

3  
2 ef



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS  
TEXTURALES Y MINERALÓGICAS DE SEDIMENTOS  
DE LA REGIÓN DE LA DESEMBOCADURA DE  
LA LAGUNA DE COYUCA, GRO. MÉXICO**

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
**INGENIERO GEOLOGO**  
P R E S E N T A :  
**ALEJANDRO CARRILLO BAÑUELOS**

México, D.F.

1993

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## C O N T E N I D O

1. INTRODUCCION	1
GENERALIDADES	1
ANTECEDENTES	4
OBJETIVO	4
2. AREA DE ESTUDIO	6
LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO	7
CLIMA Y VEGETACION	9
FISIOGRAFIA	9
GEOLOGIA REGIONAL	10
PALEOZOICO	12
MESOZOICO	12
TERCIARIO	13
CUATERNARIO	14
ROCAS INTRUSIVAS	14
GEOLOGIA LOCAL	14
HIDROGRAFIA	16
3. METODOLOGIA	19
CAMPO	19
PLAYA	19
LAGUNA	24
RIO	24
LABORATORIO	24
GABINETE	24
ANALISIS POR AGRUPAMIENTO	27
ANALISIS POR COMPONENTES PRINCIPALES	33
4. ANALISIS DE RESULTADOS	34
MORFOLOGIA DE LA PLAYA-BARRERA	34
PERFIL DE PLAYA	34
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	41
ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	43
COMPOSICION DE SEDIMENTOS	44
GRANULOMETRIA	47
ANALISIS POR AGRUPAMIENTO	56
ANALISIS POR COMPONENTES PRINCIPALES	62
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	75
GLOSARIO	79
ANEXO I	82

## R E L A C I O N   D E   T A B L A S

C O N T E N I D O	PAGINA
1. REGISTRO DE NIVELACION TOPOGRAFICA	20
2. PARAMETROS ESTADISTICOS, FORMULAS Y LIMITES UTILIZADOS.	26
3. PARAMETROS HIDROGRAFICOS	42
4. CONTENIDO Y CLAN MINERALOGICO	46
5. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE TAMAÑOS Y NOMENCLATURA	50
6. NOMENCLATURA DE LOS SEDIMENTOS	51
7. PARAMETROS ESTADISTICOS	52
8. MATRIZ DE DATOS	57
9. MATRIZ DE VARIANCIA-COVARIANCIA	58
10. MATRIZ DE CORRELACIONES	58
11. MATRIZ CON VALORES COFENETICOS	61
12. MATRIZ DE DISTANCIAS	63
13. VECTORES CARACTERISTICOS	64
14. VALORES CARACTERISTICOS	64
15. MARCAS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES	67

## R E L A C I O N   D E   F I G U R A S

C O N T E N I D O	P A G I N A
1. LOCALIZACION	8
2. TOPOGRAFIA, HIDROGRAFIA Y GEOLOGIA	18
3. NIVELACION DIFERENCIAL COMPUESTA	20
4. MEDICION DE LA ALTURA DE OLA	22
5. MEDICION DE LA VELOCIDAD DE LA CORRIENTE PRORIBERAL Y ANCHO DE LA ROMPIENTE	23
6. TABLA DE POWERS	25
7. TABLA DE ZINGG	25
8. DETERMINACION DE LA MADUREZ TEXTURAL	28
9. PERFILES DE PLAYA	35
10. PERFILES DE LA ZONA DE LA BOCA	36
11. PRECIPITACION Y TEMPERATURA AMBIENTE	38
12. TRIANGULO DE CLASIFICACION MINERALOGICA CLASIFICACION DE ARENITAS	45
13. TRIANGULO DE NOMENCLATURA GRANULOMETRICA (GRAVA, ARENA Y LODO)	48
14. TRIANGULO DE NOMENCLATURA GRANULOMETRICA (ARENA, LIMO Y ARCILLA)	49
15. GRAFICAS DE DISPERSION DE LOS PARAMETROS ESTADISTICOS	53
16. GRADO DE CLASIFICACION Y AREA FUENTE	55
17. DENDROGRAMAS DE DISTANCIAS Y DE CORRELACION	60
18. COEFICIENTE DE CORRELACION	61
19. CARGAS EN LOS COMPONENTES PRINCIPALES	65
20. DIAGRAMA DE DISPERSION COMPONENTE II vs COMPONENTE I	68

- |  |    |
|--|----|
| 21. DIAGRAMA DE DISPERSION<br>COMPONENTE III vs COMPONENTE I                     | 69 |
| 22. DIAGRAMA DE DISPERSION ARENA FINA,<br>LIMO Y ARCILLA vs ARENA GRUESA Y MEDIA | 70 |

## I N T R O D U C C I O N

La República Mexicana cuenta con 10 mil kilómetros de litoral, y las lagunas costeras representan del 30 al 35% de las superficies estuáricas del litoral. Estas cifras indican miles de kilómetros cuadrados de un ecosistema cuyo aprovechamiento racional significa una riqueza potencial natural incalculable.

Sin embargo, el campo de la investigación de los recursos naturales de nuestras costas requiere de una mayor investigación básica en el área de geología y biología, por citar sólo algunas, que permitan desarrollar estudios específicos interdisciplinarios para determinar las mejores condiciones y posibilidades de utilización.

La sedimentología es la ciencia que marca la pauta para el estudio del entorno físico de estos ecosistemas cuya influencia radica principalmente en el acarreo de sedimentos por medio del agua.

El análisis de estos sedimentos ha sido una tarea de los investigadores desde los albores de esta área de la Geología, la cual ha evolucionado vertiginosamente desde la década de los setentas.

Este desarrollo ha tenido su base en el soporte que brinda el análisis estadístico de datos a través de sistemas de compute.

En el presente trabajo se desarrollan, tanto metodologías tradicionales, basadas en medidas de tendencia probabilística normal propuestas por Folk y Ward en 1957 (Folk, 1969), y las actualmente empleadas, que aplican el análisis multivariado, representado aquí por los análisis por Agrupamiento y Componentes Principales (ACP).

### GENERALIDADES

Dentro de los ambientes sedimentarios, es el transicional o mixto el que ofrece a los investigadores una mayor fascinación por lo complejo de los procesos y el dinamismo intrínseco del ambiente, y es la playa el más dinámico de los medios sedimentarios que componen este ambiente, además de ser el mejor distribuido mundialmente (Davis, 1985). Por lo anterior, los medios costeros son el foco de interés de numerosos estudios cuyo enfoque puede ser eminentemente teórico y de aplicación práctica, como es el caso en el que se infieren ambientes análogos antiguos basados en el principio de uniformitarismo de Hutton, o las ingenieriles, que se dirigen al mantenimiento y construcción de rutas y puertos de navegación o inclusive, aplicarse en la planeación de sitios de recreo.

Pertenciente a este ambiente mixto, las playas que protegen la orilla del mar disipando la energía del oleaje, están formadas por la acumulación de material granular sin cohesión (Komar, 1976 en Ulloa, 1987), constituido por minerales (cuarzo, feldespatos, hornblenda, micas, etc.), restos de invertebrados marinos y fragmentos de rocas denominados clásticos.

En el estudio de las playas se hace importante definir términos y conceptos que se utilizarán en adelante. En este sentido, se presenta un pequeño glosario en donde se pretende utilizar términos traídos al español de la nomenclatura empleada por investigadores de habla inglesa. Marco J. Ulloa (1987), define los componentes del perfil de playa, utilizándose como la base de este glosario desarrollado.

Cabe señalar que uno de los primeros glosarios que engloban la mayoría de la terminología empleada en su época fue presentada por D.W. Johnson en 1919 en la obra "Shore Processes and shoreline development". Este glosario se enfocaba principalmente a la descripción de las zonas o partes del perfil.

Las lagunas costeras son cuerpos someros de agua que corren paralelos a la costa, tienen forma alargada y están separados del mar por una barrera de arena (Reineck, 1980), la cual tiene entradas efímeras o constantes que permiten la comunicación con el mar, y que bajo el concepto clásico de los geomorfólogos, estas lagunas constituyen expresiones de líneas de costa en emersión (Davis, 1912; Johnson, 1919); por su parte, y basados en la vasta distribución de las barras, (13% de la longitud total de las costas del mundo, según Zenkóvitch, 1969), varios investigadores soviéticos sostienen que la formación de las barreras en general, fueron estimuladas por el llamado levantamiento eustático Flandriano del nivel medio del mar que tuvo lugar hace 3 o 4 miles de años (Fairbridge, 1961).

Por su parte, Lankford (1977), sostiene que la formación de las barreras que protegen del mar a las depresiones inundadas de los márgenes del borde continental, data de los últimos 5,000 años, cuando se estabiliza el nivel actual del mar. El eje de orientación mayor de este tipo de lagunas tiende a ser paralelo a la costa.

Por lo general, las lagunas están asociadas con pequeños rangos de mareas debido a que los rangos amplios desarrollan movimiento de agua capaz de mantener los sedimentos en movimiento (Colombo, 1977).



Sin embargo, Zenkovitch (1969), considera que existen otros factores que afectan el desarrollo de las lagunas costeras independientemente de los cambios en el nivel del mar basándose en reportes de investigación realizados en la antigua Unión Soviética, que no presentan evidencias del levantamiento postglacial del nivel medio del mar, y sostiene además que la forma de las barreras litorales, en la mayoría de los casos está influenciada por la corriente litoral y que existe un transporte de sedimentos hacia la costa proveniente del fondo marino, dicho material está representado en algunos casos por fragmentos de conchas de moluscos que indican un producto talasogénico. Inclusive, se hace mención de lagunas con ausencia de sedimentos marinos, como es el caso de las penínsulas de Chukchi y Oeste de Crimea.

Lonquínov (1963), con base en las Leyes Generales de Transformaciones de ola pudo establecer que cualquier fluctuación de nivel del mar es favorable en la formación de barreras, siempre y cuando la superficie en la zona de acción del oleaje presenta una menor inclinación que la correspondiente al perfil de equilibrio definido por los sedimentos gruesos.

De acuerdo con Phleger (1969), el abasto suficiente de sedimento de tamaño de arena proporcionado por los ríos y la actividad del oleaje son factores importantes presentes en la formación, ya sea de barras o de islas de barrera. Por el contrario, Zenkovitch (1969), argumenta que la fuente de arena proviene de la plataforma interna.

La batimetría es muy somera en estos cuerpos de agua, excepto en los canales erosionados, modificados principalmente por procesos propios de la zona litoral que incluyen la actividad del viento, marea y ciclones, donde se localiza la sedimentación terrígena.

La distribución de sedimentos y de estructuras sedimentarias está controlado principalmente por las condiciones hidrográficas y la disponibilidad de sedimentos (Reineck, 1980).

Los sedimentos lagunares son depósitos en áreas de baja energía que tienen, además, pequeña actividad de corrientes. Dentro de las estructuras, las rizaduras de oleaje dominan a las de corriente. En este ambiente se puede contar con canales de erosión (Reineck, 1980).

La clase de sedimentos más abundante es la de los limos; el resto de los sedimentos se distribuye en las regiones costeras, tanto del lado del Océano como de tierra firme.

De manera particular, las barreras de las lagunas costeras están compuestas de arena de tamaño medio, dispuestas en laminaciones con discordancias angulares de baja intensidad, donde las láminas individuales pueden diferir de tamaño y contenido mineral.

El desarrollo y construcción de los médanos de playa origina estratificación cruzada con forma de artesa, con ejes normales a la línea de costa y laminaciones buzantes hacia el mar. También se presentan estructuras biogénicas hechas por isópodos, anfípodos, moluscos y cangrejos; huellas de insectos, aves y otros organismos son muy comunes.

#### ANTECEDENTES

La mayor parte de la información existente acerca de la Laguna de Coyuca, Gro., forma parte de informes técnico-científicos elaborados por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, para la Comisión del Río Balsas, información enfocada principalmente a pesquerías. Desde el punto de vista geológico y geomorfológico Lankford, (1974 y 1975); Lankford, et al., (1975); Ortiz-Pérez y Espinosa-Rodríguez (1991), y Cerranza-Edward, et al., (1975), desarrollaron trabajos encaminados a clasificar y describir las costas y lagunas mexicanas.

El aspecto hidrográfico es cubierto por los trabajos de Arpi, et al., 1974 y Castellanos, 1975 (en Yañez-Arancibia, 1978).

Existen además trabajos que consideran la comparación del tratamiento estadístico del análisis granulométrico; ejemplo de estos son los realizados por Rodríguez-Espinoza, 1990; Davis, 1986 y Doyle y Feldhausen, 1981.

#### OBJETIVO

Este trabajo está encaminado a:

1. Caracterizar los sedimentos superficiales del área de la Boca de la Laguna de Coyuca, Gro., en donde interactúan ambientes de playa-barrera, canal de laguna y del río Coyuca.
2. Comparar los análisis estadísticos de Tendencia Central y el análisis multivariado de los datos de tamaño de grano de los sedimentos.
3. Conocer la dinámica del ciclo de playa que presenta la barrera, así como realizar y describir la metodología de las observaciones que proporcionarán información básica para ulteriores estudios referentes a la integración de factores físicos como olas, vientos corrientes, etc.

4. Proporcionar los atributos mineralógico-texturales de la zona de la boca para que en cierta medida puedan ser utilizados para interpretar ambientes sedimentarios análogos antiguos.

5. Aportar información geológica específica, y en especial, sedimentológica para participar en el conocimiento abiótico del área.

## A R E A   D E   E S T U D I O

La laguna de Coyuca, Gro. está separada del mar por una barrera de arena que mide aproximadamente 500 m. de largo en el sector de la boca, y su orientación es de oeste a este.

Su longitud máxima es de 10 km. y su parte más ancha es de 5 km. Se comunica al Océano por medio de un canal meándrico, el cual se ubica en la parte oeste y recorre cerca de 5 km. al borde de la costa y desemboca en el delta del Río Coyuca, delta denominado El Carrizal (Contreras, 1985).

El área lagunar es de 34 km cuadrados, con un volumen de agua de 80.6 millones de metros cúbicos. La profundidad media es de 2.5 m. y la máxima de 5 m. (Contreras, 1985).

La Laguna de Coyuca se considera de importancia por su gran extensión ubicándose dentro de las tres primeras de Guerrero (Yañez-Arancibia, 1978), por ello, su área explotable en recursos piscícolas podría ser eficiente.

Un problema es la larga trayectoria del canal meándrico que la comunica con el Océano; ello impide una mezcla verdadera de las aguas, y mantiene al cuerpo la mayor parte del tiempo como limnético; el sistema posee una mayor productividad cuando se abre la boca.

Por otro lado, ya que sus características son limnéticas en general, podrían introducirse especies adaptadas a estas condiciones en forma de cultivos.

La Barra de Coyuca es una acumulación de arena con la forma de un cordón de 10 Km. de longitud y cuya parte más ancha llega alcanzar 5 Km. (Contreras, 1985). La continuidad de la barra llega a perderse en una boca efímera (Contreras, 1985).

Este cordón de arena se desarrolla paralelamente a la costa y muestra una morfología sinuóide (cuspado). Esta configuración tiene en promedio de 25 a 30 metros de longitud de onda y una amplitud de 7 a 8 metros.

Esta topografía particular se conoce como médanos de playa (Derraou, 1983), o beach cusp (Davis, 1985).

El origen de estos médanos y de otras topografías rítmicas de la playa no ha sido esclarecido con certeza; de hecho, no existe una teoría que pueda explicar satisfactoriamente el espaciamiento característico y regular de los grupos de médanos y como esta distribución se relaciona con las características propias de olas y la composición de la playa.

Originalmente, estas macroestructuras estaban asociadas con el efecto de las mareas, pero se encontró con que estas se desarrollaban también en playas con un régimen de mareas bajo e inclusive, en modelos de laboratorio. Sin embargo, observaciones han relacionado los médanos con trenes de olas paralelos a la línea de playa y mediciones realizadas por Longuet-Higgins y Parkin (Derbyshire, 1979), en la Playa de Chesil en Seaford muestran que la distribución o espaciamento esta influenciada por la altura y periodo de la ola y con el tamaño de la zona de salpicadura (swash length); de hecho, estas observaciones concuerdan con las realizadas por Johnson (1919), y por Kuenen (1948), y Otvos (1964), (en Derbyshire, op.cit.), en los que, al doblar el tamaño de ola, se duplica el tamaño de las estructuras. Por su parte, Longuet-Higgins y Parkin (en Derbyshire, op.cit.), concluyen que la mejor correlación se encuentra entre el espaciamento de las estructuras y la distancia entre el punto de rompimiento de ola y el límite máximo alcanzado por el vaiven (swash), a la que se le conoce como "swash distance".

Por su parte, Johnson (1919), propone que una sucesión regular de flujos de vaiven sobre una playa suave erosionan cualquier depresión por pequeña que sea, y el materia erosionado será removido por el reflujó, construyendo deltas en la parte opuesta de las pequeñas depresiones recién formadas (hollows). Subsecuentemente, si la erosión continúa, estos se convierten en médanos (embayments).

Escher (1937), (en Derbyshire, op.cit.), atribuye el origen de los médanos de playa a "standing waves" en la zona de salpicadura (surf), que son normales y con un periodo igual al tren de olas que arriivan a la playa, y Bowen e Inman (1969), y Huntley y Bowen (1975), los justifican por la presencia de "standing edge waves".

Sin embargo, Guza e Inman (1975), relacionan la génesis de estas estructuras con sistemas de reflexión y disipación, es decir, con la forma en que las olas alcanzan a la playa, sean estas de tal suerte que provoque una reflexión muy alta, o que sólo rompan y se disipe la energía de la ola en dirección a la playa. Para Guza e Inman (op.cit.), los sistemas de reflexión parecen ser tan importantes en el origen del espaciamento de los médanos como lo son las "edge waves" por lo que se hace necesario más investigaciones para conocer su real origen (Derbyshire, et.al., 1979).

#### LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

El área de estudio se encuentra en la costa del Pacífico, específicamente en la Costa Grande del estado de Guerrero, enmarcada por los paralelos 16°56'30" y 16°57'05" Latitud Norte y los meridianos 100°05'31" y 100°07'29" Longitud Oeste. (Fig.1; Plano 1)

# LOCALIZACIÓN

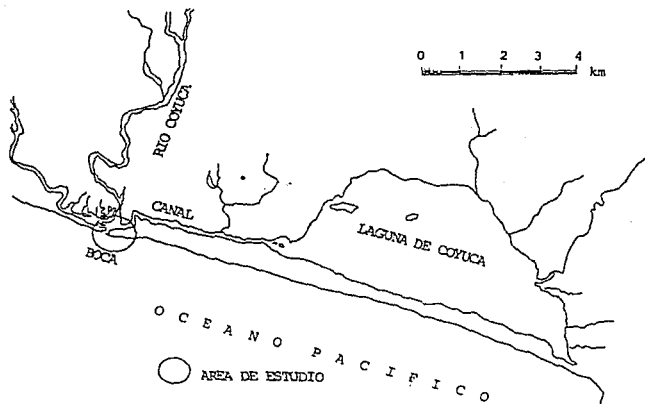
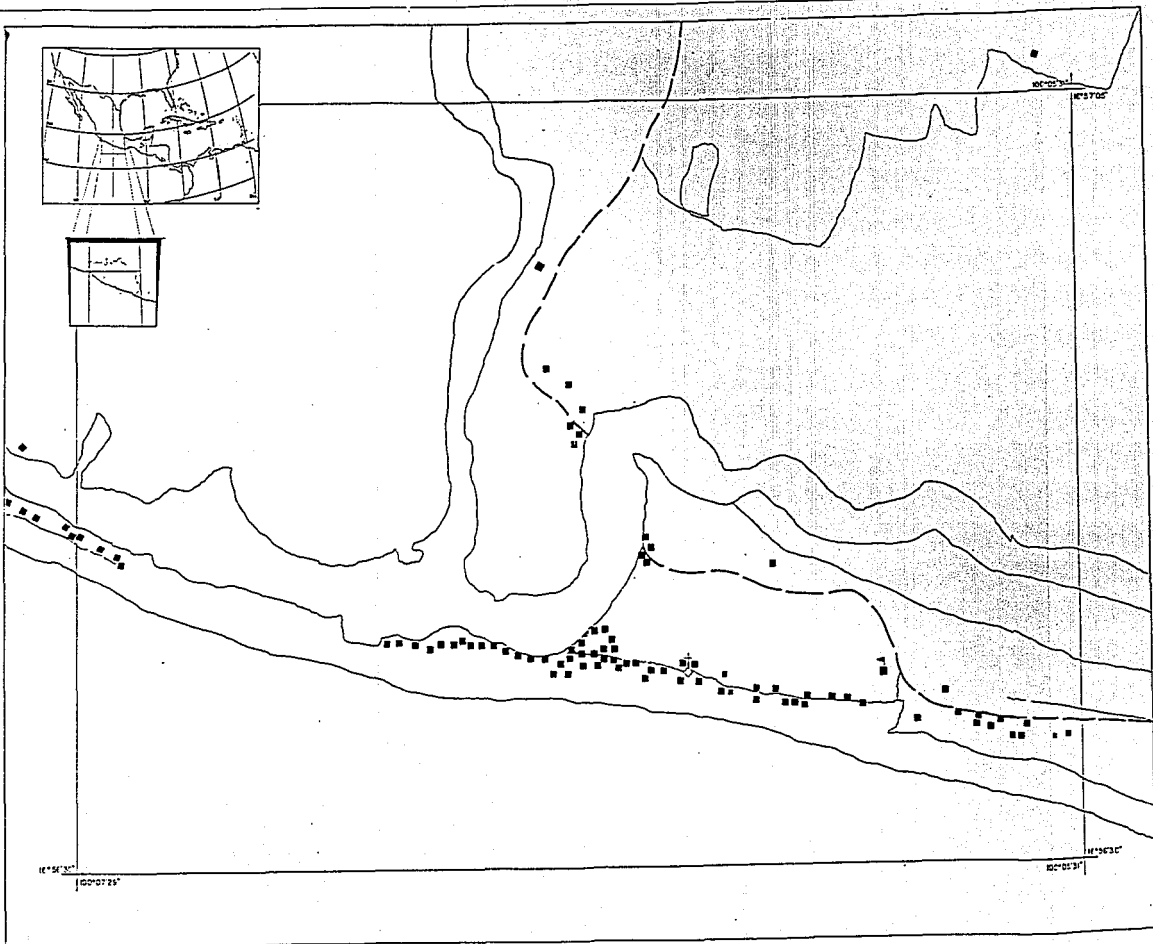


fig. 1

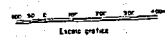



16° 56' 30" S  
100° 07' 25" W

16° 57' 00" S  
100° 01' 31" W

Signos convencionales

- Brecha
- Vereda
- Raspos culturales
- † Iglesia
- ▤ Escuela
- Casa modo
- Cerro, bordo o division



 <b>Facultad de Ingeniería</b> División de Estudios de Ingeniería			
<b>Localización del Área de Estudio</b> Barro de Coyaco de Benítez, Gra.			
U N A M	Alejandro Cerrillo	1989	Tesis.
	Bachulera	Planeo	

El centro de población más próximo se conoce como El Carrizal, pequeño poblado de pescadores que se encuentra comunicado, ya sea por una terracería de aproximadamente 15 Km. hacia el SE, al poblado de Pie de la Cuesta y de este punto, 6 Km. por la carretera federal No. 200 hacia Acapulco, o por medio de lancha, aguas arriba por el río Coyuca hasta la cabecera municipal del mismo nombre para continuar por la misma carretera No. 200 hacia el puerto de Acapulco, a 32 Km. de distancia.

#### CLIMA Y VEGETACION

Con base en el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García (1970), la zona está bajo el régimen Aw1'(w)i; es decir, clima cálido subhúmedo isotermal con una oscilación menor a los 5°C, con lluvias en verano, con una precipitación de menos de 60 mm. en el mes más seco; el porcentaje de lluvia invernal es menor del 5% de la anual. Por último, el coeficiente de humedad P/T (precipitación total anual en mm. sobre la temperatura media anual en °C), es intermedio, (43.2 y 55.3)

Rzedowski (1981), cataloga regionalmente el tipo de vegetación dentro del bosque tropical subcaducifolio, que se encuentra estrechamente ligado a las condiciones climáticas y expresiones fisiográficas del área.

Localmente, a lo largo del litoral surge vegetación de palmar (Yañez-Aranciba, 1978 en Contreras, 1985), que forman poblaciones cultivadas de Cocos nucifera, así como también la palma Orbinya cochume, Ipomoea pescaprae. En la zona que rodea directamente a la laguna encontramos manglares constituidos por las siguientes especies: Rhizophora mangle (mangle rojo), Avicennia germinans (mangle negro) y Conocarpus erectus (mangle blanco).

En la vegetación circundante se ven especies de las siguientes familias; Chareaceae, Alismaceae, Ceratophyllaceae, Lemnaceae, Graminaceae, Nynphaceae, entre otras (Contreras, 1985).

#### FISIOGRAFIA

La Barra de Coyuca se encuentra dentro de la Zona Montañosa del Suroeste, que junto con la de Guerrero-Daxaca, constituye lo que Álvarez (1961), denomina como Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur. Este sitio constituye el límite austral de la provincia, en donde su rango de altitud varía de los 1,500 m y el nivel del mar, y esta caracterizada por tener una planicie costera muy estrecha, de unos 10 km. en promedio; en partes las montañas se aproximan tanto a la costa que prácticamente no existe planicie costera. Esta constituida por esquistos paleozoicos, intrusiones graníticas y sedimentos calcáreos mesozoicos.



Por su origen, Lankford (1977), la ubica en el tipo III-A, (Intralitoral barrado, Laguna de Barrera Gilbert-de Beaumont): depresiones inundadas de las márgenes internas del litoral limitadas por el continente en sus bordes internos y protegidos del mar por varias barreras de arena, producto de la corriente litoral y de las olas.

La subdivisión A corresponde a Lagunas de Barrera Gilbert-de Beaumont, en donde las barreras de arena son externas, ocasionalmente múltiples, la descarga de agua a través de corrientes superficiales es ausente o muy localizada, su forma y batimetría están controladas por la acción de las mareas, marejadas de tormentas, transporte de arena por el viento y localmente por corrientes, Las cuales tienden a segmentar las lagunas elongadas. La energía es realmente baja, excepto en los canales y durante condiciones de tormenta. La salinidad varía en función de la zona climática (Lankford, 1977). Esta constituye para muchos autores la típica laguna costera, la que se presenta a lo largo de planicies costeras de bajo relieve, con una energía de ola intermedia a alta.

Para Carranza Edwards et al. (op. cit.), pertenece a la octava unidad morfotectónica continental en la que se englobe las costas de colisión continental, de acuerdo con Inman y Nordstrom (En Carranza-Edward, op. cit.), y las costas primarias, según la caracterización geomorfológica y genética de Shepard, (1973); formadas por movimientos diastróficos, con fallas, costas de escarpes de falla. No obstante, se dan en menor escala costas secundarias, erosión por olas, promontorios y costas de terrazas elevadas cortados por oleaje y costas secundarias por depositación marina, playas y ganchos de barrera, como sucede en las costas del estado de Guerrero.

#### GEOLOGIA REGIONAL

La Sierra Madre del Sur constituye una región con alta complejidad estructural que presenta varios dominios tectónicos yuxtapuestos.

Esta provincia Geológica tiene como basamento rocas cristalinas y metamórficas, calizas plegadas y otros sedimentos clásticos asociados con ellas además, se han registrado la presencia de lavas e intrusiones.

Las rocas que afloran en la región entre Chilpancingo y Acapulco han sido cartografiadas en 13 unidades. De estas unidades, dos corresponden a rocas ígneas intrusivas. Las 11 unidades restantes varían desde el Paleozoico (?) hasta el reciente (Cserna, 1965).

Ortega, (en López-Ramos, 1979) divide el basamento en tres secuencias con rasgos cronológicos, litológico-metamórficos y estructurales distintos. La secuencia más antigua está expuesta principalmente en el estado de Oaxaca y consiste gneisses bandeados en facies de granulita anfibolita de edad precámbrica (900-1,100 m.a.). Sus litologías distintivas incluyen charnockitas, anortositas y pegmatitas complejas que tienen una orientación general N-NW.

La segunda secuencia es de edad paleozoico temprano. Sus relaciones es tectónica c ontra la serie precámbrica y está expuesta en el sur del estado de Puebla, norte de Oaxaca y NE de Guerrero. Incluye un complejo ofiolítico y eclogitizado sintectónicamente y migmatitas de anatexis posttectónicas. Sus estructuras son polifacéticas, predominando las de dirección N-S.

La tercera secuencia forma una faja tectónica paralela a la costa del Océano Pacífico y su contacto también es tectónico contra la secuencia precámbrica. Predominan los orto y paragneisses cuarzo-feldespático y migmatitas en facies de anfibolita y de edad aparentemente paleozoica.

Las dos secuencias paleozoicas parecen definir un sistema paralelo de cinturones metamórficos que surgen de la existencia de una paleozona de subducción paleozoica en esta parte del continente.

La serie precámbrica probablemente representa el cratón parcialmente retrabajado y fragmentado por la orogenia grenvilliana (paleozoica). Este segmento meridional de la Sierra Madre del Sur está formado por extensos afloramientos de rocas metamórficas que abarcan un rango geocronológico que varía del paleozoico al mesozoico y que se encuentran afectados por remplazamientos batolíticos del paleozoico superior y aún del cenozoico.

La región pacífica correspondiente a los estados de Colima, Michoacán y norte de Guerrero presentan afloramientos extensos de rocas andesíticas de rocas interestratificadas con capas rojas de limolita, aglomerado y capas de calizas subarrecifal con una macro fauna del Albiano.

Estos afloramientos forman parte de lo que Vidal et al. (1980 en Moran, 1985), ha llamado el conjunto petrotectónico de Zihuatanejo, Guerrero, Coalcoman, Michoacán.

Una de estas es la que forma la faja tectónica paralela a la costa del Océano Pacífico y su contacto es tectónico contra la secuencia precámbrica. En esta predominan orto y paragneisses cuarzo-feldespático de edad aparentemente paleozoica.

Esta secuencia, junto con la tercera restante que también es paleozoica, parecen definir un sistema paralelo de cinturones metamórficos que sugieren la existencia de una paleozona de subducción paleozoica en esta parte del continente. La serie precámbrica representa probablemente el cratón parcialmente retrabajado y fragmentado por la orogénesis paleozoica.

La secuencia estratigráfica del área se presenta de la siguiente manera:

#### PALEOZOICO

##### Complejo Xolapa

De Cserna (en López-Ramos, 1979), define a la secuencia paleozoica como un Complejo Metamórfico constituido por esquistos de biotita y gneisses de biotita con algunos horizontes de cuarcita, mármol cipolino y presencia de pegmatitas. Por otro lado, para Guerrero y colaboradores (en Morán, 1984), consideran que la mayor parte de esta región, el complejo está formado por ortogneisses cuarzo-feldespáticos de composición granodiorítica; la posición estratigráfica se encuentra en el rango Cámbrico-Devónico.

Según Klesse, (en López-Ramos, 1979), el espesor de esta unidad litodémica es de cuando menos 1,000 m. Este complejo se encuentra intrusionado por cuerpos batolíticos de granito.

Discordantemente sobre el Complejo Xolapa descansa la Formación Ixcuintoyac (Klesse, 1968, en López-Ramos, op.cit.) Esta formación consiste principalmente en cuarcitas y calizas impuras y muestran un deslizamiento y estratificación cruzada, lo que indica una posición normal sobre el complejo (López-Ramos, 1979).

#### MESOZOICO

##### Triásico-Jurásico

Yaciendo en discordancia sobre las rocas metamórficas se encuentra una serie de capas rojas formadas por conglomerados, tobas, areniscas y lutitas que De Cserna denominó Formación Chapolapa, a la cual le asignó una edad del Triásico Superior-Jurásico, (López-Ramos, 1979).

##### Cretácico

##### Formación Acahuizotla

Esta formación está definida como calizas arcillosas y limolitas calcáreas que sobreyacen con discordancia a la Formación Chapolapa y están cubiertas concordantemente con la Formación Morelos (Cserna, 1965).

El contacto transicional superior de la Formación Acahuizotla con la Formación Morelos indica por la presencia de miliólidos que sólo han sido reportados en la serie Comancheana (Albeano-Cenomaneano), (la edad cretácica temprana de la formación (Cserna, op.cit.)).

#### Formación Morelos

Con este nombre Fries (1960 en Cserna, op.cit.), denominó a una secuencia de calizas y dolomitas, de edad albiano-cenomaniana.

Al sur de Acahuzotla, Gro., la formación descansa discordantemente encima de la Formación Chapolapa o del complejo Xolapa.

#### Formación Mexcala

El cretácico superior está representado por una serie de lutitas, limolitas y areniscas con unas cuantas capas calcáreas en la parte basal, que descansa sobre un hiato encima de la Formación Morelos.

La Formación Mexcala constituye un depósito de tipo Flysh (Caster, en Cserna, op.cit.).

#### TERCIARIO

##### Formación Balsas

Esta unidad estratigráfica con nombre de "Grupo" ha sido introducida por Fries (Cserna, op.cit.) para incluir una serie de rocas clásticas que descansa discordantemente sobre las rocas mesozoicas deformadas y está constituida por conglomerados calizos cementados por material limoso y arcilloso de color rojo, morado o beige, que están estratificados por areniscas, limolitas y lutitas.

La Formación Balsas está cubierta discordantemente por rocas volcánicas de la Formación Agua de Obispo y Alquitrán, por lo que se le atribuye una edad oligocénica tardía-temprana. (Cserna, op.cit.).

##### Formación Agua de Obispo

Esta consiste en 800-1,200 m. de tobas principalmente, rocas volcanoclásticas y unos cuantos derrames piroclásticos de composición andesítica.

La edad de esta formación se establece con base a su posición estratigráfica, por lo que Cserna (op.cit.) le asigna una edad oligocénica tardía y posiblemente miocénica temprana.

##### Formación Alquitrán

La unidad que cubre discordantemente a la Formación Agua de Obispo consiste en derrames piroclásticos de composición riódacítica (Cserna, op.cit.).

##### Formación Papagayo

Este nombre se da a una serie de derrames piroclásticos, de derrames de lava y de material piroclástico asociado de composición riolítica, con un espesor aproximado de 300 m. que sobreyace con discordancia al Complejo Xolapa, a la Formación Morelos y el Tronco Xaltianguis.

Cserna (op.cit.) le asigna una edad miocénica pese a que no se tienen datos sobre la posición estratigráfica de dicha formación.

#### Formación Chilpancingo

Comprende una secuencia, con un espesor máximo aproximado de 200 m. de conglomerados, areniscas, limolitas y arcillas, que constituyen una serie de abanicos aluviales coalescentes. Esta formación sobreyace con discordancia a la Formación Morelos y a las Formaciones Agua de Obispo y Balsas y está cubierta por aluvión del Reciente (Cserna, op.cit.).

#### CUATERNARIO

##### Aluvión

La acumulación de estos depósitos se debe a la semiobstrucción del drenaje, dando origen a gravas de río con un espesor no mayor de 50-70 m.

En la región costera los depósitos clásticos están formados por arenas costeras interdigitadas por depósitos aluviales que han sido acarreado desde el norte por los ríos. (Cserna, op.cit.).

#### ROCAS INTRUSIVAS

Las rocas intrusivas posteriores a la Formación Morelos están agrupadas en dos categorías; la primera que ha sido cartografiada y más antigua, incluye las monzonitas cuarcíferas con fases graníticas, tonlíticas y sieníticas, y diques tanto aplíticos como diabásicos o doleríticos, que constituyen grandes troncos cuyo tiempo de emplazamiento ha sido determinado como del Cretácico.

La segunda categoría, que está señalada en el mapa geológico como Diorita, incluye pequeños troncos de diorita que cortan principalmente como unidad estratigráfica más reciente a la Formación Balsas, y de diques dacíticos que cortan a las Formaciones Balsas y Agua de Obispo, y que probablemente algunos han sido alimentadores durante el vulcanismo que produjo la Formación Alquitrán (Cserna, op.cit.).

#### GEOLOGIA LOCAL

El cauce y arrollos asociados al río Coyuca atraviesan las siguientes unidades litológicas:

Granito: Granito, granito milonitizado y algunas granodioritas con textura gneísica; la mineralogía que presenta incluye, plagioclasa sódica zoneada, hornblenda, biotita, muscovita, apatita, esfena, circon, sericita, epidota, clorita y hematita, en una matriz de sílice criptocristalino, con una textura fanerítica holcristalina granular alotriomórfica.

Estos cuerpos se encuentran afectados por otros de composición granítico-granodiorítica del Terciario y se le ubica en el rango Jurásico-Cretácico (Carta Geológica Zihuatanejo E14-7-10).

Granito-Granodiorita: Esta unidad incluye una asociación de granitos y granodioritas. Los granitos son de color gris y rosa, están constituidos por cuarzo, feldespato potásico, oligoclasa, biotita, hornblenda, apatita y pirita con una textura holocristalina granular alotriomórfica.

Las granodioríticas presentan la misma asociación mineralógica que el granito con aumento en el contenido de plagioclasas, mayor concentración de minerales ferromagnesianos y grano más grueso; presentan color gris oscuro.

Con base a estudios radiométricos de tipo K/Ar efectuados pfor Paul Daman, se le ha calculado una edad de 34-44 millones de años, rango de edad correspondiente al Eoceno-Oligoceno (Carta Geológica Zihuatanejo E14-7-10).

Granito: Unidad compuesta por granitos de color blanco moteado con tonalidades de gris y amarillo, su composición mineralógica la constituyen cuarzo, feldespato potásico, oligoclasa, biotita, hematita, clorita y sericita que exhiben un arreglo textural holocristalino alotriomórfico de grano medio, presenta lentes de enriquecimiento de minerales máficos y pequeñas vetas de cuarzo; localmente intertemperiza en estructura esferoidal.

Intrusiona a los gneises y se le ubica en un rango correspondiente al Terciario y forma parte del emplazamiento batolítico de Guerrero (Carta Geológica Zihuatanejo E14-7-10)

Granodiorita: Unidad de granodiorita de color gris claro con tonalidades amarillas, sus componentes minerales son: cuarzo, oligoclasa, andesina, ortoclasa, microclina, apatita, hornblenda, hematita, magnetita, sericita y clorita dispuestos en una textura holocristalina granular alotriomórfica.

Estas granodioritas intrusionan a la roca gneisica (Carta Geológica Zihuatanejo E14-7-10).

Gneis (Complejo Xolapa): Asociación de gneis y esquisto, de color gris verdoso y gris con tonalidades de crema y bandas melonocráticas. Los gneises son granoblásticos de grano fino a grueso, en variedades texturales granular, fajeada y ojosa, compuestos principalmente por microclina, oligoclasa, cuarzo, biotita, apatita, circón, granate, hematita y pirita; alguna trama porfídica contiene cristales idióblásticos de microclina (Carta Geológica Zihuatanejo E14-7-10).

Aluvial: Los depósitos aluviales están constituidos por arenas, guijas, guijarros y arcillas no consolidadas; las arenas contienen cuarzo en un 70%, fragmentos de roca en un 10% y feldspatos en un 20%, las guijas y guijarros varían de angulosos a subredondeados.

Estos depósitos se encuentran principalmente en los valles intermontanos y en los márgenes de los ríos, en algunas ocasiones forman terrazas acumulativas; su morfología es de planicies que se distribuyen a lo largo de la franja costera (Carta Geológica Zihuatanejo E14-7-10).

Lacustre: Son depósitos residuales, de arena con capas de limos y arcillas con materia orgánica, que se depositan en zonas de inundación. Tienen arreglo de estratificación cruzada y laminar, localmente se encuentran cubiertos por capas de cloruro de sodio.

Forman planicies que se distribuyen a lo largo del borde costero (Carta Geológica Zihuatanejo E14-7-10).

Litoral: Depósitos litorales de arena en un 95% y guijarros en un 5%, la arena está bien clasificada, compuesta por fragmentos de conchas, de roca básica y ultrabásica, piroxenos, anfíboles, granate, feldspato, cuarzo y hematita, el color que exhiben es gris con tono pardo y gris oscuro por concentración de minerales ferromagnesianos en zonas donde el corriente cambia de dirección y disminuye su velocidad; el redondeamiento de los granos varía de subanguloso a subredondeado.

Estos depósitos litorales se desarrollan a lo largo de las playas, con la formación incipiente de dunas.

#### HIDROGRAFIA

El estado se divide en dos regiones hidrográficas, una de ellas corresponde al litoral y recibe el nombre de externa. Esta tiene en sus límites a la Sierra Madre del Sur al Norte, y al Océano Pacífico al Sur y cubre una superficie de 20,000 kilómetros cuadrados. La cuenca interna se conoce como la Cuenca del Río Balsas.

La costa guerrerense, de 500 Km. de longitud, se encuentra dentro de esta provincia y se divide, tradicionalmente en dos: la Costa Grande, del puerto de Acapulco hacia el Norte, y la Costa Chica, del mismo punto al Istmo de Tehuantepec.

En comparación, la primera posee una topografía más abrupta, y en general, en el litoral se localizan numerosas bahías, y cerca de la costa, muchas lagunas.

