

Fig. 9



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

TITULO DE LA TESIS:

"SEDIMENTOLOGIA DE PLAYAS DE LA MARGEN
ORIENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MEXICO"

Tesis Profesional

Que para obtener el título de

INGENIERO GEOLOGO

presenta

ANTONIO GALAN ALCALA



México, D. F.

1988



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.

I N D I C E

	Resumen	1
I.	Introducción	3
II.	Area de estudio	7
III.	Método de trabajo	14
IV.	Geomorfología litoral	18
V.	Análisis granulométrico	26
VI.	Análisis composicional	34
VII.	Estructuras sedimentarias	40
VIII.	Recursos minerales del mar	46
IX.	Conclusiones y Recomendaciones	50
	Bibliografía	57

INDICE DE FIGURAS

		entre páginas
Figura 1.	Localización del área de estudio	7 y 8
Figura 2.	Plano geológico e hidrológico del área de estudio	10 y 11
Figura 3.	Diagrama de flujo del procesado de muestras	15 y 16
Figura 4.	Perfiles de playa del estado de Sonora	21 y 22
Figura 5.	Perfiles de playa del estado de Sinaloa	23 y 24
Figura 6.	Perfiles de playa del estado de Nayarit	25 y 26
Figura 7.	Histogramas sobre medidas de tamaño, uniformidad, asimetría y curtosis de sedimentos litorales de Sonora, Sinaloa y Nayarit	27 y 28
Figura 8.	Histogramas sobre medidas de tamaño, uniformidad, asimetría y curtosis del estado de Sonora.	29 y 30
Figura 9.	Histogramas sobre medidas de tamaño, uniformidad, asimetría y curtosis de sedimentos litorales de los estados de Sinaloa y Nayarit	31 y 32
Figura 10.	Curvas granulométricas	31 y 32
Figura 11.	Tamaño gráfico promedio y su relación con la pendiente del frente de playa	32 y 33
Figura 12.	Clanes mineralógicos de las arenas de playa para los tres estados	35 y 36
Figura 13.	Clanes mineralógicos de las arenas de playa (por estado)	35 y 36

INDICE DE LAMINAS

Lámina I	Fotografías del área de estudio	Anexo
Lámina II	Fotografías del área de estudio	Anexo
Lámina III	Radiografías de núcleos	43 Y 44

INDICE DE TABLAS

entre páginas

Tabla 1.	Indice de playas estudiadas	14 y 15
Tabla 2.	Fórmulas y límites de parámetros estadísticos	26 y 27
Tabla 3.	Porcentiles y porcentajes de grava, arena y lodo	27 y 28
Tabla 4.	Parámetros texturales de los sedimentos y pendiente del frente de playa	27 y 28
Tabla 5.	Nomenclatura textural de los sedimentos	27 y 28
Tabla 6.	Color de los sedimentos	34 y 35
Tabla 7.	Clanes mineralógicos de arenas, redondez del cuarzo y madurez textural de los sedimentos	37 y 38
Tabla 8.	Clanes mineralógicos de las gravas	38 y 39
Tabla 9.	Estructuras sedimentarias	41 y 42

RESUMEN

Se presenta un estudio de 99 muestras de sedimentos de playas ubicadas en la margen oriental del golfo de California, abarcando los estados de Sonora, Sinaloa y norte de Nayarit.

En la región litoral bajo estudio se han reconocido dos zonas que se diferencian por sus condiciones climáticas y geológicas particulares.

La zona norte comprende al edo. de Sonora, donde impera un clima seco. Una porción importante de la faja costera sonorense se caracteriza por una llanura costera extensa y un relieve bajo. Tiene arenas medianas y finas, bien clasificadas, simétricas y asimétricas hacia gruesos, mesocúrticas a leptocúrticas, con una abundante población de sedimentos rudáceos mal clasificados asociados directamente a la presencia de macizos rocosos adyacentes a la playa. Aunque en menor medida, existen también algunas zonas acantiladas, especialmente entre las playas Puerto Libertad y Bahía Kino.

La porción sur, que comprende a los estados de Sinaloa y norte de Nayarit, se caracteriza por presentar arenas finas bien clasificadas, simétricas a asimétricas hacia gruesos y mesocúrticas.

En Sonora abundan las felsarenitas, subfelsarenitas y felsarenitas líticas, siendo la mitad de ellas texturalmente maduras. En Sinaloa-Nayarit, predominan las felsarenitas líticas maduras.

En Sonora el oleaje, las mareas y las corrientes litorales desempeñan un papel determinante en el aporte de sedimentos.

Por lo contrario, en Sinaloa-Nayarit hay una mayor influencia del transporte fluvial.

La morfología de las playas depende del nivel de energía incidente en el litoral y de la amplitud de la llanura costera y plataforma continental adyacentes.

Las estructuras sedimentarias son más comunes en la zona mesolitoral de las playas estudiadas, debido al régimen hidrodinámico del flujo y reflujo de oleaje.

En Sonora es más frecuente la sedimentación continua, en tanto que en Sinaloa-Nayarit predominan las laminaciones, dado que aquí hay mayores variaciones periódicas en el aporte.

Las playas con mayor potencial económico por sus altos valores de Fe y Ti son Bahía Kino, Desemboque y San Carlos, en Sonora y por su contenido de magnetita las playas Mármol en Sinaloa y El Novillero, Los Corchos y San Blas, en Nayarit.

I. INTRODUCCION

La playa, como un medio natural, destaca por su importancia dentro de los ambientes geológicos costeros, tanto a nivel económico como en sentido estrictamente científico.

En países como México, en donde el litoral alcanza una extensión considerable, resulta fundamental poseer aquella información básica que permita evaluar su potencial, así como aprovecharlo en forma racional y óptima.

En este sentido la UNAM, a través de su Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y contando con el patrocinio de CONACYT, inició un proyecto enfocado a subsanar la insuficiencia de información relativa a las playas de México. De esta forma, el programa de "Sedimentología de las playas de México" se ha trazado como una de sus metas principales la aportación del conocimiento sedimentológico básico a nivel regional del litoral mexicano, contemplando caracterizaciones tales como relaciones fauna-sedimento, concentración de minerales pesados, rasgos morfológicos, y parámetros granulométricos, entre otras.

Entre los trabajos que han resultado de este proyecto están los de Martínez y Javier, (1982) acerca de una porción del litoral occidental mexicano que abarca los estados de Guerrero, Michoacán, Jalisco y parte de Nayarit; el de Méndez (1983) que expresa la relación fauna-sedimento en el litoral del golfo de México; el de Nolasco (1986) que analiza las playas de los estados de Yucatán y Quintana Roo. Asimismo, Carranza-Edwards

(1986) presenta un estudio de 27 muestras de playas del estado de Chiapas.

Bajo este marco, el presente trabajo se orienta a estudiar la margen oriental del golfo de California, en lo que corresponde a los litorales de los estados de Sonora, Sinaloa y norte de Nayarit.

La realización del objetivo central de proporcionar la sedimentología básica a nivel regional del área de estudio, se logró a través de los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluación de los parámetros texturales para las muestras correspondientes a cada una de las zonas de playa.
2. Identificación de la relación existente entre la composición mineral de un sedimento y el color que éste presenta en húmedo y en seco.
3. Definición de las variaciones composicionales a lo largo del litoral a través de la clasificación en clanes mineralógicos de las muestras de arena.
4. Establecimiento de las relaciones morfológico-granulométricas, mediante la conjugación de datos de tamaño de grano e intensidad de la pendiente en el frente de playa.

5. Descripción e interpretación de las estructuras sedimentarias con base en su presencia y distribución.
6. Caracterización de la morfología a nivel regional contemplando sus rasgos agradacionales o erosionales.
7. Establecimiento de la procedencia de los sedimentos y de los principales mecanismos de transporte involucrados.
8. Estimación general de las relaciones entre tectónica y sedimentación.
9. Determinación de algunos de los puntos de interés respecto al potencial de recursos minerales de importancia económica.

Son escasos los estudios relativos al litoral del área de estudio. Entre ellos destacan el de Curray, et al. (1969, en Reineck y Singh, 1975) en el que se estudian barras de playa del Holoceno Tardío de las costas de Nayarit, estableciéndose que más del 50% del material de éstas procede de sedimentos de plataforma próximos.

Por su parte, Sandusky (1969) y Rose (1976) -ambos en Carranza-Edwards et al. (en prensa II)- realizan estudios sedimentológicos de esteros de la parte NW del estado de Sonora.

Malpica, et al. (1978) determinan las transgresiones cuaternarias en la costa de Sonora a través de observaciones morfológicas y de sedimentación.

Aguayo (1981a) analiza muestras de sedimentos de la cuenca de Guaymas, así como el origen y distribución de sedimentos en el golfo de California (1981b), los cuales dependen de factores como: fuente de aporte, efectividad de dispersión por corrientes litorales, corrientes de resaca generadas por mareas y oleaje, salinidad, temperatura y profundidad y la influencia del Océano Pacífico.

Peraza (1985) determina las tendencias del transporte litoral en el sur de Sinaloa, detectando intensos movimientos de arenas como función del régimen de oleaje durante el año.

Bustamante (1986) hace referencia a los recursos minerales del estado de Sinaloa, llamando la atención acerca de la presencia de diversos depósitos de minerales pesados en forma de placeres de playa.

Por último, Carranza-Edwards et al. (en prensa II) presentan un estudio de metales en las arenas de playa de las mismas localidades de Sonora que cubre el actual trabajo. En él se concluye que las arenas son principalmente, felsarenitas y felsarenitas líticas con cantidades atractivas de Fe y Ti en las fracciones de 2 a 4 phi.

II. AREA DE ESTUDIO

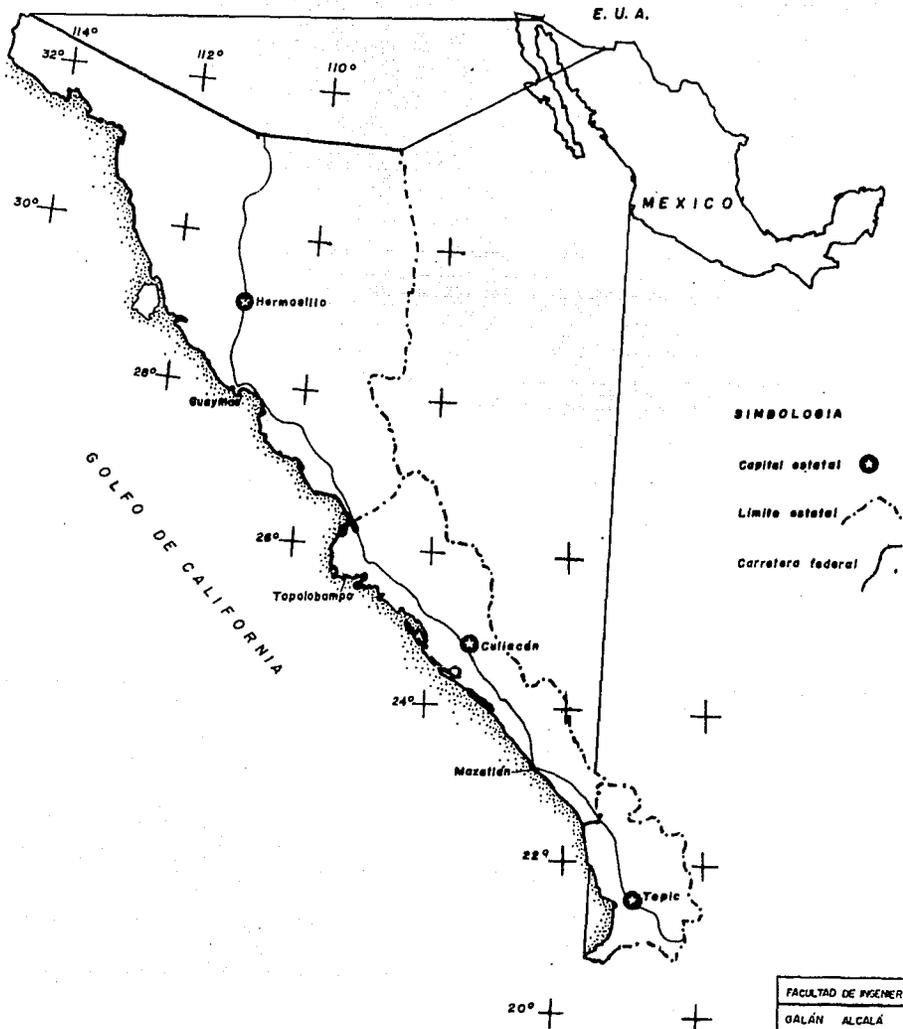
La región objeto de este estudio se sitúa en la margen costera de los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit entre las coordenadas geográficas 31° 41' y 21° 32' de latitud norte y entre los 114° 30' y 105° 18' de longitud oeste, quedando comprendida en lo que se conoce como zona Pacífico Norte de la República Mexicana en el límite oriental del golfo de California (Fig. 1)

La porción septentrional correspondiente a la región costera de Sonora, es principalmente de carácter desértico contando con algunas zonas de cultivo de riego artificial. Las zonas aledañas hacia el centro del estado se distinguen por su riqueza minera entre cuya producción destacan el cobre, la plata, el oro, el plomo, el hierro y el grafito, constituyendo así cerca del 25% del valor de la producción minero-metalúrgica nacional (Cámara Minera de México, 1987)

Hacia la parte central, el área de estudio abarca la llanura costera del estado de Sinaloa comprendida entre el golfo de California y la vertiente oeste de la Sierra Madre Occidental, caracterizándose en general por un suelo fértil y buenos pastos. Las actividades económicas predominantes en esta porción son la agricultura, la minería, la pesca y el turismo.

Por último, la región sur se sitúa hacia el litoral norte del estado de Nayarit, siendo una planicie baja con valles muy fértiles en donde las actividades económicas más importantes son la agricultura, la ganadería y la pesca.

Fig. 1- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO



La actividad marítimo-portuaria, como es de esperarse, ocupa un lugar dentro de las actividades económicas a lo largo del área en cuestión.

El clima en la porción costera del estado de Sonora de acuerdo a la clasificación de Koeppen, modificada por García (1970), es de tipo BW definido como muy seco o desértico con carácter muy cálido e inviernos frescos, régimen de lluvias de verano y muy extremo. La precipitación media anual es menor que 200 mm y la temperatura media anual es de 22°C.

Hacia las sierras el clima es de tipo estepario con una precipitación media anual de 521 mm y temperatura media anual de 24°C.

En la parte norte del estado de Sinaloa el clima es estepario y muy seco. La estación meteorológica de la ciudad de Los Mochis reporta una precipitación media anual de 311 mm y una temperatura media anual de 25°C. Hacia el sur de este estado el clima varía pasando a ser del tipo Aw, que se ubica como el más seco del grupo de los cálidos subhúmedos, con régimen de lluvias de verano. Este tipo climático persiste hacia el sur del estado de Nayarit teniendo una precipitación media anual de 800 a 1000 mm y temperatura media anual de 25°C.

El régimen de vientos en el primer semestre del año lleva una dirección predominante hacia el SW. Durante los meses de julio a diciembre, los vientos con dirección SW son de menor intensidad y se combinan con los procedentes del NW.

Hidrográficamente el área de estudio corresponde a la porción septentrional de la vertiente del Pacífico. La cuenca hidrológica a la que pertenece esta parte se divide en las siguientes regiones (SARH, 1978): Sonora, Sonora Norte, Sinaloa, Presidio de San Pedro y Huiscicila.

Las dos primeras regiones están integradas por corrientes intermitentes muy comunes en climas desérticos, áridos y semiáridos, así como por pequeñas cuencas endorreicas.

Las corrientes fluviales más importantes corren en dirección preferencial NE-SW. El tipo de drenaje predominante es enrejado lo cual señala un control estructural y litológico en donde hay alternancia de rocas de dureza contrastante.

Los ríos principales de norte a sur son: Colorado, Concepción, Sonora, Matape, Yaqui y Mayo.

Las regiones de Sinaloa, de Presidio de San Pedro y Huiscicila presentan corrientes principales con flujo NE-SW, disminuyendo la pendiente de manera regional en las desembocaduras. Algunos de los ríos que están comprendidos en esta zona son: Fuerte, Sinaloa, Mocorito, Culiacán, San Lorenzo, Elota, Piaxtla, Quelite, Presidio, Baluarte, Acaponeta, San Pedro, Grande de Santiago, San Blas y Huiscicila.

En general, las principales corrientes fluviales mencionadas nacen en la Sierra Madre Occidental atravesando una topografía variable que va desde sierras elevadas hasta extensas planicies.

La precipitación en el área tiene como fuente principal al Océano Pacífico y golfo de California que aportan vapor de agua que es transportado hacia el continente por los vientos dominantes. La precipitación es originada por tres factores principales que son el orográfico, el ciclónico y el de convergencia de masas de aire (CFE, 1961)

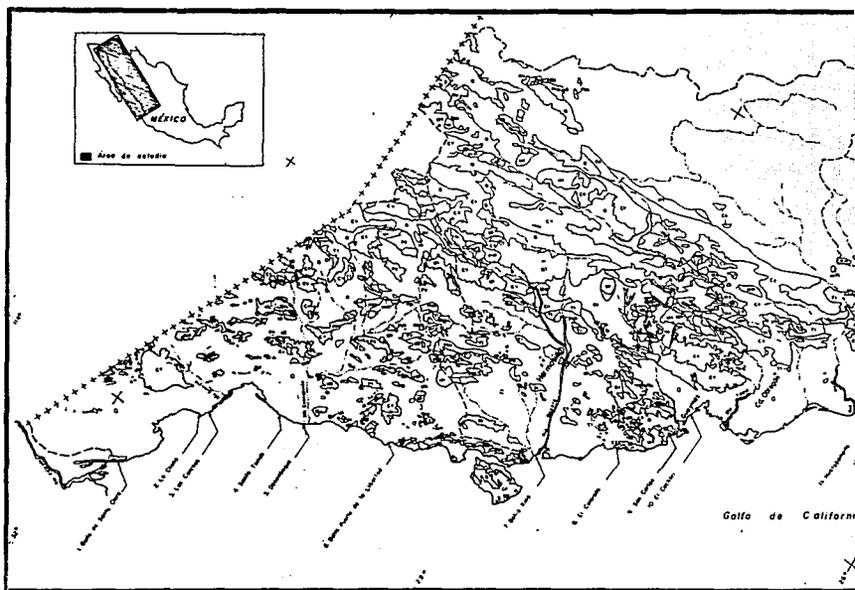
El rango de mareas en las costas de la porción norte del golfo de California es muy amplio, alcanzándose intervalos entre pleamar y bajamar hasta entre 7 y 10 m. (Servicio Mareográfico Nacional, 1980).

