

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

Por:

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

RESUMEN

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

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

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

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

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

ABSTRACT

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

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

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

INTRODUCCION

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

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

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

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

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

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

AREA DE ESTUDIO

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

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

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

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

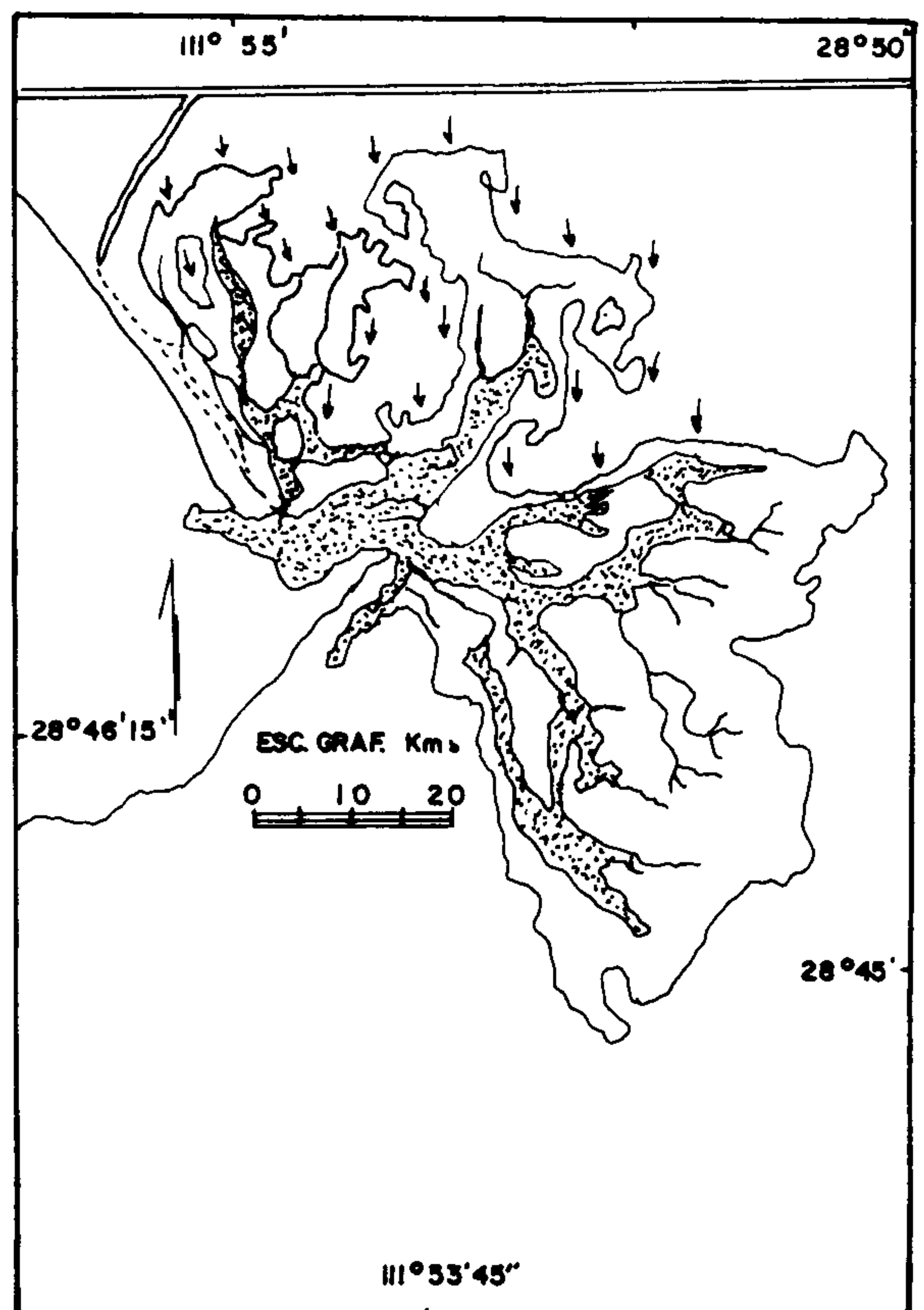
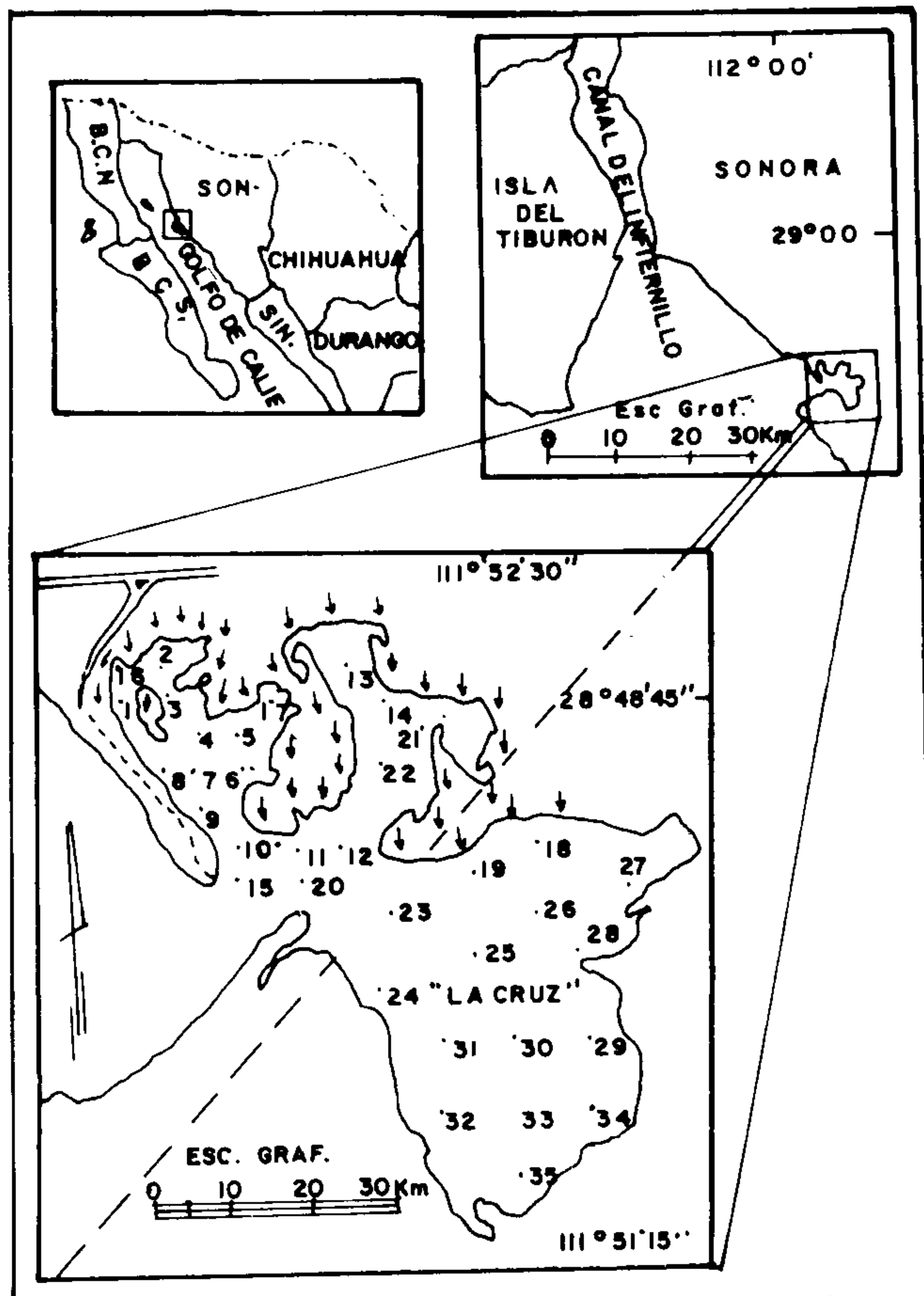


