



3
Zejen
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DE PLAYAS DEL
ESTADO DE VERACRUZ, MEXICO**

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A :

OSCAR ALEJANDRO CORDERO REALME



MEXICO, D. F.

1995



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-024

SR. OSCAR ALEJANDRO CORDERO REALME
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Dr. Arturo Carranza Edwards, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de ingeniero geólogo:

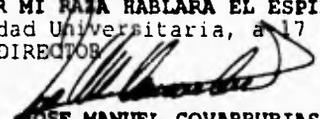
ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DE PLAYAS DEL ESTADO DE VERACRUZ, MEXICO

	RESUMEN
I	INTRODUCCION
II	AREA DE ESTUDIO
III	METODO DE TRABAJO
IV	PERFILES DE PLAYA
V	GRANULOMETRIA DE LOS SEDIMENTOS
VI	COMPOSICION DE LOS SEDIMENTOS
VII	IMPLICACIONES TECTONICAS
VIII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	BIBLIOGRAFIA
	ANEXOS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI PAZ HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, a 17 de mayo de 1994
EL DIRECTOR


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS*EGLM*gtg



**Dedico esta Tesis a mi Madre, la Sra. Bertha Realme Flores
y a mis Abuelos: Sr. Oscar Realme Rodríguez y Sra. Eglantina
Sara Flores de Realme.**

**A mis Profesores y a mis Compañeros
de la Facultad de Ingeniería.**

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las autoridades del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y al Sr. Gabriel Sánchez Lara, del Laboratorio de Sedimentología del mismo Instituto, por su colaboración.

También se agradece al CONACYT el apoyo parcial otorgado a través del proyecto UNAM-CONACYT número 3477T, denominado "Investigación Composicional de Playas Mexicanas".

Finalmente, deseo hacer patente mi reconocimiento al Dr. Arturo Carranza Edwards por la dirección de la tesis, y al M. en C. Eduardo Morales de la Garza por sus observaciones al manuscrito.

INDICE

	página
Resumen	1
I Introducción	2
II Area de estudio	4
III Método de trabajo	9
IV Perfiles de playa	11
V Granulometría de los sedimentos	16
VI Composición de los sedimentos	22
VII Implicaciones tectónicas	25
VII Conclusiones y recomendaciones	32
Bibliografía	34
Anexos	37

INDICE DE FIGURAS

entre páginas

Fig. 1.- Plano de localización del Estado de Veracruz y playas muestreadas.	4 y 5
Fig. 2.- Plano geológico del Estado de Veracruz.	6 y 7
Fig. 3.- Corrientes principales en el Golfo de México.	8 y 9
Fig. 4.- Perfiles de playa.	12 y 13
Fig. 5.- Histogramas de parámetros texturales.	16 y 17
Fig. 6.- Diagrama de clasificación litológica.	22 y 23

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre sedimentos de playa del Estado de Veracruz, abarcando desde los límites con el Estado de Tamaulipas hasta el límite con el Estado de Tabasco, con el propósito de identificar las características texturales y la composición mineralógica de los sedimentos, además de tratar de identificar las posibles implicaciones de la tectónica en la naturaleza de los mismos.

Del total de 81 muestras estudiadas de playas del Estado de Veracruz, se aprecia una mayor abundancia de litarenitas, litarenitas feldespáticas y feldsarenitas líticas medias a finas, de bien a muy bien clasificadas, con marcada tendencia a la simetría y con una amplia orientación hacia sedimentos leptocúrticos.

El litoral estudiado corresponde con una margen pasiva, no obstante que las regiones del Eje Neovolcánico y de los Tuxtlas reflejan cierta inestabilidad tectónica como lo evidencia la abundancia de litarenitas. Por otro lado, se tienen condiciones favorables para el desarrollo de depósitos maduros y bien clasificados.

I INTRODUCCION

Los estudios sobre sedimentos de playas en litorales mexicanos son poco numerosos. Se cuenta con los trabajos realizados en playas del Estado de Oaxaca (Carranza-Edwards et al, 1988) y del Estado de Chiapas (Carranza-Edwards, 1986). En dichos estudios se analizaron muestras de sedimentos litorales de playas para determinar su granulometría y composición mineralógica. Además de interpretar la influencia que la tectónica ha ejercido en los procesos de sedimentación.

Dentro de los trabajos existentes acerca de los litorales veracruzanos se tienen los estudios que realizó Self (1977) sobre variaciones de la línea de costa en playas del área de Nautla mediante el análisis de arenas. También se han elaborado estudios granulométricos e inferido su relación con la distribución de organismos bentónicos en muestras recolectadas en playas del estado de Veracruz (Méndez-Ubach et al, 1986).

El presente trabajo se inscribe dentro del programa de "Sedimentología de Playas de México" que se desarrolla en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y dentro del proyecto conjunto UNAM-CONACYT 3477T, denominado "Investigación Composicional de Playas Mexicanas".

El objetivo de la presente tesis es contribuir al conocimiento básico del litoral del Estado de Veracruz con base en la interpretación de 28 playas muestreadas. Las metas específicas que se tienen son:

- i) determinar los principales tipos de perfiles de playa que se pueden presentar en las regiones de llanura costera amplia y en la zona de influencia del Eje Neovolcánico.
- ii) diferenciar las características texturales (tamaño gráfico promedio, la desviación gráfica inclusiva, la asimetría y la curtosis gráfica), que se presentan en supraplaya, mesoplaya e infraplaya.
- iii) caracterizar la composición de los sedimentos de playa a través de las concentraciones de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca.
- iv) inferir el significado tectónico de los sedimentos mediante el estudio de su composición.

II AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio corresponde al litoral del Estado de Veracruz y se encuentra en la margen occidental del Golfo de México entre los 18°03' y 22°04' latitud norte y entre los 95° 00' y 98° 00' de longitud oeste (Figura 1). Comprende desde la playa Escollera Sur en el límite norte del Estado y playa Rabón Grande hacia la porción sur del Estado.

La variedad climática del Estado de Veracruz es una de las más amplias del país ya que comprende desde clima cálido húmedo en las regiones selváticas, hasta muy frío con nieves perpetuas hacia el Pico de Orizaba (Tamayo, 1970). En la planicie costera el clima dominante corresponde al cálido semihúmedo con lluvias de verano, con precipitación de 1500 mm y temperatura media anual de 25°C.

En la porción sureste del Estado el clima es cálido húmedo con lluvias todo el año, con precipitación de 2500 mm y temperatura media anual de 24°C.

El Estado de Veracruz con sus 72 815 km² de extensión territorial y 640 km de litoral abarca las provincias fisiográficas de la Planicie Costera del Golfo Norte, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico, Planicie Costera del Golfo Sur y una pequeña porción de la Sierra Madre del Sur (Tamayo, 1970).

La Planicie Costera del Golfo Norte se extiende desde el Río Bravo hasta las estribaciones del Eje Neovolcánico que terminan en la punta de la Villa Rica. Su amplitud es variable e irregular, alcanzando un máximo de 200 Km en el

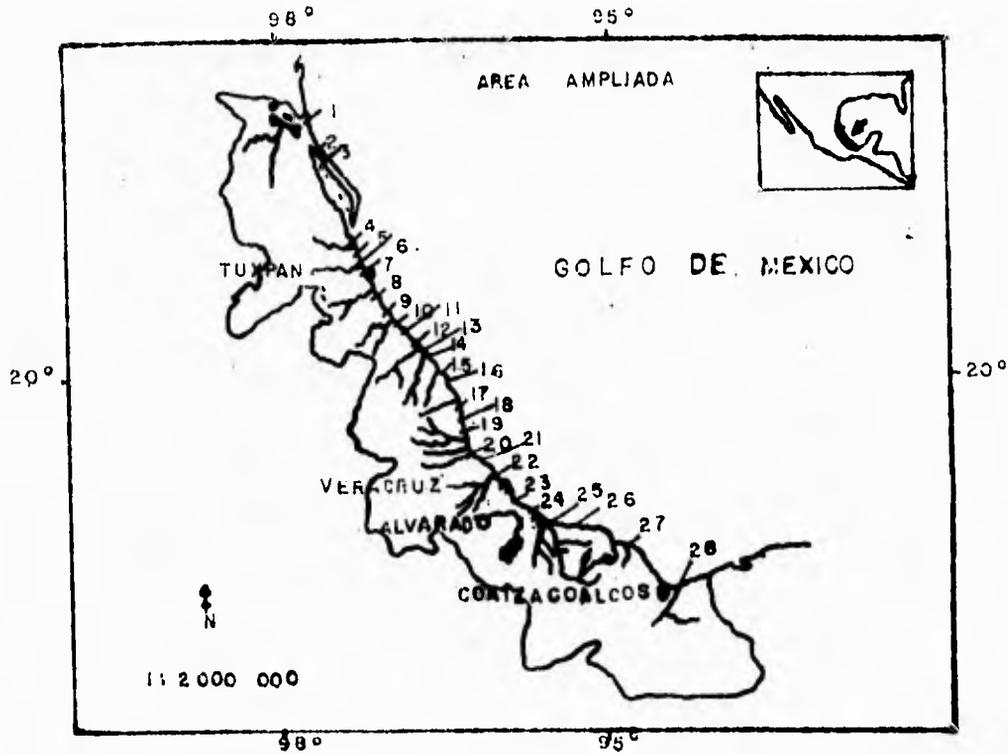


Fig. 1. Plano de localización del Estado de Veracruz y playas muestreadas.

