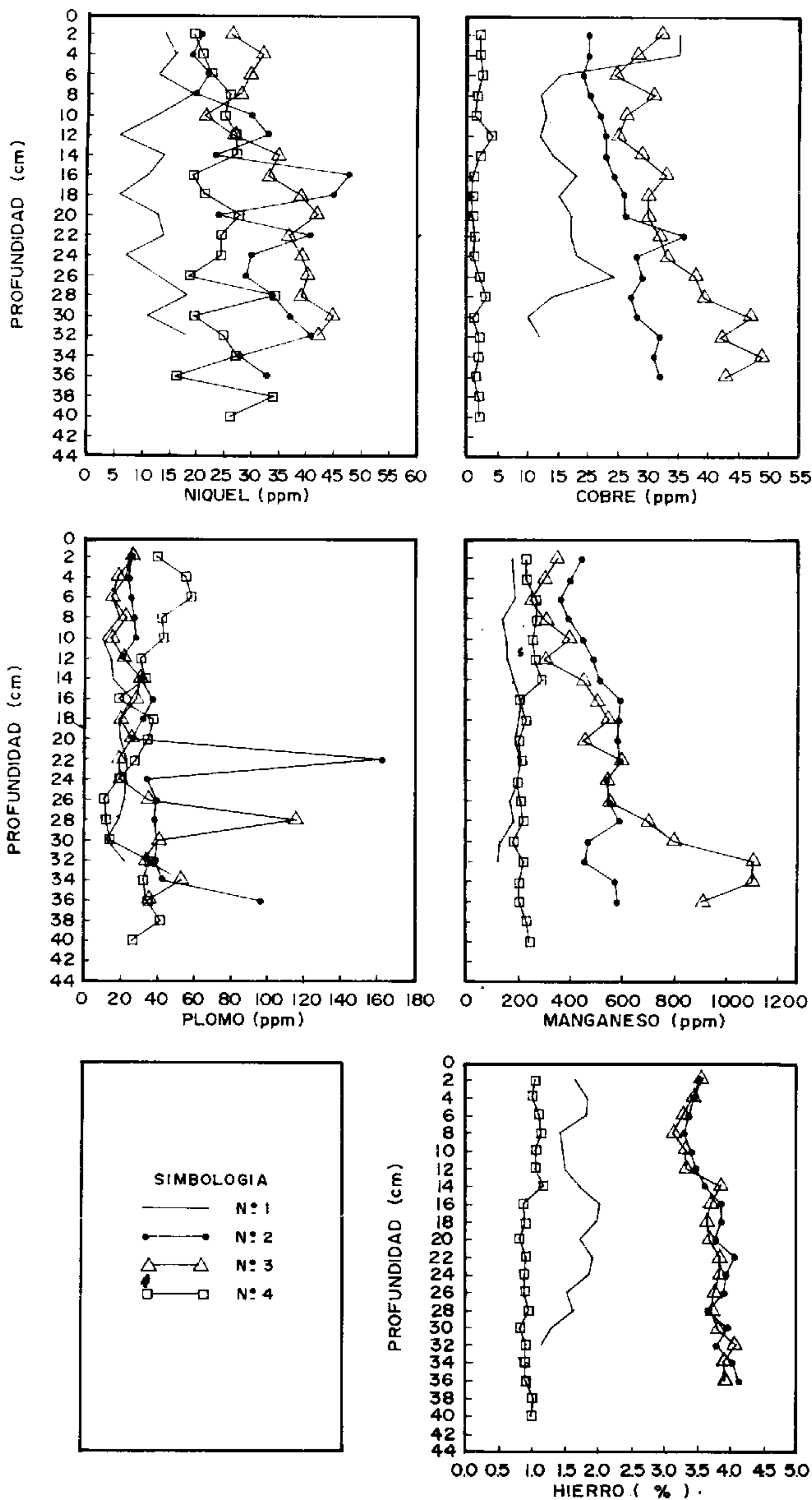


Figura 5 Distribución de metales traza en los núcleos de sedimento del sistema costero Guasimas

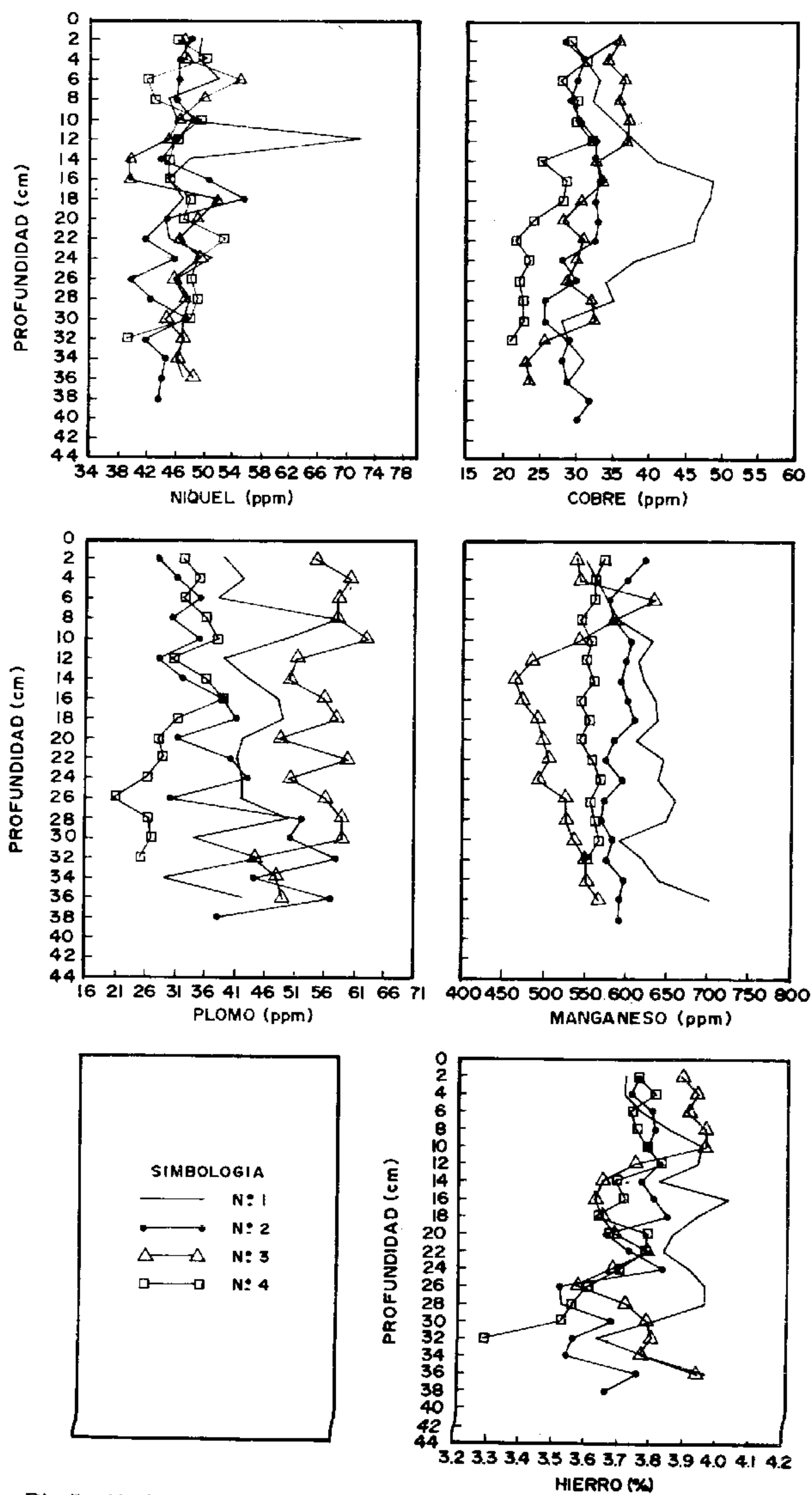


Figura 6 Distribución de metales traza en los núcleos de sedimento del sistema costero Los Algodones