En la vertiente Occidental de La Sierra Madre del Sur nacen varios ríos de poca extensión, como el Ixtapa, Petatlán, Coyquilla, Nuxco, Tecpan, Papagayo, Nexapa, Copala, Marquelia y Coyuca que irrigan la zona costera. De estos, el río Coyuca el que principalmente drena el área de estudio, junto con pequeños cauces intermitentes que desembocan en la Laguna de Coyuca. (Fig. 2).



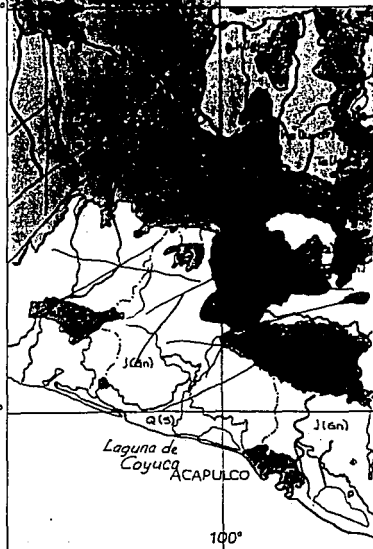
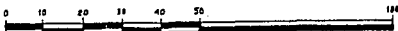
Fig. 2



- CONTACTO
- FRACTURA
- ||| FALLA NORMAL
- CAUCE
- LAGUNA
- ↔ PARTE AGUAS
- ELEVACION

- Igla Ignea Intrusiva Acida
- Igla Básica
- Igso Extrusiva Acida
- Igei Intermédia
- Igeb Básica
- E Esquistos
- Gn Gneiss
- C.Met. Complejo Metamórfico
- Lu-Ar Lutita-Arcilla
- Cz. Caliza
- ar-cg Arcilla-Conglomerado
- S Suelo
- ar-Y Arcilla Yeso
- Gráfica

Escala



	SEDI-MENTARIAS	IGNEAS		META-MORFICAS
		EXT.	INT.	
CUATERNARIO	Q			Q
	Ts		T	Ts
MESOZOICO	Kc			Kc
	Ki			Ki
CRETACICO				
JURACICO				J
TRIASCICO				
PALEOZOICO				
PRECAMBRICO				

TOMADO DE: CARTA GEOLOGICA, HOJA MEXICO ESCALA 1:1000 000 INEGI.

## M E T O D O L O G I A

En el desarrollo del presente trabajo se realizaron actividades de campo, laboratorio y gabinete.

Las actividades de laboratorio engloban el tratamiento y análisis estadístico de los resultados del mismo.

### CAMPO

Se efectuaron tres salidas de campo en los meses de marzo, mayo y julio de 1989, visitando áreas de playa, laguna y río, en donde se realizaron las siguientes actividades:

#### PLAYA

**TOPOGRAFIA.** Se realizó la configuración del terreno por medio del uso de la plancheta, utilizando el método de radiaciones y procedimientos taquimétricos se levantaron los datos de altimetría y planimetría. La triangulación se empleó en la ubicación de los puntos de liga de las diferentes estaciones (Sandover, 1964).

**PERFILES DE PLAYA.** Con la finalidad de conocer el desnivel que existe entre la laguna y el nivel medio del mar y compararlos entre sí, además de construir los perfiles para reconocer la morfología y las partes constitutivas de la playa se realizó un trabajo topográfico que consistió en la Nivelación Topográfica Diferencial (Sandover, 1964). Para esto se utilizó el nivel de mano, un estadal de charnela para hacer las medidas verticales y un longimetro para las horizontales. (Fig. 3, Tabla 1).

Estos perfiles se realizaron en el mismo lugar durante las tres salidas.

**MUESTREO DE SEDIMENTOS.** Se tomaron 10 muestras a lo largo de los perfiles, en la zona de playa, berma de mareas y berma de tormentas. Para analizar las condiciones actuales de dinámica en la barra, la muestra fue superficial es decir, se tomó una cantidad con un peso aproximado de 100 gramos de la capa superior de arena.

**TRINCHERAS.** Con la finalidad de determinar las estructuras sedimentarias primarias y analizar el desarrollo de la barra se excavaron trincheras de aproximadamente 0.7 m. de ancho por 1.0 m. de profundidad.

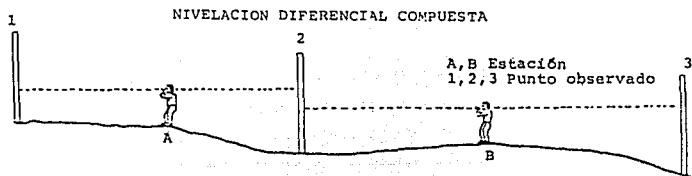


FIG. 3

TABLA 1. REGISTRO DE NIVELACION DIFERENCIAL.

PERFIL DE FLAYA

LEVANTAMIENTO CON BRUJULA, ESTADAL Y CINTA

FECHA 4 de Agosto de 1969

LOCALIDAD Barra de Coyuta, Gro.

BRIGADA 2

ANALISTA

ORIENTACION DEL PAEFILE N-S

ALTURA DEL INSTRUMENTO

ESTACION	PUNTO OBSERVADO	LECTURA ATRAS	LECTURA ADELANTE	DISTANCIA PARCIAL	DESNIVEL	COTA	OBSERVACIONES
A	1	1.50		3.40		0.00	
	2	1.50	0.63	6.50	0.67	0.67	
B	3		0.42	6.50	1.05	1.92	
	4	1.10		3.60			
	4		0.40	5.30	1.10	3.05	
D	4	1.42		7.60			
	5		1.45	6.20	-0.03	3.02	
E	5	1.32		11.20			
	6		1.50	6.80	-0.18	2.84	
F	6	1.00		2.40			
	7		1.50	4.30	-0.50	2.34	
G	7	1.30		10.50			
	8		1.45	6.50	-0.45	1.89	
H	8	1.02		12.50			
	9		1.95	2.20	-0.93	0.96	

Desnivel = lectura atras - lectura Adelante Cota = Cota anterior + Desnivel  
 Distancia horizontal total = Distancia horizontal Parcial

**HIDROGRAFIA.** Diversos parámetros hidrográficos se midieron con el objeto de aplicar la metodología desarrollada por el programa LEO (Littoral Environment Observation), programa implementado por el Centro de Investigación en Ingeniería Costera (Coastal Engineering Research Center), del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos de América, (Walton, 1980).

**ALTURA DE OLA.** La medición de la altura de ola, junto con la determinación del ancho de rompiente y la velocidad de corriente según el programa LEO se utilizan para obtener el transporte de sedimentos a lo largo de la costa. Para esto se establecieron dos estaciones, una matutina y otra vespertina de dos horas de duración en las que se observaron más de 400 lecturas de altura de ola. Además, se tomó el ángulo de incidencia del tren de olas con respecto a la costa y el periodo de las mismas.

Para determinar el periodo de la ola se registra el tiempo necesario para que un grupo de olas pase por un punto de referencia. En este caso se utilizaron pelotas de unicel como cuerpos a la deriva que se colocaron atrás de la rompiente. (Hoyt, 1971).

El ángulo de incidencia se obtuvo mediante la lectura de la plancheta, aunque se puede obtener también utilizando la brújula.

La altura de la ola rompiente se estimó desde la playa, alineando la cresta de la ola que está por romper con el horizonte y midiendo, por medio de un estadal que se coloca en el punto medio de estrán, la altura del ojo del observador, la que será entonces la altura de ola rompiente. (Hoyt, 1971) (Fig. 4).

**ANCHO DE LA ROMPIENTE.** Por medio de la plancheta, se construyó un triángulo rectángulo cuyos vértices se situaron en los límites de la rompiente, y uno de sus catetos se midió con un longimetro sobre la ribera. Con estos datos, y utilizando trigonometría se calculó el ancho de la rompiente.

**VELOCIDAD DE LA CORRIENTE LITORAL.** Se colocaron cuerpos a la deriva atrás de la rompiente y se determinó su velocidad por medio del cociente de la distancia recorrida en la unidad de tiempo. Se registraron velocidades tanto en la mañana como en la tarde.

La velocidad de corriente y el ancho de rompiente se pueden registrar simultáneamente, ya que se utilizan los mismos artificios para determinarlos. (Fig. 5)

## MEDICION DE ALTURA DE OLA ( HOYT , 1971)

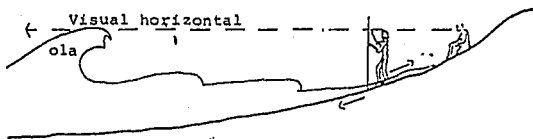
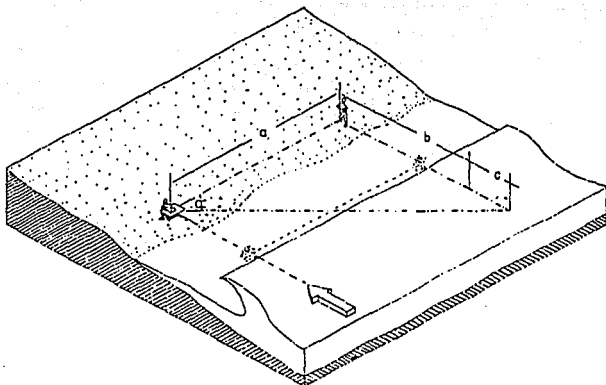


FIG. 4

MEDICION DE LA VELOCIDAD DE LA CORRIENTE  
PRORIBERAL Y ANCHO  
DE LA ROMPIENTE



Ancho de rompiente =  $a \tan \alpha$   
Velocidad de corriente =  $a/\text{tiempo}$

FIG. 5

LAGUNA

MUESTREO Y POSICIONAMIENTO DE SEDIMENTOS. En la laguna se trazaron transectos y estaciones, utilizando la brújula Brunton, y en la obtención de sedimentos se utilizó una draga Van Veen de 3 litros de capacidad en cada estación.

RIO

PERFIL DE RIO. Para conocer la configuración del cauce del río, se procedió a determinar las profundidades a lo largo de un transecto definido por medio de un cordón previamente marcado a una cierta distancia, el cual se fijó a ambas orillas. En cada una de las marcas se sondeo por medio de un estadal la profundidad del río. Con estos datos se obtuvo el perfil del cauce del río.

MUESTREO DE SEDIMENTOS Para la muestra de río se siguió el mismo procedimiento de la laguna.

LABORATORIO

Se utilizaron las técnicas sugeridas por Folk (1969), para el análisis de tamaño de los sedimentos, utilizando tamices graduados a cada phi para tamaños de partícula mayores a 1/16 de mm. y el método de pipeta para tamaños menores.

Para estimar la composición mineralógica en los tamaños de arena, se utilizó un microcopio binocular marca Leitz, utilizando una resolución de 20x. La frecuencia en la abundancia de los minerales se cuantificó utilizando un contador de puntos, contando más de 100 partículas por muestra previamente cuarteada.

La descripción textural de las muestras se estimó por comparación de gráficas visuales para la determinación de esfericidad y redondez, (Powers en Corrales, 1977) y clases de forma de granos según Zingg (Corrales, 1977), (fig. 6 y 7).

GABINETE

La información resultante del trabajo de campo y laboratorio se maneja de la siguiente manera:

Los parámetros estadísticos utilizados por Folk y Ward (1957) (en Pettijohn, et al.), se obtuvieron de acuerdo con las fórmulas de la tabla 2. La nomenclatura granulométrica de los sedimentos se obtuvo a partir de la distribución porcentual de tamaños del análisis granulométrico de sedimentos y con la ayuda de los triángulos de clasificación de sedimentos terrígenos propuesto por Folk en 1954 (Folk, 1969).

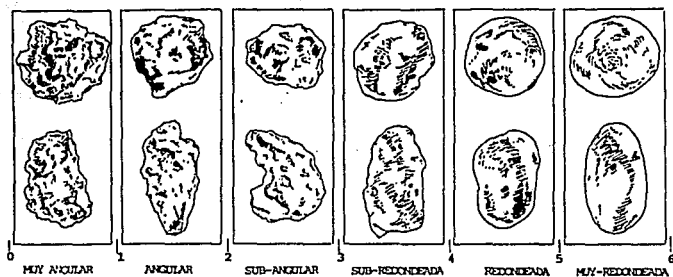


fig. 6

TABLA DE ZINGG (CORRALES, 1977)

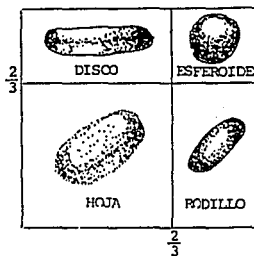


fig. 7



TABLA 02 PARAMETROS ESTADISTICOS, FORMULAS Y LIMITES

PARAMETRO	FORMULA GRAFICA	FORMULA POR MOMENTOS	LIMITES
Media	$ME_{\mu} = \frac{(\theta_{1A} + \theta_n + \theta_{7n})}{3}$	Primer Momento $\bar{x}_n = \sum_{i=1}^n f_i m_{i\mu}$	Grava: Menor de - 1.0 # Arena: De - 1.0 a 4.0 # Limo: De 4.0 a 8.0 # Arcilla: Mayor de 8.0 #
Mediana	$Md_{\mu} = \theta_{50}$		
Moda	$M_{\mu} = \text{Punto medio del intervalo de clase más abundante}$		
Clasificación	Desviación Típica Gráfica Inclusive $S_T = \frac{(\theta_{95} - \theta_{15})}{4} + \frac{(\theta_{75} - \theta_{25})}{6.6}$	Segundo Momento $S_{\mu} = \left[ \sum_{i=1}^n f_i (M_{i\mu} - \bar{x}_n)^2 \right]^{1/2}$	Muy Bien Clasificado: Menor de 0.35 # Bien Clasificado: De 0.35 a 0.50 # Moderadamente Bien Clasificado: De 0.50 a 0.71 # Moderadamente Clasificado: De 0.71 a 1.00 # Mal Clasificado: De 1.00 a 2.00 # Muy Mal Clasificado: De 2.00 a 4.00 # Extremadamente Mal Clasificado: Mayor de 4.00 #
Asimetría	Asimetría Gráfica Inclusive $SK_T = \frac{\theta_{95} + \theta_{15} - 2\theta_{50}}{2(\theta_{95} - \theta_{15})} + \frac{\theta_{75} + \theta_{25} - 2\theta_{50}}{2(\theta_{75} - \theta_{25})}$	Tercer Momento $J_{\mu} = \left[ \sum_{i=1}^n f_i (M_{i\mu} - \bar{x}_n)^3 / S_{\mu}^3 \right]$	Muy Asimétrico hacia Tamaños Finos: De 1.00 a 0.30 Asimétrico hacia Tamaños Finos: De 0.30 a 0.10 Casi Simétrico: De 0.10 a - 0.10 Asimétrico hacia Tamaños Gruesos: De - 0.10 a -0.30 Muy Asimétrico hacia Tamaños Gruesos: De - 0.30 a - 1.00
Kurtosis	$K_0 = \frac{(\theta_{95} - \theta_{25})}{2.44(\theta_{75} - \theta_{25})}$ $(K_0') = \frac{K_0}{1+K_0}$	Cuarto Momento $I_{\mu} = \left[ \sum_{i=1}^n f_i (M_{i\mu} - \bar{x}_n)^4 / S_{\mu}^4 \right]$	Muy Platicúrtico: Menor de 0.67 Platicúrtico: De 0.67 a 0.90 Mesocúrtico: De 0.90 a 1.11 Leptocúrtico: De 1.11 a 1.50 Muy leptocúrtico: De 1.50 a 3.00 Extremadamente leptocúrtico: Mayor de 3.00

Pettijohn, Potter and Siever, 1973 y Carranza-Edwards, 1980.

La nomenclatura mineralógica se basó en la clasificación de arenitas (Folk en Corrales, op.cit.).

La logística de la determinación de la madurez textural tiene el diagrama de flujo representado en la figura 8.

En relación a la altura de la ola rompiente, se calculó el promedio y la desviación típica de ambas estaciones.

#### ANÁLISIS POR AGRUPAMIENTO (CLUSTER)

Bajo este rubro se engloba un sinúmero de técnicas encaminadas a desarrollar procesos de agrupamiento de objetos, sean estos variables u observaciones (que para el caso del análisis de datos en geología, las observaciones corresponden a "muestras"), bajo ciertos criterios que den al grupo creado una homogeneidad. En este sentido, cabe señalar que existe una diferencia, según Harvey (en Shaw, 1985), entre ordenación y clasificación, y esta estriba en que la primera consiste en subdividir un grupo homogéneo y la segunda distingue diferentes grupos de un todo.

Como en todo, estas técnicas tienen su propia clasificación, que depende del autor. De esta manera, Sneath y Sokal en 1973 (en Davis, 1986), y Everit (en Shaw, 1985), ordenaron los métodos en cuatro tipos, los que se podrían relacionar de la siguiente manera:

1. Partición (Sneath y Sokal, 1973; Optimización según Everit op.cit.).

Consiste en dividir en regiones el espacio definido por las variables bajo el criterio de pobreza en observaciones, de esta manera se obtendrán regiones de alta y baja densidad de población; su ventaja radica en que se puede recolocar individuos que hayan sido mal agrupados, ya que el análisis se realiza en el espacio definido por las variables, pero esto consume un mayor tiempo en los procesos iterativos, lo que viene a ser un inconveniente.

2. Origen arbitrario (Sneath y Sokal, op.cit.); Técnicas de amontonamiento (Everit, op.cit.).

Este opera bajo el criterio de similitud entre las observaciones y una serie de puntos iniciales arbitrarios, esto implica el manejo de datos en matrices asimétricas. Las observaciones más cercanas o similares a este grupo iniciador son combinadas con este para formar un grupo.

De esta manera, las observaciones son añadidas iterativamente al grupo más cercano, cuyos centróides son recalculados para que el grupo sea expandido.

Esta técnica permite sobreimposiciones en el agrupamiento.

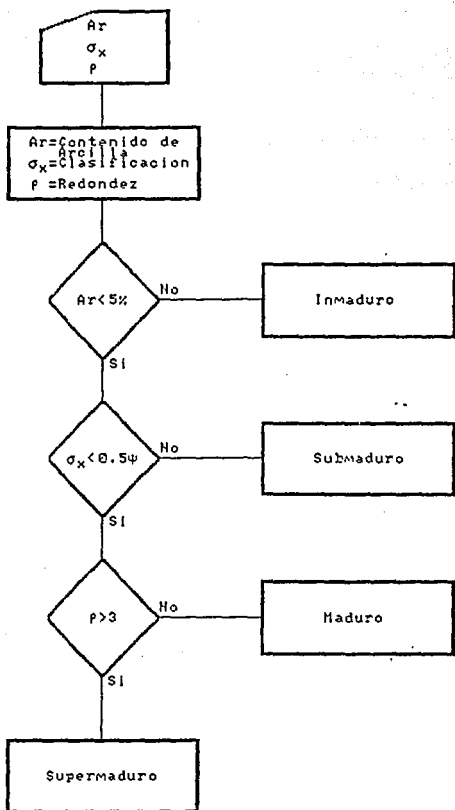


fig. 88 Diagrama de Flujo para determinar la madurez textural (Modificado de Folk, 1969).

3. Similaridad mutua, (Sneath y Sokal, op.cit.); Densidad de "Apilamiento", (Everit, op.cit.). Agrupa pares de observaciones con base a su similaridad; para esto se obtiene la matriz cuadrada de similaridades de dimensión  $n \times n$ , posteriormente se calculan las similaridades entre columnas en iteraciones. De esta manera, las columnas que representan a miembros de un grupo sencillo tendrán intercorrelaciones cercanas al +1.

4. Métodos jerárquicos, (Sneath y Sokal, Everit, op.cit.). Similar al anterior, con la variante que las observaciones agrupadas son combinadas para después, recalcular la matriz de similitudes. La combinación se realiza promediando las similaridades entre las observaciones. Este proceso se realiza hasta que la matriz de similaridades es reducida a una de  $2 \times 2$ ."

Una ventaja de este método es la visualización gráfica de los niveles de similaridad por medio de un dendrograma.

Estas últimas técnicas son las más socorridas en Ciencias de la Tierra, ya que se basan en el principio de la enumeración y por otro lado, porque se han identificado con la taxonomía numérica de fósiles.

Por lo anterior expuesto, y principalmente por que es el método que más ampliamente se desarrolla en la literatura de los análisis estadísticos de datos geológicos, son las razones por la que se aplica el método jerárquico en el análisis de variables y muestras de sedimentos.

Primero, se determinan lo que en Biología se conoce como UTO's (Unidades Taxonómicas de Operación), que son en realidad el grupo de objetos que se desea analizar. Para este caso particular estas unidades corresponden a las muestras de sedimentos, las que están definidas por el porcentaje individual del peso en gramos de las unidades  $\phi$ , por las que fueron analizadas durante el tamizado.