Ateniéndose a la relación directa que existe entre el tipo de material presente en una playa y las rocas aledañas como fuente de aporte, se hace necesaria una descripción de la geología de la región (Fig. 2)

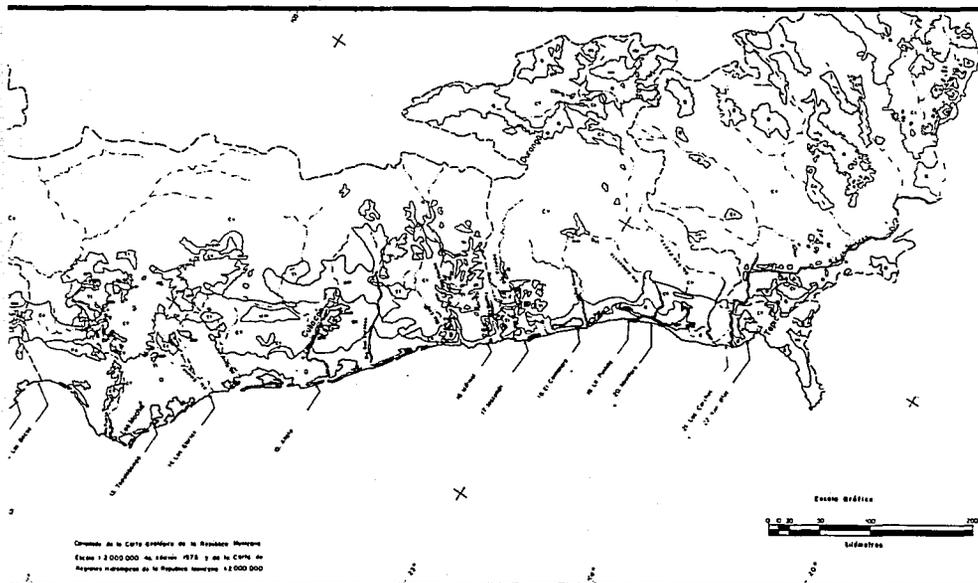
De acuerdo con Alvarez (1962) el área en cuestión pertenece a las provincias fisiográficas de la Zona Desértica de Sonora, de la Llanura Costera de Sinaloa y de la Sierra Madre Occidental.

- a) Zona Desértica de Sonora.- Esta zona está formada por amplias llanuras costeras que hacia el continente se ven interrumpidas bruscamente por numerosas sierras con una orientación general NNW-SSE y que están constituidas por rocas metamórficas precámbricas, lutitas y calizas paleozoicas muy fracturadas y metamorfizadas; calizas, lutitas y areniscas mesozoicas, conglomerados, areniscas así como rocas volcánicas, pórfidos y granitos terciarios. La existencia de estas sierras se atribuye