Prof. (cm)	H ₂ O %	Mat. Org. %	Ni	Cu	Pb ppm	Mn	Fe
Núcleo 1. Sistema Costero Los Algodones.							
0-2	41.04	4.18	49.5	28.0	39	548	37050
2-4	37.03	4.69	49.0	31.0	42	562	37025
4-6	35.09	4.59	52.0	33.0	38	578	37550
6-8	35.44	4.34	45.0	32.0	58	588	38400
8-10	35.73	4.50	46.0	35.0	49	629	39400
10-12	36.43	5.08	72.0	38.0	39	612	39250
12-14	38.08	5.73	48.0	41.0	43	620	38100
14-16	42.18	6.22	45.0	48.5	48	634	40250
16-18	42.47	5.39	47.0	48.0	49	636	39250
18-20	41.72	5.83	44.5	46.5	42	611	38550
20-22	44.69	6.14	45.0	46.0	41	645	38250
22-24	44.46	6.01	51.0	38.0	42	638	39050
24-26	47.94	5.66	46.0	34.0	42	659	39525
26-28	43.04	5.58	48.0	35.0	50	649	39530
28-30	41.94	5.24	47.0	28.0	34	592	38000
30-32	39.55	5.79	47.0	29.0	45	621	36250
32-34	39.68	5.25	46.0	31.0	29	639	37750
34-36	36.89	4.63	47.0	29.0	42	702	39550
Núcleo 2. Sistema Costero Los Algodones.							
0-2	38.58	3.93	48.0	35.0	28	620	37500
2-4	34.26	3.73	46.5	30.5	31	599	37250
4-6	33.04	3.75	46.5	30.0	35	575	37900
6-8	29.43	3.62	46.0	29.0	30	585	38000
8-10	30.71	3.90	48.5	30.5	35	603	37750
10-12	30.05	4.01	46.0	32.5	28	598	38100
12-14	31.34	4.53	44.0	32.5	32	592	37600
14-16	35.12	4.33	50.5	32.5	41	610	38000
16-18	32.21	3.64	55.5	32.5	41	610	38400
18-20	32.44	3.71	44.5	28.0	31	585	36500
20-22	28.57	3.92	41.5	28.5	40	573	37250
22-24	27.18	3.09	46.0	30.0	43	595	38250
24-26	26.08	2.94	39.5	25.5	30	572	35100
26-28	25.12	3.15	42.5	25.6	52	570	35150
28-30	25.91	3.31	47.5	29.0	50	582	36750
30-32	26.91	2.88	41.5	28.0	58	575	35500
32-34	26.95	3.37	44.5	28.5	44	597	35300
34-36	27.41	3.70	44.0	32.0	57	592	37500
36-38	26.29	4.37	43.5	30.0	38	589	36500

TABLA III. Contenido de agua, materia orgánica y metales traza en núcleos de sedimento

Prof. (cm)	H ₂ O %	Mat. Org. %	Ni	Cu	Pb ppm	Mn	Fe
Núcleo 3. Sistema Costero Los Algodones.							
0-2	54.05	4.20	47.0	35.5	54	537	38750
2-4	51.95	4.76	47.5	34.0	60	539	38250
4-6	52.57	6.64	55.0	36.5	58	633	38900
6-8	50.55	4.46	49.6	35.5	58	581	39500
8-10	48.70	4.57	46.5	37.2	63	542	39550
10-12	50.47	5.31	45.0	37.0	51	483	37350
12-14	45.30	4.37	39.5	32.5	50	462	36400
14-16	41.11	4.25	39.5	33.5	56	470	36150
16-18	34.43	3.41	52.0	30.5	58	491	36350
18-20	34.15	3.56	49.0	28.0	48	498	36750
20-22	34.55	4.28	46.5	31.0	60	505	37800
22-24	34.06	3.99	49.5	30.0	50	492	36700
24-26	38.79	4.15	45.5	28.5	56	526	35600
26-28	39.84	4.21	47.5	32.0	59	525	37100
28-30	41.30	5.90	44.5	32.5	59	536	37750
30-32	34.86	4.24	47.0	25.5	44	551	37900
32-34	31.46	3.64	46.5	23.0	48	550	37600
34-36	28.95	3.77	48.5	23.5	49	566	39250
Núcleo 4. Sistema Costero Los Algodones.							
0-2	41.37	3.53	46.0	29.0	32.0	570	37400
2-4	33.32	3.48	50.0	31.0	35.0	558	38000
4-6	33.07	3.16	42.0	27.5	32.0	560	37250
6-8	32.80	3.60	43.0	30.0	36.0	542	37400
8-10	29.79	3.17	49.5	29.7	38.0	555	37700
10-12	29.44	3.14	46.0	32.0	30.0	549	38250
12-14	33.14	3.13	45.0	25.0	36.0	560	36750
14-16	29.59	3.15	45.0	28.5	39.0	542	37100
16-18	29.09	3.05	48.0	28.0	31.0	554	36150
18-20	27.09	2.81	47.0	24.0	28.0	542	37750
20-22	22.02	2.79	53.0	21.5	29.0	558	37650
22-24	19.98	2.53	49.0	23.5	26.0	568	36900
24-26	21.31	2.33	48.0	22.0	20.5	555	35950
26-28	20.32	2.55	49.0	22.6	26.5	562	35450
28-30	21.71	2.64	48.0	22.7	27.0	567	35150
30-32	19.94	2.85	39.0	21.0	25.0	552	32750

TABLA IV. Contenido de agua, materia orgánica y metales traza en núcleos de sedimento