La razón de utilizar el porcentaje y no el valor del peso en gramos, es homogeneizar las unidades y evitar falsas agrupaciones causadas por la mayor participación de las muestras con un mayor peso en las combinaciones de las muestras relacionadas.

Una vez determinadas las observaciones y las variables, se construye la matriz de datos de dimensión  $n \times m$ , donde  $n$  corresponde al número de muestras u observaciones y  $m$  equivale al número de variables; esto es, obtenemos una matriz de  $21 \times 13$ , siendo las variables el tamaño  $\phi$  del cribado de sedimentos.

El parámetro que permite agrupar las muestras en función de su similitud o semejanza son varios. Los más utilizados son el coeficiente de correlación de covarianzas y varianzas; y el coeficiente dado por las distancias entre las muestras en el espacio definido por la m-variables.

Este análisis de las muestras se basa en las distancias y además, se obtuvieron los índices de correlación entre las variables para agrupar estas; es decir, se desarrollaron ambos métodos con objetivos complementarios. Para el caso de los coeficientes de distancia, el desarrollo es el siguiente:

Al determinar la distancia entre las muestras, Davis (1986), utiliza la distancia Euclidiana tipificada, que no es otra cosa que la distancia geométrica entre dos puntos aplicando el teorema de Pitágoras dividido por el cuadrado del número de variables; el algoritmo es:

$$d_{i,j} = \left[ \sum_{k=1}^m (X_k - Y_k)^2 \right] / m$$

Sin embargo, Shaw (1985), utiliza la distancia geométrica propiamente dicha y para simplificar, es esta la que se utilizará. En el anexo 1 se muestra el programa para determinar las distancias entre muestras y la tabulación de estas distancias en orden creciente.

Con los resultados obtenidos, se construye la matriz de distancias, (similar a las tablas de distancias que aparecen en los mapas de carreteras), y se localizan los pares con las menores distancias, par que será tomado ahora como nuevos individuos.

El siguiente paso consiste en encontrar la similitud o correlación que existe entre estos nuevos individuos o pares de muestras con mayor similitud. Esto se desarrolla sucesivamente hasta encontrar la correlación de las muestras arregladas en dos grupos.

Para obtener dichas correlaciones existen diversas técnicas, las mejor desarrolladas son las siguientes:

1. Centróide y Métodos de Promedios No Ponderados.

- a) Centróide. Esta técnica se basa en el cálculo del centro geométrico que existe entre las muestras agrupadas para poder de esta manera, determinar la relación entre los grupos formados y crear el nuevo nivel jerárquico de similitud.

Este centróide se obtiene calculando el punto medio entre las coordenadas de las variables originales de las muestras. Así, este centróide se tomará como punto que representa al grupo y poder continuar el análisis, siempre y cuando este se haga en función del índice de distancia.

- b) Promedios No Ponderados. Cuando se utiliza el índice de correlación, se obtiene el promedio proporcional al número de objetos que forman el grupo esto es, sumando las correlaciones propias de cada uno de los elementos del grupo y el resto de la matriz, excepto los compañeros de su grupo.

Por ejemplo, si se tiene un grupo CF, la correlación de este con un objeto A se obtiene sumando las correlaciones de A con todos los elementos, excepto C y E; las correlaciones de C, excepto A y E; y las correlaciones de E con todos los elementos excepto A y C, de esta manera obtendremos las relaciones de todos los elementos originales. A continuación, la suma es dividida por tres.

2. Promedios Ponderados. Para calcular la nueva correlación de grupos bajo esta técnica, se utiliza el promedio aritmético por ejemplo, la nueva correlación entre el grupo AB y el objeto C es igual a la suma de las correlaciones de los elementos comunes a AB y C dividida por dos.

3. Agrupamiento por afinidad simple. Es el más sencillo y consiste en agrupar objetos con la base de la mejor relación que se presenta entre el objeto y cualquier objeto del grupo, lo que implica la ausencia de promedios.

Como se indicó en su oportunidad, se obtuvieron los índices de correlación de las variables para conocer la dependencia que existe entre las variables.

Para conocer estos índices se calculó primeramente la matriz de varianzas y covarianzas por medio de la expresión matricial:

$$[S] = \frac{1}{n-1} \{ (X)'(X) - n[\bar{X}][\bar{X}]' \}$$

donde:

[S]=Matriz de varianza-covarianza de dimensión mxm

[X]=Matriz de datos de dimensión nxm

$[\bar{X}]$ =Matriz de Medias

Para obtener la matriz de medias a partir de la matriz de datos se utiliza la expresión algebraica:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} [X]' [U]$$

donde:

[X]' equivale a la matriz transpuesta de [X] y [U] es el vector-columna unitario esto es, el vector formado en su totalidad por valores unitarios (1), de dimensión  $m \times 1$ . Recordando, n equivale al número de muestras y m al de variables.

Las operaciones matriciales se calcularon por medio del Programa STAT, desarrollado por Davis, 1986.

De las operaciones matriciales se obtiene la matriz simétrica de varianzas-covarianza, donde los elementos de la diagonal principal corresponden a las varianzas individuales de cada una de las variables y el resto a las covarianzas de las variables  $i, j$  con  $i, j$ .

El índice de correlación se obtiene por el cociente de la relación entre la covarianza de las variables  $jk$  y el producto de las desviaciones típicas de las mismas variables, en otras palabras, se tiene la expresión matemática:

$$r_{jk} = \frac{COV_{jk}}{S_j S_k}$$

Esto quiere decir que a cada elemento  $s_{i,j}$  de la matriz [S] de varianzas-covarianzas sera dividido por  $\sqrt{(s_{i,i})(s_{j,j})}$ .

Para el caso de los elementos de la diagonal principal  $s_{i,i}$ , con  $i=j$ , el denominador es igual al numerador, por lo que el índice de correlación es igual a 1.

Una vez que se tiene la matriz de correlaciones, se continua con el análisis por Agrupamiento, utilizando promedios ponderados, tanto para el índice de distancia y el de correlación por ser el más utilizado en trabajos similares y permitir de esta manera, el análisis comparativo de los resultados, además de su sencillez en los cálculos. Los resultados del agrupamiento se visualizan por medio de un dendrograma o diagrama de árbol que se construye simultáneamente al desarrollar el análisis.

Por último, se crea lo que los taxonomistas llaman "Matriz de valores Cofenéticos", que no es más que la matriz con las correlaciones aparentes del dendrograma.

Esta matriz permitira conocer el grado de distorsión en que se incurre al utilizar los metodos de agrupamiento en razón de la matriz original calculando la correlación entre ambas matrices por medio de una regresión lineal.

#### ANALISIS POR COMPONENTES PRINCIPALES

El análisis de sedimentos operan con datos numéricos de cualidades multivariadas que se pueden analizar generando uno o algunos "factores" que determinen los parámetros que caractericen a los sedimentos. Esto se puede hacer obteniendo valores llamados componentes.

El propósito es identificar nuevas variables linealmente independientes que den origen a un nuevo grupo de datos con un número reducido de variables, número que estará en función de su independencia y basado en las interrelaciones de las mismas.

El objetivo es inminentemente exploratorio, en un intento de detectar e identificar grupos de variables interrelacionadas. Por este motivo y para examinar la interrelación entre las fracciones de tamaño y encontrar la combinación lineal más eficiente entre ellas, se utilizó el ACP (Análisis por Componentes Principales), en el cual se buscará la combinación lineal que cubra en mejor medida el total de la varianza de las variables "peso de la fracción del tamaño phi". De esta manera, podremos esperar que el gravamen o carga (loadings) en el primer componente principal se aproxime de alguna manera a la media, el estadístico que es considerado el más eficiente de todos los estadísticos.

Son muchos los investigadores que mal llaman Análisis de Factores al ACP; sin embargo, se trata de la piedra angular del Análisis de Factores es decir, es el punto de partida de este y de otros análisis de datos.

En primera instancia se utilizará la matriz de varianzas-covarianzas obtenida en el análisis por Agrupamiento. La primera condición que se presenta es la de utilizar las mismas unidades para las variables. Cuando esto no sea posible, se debe tipificar las unidades de las variables.

Las unidades de las variables de donde se obtuvo la matriz de varianzas-covarianzas son las mismas (unidades phi), por lo que no fue necesario la tipificación.

De la matriz de datos se observa que existe una relación entre las variables si sumamos los datos de cada muestra para obtener el porcentaje total, 100%. Por consiguiente, al menos uno de los datos es superfluo, ya que se puede obtener de la suma de los datos y los datos mismos por simple diferencia. Esto permite predecir que el ultimo valor característico será igual con cero.



En el caso de que en análisis similares la suma no sea igual al 100% por que se han eliminado los valores pequeños, el menor valor característico se acercará a cero.

Utilizando el paquete STAT, el cual desarrolla el proceso de transformaciones fundamentales, se obtienen los valores y vectores característicos de la matriz de varianzas y covarianzas, que son los parámetros en los que se basa dicho análisis.

Para determinar la varianza total del paquete de variables, se obtiene la suma de las varianzas individuales; esto se logra sumando los elementos de la traza de matriz. Dicha suma deberá ser igual a la suma de los valores característicos. Esta propiedad se puede utilizar para cotejar la exactitud de los cálculos.

Los valores característicos representan la norma, (magnitud) de los semiejes, (vectores característicos) del elipsoide generado por los vectores formados por las variables de la matriz de varianza-covarianzas y totalizan la varianza del paquete muestral. Por otro lado, cada valor indica su contribución dentro del total de la varianza, dividiendo el valor por la traza de la matriz. Estas contribuciones serán ahora los componentes principales.

Para conocer la importancia relativa de las variables dentro del componente principal se grafican las "Cargas del Componente Principal", (Principal Component Loadings) en un esquema de barras. Estas cargas son los elementos, (coordenadas) de los vectores característicos.

Estos mismos elementos son utilizados para convertir las observaciones originales en "Marcas del Componente Principal", (Principal Component Score) que son las proyecciones de las variables originales en los componentes principales por medio de la expresión:

$$Y_{i,j} = U_{i,j} X_{i,j}$$

La cual proyecta la i-ésima observación en el j-ésimo eje o componente principal multiplicando los valores observados  $X_{i,j}$  por sus correspondientes elementos del vector característico.

Utilizando el algebra matricial, esta operación se realiza por medio del producto de las siguientes matrices:

$$[ X ] [ U ] = [ S ]$$

donde:

[X] es la matriz de datos de nxm.

[U] es la matriz cuadrada que contiene los vectores característicos dispuestos por columna.

[S] es la matriz de marcas del componente principal de nxm.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

## MORFOLOGÍA DE LA PLAYA-BARRERA

## PERFIL DE PLAYA

La morfología y constitución de la playa sufre modificaciones a causa de la distribución y disipación a todo lo largo del litoral de la energía que acompaña al oleaje de tormenta, así como del movimiento oscilatorio de sedimentos de la zona proriberal (prolitoral), y de los efectos de las mareas y de las oscilaciones del nivel medio del nivel del mar, y están en relación con la composición, tamaño y forma del material el cual, a su vez, determina la inclinación de la pendiente o gradiente del perfil de playa (Derbyshire, et.al., 1979).

Estos cambios tiene un comportamiento característico y se pueden englobar dentro de lo que se conoce como "Ciclo de Playa".

El ciclo de playa esta caracterizado por dos estados de equilibrio antagónicos descritos por Short en 1979 (Davies, 1980). El primero de estos, de acreción o crecimiento, está caracterizado por un máximo desarrollo de la berma; y el segundo, de erosión, tiene en el desarrollo de barras su facción distintiva.

El estado de equilibrio o "perfil de equilibrio" como lo definió Tanner en 1958 es aquel que experimenta pequeños cambios tanto en planta como en sección debido a la pequeña o a la ausencia inclusive de material distribuido por la corriente litoral. En otras palabras, se puede definir como el equilibrio dinámico del sistema abierto formado por el sistema playa-litoral-duna (Davies, 1980).

En ambos estados, el flujo dentro y fuera del litoral es esencialmente planar y oscilatorio pero, mientras que en el primero un alto porcentaje de la energía que acompaña al oleaje es reflejada, en el segundo, esta energía es disipada en la zona de la salpicadura y rompimiento de la ola.

Para el caso de la Barra de Coyuca, los perfiles que fueron tomados en diferentes épocas muestran que los estados de construcción se desarrollan en la temporada de invierno (Fig. 9 y 10).

En estos, el desarrollo máximo fue en enero de 1990, en donde la playa alcanzó una altura de 6.2 m. con respecto al nivel del mar.

Este perfil fue levantado a lo largo de "cuerno" del médano de playa, lo que explica su trazo convexo.

# PERFILES DE PLAYA BARRA DE COYUCA, GRO.

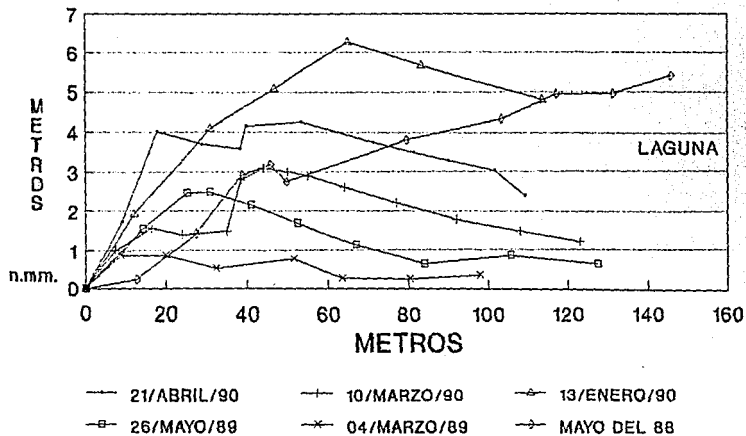


Fig. 9

## PERFILES DE LA ZONA DE LA BOCA BARRA DE COYUCA, GRO.

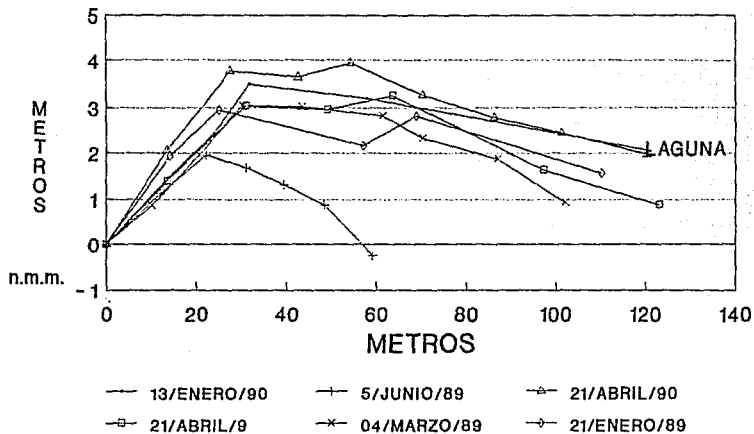


Fig. 10

La evolución del perfil de playa sigue una secuencia de transporte de sedimentos (marzo de 1990).

En los perfiles de enero y marzo de 1990 tienen como característica común en ancho de la playa (113 y 123 m. respectivamente), y por otro lado, el gradiente de la antep playa, que puede ser causa de regímenes de energía de ola semejantes y que se pueden contraponer con el respectivo de abril, el cual posee una pendiente más pronunciada, producto de un oleaje de baja energía que engendra un reflujo de ola incapaz de regresar la carga de sedimento que trajo al llegar, colocándolos en la parte alta de la antep playa, acrecentando de esta manera la pendiente y en consecuencia, el componente de la gravedad que influye en el retroceso de las aguas, incrementando la acción erosiva en la parte baja y distal del perfil de playa.

Con el incremento del gradiente se desarrolla de igual manera la berma de marea.

Los perfiles tomados en el año de 1989 presentan marcadas características distintivas tales como gradiente de playa alto y un gran desarrollo transversal, además de una expresión suavizada del perfil de playa, e indican un proceso de construcción. Estas características se deben a condiciones extraordinarias de oleaje y mareas, además de que ocurrieron en el inicio de la temporada de lluvias (fig. 11).

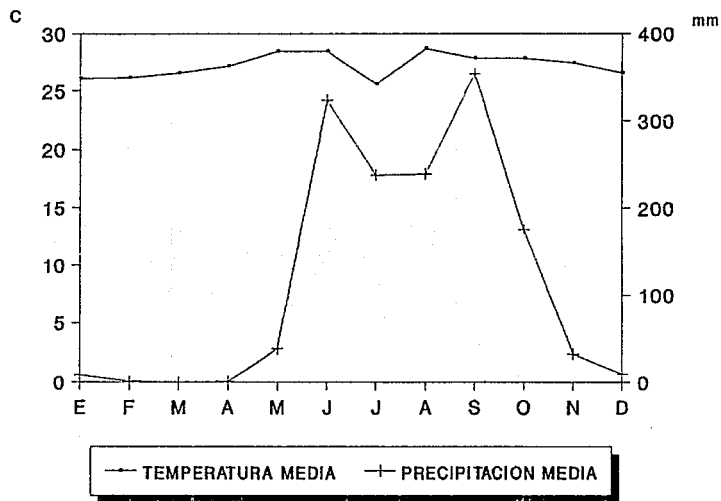
El periódico el Universal del 12 de julio de 1989 en la sección "El Universal en la Provincia" reporta "...inundaciones en los restaurantes de la ribiera y en la Costera Miguel Aleman por aumento en la marea desde ayer, 11 de julio..." y añade, "...esto ha ocurrido tres veces en la temporada de lluvias..." y que "...dos años atrás ocurrió lo mismo...".

El efecto que produjo este aumento de la marea se observa en el ancho de la playa en comparación al aspecto que tenía la playa un mes antes. Inclusive, el gradiente se torno suave y los médanos aumentaron su tamaño y su forma era tal que daba la impresión de que aquellos iban a desaparecer (Plano 2).

En la berma de tormenta se localizaron lirios secos de la laguna, lo que indica que hubo comunicación con esta.

Durante la segunda visita realizada en julio, por la tarde se presentaron condiciones de tormenta, iniciando con fuertes vientos provenientes del mar y que llegaban en forma oblicua, y los efectos del viento fueron distintos en las diferentes partes de la playa. En la cara-playa, se sepultaron toda clase de estructuras por la arena transportada por el viento, dándole un aspecto liso y fino, que de acuerdo con el diagrama de Horns y Fahnstock (1965), (Corrales, et.al., 1977), corresponde con un flujo laminar.

# PRECIPITACION PLUVIOMETRICA Y CLIMA CLIMOGRAMA



DATOS ESTACION 12-001 ACAPULCO GRO.

Fig. 11

Este flujo, al chocar con el escalón de la berma de marea provoca que cambie el tipo de flujo, provocando turbulencias que dan origen a ondulaciones ("ripple marks") en la anteplaya. El transporte eólico cesa cuando la brisa humedece la capa superior de arena, imposibilitando al viento realizar el transporte.

Los tamaños gruesos encontrados en la playa se explican por las condiciones del oleaje de tormenta con una longitud de onda mayor cuya influencia llega a afectar a la zona "offshore" (ultraplaya), en donde estos sedimentos gruesos se localizan a una profundidad mayor y son acsrreados a las partes altas de la playa.

El ciclo que presenta la barra influye de manera importante en la dinámica ambiental de la laguna, y aunado con las características climáticas, geomorfológicas, hidrodinámicas, biológicas y ecológicas, define el sistema lagunar costero (Yañez-Aranciba, 1978).

Este sistema presenta un ciclo de fisiología ambiental con tres situaciones ecológicas.

#### 1. El periodo de barra abierta al mar.

Las temperaturas oscilan entre 29 y 31°C, la precipitación, el escurrimiento y la evaporación son altas. Existe una mayor influencia marina y su importancia radica en el intercambio biológico, físico y químico (agosto, septiembre octubre y noviembre).

#### 2. El periodo de secas.

No existe ni precipitación, ni escurrimiento, y la evaporación es muy alta. Las temperaturas oscilan entre 28 y 40°C. No hay contacto con el mar. (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo).

En los perfiles tomados se aprecia que durante este periodo se desarrolla la acumulación de sedimentos en la barra, ayudando así con el descenso del nivel del agua de la laguna al tener una evaporación alta y una precipitación y escurrimiento mínimos.

#### 3. El periodo de lluvias.

Con la subida del nivel del agua se forma una cabeza hidrostática, y un efecto combinado con la erosión de la barra desde el mar, se fuerza la abertura de la misma para reiniciar el ciclo.

Las temperaturas oscilan entre 29 y 35°C. La precipitación, el escurrimiento y la evaporación son muy altas (mayo, junio, agosto).