Fig. 2. Distribución de canales de corriente.

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

MATERIALES Y METODOS

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

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

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

RESULTADOS Y DISCUSION

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

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

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

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

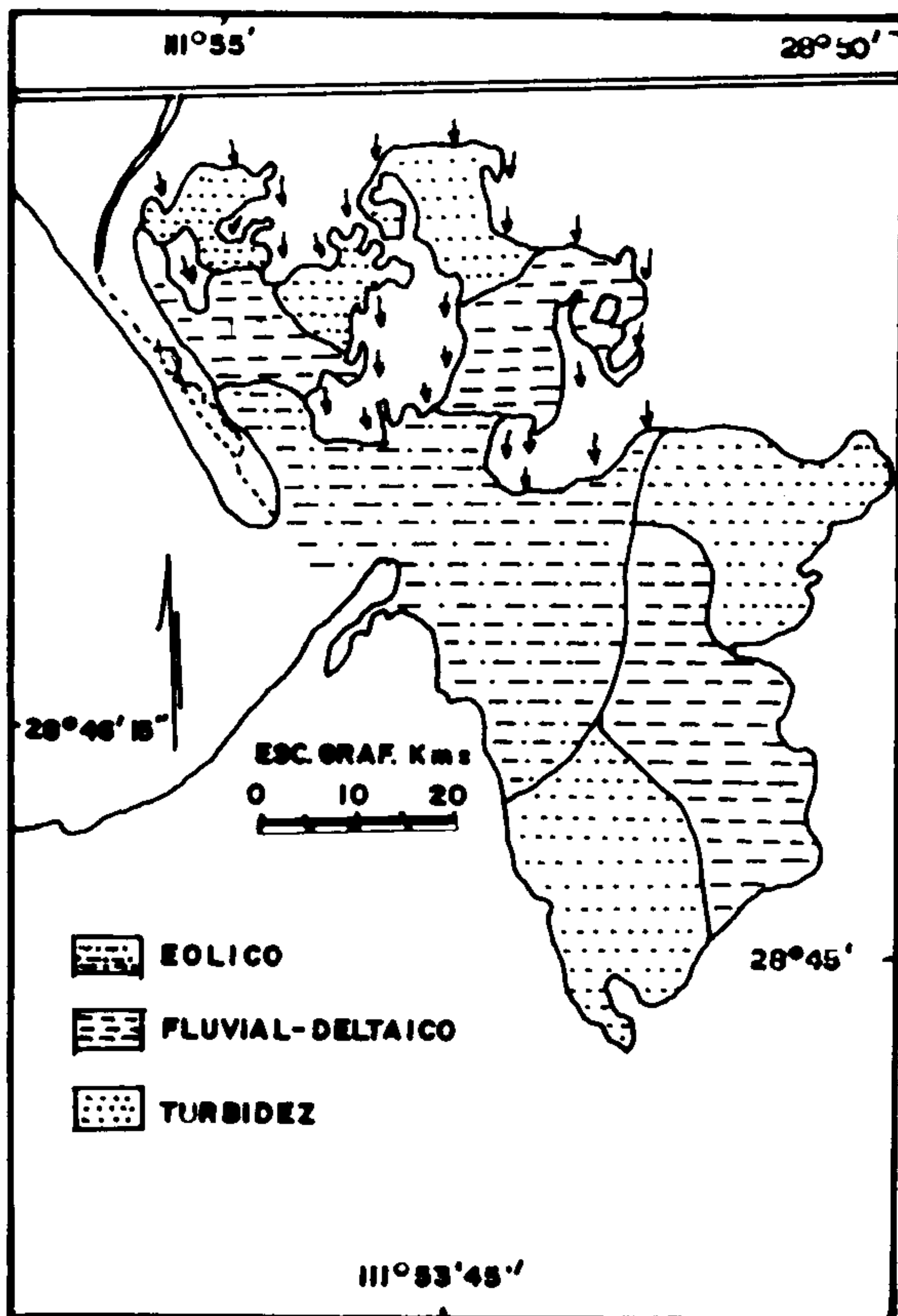


Fig. 3. Distribución de ambientes de depósito.