Prof. (cm)	H2O %	Mat. Org. %	Ni	Cu	Pb	Mn	Fe
			ppm				
Núcleo 1. Sistema Costero Lobos.							
0-2	26.36	2.88	24.0	18.0	19.0	400	27950
2-4	26.42	2.47	30.0	16.0	26.0	400	25400
4-6	26.45	2.08	26.0	14.0	22.5	350	21925
6-8	24.45	3.00	24.0	13.0	29.0	250	22050
8-10	23.37	1.92	38.0	21.0	32.0	400	32450
10-12	22.70	2.12	15.0	12.0	17.5	250	20100
12-14	22.29	2.88	14.0	12.0	22.0	300	20900
14-16	23.21	2.81	18.5	13.0	17.0	250	21900
16-18	22.57	2.25	19.0	13.0	12.0	325	21625
18-20	23.76	1.55	16.0	12.0	19.0	300	21100
20-22	23.14	2.26	21.0	13.0	18.0	300	21950
22-24	23.20	2.23	14.0	13.0	18.5	400	22325
24-26	22.64	2.35	32.5	14.0	20.0	350	22050
26-28	22.21	2.27	18.0	13.0	18.0	250	21450
28-30	22.81	2.23	24.0	15.0	13.0	300	23650
30-32	22.08	2.17	24.0	16.0	22.0	300	19250
32-34	21.49	2.21	23.0	15.0	26.0	250	20550
34-36	20.55	2.22	34.0	15.0	23.5	350	20325
Núcleo 2. Sistema Costero Lobos.							
0-2	50.45	4.98	46.5	39.5	55.0	736	37750
2-4	44.77	4.73	45.0	37.0	55.0	687	38100
4-6	37.48	4.27	46.5	34.0	32.0	691	36750
6-8	38.37	4.36	47.5	38.0	53.0	737	37550
8-10	41.90	4.77	48.0	38.0	33.0	738	38500
10-12	51.49	4.66	50.1	36.0	33.0	729	37550
12-14	46.19	6.43	41.5	33.5	59.0	737	37250
14-16	37.18	4.83	43.0	33.0	48.0	748	35600
16-18	39.51	5.19	43.0	31.0	43.0	745	35050
18-20	42.64	4.89	43.5	34.5	37.0	782	35650
20-22	36.04	4.21	42.5	32.0	55.0	728	35400
22-24	34.73	4.00	42.0	31.0	51.0	788	35550
24-26	41.04	5.29	43.0	31.0	51.0	779	35250
26-28	38.20	4.80	42.5	30.0	50.0	783	35750
28-30	37.67	4.20	46.5	33.3	23.0	803	37300
30-32	35.68	4.08	42.0	29.0	34.0	758	35450
32-34	27.32	2.91	39.5	23.0	49.0	515	33750
34-36	35.13	3.60	38.5	23.0	39.0	787	34700
36-38	36.01	4.00	40.5	23.0	43.0	746	33450
38-40	36.77	3.41	42.5	26.0	54.0	765	34750

TABLA V. Contenido de agua, materia orgánica y metales traza en núcleos de sedimento

Prof. (cm)	H ₂ O %	Mat. Org. %	Ni	Cu	Pb	Mn	Fe
Núcleo 3. Sistema Costero Lobos.							
0-2	47.00	5.71	43.0	25.0	32.0	831	31900
2-4	48.74	5.75	44.5	28.0	40.0	785	30750
4-6	40.58	3.69	35.0	22.0	19.0	625	28100
6-8	36.52	2.98	36.0	20.0	30.0	608	26100
8-10	38.19	3.18	40.6	20.0	20.0	651	26300
10-12	44.02	4.20	44.5	28.0	18.0	780	30500
12-14	37.36	3.55	38.0	23.0	16.0	686	27900
14-16	34.61	2.81	37.5	21.0	12.0	642	25250
16-18	34.43	3.76	43.0	24.0	20.0	655	28450
18-20	30.41	3.02	41.5	23.0	18.0	582	28750
20-22	28.83	2.98	42.0	22.0	30.0	481	26000
22-24	26.04	2.66	39.0	21.0	20.0	452	28000
24-26	26.33	2.53	38.0	21.0	18.0	455	29250
26-28	27.41	2.75	41.5	23.0	26.0	449	28500
28-30	27.05	2.82	57.0	22.0	11.0	442	29400
30-32	27.41	3.10	49.0	29.0	30.5	450	29400
32-34	27.68	2.26	47.0	24.0	16.0	461	30500
34-36	26.43	2.70	44.0	23.0	15.0	462	29750
36-38	25.39	2.69	43.0	22.0	30.0	469	30600
38-40	25.78	3.14	45.0	22.0	21.0	468	30750
Núcleo 4. Sistema Costero Lobos.							
0-2	56.81	8.93	53.0	26	48	443	46500
2-4	58.80	11.20	57.0	27	46	418	44750
4-6	59.08	10.01	56.0	26	44	472	43100
6-8	55.56	7.63	55.5	32	38	456	43100
8-10	56.99	9.19	55.0	22	41	449	41600
10-12	55.31	41.58	56.5	25	45	431	39050
12-14	52.67	6.47	53.0	27	42	442	42250
14-16	54.86	7.01	56.5	23	55	431	41.200
16-18	52.63	7.17	58.0	31	41	421	38050
18-20	51.71	7.69	58.0	29	38	448	38950
20-22	52.72	7.16	51.0	88	42	457	41450
22-24	52.83	6.06	54.5	44	34	456	39900
24-26	56.26	8.62	52.0	31	49	485	41050
26-28	49.19	5.59	51.0	28	42	607	39400
28-30	53.53	7.25	54.0	29	46	629	39900
30-32	59.45	5.68	58.5	31	51	662	36150
32-34	56.28	8.27	52.0	22	52	708	36950
34-36	54.32	8.25	51.0	23	39	705	37400
36-38	55.49	8.45	47.5	29	45	708	38400
38-40	54.66	9.26	42.5	28	34	721	39150

TABLA VI. Contenido de agua, materia orgánica y metales traza en núcleos de sedimento

Las mayores concentraciones de níquel se encontraron en el Núcleo 4, en un rango de 42.5-58.5 ppm, y las menores se detectaron en el Núcleo 1, en un rango de 14.0-38.0 ppm.

Respecto a el perfil vertical de níquel en estos núcleos de sedimento, se puede apreciar que en los Núcleos 2, 3 y 4 el comportamiento del níquel es muy similar con respecto a la profundidad; no siendo así en el Núcleo 1, en el cual se observan variaciones de un nivel a otro de profundidad.

La concentración de cobre en los núcleos de esta laguna costera fluctuó de 20.0 a 30.0 ppm. Las menores concentraciones de cobre se encontraron en el Núcleo 1 en un rango de 12.0-21.0 ppm, y la mayor se obtuvo en el Núcleo 4 a los 20 cm de profundidad con un valor de 88.0 ppm.

Los resultados en la determinación de plomo en los Núcleos 2 y 4, fueron de 23.0-59.0 ppm y 34.0-55.0 ppm, respectivamente. En el Núcleo 1, se detectaron las menores concentraciones en un rango de 12.0-21.0 ppm.

El comportamiento del plomo con respecto a la profundidad es muy similar en los cuatro núcleos de sedimento correspondientes a esta laguna costera.

La concentración de manganeso en los sedimentos se encontró en un rango de 250.0-800.0 ppm. Las más altas concentraciones de manganeso se encontraron en el Núcleo 2, en un rango de 515.0-803.0 ppm, y las más bajas en el Núcleo 1 en un rango de 250.0-400.0 ppm.

La distribución de este metal con respecto a la profundidad del sedimento en cada uno de los núcleos muestra un comportamiento diferente.

En los núcleos muestreados en este sistema costero, el rango de concentración de hierro fué de 1.9-4.7 %. En el Núcleo 4 se encontraron los valores más bajos en un rango de 3.615-4.65%, y en el Núcleo 1 los más bajos en un rango de 1.925-3.245%.