Se podía esperar cambios marcados en la salinidad de la laguna en función del ciclo antes mencionado; sin embargo, el efecto del canal meándrico que conecta a esta con el mar mantiene al cuerpo de agua casi dulce, con salinidades máximas de 3.5 partes por mil (Yañez-Arancibia, 1978).

La acción de erosión desde el mar a que hace alusión Yañez-Arancibia está relacionada con el desarrollo incipiente de los médanos de playa, ya que la apertura se realiza en la parte intermedia del médano, por la parte cóncava que ve hacia el mar.

Comparando las condiciones del oleaje observado en las visitas realizadas en los meses de marzo en donde el oleaje era mayor (2.41 m), y con un periodo de 4.8 olas por minuto contra las de junio, con un tamaño de ola menor, pero con un periodo mayor que da origen a un aumento al tamaño en la zona de salpicadura, parámetro que según Longuet-Higgins y Parkins influye principalmente en la amplitud de los médanos y da un aspecto liso y armónico a la playa. De esta manera se reduce el escalón de las bermas y facilita a la cabeza hidrostática del agua continental a crear un canal de comunicación con el mar.

El perfil tomado en junio de 1986 (fig. 9), en la zona de influencia de la boca esquematiza la influencia de la cabeza hidrostática y la acción del oleaje al presentar un ancho de 60 m. aproximadamente, y el gradiente de playa más bajo en comparación de los otros perfiles tomados en el mismo lugar.

En las trincheras construidas en los escalones de las bermas de marea y tormenta cuyo volumen extraído fue de aproximadamente 1 m<sup>3</sup>, se pudieron encontrar estructuras sedimentarias como laminaciones de arena gruesa y media compuesta por feldespatos, óxidos de hierro y cuarzo.

En el escalón de la berma de tormenta se encontraba saturado de humedad que imposibilitaba el reconocimiento de estructuras.

El origen de las laminaciones de color se debe principalmente a la gravedad específica característica de los minerales claros que los diferencia de los oscuros por su menor peso, y aunado con la forma y tamaño permiten que el medio de depósito realice la separación y selección de los minerales claros y oscuros en las laminaciones.

En forma global, las laminaciones claras son más anchas que las oscuras debido principalmente a la mayor disponibilidad de estos minerales en la fuente de origen, además de que por su peso, es más económico transportar minerales ligeros que pesados.



Atendiendo a la definición de estratificación dada por Otto (1938), la cual es ampliamente aceptada (Reineck, 1980), se puede interpretar las laminaciones de granos gruesos y finos como unidades de sedimentación que han sido depositados bajo condiciones físicas constantes. En la playa, estas condiciones están representadas por los diversos parámetros hidrodinámicos, como es el caso del oleaje y la velocidad de la corriente litoral la cual, como se verá en el apartado siguiente, afecta de manera directa el transporte litoral de sedimentos y por ende, de manera inversa, la depositación de sedimentos.

#### TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

El movimiento de partículas a lo largo de la playa (beach drifting), que afecta de manera directa la apariencia del depósito de sedimentos que caracterizan a estas y en particular a la playa-barrera en la Barra de Coyuca esta controlado principalmente por al corriente litoral (longshore current), y por las corrientes de razadura o de retorno (rip current).

Por su parte, las corrientes litorales son el producto de la reflexión de un tren oblicuo de olas, cuyo vector se puede descomponer en dos vectores mutuamente ortogonales. La dirección de uno de estos es paralelo al componente definido por la intersección sobre la superficie de la playa de la fuerza de gravedad. Es decir, no importa el ángulo de incidencia del oleaje ya que en toda playa más o menos uniforme y recta, la dirección del reflujó (backwash), será la misma a la del componente de la gravedad referido al plano definido por la superficie de la playa.

El segundo componente, el cual es paralelo a la ribera de la costa, es el que define la dirección y sentido del transporte de sedimentos y es el resultado de la suma de los vectores que representan la incidencia y reflujó de las olas.

Para Ingle (1966) (en Reineck, 1980), esta corriente proriberal esta caracterizada por el ángulo de incidencia y el gradiente de la playa, y concluye que para ángulos pequeños y olas grandes se tiene un desarrollo importante de la zona de valven, y con esto, velocidades altas de corriente.

En los meses de marzo y mayo se tomó el rumbo de la incidencia de las olas, siendo de  $S5^{\circ}W$  y  $S10^{\circ}W$  respectivamente y tomando en cuenta el rumbo de la barra, que es de  $S70^{\circ}E$ , obtenemos el ángulo de incidencia con respecto a la playa, el cual es para marzo de  $75^{\circ}$  y  $80^{\circ}$  para mayo.

Con los datos anteriores se puede inferir la dirección W-E de la corriente proriberal, la cual fue medida en el campo.

Comparando la carga de sedimentos calculados en la tabla 3, calculados con base en las fórmulas (Walton, 1980)

$$P_{LW} = \frac{5g \cdot H_b \cdot W \cdot V_{LW} \cdot C_f}{(5\pi/2) (V/V_o)_{LW}}$$

donde:

- $g$  = densidad del fluido
- $g$  = aceleración de la gravedad
- $H_b$  = altura de la ola rompiente
- $W$  = ancho de la zona de rompiente
- $V_{LW}$  = promedio de la velocidad de la corriente prorriberal
- $C_f$  = factor de fricción (0.01)

y

$$(V/V_o)_{LW} = 0.2 (X/W) - 0.714 (X/W) \ln (X/W)$$

donde  $X$  es la distancia de la línea de playa al punto donde se colocan los cuerpos a la deriva y  $(V/V_o)_{LW}$  es la velocidad de la corriente prorriberal adimensional de Longuet-Higgins la que fue obtenida en el laboratorio.

se confirma otra vez la variabilidad de las condiciones hidrodinámicas que afectan a la playa.

TABLA 3 PARAMETROS HIDROGRAFICOS

DATOS HIDROGRAFICOS	MATUTINA	VESPERTINA
ALTURA DE LA OLA ROMPIENTE (Hb)	2.41 m	2.01 m
PERIODO DE OLA	18.5 seg	18.0 seg
VELOCIDAD DE LA CORRIENTE (VLEO)	0.048 m/s	0.346 m/s
ANCHO DE ROMPIENTE (W)	16.66 m	17.69 m
ZONA DE SALPICADURA (X)	12.00 m	14.76 m
PLs	7.96 Kg/s	58.47 Kg/s
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS (m <sup>3</sup> /año)	100,623.2	739,202.3

De la tabla, el volumen aumenta por la tarde y es de notarse que el tamaño de ola es menor en comparación al matutino, lo que indica que este parámetro no influye directamente en el transporte toda vez que no intervenga en la velocidad observada de la corriente preriberál, en cambio, el aumento de la zona de rompiente ( $W$ ), y por consiguiente, la disminución de la relación entre la distancia entre el límite del mar y el punto donde se colocó el objeto a la deriva ( $X$ ), y el ancho de rompiente ( $W$ ), sea un mínimo, es decir, que  $W$  sea mucho mayor a  $X$  dará origen a un aumento en el flujo de energía, aumentando el transporte litoral.

Esto se traduce en una cercanía de la zona de rompiente con la cara-playa, y que para que esto pueda ser posible, (un ancho de rompiente mayor y cercano), es necesario un gradiente de playa suave.

Sin embargo, analizando los datos vespertinos, se tiene una relación  $X/Y$  mayor que la matutina. De esto se llega a la conclusión de que el principal factor que influye en el transporte de sedimento es la velocidad de la corriente.

El argumento anterior sólo es válido para el día en que fueron tomados los datos: si se quisiera generalizar, sería menester realizar el análisis de los datos diarios tomados a lo largo de por lo menos un año.

#### ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

Además de las laminaciones observadas en las trincheras, se registraron marcas de oleaje (swash marks), estratificación cruzada en los cuernos de los médanos, y dentro de las marcas de corriente, se presentaron las originadas por la erosión de la corriente, a saber, las "scour marks" y en particular las "crescent marks" producto de la sombra de la corriente debido a un objeto (Corrales, et.al., 1977).

En la cara-playa fue común encontrar marcas de oleaje en forma de diamante (Rhomboid Small Ripples, Reineck, 1980), que se desarrollan bajo capas muy delgadas de agua, y se deben principalmente al reflujo (backwash), y a la diferencia en la dirección del arribo y salida de las olas como resultado, ya sea de la oblicuidad del tren de olas o de la topografía de la playa.

Cada rombo tiene un ángulo agudo apuntando hacia aguas abajo formado por dos escarpes en el lado de sotavento, mientras que en la parte aguas arriba, generalmente más pequeña, está formada por una pendiente suave.

La profundidad del agua nunca excede los 2 cm. y se llegan a presentar bajo capas de agua de milímetros de espesor. La velocidad del flujo es más bien alta, por lo que la presencia de este tipo de estructuras indican condiciones de velocidad alta y aguas extremadamente someras.

#### COMPOSICION DE SEDIMENTOS

La mineralogía está constituida principalmente por cuarzo y feldespatos, lo que da origen a sedimentos de tipo arkosas líticas (fig. 12, tabla 4).

Al igual que en los atributos granulométricos, la muestra de tormenta muestra una disgregación del grupo en cuanto a su mineralogía se refiere, esta es un poco más lítica y corresponde a una filarenita (Folk, 1969).

El cuarzo está representado por cristales con inclusiones, subangulosos principalmente y de forma esférica a discoidal y apariencia vítrea; por cuarzoes lechosos, subredondeados, esféricos y de apariencia resinosa.

La composición feldespática (Folk, 1969), está representada por feldespatos potásicos y plagioclasa subredondeadas, de forma esferoidal, con un lustre resinoso las primeras y vítreo las segundas; por gneisses y micro granitos también esferoidales, pero con un grado de redondez subredondeado los primeros y subangulosos los segundos.

Dentro de los fragmentos de roca se encuentran rocas ígneas extrusivas de forma esferoidal y angulosas, y esquistos y pizarras que van de angulosas a subredondeadas y con forma de rodillo, discoidal y esferoidal principalmente.

Los minerales accesorios están conformados por biotitas y muskovitas subredondeadas y de forma discoidal, y por anfíbolos y apatitas con forma de rodillo y angulosos. La forma de estos últimos recuerda el hábito original del mineral en la fuente de origen. La suma de estos minerales en las muestras no sobrepasan el 3% del contenido mineralógico.

La composición de sedimentos muestra los tipos de terrenos de los que proviene el material, los cuales son principalmente ígneos y metamórficos (fig. 2), y las diferencias en la madurez textural determinadas por la forma y la redondez indican diferentes fuentes, lo que corrobora lo estimado con los resultados del análisis estadístico de los datos granulométricos.

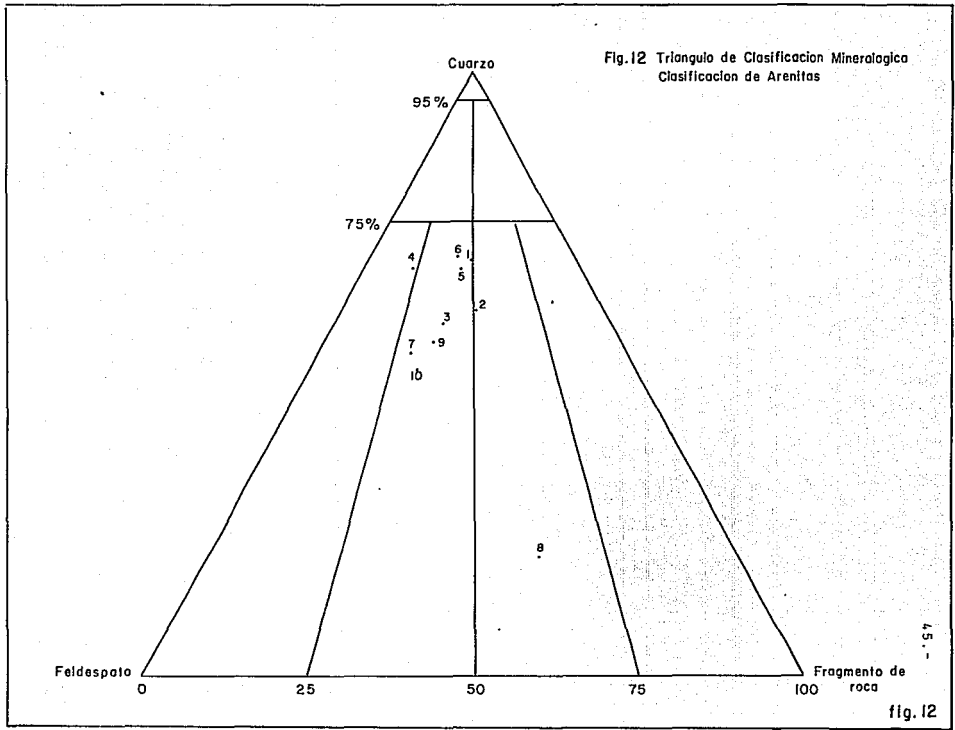


Fig.12 Triangulo de Clasificacion Mineralogica  
Clasificacion de Arenitas

TABLA 4

## CONTENIDO Y CLAN MINERALOGICO

MUESTRA	CUARZO	FELDESPATO	FRAGMENTOS DE ROCA	FRAG. DE ROCA / FELDESPATO	CLAN MINERALOGICO
1	58.65%	21.15%	20.19%	48.84%	Feldsarenita litica
2	60.11%	19.85%	20.04%	50.24%	Litarenita feldespatica
3	56.59%	25.25%	16.16%	39.02%	Feldsarenita litica
4	67.48%	25.15%	7.36%	22.64%	Feldsarenita litica
5	67.21%	18.03%	14.75%	45.00%	Feldsarenita litica
6	69.15%	17.36%	13.18%	43.16%	Feldsarenita litica
7	52.49%	32.56%	13.95%	30.00%	Feldsarenita litica
8	20.00%	30.00%	50.00%	62.50%	Litarenita feldespatica
9	55.12%	26.35%	16.54%	36.84%	Feldsarenita litica
10	51.04%	32.81%	16.15%	32.98%	Feldsarenita litica

## GRANULOMETRIA

Los parámetros texturales han sido ampliamente utilizados en el reconocimiento de ambientes sedimentarios (Visher, 1969; Friedman, 1961; Pettijohn, 1977, entre otros). Con objeto de determinar si algún atributo es sensible a un ambiente en particular, se comparan aquí los diferentes ambientes estudiados.

La nomenclatura de los sedimentos en función de su granulometría se obtuvo graficando en los diagramas triangulares de las figuras 13 y 14 los datos de la tabla 5; la tabla 6 resume la clasificación granulométrica de los sedimentos, así como la madurez de los mismos.

La descripción de la distribución de tamaños de sedimento de las muestras tomadas en la playa-barrera están caracterizadas por su tamaño de arena gruesa a media, y por su grado de clasificación que corresponde, en forma general, dentro del rango de los moderadamente bien clasificados, principalmente las que corresponden a la playa propiamente dicha (tabla 7).

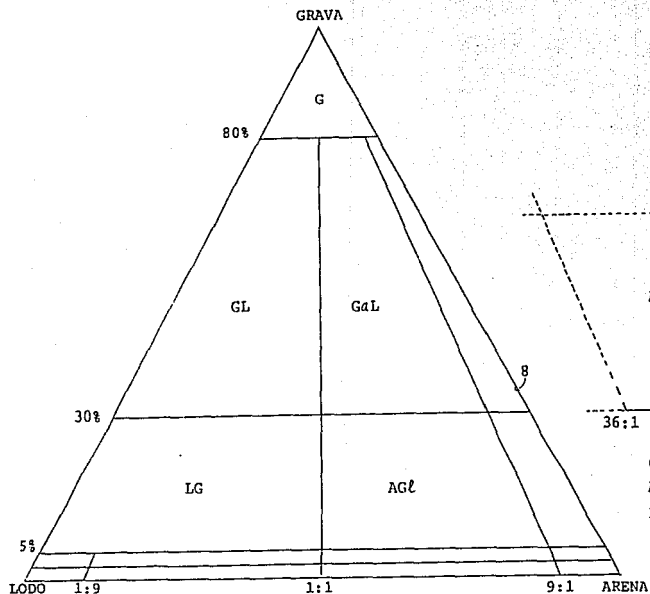
El valor más alto de este grupo de muestras corresponde a la que representa condiciones de tormenta, lo que significa que la clasificación representa un índice del intervalo de las condiciones del fluido transportador (Krumbein y Sloss, 1969). En este caso, el vaiven que realiza el oleaje es el que selecciona y clasifica la arena.

De la misma manera, al graficar los diferentes parámetros entre sí, las muestras de arena tomadas en la playa tienden a formar campos específicos en los cuales, las que corresponden a la cercanía de la boca dentro del canal y la del río se encuentran vinculadas, es decir, forman también parte de estos campos, y es de notarse como la muestra número 8 (de tormenta), queda afuera de este campo y pierde correlación con alguna otra muestra (fig. 15).

Para el caso del ambiente lagunar, y en especial la zona de influencia con la boca, las únicas muestras que para todas las gráficas presentan una vinculación son las 16 y 17, y por el contrario, la 13 no tiene alguna correlación con alguna otra muestra que pueda observarse en las gráficas.

El ambiente de la boca del medio lagunar está caracterizado por su grado de dispersión de los sedimentos en las gráficas.

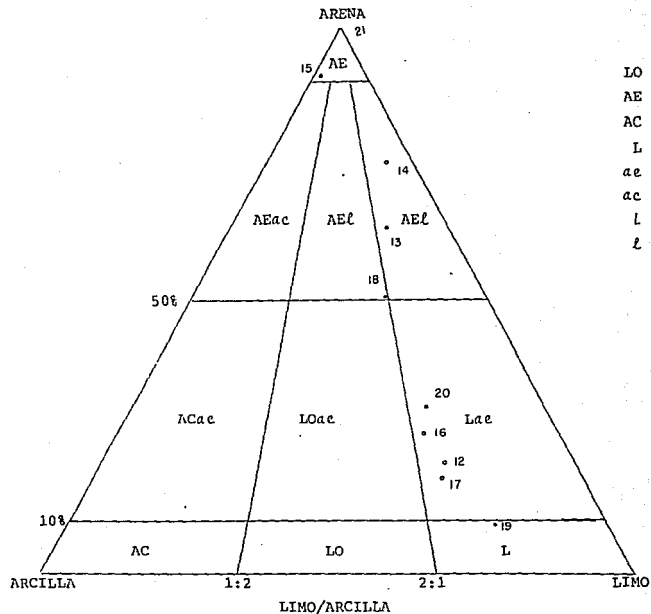
Los sedimentos son principalmente limos arenosos con algunas arenas asociadas a la barra. Así, en forma general, el material está muy mal clasificado, con tendencia hacia tamaños finos.