Tomado de: Méndez Ubach et al (1986).

Playas muestreadas

1	Escollera Sur	15	Vega de Alatorre
2	Playa Hermosa	16	Boca de Ovejas
3	La Barra	17	Palma Sola
4	La Charolaise	18	Playa Farallon
5	Barra de Galindo	19	Juan Angel
6	Mojarras	20	Chacholacas
7	Costa Brava, Tuxpan	21	Chalhuique
8	Cazones	22	San Juan de Ulua
9	Boca de Lima	23	Mocambo
10	Playa del Hotel Tecolutla	24	Anton Lizardo
11	Barra de Riachuelos	25	Playa Azul
12	Playa Paraiso	26	Arbolillo
13	Playa del Rancho Eufrosina	27	Punta Salinas
14	Barra Nueva, Nautla	28	Rabon Grande

paralelo de Matamoros y la menor en su extremo sur con sólo 75 Km., lugar en donde entra en contacto con el Eje Neovolcánico y la Planicie Costera del Sur. En términos generales se trata de una superficie plana con suave inclinación con altitud máxima de 200 metros originada por levantamientos tectónicos del Cenozoico (Morán-Zenteno, 1984).

La Sierra Madre Oriental presenta una dirección preferente NNW a SSE, y se inicia en el sur de Texas y penetra en territorio mexicano en la sierra del Burro en el Estado de Coahuila; termina en el Cofre de Perote, sitio en donde entra en contacto con el Eje Neovolcánico. Alcanza una longitud de 1 350 Km y una anchura promedio de 150 Km. No obstante, que en su porción norte la sierra se aleja hasta 500 Km de la costa, hacia su límite sur, en el Cofre de Perote, sólo la separan 75 Km de distancia del mar.

La Sierra Madre Oriental esta constituida fundamentalmente por rocas sedimentarias mesozoicas que se depositaron y evolucionaron sobre un basamento paleozoico y precámbrico, el cual sólo es visible en afloramientos aislados correspondientes a ventanas erosionales en la secuencia mesozoica plegada (Morán-Zenteno, 1984).

El Eje Neovolcánico abarca una amplia faja de 130 Km de ancho, que se extiende de forma transversal desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México. Comienza en la costa occidental, desde la desembocadura del río Santiago en Bahía de Banderas y continua en dirección sureste hasta el Volcán

de Colima. El Eje Neovolcánico sigue aproximadamente el paralelo 19° 00' latitud norte hasta el Pico de Orizaba y al Cofre de Perote, alcanzando una longitud de 880 Km. A partir del Cofre de Perote hay una derivación de 100 Km de longitud hacia la Punta de Villa Rica al norte del Puerto de Veracruz (Tamayo, 1970).

El Eje Neovolcánico está constituido por rocas volcánicas del Cenozoico superior (figura 2) emitidas a través de un gran número de aparatos volcánicos, como el Pico de Orizaba, el cual alcanza los 5747 m, razón por la cual constituye la mayor altura en el país. Son abundantes los derrames y productos piroclásticos de composición andesítica, dacítica y riolítica (Tamayo, 1970).

La Planicie Costera del Golfo Sur se extiende al SW del Golfo de México, sigue el litoral desde la Punta de Villa Rica, al NW del Puerto de Veracruz y abarca unos 600 Km de longitud; queda limitada al oriente por la Plataforma Yucateca y al sur por la Sierra de Chiapas, la Sierra Madre del Sur y la Cordillera Centroamericana.

En su porción norte la Planicie Costera del Golfo Sur alcanza una anchura máxima de 150 Km; comprende la corriente principal del Río Papaloapan, luego se reduce hacia el sur hasta unos 50 Km frente a la Sierra de San Martín.

La planicie es una superficie plana con leves inclinaciones y se formó por levantamientos tectónicos del Cenozoico con plegamiento suave cubiertos por depósitos aluviales de poco espesor (Tamayo 1970). Su formación se debió a la

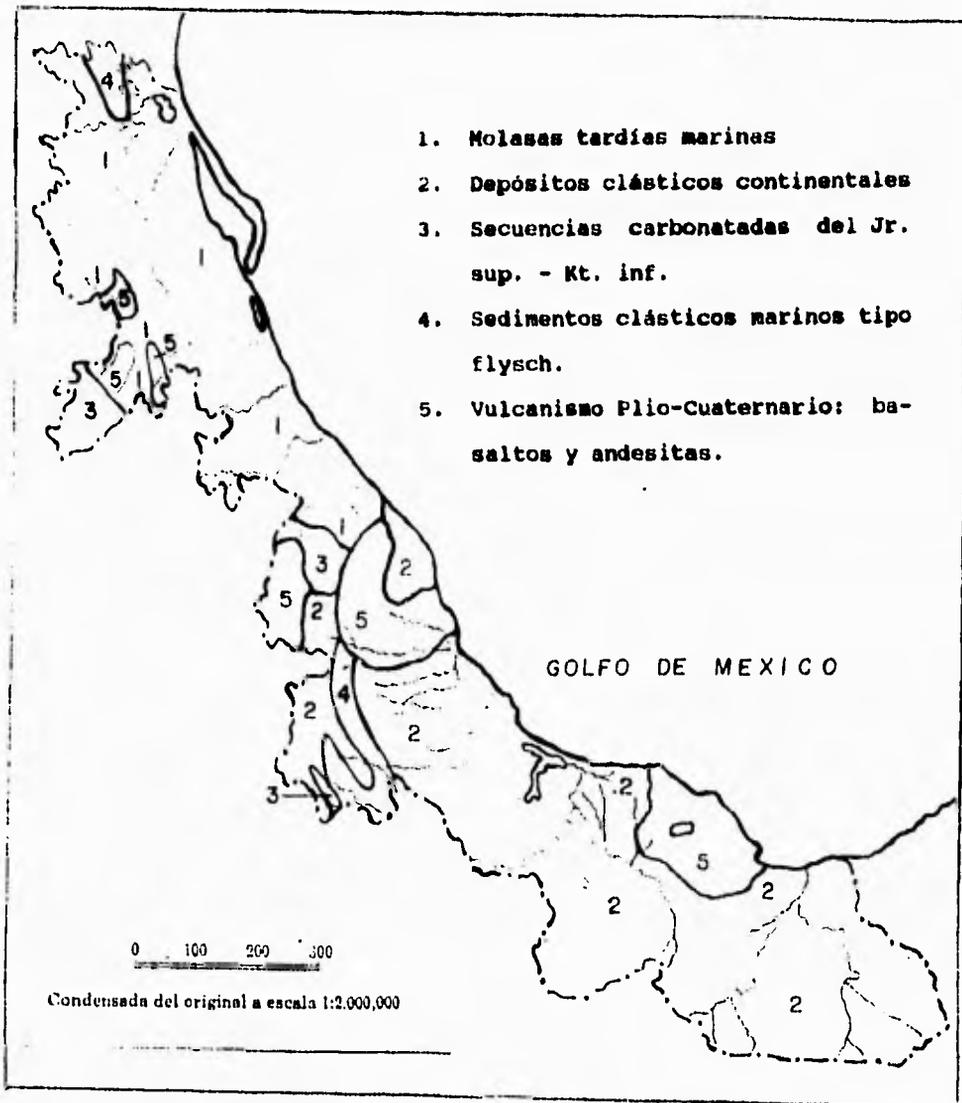


Fig.2 Plano geológico del Estado de Veracruz.
Tomado de: Carta Geológica de la República Mexicana,
Instituto de Geología, UNAM.

sedimentación pre-Cenozoica y Cenozoica temprana a lo largo del litoral del antiguo Golfo de México.