La distribución de la concentración de hierro en los Núcleos 1 y 2, posee un comportamiento similar con respecto a la profundidad del sedimento, observándose

un valor máximo en los primeros 10 cm. de profundidad en el primer núcleo. El comportamiento de el hierro en el Núcleo 3 se incrementa con respecto a la profundidad, mientras que en el Núcleo 4 disminuye.

Resulta evidente, que la mayor concentración de metales traza se determinaron en el núcleo 4 y los menores en el núcleo 1, (Fig. 7).

RELACION METAL-METAL

En el sistema costero Guasimas, se encontró que en el Núcleo 1 existe una relación directa entre la distribución de Mn y Fe ($r=0.97$), con respecto a la profundidad de la columna sedimentaria. Esta misma relación se dió en el Núcleo 2 para el Cu-Fe, $r=0.86$. En el Núcleo 3 de esta misma laguna costera, se encontró que Cu-Mn y Mn-Fe obtuvieron los siguientes valores de correlación: $r=0.89$ y $r=0.80$ respectivamente, y solamente en el Núcleo 4 se encontró que el Mn y Fe tienen una relación directa con un valor de $r=0.95$, (Fig. 8).

En el sistema costero Algodones, se obtuvo que en el Núcleo 2 existe una relación directa entre Cu-Mn ($r=0.81$), (Fig. 9). En el sistema costero Lobos, se encontró que en el Núcleo 2, Ni-Cu, Ni-Fe y Cu-Fe se encontró una relación directa con un valor de $r=0.83$, $r=0.81$ y $r=0.90$ respectivamente. (Fig. 10)

RELACION MATERIA ORGANICA-METALES

Al graficar las concentraciones de los metales pesados contra el contenido de materia orgánica, se encontró que la mejor relación directa se obtuvo con Cu en el Núcleo 3 en el sistema costero Guasimas con una $r=0.80$, (Fig. 11); mientras que en Los Algodones la mejor relación se encontró en el Núcleo 4 correspondiendo al Cu y Pb correlaciones de 0.82 y 0.80 respectivamente, (Figs. 12, y 13).

En el sistema costero Lobos se encontró que en el Núcleo 3, solamente el Mn observó un comportamiento director con respecto al contenido de materia orgánica con un valor de $r=0.84$. (Fig. 14)

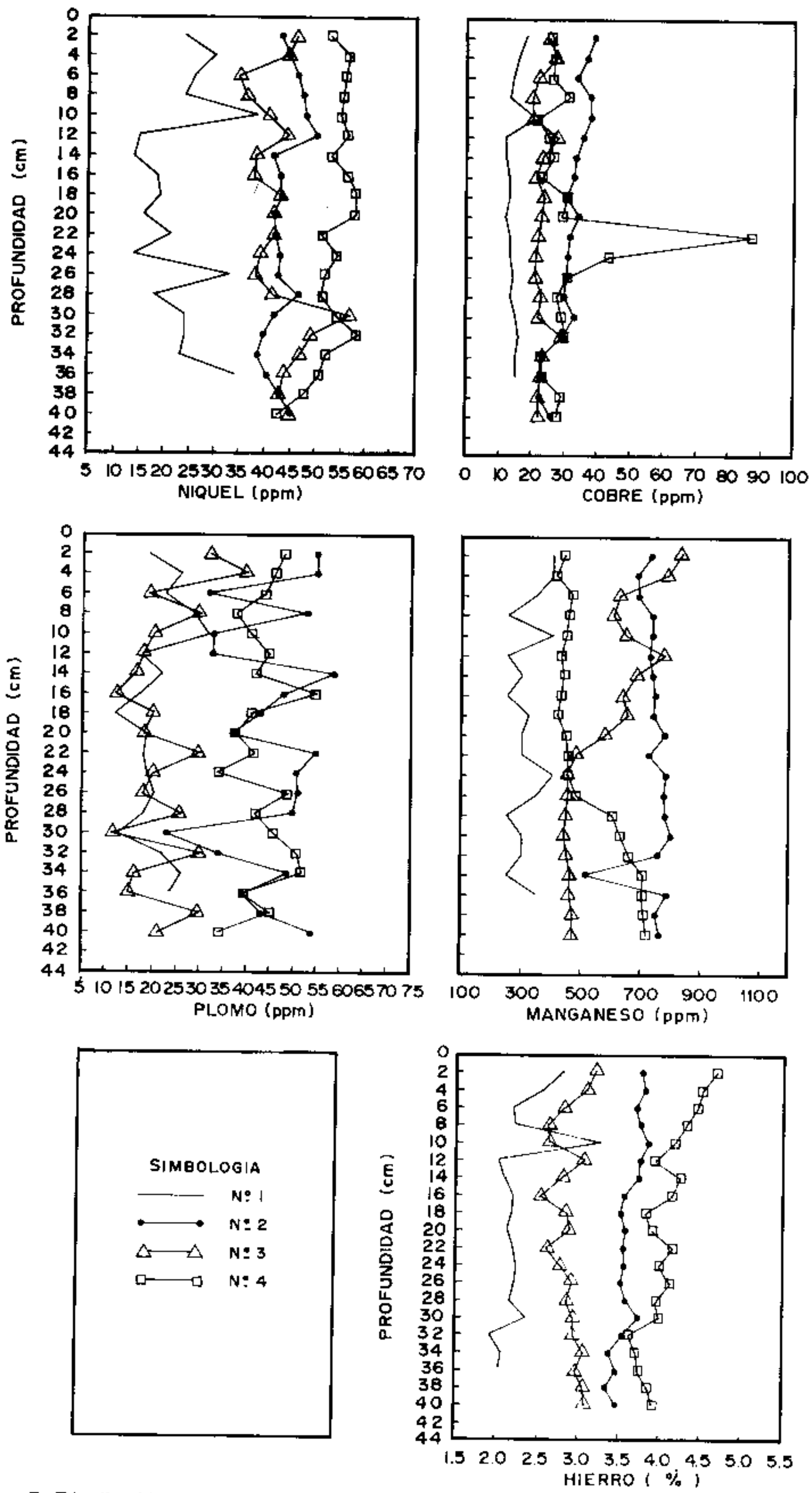


Figura 7 Distribución de metales traza en los núcleos de sedimento en el sistema costero Lobos