G	GRAVA	a	arenoso
A	ARENA	l	lodoso
L	LODO	(g)	con huellas de grava

FIG.13 TRIANGULO DE NOMENCLATURA GRANULOMETRICA  
( GRAVA, ARENA Y LODO ) ( Polk, 1954 )





LO LODO  
 AE ARENA  
 AC ARCILLA  
 L LIMO  
 ae arenoso  
 ac arcilloso  
 l limoso  
 l lodoso

FIG. 14 TRIANGULO DE NOMENCLATURA GRANULOMETRICA  
 ( ARENA, LIMO Y ARCILLA ) ( folk, 1954 )

TABLA 5

## DISTRIBUCION PORCENTUAL DE TAMAGOS Y NOMENCLATURA GRANULOMETRICA

MUESTRA	GRAVA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	LODO %	ARENA/ LODO	LIMO/ ARCILLA	NOMENCLATURA
01	0.298	99.705			0.007	99.99%		ARENA CON HUELLAS DE GRAVA
02		99.993			0.007	99.99%		ARENA
03	0.059	99.881			0.079	99.92%		ARENA CON HUELLAS DE GRAVA
04	0.022	99.956			0.022	99.98%		ARENA CON HUELLAS DE GRAVA
05	0.093	99.901			0.006	99.99%		ARENA CON HUELLAS DE GRAVA
06		99.985			0.015	99.99%		ARENA
07	0.039	99.951			0.010	99.99%		ARENA CON HUELLAS DE GRAVA
08	34.561	65.424			0.015	99.99%		GRAVA ARENOSA
09	0.527	99.168			0.005	99.99%		ARENA CON HUELLAS DE GRAVA
10	0.096	99.804			0.100	99.90%		ARENA CON HUELLAS DE GRAVA
11	0.130	99.253			0.617	99.38%		ARENA CON HUELLAS DE GRAVA
12		20.710	57.420	21.870	79.290		72.42%	LIMO ARENOSO
13		63.970	26.070	10.360	36.130		71.56%	ARENA LIMOSA
14		75.280	20.080	4.640	24.720		81.23%	ARENA LIMOSA
15		91.030	6.370	2.600	8.970		71.01%	ARENA
16		25.860	52.030	22.110	74.140		70.19%	LIMO ARENOSO
17		17.350	60.060	22.590	82.650		72.67%	LIMO ARENOSO
18		50.300	32.570	17.140	49.710		65.52%	ARENA LIMOSA
19		9.150	71.940	18.910	90.850		79.19%	LIMO
20		31.880	49.040	19.090	68.130		71.98%	LIMO ARENOSO
21		100.000			0.000			ARENA

TABLA 6

## NOMENCLATURA DE LOS SEDIMENTOS

- 
- 1 feldsarenita lítica: arena gruesa con huellas de grava, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica, submadura. Ambiente de playa.
  - 2 litarenita feldespática: arena media, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia finos, mesocúrtica, submadura. Ambiente de playa.
  - 3 feldsarenita lítica: arena media-gruesa con huellas de grava, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica, submadura. Ambiente de playa.
  - 4 feldsarenita lítica: arena media con huellas de gravas, bien clasificada, asimétrica hacia finos, mesocúrtica, madura. Ambiente de playa
  - 5 feldsarenita lítica: arena media con huellas de gravas, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia finos, mesocúrtica, submadura. Ambiente de playa.
  - 6 feldsarenita lítica: arena gruesa, moderadamente bien clasificada, muy asimétrica hacia finos, mesocúrtica, submadura. Ambiente de playa.
  - 7 feldsarenita lítica: arena gruesa con huellas de gravas, moderadamente clasificada, asimétrica hacia gruesos, muy leptocúrtica, submadura. Ambiente de playa.
  - 8 litarenita feldespática: grava arenosa con arena muy gruesa, moderadamente clasificada, asimétrica hacia finos, leptocúrtica, submadura. Ambiente de playa.
  - 9 feldsarenita lítica: arena gruesa con huellas de grava, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia finos, mesocúrtica, submadura. Ambiente de playa
  - 10 feldsarenita lítica: arena media con huellas de grava, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica, submadura. Ambiente de playa
  - 11 Arena media con huellas de gravas, moderadamente bien clasificada, casi simétrica, mesocúrtica, submadura. Ambiente de laguna
  - 12 Limo medio arenoso, mal clasificado, asimétrico hacia finos, platicúrtico, inmaduro. Ambiente de laguna.
  - 13 Arena muy fina limosa, muy mal clasificada, casi simétrica, leptocúrtica, inmadura. Ambiente de laguna.
  - 14 Arena fina limosa, muy mal clasificada, muy asimétrica hacia finos, mesocúrtica, submadura. Ambiente de laguna.
  - 15 Arena media, mal clasificada, muy asimétrica hacia finos, muy leptocúrtica, submadura. Ambiente de laguna.
  - 16 Limo medio arenoso, muy mal clasificado, muy asimétrico hacia finos, mesocúrtico, inmaduro. Ambiente de laguna
  - 17 Limo medio arenoso, muy mal clasificado, muy asimétrico hacia finos, platicúrtico, inmaduro. Ambiente de laguna.
  - 18 Arena lodosa de limo grueso, muy mal clasificado, asimétrico hacia finos, platicúrtico, inmaduro. Ambiente de laguna.
  - 19 Limo medio, mal clasificado, muy asimétrico hacia finos, leptocúrtico, inmaduro. Ambiente de laguna.
  - 20 Limo medio arenoso, muy mal clasificado, casi asimétrico, platicúrtico, inmaduro. Ambiente de laguna.
  - 21 Arena, moderadamente bien clasificada, casi simétrica, mesocúrtica, submadura. Ambiente de río.

TABLA 7.

## PARAMETROS ESTADISTICOS

MUESTRA	MEDIANA (Md0)	MODA PRINCIPAL (M0)	TAMANO PROMEDIO (Me0)	DESVIACION TIPICA (S1)	ASIMETRIA (SK1)	KURTOSIS (KG')
01	0.60	0.50	0.61	0.63	0.01	1.11
02	0.99	0.50	1.04	0.58	0.16	1.01
03	1.01	1.50	1.00	0.59	-0.02	1.00
04	1.04	1.50	1.09	0.50	0.18	1.02
05	0.97	0.50	1.04	0.58	0.13	1.02
06	0.40	0.50	0.70	0.64	0.60	1.01
07	0.74	0.50	0.79	0.92	-0.14	1.77
08	-0.70	-0.50	-0.57	0.93	0.29	1.17
09	0.42	0.50	0.46	0.71	0.11	1.05
10	1.12	1.50	1.20	0.61	-0.01	1.08
11	1.11	1.50	1.12	0.64	0.04	1.09
12	5.55	5.50	5.86	1.95	0.15	0.87
13	3.40	3.50	3.29	2.48	-0.08	1.21
14	1.90	1.50	2.61	2.23	0.46	0.95
15	1.64	1.50	1.88	1.50	0.43	1.97
16	4.91	4.50	5.78	2.30	0.49	0.93
17	4.99	4.50	5.82	2.05	0.46	0.71
18	3.70	1.50	4.37	2.84	0.28	0.56
19	4.82	4.50	5.82	1.87	0.62	1.21
20	5.34	5.50	5.61	2.26	0.17	0.76
21	1.00	1.50	1.02	0.63	0.07	0.93

## GRAFICAS DE DISPERSION DE LOS PARAMETROS ESTADISTICOS

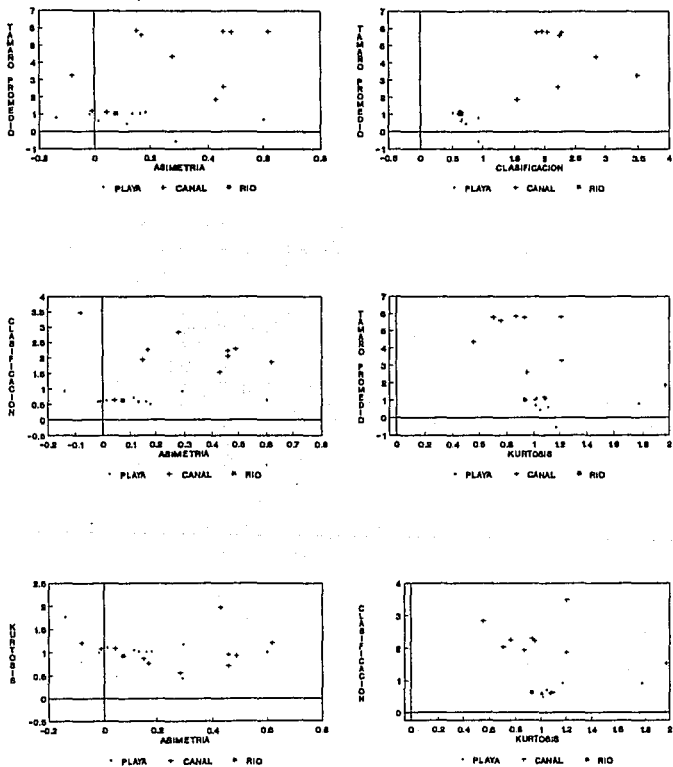


Fig. 15

El grado de asimetría y la curtosis han sido poco estudiados desde el punto de vista geológico (Folk, 1969). En general, estos parámetros indican que tan perfectamente la distribución de sedimentos se aproxima a la curva normal de probabilidad de Gauss, por lo que el material que representa las muestras 1, 3, 10, 11 y 21 son las únicas que presentan parámetros estadísticos propios de una distribución normal, mientras que la 2, 4, 5, 6, 9, 14 y 16 presentan una asimetría positiva, y la 13 es leptocúrtica; el resto, la aproximación de la distribución de tamaños de sedimento a la normal no es óptima.

Este resto equivale al 38% del total de las muestra tomadas y representan principalmente al ambiente lagunar.

En una serie de trabajos de Barndorff-Nielsen y sus colegas han demostrado convincentemente que la distribución de tamaños de sedimentos en la naturaleza no se ajusta a una función de distribución normal (Vincent, 1985) por lo que es conveniente el tratamiento no paramétrico de la distribución de tamaño de sedimento.

Runque existe cierto traslape en los campos de las gráficas de los parámetros estadísticos, como el caso de las muestras 2, 10, 11 y 21 en la gráfica tamaño promedio vs clasificación, estas pueden caracterizar los ambientes estudiados.

La clasificación de los sedimentos en cualquier tipo de ambiente depende del tamaño de las partículas (Folk, 1969).

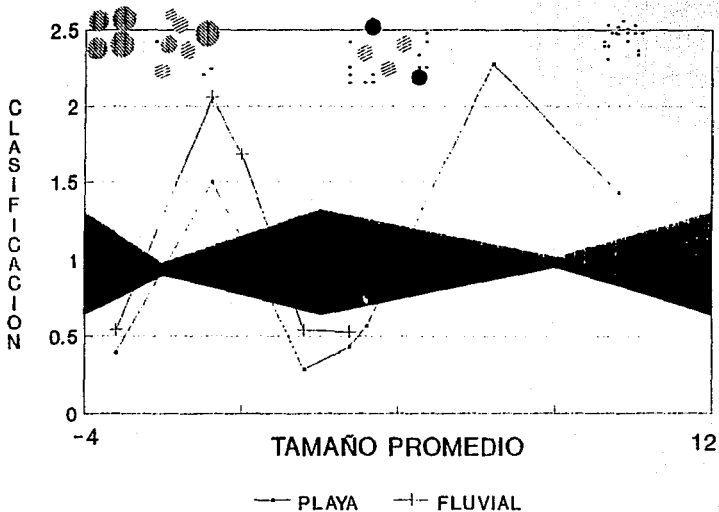
Al analizar el diagrama de dispersión del tamaño promedio en función del grado de clasificación se observa que los sedimentos tienden a presentar la mejor clasificación cuando su tamaño promedio queda alrededor de 1 y 2 phi (fig. 15).

Al igual que los resultados de Folk y Ward, la clasificación empeora en los tamaños de 6 a 8 phi. De este modo, la clasificación representa una sinusoidal distorsionada de dos ciclos en una gráfica Tamaño vs Clasificación (fig. 16).

En lo que toca a la asimetría, las arenas de la playa muestran una preferencia hacia los tamaños finos con cierta tendencia a la simetría. Sólo la muestra 7 tiene una tendencia hacia gruesos y la 6, su tendencia es acentuada hacia finos.

En relación a la curtosis, la gran mayoría de las muestras caen dentro de la normalidad, es decir, son mesocúrticas, sólo las muestras 7 (muy leptocúrtica), y la 8 (leptocúrtica), caen fuera de la normalidad en la curtosis.

### GRADO DE CLASIFICACION Y AREA FUENTE (Folk, 1969)



• APORTACION DEL AREA-FUENTE

Fig.16

## ANALISIS POR AGRUPAMIENTO

Al analizar las variables (tamaño  $\phi$  de los sedimentos), de las muestras, (tabla 8) utilizando el grado de correlación de la varianza-covarianza, (tablas 3 y 10) se tiene que el valor más alto de correlación lo tienen los tamaños -3 y -2  $\phi$  (matatena), (fig. 17a), y el valor más bajo se encuentra en los tamaños 6 y 8  $\phi$  (limo grueso y fino).

Es notorio como los tamaños mayores a 8  $\phi$  (arcillas), se correlacionan con un grado de 83% con los tamaños de limos gruesos (5  $\phi$ ).

El diagrama de dispersión presenta en forma global, tres grupos de variables; uno de ellos, formado por los tamaños  $\phi$  de -3 a 0 (de guijarros a arenas gruesas), cuya muestra corresponde a la número 8, que representa condiciones de tormenta; el segundo grupo esta compuesto por los tamaños 1 y 2  $\phi$  y corresponden al ambiente de playa.

Estos dos grupos anteriores poseen una relación inversa entre si.

Por último, los tamaños de arenas finas a arcillas conforman el grupo más numeroso y determinan el ambiente lagunar.

La relación que existe entre los ambiente lagunar y de barra es inversamente proporcional, en otras palabras, al aumentar la proporción de sedimentos de limos y arcillas, la abundancia de arenas disminuye en el área estudiada (fig. 17a).

De igual modo ocurre con los tamaños de guijarros y arenas muy gruesas con las arenas gruesas y medianas.

Sin embargo, la distorsión que se obtiene por este método es del orden del 75% que se encuentra por debajo del 80% que algunos autores toman como óptimo (Davis, 1976). Pese a ello, los resultados ayudarán a interpretar el análisis por Componentes Principales (tabla 11, fig. 18).

Relacionando ahora las muestras entre si, (fig. 17b) se encontró que estas se vinculan en función del ambiente que representan; de esta manera, la playa-barrera está representado por las muestras 1 a 7 y 9 (que representan a la playa propiamente dicha), y 10 y 11 (correspondientes a la parte lagunar); y la laguna agrupa a las muestras 13 a 20 y 12. La muestra del río se asocia texturalmente con la playa; esta misma asociación se pudo apreciar en las gráficas de los parámetros estadísticos de Folk y Ward (1957).

La asociación sui generis es la que presentan las muestras 8 y 13, asociación que no tiene igual en las gráficas de los parámetros estadísticos.



TABLA I MATRIZ DE DATOS

## T A M A R A O S P H I

	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8'
	1	0.000	0.000	0.288	15.579	63.218	19.014	1.854	0.040	0.007	0.000	0.000	0.000
	2	0.000	0.000	0.000	1.469	49.227	41.486	7.670	0.165	0.007	0.000	0.000	0.000
	3	0.000	0.000	0.059	4.317	43.982	47.090	4.356	0.086	0.079	0.000	0.000	0.000
M	4	0.000	0.000	0.027	1.012	45.967	47.761	5.525	0.092	0.022	0.000	0.000	0.000
	5	0.000	0.000	0.093	2.179	49.713	10.665	7.180	0.163	0.006	0.000	0.000	0.000
U	6	0.000	0.000	0.000	7.703	55.238	32.270	4.684	0.089	0.015	0.000	0.000	0.000
	7	0.000	0.000	0.039	9.703	52.467	33.668	4.062	0.051	0.010	0.000	0.000	0.000
E	8	0.000	1.836	32.725	42.043	12.130	8.411	2.785	0.056	0.015	0.000	0.000	0.000
	9	0.000	0.000	0.527	24.535	51.495	20.628	2.772	0.038	0.005	0.000	0.000	0.000
S	10	0.000	0.000	0.096	3.778	35.967	52.964	6.832	0.263	0.100	0.000	0.000	0.000
	11	0.000	0.000	0.130	3.226	38.271	50.205	7.002	0.596	0.617	0.300	0.000	0.000
T	12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.760	3.690	16.750	5.190	29.260	11.250	1.720
	13	3.670	8.000	3.640	1.280	0.730	3.980	19.260	22.950	5.820	5.080	11.110	4.060
R	14	0.000	0.000	0.240	4.500	20.310	27.940	5.910	16.370	5.230	11.250	3.310	0.290
	15	0.000	0.000	0.350	3.230	16.550	47.540	15.650	7.710	1.100	1.100	3.360	0.810
A	16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.720	3.930	21.210	26.650	6.850	16.120	2.410
	17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.910	2.910	13.570	32.970	13.130	3.670	10.330
S	18	0.000	0.000	0.000	0.640	5.750	30.800	10.250	2.860	15.960	2.690	0.330	13.590
	19	0.000	0.000	0.170	0.240	0.570	0.460	2.160	5.550	53.360	10.170	7.220	1.190
	20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.560	10.730	19.590	15.230	23.100	0.840	9.870
	21	0.000	0.000	0.000	3.934	14.216	46.178	4.937	0.715	0.000	0.000	0.000	0.000



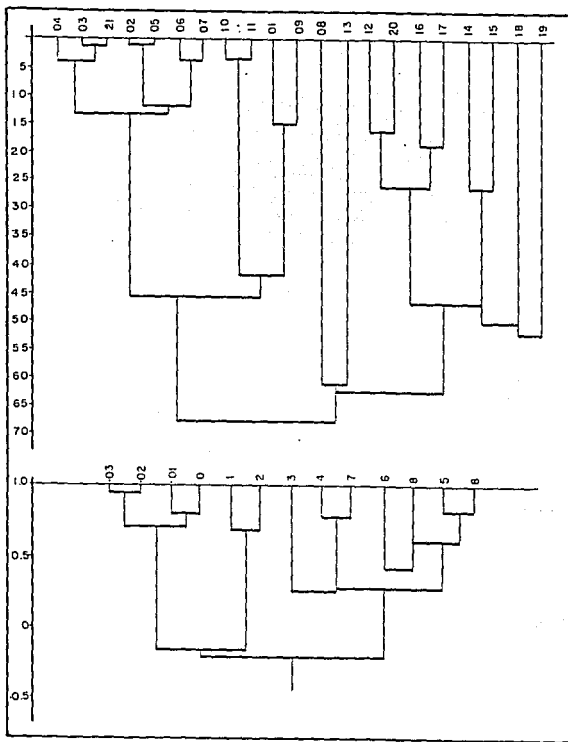
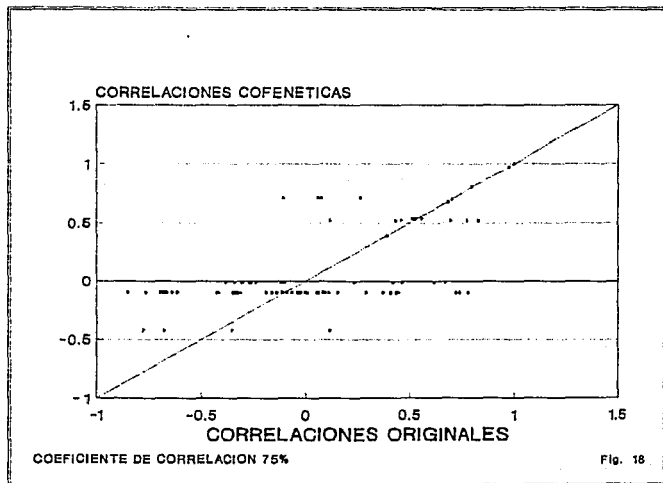


fig. 17

TABLA 11

## MATRIZ CON VALORES COFENETICOS

VARIABLES TAMAJOS PHI	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8)
-3	1.0000	0.9741	0.7106	0.7106	-0.1759	-0.1759	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267
-2	0.9741	1.0000	0.7106	0.7106	-0.1759	-0.1759	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267
-1	0.7106	0.7106	1.0000	0.8045	-0.1759	-0.1759	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267
0	0.7106	0.7106	0.8045	1.0000	-0.1759	-0.1759	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267
1	-0.1759	-0.1759	-0.1759	-0.1759	1.0000	0.6810	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267
2	-0.1759	-0.1759	-0.1759	-0.1759	0.6810	1.0000	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267
3	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	1.0000	0.2715	0.2806	0.2806	0.2715	0.2806	0.2806
4	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	0.2715	1.0000	0.2806	0.2806	0.2806	0.2806	-0.2267
5	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	0.2806	0.2806	1.0000	0.6182	0.2806	0.6182	0.6350
6	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	0.2806	0.2806	0.6182	1.0000	0.2806	0.4321	0.6182
7	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	0.2715	0.2806	0.2806	0.2806	1.0000	0.2806	0.2806
8	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	0.2806	-0.2267	0.6182	0.4321	0.2806	1.0000	0.6182
8)	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	-0.2267	0.2806	-0.2267	0.6350	0.6182	0.2806	0.6182	1.0000



Estas muestras se encuentran situadas a gran distancia del resto de las muestras, en el espacio de 13 dimensiones definido por las variables (tamaños phi de la tabla 12). Esta condición se puede explicar por las condiciones de tormenta que representa la muestra 8 que son condiciones específicas diferentes a la de una situación normal.

Por su parte, la muestra 13 representa el traslape de los ambientes estudiados, ya que la zona presenta aportes fluviales, lacustres y marinos.

Analizando las muestras en particular de cada ambiente, estas se relacionan para determinar condiciones específicas en cada lugar de muestreo.

Para comprender la información que se obtiene del análisis por Agrupamiento utilizando distancias referidas en un espacio de 13 dimensiones, es necesario retomar el análisis de las variables en función de la matriz de correlaciones (tabla 10), en donde se puede determinar la relación que existe entre las variables, que en este caso actúan como uno de los 13-ésimo componente de este campo. En esta matriz se puede apreciar que dichos componentes no son del todo ortogonales entre sí e inclusive, algunas de ellas tienen una correlación del 97%, lo que provoca cierta distorsión en los resultados.

#### ANÁLISIS POR COMPONENTES PRINCIPALES

Los componentes principales o vectores característicos (eigenectores), de la matriz de varianza-covarianza (tabla 9) de los resultados del análisis granulométrico están dados en la tabla 13.