-->
Continua 1



PALEOANTHROPOLOGÍA



SIMBOLOGÍA

- Paleogeografía
- Línea topográfica
- ~~~~~ Río
- ~ Patrimonio

LEYENDA

- C1** SUELO DEL CUATERNARIO
Deposito de origen glacial, gravas y arena
Residuo de la LAGUNA y TERCERA CUATERNARIA
- C2** RESIDUO DE ORIGEN GLACIAL Y NEOLÍTICO
- M1** CUATERNARIO VOLCANICO
Deposito de origen volcánico y tectónico
- M2** TERCERA CUATERNARIA
Deposito de origen glacial y tectónico
- M3** SEGUNDA CUATERNARIA
Deposito de origen glacial y tectónico
- M4** PRIMERA CUATERNARIA
Deposito de origen glacial y tectónico
- M5** CUATERNARIO TECTONICO
Deposito de origen tectónico y tectónico
- M6** CUATERNARIO TECTONICO
Deposito de origen tectónico y tectónico
- M7** CUATERNARIO TECTONICO
Deposito de origen tectónico y tectónico
- M8** CUATERNARIO TECTONICO
Deposito de origen tectónico y tectónico

Facultad de Ingeniería	UNAM
Fig. 2 Plano geológico e hidrológico del área de estudio	
GALAN ALCALA ANTONIO	
Tesis Profesional	1988

Origen de la Carta Geológica de la Provincia Mexicana
Escala 1:200,000 de la Carta 1:750,000 y de la Carta de
Reserva y desarrollo de la República Mexicana 1:200,000

a . eventos tectónicos que dieron lugar a bloques inclinados y afallados.

- b) Llanura Costera de Sinaloa.- Esta llanura comienza en Mazatlán, donde es bastante estrecha, y continúa hacia el norte ensanchándose hasta alcanzar su mayor amplitud a la altura de la ciudad de Los Mochis. Forma un plano levemente inclinado al SW lo que determina que los cauces de los ríos que la atraviesan sigan un curso perpendicular a la línea de costa. Al sur de Mazatlán, aunque no tan amplia, también existe una llanura costera dentro de la cual quedan comprendidas grandes lagunas litorales.

En esta provincia afloran rocas de variados tipos como son rocas metamórficas del Mesozoico, que incluyen metasedimentarias, metavolcánicas, gneises, esquistos y cuarcitas. Asimismo, hacia la costa predominan depósitos cuaternarios aluviales. También hay afloramientos de rocas clásticas cenozoicas y rocas intrusivas y extrusivas del Terciario.

- c) Sierra Madre Occidental.- En su porción más occidental esta sierra está formada por una zona de sierras y valles paralelos, que consisten de cadenas montañosas longitudinales separadas por valles intermontanos de menor extensión. Estas cadenas son bloques afallados levemente inclinados hacia el este y con escarpes pronunciados hacia el oeste. Litológicamente está

constituída por dos secuencias ígneas. La secuencia basal está formada por rocas volcánicas intermedias y cuerpos ígneos intrusivos. La secuencia superior comprende ignimbritas riolíticas y riódacíticas (Morán, 1985).

De acuerdo a Morán (op cit.) la historia geológica de la región puede resumirse de la siguiente manera:

El basamento de la zona de edad precámbrica, evidencia una serie de eventos ígneos y sedimentarios que son seguidos por un período de metamorfismo intenso. Algunos afloramientos de este basamento están enmarcados por contactos tectónicos y quizás representen parte de la región suroeste del cratón norteamericano.

Hacia fines del Precámbrico y principios del Paleozoico se inicia un período de sedimentación calcárea de plataforma, la que es considerada como una prolongación hacia el sur del Geosinclinal Cordillerano. Este ambiente persiste durante todo el Paleozoico y parte del Triásico, caracterizándose por una subsidencia lenta que se alterna con algunos periodos de compresión y distensión.

Desde el Triásico tardío hasta el Jurásico temprano continúa la sedimentación, sólo que controlada por distintos elementos paleogeográficos que dan lugar a acumulaciones de tipo palustre y a depósitos de antimonio.

A partir del Jurásico comienza en forma paralela una fase de

actividad volcánica asociada a un arco magmático formado por la fusión parcial de la corteza terrestre durante la subducción de una placa paleopacífica en la margen occidental de México. Este fenómeno ocasiona a la vez, dos etapas principales de deformación.

La actividad volcánica es continua durante el Mesozoico, salvo por una interrupción en la que tienen lugar fenómenos tectónicos de corrimiento lateral izquierdo de gran magnitud, que constituyen lo que se ha denominado Megashear Mojave-Sonora.

Para fines del Cretácico, la región que ocupan Sonora y Sinaloa es tierra emergida en donde se emplazan cuerpos plutónicos y ocurren los primeros eventos volcánicos relacionados a la secuencia basal de la Sierra Madre Occidental.

Separados de la anterior secuencia por un período de calma, durante el Oligoceno tardío se reactivan los fenómenos volcánicos en forma de flujos ignimbríticos que complementan al paquete litológico total de la Sierra Madre Occidental.

En el Mioceno cesa la convergencia de la placa paleopacífica al occidente y se inicia el desarrollo del golfo de California, acompañado en las regiones aledañas de Sonora y Sinaloa por una tectónica distensiva de horts y grabens, que continúa hasta el Cuaternario y que es responsable del relieve actual.

III. METODO DE TRABAJO

La primera fase de las actividades realizadas en este trabajo se llevó a cabo a fines de 1983, a través de un recorrido de campo a lo largo del litoral del área de estudio.

Se seleccionaron con anterioridad 22 playas que se definieron como representativas y favorables en cuanto a su acceso y que se refieren en la tabla 1.

El procedimiento en cada una de las estaciones fue llevado sistemáticamente y la información fue condensada en hojas de campo, cubriéndose los siguientes aspectos:

- Registro de la fecha y hora de muestreo.
- Localización de la estación en mapas, referida a rasgos geográficos sobresalientes, designando el nombre con base en información local y de cartas.
- Impresión de fotografías y toma de película de las características sobresalientes.
- Registro de condiciones climáticas locales tales como grado de nubosidad, dirección y fuerza del viento.
- Estimaciones visuales del tipo y magnitud de las rompientes de oleaje.
- Levantamiento del perfil topográfico de playa empleando telémetro, brújula y estadal.
- Excavación de trincheras de forma cúbica de aproximadamente 80 cm por lado, localizadas de preferencia en la zona mesolitoral.

TABLA 1. INDICE DE PLAYAS ESTUDIADAS

- 1.- GOLFO DE SANTA CLARA, SON.
- 2.- LA CHOLLA, SON.
- 3.- LAS CONCHAS, SON.
- 4.- SANTO TOMAS, SON.
- 5.- DESEMBOQUE, SON.
- 6.- BAHIA PUERTO LIBERTAD, SON.
- 7.- BAHIA KINO, SON.
- 8.- EL COLORADO, SON.
- 9.- SAN CARLOS, SON.
- 10.- EL COCHORI, SON.
- 11.- HUATABAMPITO, SON.
- 12.- LAS BOCAS, SON.
- 13.- TOPOLOBAMPO, SIN.
- 14.- LAS GLORIAS, SIN.
- 15.- ALTATA, SIN.
- 16.- MARMOL, SIN.
- 17.- MAZATLAN, SIN.
- 18.- EL CAIMANERO, SIN.
- 19.- LA PUNTILLA, SIN.
- 20.- EL NOVILLERO, NAY.
- 21.- LOS CORCHOS, NAY.
- 22.- SAN BLAS, NAY.

- Obtención de núcleos en tubos de PVC de 40cm de largo por una pulgada de diámetro.
- Definición de las estructuras sedimentarias presentes.
- Estimaciones visuales preliminares del tamaño de grano del sedimento así como su color en húmedo y en seco.
- Determinación y registro de los principales rasgos morfológicos.
- Recolección de muestras superficiales que abarcan las zonas infra, meso y supralitoral y en algunos casos otros puntos de interés.

La información recabada fue clasificada por estado. El total de muestras colectadas fue de 99.

La siguiente fase, correspondiente al análisis del material recabado, se efectuó en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Asimismo, el Centro Médico de la propia UNAM apoyó en la obtención de las radiografías de los núcleos colectados, con el propósito de tener información específica acerca de estructuras sedimentarias y concentraciones de minerales opacos.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo del procesado de muestras, ilustrando paso a paso la secuencia seguida en el análisis granulométrico de arenas de playa, procedimiento propuesto por Folk (1974).

Dicho procedimiento emplea pesos parciales de las muestras, por lo que se requiere que éstas estén completamente secas, para lo

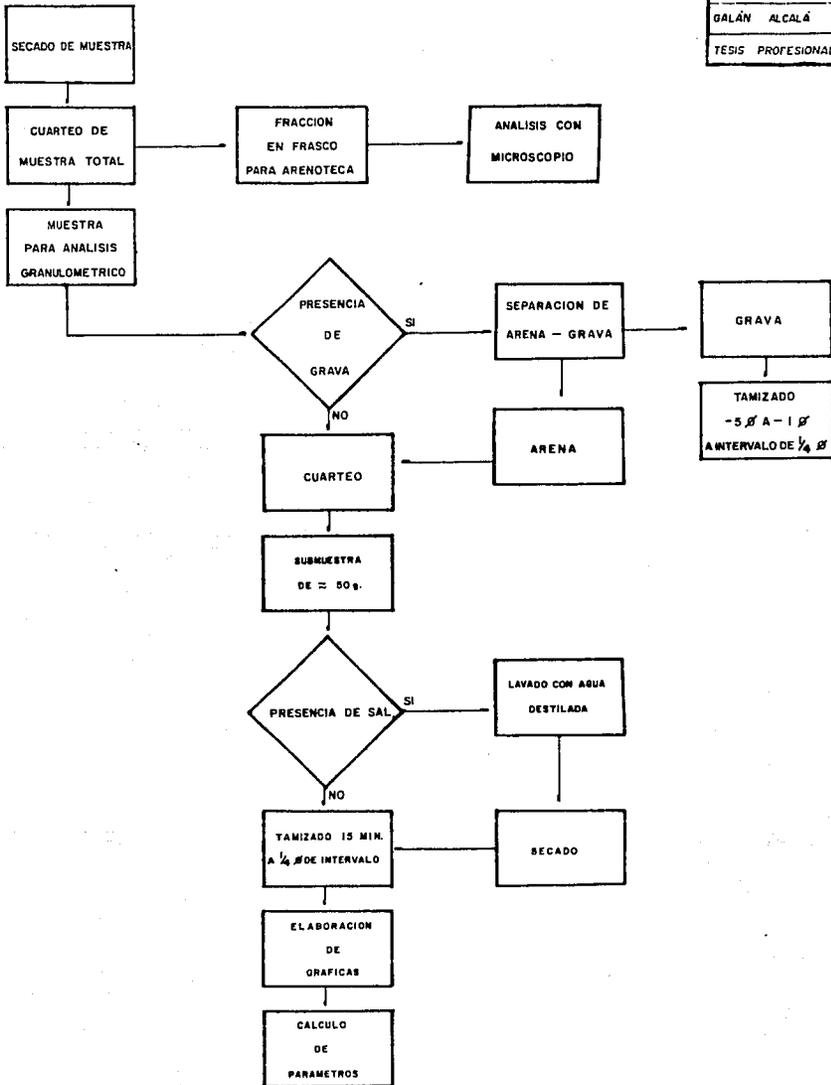


FIG. 3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESADO DE MUESTRAS

cual se vacían en un molde refractario y se exponen al sol o a alguna otra fuente de calor.

En el caso de muestras de arena con un contenido superior al 5% de grava se aplica la misma secuencia, salvo por una separación previa de la fracción de grava -aquella cuyo tamaño de grano es superior a 2 mm de diámetro- la cual es tamizada dentro del rango de -1.00ϕ a -5.50ϕ , a intervalos de $1/4$ de ϕ .

La fracción arenosa es cuarteada a fin de obtener submuestras representativas destinadas a la integración de una arenoteca y para el tamizado dentro del rango de -1.00ϕ a 4.00ϕ , a intervalos de $1/4$ de ϕ .

Los análisis que así lo requieren agrupan los datos de las fracciones de arena y grava a través de un factor de proporcionalidad.

Con la información obtenida se elaboran gráficas en papel de probabilidad de donde resultan los porcentiles necesarios en el cálculo de parámetros estadísticos. A partir de estos datos se realizan los histogramas y las curvas granulométricas.

Por otra parte, la clasificación de muestras de arena en clanes mineralógicos se basa en la determinación de los tres componentes principales que son el cuarzo, los feldespatos y los fragmentos de roca.

Estos datos se agrupan en el triángulo propuesto por Folk (op cit.). La definición de la composición se efectúa con microscopio, empleando la tabla de comparación para estimación

visual de porcentajes (Folk, 1951). La redondez del cuarzo es otro parámetro valioso en la interpretación y se obtiene por comparación con la carta de redondez de Powers (1958).

Cabe indicar, que la fracción de grava fue clasificada tomando como modelo el empleado por Folk et al. (1970) en sedimentos detríticos de Nueva Zelanda.

Complementando el análisis composicional se determina el color en húmedo y en seco de los sedimentos, codificándolo mediante las cartas de color Munsell (Kollmorgen Corp., 1975).

Adicionalmente, la nomenclatura integral de los sedimentos emplea una clasificación ternaria extra que contempla porcentajes de grava, arena y lodo (Folk, 1969).

Por último, la información topográfica se transfirió a perfiles que contienen la localización de los puntos de muestreo y las estructuras sedimentarias predominantes.

IV. GEOMORFOLOGIA LITORAL

Uno de los aspectos sobresalientes de la zona litoral, y en particular del ambiente de playa, es su carácter marcadamente dinámico como respuesta a la acción conjunta y persistente de diversos agentes externos tales como el oleaje, el viento, la marea, la lluvia, etc.

Entre los factores que están sujetos a mayores cambios dentro de una playa está el relieve. La presencia o ausencia de ciertos rasgos morfológicos, como es el caso de las bermas, puede señalar el predominio de procesos de acumulación o de erosión.

Las variaciones de estos cambios en el tiempo pueden ser de carácter estacional, o entre los ciclos pleamar-bajamar, entre una y otra rompiente de oleaje e inclusive en periodos seculares y en milenios.

La configuración global de un perfil de playa está estrechamente relacionada a factores tales como la amplitud de la plataforma continental adyacente y a la amplitud de la llanura costera, que en algunos sitios está limitada por la presencia directa de macizos rocosos. El aporte de material detrítico, principalmente por vías fluvial y litoral, juega también un papel determinante en el desarrollo de la playa.

Una playa se define como la zona de acumulación de material no consolidado que abarca desde el máximo límite de la acción del

oleaje hacia el continente, hasta la línea inferior de marea (Davies, 1978).

Algunos autores difieren ligeramente de esta definición, no obstante que hay rasgos característicos -como las rompientes terminales- que actúan exclusivamente en la playa y que la delimitan con claridad.

Desde el punto de vista del registro geológico, los ambientes modernos de playa son muy recientes, excediendo rara vez los 7000 años de antigüedad (Reineck y Singh, 1975).

Por lo que respecta a la distribución del ambiente de playa, se puede mencionar que está prácticamente extendido en todas las márgenes continentales del mundo, no habiéndose identificado hasta el momento una limitación geográfica.

El desarrollo de una playa parte de una asociación mar-tierra firme, en la que la convergencia de los factores geológicos de uno y otro medio se manifiesta en forma transicional.

El límite de la playa hacia el continente se refleja en un cambio abrupto de la pendiente que suele estar marcado por la presencia de un macizo rocoso, por dunas costeras, por vegetación o también por construcciones antropogénicas (como es el caso de la playa Mazatlán del área de estudio). Una playa posee comúnmente una longitud centenares de veces mayor a su anchura, en tanto que el espesor de sedimento es rara vez superior a los 20 m (Reineck y Singh, op. cit.). Su distribución es casi

continúa a lo largo del límite continental, salvo por interrupciones locales.

En lo que respecta a la definición de las zonas que integran a una playa, durante el programa de "Sedimentología de las playas de México" del ICMYL, se ha venido adoptando la siguiente nomenclatura, que se aplica también al presente trabajo:

Zona infralitoral.- Aquélla que permanece sumergida en el agua permanentemente, aún durante el reflujó de oleaje y con un límite de profundidad igual a 1 m.

Zona mesolitoral.- Aquélla comprendida entre los límites de máximo flujo y de máximo reflujó de oleaje, es decir que está sujeta intermitentemente a humectación.

Zona supralitoral.- Aquélla que va desde el límite de máximo flujo de oleaje hasta la ruptura de pendiente hacia el continente.

La zona costera del área de estudio está caracterizada en lo general por tener una plataforma continental relativamente amplia con respecto al resto de las costas occidentales mexicanas, salvo la margen Oeste de la Península de Baja California y del edo. de Chiapas. Cabe mencionar que en la porción central del área de estudio se presenta un estrechamiento de la plataforma, entre las localidades de Guaymas y Topolobampo, debido a las particularidades tectónicas de esta zona.