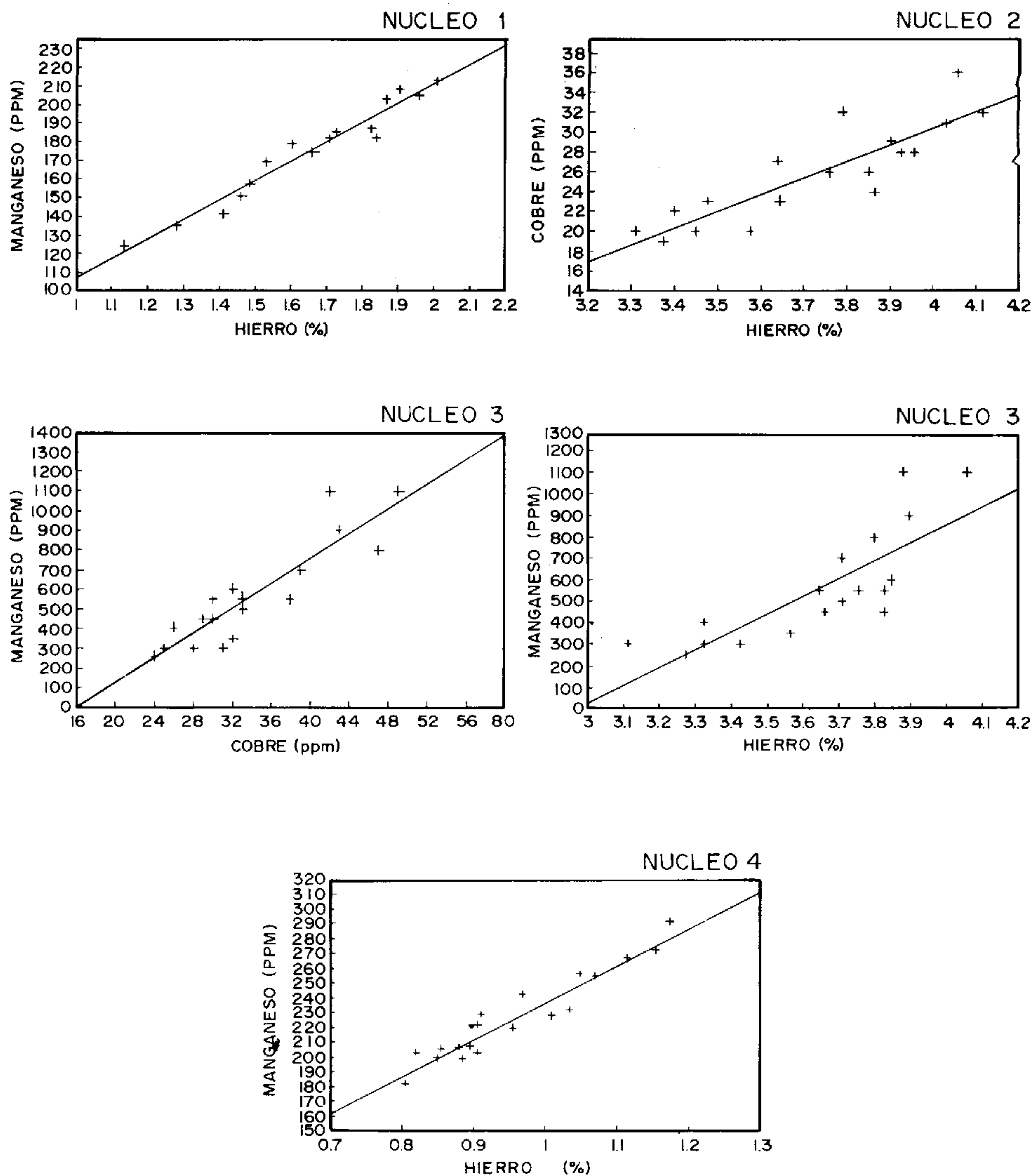


Figura 8 Relación metal-metal en los sedimentos del sistema costero Las Guasimas.