La Sierra Madre del Sur se extiende desde las proximidades de la costa del Pacífico, hasta el Eje Neovolcánico con el cual queda en contacto desde el Cabo Corrientes hasta el Istmo de Tehuantepec. Su longitud es de 1200 Km con una anchura promedio de 100 Km y con una dirección general de NW-SE.

Esta sierra se formó a finales del Cretácico superior y principios del Cenozoico y consiste de rocas sedimentarias paleozoicas, pizarras e intrusiones de granitos y en algunas partes está coronada por bloques de calizas mesozoicas. También hay manifestaciones ígneas del Cenozoico de naturaleza andesítica, basáltica y riolítica (Tamayo 1970). La mayoría de los ríos de la entidad son de poco desarrollo, ya que descienden de la sierra rumbo al mar y desembocan formando barras. Pertenecientes a la vertiente del Golfo de México, los ríos son caudalosos pero navegables sólo en las partes bajas; sin embargo, donde se amplía la llanura costera, los ríos toman un curso más amplio y divagante.

Los ríos más importantes que desembocan en el litoral veracruzano y en dirección norte a sur, son: Tamesí, Pánuco, Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla, Actopan, La Antigua, Jamapa, Cotaxtla o Atoyac Blanco, Papaloapan-San Juan, Coatzacoalcos y Tonalá.

Los rangos de marea presentes en la zona son: para el puerto de Tuxpan de 21.9 cm de nivel de pleamar media y -28.4 cm de

nivel de bajamar media, para el puerto de Veracruz se registró un nivel de pleamar media de 22.1 cm y un nivel de bajamar media de 30.1 cm, en tanto que para el puerto de Coatzacoalcos se determinaron rangos de nivel de 19.9 cm de pleamar media y -28.0 cm de bajamar media (Grivel-Piña, 1984). La circulación del agua en la superficie en las cercanías del litoral veracruzano está controlada por la Corriente de Yucatán principalmente (figura 3), aunque también hay una gran influencia de los ríos que desembocan en la zona, así como de los vientos dominantes.

Los vientos predominantes en la zona son los alisios, aunque la región se caracteriza por los constantes huracanes y tormentas tropicales provenientes en su mayoría del SE del Caribe y que se desarrollan frecuentemente en los meses de junio a noviembre con mayor incidencia en septiembre. El litoral del Golfo también es afectado durante la época de nortes desde noviembre hasta febrero.



III METODO DE TRABAJO

Los muestreos sedimentológicos se realizaron en 28 localidades de playa en el Estado de Veracruz en las zonas de infraplaya, mesoplaya y supraplaya. Las muestras de sedimentos se recolectaron de la superficie del perfil de playa, con el fin de realizar análisis granulométricos de acuerdo con los criterios de Folk (1974).

El análisis granulométrico practicado tuvo por objeto la determinación del tamaño de las partículas clásticas, tal como éstas se depositaron. Cuando se presentaron muchos agregados se usó un tamiz de malla apenas superior al tamaño predominante de los granos individuales del sedimento y se tamizó la muestra, de esta manera pudieron pasar casi todos estos últimos y quedaron en el tamiz los agregados, mismos que al haberse concentrado fueron disgregados más fácilmente.

El tamizado de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, empleando el procedimiento sugerido por Folk (1974).

Los parámetros granulométricos obtenidos se aplicaron en la construcción de los histogramas de la figura 5.

Para la clasificación mineralógica de las arenas se estimaron los porcentajes de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca de acuerdo con el método sugerido por Folk (1956) y las gráficas propuestas por Terry y Chillingar (1955), para la determinación del porcentaje estimado de los

componetes principales de las muestras de sedimentos observadas al microscopio. Los resultados composicionales de las arenas analizadas se vertieron en el diagrama triangular de la figura 6.

IV PERFILES DE PLAYA

La playa es un medio heterogéneo en el que se encuentran en contacto el aire, la tierra y el agua. Factores tales como el oleaje, las corrientes marinas y los vientos actúan como principales modeladores del perfil de playa.

De acuerdo con Komar (1976), definir playa como una zona de acumulación de sedimentos no consolidados situada en la costa y extendida desde la línea media de bajamar hasta algún cambio fisiográfico destacable no es suficiente. Es común emplear el concepto de que la playa es la parte comprendida desde la porción marina, en la que el sedimento en el fondo es transportado de manera menos activa por las olas superficiales hasta el área del dominio terrestre. Este concepto de playa sugiere la conveniencia de dividirla en tres zonas importantes situadas entre la franja limítrofe que separa la plataforma continental y el dominio terrestre. En este trabajo se siguió la nomenclatura propuesta por Carranza-Edwards y Caso-Chávez (1994), la cual está adaptada en parte a los términos utilizados en idioma inglés.

La infraplaya es la porción de la playa que en condiciones normales siempre está cubierta por agua, es en esta zona donde la acción del oleaje comienza a tener efectos en la depositación del sedimento del fondo. En un principio se pueden desarrollar rizaduras simétricas como resultado de un oleaje igualmente simétrico que le confiere un movimiento vertical al material del piso. Conforme se avanza hacia la costa el incremento de la fricción del oleaje da lugar a

rizaduras asimétricas que siguen la dirección de la corriente litoral; aquí se pueden formar barras y canales. En la infraplaya quedan comprendidas la zona de rompientes de olas y la zona de barrido de ola.

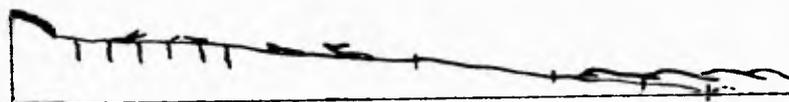
La siguiente zona constituyente del perfil de la playa es la mesoplaya, (Carranza-Edwards y Caso-Chávez, 1994) ésta incluye al frente de playa que es la superficie inclinada con frente hacia el mar y en la que debido al máximo avance del flujo laminar del agua, se efectúa la acción del lavado y relavado (Carranza-Edwards y Caso-chávez, 1994) en la denominada zona de vaivén (Guilcher 1957).

La mesoplaya es la porción del perfil de playa cubierta por agua y expuesta al aire de manera alternada y rítmica.

La tercera subdivisión es la supraplaya, que en condiciones normales está libre de agua por lo que la acción de los vientos predomina sobre la del agua. Las formaciones sedimentarias más características de esta zona son las bermas, los escalones de playa y las dunas. Dichas estructuras se forman a causa del depósito de los materiales por efecto del retroceso de las olas y por el embate de olas grandes o moderadamente grandes y también debido a la erosión.

Para el área de estudio se eligieron los perfiles de playa más representativos para su discusión. Estos fueron los siguientes: Playa Hermosa, Riachuelos, Boca de Ovejas, Chalhuique y Rabón Grande (figura 4).

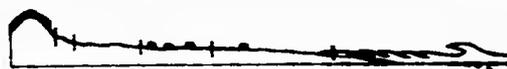
FIG. 4.- PERFILES DE PLAYAS.



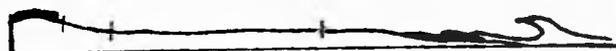
PLAYA HERMOSA



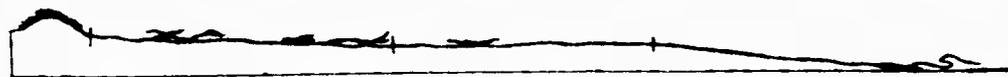
RIACHUELOS



BOCA DE OVEJAS



CHALHUIQUE



RABON GRANDE



Los perfiles de las playas citadas presentan un frente muy amplio y de poca pendiente, característica común a las playas ubicadas en las provincias fisiográficas de la Planicie Costera del Golfo Norte y Sur como las playas Riachuelos, Playa Hermosa y Rabón Grande. En tanto que Boca de Ovejas y Chalhuique son más reducidas por estar próximas a la zona de influencia del Eje Neovolcánico.