De acuerdo con la clasificación morfológica de Inman y Nordstrom (1971) la zona costera estudiada es una costa de plataforma continental estrecha, donde la plataforma tiene una anchura menor que 50 km y tectónicamente corresponde a una costa de arrastre de neo-eje formada cerca de centros de apertura oceánica.

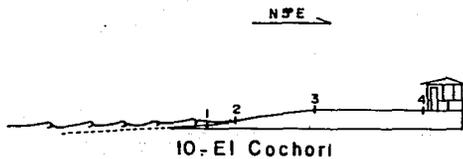
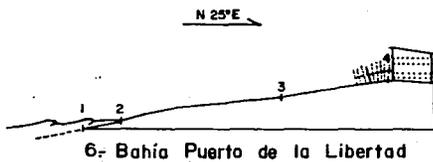
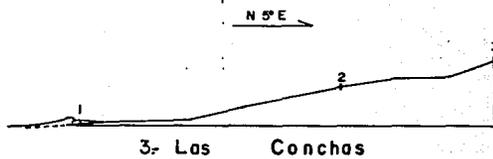
Los principales agentes de transporte son el oleaje, las mareas, las corrientes litorales y en menor proporción el viento.

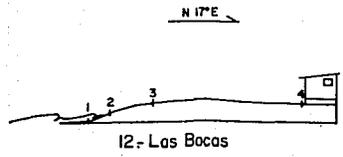
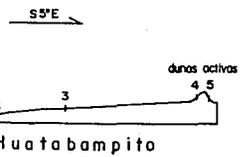
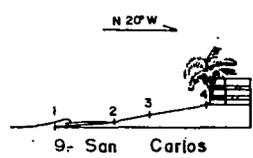
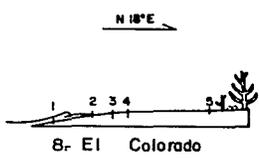
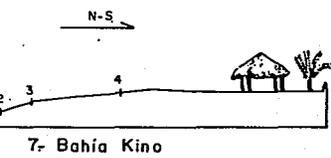
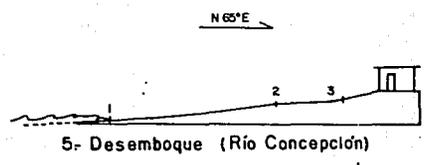
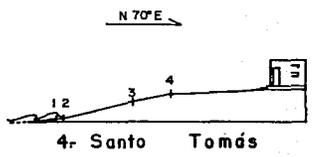
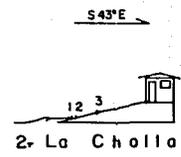
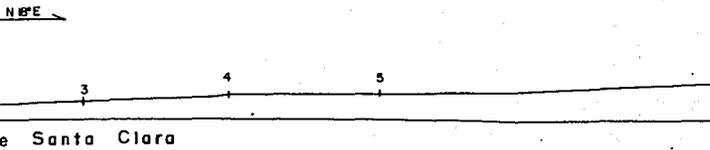
De los perfiles realizados en las 22 playas bajo estudio se establece una generalización por zonas contemplando algunos de los rasgos morfológicos sobresalientes.

La primera playa de NW a SE es el golfo de Santa Clara (Fig. 4). Se trata de una extensa planicie ubicada cerca de 10 km al SE de la desembocadura del río Colorado (Lám. II). Su amplitud es de algo más de 200 m y está sujeta a un gran rango de oscilación de mareas que llega a alcanzar hasta 10.1 m (Sandusky 1969, en Carranza-Edwards et al. en prensa I).

El carácter contrastante que guarda la morfología de esta playa, con respecto a las demás en el área de estudio, es atribuible directamente a la acción de alta energía ejercida por las corrientes de marea y a la existencia de una plataforma continental y una llanura costera extensas. Por supuesto, el aporte de terrígenos del río Colorado es otro factor favorable en el desarrollo de esta playa.

-->
Continua 1





Facultad de Ingeniería	UNAM
Fig. No. 4 Perfiles de Playa del Edo. de Sonora	
GALÁN ALCALÁ ANTONIO	
Tesis Profesional 1988	

Note: La representación horizontal de las olas está fuera de escala.
Los números sobre los perfiles indican la posición de las muestras

Dado que en las inmediaciones hacia el continente se exponen algunas terrazas marinas, el golfo de Santa Clara se muestra como un rasgo local regresivo.

En cada una de las siguientes playas, al igual que en la anterior, se ha encontrado una asociación más o menos clara entre la morfología de la playa y los factores mencionados de plataforma, llanura (incluyendo litología y relieve) y aporte.

La playa La Cholla (Fig. 4) muestra un perfil estrecho y de pendiente muy pronunciada en función de su ubicación protegida por una punta rocosa denominada La Cholla, que limita notoriamente su amplitud (Lám. I2).

Las playas Las Conchas, Santo Tomás, Desemboque, Puerto Libertad y Bahía Kino (Fig. 4) tienen un patrón morfológico homogéneo, en virtud de que se localizan en condiciones semejantes de amplitud de plataforma y de llanura costera. Cabe mencionar que el aporte de material por vía fluvial en estas playas, al igual que en todo el estado de Sonora, es poco significativo a consecuencia del clima desértico prevaleciente en la zona y que se refleja en corrientes intermitentes con baja descarga hacia el golfo de California.

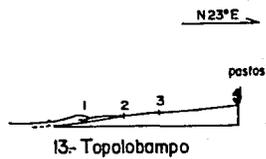
En todas las playas predominan rompientes de derrame, siendo la playa Desemboque la única del grupo en que se presentan cuatro débiles rompientes que corresponden con un relieve algo más suave que en los demás casos.

En particular, la playa Las Conchas tiene como rasgos distintivos la presencia de un arrecife de roca de playa (beach rock) y dos escalones de berma que atestiguan tendencias superpuestas de acumulación o de niveles de tormenta. En contraste con las anteriores, las playas El Colorado y San Carlos (Fig. 4) muestran un relieve suave y un perfil de poca amplitud que se explica por la proximidad de cuerpos rocosos cenozoicos (Lám. I3 y I4) de naturaleza ígnea que restringen el desarrollo de la playa. Aunado a esto, en el área de estas dos playas la plataforma continental se estrecha considerablemente.

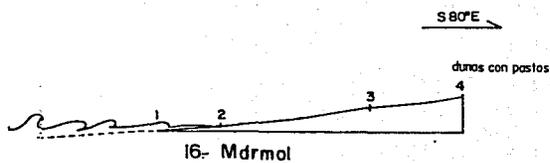
Por su parte las playas El Cochori, Huatabampito y Las Bocas (Fig. 4) presentan un aumento en su amplitud, nuevamente relacionado con una plataforma continental y una llanura costera más extensas y rompientes de baja energía. También es importante la influencia del aporte de los ríos que descargaban grandes cantidades de sedimentos hasta los años 70's. Algunas evidencias de ello se expresan en la forma de paleodeltas.

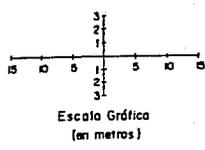
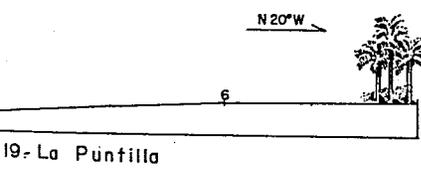
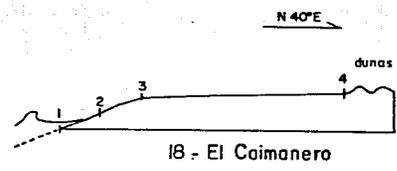
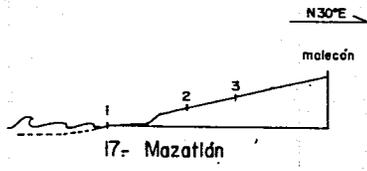
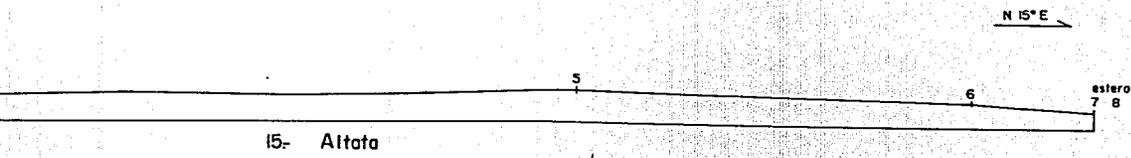
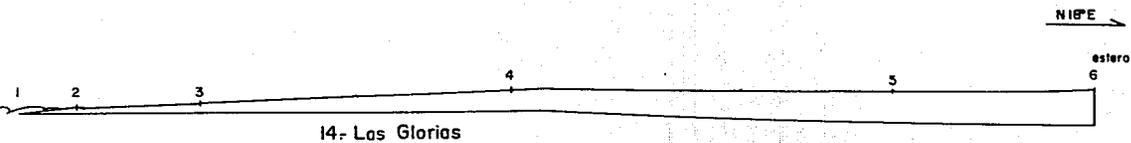
La playa de Topolobampo (Fig. 5) es una playa pequeña, protegida, de pendiente suave, que se desarrolla en un ambiente de mediana energía afectada por olas buzantes.

La energía del oleaje incidente en las playas consideradas hasta aquí, es baja, debido a las dimensiones de las rompientes.



-->
Continua 1





Nota: La representación horizontal de las cimas está fuera de escala.
Los números sobre el perfil indican la posición de las muestras.

Facultad de Ingeniería	UNAM
Fig. No. 5 Perfiles de Playa del Edo. de Singa	
GALÁN ALCALÁ ANTONI	
Tesis Profesional	1988

Un fuerte contraste se inicia con las playas Las Glorias y Altata en Sinaloa (Fig. 5), en donde tanto las condiciones climáticas, como las de energía del oleaje son diferentes. La línea de costa en esta zona es muy irregular, mostrando entrantes y salientes sinuosas así como una gran cantidad de tómbolos de y barras.

La morfología en esta región se ve afectada por un elemento adicional, el Océano Pacífico, el cual deja sentir su influencia en forma de olas buzantes de moderada altitud.

Las Glorias y Altata (Lám. 15) son grandes superficies llanas de más de 160 m de amplitud, caracterizadas por fuerte erosión -que se genera entre otros aspectos a través de ciclones- dando lugar a un relieve suave de pendiente baja. Esto último puede coincidir con la consideración de Carranza, et al. (en prensa II), quienes para algunas playas del estado de Oaxaca asocian un perfil suave y extenso con olas de alta energía grandes y pronunciadas. No obstante, queda bajo cuestión el hecho de que la Llanura Costera del Pacífico sea considerada como una zona de crecimiento de una planicie construida al desarrollarse un sistema de deltas, los cuales han avanzado gradualmente hacia el occidente ya que:

"... la zona está limitada al oeste por un litoral con desarrollo de acumulaciones arenosas producto de la acción de las corrientes litorales, las mareas y el oleaje, que han retrabajado los sedimentos deltaicos y dando lugar a la formación de barras, tómbolos y flechas" (Morán, 1985)

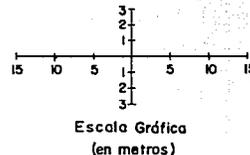
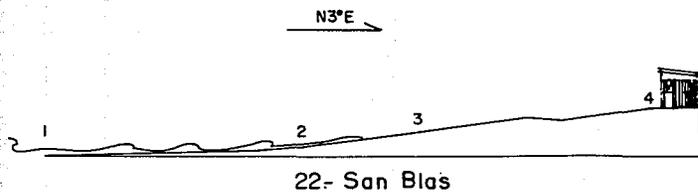
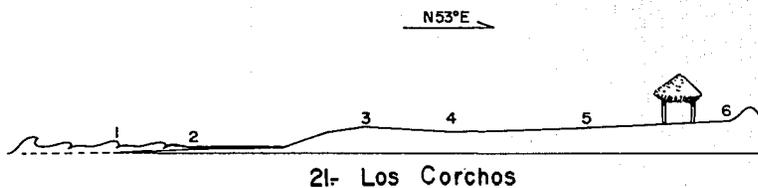
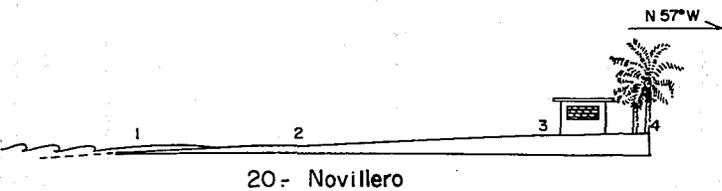
Las playas Mármol (Lám. 16), Mazatlán y El Caimanero (Fig. 5 y Lám. 17) presentan una pendiente pronunciada asociada a la incidencia de rompientes buzantes y se caracterizan por poseer una estrecha llanura costera con afloramientos de la Sierra Madre Occidental próximos y en donde la plataforma continental posee una amplitud regular.

Por último, las playas La Puntilla (Fig. 5), Novillero, Los Corchos y San Blas (Fig. 6), son amplias con una anchura promedio de 80 m. La energía del oleaje es de menor intensidad, siendo la plataforma continental de una amplitud mayor.

Resulta interesante estimar el carácter erosivo o acumulativo que se presenta en la playa. Algunas consideraciones generales son dadas por Ottman (1967), señalando que las playas que poseen en sus partes bajas un relieve cóncavo y en las altas un perfil convexo son playas en crecimiento. Así, las playas 3,4,5,7,9,10,11,12,16,21 y 22 del área de estudio, al tener una configuración de este tipo puede considerarse que son playas en desarrollo.

Las playas golfo de Santa Clara, en Sonora y las Glorias y Altata, en Sinaloa, presentan claras evidencias de erosión local, que deben ser consideradas antes de decidir la ejecución de algún proyecto de ingeniería civil en el área. Sin embargo, cada caso específico requerirá de un análisis detallado de factores tales como: acción de corrientes litorales tipo y energía del oleaje, perfil del relieve, entre otros.

-->
Continua 1



Nota: La representación horizontal de las olas está fuera de escala.

Facultad de Ingeniería

UNAM

Fig. No.6 Perfiles de Playa del Edo de Nayarit

GALÁN ALCALÁ ANTONIO

Tesis Profesional 1988

V. ANALISIS GRANULOMETRICO

La granulometría dentro de la sedimentología es una de las herramientas tradicionales básicas para hacer una estimación de las condiciones del ambiente de depósito, que están muy relacionadas a los factores hidrodinámicos.

La idea fundamental parte de una valoración causa-efecto de características tales como tamaño de los granos, clasificación, forma, etc.

En el ambiente de playa es usual la presencia de sedimentos arenosos y gravillentos que son índice del alto nivel de energía que lo caracteriza.

Sólo en casos excepcionales se presentan anomalías en cuanto al tamaño del material, siendo atribuibles a niveles de energía y aportes muy particulares.

En este trabajo se adoptan los criterios de estudio propuestos por Folk (1969) para parámetros texturales. De manera general, esta evaluación consiste de un análisis estadístico de una población de granos de arena.

Los parámetros referidos son el tamaño gráfico promedio, la desviación estándar gráfica inclusiva, la asimetría gráfica inclusiva y la curtosis gráfica. Sus fórmulas y límites se presentan en la tabla 2.

TABLA 2. FORMULAS Y LIMITES DE PARAMETROS ESTADISTICOS (FOLK, 1969)

PARAMETROS Y FORMULAS	LIMITES
<p>TAMAÑO GRAFICO PROMEDIO</p> $Mz = \frac{\phi_{116} + \phi_{150} + \phi_{184}}{3}$	<p>MATATENAS PEQUEÑAS: -3phi a -2phi (8 a 2mm) GRANULOS : -2phi a -1phi (4 a 2mm) ARENA MUY GRUESA : -1phi a 0phi (2 a 1mm) ARENA GRUESA : 0phi a 1phi (1 a 0.5mm) ARENA MEDIANA : 1phi a 2phi (0.5 a 0.25mm) ARENA FINA : 2phi a 3phi (0.25 a 0.125mm) ARENA MUY FINA : 3phi a 4phi (0.125 A 0.0625m)</p>
<p>DESVIACION ESTANDAR GRAFICA INCLUSIVA</p> $G1 = \frac{\phi_{184} - \phi_{116}}{4} + \frac{\phi_{195} - \phi_{15}}{6.6}$	<p>MUY BIEN CLASIFICADO: MENOR QUE 0.35phi BIEN CLASIFICADO: 0.35phi a 0.50phi MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADO: 0.50phi A 0.71phi MODERADAMENTE CLASIFICADO: 0.71phi a 1.00phi MAL CLASIFICADO: 1.00phi a 2.00phi MUY MAL CLASIFICADO: 2.00phi a 4.00phi EXTREMADAMENTE MAL CLASIFICADO: MAYOR QUE 4.00phi</p>
<p>GRADO DE ASIMETRIA GRAFICA INCLUSIVA</p> $Ski = \frac{\phi_{116} + \phi_{184} - 2\phi_{150}}{2(\phi_{184} - \phi_{116})} + \frac{\phi_{15} + \phi_{195} - 2\phi_{150}}{2(\phi_{195} - \phi_{15})}$	<p>MUY ASIMETRICO HACIA FINOS: 1.00 a 0.30 ASIMETRICO HACIA FINOS: 0.30 a 0.10 SIMETRICO: 0.10 a -0.10 ASIMETRICO HACIA GRUESOS: -0.10 a -0.30 MUY ASIMETRICO HACIA GRUESOS: -0.30 a -1.00</p>
<p>CURTOSIS</p> $Ka = \frac{\phi_{195} - \phi_{15}}{2.44(\phi_{175} - \phi_{125})}$	<p>MUY PLATICURTICO: MENOR QUE 0.67 PLATICURTICO: 0.67 a 0.90 MESOCURTICO: 0.90 a 1.11 LEPTOCURTICO: 1.11 a 1.50 MUY LEPTOCURTICO: 1.50 a 3.00 EXTREMADAMENTE LEPTOCURTICO: MAYOR QUE 3.00</p>

El procedimiento para realizar el análisis ha sido ya detallado en el capítulo III y los resultados se exponen en las tablas 3, 4 y 5 y en las figuras 7 a 13.

El tamaño de grano es una medida de la energía del medio de depósito y depende del tamaño original de las partículas aportadas.

La clasificación está dada por la desviación estándar y es función de la granulometría del material aportado, del tipo de depósito, de los tipos y velocidad de corrientes así como de la diversidad de la composición.

La asimetría y la curtosis indican el grado de aproximación de la distribución de tamaño a la distribución normal.

Con base en los parámetros texturales obtenidos y que figuran en la tabla 4, se hizo la descripción de los sedimentos asignándoles una nomenclatura según (Folk, 1969), que se expresa en la tabla 5.

Esta información aunada a la presentada en la Fig. 7 (histogramas sobre medidas de tamaño, asimetría y curtosis) permite conocer la distribución y proporción de los tipos de sedimentos dominantes en el área de estudio.

Así, en toda la región se observa un predominio de arenas finas, bien clasificadas, simétricas y asimétricas hacia los tamaños gruesos y que van de mesocúrticas a leptocúrticas.

MUESTRA	phi 5	phi 16	phi 25	phi 50	phi 75	phi 84	phi 95	GRAVA (%)	ARENA (%)	LODO (%)
1.1	0.39	1.62	1.71	1.95	2.16	2.28	2.67	--	99.97	0.03
1.2	0.42	1.63	1.72	1.97	2.16	2.26	2.63	--	99.97	0.03
1.3	0.96	1.27	1.39	1.64	1.90	2.04	2.45	--	99.97	0.03
1.4	0.66	1.11	1.28	1.58	1.84	1.97	2.22	--	99.99	0.01
1.5	0.46	0.95	1.19	1.54	1.77	1.91	2.19	--	99.98	0.02
1.6	0.02	1.28	1.40	1.64	1.88	2.03	2.33	--	99.95	0.05
2.1	2.58	-1.80	-1.34	0.13	1.33	1.68	2.42	31.77	68.22	0.01
2.2	0.78	-0.23	0.38	1.10	1.64	2.00	2.66	--	99.98	0.02
2.3	0.04	1.39	1.53	1.88	2.22	2.36	2.62	--	99.98	0.02
3.1	1.30	1.48	1.53	1.64	1.76	1.82	1.99	--	99.95	0.05
3.2	-0.01	0.31	0.49	0.82	1.24	1.41	1.62	--	99.98	0.02
3.3	-3.56	-1.56	-0.55	-0.74	1.20	1.39	1.67	22.81	77.17	0.02
4.1	-4.13	-3.39	-2.87	-0.95	-0.54	-0.84	1.48	49.43	50.56	0.01
4.2	-4.53	-3.24	-2.16	-0.11	0.49	0.70	1.11	33.33	66.66	0.01
4.3	0.25	0.68	0.86	1.36	1.78	1.84	2.12	--	99.98	0.02
4.4	0.64	0.88	0.99	1.19	1.42	1.62	1.79	--	99.97	0.03
5.1	1.22	1.60	1.73	2.02	2.24	2.37	2.59	--	99.92	0.08
5.2	1.10	1.59	1.74	2.03	2.22	2.31	2.52	--	99.98	0.02
5.3	1.81	2.02	2.09	2.24	2.42	2.52	2.72	--	99.94	0.06
6.1	-5.06	-3.73	-3.00	-1.56	-0.44	-0.03	2.59	62.20	37.78	0.02
6.2	-4.10	-2.45	-1.78	-0.46	1.38	2.49	2.92	38.22	61.76	0.02