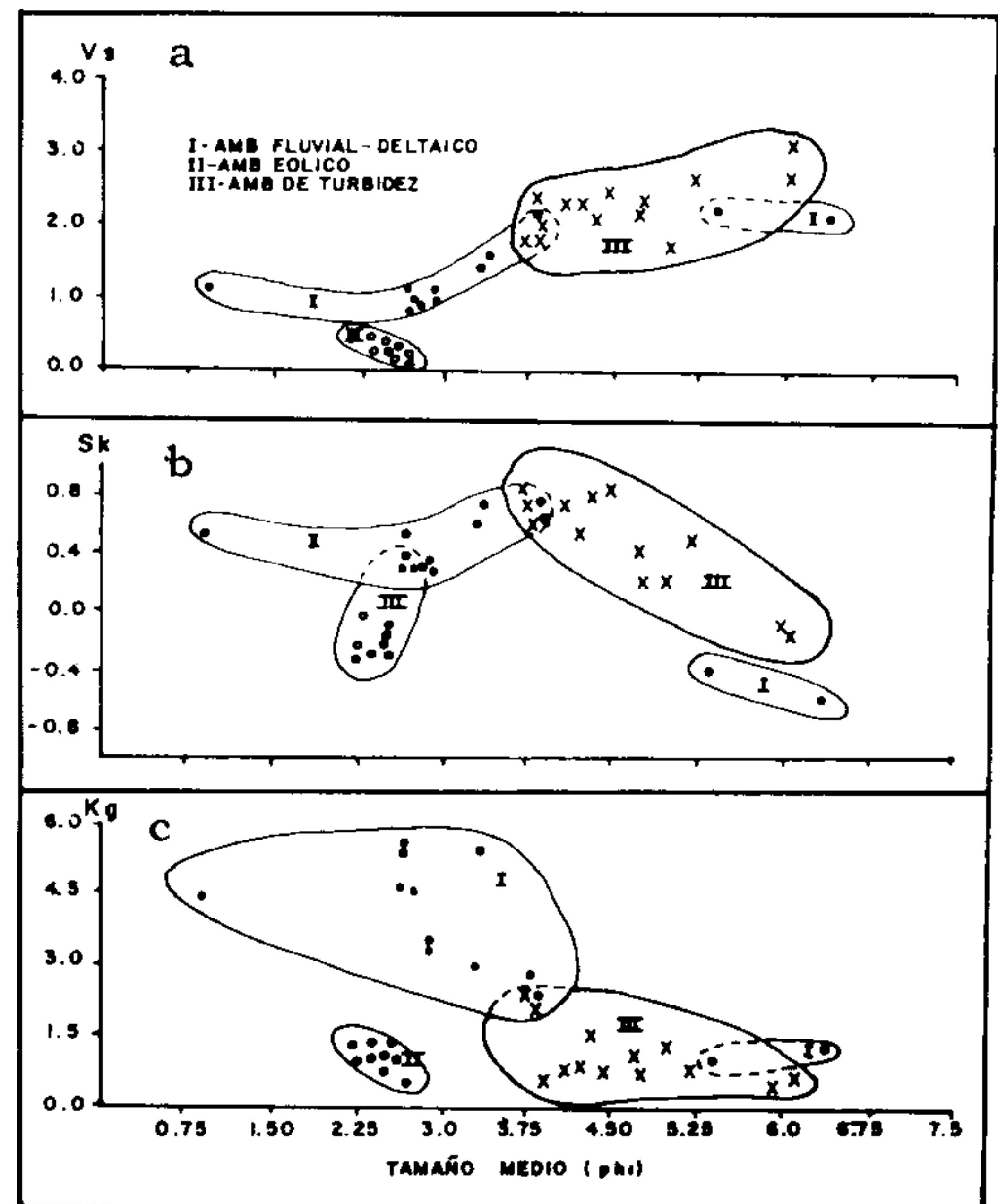


Fig. 4. a) Clasificación y tamaño medio; b) Sesgo y tamaño medio; c) Curtosis y tamaño medio.