En la localidad de Playa Hermosa, durante el levantamiento del perfil de playa se presentaron vientos ligeros a moderados del SSE; el transporte litoral se desarrolló con dirección hacia el N. EN la infraplaya se presentaron arenas medias y en la supraplaya las arenas finas. Esto sugiere que la zona de infraplaya está afectada por mayor energía debida al oleaje y a las corrientes, éstas últimas quedan evidenciadas por barras y canales. En el frente de playa se presentaron marcas de oleaje y arroyuelos y muy escasas e incipientes marcas romboidales, finalmente en la zona de supraplaya se encontraron horadaciones de cangrejos, en cuyas madrigueras se observaron manchones de arena de magnetita. Esta característica se observó en diferentes partes de la playa. El dominio terrestre se caracterizó por el desarrollo de dunas estables con pastos.

En la trinchera excavada en la parte alta de la mesoplaya de la misma localidad, se tuvieron alternancias de laminillas negras de magnetita con horizontes de arena fina parda, así como algunos fragmentos de conchas de moluscos.

En la playa de Riachuelos el levantamiento se efectuó con viento ligero del NNE por lo que no hubo transporte litoral. A nivel de la infraplaya se tuvieron arenas medias en tanto que en mesoplaya y supraplaya fueron arenas finas. En la mesoplaya se observaron muy escasas rizaduras por reflujo y marcas de oleaje, donde están presentes restos de conchas. En la supraplaya se observaron horadaciones por organismos y domos de arena.

En la trinchera excavada en la mesoplaya en Riachuelos, se registraron cuatro laminaciones de magnetita hacia la parte superior, arena media de color pardo claro hacia la mitad de la trinchera de unos 10 a 20 cm de profundidad y arena gruesa de color pardo oscuro hacia el fondo de la trinchera a 50 cm de profundidad.

En la playa Boca de Ovejas durante el levantamiento se tuvieron vientos moderados del SSE y transporte litoral hacia el N; dicho levantamiento se realizó unos 300 m al norte de la desembocadura del estero de Boca de Ovejas. En la infraplaya las arenas son medias, en la mesoplaya se tuvieron arenas finas y en la supraplaya arenas muy finas con predominancia de colores pardos.

En la supraplaya se apreciaron muy abundantes rizaduras eólicas. También se observaron cuspilotos incipientes, estos son entrantes y salientes de la línea de costa debidos a variaciones en el relieve costero, asociadas a corrientes de retorno y a cambios en los niveles de energía que actúan en la infraplaya.

En la trinchera excavada en esta playa se registraron laminaciones de arena parda y un estrato muy fino de arena negra.

En la playa Chalhuique se presentó viento moderado del N con el consecuente transporte litoral hacia el S durante el levantamiento del perfil.

En la zona de infraplaya y mesoplaya se observaron arenas gruesas y en la supraplaya arenas muy finas; en todas el color predominante fue el pardo.

En la mesoplaya se observaron marcas de oleaje, horadaciones por organismos y muy escasos restos de conchas, así como algunas marcas romboidales y marcas de reflujos en V. En la supraplaya se desarrollaron rizaduras por viento.

En la trinchera excavada se detectaron laminaciones y estratos muy finos de arenas con algunas intercalaciones de capas de minerales oscuros.

En la playa Rabón Grande el levantamiento se efectuó cuando se generaba viento fuerte proveniente del NW con transporte litoral hacia el E. En la parte baja de la mesoplaya se tuvieron arenas medias y hacia las partes altas de la playa, arenas muy finas. No se registraron estructuras sedimentarias pues durante el levantamiento las condiciones climáticas no eran favorables ya que la marea era creciente, las olas y el viento fuertes y llovía intensamente.

V GRANULOMETRIA DE LOS SEDIMENTOS

En las muestras tomadas de las playas estudiadas se determinaron cuatro parámetros estadísticos: tamaño gráfico promedio (Mz), desviación estandar gráfica inclusiva ($\bar{I}i$), grado de asimetría gráfica inclusiva (Ski) y curtosis (Kg). Para ello se utilizaron las fórmulas sugeridas por Folk (1974).

Dicho autor señala que la mejor medida gráfica del tamaño medio de la partícula es el promedio gráfico. Este valor es sumamente confiable ya que considera tres puntos para su cálculo (Tabla 1) y es ampliamente utilizada como una medida estándar de tamaño (Folk 1974).

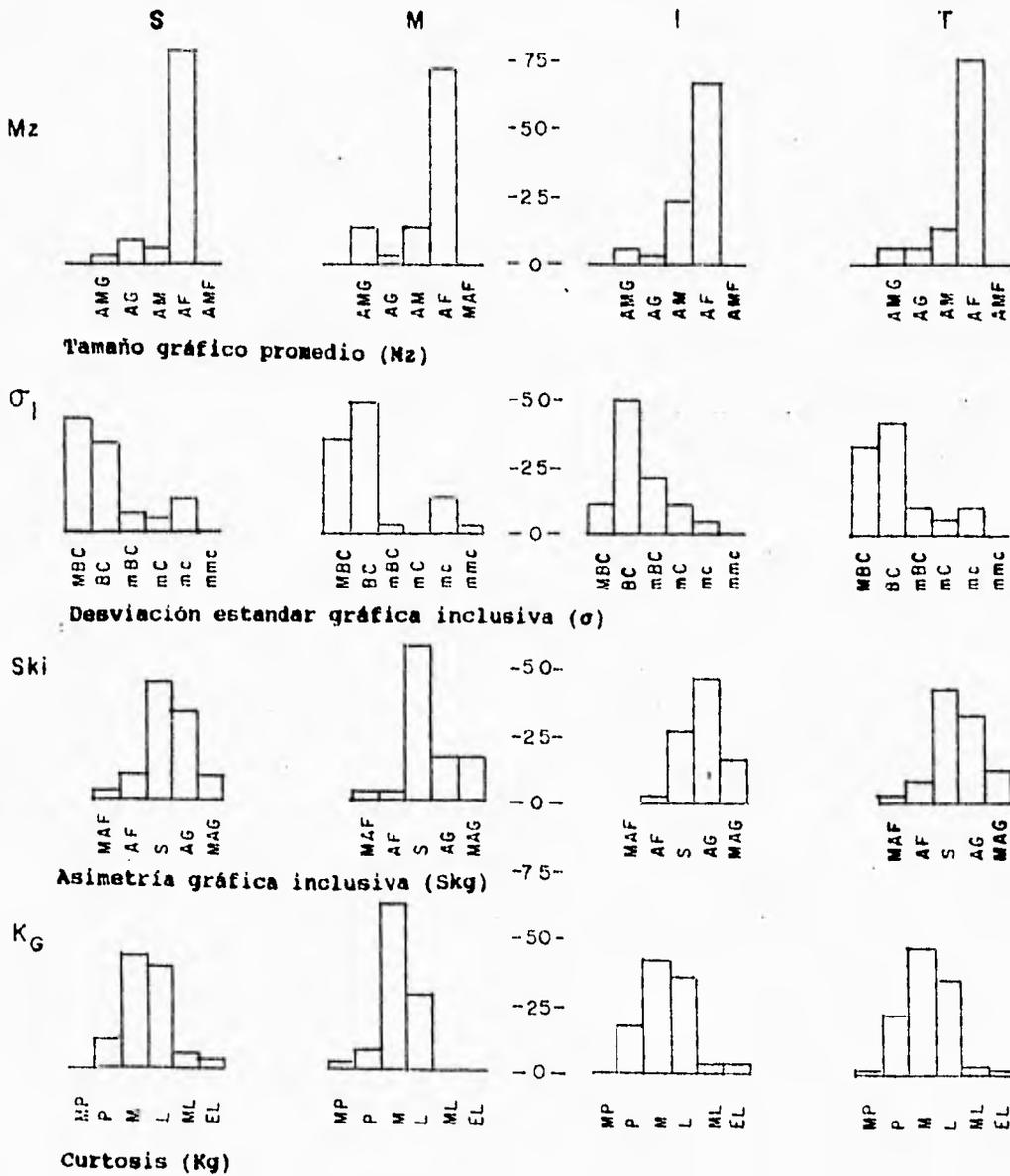
La escala de valores del tamaño gráfico promedio va desde las gravas siguiendo con arenas muy gruesas, gruesas, medias y finas hasta las arenas muy finas (Tabla 1). En la zona de estudio se encontró ausencia total de los tamaños extremos, es decir, gravas y arenas muy finas, en todos los niveles del perfil de playa.