6.3	-5.11	-5.02	-4.75	-2.82	-1.08	1.45	2.54	76.76	23.23	0.01
6.4	-4.58	-3.36	-2.91	-0.27	1.54	1.97	2.54	40.51	59.43	0.06
7.1	0.56	1.24	1.55	2.17	2.63	2.76	2.99	--	99.94	0.06
7.2	1.47	1.94	2.14	2.56	2.77	2.87	3.06	--	99.92	0.08
7.3	0.88	1.43	1.64	2.12	2.49	2.63	2.86	--	99.94	0.06
7.4	0.70	1.04	1.21	1.53	1.83	1.99	2.28	--	99.94	0.06
8.1	-4.42	-3.73	-3.39	-2.13	0.11	0.52	1.05	58.30	41.70	--
8.2	0.02	0.23	0.37	0.67	1.02	1.18	1.49	--	99.98	0.02
8.3	-0.37	0.08	0.37	1.71	2.36	2.56	2.81	--	99.94	0.06
8.4	-5.67	-5.57	-5.51	1.64	2.33	2.53	2.78	35.61	64.36	0.03
8.5	-0.05	0.33	0.53	0.98	1.72	2.10	2.64	--	99.93	0.07
9.1	-0.72	0.55	1.09	1.80	2.25	2.47	2.79	--	99.96	0.04
9.2	1.97	2.21	2.34	2.64	2.89	3.02	3.28	--	99.93	0.07
9.3	-2.62	-1.34	-0.74	1.53	2.55	2.77	3.08	22.78	77.20	0.02
9.4	-5.10	-4.69	-3.99	-0.72	2.05	2.40	2.84	44.87	55.1	0.03
10.1	1.85	2.56	2.71	3.01	3.28	3.39	3.62	--	99.32	0.68
10.2	2.16	2.57	2.68	2.90	3.12	3.23	3.46	--	99.69	0.31
10.3	0.73	1.70	1.98	2.42	2.74	2.85	3.07	--	99.86	0.14
10.4	1.51	1.78	1.93	2.21	2.54	2.66	2.95	--	99.74	0.26
11.1	1.41	2.18	2.53	2.84	3.10	3.21	3.39	--	99.77	0.23
11.2	2.12	2.56	2.68	2.93	3.15	3.25	3.44	--	99.63	0.37
11.3	1.67	2.04	2.21	2.61	2.86	2.99	3.22	--	99.65	0.35
11.4	1.95	2.18	2.31	2.61	2.83	2.96	3.23	--	99.64	0.36
11.5	1.74	2.01	2.12	2.43	2.72	2.86	3.19	--	99.32	0.68
11.6	2.07	2.58	2.67	2.90	3.17	3.30	3.49	--	99.53	0.47
12.1	-3.67	-2.81	-2.07	-0.93	-0.23	0.08	1.81	47.65	52.33	0.02
12.2	-0.05	0.37	0.54	0.82	1.13	1.31	2.10	--	99.96	0.04
12.3	-5.58	1.05	1.37	1.87	2.32	2.51	2.75	9.37	90.60	0.03
12.4	-0.29	0.72	1.23	1.91	2.39	2.57	2.81	--	99.91	0.09

TABLA 3. PORCENTILES Y PORCENTAJES DE ARENA, GRAVA Y LODO

MUESTRA	phi 5	phi 16	phi 25	phi 50	phi 75	phi 84	phi 95	GRAVA	ARENA	LODO
								(%)	(%)	(%)
13.1	1.64	2.02	2.22	2.58	2.85	2.98	3.27	--	99.78	0.22
13.2	1.84	2.17	2.35	2.67	2.92	3.04	3.26	--	99.89	0.11
13.3	1.99	2.23	2.35	2.61	2.84	2.94	3.20	--	99.89	0.11
13.4	2.12	2.29	2.43	2.63	3.82	2.94	3.25	--	99.97	0.03
14.1	1.67	2.04	2.22	2.59	2.86	2.98	3.26	--	99.84	0.16
14.2	1.74	2.02	2.18	2.55	2.81	2.93	3.18	--	99.88	0.12
14.3	1.87	2.14	2.30	2.63	2.91	3.04	3.32	--	99.81	0.19
14.4	2.36	2.59	2.69	2.88	3.09	3.23	3.45	--	99.71	0.29
14.5	1.98	2.19	2.31	2.57	2.82	2.95	3.37	--	99.65	0.35
14.6	2.17	2.39	2.51	2.71	2.92	3.05	3.38	--	99.45	0.55
15.1	1.06	1.39	1.52	1.94	2.39	2.56	2.82	--	99.97	0.03
15.2	1.32	1.66	1.87	2.28	2.62	2.76	3.03	--	99.98	0.02
15.3	1.36	1.61	1.73	2.14	2.51	2.63	2.88	--	99.98	0.02
15.4	1.90	2.15	2.26	2.54	2.76	2.90	3.23	--	99.90	0.01
15.5	1.46	1.72	1.91	2.29	2.62	2.74	2.98	--	99.95	0.05
15.6	2.03	2.28	2.45	2.70	2.99	3.19	3.48	--	99.88	0.12
15.7	1.39	1.72	1.97	2.42	2.75	2.90	3.25	--	99.81	0.19
15.8	1.89	2.18	2.33	2.62	2.87	2.99	3.37	--	99.68	0.32
16.1	-4.19	-3.80	-3.00	0.63	2.23	2.42	2.68	39.35	60.63	0.02
16.2	2.02	2.22	2.31	2.50	2.68	2.77	2.97	--	99.95	0.05
16.3	1.48	1.98	2.13	2.47	2.74	2.90	3.24	--	99.94	0.06
16.4	1.78	2.12	2.24	2.58	2.79	2.92	3.23	--	99.96	0.04
17.1	-5.28	-4.27	-3.05	-1.12	-0.33	-0.04	1.33	53.01	46.98	0.01
17.2	-0.28	-0.46	0.69	1.13	1.44	1.57	1.91	--	99.99	0.01
17.3	-0.27	-0.46	0.70	1.14	1.47	1.61	1.98	--	99.99	0.01
18.1	0.70	1.02	1.17	1.48	1.74	1.89	2.14	--	99.99	0.01
18.2	0.73	1.02	1.16	1.44	1.69	1.84	2.13	--	99.99	0.01
18.3	0.64	0.92	1.08	1.42	1.69	1.83	2.09	--	99.99	0.01
18.4	0.77	1.11	1.26	1.56	1.82	1.97	2.22	--	99.97	0.03
19.1	0.81	0.60	0.78	1.43	2.46	2.67	2.98	--	99.97	0.03
19.2	0.24	0.62	0.76	1.38	2.32	2.61	2.93	--	99.92	0.08
19.3	0.55	0.94	1.18	1.80	2.40	2.59	2.91	--	99.91	0.09
19.4	0.38	0.73	0.92	1.37	1.92	2.17	2.60	--	99.97	0.03
19.5	1.53	1.89	2.06	2.41	2.69	2.79	3.01	--	99.96	0.04
19.6	1.86	2.11	2.21	2.49	2.71	2.83	3.14	--	99.98	0.02
20.1	1.73	2.22	2.46	2.77	3.01	3.13	3.33	--	99.90	0.10
20.2	1.55	2.13	2.38	2.71	2.97	3.09	3.31	--	99.92	0.08
20.3	1.54	2.15	2.32	2.62	2.92	3.06	3.28	--	99.93	0.07
20.4	1.46	1.98	2.27	2.58	2.84	2.98	3.17	--	99.94	0.06
21.1	1.58	1.84	1.99	2.33	2.67	2.81	3.17	--	99.85	0.15
21.2	2.04	2.27	2.45	2.70	2.97	3.13	3.55	--	99.40	0.60
21.3	1.79	2.14	2.34	2.69	3.02	3.25	3.62	--	99.54	0.46
21.4	1.68	2.07	2.28	2.54	2.98	3.19	3.52	--	99.38	0.62
21.5	2.47	2.67	2.74	3.03	3.42	3.59	3.82	--	99.30	0.70
21.6	2.43	2.66	2.74	2.99	3.39	3.53	3.79	--	99.30	0.70
22.1	2.02	2.30	2.49	2.79	3.09	3.24	3.50	--	99.67	0.33
22.2	1.90	2.17	2.32	2.67	2.94	3.08	3.35	--	99.85	0.15
22.3	2.08	2.31	2.47	2.73	2.98	3.10	3.35	--	99.82	0.18
22.4	2.08	2.29	2.44	2.69	2.93	3.07	3.49	--	99.41	0.59

TABLA 4. PARAMETROS TEXTURALES DE LOS SEDIMENTOS Y PENDIENTES DEL FRENTE DE PLAYA.

HUESTRA	Mz	σ_1	Ski	K _o	POSICION	GRADOS DE LA PENDIENTE DEL FRENTE DE PLAYA
1.1	1.95	0.36	0.06	1.17	I	
1.2	1.95	0.34	0.01	1.13	H	
1.3	1.65	0.42	0.06	1.20	S	0.81° *
1.4	1.55	0.45	-0.14	1.14	S	
1.5	1.47	0.50	-0.24	1.22	S	
1.6	1.65	0.39	0.05	1.12	S	
2.1	0.00	1.63	-0.10	0.77	I	
2.2	0.96	1.08	-0.14	1.12	H	7.13°
2.3	1.68	0.48	-0.03	0.94	S	
3.1	1.65	0.19	0.04	1.23	I	
3.2	0.85	0.52	0.03	0.89	H	4.10°
3.3	-0.48	2.03	-0.69	1.22	S	
4.1	-1.17	1.91	-0.14	0.77	I	
4.2	-0.88	1.84	-0.58	0.87	H	
4.3	1.29	0.57	-0.18	0.83	M	5.31°
4.4	1.23	0.36	0.10	1.10	S	
5.1	2.00	0.40	-0.13	1.10	I	
5.2	1.98	0.40	-0.27	1.21	M	2.81°
5.3	2.26	0.26	0.07	1.08	S	
6.1	-1.77	2.08	-0.04	1.23	I	
6.2	-0.14	2.30	0.08	0.91	M	
6.3	-2.13	2.78	0.36	0.85	H	4.48°
6.4	-0.55	2.41	-0.19	0.66	S	
7.1	2.06	0.75	-0.27	0.92	I	
7.2	2.46	0.47	-0.35	1.03	H	3.92°
7.3	2.06	0.60	-0.20	0.95	S	
7.4	1.52	0.48	-0.04	1.04	S	
8.1	-1.78	1.89	0.21	0.64	I	
8.2	0.69	0.46	0.95	0.93	H	
8.3	1.45	1.10	-0.31	0.66	M	4.35°
8.4	-0.47	3.31	-0.76	0.44	S	
8.5	1.14	0.85	0.25	0.93	S	
9.1	1.61	1.01	-0.37	1.24	I	
9.2	2.62	0.40	-0.04	0.98	M	1.16°
9.3	0.99	1.89	-0.43	0.71	S	
9.4	-1.00	2.98	-0.11	0.54	S	
10.1	2.99	0.48	-0.20	1.27	I	
10.2	2.90	0.36	-0.07	1.21	M	2.92°
10.3	2.32	0.74	-0.20	1.60	S	
10.4	2.22	0.44	0.03	0.97	S	

I = INFRALITORAL M = MESOLITORAL S = SUPRALITORAL
 * PENDIENTE DEL PERFIL DE PLAYA TOTAL

TABLA 4. PARAMETROS TEXTURALES DE LOS SEDIMENTOS Y PENDIENTES DEL FRENTE DE PLAYA. (CONTINUACION)

HUESTRA	Mz	σ_1	Ski	K_m	POSICION	GRADOS DE LA PENDIENTE DEL FRENTE DE PLAYA
11.1	2.74	0.56	-0.36	1.42	I	3.07°
11.2	2.91	0.37	-0.15	1.15	M	
11.3	2.55	0.47	-0.20	0.97	S	
11.4	2.58	0.39	-0.07	1.01	S	
11.5	2.43	0.43	-0.03	0.99	S	
11.6	2.93	0.40	-0.03	1.16	I	5.23°
12.1	-1.22	1.55	-0.15	1.22	I	
12.2	0.83	0.56	0.12	1.49	H	
12.3	1.81	1.63	-0.46	3.59	S	
12.4	1.73	0.93	-0.35	1.10	S	
13.1	2.53	0.49	-0.16	1.06	I	4.15°
13.2	2.63	0.43	-0.16	1.02	M	
13.3	2.59	0.36	-0.05	1.01	S	
13.4	2.62	0.33	0.03	1.19	S	
14.1	2.54	0.48	-0.16	1.02	I	
14.2	2.50	0.45	-0.15	0.94	M	
14.3	2.60	0.45	-0.07	0.97	M	
14.4	2.90	0.33	-0.07	1.12	M	
14.5	2.57	0.40	0.08	1.12	S	
14.6	2.72	0.35	0.07	1.21	S	2.00°
15.1	1.96	0.56	0.03	0.83	I	
15.2	2.23	0.53	-0.13	0.93	M	
15.3	2.13	0.48	-0.03	0.80	M	
15.4	2.53	0.39	0.00	1.09	S	
15.5	2.25	0.49	-0.11	0.88	S	6.89°
15.6	2.72	0.45	0.76	1.10	S	
15.7	2.35	0.58	-0.15	0.98	S	
15.8	2.60	0.43	-0.04	1.12	S	
16.1	-0.25	2.60	-0.41	0.54	I	
16.2	2.50	0.28	-0.01	1.05	M	10.95°
16.3	2.45	0.50	-0.09	1.18	S	
16.4	2.54	0.42	-0.13	1.08	S	
17.1	-1.81	1.00	-0.37	1.02	I	
17.2	1.05	0.61	-0.25	1.20	M	
17.3	1.07	0.63	-0.27	1.20	S	4.24°
18.1	1.46	0.44	-0.07	1.04	I	
18.2	1.44	0.43	-0.01	1.12	M	
18.3	1.39	0.45	-0.09	0.97	S	
18.4	1.55	0.44	-0.07	1.06	S	
19.1	1.57	0.94	-0.15	0.68	I	4.24°
19.2	1.54	0.91	0.19	0.71	I	
19.3	1.78	0.77	-0.05	0.79	M	
19.4	1.42	0.70	0.11	0.91	M	
19.5	2.36	0.45	-0.17	0.96	M	
19.6	2.48	0.37	-0.02	1.05	S	

I = INFRA LITORAL II = MESOLITORAL S = SUPRALITORAL

TABLA 4. PARAMETROS TEXTURALES DE LOS SEDIMENTOS Y PENDIENTES DEL FRENTE DE PLAYA. (CONTINUACION)

HUESTRA	Mz	σ_1	Ski	K_m	POSICION	GRADOS DE LA PENDIENTE DEL FRENTE DE PLAYA
20.1	2.71	0.47	-0.27	1.19	I	0.45°
20.2	2.64	0.51	-0.26	1.22	M	
20.3	2.61	0.49	-0.14	1.19	S	
20.4	2.51	0.51	-0.26	1.23	S	
21.1	2.33	0.48	0.02	0.96	I	1.22°
21.2	2.70	0.44	0.06	1.19	M	
21.3	2.69	0.56	0.01	1.10	S	
21.4	2.60	0.56	0.11	1.08	S	
21.5	3.10	0.44	0.19	0.81	S	
21.6	3.06	0.42	0.21	0.86	S	1.01°
22.1	2.78	0.46	-0.04	1.01	I	
22.2	2.64	0.45	-0.08	0.96	M	
22.3	2.71	0.39	-0.04	1.02	S	
22.4	2.68	0.41	0.06	1.18	S	

I = INFRALITORAL M = MESOLITORAL S = SUPRALITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA. TESIS PROFESIONAL. GALAN-ALCALA, 1988.

TABLA 5. NOMENCLATURA TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS

1.1	ARENA MEDIANA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
1.2	ARENA MEDIANA, MUY BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
1.3	ARENA MEDIANA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
1.4	ARENA MEDIANA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
1.5	ARENA MEDIANA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
2.1	GRAVA DE GRANULOS ARENOSA, MAL CLASIFICADA, SIMETRICA, PLATICURTICA
2.2	ARENA MEDIANA, MAL CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
2.3	ARENA MEDIANA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
3.1	ARENA MEDIANA, MUY BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
3.2	ARENA GRUESA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, PLATICURTICA
3.3	ARENA GRUESA CON MATATENAS PEQUEÑAS, MUY MAL CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
4.1	GRAVA DE MATATENAS PEQUEÑAS ARENOSA, MAL CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, PLATICURTICA
4.2	GRAVA DE MATATENAS PEQUEÑAS ARENOSA, MAL CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA GRUESOS, PLATICURTICA
4.3	ARENA MEDIANA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, PLATICURTICA
4.4	ARENA MEDIANA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
5.1	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
5.2	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
5.3	ARENA FINA, MUY BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
6.1	GRAVA DE MATATENAS PEQUEÑAS ARENOSA, MUY MAL CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
6.2	GRAVA DE MATATENAS PEQUEÑAS ARENOSA, MUY MAL CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
6.3	GRAVA DE MATATENAS MEDIANAS ARENOSA, MUY MAL CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA FINOS, PLATICURTICA
6.4	GRAVA DE MATATENAS MEDIANAS ARENOSA, MUY MAL CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, PLATICURTICA
7.1	ARENA FINA, MODERADAMENTE CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
7.2	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
7.3	ARENA FINA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
7.4	ARENA MEDIANA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA

TABLA 5. NOMENCLATURA TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS (CONTINUACION)

8.1	GRAVA DE MATATENAS MEDIANAS ARENOSA, MAL CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA FINOS, PLATICURTICA
8.2	ARENA GRUESA, BIEN CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA FINOS, MESOCURTICA
8.3	ARENA MEDIANA, MUY ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MUY PLATICURTICA
8.4	GRAVA DE MATATENAS MUY GRANDES ARENOSA, MUY MAL CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MUY PLATICURTICA
8.5	ARENA GRUESA MODERADAMENTE, CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA FINOS, MESOCURTICA
9.1	ARENA MEDIANA, MAL CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
9.2	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
9.3	ARENA MEDIANA CON GRANULOS, MAL CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA GRUESOS, PLATICURTICA
9.4	GRAVA DE MATATENAS GRANDES ARENOSA, MUY MAL CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, PLATICURTICA
10.1	ARENA MUY FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESO, LEPTOCURTICA
10.2	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
10.3	ARENA FINA, MODERADAMENTE CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MUY LEPTOCURTICA
10.4	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
11.1	ARENA FINA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
11.2	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
11.3	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
11.4	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
11.5	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
11.6	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA Y LEPTOCURTICA
12.1	GRAVA DE MATATENAS PEQUEÑAS ARENOSA, MAL CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
12.2	ARENA GRUESA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, ASINETRICA HACIA FINOS, LEPTOCURTICA
12.3	ARENA MEDIANA CON MATATENAS GRANDES, HAL CLASIFICADAS, MUY ASIMETRICAS HACIA GRUESOS, EXTREMADAMENTE LEPTOCURTICA
12.4	ARENA MEDIANA, MODERADAMENTE CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
13.1	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
13.2	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
13.3	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
13.4	ARENA FINA, MUY BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA

TABLA 5. NOMENCLATURA TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS (CONTINUACION)

14.1	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
14.2	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
14.3	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
14.4	ARENA FINA, MUY BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
14.5	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
14.6	ARENA FINA, MUY BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
15.1	ARENA MEDIANA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, PLATICURTICA
15.2	ARENA FINA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
15.3	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, PLATICURTICA
15.4	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
15.5	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, PLATICURTICA
15.6	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA FINOS, MESOCURTICA
15.7	ARENA FINA CON ALGO DE GRAVA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
15.8	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
16.1	GRAVA DE MATATENAS PEQUEÑAS ARENOSA, MUY MAL CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MUY PLATICURTICA
16.2	ARENA FINA MUY BIEN CLASIFICADA SIMETRICA, MESOCURTICA
16.3	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
16.4	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