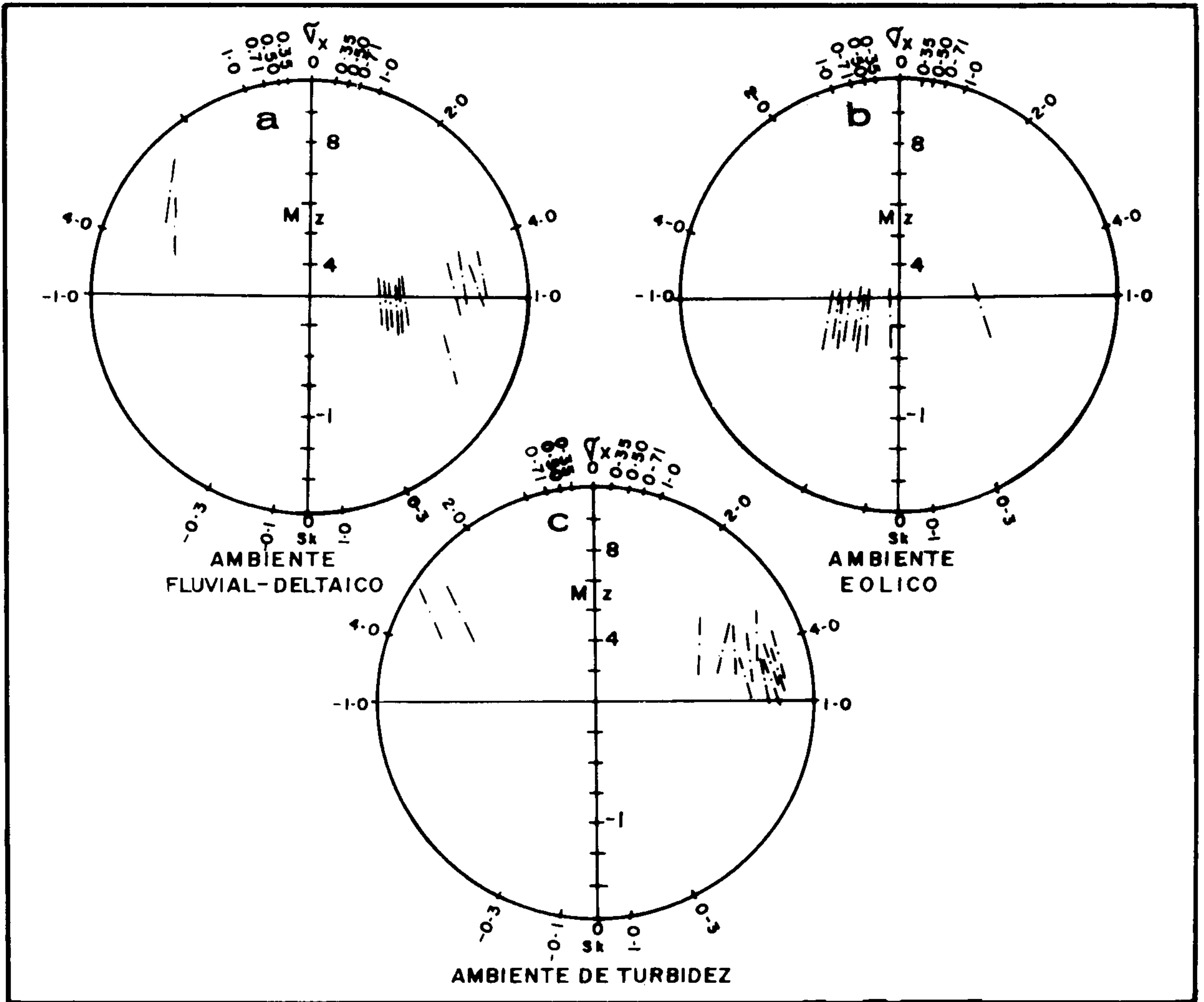


Fig. 5a, b, c. Tamaño medio, clasificación y asimetría de los sedimentos.

AMBIENTE DE DEPOSITO	FLUVIAL DELTAICO	BOLICO	TURBIDEZ
CARACTERISTICAS			
	DISTRIBUCION PORCENTUAL DE TAMAÑOS		
ARENA	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
LIMO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
ARCILLA	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
	TAMAÑO GRAFICO MEDIO		
ARENA GRUESA	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
ARENA FINA	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
ARENA MUY FINA	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
LIMO GRUESO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
LIMO MEDIANO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
LIMO FINO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
	COEFICIENTE DE CLASIFICACION		
MUY MAL CLASIFICADA	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
MAL CLASIFICADA	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
MODERADAMENTE CLASIFICADA	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
BIEN CLASIFICADA	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
MUY BIEN CLASIFICADA	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
	ASIMETRIA		
MUY ASIMETRICO HACIA GRUESO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
ASIMETRICO HACIA GRUESO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
CASI ASIMETRICO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
ASIMETRICO HACIA FINOS	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
MUY ASIMETRICO HACIA FINOS	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
	CURTOSIS		
EXTREMADAMENTE LEPTOCURTICO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
MUY LEPTOCURTICO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
LEPTOCURTICO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
MESOCURTICO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
PLATICURTICO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
MUY PLATICURTICO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
	MADUREZ TEXTURAL		
INMADURO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
SUBMADURO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
MADURO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨
UPERMADURO	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨

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

Ambiente Fluvial-deltaico

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

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

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

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

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

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

Ambiente Eólico

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

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

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

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

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

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

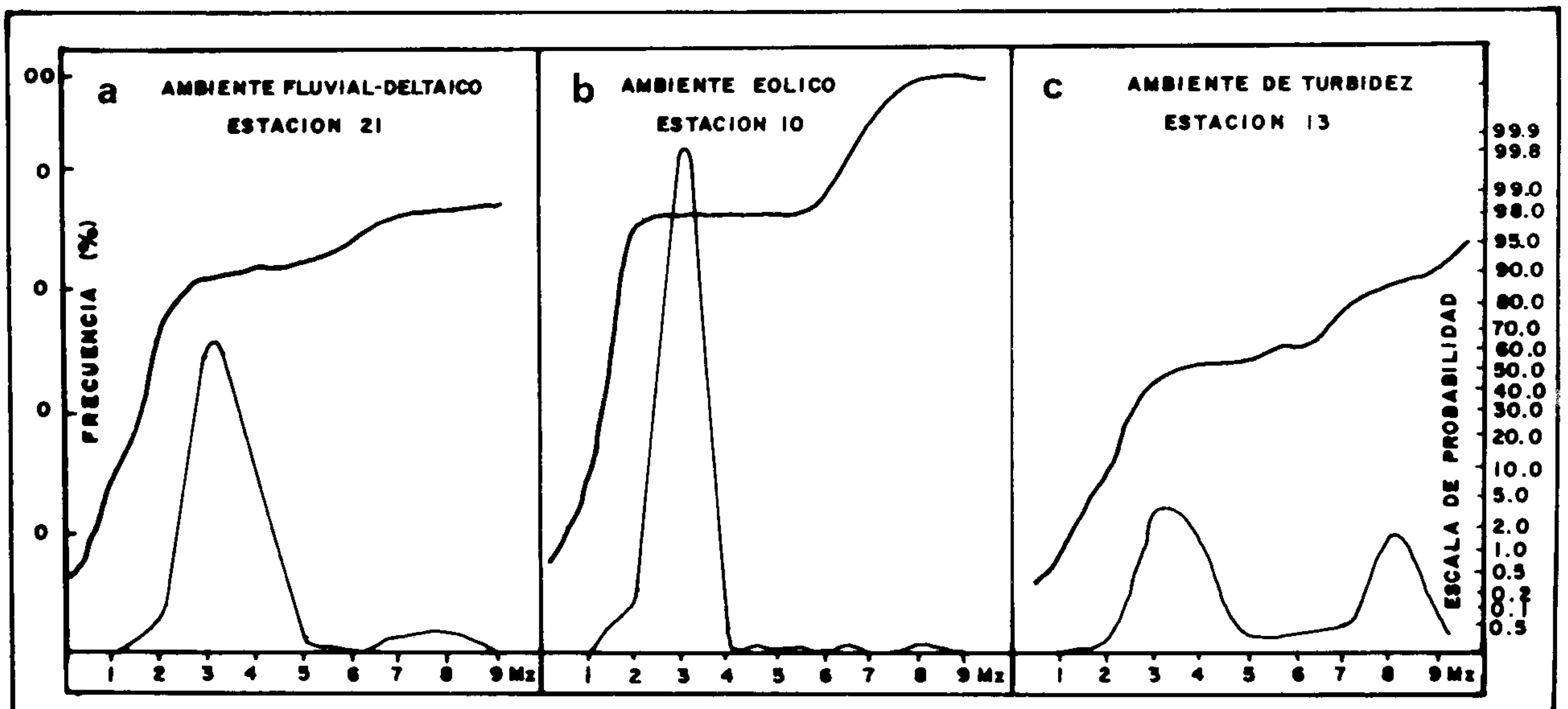


Fig. 7. Curvas de Frecuencia y Acumulativas.

Ambiente de Turbidez

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CONCLUSIONES

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

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

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

AGRADECIMIENTO

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

BIBLIOGRAFIA

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