En la zona de infraplaya se encontró una predominancia de arenas finas y de arenas medias en tanto que el resto quedó repartido entre las arenas gruesas y muy gruesas (Tabla 2).

En la zona de mesoplaya se tiene igualmente una marcada predominancia de las arenas finas en una cantidad de casi dos terceras partes y el resto comprende a las arenas medias, gruesas y muy gruesas (Tabla 2 y figura 5).

Finalmente en la zona de supraplaya, las arenas finas alcanzan casi las cuatro quintas partes del total del

fig. 5. Histogramas de parámetros texturales



sedimento, en tanto que las arenas medias, gruesas y las arenas muy gruesas quedan incluidas en la porción restante. En una estimación general que considera al perfil de playa en su conjunto, las arenas finas alcanzan el 75% del total, las arenas medias llegan al 13% y el resto se divide en partes iguales entre las arenas gruesas y muy gruesas. (Tabla 2). Esta predominancia de los tamaños finos es reflejo del intenso retrabajo experimentado por los granos del sedimento tanto por efectos del oleaje como por las corrientes litorales.

El segundo parámetro estadístico obtenido corresponde con el de la desviación estandar gráfica inclusiva (Folk 1974), (Tabla 1). Este parámetro es bastante eficaz, ya que permite cubrir hasta el 90% de la distribución total de la población.

En la zona de infraplaya se encontró que las arenas abarcaron un rango que va desde las muy bien clasificadas pasando por las bien clasificadas que alcanzan la mitad del total de la población hasta las arenas mal clasificadas pero en un porcentaje muy reducido (Tabla 2).

En la zona de mesoplaya se obtuvieron valores para las arenas muy bien clasificadas siguiendo con arenas bien clasificadas en gran cantidad hasta llegar finalmente con un porcentaje pequeño de arenas muy mal clasificadas (Tabla 2).

En la zona de supraplaya se obtuvo más del 75% de arenas muy bien clasificadas y bien clasificadas, con cantidades

insignificantes de arenas moderadamente bien clasificadas y mal clasificadas.

Se aprecia que en el total de las muestras hay predominancia de arenas muy bien clasificadas (33%) y principalmente de las arenas bien clasificadas (42%). La tendencia de los sedimentos hacia una buena clasificación es producto de la marcada abundancia de los tamaños finos en los sedimentos. En las zonas meso y supralitoral se alcanzan mayores niveles de clasificación, ya que en la parte infralitoral la turbulencia del agua es mayor que en las otras.

El grado de asimetría gráfica inclusiva (S_{ki}) es otro parámetro estadístico propuesto por Folk para el análisis granulométrico. Esta basado en la medida de asimetría gráfica propuesta por Inman, D.L. y Nordstrom, C.E. (1971). (Tabla 1).

Con ella es posible cubrir el 90% de la curva que representa gráficamente la distribución de la muestra analizada. Consiste en determinar el promedio entre el grado de asimetría entre ϕ_{16} y ϕ_{84} con el grado obtenido entre ϕ_5 y ϕ_{95} . Es muy eficaz porque toma en cuenta los extremos o "colas" de la curva, esto es, los excesos tanto de material fino como grueso; ya sea que dichos extremos se dirijan tanto hacia los valores positivos en caso de tratarse de materiales finos como negativos en el caso contrario, además de la porción central de la curva. La importancia de lo anterior es que precisamente en los extremos es donde se presentan las diferencias más críticas entre las muestras.

Las curvas que muestran asimetría positiva o extensión hacia la derecha corresponden a muestras con exceso de material fino y las que observan asimetría negativa o prolongación a la izquierda son aquéllas con exceso de materiales gruesos. En el área de estudio se encontraron los siguientes valores: La zona de infraplaya mostró una marcada orientación de los sedimentos hacia la asimetría hacia los tamaños gruesos (Tabla 2).

En la zona de mesoplaya la tendencia de los sedimentos a la simetría fue de prácticamente de un 60%, en tanto que los sedimentos restantes presentaron asimetría hacia los tamaños gruesos (Tabla 2).

En la zona de supraplaya nuevamente se aprecia una preponderancia de la simetría y de la asimetría hacia los tamaños gruesos en el comportamiento de los sedimentos. (Tabla 2).

La tendencia para el total de las muestras del perfil de playa fue de un 10.4% para la clase de sedimentos muy asimétricos y asimétricos hacia los finos, simétricos hasta el 43.2%, asimétricos y muy asimétricos hacia los gruesos en un 46.4% (Tabla 2).

La clara asimetría hacia los tamaños gruesos resulta de las características anteriores, aunque la tendencia generalizada hacia la simetría se debe a la uniformidad en la capacidad energética de los procesos litorales en el desgaste de los sedimentos.

Otra medida empleada para el análisis granulométrico es la curtosis (Kg), con ella es posible saber que tan deficiente o excesiva es la dispersión entre ϕ_5 y ϕ_{95} con respecto a la dispersión entre ϕ_{25} y ϕ_{75} (Tabla 1).

La curtosis tiene relación principalmente con la clasificación de los sedimentos (Folk, 1974). Nordstrom (1977) expone que los valores de curtosis están fuertemente relacionados con las variaciones de la energía y el régimen del oleaje. Cuando una distribución es normal, la gráfica acumulativa de la muestra forma una línea recta en papel de probabilidad lo que significa que dicha muestra presenta una curtosis normal (1.00). Si la gráfica se aleja de una línea recta, la curtosis reflejará dicho alejamiento de la normalidad, por lo que se afirma que la curtosis mide la razón entre el grado de clasificación de los extremos y el de la parte central de la curva. Si la parte central de la curva tiene mejor clasificación que los extremos, la curva de frecuencia es fuertemente puntiaguda o leptocúrtica. Si los extremos tienen mejor clasificación que la parte central, entonces la curva es poco aguda por lo que se dice que es platicúrtica.

En la zona de estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

En la zona de infraplaya se presentó una clara tendencia de las muestras ha presentar un comportamiento mesocúrtico y leptocúrtico (Tabla 2).

En la zona de mesoplaya los resultados que arrojaron los análisis fueron semejantes a la zona anterior.

En la parte de supraplaya tampoco se produjeron cambios en lo referente al tipo de curvas señaladas para los casos anteriores.

Respecto al total de muestras recolectadas en el perfil de playa el comportamiento que se encontró fue: muy platicúrtico el 0.8%, platicúrtico el 12%, mesocúrtico el 46.4%, leptocúrtico el 35.2%, muy leptocúrtico el 3.2% y extremadamente leptocúrtico el 2.4% (Tabla 2). La razón de que cerca de la mitad de los casos describan curvas mesocúrticas y otro alto porcentaje tenga un comportamiento leptocúrtico es también un producto de la buena clasificación del sedimento.