17.1	GRAVA DE MATATENAS PEQUEÑAS, MODERADAMENTE CLASIFICADA, MUY ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
17.2	ARENA MEDIANA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
17.3	ARENA MEDIANA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
18.1	ARENA MEDIANA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
18.2	ARENA MEDIANA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
18.3	ARENA MEDIANA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
18.4	ARENA MEDIANA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA

TABLA 5. NOMENCLATURA TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS (CONTINUACION)

19.1	ARENA MEDIANA, MODERADAMENTE CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, PLATICURTICA
19.2	ARENA MEDIANA, MODERADAMENTE CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA FINOS, PLATICURTICA
19.3	ARENA MEDIANA, MODERADAMENTE CLASIFICADA, SIMETRICA, PLATICURTICA
19.4	ARENA MEDIANA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA FINOS, MESOCURTICA
19.5	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, MESOCURTICA
19.6	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA SIMETRICA, MESOCURTICA
20.1	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
20.2	ARENA FINA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
20.3	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
20.4	ARENA FINA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA GRUESOS, LEPTOCURTICA
21.1	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
21.2	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA
21.3	ARENA FINA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
21.4	ARENA FINA, MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA FINOS, MESOCURTICA
21.5	ARENA MUY FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA FINOS, PLATICURTICA
21.6	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, ASIMETRICA HACIA FINOS, PLATICURTICA
22.1	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
22.2	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
22.3	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, MESOCURTICA
22.4	ARENA FINA, BIEN CLASIFICADA, SIMETRICA, LEPTOCURTICA

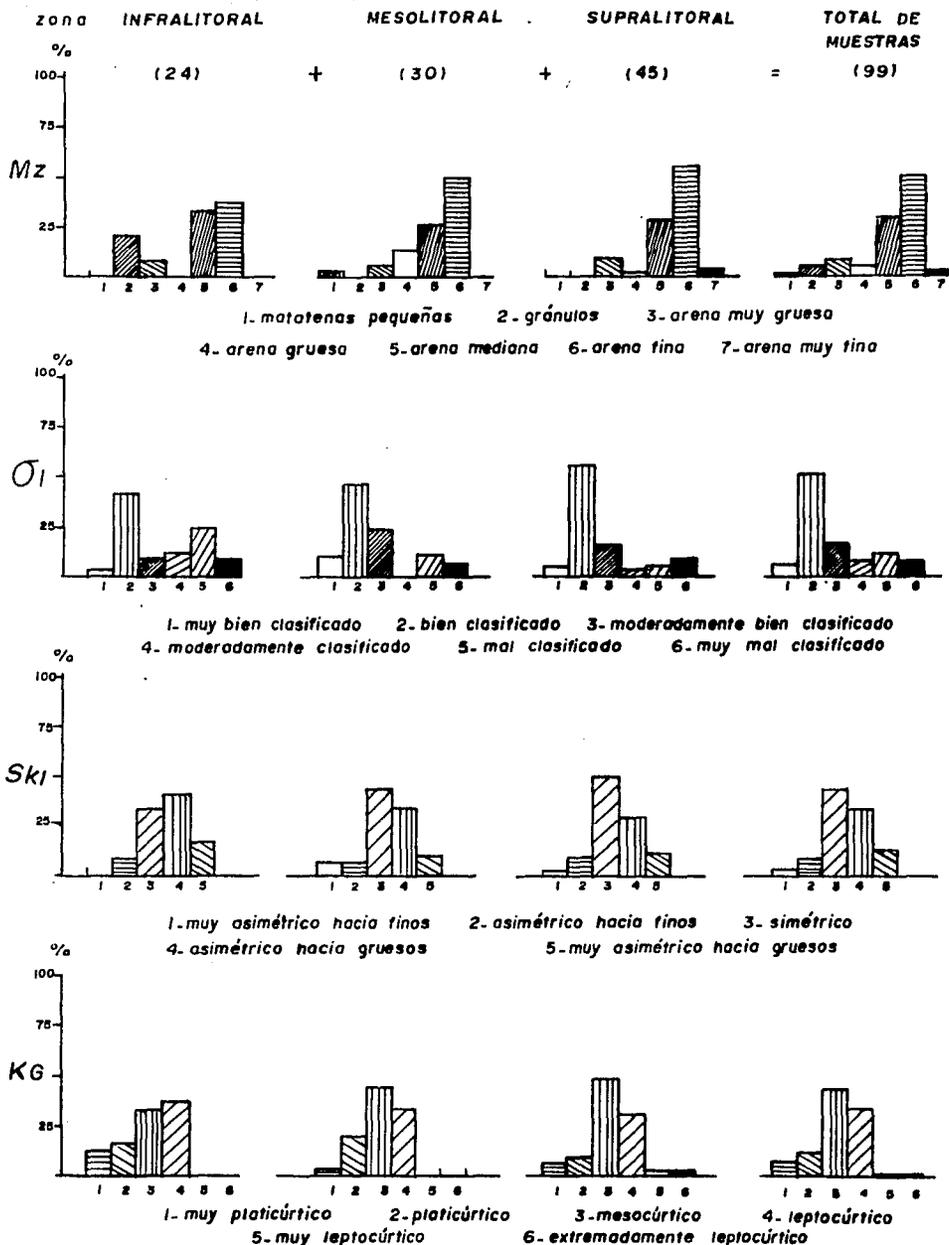


Fig.7. Histogramas sobre medidas de tamaño, uniformidad, asimetría y curtosis (generalizada)

Las muestras de la zona infralitoral son, en general, arenas medianas y finas, bien clasificadas, simétricas a asimétricas hacia los tamaños gruesos y leptocúrticas a mesocúrticas.

La presencia de algunos sedimentos mal clasificados en esta zona infralitoral se atribuye a la escasa competencia del agente clasificador, existiendo una mezcla de sedimentos gruesos como carga de fondo y de finos como material en suspensión.

Comparando con las otras zonas de la playa, es también en la zona infralitoral en la que se tiene la mayor proporción de sedimentos gravillentos, que en su mayoría son gránulos.

En la zona mesolitoral los sedimentos son predominantemente arenas finas bien clasificadas, simétricas a asimétricas hacia los tamaños gruesos y mesocúrticas a leptocúrticas.

Por su parte, la zona supralitoral está representada por sedimentos de arena fina bien clasificados, simétricos y asimétricos hacia los tamaños gruesos, mesocúrticos a leptocúrticos, encontrándose entre estos últimos sedimentos extremadamente leptocúrticos.

La presencia de arena muy fina exclusivamente en esta zona da indicios de la influencia del aporte eólico en esta región.

De lo anterior se desprende que una visión generalizada de la granulometría del área de estudio no expresa con suficiente nitidez las variaciones regionales que se perfilan a lo largo de todo este trabajo.

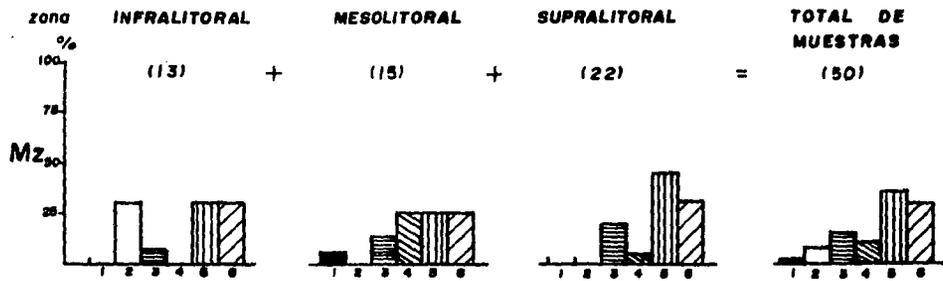
La Fig. 8 muestra los histogramas particulares para las playas de Sonora. Se observa que en la zona infralitoral hay un predominio de arenas medianas y finas y de gránulos, mal clasificados, aunque con una población destacable de sedimentos bien clasificados. Abundan los sedimentos asimétricos hacia los tamaños gruesos y leptocúrticos. La mala clasificación es función de la no uniformidad en la energía del agua, que actúa en forma tanto irregular como turbulenta.

A su vez, la zona mesolitoral no presenta una tendencia definida sino más bien un rango amplio de tamaños que van desde arena gruesa hasta arena fina, en tanto que la clasificación es buena debido, quizá, a que la acción hidráulica es uniforme y repetida.

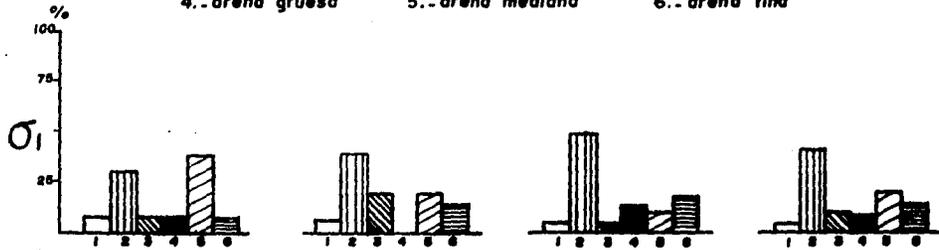
La simetría es dominante con cierta inclinación hacia tamaños gruesos que, por otro lado, es muy característica del ambiente de playa. Los sedimentos son fundamentalmente mesocúrticos a leptocúrticos.

En la zona supralitoral hay sedimentos que en su mayoría son arenas medianas bien clasificadas, simétricas a asimétricas hacia los tamaños gruesos y principalmente mesocúrticas y en menor proporción extremadamente leptocúrticas.

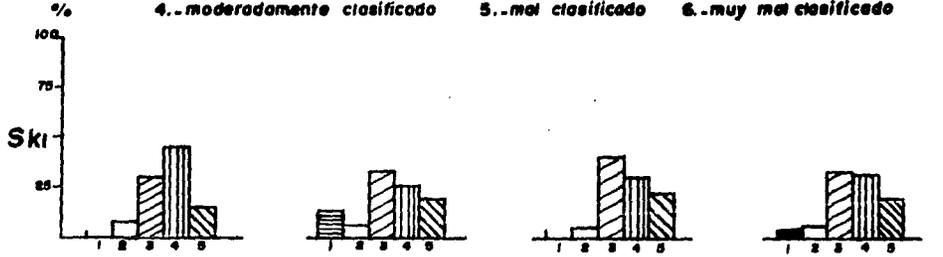
Para la porción de Sinaloa - Nayarit, el panorama es marcadamente distinto. La Fig. 9 presenta los datos correspondientes a dicha región, observándose que en la zona infralitoral predominan los sedimentos de arena fina a mediana bien clasificados, simétricos a asimétricos hacia los tamaños gruesos y mesocúrticos.



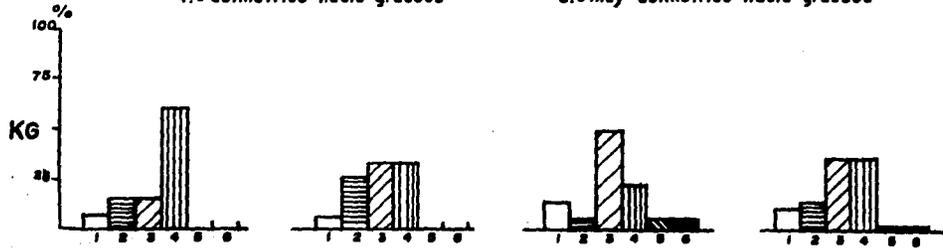
1.-matatenas pequeñas 2.-gránulos 3.-arena muy gruesa
4.-arena gruesa 5.-arena mediana 6.-arena fina



1.-muy bien clasificado 2.-bien clasificado 3.-moderadamente bien clasificado
4.-moderadamente clasificado 5.-mal clasificado 6.-muy mal clasificado



1.-muy asimétricos hacia finos 2.-asimétrico hacia finos 3.-simétrico
4.-asimétrico hacia gruesos 5.-muy asimétrico hacia gruesos



1.-muy platocúrtico 2.-platocúrtico 3.-mesocúrtico 4.-leptocúrtico
5.-muy leptocúrtico 6.-extremadamente leptocúrtico

Fig. 8.-Histogramas sobre medidas de tamaño uniformidad asimetría y curtosis de Sonora
Galén Alcalá, 1958

En la zona mesolitoral se muestran categorías bien delineadas con arenas finas bien clasificadas, simétricas a asimétricas hacia los tamaños gruesos, mesocúrticas a leptocúrticas.

Nuevamente es en esta zona en donde se expresa con mayor claridad el efecto de la acción homogénea del régimen hidrodinámico en las zonas de playa.

La zona supralitoral, en Sinaloa-Nayarit, presenta arenas finas bien clasificadas, simétricas y mesocúrticas a leptocúrticas. Hay también arenas muy finas que reflejan la influencia del viento como agente de transporte.

Estableciendo una comparación del total de muestras, tanto para la porción de Sonora como para la de Sinaloa - Nayarit, se puede señalar:

- 1) Que en la porción norte del área de estudio el tamaño de grano presenta un rango más amplio de variación con cierto predominio de arenas medianas y finas.

En contraste, la parte sur está caracterizada por arenas finas con menor proporción de arenas medianas, posiblemente por la influencia de factores eólicos y fluviales.

En Sonora, la existencia de afloramientos rocosos próximos determina la ocurrencia de gravas en ciertas playas (tabla 3), en tanto que en Sinaloa-Nayarit el aporte fluvial desempeña un papel importante en la distribución y tipo del sedimento.

- 2) Que en relación a lo anterior, la clasificación en la porción sur es mucho mejor que aquélla observada en la porción norte, justo por la presencia de una proporción elevada de sedimentos con grava en esta última.
- 3) Que la porción Sinaloa-Nayarit presenta un mayor número de muestras de sedimentos simétricos, mientras que para la porción de Sonora se transforma en una tendencia de asimetría hacia los tamaños gruesos.
- 4) Que, finalmente, la curtosis en Sonora no corresponde a una sola tendencia, ocurriendo en cantidad equivalente las muestras leptocúrticas y mesocúrticas. En cambio, la porción de Sinaloa-Nayarit exhibe una clara preferencia hacia muestras mesocúrticas.

En la Fig. 10 se muestran las curvas granulométricas de los sedimentos litorales del área de estudio. Así, se puede observar que las mayores diferencias se presentan para aquellas playas que poseen fracciones de grava en los sedimentos, como es el caso de La Cholla, Santo Tomás, Bahía Puerto Libertad, El Colorado, San Carlos, Las Bocas, Mármol y Mazatlán. En las curvas de tales playas se aprecia que una buena parte de la población se transporta en saltación y rodamiento. En la playa Las Conchas se manifiesta la presencia de conchas en la zona supralitoral, puesto que la curva que representa a los sedimentos en dicha zona es marcadamente distinta.

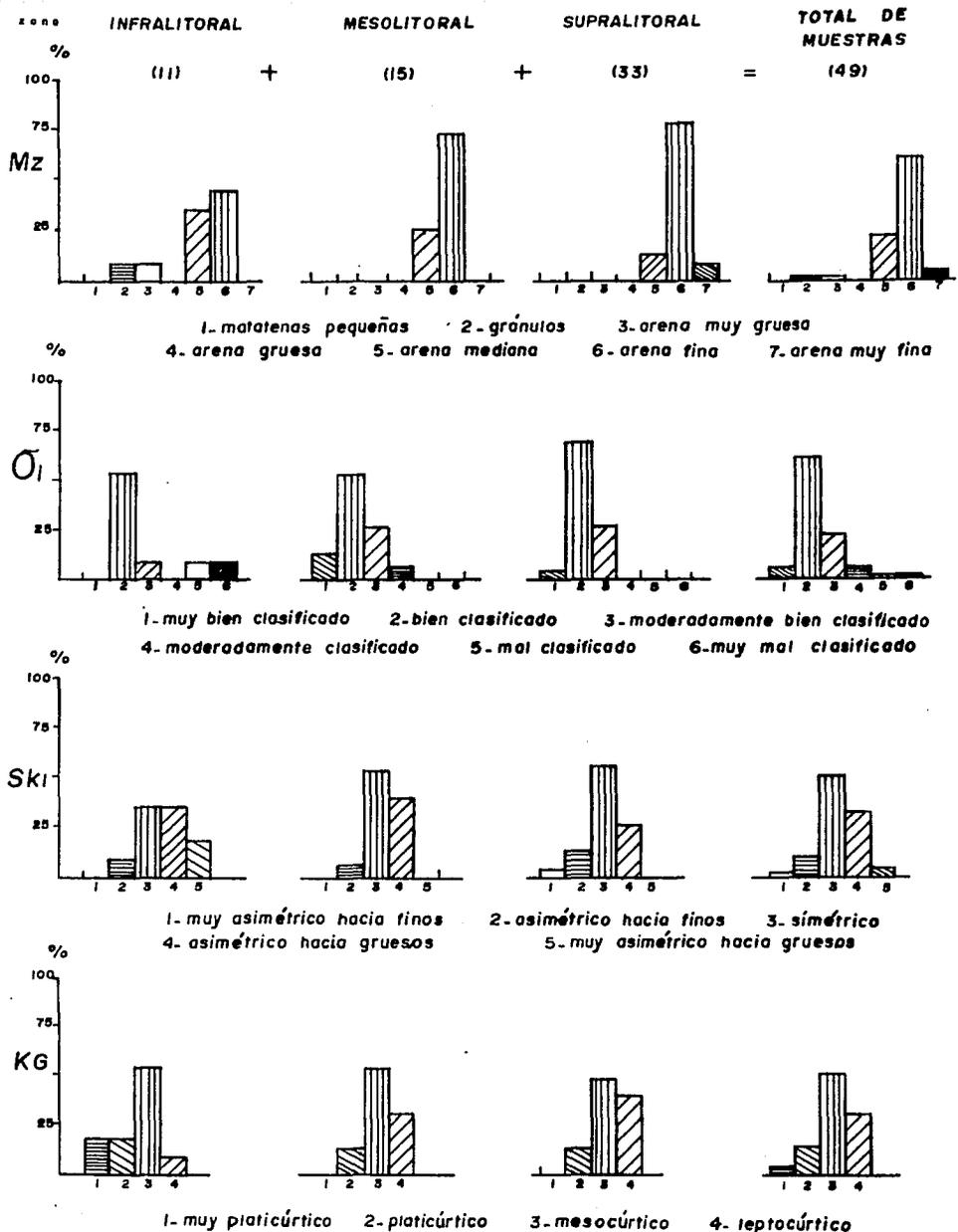
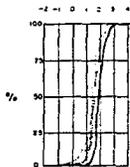
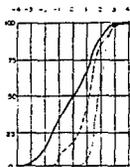


Fig.9. Histogramas sobre medidas de tamaño, uniformidad, asimetría y curtosis de Sinatoo y Nayarit

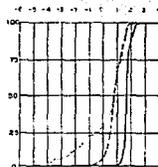
-->
Continua 1



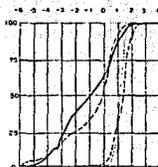
1- Gato de Santa Clara.



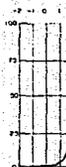
2- La Cholla.



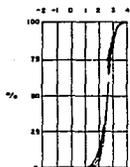
3- Los Conchos.



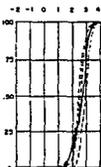
4- Santo Tomás.



5- Desembo.



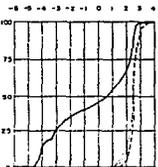
13- Topolobambo.



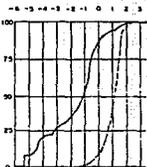
14- Los Glorios.



15- Altata.

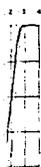


16- Mármol.

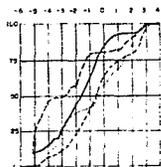


17- Mazatlán.

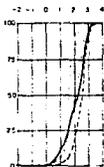
FALLA DE ORIGEN



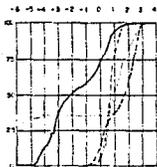
que.



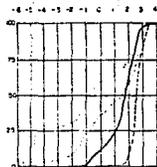
6- Bañá Puerto de la Libertad.



7- Bañá Kino.



8- El Colorado.



9- San Carlos.



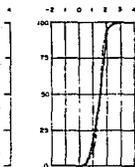
10- El Cochori.



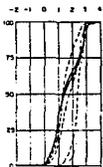
11- Huatabampo.



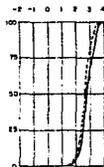
12- Las Bocas.



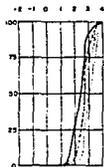
18- El Coimanero.



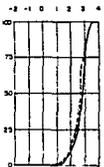
19- La Puntita.



20- El Navilero.



21- Los Cochos.



22- San Blas.



EXPLICACION

NOTA: El valor de los abscisas está dado en unidades de tamaño ϕ

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM

Fig.10.- Curvas granulométricas de las playas del área de estudio

GALÁN ALCALÁ ANTONIO

TESIS PROFESIONAL 1988

En contraste, los sedimentos de las playas restantes tienen curvas granulométricas parecidas y reflejan la abundancia de las partículas en saltación.

Tanto en las playas con presencia de grava como en aquellas en que está ausente, las partículas en suspensión en la zona infralitoral virtualmente existen debido a que la energía del medio impide su depósito.

En las figuras 11.1 y 11.2 están representados gráficamente los valores del tamaño gráfico promedio de las muestras correspondientes a la zona mesolitoral. Estos datos están confrontados con la intensidad de la pendiente del frente de playa expresada en grados decimales. Los puntos resultantes fueron ajustados a una recta por el método de mínimos cuadrados, de tal suerte que se obtenga la tendencia lineal del conjunto de muestras.

Así, se observa en la Fig. 11.1a un aumento en M_z correspondiente a un incremento en la pendiente del frente de playa.

Este hecho ha sido reiterado en diversos trabajos de Sedimentología de playas de México (Martínez y Javier, 1982; Carranza-Edwards, 1986; Carranza-Edwards et al., en prensa II). En todos estos casos se establece que la tendencia presente es resultado de la estabilidad de las partículas por la componente de gravedad asociada, ya sea a un mayor tamaño de grano o bien a un mayor peso específico.

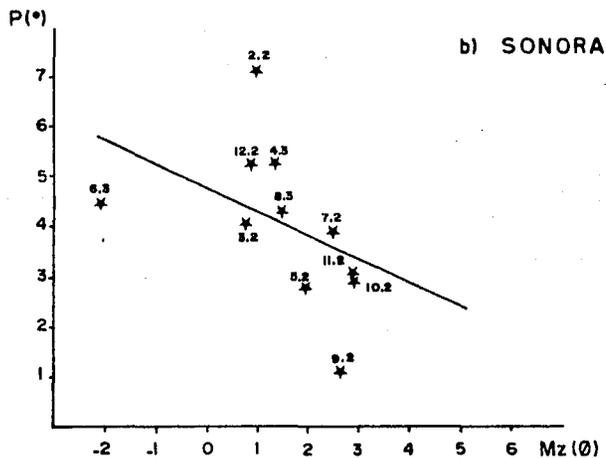
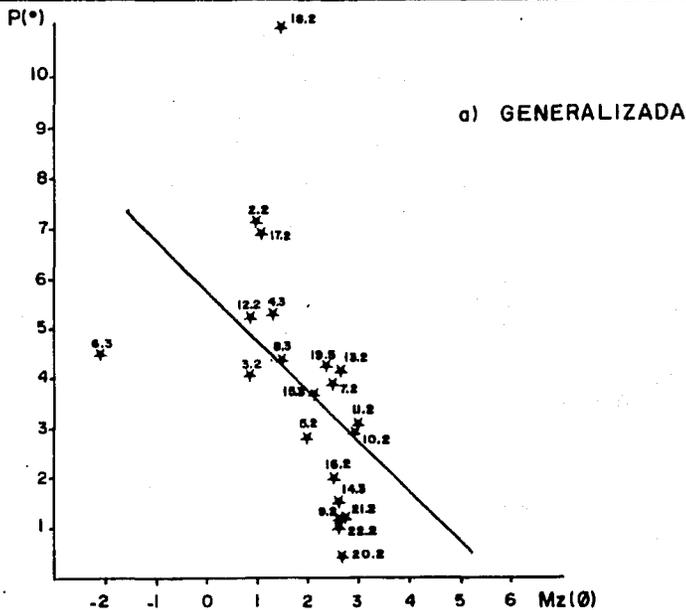


Fig.II.1. Tamaño gráfico promedio (Mz) y su relación con la pendiente del frente de playa (P).

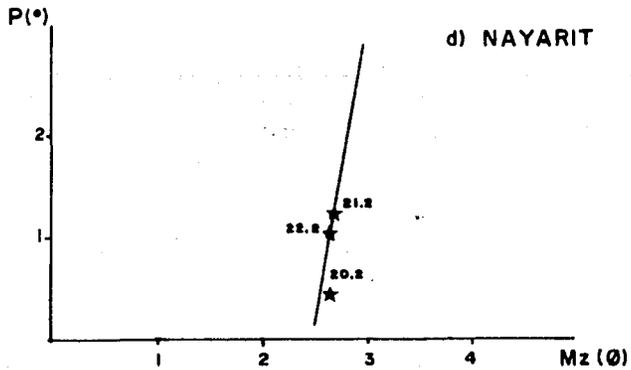
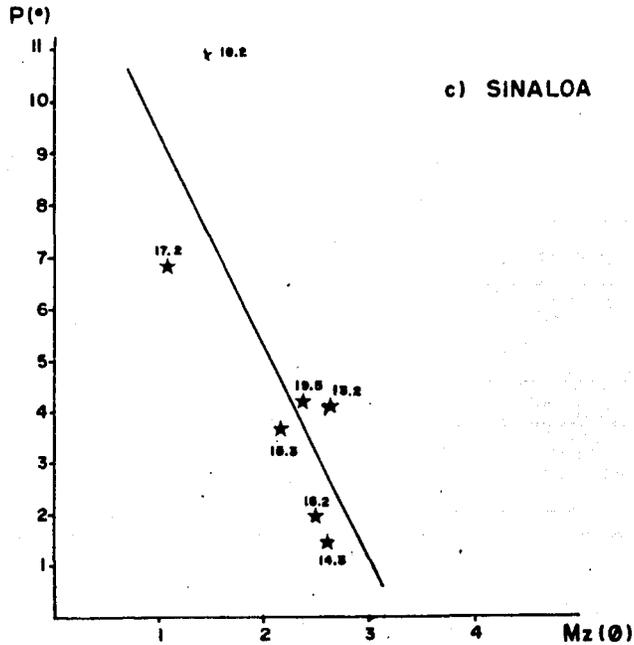


Fig.II.2 Tamaño gráfico promedio (Mz) y su relación con la pendiente del frente de playa (P).

Observando . las tendencias por separado para cada estado, únicamente es en Nayarit (Fig. 11.2d) en donde se presenta una aparente oposición a la tendencia general. El hecho de haber considerado tan sólo tres datos impide hacer una interpretación firme. En todo caso, al analizar diagramas análogos para la porción sur del estado de Nayarit (Martínez y Javier, 1982) queda claro que la relación entre la pendiente del frente de playa y el tamaño gráfico promedio es directamente proporcional.

De manera global, el mayor número de muestras representadas en la gráfica generalizada cae dentro del rango de 1 a 3 ϕ que corresponde a arenas medianas y finas. La estabilidad de las fracciones finas puede atribuirse a la mayor concentración de minerales pesados en tal intervalo.

VI. ANALISIS COMPOSICIONAL

En concordancia con lo planteado al inicio de este trabajo, se establece aquí una relación entre el color del sedimento y su composición mineralógica. Para ello, se clasificaron las muestras en clanes mineralógicos y se determinó su color en húmedo y en seco, tal y como se ha señalado ya en el capítulo III.

Según se observa en la tabla 6, las principales tendencias del color en húmedo de los sedimentos indican un predominio de tonalidades pardo grisáceas y amarillas que ocurren en un 73% del total de las muestras en tanto que los colores grises abarcan un 25%, correspondiendo al 2% restante otras tonalidades distintas.

El color en seco define una gama de colores algo más amplia, predominando en un 65% del total los tonos grises, mientras que los tonos pardos se presentan en un 23%. El 12% restante se distribuye en colores amarillos y blancos, en orden de importancia.

Partiendo de la base de esta información se puede reforzar la delimitación de las dos grandes zonas que de manera global se han adoptado para caracterizar el área de estudio. Algunos de los factores ya considerados para realizar esta división han sido el clima, la litología preexistente y el relieve. Así, la primera de las áreas señaladas corresponde al litoral del estado de Sonora y la segunda abarca el litoral del estado de Sinaloa y del norte de Nayarit.

TABLA 6. COLOR DE LOS SEDIMENTOS

COLOR EN HUMEDO			COLOR EN SECO	
NUESTRA	CLAVE	COLOR	CLAVE	COLOR