De la tabla 14 se obtiene que los primeros tres componentes principales determinan poco más del 90% de la varianza total del grupo de datos.

Al graficar las "cargas" o componentes de estos vectores en función de las variables (fig. 19) se conocerá la relativa proporción entre los tamaños de arena gruesa y mediana, que son los índices que representan una mayor carga, que presenta el primer componente principal. En este, se aprecia la importancia que tienen los tamaños de arena gruesa y media en la descripción del ambiente de la zona de la boca de la Barra de Coyuca.

Cabe señalar que estos tamaños mostraron el mayor grado de clasificación en el diagrama de clasificación vs tamaño promedio de sedimento.



TABLA 13

64 -

## VECTORES CARACTERISTICOS

VARIABLES  
TAMAROS PHI

	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-3	-0.00598	-0.00120	0.01795	-0.03641	-0.09650	0.02236	0.08533	0.03944	-0.05841	-0.34345	-0.12730	0.14471	0.30629
-2	-0.01394	-0.02213	0.05800	-0.06455	-0.20194	0.04032	0.19226	0.12143	-0.10308	-0.71749	-0.27568	0.34408	-0.42172
-1	-0.02108	-0.35620	0.35246	0.22846	0.05200	-0.13130	0.19638	0.62327	0.35307	0.21855	0.00670	0.27582	0.02716
0	0.06851	-0.63691	0.24510	0.22440	0.11345	-0.01781	-0.21651	-0.55279	-0.18032	0.01445	-0.05577	0.28001	0.00492
1	0.66231	-0.21880	-0.60470	-0.18303	-0.04050	0.03209	0.03585	0.08891	0.08395	0.12886	-0.02310	0.27971	0.00263
2	0.51717	0.59041	0.35750	0.29760	0.16419	-0.16416	-0.12404	-0.12263	0.05629	0.00510	-0.34255	0.27971	0.00252
3	-0.01513	0.12797	0.21573	-0.17574	-0.23957	0.20468	0.17568	-0.09371	-0.14517	0.46360	-0.25088	0.27978	0.00215
4	-0.20523	0.08914	0.07655	-0.46216	-0.25031	-0.21063	-0.07447	-0.34767	0.63026	0.10844	-0.03817	0.27947	0.00262
5	-0.35003	0.14830	-0.18619	0.63423	-0.11149	-0.13222	0.24139	-0.18285	0.10992	0.06330	0.04875	0.24015	0.00221
6	-0.19313	0.05939	-0.08659	-0.32964	0.26105	-0.23019	0.29575	-0.03422	-0.16175	-0.02222	0.12921	0.24057	0.00214
7	-0.10569	0.03191	-0.23800	-0.12196	-0.22305	-0.14485	-0.39961	0.21542	-0.38362	0.00897	0.48353	0.28219	0.00135
8	-0.07323	0.06408	0.02316	0.00157	0.10392	0.69749	-0.17453	0.00945	0.21612	-0.14656	0.56059	0.28220	0.00144
9	-0.26398	0.12392	-0.14545	-0.01579	0.16235	0.23835	-0.52173	0.23681	-0.13577	0.22385	-0.56829	0.27723	0.00403

TABLA 14

## VALORES CARACTERISTICOS

No.	VALOR	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
1	1073.439	69.005%	69.005%
2	206.705	13.288%	82.293%
3	131.467	8.451%	90.744%
4	79.028	5.080%	95.825%
5	28.278	1.818%	97.643%
6	17.855	1.148%	98.790%
7	7.815	0.502%	99.292%
8	6.008	0.386%	99.679%
9	4.093	0.263%	99.942%
10	0.872	0.056%	99.998%
11	0.293	0.002%	100.000%
12	0.000	0.000%	
13	0.000	0.000%	

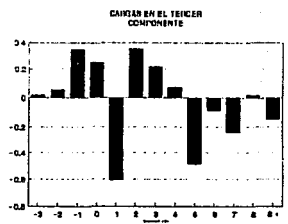
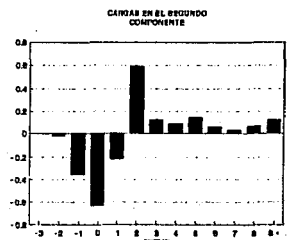
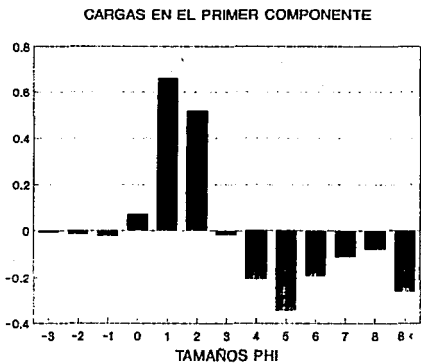


Fig. 19



Por otro lado, en la misma gráfica se muestra la relación arena gruesa-media/arena muy fina-limo-arcilla. Esta misma relación se concluyó con el análisis por Agrupamiento de correlaciones, sólo que en este caso podemos discriminar los tamaños de matatena, gránulo y arena fina para obtener un índice óptimo en el que se involucren sólo parámetros o variables que influyan de manera importante, sin pérdida de información importante.

Es interesante observar que las cargas más bajas corresponden a las variables propias y únicas de la muestra 8, ya que sus valores en la matriz de varianza-covarianza son especiales por representar condiciones de tormenta, y principalmente, por ser sólo un dato aislado, influyendo pobremente a la varianza total.

Por su parte, el segundo componente principal muestra la relación entre los tamaños de gránulos a arenas gruesas y la arena media, y también sugiere la poca importancia de que tienen los tamaños menores a  $2 \phi$  al tener valores cercanos a cero en sus componentes.

Por último, el tercer componente principal desarrolla tres índices, representados en el diagrama por las relaciones gránulo-arena muy gruesa/arena gruesa; arena media a muy fina/limo grueso y por último, arcillas.

Para verificar este análisis, se obtendrá las marcas (score) de las observaciones (muestras), en los tres primeros componentes (tabla 15), esto es, multiplicando la matriz de datos originales por una matriz cuyo arreglo representa los tres primeros componentes principales, obteniendo así dichas marcas.

Al realizar los diagramas de las marcas en los tres primeros componentes comparando el I con el II y el I con el III, se crean campos que permitan distinguir dos tipos de sedimentos definidos por su tamaño promedio (arenas y limos), y por la zona de muestreo (canal y río-playa, fig. 20 y 21).

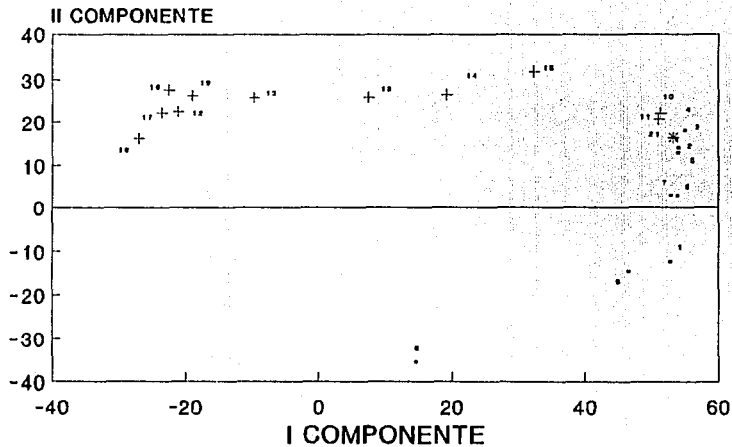
Estos resultados son comparables con los diagramas obtenidos al graficar los atributos texturales sugeridos por Folk y Ward.

Estos diagramas son aproximadamente igualmente eficientes en la separación de los dos tipos de sedimentos. Sin embargo, la cantidad de esfuerzo experimental necesario para obtener el diagrama arena gruesa-media vs arena muy fina-limo-arcilla (fig. 22), es menor que el correspondiente para cualquier de los parámetros sugeridos por Folk y Ward.

TABLA 15

MARCAS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES (SCORE)

TAMPOS PHI		-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8'
MUESTRAS	1	52.7258	-12.3894	-27.1110	-2.7246	1.7164	-0.8522	-2.5282	-5.3302	2.9103	9.3957	-3.2337	27.5747	0.2566
	2	54.0688	13.7885	-12.9170	2.2512	2.4127	-2.9678	-0.0842	-2.3043	3.1308	10.1322	-3.3877	27.5723	0.2547
	3	53.6685	15.9662	-7.7672	6.1867	4.9704	-5.1052	-3.1094	-4.6816	3.8264	8.0173	-3.4870	27.9721	0.2550
	4	54.8767	17.9793	-9.4485	4.5455	4.1651	-4.6668	-1.8014	-2.8295	4.1169	8.7608	-3.4185	27.9878	0.2561
	5	53.9592	12.6450	-13.3985	2.1727	2.4915	-2.9786	-0.3109	-2.4424	3.2163	10.0121	-3.3791	27.9715	0.2568
	6	53.7070	2.6698	-18.9680	0.3488	2.3561	-2.2554	-1.4654	-3.7751	3.1673	9.5761	-3.3240	27.9734	0.2525
	7	52.7459	2.7300	-16.4233	1.8497	3.1432	-2.7954	-2.4578	-5.2018	2.8994	8.9708	-3.3957	27.9741	0.2522
	8	14.4896	-35.6000	18.2152	16.4863	6.0511	-5.1280	-1.6077	-2.8572	4.1294	9.3466	-3.4133	27.9747	0.2548
	9	46.3920	-14.5437	-16.9669	1.7872	3.1812	-1.4039	-4.6044	-11.4576	0.0996	6.5003	-3.5759	27.9765	0.2555
	10	51.2770	24.8730	-0.4095	8.7805	5.3296	-5.6070	-2.8752	-6.0747	2.6867	8.1628	-3.6617	27.9722	0.2546
	11	51.0539	20.2183	-3.0725	7.5754	4.5269	-5.1630	-2.0950	-5.4356	3.0240	8.6065	-3.5815	27.9718	0.2558
	12	-24.0627	9.5485	-11.0160	-9.6510	15.5036	-9.8031	-3.7188	-2.2512	-1.3568	8.5322	-3.3181	27.9745	0.2550
	13	-9.8086	7.4717	4.0732	-11.9499	-11.4098	-1.3151	1.4934	-3.8860	1.7450	7.4259	-3.4342	27.9748	0.2549
	14	19.1527	13.4623	-2.8411	-3.8212	5.9230	-9.1520	-1.3373	-9.7307	7.2827	8.4990	-2.9792	27.9746	0.2547
	15	32.2436	25.6655	10.7998	5.4915	0.5759	-1.9537	-1.3475	-8.9650	0.4316	11.1284	-3.3360	27.9752	0.2553
	16	-22.4102	10.6025	-14.3649	2.0645	-5.6194	-8.7717	-10.0254	-4.2115	4.6956	10.4009	-3.5474	27.9750	0.2546
	17	-23.5250	11.3773	-18.2924	9.3348	5.6746	1.4534	-3.2529	-5.3222	6.3291	8.1890	-3.4850	27.9726	0.2560
	18	7.3761	23.6271	-0.0576	14.1597	5.1385	8.3243	-6.1910	-4.3264	1.3062	8.7678	-3.1163	27.9754	0.2544
	19	-27.0303	11.5040	-28.8892	26.4392	0.6153	-7.8940	3.7478	-6.2769	1.3524	8.5944	-3.3724	27.9755	0.2545
	20	-19.0270	10.7051	-7.6007	-8.7634	11.5307	7.6131	1.6938	-6.7883	5.6015	10.3914	-3.7157	27.9759	0.2543
	21	53.2084	15.7820	-8.1426	5.3102	4.4125	-4.8842	-2.7018	-4.6266	4.0148	8.3598	-3.5290	27.9751	0.2537



• PLAYA + LAGUNA \* RIO

Fig. 20

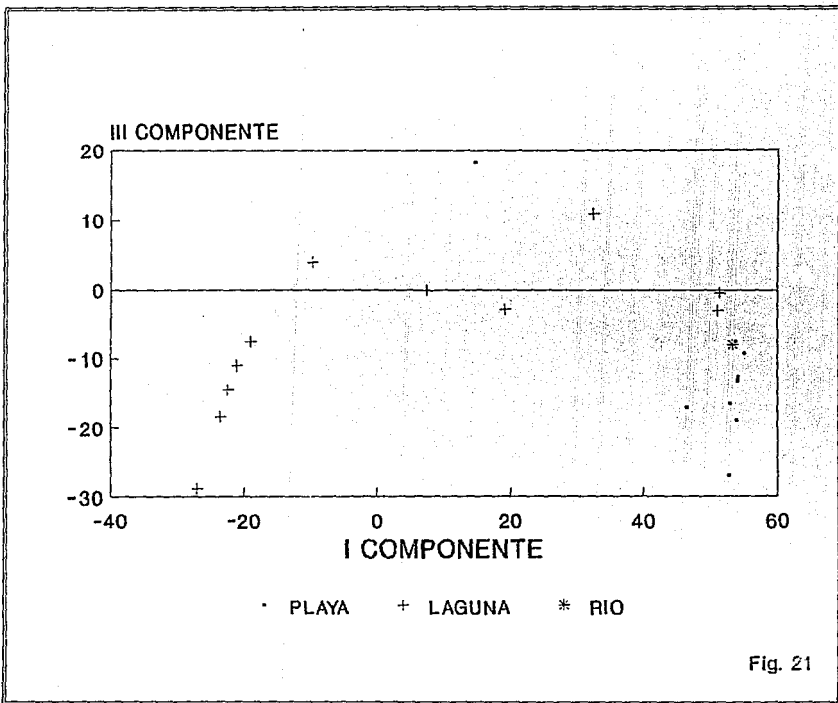


Fig. 21

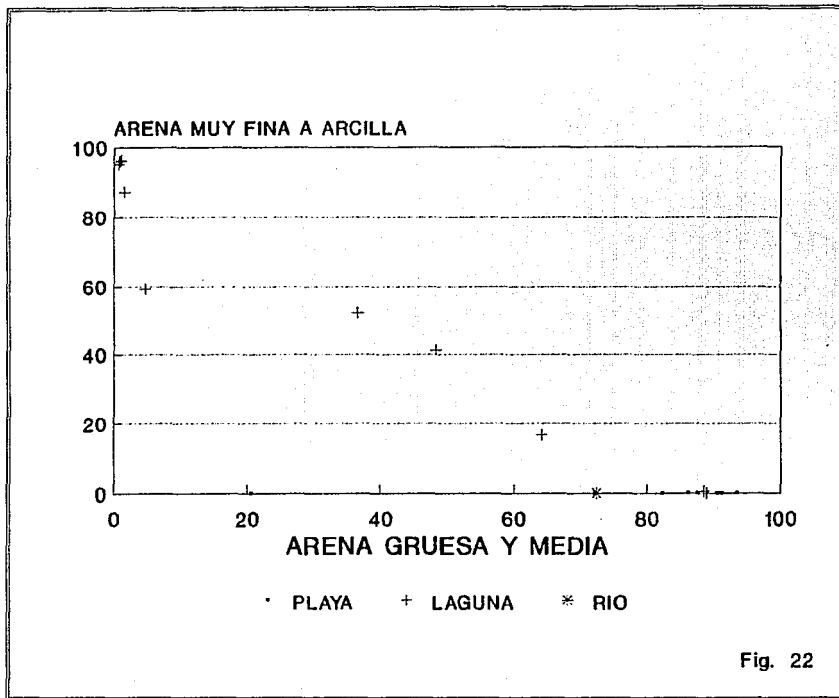


Fig. 22

Además los resultados del análisis por componentes principales sugiere que los sedimentos de la zona de la boca pueden ser considerados como una mezcla de dos poblaciones; materiales del tamaño de arena gruesa y media por un lado, y de tamaño de arenas muy finas, limo y arcillas por el otro.

El ACP ha sido usado en geología debido a que el análisis tradicional de medidas de tendencia central provee menos información de la que contiene su fuente de investigación (Davis, 1970; Rodríguez-Espinoza, 1990). Además, Barndorff-Nielsen y colegas demostraron que la función de tamaños de sedimentos no se ajusta a la distribución normal (Vincent, 1986).

Este tipo de análisis da la pauta para posibles modificaciones de técnicas experimentales que reducen esfuerzos con una despreciable pérdida de información.

Runado a lo anterior, otra ventaja del empleo de estas técnicas es el manejo de una mayor cantidad de información (data geológica) con un menor esfuerzo y mayor rapidez.

Por otro lado, el mismo método gráfico de interplotación de los percentiles utilizados en las fórmulas para obtener los parámetros estadísticos de Folk y Ward lleva consigo un error de estimación, error que es superado utilizando el método de los momentos, el cual simplifica el proceso al eliminar la elaboración de las ojivas (Carrillo y Marquez, 1990); Sin embargo, al tomar como centro de gravedad el punto medio del intervalo de clase se está substituyendo el real punto medio, lo que provoca una cuantificación un tanto más alta de la clasificación. Afortunadamente existe un factor de corrección para curvas normales propuesta por Arkin y Colton (Folk, 1966):

$$\sigma_c = f [(\sigma_m)^2 - C^2/12]$$

donde  $\sigma_c$  es el valor de la desviación típica corregida,  $\sigma_m$  es el valor calculado por el método de los momentos y C es el intervalo de clase en unidades phi.

Pese a esto, no existe procedimiento más exacto para determinar el valor promedio de tamaño de sedimento que el de los momentos.

Una ventaja primordial del empleo de los análisis por Agrupamiento y de los componentes principales, es que en estos se puede incluir diversos factores o variables y determinar de esta forma su relación e importancia de estas variables en el análisis de los sedimentos.

Además, muchas de las distribuciones de tamaño de sedimento son "abiertas", en donde las fracciones más finas que  $\phi$  no son analizadas y por ende, no se tiene un límite superior en este último intervalo de clase.

Esto crea problemas al utilizar el método gráfico si se tiene más del 5% de la muestra en dicho intervalo, o si al emplear el de los momentos, no se estima adecuadamente (lo que es difícil en la práctica), el punto medio del intervalo de clase. Además, Mc Cammon (Folk, 1966), mostró que el método de los momentos, así como el gráfico no siempre representan las características de una distribución dada, esto es, ciertas distribuciones demasiado asimétricas pueden tener un sesgo tal que podría tomarse como una distribución asimétrica.

Por último, los resultados pueden compararse con análisis que se han venido desarrollando en la última década, y que están basados en el análisis de los componentes principales. Así, de esta manera, los resultados son comparables con los expuestos por Davis (1986), en el ejemplo de la Bahía Barataria, Louisiana y con los Reportes Técnicos inéditos del Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y otros más.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Barra de Coyuca no presenta un "ciclo de playa" invierno-verano característico de latitudes altas.

El ciclo que presenta la barra obedece más bien al periodo de lluvias y de huracanes, es decir, es anual. La comunicación con el mar de la laguna esta controlado por el régimen pluviométrico y las condiciones de tormenta de la época de huracanes, principalmente.

Los sedimentos de la playa-barrera son del tamaño de arenas gruesas a medias y son texturalmente submaduros en su mayoría. Su composición es feldespática y corresponden a arkosas líticas.

Los sedimentos de la laguna varían de tamaño en un rango de arena gruesa a limo medio, predominando estos últimos. Son texturalmente inmaduros, de composición feldespática.

La zona de la boca recibe el aporte de sedimentos de dos fuentes distintas, una litoral y otra fluvio-lacustre.

Los tamaños de arena gruesa y media son los parámetros más importantes que permiten definir el ambiente de la boca y áreas de influencia; de esta manera se concluye una marcada influencia de la barra en la boca de la laguna.

Existe una relación inversa entre la cantidad de sedimentos gruesos a arenas medias y las arenas finas a lodos (limos y arcillas).

El estudio granulométrico puede ser reducido, en este caso en particular, al análisis de los tamaños de arenas gruesas y medias, limos gruesos y arcillas, sin pérdida substancial de información (se reduciría a 4 las 13 variables).

Ahora, por lo que toca a los métodos:

Utilizando los parámetros estadísticos de tamaño de sedimento propuestos por Folk y Ward en 1957, se clasifica a los sedimentos tomando como modelo la distribución normal; de esta manera, se determina que tanto se acerca la distribución de los tamaños de los sedimentos a la distribución normal o de Gauss. Sin embargo, cuando en dicha distribución se presentan casos multimodales, se corre el riesgo de colocar dichos sedimentos dentro de un grupo ajeno.



Con el empleo del análisis por Agrupamiento, y por componentes principales, la posibilidad de caer dentro de este tipo de error se disminuye al utilizar la totalidad de los datos granulométricos.