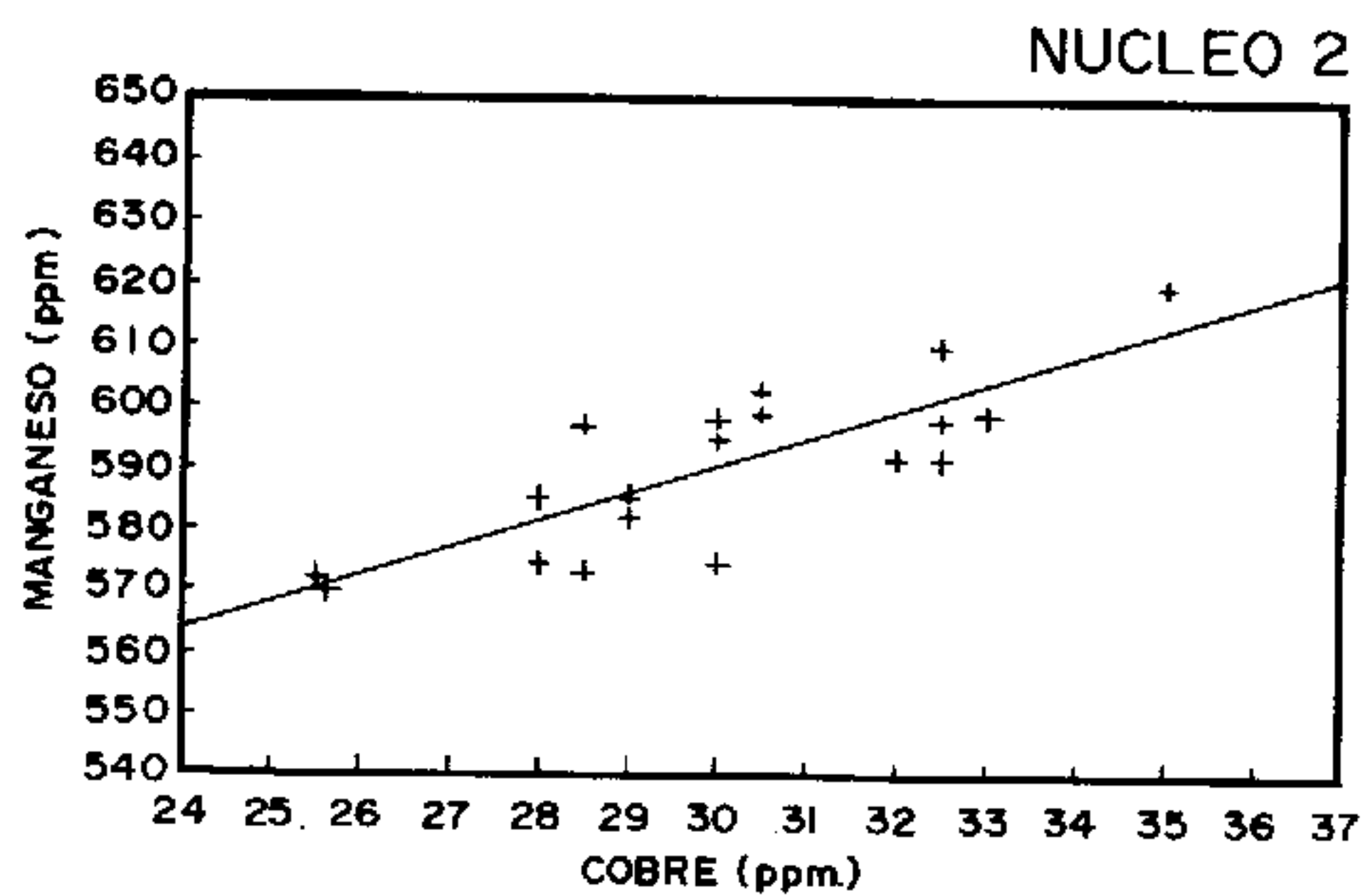


Figura 9 Relación metal en los sedimentos del sistema costero Los Algodones

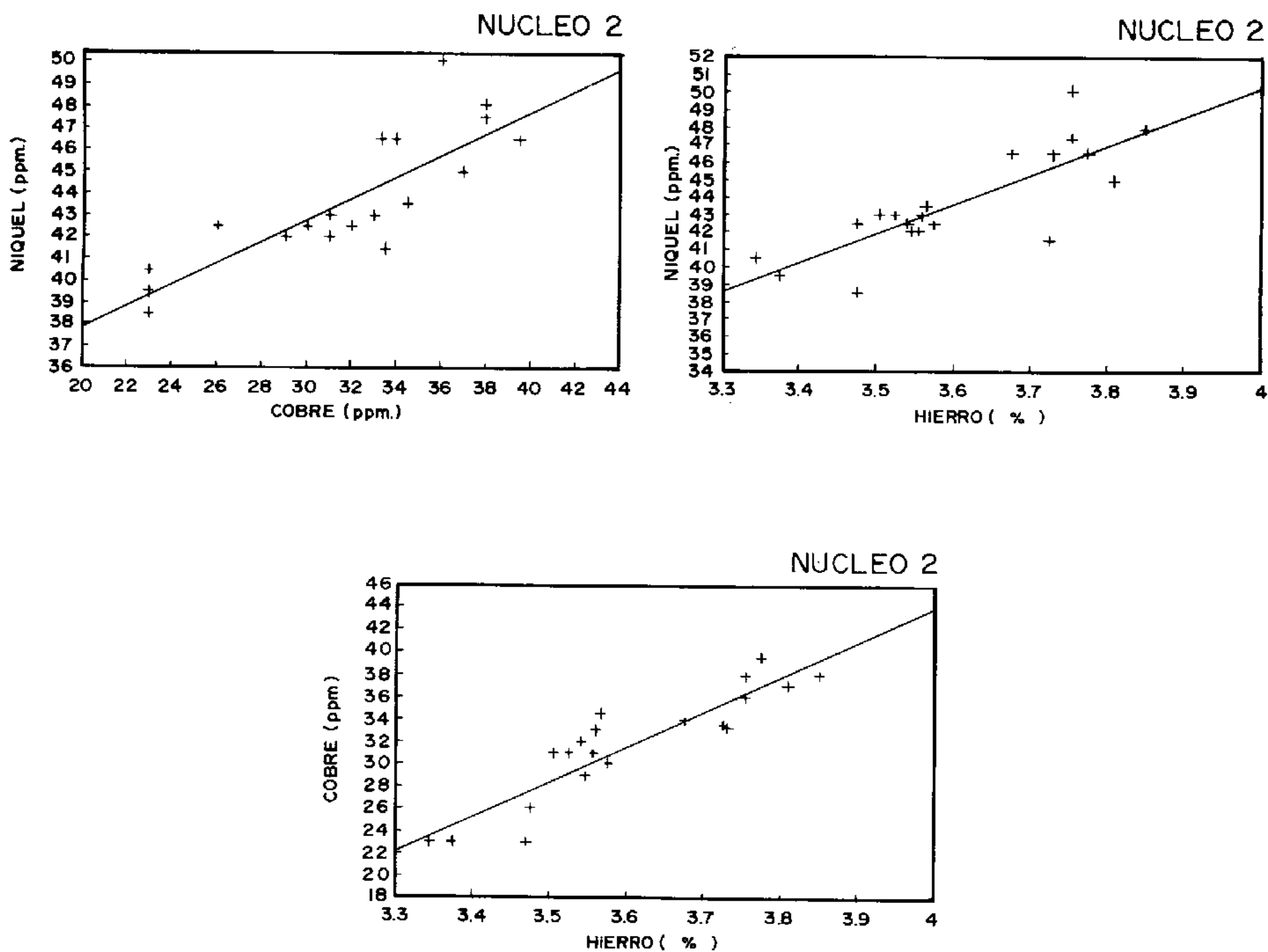


Figura 10 Relación metal-metal en los sedimentos del sistema costero Lobos

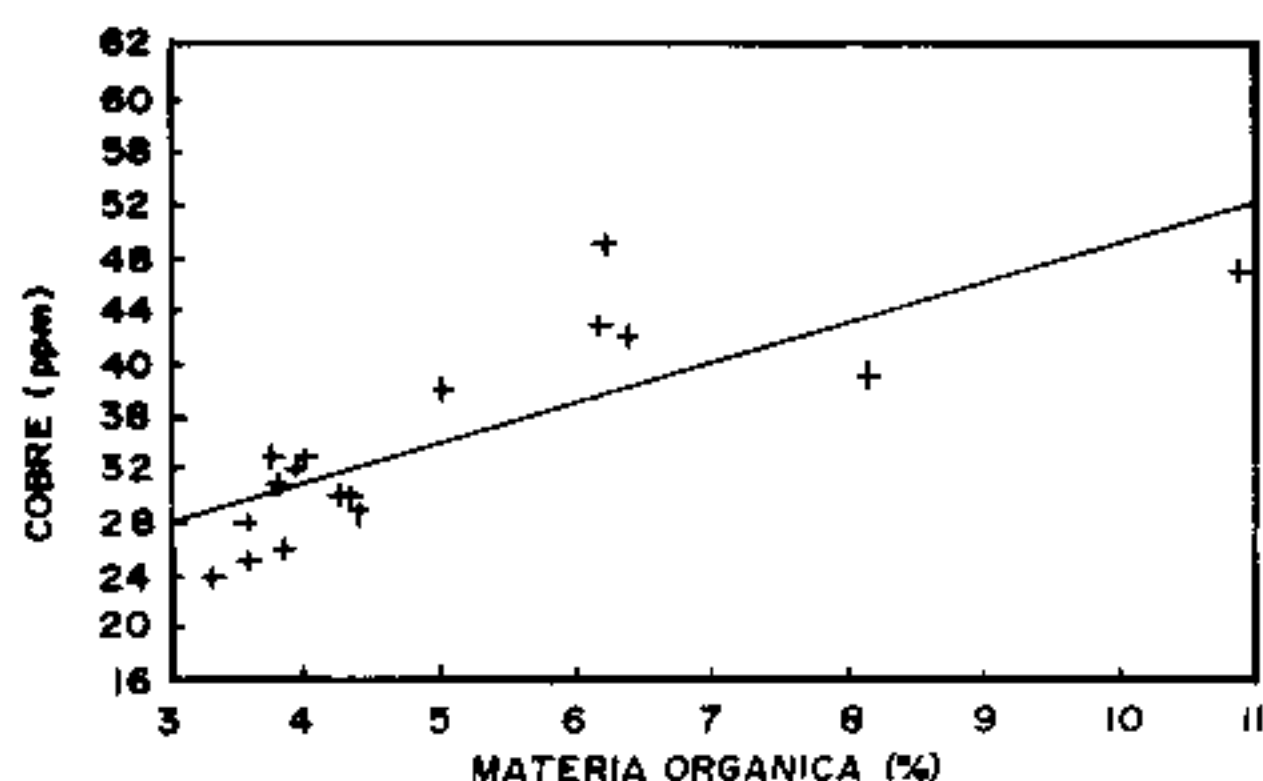


Figura 11 Relación materia org.- cobre en el núcleo 3 del sistema costero Guasimas.