1.1	10 YR 5/3	PARDO	2.5 Y 7/4	AMARILLO PALIDO
1.2	10 YR 5/3	PARDO	10 YR 7/2	GRIS CLARO
1.3	10 YR 6/4	PARDO AMARILLENTO CLARO	10 YR 7/3	PARDO MUY PALIDO
1.4	10 YR 6/4	PARDO AMARILLENTO CLARO	10 YR 7/2	GRIS CLARO
1.5	10 YR 6/4	PARDO AMARILLENTO CLARO	10 YR 7/3	PARDO MUY PALIDO
1.6	10 YR 6/4	PARDO AMARILLENTO CLARO	10 YR 8/3	PARDO MUY PALIDO
2.1	10 YR 6/4	PARDO AMARILLENTO CLARO	10 YR 7/2	GRIS CLARO
2.2	10 YR 6/4	PARDO AMARILLENTO CLARO	10 YR 7/2	GRIS CLARO
2.3	10 YR 6/4	PARDO AMARILLENTO CLARO	10 YR 7/2	GRIS CLARO
3.1	5 Y 5/3	OLIVO	5 Y 6/2	GRIS OLIVO CLARO
3.2	2.5 Y 6/4	PARDO AMARILLENTO CLARO	2.5 Y 7/4	AMARILLO PALIDO
3.3	2.5 Y 6/4	PARDO AMARILLENTO CLARO	2.5 Y 7/4	AMARILLO PALIDO
4.1	10 YR 5/4	PARDO AMARILLENTO	10 YR 6/3	PARDO PALIDO
4.2	7.5 YR 4/4	PARDO OSCURO	.5 YR 5/4	PARDO
4.3	10 YR 4/4	PARDO AMARILLENTO OSCURO	10 YR 6/3	PARDO PALIDO
4.4	10 YR 4/4	PARDO AMARILLENTO OSCURO	10 YR 6/3	PARDO PALIDO
5.1	10 YR 4/4	PARDO AMARILLENTO OSCURO	10 YR 6/3	PARDO PALIDO
5.2	10 YR 4/4	PARDO AMARILLENTO OSCURO	10 YR 6/3	PARDO PALIDO
5.3	10 YR 4/4	PARDO AMARILLENTO OSCURO	10 YR 6/3	PARDO PALIDO
6.1	10 YR 7/2	GRIS CLARO	10 YR 7/3	PARDO MUY PALIDO
6.2	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO	10 YR 7/2	GRIS CLARO
6.3	10 YR 7/2	GRIS CLARO	10 YR 7/3	PARDO MUY PALIDO
6.4	10 YR 7/2	GRIS CLARO	10 YR 7/3	PARDO MUY PALIDO
7.1	2.5 Y 5/4	PARDO OLIVO CLARO	2.5 Y 7/4	AMARILLO PALIDO
7.2	2.5 Y 5/4	PARDO OLIVO CLARO	2.5 Y 6/4	AMARILLO PARDUSCO CLARO
7.3	2.5 Y 5/4	PARDO OLIVO CLARO	2.5 Y 6/4	AMARILLO PARDUSCO CLARO
7.4	10 YR 5/3	PARDO	2.5 Y 7/4	AMARILLO PALIDO
8.1	7.5 YR 5/4	PARDO	5 YR 6/3	PARDO ROJIZO CLARO
8.2	5 YR 4/3	PARDO ROJIZO	5 YR 5/3	PARDO ROJIZO
8.3	2.5 YR 3/4	PARDO ROJIZO OSCURO	.5 YR 6/4	PARDO CLARO
8.4	2.5 YR 3/4	PARDO ROJIZO OSCURO	.5 YR 6/4	PARDO CLARO
8.5	2.5 YR 3/4	PARDO ROJIZO OSCURO	5 YR 5/2	GRIS ROJIZO
9.1	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO	10 YR 7/2	GRIS CLARO
9.2	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO	10 YR 7/2	GRIS CLARO
9.3	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO	10 YR 7/2	GRIS CLARO
9.4	7.5 YR 6/2	GRIS ROSACEO	10 YR 7/2	GRIS CLARO
10.1	5 Y 4/2	GRIS OLIVO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
10.2	5 Y 4/2	GRIS OLIVO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
10.3	5 Y 4/2	GRIS OLIVO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
10.4	10 YR 5/3	PARDO	10 YR 6/4	PARDO AMARILLENTO CLARO
11.1	2.5 Y 3/2	PARDO GRISACEO MUY OSCURO	2.5 Y 5/2	PARDO GRISACEO
11.2	2.5 Y 3/2	PARDO GRISACEO MUY OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
11.3	2.5 Y 3/2	PARDO GRISACEO MUY OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
11.4	2.5 Y 3/2	PARDO GRISACEO MUY OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
11.5	2.5 Y 3/2	PARDO GRISACEO MUY OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
11.6	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 5/2	GRIS PARDUSCO
12.1	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO	5 Y 7/2	GRIS CLARO
12.2	2.5 Y 5/2	PARDO GRISACEO	5 Y 8/2	BLANCO
12.3	2.5 Y 5/2	PARDO GRISACEO	5 Y 8/2	BLANCO
12.4	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	5 Y 7/2	GRIS CLARO
13.1	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
13.2	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
13.3	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
13.4	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO

TABLA 6. COLOR DE LOS SEDIMENTOS (CONTINUACION)

COLOR EN HUMEDO			COLOR EN SECO	
MUESTRA	CLAVE	COLOR	CLAVE	COLOR
14.1	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
14.2	5 Y 4/2	GRIS OLIVO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
14.3	5 Y 4/2	GRIS OLIVO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
14.4	5 Y 3/2	GRIS OLIVO OSCURO	5 Y 5/2	GRIS OLIVO
14.5	5 Y 3/2	GRIS OLIVO OSCURO	5 Y 5/2	GRIS OLIVO
14.6	5 Y 3/2	GRIS OLIVO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
15.1	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 5/2	GRIS PARDUSCO CLARO
15.2	5 Y 4/2	GRIS OLIVO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
15.3	5 Y 4/2	GRIS OLIVO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
15.4	5 Y 4/2	GRIS OLIVO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
15.5	5 Y 4/2	GRIS OLIVO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
15.6	5 Y 4/2	GRIS OLIVO	2.5 Y 5/2	PARDO GRISACEO
15.7	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
15.8	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
16.1	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO	10 YR	GRIS CLARO
16.2	2.5 Y 5/2	PARDO GRISACEO	2.5 Y 7.2	GRIS CLARO
16.3	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
16.4	2.5 Y 5/2	PARDO GRISACEO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
17.1	10 YR 8/2	BLANCO	10 YR 8/2	BLANCO
17.2	2.5 Y 5/2	PARDO GRISACEO	2.5 Y 7/2	GRIS CLARO
17.3	10 YR 7/3	PARDO MUY PALIDO	10 YR 8/2	BLANCO
18.1	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 7/2	GRIS CLARO
18.2	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 7/2	GRIS CLARO
18.3	2.5 Y 5/2	PARDO GRISACEO	10 YR 7/2	GRIS CLARO
18.4	10 YR 7/3	PARDO MUY PALIDO	10 YR 8/3	PARDO MUY PALIDO
19.1	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
19.2	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
19.3	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
19.4	10 YR 5/2	PARDO GRISACEO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
19.5	2.5 Y 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
19.6	5 Y 3/2	GRIS OLIVO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
20.1	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
20.2	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
20.3	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
20.4	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
21.1	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
21.2	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
21.3	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
21.4	2.5 Y 3/2	PARDO GRISACEO MUY OSCURO	2.5 Y 5/2	PARDO GRISACEO
21.5	10 YR 4/1	PARDO GRISACEO MUY OSCURO	2.5 Y 5/2	GRIS PARDUSCO CLARO
21.6	5 Y 3/1	GRIS MUY OSCURO	5 Y 5/1	GRIS
22.1	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
22.2	10 YR 4/2	PARDO GRISACEO OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
22.3	10 YR 4/1	PARDO GRISACEO MUY OSCURO	10 YR 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO
22.4	10 YR 4/1	PARDO GRISACEO MUY OSCURO	2.5 Y 6/2	GRIS PARDUSCO CLARO

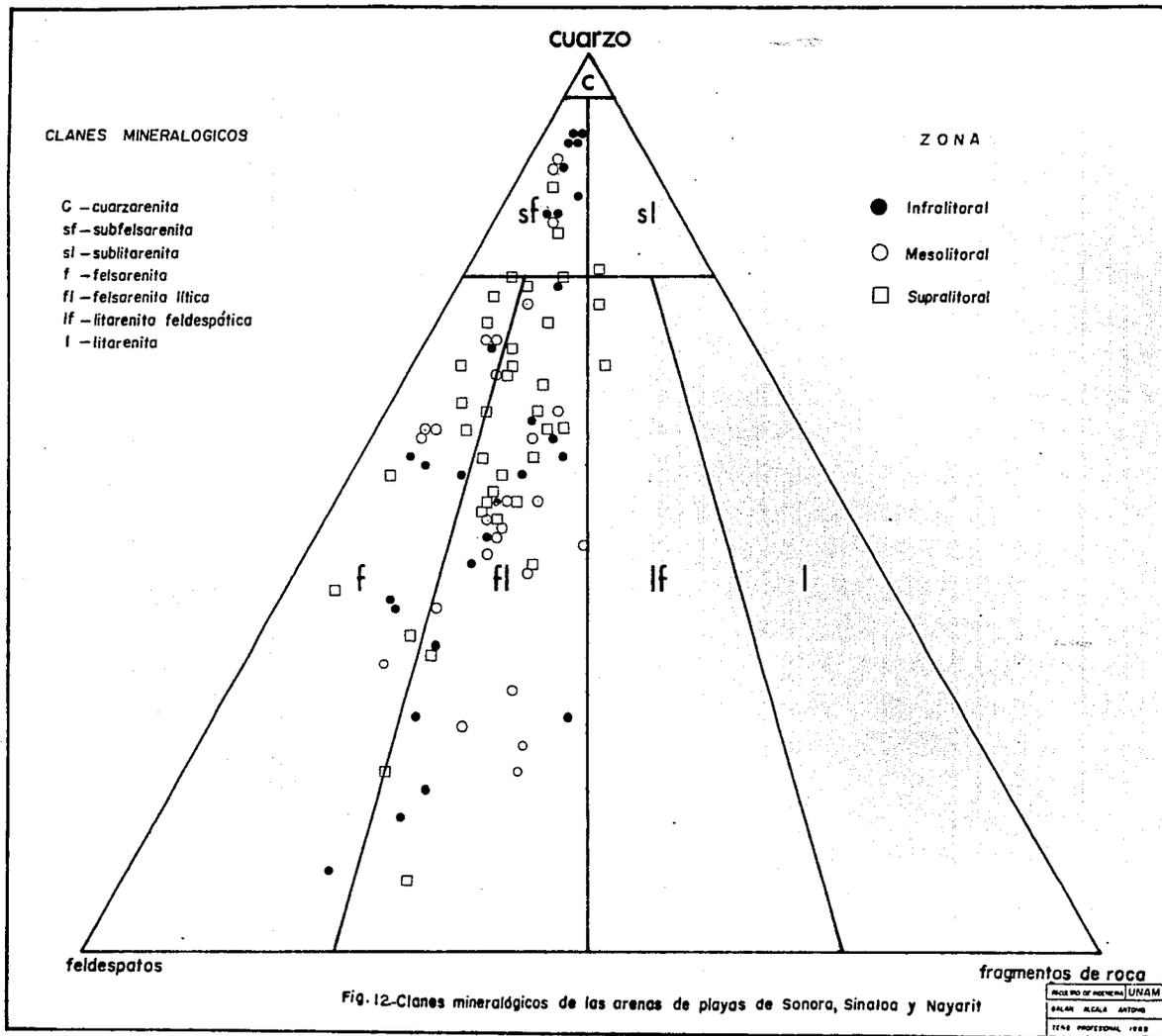
Del análisis de las tendencias de color de sedimento en húmedo se desprende que no hay diferencias significativas entre las regiones de Sonora y de Sinaloa-Nayarit. La presencia de los colores pardos y grises predominantes es similar para ambas áreas.

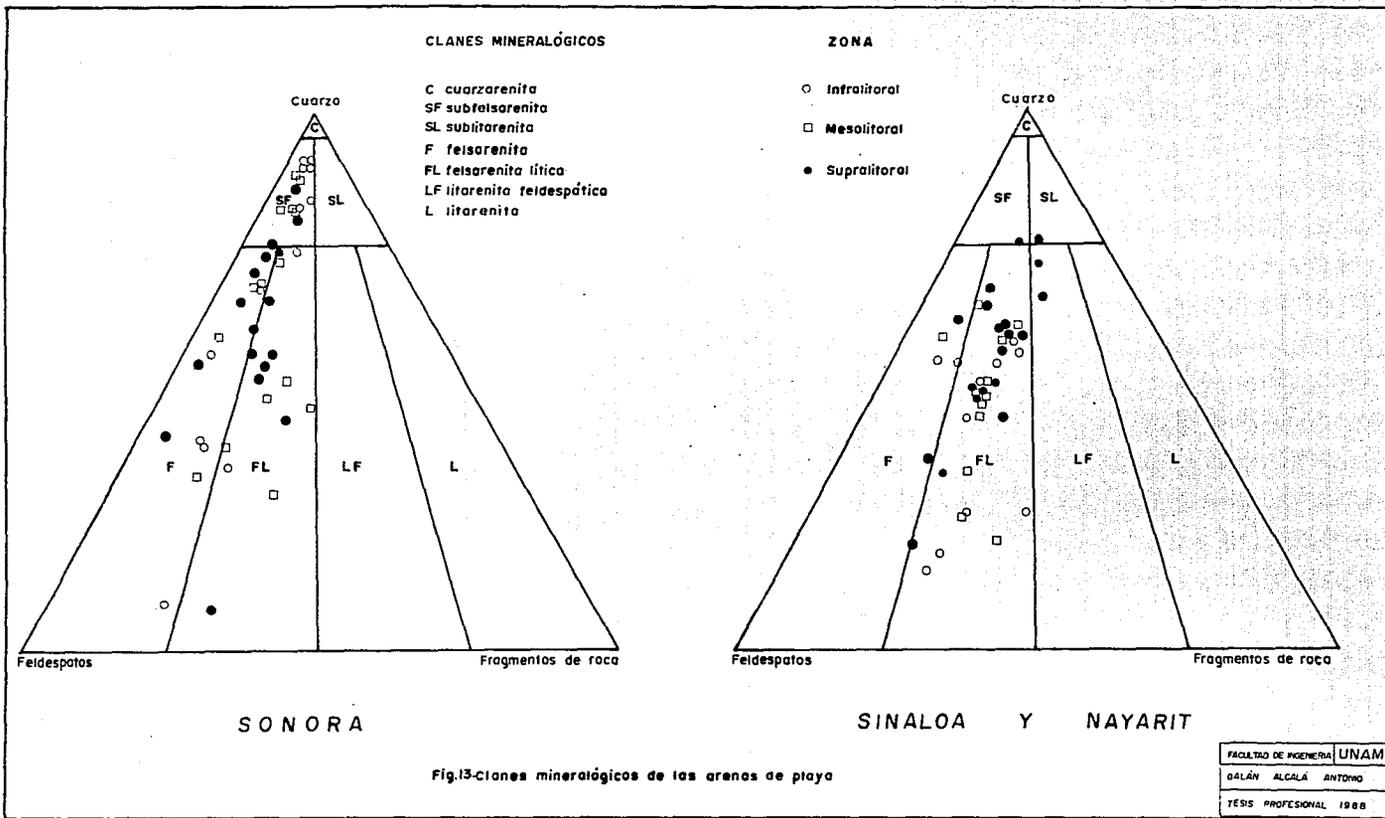
Sin embargo, el análisis del patrón de colores en seco del sedimento exhibe una asociación más definida entre la composición y el color.

En el Estado de Sonora se manifiesta un predominio de colores pardos y amarillos a diferencia de la zona de Sinaloa y Nayarit en donde abundan los tonos grises. Por otra parte, en la tabla 7 la composición mineralógica se presenta a través de los porcentajes de los componentes esenciales de cuarzo, feldespato y fragmentos de roca. Dichos valores son expresados en forma gráfica en la Fig. 12, apreciándose la distribución de los clanes mineralógicos en el total de muestras del área de estudio.

El clan con mayor número de muestras es el de felsarenitas líticas el cual se presenta en el 58% del total. Las felsarenitas constituyen el 20%, las subfelsarenitas el 19%, en tanto que el 3% restante se distribuye en litarenitas félsicas y sublitarenitas.

Los triángulos de la Fig. 13 correspondientes a las zonas de Sonora y de Sinaloa-Nayarit definen mejor los clanes prevalecientes en cada una de ellas. De esta manera, en la zona de Sonora se presentan proporciones casi equivalentes de felsarenitas, subfelsarenitas y felsarenitas líticas. No es así





en el caso de la zona sur, en donde predominan las felsarenitas líticas, constituyendo el 84% de la población. Las felsarenitas aquí alcanzan tan sólo el 10% y las litarenitas y sublitarenitas el 6%.

En las playas El Novillero, Los Corchos y San Blas, pertenecientes a la porción norte del estado de Nayarit (playas 20, 21 y 22 de la tabla 7) se observa un patrón de composición mineralógica muy semejante al que presentan Martínez y Javier (1982) para la porción centro y sur de este mismo estado, salvo porque ahí se reporta una proporción importante de subfelsarenitas, lo que implica un mayor contenido de cuarzo y que es muy probablemente atribuible a la presencia de intrusivos graníticos del Mesozoico emplazados hacia la parte norte de Bahía de Banderas.

En consecuencia, para la zona de Sonora, la abundancia de felsarenitas, subfelsarenitas y felsarenitas líticas está mejor definida en los colores en seco. Aquí los colores pardos y amarillos se ligan con una mayor proporción de cuarzo y feldespatos. Por su parte, la zona Sinaloa - Nayarit se caracteriza por un marcado dominio de las felsarenitas líticas, cuyos colores asociados son variedades del gris. Como se puede ver, es posible definir una relación entre el color del sedimento en seco y la composición basada en una clasificación por clanes mineralógicos.

La mineralogía más frecuente en las arenas de playa se integra por los tres conocidos componentes que son el cuarzo, los feldespatos y los fragmentos de roca.

En el Estado de Sonora, el cuarzo y los feldespatos son los constituyentes más abundantes según se refleja en los tres clanes mineralógicos dominantes.

La fuente de aporte a lo largo del litoral sonorenses no es directamente asociable a litologías continentales próximas, salvo en los caso de las playas Puerto Libertad, el Colorado y San Carlos, en las que afloran cuerpos rocosos próximos. Esto se debe al escaso aporte fluvial producto del clima árido prevaleciente en prácticamente todo el Estado de Sonora.

En cambio, en esta zona la acción de las corrientes litorales así como de la marea, dejan sentir su efecto con mayor intensidad. El bajo intemperismo químico vinculado a las regiones áridas permite la persistencia de los minerales feldespáticos, en tanto que el continuo retrabajo del cuarzo en un ambiente de alta energía, como es la playa, deriva en granos subredondeados y redondeados (tabla 7).

En suma, estas condiciones se reflejan en la mitad de los sedimentos sonorenses que son texturalmente maduros.

No obstante, la proporción restante de los sedimentos de Sonora son de carácter submaduro, lo cual está directamente relacionado a la presencia de grava que les da una clasificación pobre.

TABLA 7. CLANES MINERALOGICOS DE LAS ARENAS Y REDONDEZ DEL CUARZO

MUESTRA	CUARZO %	FELDSPATOS %	FRAGMENTOS DE ROCA %	COMPOSICION MINERALOGICA	REDONDEZ DEL CUARZO	OTROS	MADUREZ
1.1	91	5	4	SUBFELSARENITA	0.5	MICAS	M
1.2	90	6	4	SUBFELSARENITA	0.4	MICAS	M
1.3	87	9	4	SUBFELSARENITA	0.4	MICAS	M
1.4	82	18	5	SUBFELSARENITA	0.3	MICAS, CONCHAS	M
1.5	73	22	5	FELSARENITA	0.4		M
1.6	90	6	4	SUBFELSARENITA	0.5		M
2.1	91	6	3	SUBFELSARENITA	0.3	MICAS 1% , CONCHAS 35%	M
2.2	88	9	3	SUBFELSARENITA	0.3	CONCHAS 20%	M
2.3	70	25	5	FELSARENITA	0.3		M
3.1	90	7	3	SUBFELSARENITA	0.2	CONCHAS 15%	M
3.2	68	26	6	FELSARENITA	0.2	CONCHAS 10%	SM
3.3	75	20	5	SUBFELSARENITA	0.2		SM
4.1	38	50	12	FELSARENITA	0.3	CONCHAS 9%	SM
4.2	38	46	16	FELSARENITA LITICA	0.3	CONCHAS 10%	SM
4.3	50	30	20	FELSARENITA LITICA	0.3	CONCHAS	M
4.4	51	34	15	FELSARENITA LITICA	0.3	CONCHAS	M
5.1	67	26	7	FELSARENITA	0.2	CONCHAS	M
5.2	72	20	8	FELSARENITA LITICA	0.3	CONCHAS	M
5.3	65	30	5	FELSARENITA	0.3	MAGNETITA 5%	M
6.1	84	9	7	SUBFELSARENITA	0.6		SM
6.2	88	9	3	SUBFELSARENITA	0.4	MICAS 2%	SM
6.3	87	10	3	SUBFELSARENITA	0.5		SM
6.4	85	11	4	SUBFELSARENITA	0.5	MICAS 2% , CONCHAS	SM
7.1	55	40	5	FELSARENITA	0.2	MICAS 2% , CONCHAS 15%	SM
7.2	58	37	5	FELSARENITA	0.3	MICAS 3% , CONCHAS 15%	M
7.3	40	55	5	FELSARENITA	0.2	CONCHAS 15%	M
7.4	53	43	4	FELSARENITA	0.3	CONCHAS 15%	M
8.1	9	71	20	FELSARENITA	0.2	CONCHAS 15%	M
8.2	29	43	28	FELSARENITA LITICA	0.2	CONCHAS	M
8.3	45	28	27	FELSARENITA LITICA	0.4	CONCHAS 10% , VIDRIO	SM
8.4	55	33	12	FELSARENITA LITICA	0.3		SM
8.5	8	64	28	FELSARENITA LITICA	0.2	CONCHAS	SM
9.1	74	16	10	FELSARENITA LITICA	0.4		SM
9.2	68	25	7	FELSARENITA	0.5	CONCHAS 10%	M
9.3	80	13	7	SUBFELSARENITA	0.4	CONCHAS , MAGNETITA 10%	SM
9.4	85	11	4	SUBFELSARENITA	0.3	CONCHAS 20% , MAGNETITA 13	SM
10.1	82	13	5	SUBFELSARENITA	0.2	MICAS 4% , CONCHAS 15%	M
10.2	81	13	6	SUBFELSARENITA	0.2	MICAS 3% , CONCHAS 15%	M
10.3	75	20	5	SUBFELSARENITA	0.2		SM
10.4	74	19	7	FELSARENITA LITICA	0.3		M
11.1	39	50	11	FELSARENITA	0.2	MICAS 7% , CONCHAS 20%	SM
11.2	32	54	14	FELSARENITA	0.2	MICAS 15% , CONCHAS 15%	M
11.3	43	34	23	FELSARENITA LITICA	0.1	MICAS 2% , CONCHAS 7%	M
11.4	53	32	15	FELSARENITA LITICA	0.2	MICAS 2% , CONCHAS	M
11.5	50	35	15	FELSARENITA LITICA	0.2		M
11.6	34	48	18	FELSARENITA LITICA	0.3	MICAS 15% , CONCHAS 20%	M
12.1	82	12	6	SUBFELSARENITA	0.2	CONCHAS	SM
12.2	70	25	5	FELSARENITA	0.2		SM
12.3	65	25	10	FELSARENITA LITICA	0.2		SM
12.4	60	30	10	FELSARENITA LITICA	0.2	MICAS , CONCHAS	SM

TABLA 7. CLANES MINERALOGICOS DE LAS ARENAS Y REDONDEZ DEL CUARZO
(CONTINUACION)

MUESTRA	CUARZO %	FELDESPATOS %	FRAGMENTOS DE ROCA %	COMPOSICION MINERALOGICA	REDONDEZ DEL CUARZO	OTROS	MADUREZ
13.1	53	30	17	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS , CONCHAS	M
13.2	47	35	18	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS 2% , CONCHAS	M
13.3	33	49	18	FELSARENITA LITICA	0.3	NICAS , CONCHAS	M
13.4	55	28	17	FELSARENITA LITICA	0.3	NICAS , MAGNETITA	M
14.1	43	40	17	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS,CONCHAS, MAGNETITA	M
14.2	50	33	17	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS,CONCHAS, MAGNETITA	M
14.3	44	38	18	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS,CONCHAS, MAGNETITA	M
14.4	50	33	17	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS,CONCHAS, MAGNETITA	M
14.5	43	34	23	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS,CONCHAS, MAGNETITA	M