VI COMPOSICION DE LOS SEDIMENTOS

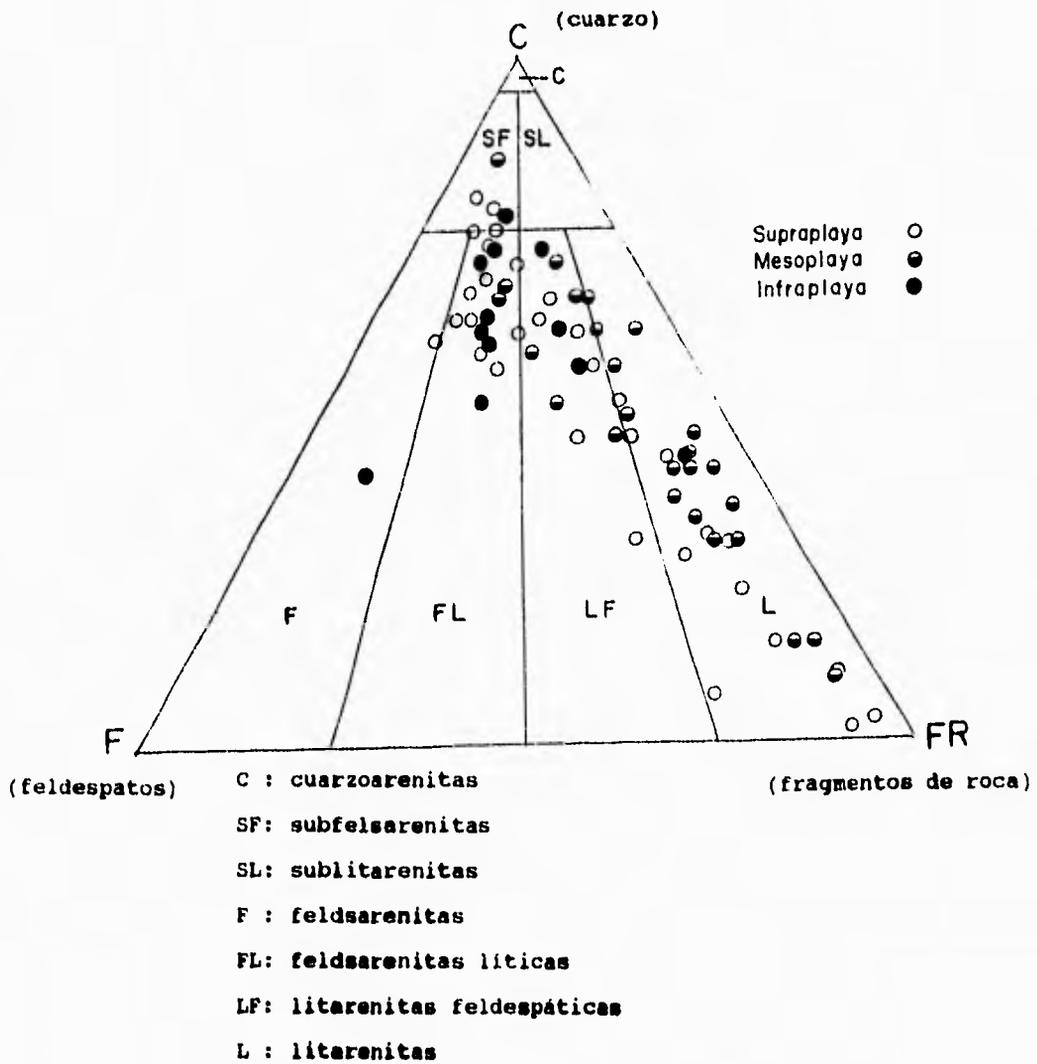
Para la determinación de la composición mineralógica de las muestras de arena analizadas se emplearon los procedimientos de Folk (1974); para ello se utilizaron diagramas triangulares en los cuales quedan representadas las proporciones de los diferentes componentes minerales; esto es, en el vértice superior se sitúa el cuarzo, en el vértice inferior derecho se encuentran los fragmentos de roca y en el extremo inferior izquierdo se ubican los feldespatos como se aprecia en la figura 6.

Del total de las muestras analizadas, se procedió a definir la parte del perfil de playa a la que pertenecen cada una de ellas; de esta manera se determinó que 14 muestras corresponden a la zona de infraplaya, 29 fueron tomadas de la zona de mesoplaya y las 38 restantes pertenecen a la zona de supraplaya.

En la zona de infraplaya se aprecia un alto contenido de cuarzo, mismo que rebasa casi siempre el 50% del total de la muestra, lo que es razonable ya que se trata de un área de intenso desgaste pues en ella las corrientes y el oleaje actúan directamente sobre el sedimento. La porción de feldespatos es baja, menor que 25%, en tanto que la fracción de fragmentos de roca es mayor que la de estos últimos ya que en algunas muestras su contenido es hasta de 50% como se aprecia en la tabla 3.

La zona de mesoplaya se presenta una distribución de componentes muy semejante a la primera. El cuarzo se

Fig. 6. Diagrama de clasificación litológica



Tomado de: R. L. Folk (1974)

encuentra en cantidades superiores al 50% del total en la mayoría de las muestras y sólo en una de ellas es de apenas el 10%, en tanto que los fragmentos líticos alcanzan porcentajes de medianos a altos mientras que los feldespatos sólo están presentes en cantidades inferiores al 20% (ver tabla 3).

En la zona de supraplaya se recolectó el mayor número de muestras del perfil de playa. En ella la distribución de los componentes mineralógicos principales es más heterogénea que en las dos primeras. Es aquí en donde, como se mencionó en el capítulo IV, los vientos tienen una mayor influencia que el agua en la modelación del perfil de playa siempre y cuando no se presenten situaciones extraordinarias como en el caso de tormentas y huracanes.

Las dos terceras partes del total de las muestras de arenas de playa analizadas presentaron alto contenido de cuarzo, en tanto que en la tercera parte restante, el contenido de fragmentos líticos fue mayor. Esta diferenciación se puede deber a que la fuente del sedimento se origina de las rocas extrusivas del Eje Neovolcánico para el caso de las muestras con alto contenido de fragmentos de roca, en tanto que el resto de los materiales pertenecen a localidades ligadas al dominio sedimentario de la Sierra Madre Oriental y de las planicies costeras del Golfo (ver tablas 4 y 5).

Para la clasificación litológica de las muestras de arena se aplicó el criterio seguido por Folk (1974) basado en el

cálculo de los constituyentes esenciales, estos son: todos los tipos de cuarzo, todos los feldespatos ya sean potásicos o plagioclasas y todos los demás fragmentos de rocas (pedernal, metamórficas, fragmentos volcánicos, sedimentarios, etc.). Los porcentajes de estos constituyentes determinarán el nombre de la muestra, es decir, si caen en los campos de las cuarzoarenitas, litarenitas, feldsarenitas o mezclas (figura 6).

La presencia de los componentes analizados en los sedimentos obedece a su mayor abundancia en la zona de estudio primeros. El cuarzo es el más resistente tanto por su dureza como por su cruce casi inexistente por lo que es el más abundante en los sedimentos. Las muestras que presentan una mayor cantidad de fragmentos líticos parecen ser originadas de las zonas con mayor influencia del Eje Neovolcánico. Por esta razón se tiene una marcada predominancia de litarenitas, litarenitas feldespáticas y las feldsarenitas líticas.

La escasez de feldespatos en las muestras obedece a que estos se descomponen fácilmente con el intemperismo, de manera que son necesarias condiciones especiales tanto climáticas como de velocidad de transporte para que los feldespatos se presenten en abundancia en los sedimentos.

VII IMPLICACIONES TECTONICAS

Existen diversos factores que influyen en la interpretación de los análisis de las muestras y su relación con la tectónica, entre estos se encuentra necesariamente el conocimiento de la historia geológica de la región.

El basamento precámbrico y paleozoico subyacente a la secuencia mesozoica del oriente de México fue afectado por movimientos laterales y verticales de la primera mitad del Mesozoico al momento de la apertura del Golfo de México.

Durante el Triásico la región observó un desarrollo de tipo continental con una tectónica distensiva que originó fosas y rellenos de sedimentos continentales (Morán Zenteno, 1984).

En el Jurásico, la apertura del Golfo de México dió origen a un dominio de tipo geosinclinal o de sistema de aulacógenos debido a la transgresión marina del Jurásico superior. Dicha transgresión originó también considerables depósitos calcáreos dentro de una subsidencia intermitente y a la presencia de elementos cratónicos en forma de porciones emergidas y de altos fondos marinos (Morán Zenteno, 1984).

En el Cretácico superior los sedimentos detríticos que cubren la secuencia calcárea se distribuyen ampliamente y alcanzan grandes espesores en algunas localidades. (Morán Zenteno, 1984).

Estos procesos dieron lugar a la distribución paleogeográfica de cuencas y plataformas que controlarían la sedimentación subsecuente. El conocimiento de la tectónica del área-fuente y la paleogeografía de la misma, las

condiciones tectónicas del ambiente de depósito junto con aspectos tales como tipo de ambiente y el grado de intemperismo, proporcionarán una mejor idea de la génesis de las areniscas que conforman los sedimentos.

Basados en los trabajos de Krynine (1948), las características texturales de las arenas tales como el tamaño de los granos y el grado de clasificación son de gran valía en la inferencia del origen de los sedimentos.

De acuerdo con los lineamientos establecidos por Folk (1956) las muestras analizadas en su mayoría se encuentran en una etapa de madurez textural en la que el sedimento se haya prácticamente desprovisto de arcillas y los granos de arena están bien clasificados ($f < 0.50\phi$). De acuerdo con el mismo autor el grado de madurez textural está estrechamente ligado con el tipo de ambiente de depósito ya que de las condiciones típicas de éste, dependerá la facilidad para clasificar y producir abrasión en los detritos que conformarán los sedimentos.