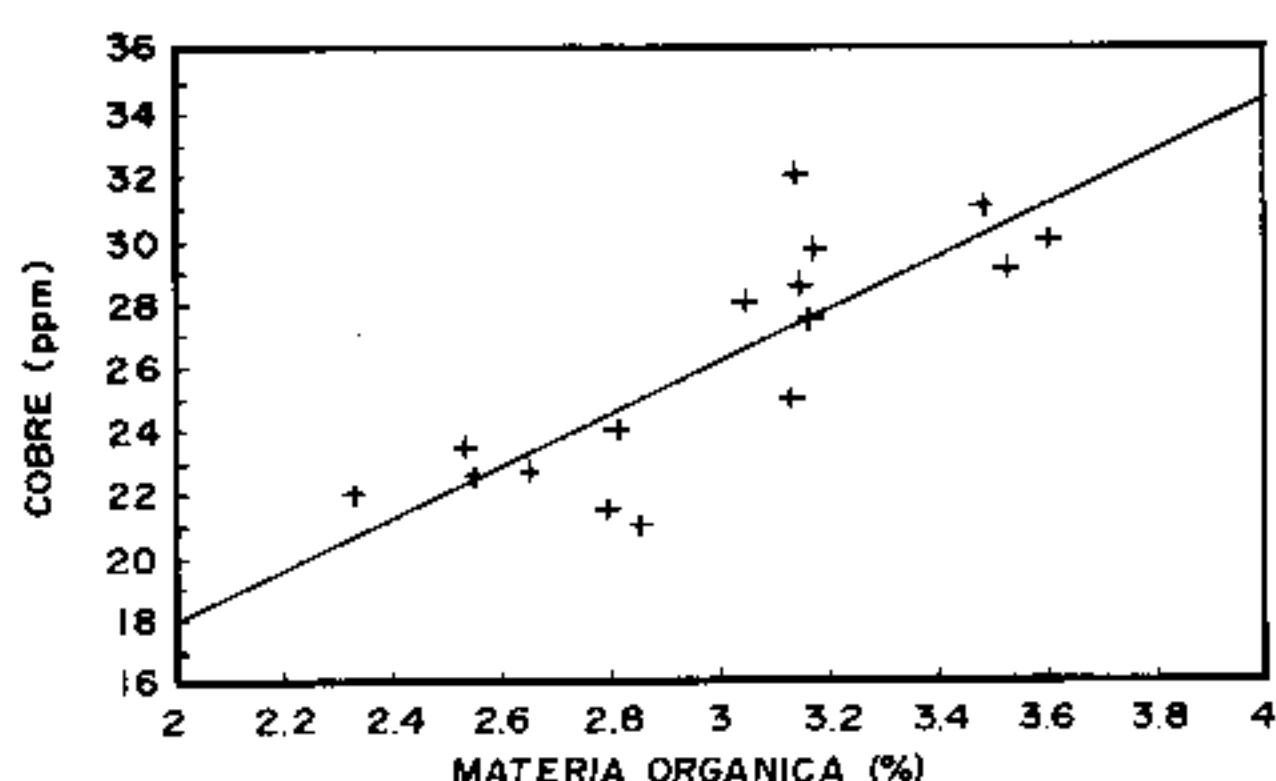


Figura 12 Relación materia org.- cobre en el núcleo 4 del sistema costero Los Algodones.

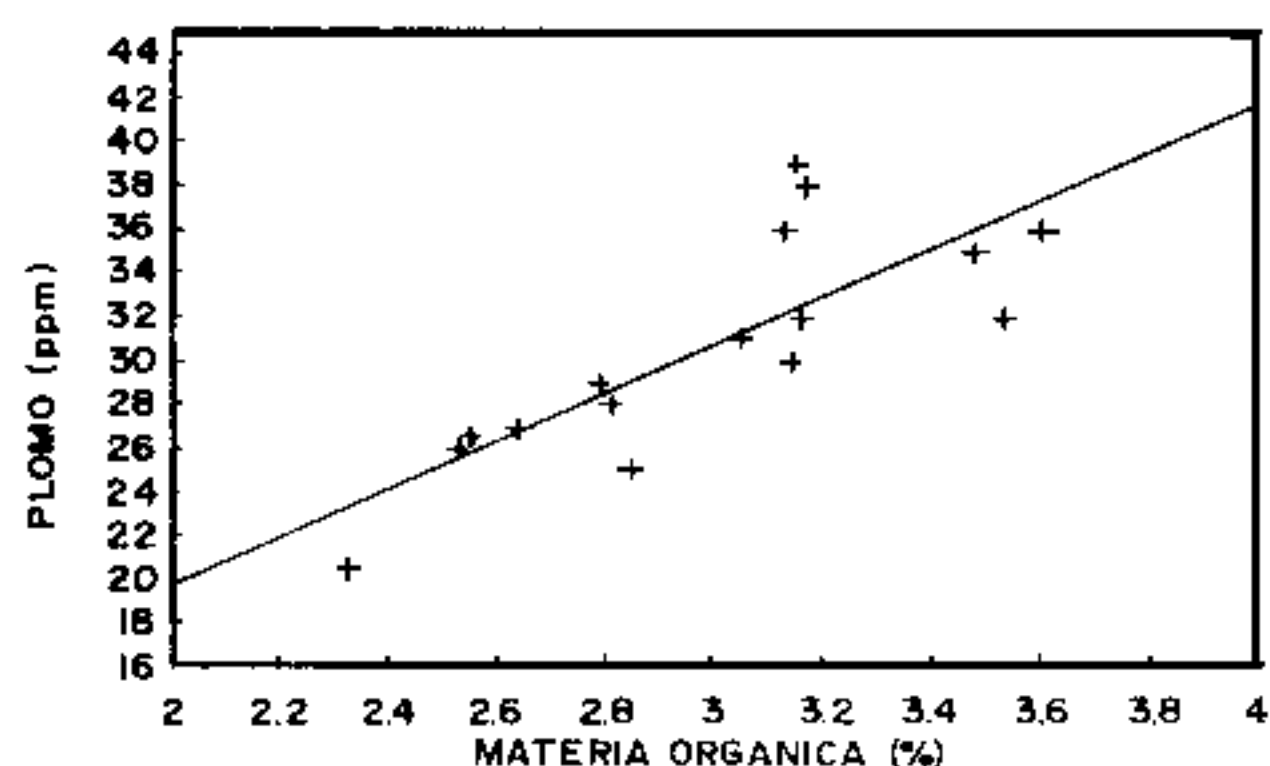


Figura 13 Relación materia org.- plomo en el núcleo 4 del sistema costero Los Algodones.