Por su parte, el análisis por Agrupamiento permite visualizar la relación existente entre muestras que presenten una disgregación como la observada en los diagramas de los parámetros estadísticos y el diagrama de componentes principales, como fue el caso de los sedimentos de la laguna.

En primera instancia, no se aprecia relación alguna entre ellas, pero el diagrama de árbol del análisis por Agrupamiento visualiza la vinculación que existe entre ellas.

Es interesante el realizar los análisis por Agrupamiento y de Componentes Principales con datos que engloben, tanto información granulométrica, como también datos de mineralogía e inclusive parámetros de hidrodinámica y características físicas, químicas y biológicas para determinar sus relaciones e importancias relativas entre sí.

Si el objetivo del estudio es caracterizar los diferentes ambientes sedimentarios con base en las características granulométricas de sus sedimentos, se recomienda utilizar estos métodos con la información obtenida del estudio de los tamaños basados en rangos algo amplios, como por ejemplo cada  $\phi$  y utilizar el tratamiento aquí propuesto para determinar los grupos de sedimentos del análisis por Agrupamiento y los campos característicos de cada ambiente de las gráficas de dispersión del ACP para tomar solo una o algunas pocas muestras que representen a cada grupo y realizar un nuevo análisis más detallado cerrando el rango  $\phi$  y utilizando los parámetros de Folk y Ward y concentrando la atención en las variables que el PCA estimo como características.

Por último, estos análisis conforman el tratamiento básico que actualmente se lleva a cabo en el tratamiento estadístico de datos geológicos, por lo que el conocimiento y dominio de estos permiten la actualización y el desarrollo de técnicas de vanguardia a nivel mundial.

## R E F E R E N C I A S      B I B L I O G R A F I A S

- Alvarez, Jr. M., 1961 Provincias Fisiográficas de la República Mexicana. Bol. Soc. Geol. Mex., 24(2):3-20.
- Bowen, A.J. and D.L. Inman, 1969. Rip Currents, 2: Laboratory and field observations. J. Geophys. Res., 74, 5479-90.
- Carranza, E.A. M., Gutierrez E, y R. Rodriguez T., 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. An. Centro Cienc. del Mar y Limnología. UNAM. 2(1):81-88.
- Carranza-Edwards, A. 1980. Ambientes sedimentarios recientes de la llanura costera sur del Istmo de Tehuantepec; An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Auton. Mexico 7(2):13-66.
- Carrillo-Bañuelos A., Márquez-García A.Z., 1990. Análisis de los métodos gráficos y de momentos en la determinación de los parámetros estadísticos granulométricos. Tercer Encuentro de Estudiantes de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.
- Corrales, I., Rosell, J., Sanchez, L.M., Vera, J.A., Viles, L. 1977. Estratigrafía. Editorial Rueda, Madrid, Esp.
- Colombo, G., 1977; The Coastal Line; R.S.K. Barnes; John Wiley & Sons.
- Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas, Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca, México. p. 253.
- Davies, J.L. 1980, Geographical variation in Coastal Development, 2nd. ed. (Geomorphology texts; 4), K.M. Clayton ed. Longman, New York. p. 212.
- Davis, J.C. 1986. Statistics and data analysis in Geology. 2nd. ed., John Wiley and Sons. Singapore. p. 646.
- Davis, W.M. 1912 Die erklärende beschreibung der landformen. Leipzig. (sic.)
- Derbyshire, E., K.J. Gregory, and J.R. Hills, 1979. Geomorphological Processes, Series Studies in Physical Geography, Dawson West View Press.
- Derruau, M., 1983. Geomorfología, 19 ed. Ariel, Barcelona. p. 528.

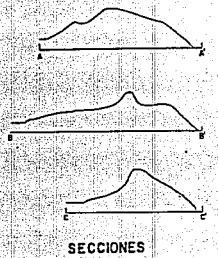
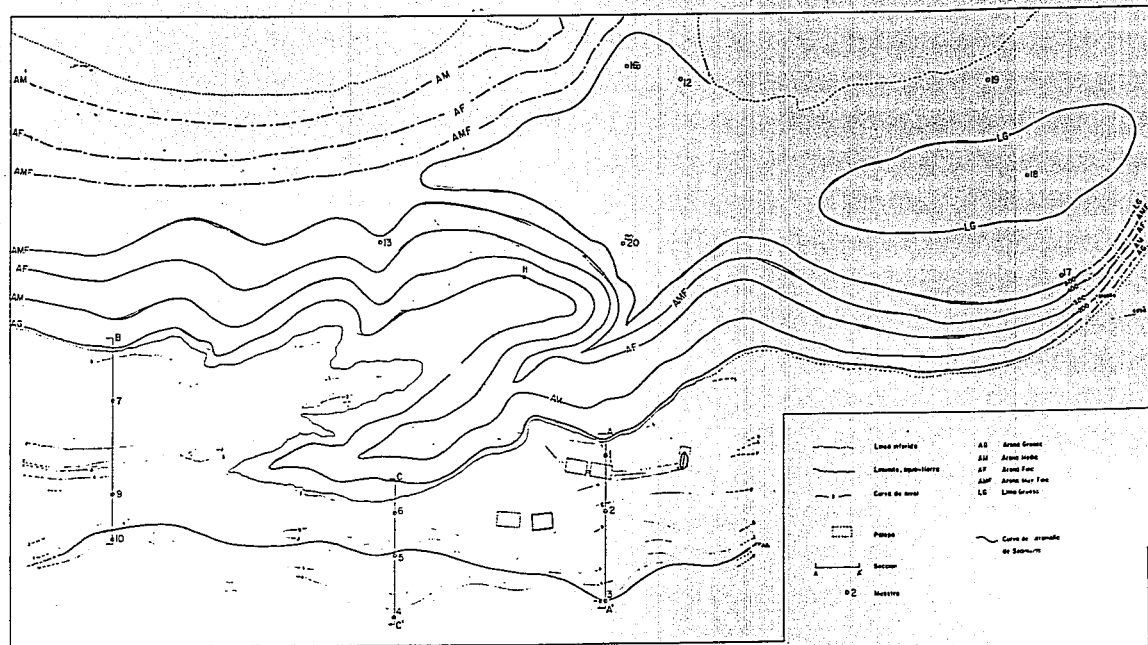
- Doyle, L.J., Feldhausen, P.H., 1981. Bottom Sediments of Eastern Gulf of Mexico Examined with Traditional and Multivariate Statistical Methods, *Math. Geol.*, vol. 13, No. 2 p.p. 93-117.
- Everitt, B. 1974. *Cluster Analysis*, Heineman, London.
- Fairbridge, R.W. 1961. Eustatic changes in sea level, *Physics and Chemistry of the Earth*.
- Folk, R.L. 1965. A review of grain-size parameters: *Sedimentology*, Elsevier Publishing Co Amsterdam 6(1965):75-93.
- Folk, R.L. 1959 *Petrología de Las rocas sedimentarias (Traducción al español)*: Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Friedman, G.M. 1961. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. *J. Sedim. Petrol.*, 31(4):514-529.
- García, E. 1979. Sistema de clasificación climática de Köppen modificado por E. García en 1964 para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. Carta de Climas, Hoja 150-VII, escala 1:500,000. Comisión de Estudios del Territorio Nacional
- Guza, R.T. and D.L. Inman, 1975 Edge Waves and Beach Cusp, *J. Geophys. Res.*, 80, 2, 997-3, 012.
- Hoyt, J.H., 1971, *Field Guide to Beaches*
- Huntley, D.A. and R.J. Bowen, 1975. Comparison of the hydrodynamics of steep and shallow beaches, In: Halis, J.R. and R.P. Carr (eds.), *Nearshore Sediments Dynamics and Sedimentation*, 69-109
- Johnson, D.W. 1919 *Shore processes and shoreline development*, Chapter 4, New York.
- Krumbein, W.C. y S.S. Sloss, 1969. *Estratigrafía y Sedimentación (traducción de la 2ª edición inglesa)*, UTEHA, México p.778.
- Krynine, 1956. *Geología Aplicada a La Geotécnia*.
- Lankford, R.R. 1977. Coastal Lagoon of Mexico. Their origin and classification, En: Wiley, M. ed. *Estuarine processes*. Academic Press Inc. 182-215.
- Longuinov, V.V. 1963. Dynamics of the nontidal sea shore zone, *Publ. Acad. Sci. USSR*. 1-379.

- López, R.E. 1979. Geología de México. 2da. Ed. Tomo III. Edición Escolar, México. p. 446.
- Lugo-Hubb, J. 1989. Diccionario Geomorfológico: Univ. Nat. Autónoma de México, p. 337.
- Morán, D.J., 1985. Geología de México, 2ª ed. INEGI, Fac. de Ingeniería, UNAM. México, p.88.
- Ortiz-Pérez, M.A.; Espinosa Rodríguez, L.M., 1991; Clasificación Geomorfológica de Las Costas de México; Geografía y Desarrollo, vol. 2, No. 6, p.p. 2-8
- Pettijohn, F.J., 1977. Sedimentary rocks, Harper and Row, Publ. New York. p. 628
- Pettijohn, F.J., P.E. Potter, R. Siever, 1972. Sand and sandstone, Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag, p. 618.
- Phleger, F.B. 1969. Some general features of coastal lagoons. In: Castañares, A.A., Phleger, F.B., eds., Coastal Lagoons, a Symposium, México; Universidad Nacional Autónoma. 5-26.
- Reineck, H.E., I.B. Sing, 1980 Depositional sedimentary environments, 2nd. ed.: Berlin-Heidelberg-New York, Springer-Verlag, p. 542.
- Sandover, J.A. 1964. Topografía, 1er. Ed. en español:CECSA, México, p.486.
- Shaw, Gareth and Wheeler, Dennis, 1985. Statistical techniques in Geographical Analysis. John Wiley And Sons.
- Sneath, P.H.A., and R.R. Sokal, 1973, Numerical taxonomy, W.H. Freeman and Co., San Francisco. p. 573.
- Tanner, W.F., 1958. The Equilibrium Beach. Trans. Am. Geophys. Un. 38, 889-91.
- Thompson, W.O., 1937. Original Structures of Beaches, Bars, and Dunes. Bull. Geol. Soc. Am., vol. 48 p. 723-752.
- Ulloa, M.J. 1987. El movimiento de sedimento en las playas: Ciencia y Desarrollo, CONACYT, México 77(13)85-93
- Vincent, Peter, 1986. Differentiation of Moder Beach and Coastal Dune Sands-a Logistic Regression Approach using the Parameters of the Hyperbolic Function: Sedimentary Geology, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam 49 167-176

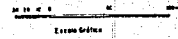
Visher, G.S. 1969 Grain size distribution and depositional processes. J. Sedim. Petrol., 39(3):1074-1106

Yañez-Arancibia R. 1978. Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peres en las lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México, Centro Cienc. del Mar y Limnol: Univ. Autón. México, Publ. Esp. 211-306.

Zenkowitch, V.P. 1969 Origin of barrier beaches and lagoons coast. In: Castañares, R.A., Phleger, F.B., eds., Coastal lagoons, a Symposium, México: Universidad Nacional Autónoma. 27-38.



SECCIONES



Escala Gráfica

Equivalencia entre metros de escala y...

- Línea alfileres
- Límites, topografía
- Carta de nivel
- Pisos
- Sección
- 2 Muestra
- Área Grande
- Área Mediana
- Área Pequeña
- Área Muy Pequeña
- Límite Grande
- Carta de contorno de Sedimento

U N A M	<b>Facultad de Ingeniería</b> División de Ciencias de la Tierra	
	Ubicación de muestras y distribución de tamaño de sedimento de la zona de la Boca de la Laguna de Coyuca, Coyuca de Benitez, Gro.	
Alejandro Carrillo Bañuelos	1989 Hoja N° 2	Tesis

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

## G L O S A R I O

**SHORE:**

**LITORAL:** Zona que se inicia en el punto, mar adentro, en que el oleaje deja de tener influencia en el transporte de sedimentos (de 10 a 20 m. de profundidad, Ulloa, 1987), y termina en algún cambio fisiográfico (cordón de dunas, lagunas, hoteles, etc.).

**BACKSHORE:****XEROPLAYA:**

**POST-PLAYA:** Zona que se extiende de la línea de pleamar hasta la línea de costa, es decir, el límite tierra adentro de la playa, por lo que constituye parte integral de esta. El viento y ocasionalmente las olas de temporales tienen influencia en esta parte de la playa.

**BEACH:**

**PLAYA:** depósito de sedimentos sin cohesión que se localiza en el litoral. Este ambiente de sedimentación está limitado por la acción del oleaje. dentro de una playa ideal se pueden distinguir tres ambientes, cada uno caracterizado por el material asociado a estructuras sedimentarias primarias determinadas; estos son: Backshore (xeroplaya o post-playa), foreshore (ribera o higroplaya), y nearshore (caraplaya o anteplaya).

**FORESHORE:****HIGROPLAYA:**

**RIBERA:** área intermareal; playa propiamente dicha.

**SHOREFACE:****ANTEPLAYA:**

**NEARSHORE:** Franja de amplitud variable limitada por la línea de bajamar y se extiende en forma indefinida hasta el punto donde el oleaje deja de actuar sobre el fondo durante los periodos de buen tiempo.

**OFFSHORE:**

**ULTRAPALYA:** 2 Apartir del punto donde el oleaje deja de actuar sobre el fondo, se desarrolla en dirección al mar el área de sedimentación de materiales de plataforma. Su límite distal se encuentra en el borde de la plataforma continental.

**LINEA DE PLAYA**

**O RIBERA:** Plano que separa el agua marina del inicio de la playa. Este puede coincidir con el límite superior o inferior de la higroplaya.

**LINEA DE COSTA:**

**COASTLINE:** Plano que marca el final del litoral.

**COSTA O ZONA****COSTERA:"**

**COAST:"** Zona dinámica que no presenta límites definidos. En tierra firme es una franja de amplitud variable que puede incluir dunas, acantilados, etc., hacia el mar, contempla el litoral y se extiende hasta el límite de la plataforma continental o hasta alguna situación lo determine por conveniencia.

**BERMA:"**

**LISERA:"** La porción sensiblemente horizontal que resulta del depósito de sedimentos; puede existir una, varias o ninguna berma.

**ESCARPE:"** Escalón o pendiente casi vertical producido por la erosión del oleaje.

**SURCO:"****VALLE LONGITUDINAL**

**O PRORIBERAL:"** Cualquier depresión o canal elongado paralelo a la línea de playa en la presencia de una barra longitudinal.

**BARRA LONGITUDINAL**

**O PRORIBERAL:"** Apilamiento de arena más o menos paralelo a la línea de playa. La barra puede emerger en la bajamar; en profundidades diferentes pueden encontrarse varias barras paralelas entre sí.

**ROMPIENTE:"** Porción de la playa donde el oleaje incidente es inestable y disipa su energía rompiendo. En una playa plana y amplia, las crestas de las olas pueden organizarse y romper por segundo vez. Las olas con alturas diferentes que rompen en profundidades distintas constituyen una zona de rompiente.

**VAIVEN:"**

**SURF:** Zona comprendida entre la rompiente y el estrán, caracterizada por corrientes normales (de impulsión y resaca o de retorno, en el caso de la circulación proriberal), y por la espuma que origina la turbulencia del oleaje. Las playas con una pendiente abrupta rara vez poseen vaiven y fase de mareas. En playas suaves, las olas rompen a cierta distancia del límite inferior del estrán; siempre poseen vaiven. En las playas con una pendiente moderada, el vaiven está ausente durante la pleamar y presente en la bajamar.

**ESTRAN:"** Término de origen francés que designa la playa expuesta durante la fase de marea. Ulloa (1987), lo aplica al empuje y retroceso de las olas en la caraplaya (la corriente litoral no participa en el movimiento rítmico e intermitente del estrán).



CREST:<sup>m</sup>

CRESTA Límite superior de una pronunciada pendiente inclinada hacia el mar de los perfiles en la fase constructiva; en ciertos lugares es un montículo formado por mareas altas, pero cortado ocasionalmente por mareas altas extremas o máximas.

INLET:<sup>m</sup>

GRAB:<sup>m</sup>

BOCA:<sup>m</sup> Bahías marinas y lacustres que penetran hacia tierra firme en las zonas de desembocaduras de los ríos o de los glaciares.

En el léxico inglés se distingue la zona donde se depositan y el sedimento mismo; esto es, se utiliza el término shore para referirse al espacio geográfico del depósito, y para la acumulación de sedimentos, se emplea el concepto de beach.

En la literatura española no existe tal distinción al emplearse playa como sinónimo tanto de shore, como de beach.

Existe además entre los investigadores anglosajones la división del foreshore (cuya equivalencia vendría a ser la higrplaya), en dos áreas divididas por la zona de saturación, las cuales son denominadas upper foreshore y lower foreshore, situándose la primera por encima de esta línea divisoria.

1. Krumbein, W.C. y S.S. Gloss, 1969. Estratigrafía y Sedimentación (traducción de la 2ª edición inglesa), UTEHA, México p.778.
2. Ulloa, M.J. 1987. El movimiento de sedimento en las playas: Ciencia y Desarrollo, CONACYT, México 77(13)85-93
3. Davies, J.L. 1980, Geographical variation in Coastal Development, 2nd. ed. (Geomorphology texts; 4), K.M. Clayton ed. Longman, New York. p. 212.
4. Thompson, W.O., 1937. Original Structures of Beaches, Bars, and Dunes. Bull. Geol. Soc. Am., vol. 48 p. 723-752.
5. Krynine, 1956. Geología Aplicada a la Geotécnia.
6. Derruau, M., 1983. Geomorfología, 1ª ed. Ariel, Barcelona. p. 528.
7. Lugo-Hubp, J. 1989. Diccionario Geomorfológico: Univ. Nal. Autónoma de México, p. 337.

```

5 CLS
10 PRINT "DETERMINACION DE DISTANCIAS ENTRE MUESTRAS"
15 DEFDBL A-Z: DEFINT I-N
20 DIM A(50, 50), B(1225)
22 PRINT
25 PRINT "NUMERO DE MUESTRAS"
30 INPUT P
33 Q = R * (R - 1) / 2
35 PRINT
40 PRINT "NUMERO DE VARIABLES"
45 INPUT C
50 REM - DATOS
60 FOR I = 1 TO R
65 PRINT "MUESTRA"; I
70 FOR J = 1 TO C
75 PRINT "VARIABLE"; J
80 INPUT A(I, J)
90 NEXT J
100 NEXT I
110 PRINT
115 N = 0
120 FOR K = 1 TO R - 1
130 FOR M = 1 TO R - K
135 S = 0
140 FOR L = 1 TO C
150 S = (A(K + M, L) - A(K, L)) ^ 2 + S
160 NEXT L
170 D = SQR(S)
175 N = 1 + N
180 PRINT "DISTANCIA ENTRE LAS MUESTRAS"; K; "Y"; K + M; "="; D
185 NEXT M
195 NEXT K
210 FOR I = 1 TO Q
220 FOR J = 1 TO Q - I
230 B = B(J)
240 C = B(J + 1)
250 IF B < C THEN 280
260 B(J) = C
270 B(J + 1) = B
280 NEXT J
290 NEXT I
300 PRINT
310 FOR I = 1 TO Q
320 PRINT B(I)
330 NEXT I
340 PRINT
350 END

```

## AGRADECIMIENTOS

- Al M. en C. Antonio Márquez, Director de Tesis por su interés y asesoría en la realización del presente trabajo, así como también al Dr. Víctor Malpica por sus acertados comentarios.

- Al M. en C. Pedro Rodríguez, al Ing. Alberto Pérez y al Dr. Aguayo por el apoyo brindado.

- Al Ing. Ricardo Salas, al Ing. Roberto Doger, al Ing. Ana M. Moya, a la M. en C. Rocío Bernal, a la M. en C. Andréa Bolongaro, al Geog. Manuel Mendoza y al Ocenógrafo Miriam Ortega por su participación en el trabajo de campo.

- Al Ing. Adán Castro por su colaboración en la realización de los planos y diagramas.

- Al personal del Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por la facilidades otorgadas en el desarrollo del análisis granulométrico.

- Al Ing. Jesús Rosales y compañeros de la Dirección General de Operación Minerometalúrgica, del Grupo Espeleológico Oztolt y del Centro de Estudios Biológicos Acuáticos de la Facultad de Ciencias, y muy en especial a la Familia Galíndez Pérez por su amistad, entusiasmo, apoyo e interés incondicional en el desarrollo de este trabajo.



tesiscentro

---

**IMPRESO EN MEXICO - PRINTED IN MEXICO**  
**TESISCENTRO**

San Borja No. 1003 esq. Heriberto Frías, Col. del Valle, 03100, D.F.  
Tels: 559 32 26 Fax 559 73 53