Es conveniente tener en cuenta los criterios de diferenciación establecidos tanto en lo referente a la tectónica (Inman y Nordstrom, 1971) como en lo alusivo a la geomorfología (Shepard, 1973) los cuales han sido de gran utilidad para la delimitación de unidades morfo-tectónicas para las costas mexicanas (Carranza-Edwards et al, 1975), mismas que en la zona de estudios coinciden esencialmente con las divisiones establecidas para las provincias

fisiográficas de la Planicie Costera del Golfo Norte, Eje Neovolcánico y Planicie Costera del Golfo Sur.

La primera unidad morfo-tectónica a la que se hace referencia se ubica dentro de la Planicie Costera del Golfo Norte y se extiende a lo largo de 700 kilómetros desde el Río Bravo hasta Punta Delgada, Veracruz, localidad en donde limita con el Eje Neovolcánico (Tamayo, 1970).

Dentro de la clasificación tectónica a esta primera unidad se le considera como una costa de mares marginales (Inman y Nordstrom, 1971) ya que se caracteriza por ser una costa que bordea mares marginales protegida del Océano Atlántico por el Arco del Caribe. Por otro lado, de acuerdo con el criterio de clasificación genético-geomorfológico de Shepard (1973) la unidad contiene dos tipos principales de costas; el primero corresponde a costas primarias, éstas se caracterizan por: depositación subaérea, depositación por ríos y deltáicas, a su vez, el segundo tipo consiste de costas secundarias por depositación marina, costas de barrera e islas de barrera como es el caso de la Laguna de Tamiahua. Esta unidad además presenta tres porciones bien diferenciadas; la parte norte presenta tierras bajas, arenosas o pantanosas en las que las corrientes han rellenado sus cauces, la zona central está formada por colinas de baja elevación y la parte sur es de menor extensión y se conoce como la Huasteca.

La siguiente unidad se extiende desde Punta Delgada a lo largo de casi 300 kilómetros hasta el puerto de

Coatzacoalcos, sitio donde entra en la Planicie Costera del Golfo Sur. Tectónicamente se clasifica de la misma forma que la unidad anterior, es decir, como una costa de mares marginales (Inman y Nordstrom, 1971) y geomorfológicamente de acuerdo con Shepard (1973) se distinguen tres tipos de costas, a saber: costas primarias, volcánicas y de flujo de lava y de tefra como en la región de los Tuxtlas, lugar en el que se ha desarrollado actividad volcánica desde el Plioceno (López-Ramos, 1969), costas secundarias construídas por organismos, arrecifes coralinos y costas de arrecifes bordeantes. Ejemplo de lo anterior se encuentra en la zona del puerto de Veracruz. Finalmente se tienen costas primarias de depositación subaérea, por viento y costas con dunas.

La tercera unidad queda comprendida desde Coatzacoalcos hasta el Estado de Campeche a lo largo de 179 kilómetros dentro de la planicie costera del Golfo sur (Tamayo, 1970). Su clasificación conforme a los criterios tectónicos es idéntica a la de los casos anteriores, en tanto que conforme a la clasificación genético-geomorfológica se compone de costas primarias por depositación subaérea, depositación de ríos y costas de complejos deltaicos (Shepard, 1973). La porción meridional de la planicie costera del Golfo Sur presenta una considerable extensión cubierta por aluviones pleistocénicos y recientes. La acción de los vientos alisios permitieron la formación de grandes barras y lagunas

continentales, donde hubo gran sedimentación originada por los ríos importantes que ahí desaguaban.

De acuerdo con Folk (1974), las playas se caracterizan por presentar sedimentos con alto grado de madurez (Tabla 6), debido a los procesos intensos y continuos de desgaste, que se ejercen sobre los granos de manera ininterrumpida. El oleaje, el flujo y reflujo de la marea, las tormentas y las variaciones del nivel del mar durante los cambios estacionales son los principales factores implicados en el desgaste mecánico de los granos de arena, por lo que la energía empleada en el transporte del sedimento desde su fuente de origen hasta la zona final de depósito no desempeña un papel fundamental en la conformación de la madurez textural.

No obstante lo anterior, existe otra vertiente en la interpretación de las características texturales de los granos, en la cual se enfatiza la estrecha relación que existe con la tectónica. Esto es, el grado de madurez se encuentra en función directa de la actividad tectónica regional, mientras mayor inestabilidad menor será el grado de madurez y viceversa.

Para el caso de la zona de estudio, en el caso de una costa estable es de esperarse que los sedimentos analizados presenten un alto grado de madurez textural ya que de acuerdo con Folk (1974), una arena de playa tendrá una buena clasificación si la línea de costa permanece estable durante mil o cien mil años, pues la rapidez con que puede

realizarse la clasificación de los granos hace que no sea necesario un largo período de estabilidad de la corteza.

Retomando las ideas de Krynine (1948), es de notarse el control que ejerce la historia tectónica en la conformación de los ambientes sedimentarios predominantes en la región. De esta forma, el grado y el tipo de actividad tectónica determinan relaciones entre la litología del área-fuente, el relieve, los procesos geomorfológicos y la velocidad de subsidencia de la cuenca de depósito. Una particularidad de las zonas litorales es que éstas pueden presentar sedimentos muy bien clasificados y de gran madurez aún estando en regiones afectadas por un tectonismo activo. Por esta razón no es factible llegar a una conclusión determinante sobre la tectónica regional, basándose únicamente en el análisis textural de un reducido número de muestras (Folk 1974), sin tomar en consideración que la composición mineralógica de los sedimentos está controlada por la litología del área-fuente la cual a su vez se ve afectada por el tectonismo (Krynine 1948). De la anterior relación se entiende que las rocas formadas durante períodos de estabilidad han experimentado la denudación suficiente como para que los minerales inestables o poco resistentes hayan sido eliminados o se encuentren en pequeñas cantidades, en tanto que los minerales más resistentes como el cuarzo se presenten en grandes cantidades. Lo anterior puede explicarse también si se consideran las ideas de Krynine (1948) sobre el control tectónico en la sedimentación;

partiendo de que el estrato superficial de la corteza terrestre cuando se trate de una zona tectónicamente estable, puede estar, en muchos casos, formado por rocas sedimentarias. De ser así, será de este estrato del cual provengan los detritos que originen a los sedimentos maduros de las playas. Esto podría explicar el favorecimiento en la depositación de litarenitas, litarenitas feldespáticas y feldsarenitas líticas (Figura 6).

VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las playas ubicadas en las provincias de planicie costera amplia presentaron un perfil de playa muy extendido, contrastando con el de playas asociadas a la zona de influencia del Eje Neovolcánico, en las cuales el perfil es más estrecho.

En lo referente a la granulometría de los sedimentos, no se encontraron marcadas diferencias entre las porciones de infra, meso y supraplaya, pues los porcentajes de arenas finas y medias estuvieron muy cercanos entre sí. Es de notarse la marcada escasez de material grueso en la generalidad de las muestras estudiadas, debido al intenso desgaste de los sedimentos.

El grado de clasificación de las arenas fue muy alto, de manera que en las tres zonas del perfil de playa las arenas bien clasificadas alcanzaron hasta la mitad del total de la población, seguidas por las arenas muy bien clasificadas con casi la tercera parte y el resto repartido en los niveles de moderadamente bien y moderadamente clasificados, teniéndose un porcentaje reducido de arenas mal clasificadas.

La simetría fue un rasgo característico en casi la mitad de las muestras, debido a la capacidad de los agentes físicos de la playa (principalmente oleaje y corrientes) para desgastar los granos del sedimento de forma continua y uniforme.

Se determinó un marcado dominio de los materiales con tendencia a presentar curvas mesocúrticas y leptocúrticas, pues alcanzaron ambas hasta el 75% del total. Este comportamiento se origina por la buena clasificación de los sedimentos.

Composicionalmente, las muestras analizadas cayeron dentro del campo de las litarenitas, litarenitas feldespáticas y feldsarenitas líticas.

Por otro lado, la buena clasificación de la mayoría de las muestras sugiere un importante grado de retrabajo experimentado por los granos de los sedimentos litorales estudiados.

Recomendaciones

El estudio granulométrico y composicional de los sedimentos de playa así como su posterior interpretación, reviste de gran importancia en el planteamiento y desarrollo de trabajos posteriores en áreas específicas. Dichos trabajos pueden estar referidos a estudios de prospección minera o encaminados a la interpretación de la relación depósito-erosión dentro de la dinámica litoral, conocimiento de gran valor para la determinación de las condiciones geotécnicas para la realización de obras de ingeniería portuaria.