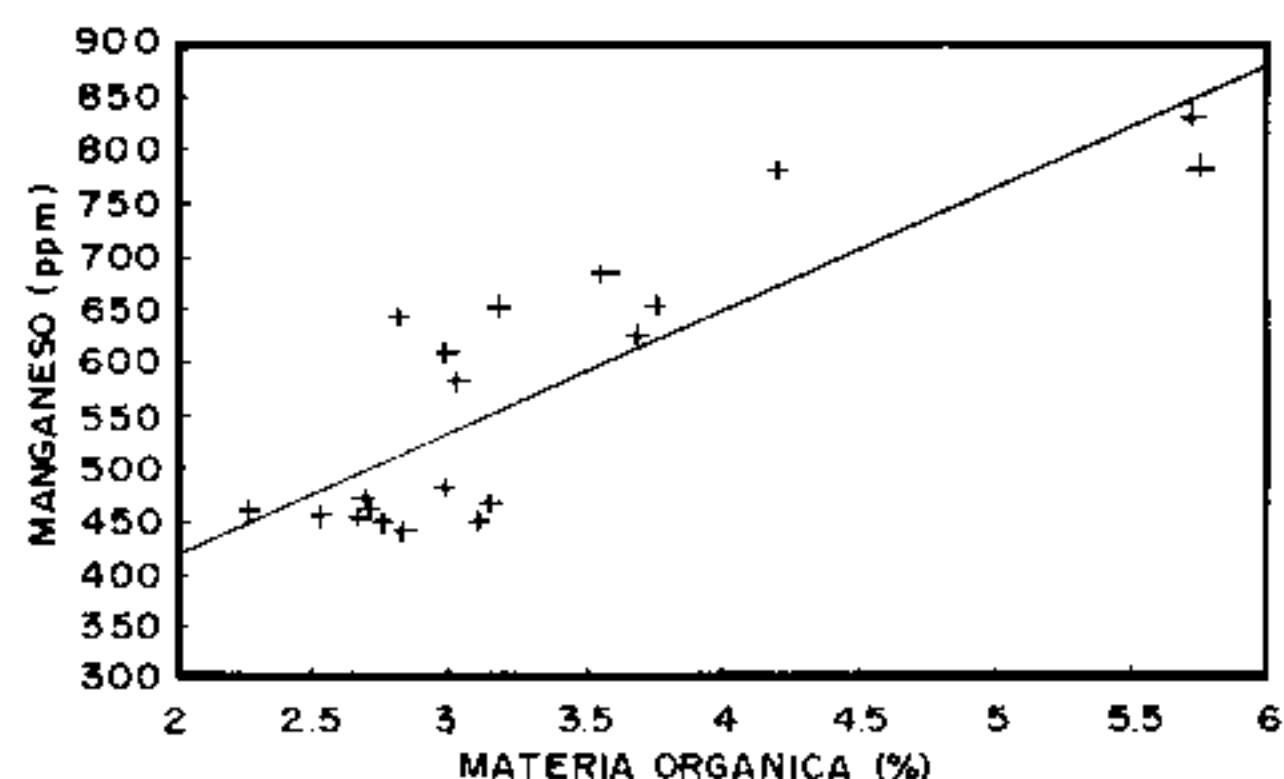


Figura 14 Relación materia org.-manganeso en el núcleo 3 del sistema costero Lobos

CONCLUSION

Existe una gran dependencia entre las características granulométricas del sustrato en los niveles de acumulación de Cu, Fe, Ni y Mn en los núcleos de sedimentos correspondientes al Estero Los Algodones y al Estero Lobos.

El tamaño medio de partícula del sedimento no es uno de los principales factores que más influyen en la distribución y concentración de los metales pesados en esas zonas, sino que, es afectada por diagénesis de tipo selectiva en la columna sedimentaria.

En los tres sistemas costeros, se dio una relación directa entre el contenido de materia orgánica y el Cu, Pb y Mn, y una relación inversa con el Fe y Ni. Este comportamiento indica que el contenido de materia orgánica es uno de los parámetros que influyen en la distribución de éstos metales en la columna sedimentaria,

aunado también a la metabolización de esa materia orgánica debido a los procesos de óxido-reducción.

De acuerdo a las correlaciones obtenidas entre los metales pesados, hace suponer que el Ni, Cu y Pb están siendo aportados a los sedimentos por minerales ferromagnesianos ó pueden estar asociados con óxidos de Fe, Mn u óxido-hidróxidos ya sea en forma adsorbida ó en forma co-precipitada.

La distribución y concentración de los metales pesados están determinados por la precipitación, probablemente como carbonatos ó mediante la reducción de óxidos de Mn y Fe y la disolución de carbonatos; ó durante la precipitación de sales de los iones más abundantes como: CaSO_4 , MgSO_4 , NaCl , KCl , MgCl_2 , desplazando así a los iones metálicos que se encuentran adsorbidos en las partículas.

Se establece que el contenido de materia orgánica, es directamente proporcional al contenido de limos y arcillas en los sedimentos, encontrándose en un rango menor de 0.78% en arenas finas, hasta cerca de 40% en limos y arcillas, por lo que en las regiones en donde el contenido de materia orgánica es menor se le atribuye comúnmente a la disolución de los sedimentos con particular gruesas no-arcillosas, o sea que la distribución de la materia orgánica está relacionada con las características morfológicas de cada sistema costero.

En todas las curvas de la distribución vertical de materia orgánica, se aprecia un comportamiento irregular en los sedimentos más superficiales, produciéndose valores máximos en las capas comprendidas entre los 10 y 20 cm, lo cual puede deberse a la existencia de microambientes reductores en el sedimento. Esto puede imputarse, principalmente, a que la velocidad de descomposición de la materia orgánica es alterada al llevarse a cabo cambios en los factores básicos del medio ambiente.

En los tres sistemas costeros, se desarrollan procesos de óxido-reducción que dan lugar a difusión y precipitación de los metales pesados a diferentes velocidades. Tales velocidades, se dan de acuerdo a los gradientes de concentración existentes, así como también a los procesos diagenéticos que ahí se desarrollan.

BIBLIOGRAFIA

- Agemian, H. and Chau, A.S.Y., 1975.-** An Atomic Absorption Method for the Determination of 20 Elements in Lake Sediments After Digestion. Analytica Chemical Acta 80-6100. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Carranza, E.A., Gutierrez, M.E., y Rodriguez, R.T., 1975.-** Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. An. CCM y L. U.N.A.M. 2(1): 81-88
- Emery, K.O., 1938.-** Rapid Method of Mechanical Analysis of Sand: Jour. Sedim. Petrol., v. 8, p. 105-111
- Elderfield, H., Hepworth, A., 1975.-** Mar. Pollut. Bull., vol. 6, p. 85-7
- García, E., 1973.-** Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Koppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Inst. Biol. An. 41 (1): 243.
- Krumbein, W.C., 1932.-** The Mechanical Analysis of Fine Grained Sediments. J. Sedim. Petro., p. 140-149
- Lankford, R.R., 1977.-** Coastal Lagoons of Mexico. Their origin and classification. En: Wiley, M., (ed.). estuarine Processes. Estuarine Research Federation Conference, Galveston, Texas. Octubre 6-9, 1976. Academic Press Inc. New York 2: 182-215
- Renfro, W.C., 1973.-** Transfer of Zn from sediments by marine polychaete worms. Mar. Biol., 21, 305-316.