El conocimiento de los parámetros texturales es parte integral de estudios interdisciplinarios ya que permite relacionar los diversos ambientes de playa con la distribución de los hábitats de varias especies de la fauna marina.

BIBLIOGRAFIA

- Carranza-Edwards, A., M. Gutiérrez-Estrada y R. Rodríguez Torres, 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, 3(1): 57-64.
- Carranza-Edwards, A., 1986. Estudio sedimentológico regional de playas del Estado de Chiapas, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, 13(1):331-344.
- Carranza Edwards, A., L. Rosales-Hoz y R. Lozano-Santa Cruz, 1988. Estudio sedimentológico de playas del Estado de Oaxaca, Mexico. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, 15(2):23-38.
- Carranza Edwards, A. y Margarita Caso Chávez, 1994. Zonificación del perfil de playa. Geo-UNAM, 2 (2):26-32.
- Folk, R. L., 1956. The Rock of Texture and Composition in Sandstone Classification. Jour. Sed. Petrol., V. 26: 166-171.
- Folk, R. L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Pub. Co., Austin, Texas, 182 p.
- Grivel, P.F., 1984. Datos geofísicos serie A Oceanografía. Puertos del Golfo de México y Mar Caribe. Instituto de Geofísica, UNAM, 191 pp.
- Guilcher, A., 1957. Morfología Litoral y Submarina. Ed. Omega, Barcelona, 264 p.

- Inman, D. L. and C. E. Nordstrom, 1971. On the tectonic and morphologic classification of coasts. *J. Geol.*, 79 (1): 1-21.
- Komar, P.D., 1976. *Beach Processes and Sedimentation*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 429 p.
- Krynine, P. D., 1948. The Megascopic study and field classification of sedimentary rocks: *Jour. Geology*, v. 56, pp. 130-165.
- Méndez Ubach, M.N., V. Solís Weiss y A. Carranza Edwards, 1986. La importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos. Estudio de playas del Estado de Veracruz, Mexico. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México*, 13(3):45-56.
- Morán Zenteno, D.J., 1984. *Geología de la República Mexicana*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Nordstrom, F.K., 1977. The Use of Grain Size Statistics to distinguish between High and Moderate Energy Beach Enviroments: *Journal of Sedimentary Petrology*, 47, (3): 1287-1294.
- Self P. Robert, 1977. Longshore Variation in Beach sands Nautla Area, Veracruz, México, *Journal of Sedimentary Petrology*, 47, (4): 1437-1443 Figs. 1-2.
- Shepard, F. P., 1973. *Submarine Geology*. Harper & Row, 2nd Edition, New York, 557 pp.

Tamayo, J.L., 1970. Geografía moderna de México. Editorial
F. Trillas, S.A.

Terry, R.D. y Chillingar, G.V., 1955. Concerning some
additional aids in studying sedimentary formations.
M.S. Shvetsov: Jour. Sed. Petrol. V. 25: 229-234.

ANEXOS

TESIS SIN PAGINACION

COMPLETA LA INFORMACION

Tabla 1. Parámetros estadísticos, fórmulas y límites establecidos (Propuesta por Folk, 1974).

Tamaño gráfico promedio (Mz)

$$Mz = (\#16 + \#50 + \#84) / 3$$

	(ϕ)	(mm)
Grava	-2 a -1	4 a 2
Arena muy gruesa	-1 a 0	2 a 1
Arena gruesa	0 a 1	1 a 0.5
Arena media	1 a 2	.5 a .25
Arena fina	2 a 3	.25 a .125
Arena muy fina	3 a 4	.125 a .0625

Desviación estandar gráfica inclusiva (fi)

$$fi = (\#84 - \#16) / 4 + (\#95 - \#5) / 6.6$$

Muy bien clasificada	< 0.35 ϕ
Bien clasificada	.35 a .50 ϕ
Moderadamente bien clasificada	.50 a .70 ϕ
Moderadamente clasificada	.70 a 1.0 ϕ
Mal clasificada	1.0 a 2.0 ϕ
Moderadamente mal clasificada	2.0 a 4.0 ϕ
Extremadamente mal clasificada	4.0 ϕ >

Asimetría gráfica inclusiva (Ski)

$$Ski = [\#16 + \#84 - 2\#50] / 2(\#84 - \#16) + [\#5 + \#95 - 2\#50] / 2(\#95 - \#5),$$

Muy asimétrico hacia los finos	1.00 a 0.30
Asimétrico hacia los finos	0.30 a 0.10
Simétrico	0.10 a -0.10
Asimétrico hacia los gruesos	-0.10 a -0.30
Muy asimétrico hacia los gruesos	-0.30 a -1.00

Curtosis (Kg)

$$Kg = \#95 - \#5 / 2.44(\#75 - \#25)$$

Muy platicúrtico	< 0.67
Platicúrtico	0.67 a 0.90
Mesocúrtico	0.90 a 1.11
Leptocúrtico	1.11 a 1.50
Muy leptocúrtico	1.50 a 3.00
Extremadamente leptocúrtico	> 3.00

Tabla 2. Parametros estadisticos, zonificacion de playa y porcentajes obtenidos

Tamano grafico promedio

	Infraplaya	Mesoplaya	Supraplaya
Grava	0.00	0.00	0.00
Arena muy gruesa	8.89	13.80	3.22
Arena gruesa	2.94	3.44	9.68
Arena media	23.52	10.34	8.06
Arena fina	67.64	72.41	79.03
Arena muy fina	0.00	0.00	0.00

Desviacion estandar grafica inclusiva

Muy bien clasificada	11.76	34.48	43.55
Bien clasificada	50.00	48.27	33.87
Moderadamente bien clasificada	20.59	3.45	6.45
Moderadamente clasificada	11.76	0.00	4.83
Mal clasificada	5.88	10.34	11.29
Muy mal clasificada	0.00	3.45	0.00
Extremadamente mal clasificada	0.00	0.00	0.00

Asimetria grafica inclusiva

Muy asimetricos hacia los finos	0.00	3.45	3.23
Asimetricos hacia los finos	8.82	3.45	9.68
Simetricos	26.47	58.62	45.16
Asimetricos hacia los gruesos	47.06	17.24	32.25
Muy asimetricos hacia los gruesos	17.64	17.24	9.68

Curtosis

Muy platicurtica	0.00	3.45	0.00
Platicurtica	17.64	6.90	11.29
Mesocurtica	41.18	62.06	41.93
Leptocurtica	35.29	27.59	38.71
Muy leptocurtica	2.94	0.00	4.84
Extremadamente leptocurtica	2.94	0.00	3.22

TABLA 3. Promedios y desviacion estandard de parametros texturales.

Zona	Mz	Sigma	Sk_g	K_g
Infraplaya	1.99	0.53	-0.15	1.17 promedio
Infraplaya	0.91	0.21	0.18	0.44 desv. std
Mesoplaya	1.92	0.57	-0.11	1.06 promedio
Mesoplaya	1.09	0.55	0.18	0.19 desv. std
Supraplaya	2.20	0.49	-0.09	1.21 promedio
Supraplaya	0.80	0.33	0.22	0.42 desv. std

Tabla 4. Promedio y desviacion estandard de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca.

Zona	Cuarzo	Feldespatos	Frag. roca	
Infraplaya	58.46	16.92	24.62	Promedio
Infraplaya	11.86	6.87	14.93	Desv. Est.
Mesoplaya	47.16	10.16	42.68	Promedio
Mesoplaya	17.73	4.54	20.14	Desv. Est.
Supraplaya	51.58	16.12	32.30	Promedio
Supraplaya	23.28	6.36	26.59	Desv. Est.

**Tabla 5. Índice de madurez
de arenas de playa**

Playa	Mi	Playa	Mi
1	1.8	15	1.5
2	2.6	16	1.3
3	2.5	17	0.9
4	4.0	18	2.9
5	1.8	19	1.5
6	5.6	20	1.9
7	1.5	21	1.2
8	2.2	22	1.5
9	2.6	23	3.2
10	1.4	24	2.9
11	1.5	25	1.3
12	1.3	26	1.2
13	2.2	27	0.4
14	1.8	28	2.0