14.6	49	36	15	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS , MAGNETITA	M
15.1	50	34	16	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS,CONCHAS, MAGNETITA	SM
15.2	48	36	16	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS,CONCHAS, MAGNETITA	SM
15.3	57	27	16	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS,CONCHAS, MAGNETITA	M
15.4	60	25	15	FELSARENITA LITICA	0.1	NICAS , MAGNETITA	M
15.5	50	32	18	FELSARENITA LITICA	0.1	CONCHAS	M
15.6	67	24	9	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS , MAGNETITA 20%	M
15.7	59	26	15	FELSARENITA LITICA	0.3	NICAS , GRAVA CON CONCHAS	M
15.8	46	37	17	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS,CONCHAS, MAGNETITA	M
16.1	53	36	11	FELSARENITA	0.1	CONCHAS	SM
16.2	64	27	9	FELSARENITA LITICA	0.2	NICAS,CONCHAS, MAGNETITA	M
16.3	64	26	10	FELSARENITA LITICA	0.1	NICAS 20% , MAGNETITA 15%	SM
16.4	70	19	11	FELSARENITA LITICA	0.2	CONCHAS , MAGNETITA 15%	M
17.1	54	39	7	FELSARENITA	0.1	CONCHAS 60%	SM
17.2	58	36	6	FELSARENITA	0.2	CONCHAS 65%	SM
17.3	61	32	7	FELSARENITA	0.2	NICAS 2% , CONCHAS	SM
18.1	55	25	20	FELSARENITA LITICA	0.1		M
18.2	46	36	18	FELSARENITA LITICA	0.1		M
18.3	48	35	17	FELSARENITA LITICA	0.1	CONCHAS	M
18.4	58	23	19	FELSARENITA LITICA	0.2		M
19.1	18	57	25	FELSARENITA LITICA	0.1	CONCHAS	SM
19.2	26	39	35	FELSARENITA LITICA	0.1	CONCHAS	SM
19.3	20	47	33	FELSARENITA LITICA	0.2	CONCHAS	SM
19.4	23	45	32	FELSARENITA LITICA	0.1	CONCHAS	SM
19.5	47	35	18	FELSARENITA LITICA	0.2		M
19.6	63	23	14	FELSARENITA LITICA	0.1		M
20.1	15	61	24	FELSARENITA LITICA	0.5	NICAS , CONCHAS 5%	M
20.2	25	50	25	FELSARENITA LITICA	0.4		M
20.3	35	50	15	FELSARENITA	0.4		M
20.4	20	60	20	FELSARENITA LITICA	0.4		M
21.1	26	49	25	FELSARENITA LITICA	0.4		M
21.2	60	23	17	FELSARENITA LITICA	0.4	MAGNETITA 20%	M
21.3	72	13	15	LITARENITA FELSICA	0.4		M
21.4	65	16	19	LITARENITA FELSICA	0.5	MAGNETITA 20%	M
21.5	76	11	13	SUBLITARENITA	0.5	MAGNETITA 15%	M
21.6	75	15	10	FELSARENITA LITICA	0.5	MAGNETITA 20%	M
22.1	57	25	18	FELSARENITA LITICA	0.4		M
22.2	57	25	18	FELSARENITA LITICA	0.3	MAGNETITA	M
22.3	33	49	18	FELSARENITA LITICA	0.4		M
22.4	58	25	17	FELSARENITA LITICA	0.3		M

M = MADURO

SM = SUBMADURO

NOTA: CUARZO+FELDESPATOS+FRAGMENTOS DE ROCA SE IGUALAN AL 100% DE ACUERDO CON FOLK (1974).

Un dato interesante es que 11 de las 13 muestras que contienen grava en el área de estudio corresponden al Estado de Sonora, (tabla 8), pudiéndose asociar en casi todos los casos con un relieve rocoso más pronunciado adyacente a las playas.

En contraste, la región Sinaloa-Nayarit muestra en lo general características afines, pues composicionalmente se presentan sedimentos con un mayor contenido de líticos, cuya fuente de aporte se sitúa hacia el continente, especialmente en cuerpos rocosos de la Sierra Madre Occidental.

Dado que el clan mineralógico predominante en esta región son las felsarenitas líticas, la fuente de aporte de feldspatos puede ubicarse en numerosos afloramientos de cuerpos ígneos intrusivos del Cenozoico Inferior.

Asimismo, en Sinaloa-Nayarit, pese a que por condiciones climáticas el intemperismo químico tiene mayor relevancia, la proximidad del área de aporte determina el contenido relativamente alto de feldspatos.

Las únicas playas con fracción de gravas en esta región son Mármol y Mazatlán, presentes en ambos casos dentro de la zona infralitoral y cuya clasificación (Folk, 1970) es plutarudita y litarudita polimictica con conchas, respectivamente (tabla 8).

La madurez textural es elevada en todo el litoral de Sinaloa - Nayarit, siendo su factor determinante la acción del oleaje.

La presencia de metales en el área de estudio ha sido estudiada formalmente tan sólo para la porción de Sonora, destacándose las

TABLA 8. CLANES MINERALOGICOS DE LAS GRAVAS

MUESTRA	COMPOSICION MINERALOGICA
2.1	CALCIRUDITA
4.1	LITARUDITA POLIMICTICA
4.2	LITARUDITA POLIMICTICA CON CONCHAS
6.1	LITARUDITA POLIMICTICA
6.2	LITARUDITA POLIMICTICA
6.3	LITARUDITA POLIMICTICA
6.4	LITARUDITA POLIMICTICA
8.1	PLUTARUDITA CON CONCHAS
8.4	VOLCARUDITA
9.4	LITARUDITA POLIMICTICA
12.1	CALCIRUDITA
16.1	PLUTARUDITA
17.1	LITARUDITA POLIMICTICA CON CONCHAS

NOTA: DE ACUERDO CON LA CLASIFICACION PROPUESTA POR FOLK, ET.AL. (1970).

altas concentraciones de hierro y de titanio (Carranza-Edwards, et al. en prensa I) en Desemboque, Bahía Kino y San Carlos y una anomalía de estaño en Bahía Kino.

Las fracciones analizadas en dicho estudio corresponden a las comprendidas entre 2 y 4 phi (arena fina y arena muy fina), identificando 12 elementos metálicos de interés económico como son: Cu, Co, Ni, Cr, Cd, Zn, Ag, Mn, Sn, Al, Fe y Ti.

Cabe mencionar que en algunas playas a lo largo de toda el área de estudio se encontraron porcentajes significativos de magnetita (tabla 7) resaltando entre ellas Los Corchos, Altata, Mármol, San Carlos, Desemboque, Bahía Kino y San Blas.

Así pues, el área de estudio se caracteriza composicionalmente por un predominio de felsarenitas líticas, felsarenitas y subfelsarenitas maduras y submaduras, lo cual difiere del resto del litoral mexicano del Pacífico, en donde para el sur de Nayarit y los Estados de Jalisco, Michoacán y Guerrero se encontró, en asociación con llanuras costeras más estrechas, un predominio de litarenitas submaduras (Martínez y Javier, 1982), mientras que para el estado de Oaxaca se encontraron felsarenitas submaduras (Carranza-Edwards, et al. en prensa II) y para el estado de Chiapas litarenitas submaduras. (Carranza Edwards, 1986) En todos estos casos el carácter composicional es producto de las condiciones geológicas globales y particulares para cada zona, que difieren de aquéllas prevalecientes en el litoral del margen oriental del golfo de California.

VII. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

Como resultado de la continua interacción del agua y del viento con los sedimentos de playa, se forman rasgos característicos que, de manera superficial o interna, reflejan las condiciones durante y después del depósito. La acción de los organismos que se desarrollan en su ambiente natural contribuye también a la formación de estas estructuras denominadas sedimentarias, las cuales han sido ampliamente estudiadas por diversos autores.

La clasificación de las estructuras sedimentarias se basa en factores genéticos que pueden deberse a procesos marinos, eólicos y orgánicos.

Entre las estructuras sedimentarias que se forman por procesos marinos están las marcas de oleaje, las marcas de reflujos por corriente, las marcas de reflujos en "V", los rombos de reflujos, las rizaduras de reflujos, las rizaduras de oleaje, la laminación y la estratificación, los volcanes de arena, las marcas romboidales, los moldes de sal, los canales, etc.

Entre las estructuras formadas por procesos eólicos están las rizaduras y herraduras por viento. Estas estructuras, por su naturaleza, son características de la zona supralitoral que comúnmente se mantiene seca.

Las estructuras orgánicas son principalmente las marcas de pájaros, las horadaciones y los conos de organismos (Lám. I12).

En la tabla No. 9 se destaca que las estructuras sedimentarias presentes en la zona infralitoral de las playas del área de estudio son escasas, siendo fundamentalmente rizaduras de oleaje y en menor proporción marcas de oleaje, así como canales. Ello es atribuible a las condiciones de régimen de flujo de alta energía, que no permite el desarrollo y preservación de rasgos diversos.

Por su parte, la zona mesolitoral reúne la mayor variedad y cantidad de estructuras sedimentarias debido posiblemente a la continua actividad del flujo y reflujos de agua. Entre las más abundantes están las marcas de oleaje, las marcas de reflujos en "V", los arroyuelos, las horadaciones, las marcas de pájaros y otros animales, los volcanes de arena y las marcas romboidales.

Las marcas de oleaje consisten de pequeñas crestas de sedimento arqueadas que señalan el avance de la ola hacia el continente.

Las marcas de reflujos en "V" son formadas cuando el reflujos de agua se encuentra con un obstáculo en la playa, que puede ser una concha o un guijarro, de modo que la corriente se divide en dos originando la figura característica en forma de "V" (Lám. II4 y III1).

Las rizaduras de oleaje son más comunes dentro de la zona mesolitoral en aquellas playas en las que el rango de mareas es importante, como es el caso del golfo de Santa Clara, Las Conchas y Desemboque (Lám. II3, III3 y III4).

-->
Continua 1

No. DE PLAYA/ ZONA	1	2	3	4	5	6
	I M S	I M S	I M S	I M S	I M S	I M S
ESTRUCTURA						
LAMINACIONES	a			e		
MARCAS DE OLEAJE	p p	p	p p p	a a		
RIZADURAS DE OLEAJE	a a		a a a		a a a	
MARCAS DE PAJAROS	e e	p	p p p		a a a	
MARCAS DE ANIMALES	e e	p				
HOSANACIONES					a a a	
REFLUJO EN V	a a					
MARCAS SEMBOIDALES			p			a
ARROYUELOS	p p		a a			
VOLCANES DE ARENA						
RIZADURAS DE VIENTO					a a	
MOLDES DE SAL				p p		
RIZADURAS DE REFLUJO						
ROCA DE PLAYA		a a	a a			
HERRADURA DE VIENTO						
CONOS DE ORGANISMOS	a a					
CANALES						

A = ABUNDANTE
 P = PRESENTE
 E = ESCASA

I = INFRA LITORAL
 M = MESOLITORAL
 S = SUPRALITORAL

TARLA 9. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
IMS																
a	a	a	r	r		a	r	a	a	a	r			a	a	
P			a	a	P	a	P	a	a	a	a	r		a	a	
a		v	a	a		a						a	a			
						a	a	a	a	a		a	r			
					pp											
a			P		r	aa	aa	a	va	a	a	P	r	va	aa	a
			a	P	a		a		a					r		r
							P			a	a	a	a			a
		v		P	P		a		a	P						
			v			a	P	v	a	a						
a				a		a	P	a	a		P				v	a
P							a	a								a
a							P				v		aa	a	a	
						a										
												a	a			

Los volcañes de arena resultan de la saturación interna del paquete arenoso, en donde el aire intersticial es desplazado por el agua, generándose así burbujeos superficiales (Lám. I8).

Los arroyuelos se expresan en forma de un microdrenaje ocasionado por el reflujó del oleaje lo que da lugar a excavación de pequeños cauces.

Asimismo, el oleaje de reflujó dentro de la zona mesolitoral origina marcas romboidales (Lám. I11 y I12) bajo condiciones hidrodinámicas de alta energía y en aguas muy someras (Reineck y Singh, 1975).

Las horadaciones son estructuras orgánicas formadas por la actividad de animales cuyo habitat se desarrolla en el ambiente de playa.

En la zona supralitoral, las estructuras más abundantes en las playas del área de estudio son las horadaciones por organismos, las marcas de pájaros, las rizaduras por viento y los moldes de sal.

Así, las rizaduras por viento son crestas transversales a la dirección del viento, presentando una gradación de tamaños con los granos más gruesos hacia las crestas, contrario a lo que ocurre en las rizaduras por oleaje.

Los moldes de sal son cavidades por la disolución de cristales de sal, reflejando así condiciones de gran salinidad de agua así como de aridez del clima.

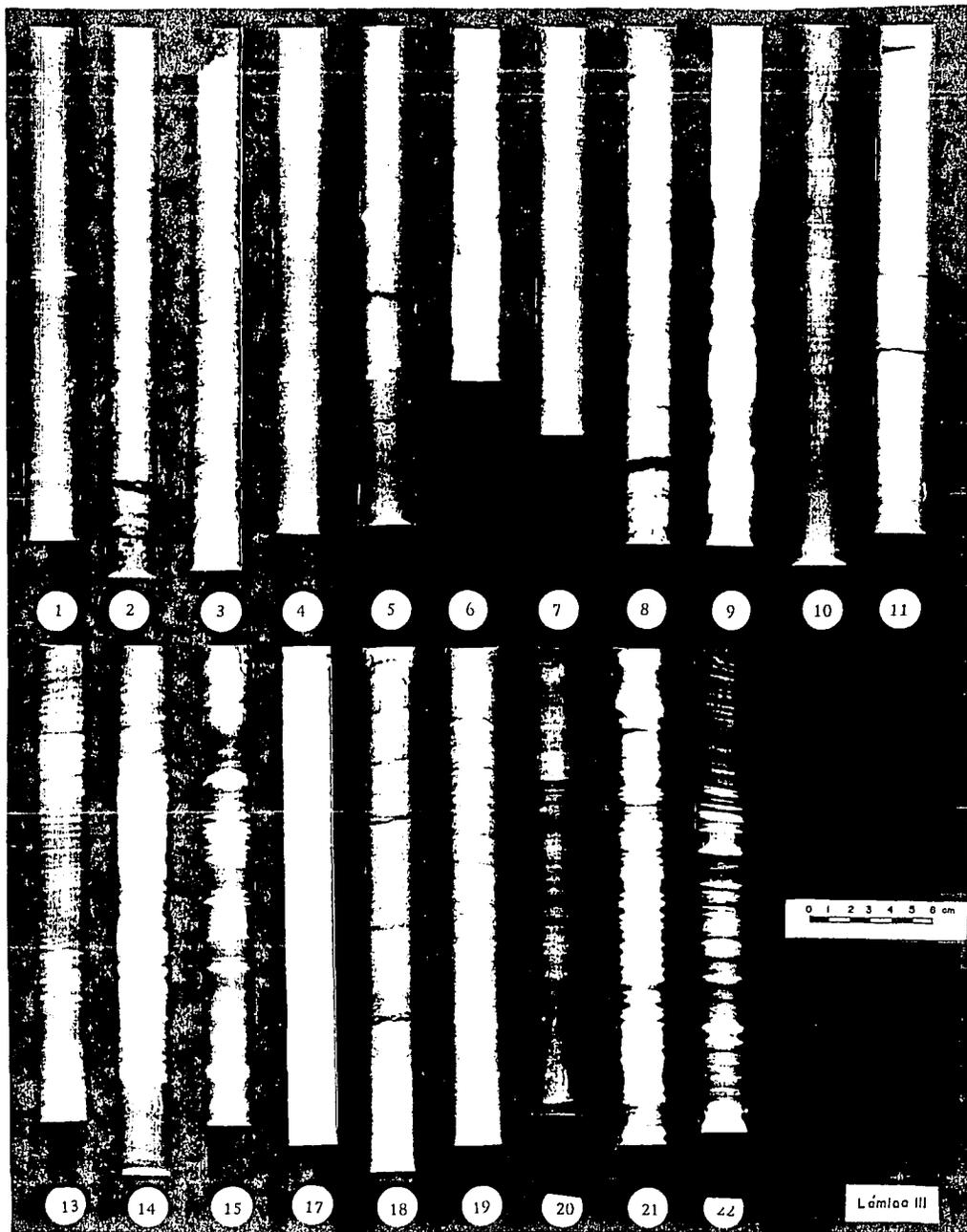
Es de resaltar que las playas del Estado de Sonora casi no presentan estructuras sedimentarias eólicas, quizá debido al régimen de alta energía de viento y posiblemente al importante efecto del rango de mareas. También se debe recalcar que la presencia de estructuras sedimentarias en el área de estudio está asociada primordialmente a sedimentos arenosos, ya que en las playas 2, 4, 6, 8 y 9, que pertenecen al Estado de Sonora y que son de carácter rudáceo (tabla 8), hay un desarrollo incipiente de dichas estructuras.

Por lo que respecta a la laminación y a la estratificación, cabe señalar que se trata de las estructuras sedimentarias más valiosas para realizar el análisis de la secuencia vertical de los sedimentos, apoyando la definición de las condiciones del aporte y depósito del material de playa.

Las laminaciones son depósitos cuyo espesor es de apenas unos cuantos milímetros. Se forman por segregación de granos por el refluo de las olas, manifestándose como una intercalación de capas finas y/o ricas en minerales pesados, hacia la base de la unidad de sedimentación y capas de material más grueso y/o pobres en minerales pesados, hacia la cima.

En la lámina III se observan núcleos tomados dentro de la zona mesolitoral junto a las trincheras excavadas. Nuevamente, resaltan las diferencias entre el patrón de sedimentación para la porción de Sonora y el correspondiente a la porción de Sinaloa - Nayarit.

En el primer caso, las laminaciones están casi ausentes, salvo



por pequeños horizontes dentro del golfo de Santa Clara, San Carlos (Lám. II2), El Cochori y Huatabampito (Lám. II3). En estos sitios se muestra un desarrollo muy local y restringido de laminaciones.

El rasgo común en Sonora consiste en una sedimentación continua u homogénea, que es reflejo de una acumulación rápida o incluso de efectos secundarios de bioturbación o compactación que destruyen las estructuras originales (Reineck y Singh, 1975).

En los casos de las playas Las Conchas, Puerto Libertad y El Colorado, los núcleos exponen un predominio de material de grava, que en la primera playa está constituido por fragmentos de conchas (Lam. 2).

Las playas 1, 5, 7, 10 y 11 se forman por arena fina que tan sólo en la playa 5 (Desemboque) presenta algunos fragmentos de grava aislados. Un punto intermedio lo presentan las playas 2, 4 y 9 en las que se intercalan materiales gruesos y finos, incluyendo un intervalo de laminaciones en la playa 9. Esto es muestra de un mayor grado de variación en las condiciones de depósito, aunque en todo caso estas variaciones se desarrollan en periodos relativamente prolongados.

En contraste, la porción meridional del área de estudio a partir de Topolobampo, presenta un cuadro sensiblemente distinto dado que en seis de los ocho núcleos hay laminaciones, expresadas como se ha señalado, en forma de una alternancia de minerales opacos y minerales translúcidos según se observa claramente en las playas

14, 15 (Lám. II4), 16, (Lám. II5), 21 (Lám. II7) y 22 (Lám. II8). Estas playas presentan lo que se denomina como laminación rítmica que se origina por cambios regulares en el transporte o en el aporte de material que pueden ser de duración muy variable.

Excepciones a la tendencia general son las playas de Mazatlán (Lám. II6) y el Caimanero, en las que se tiene una sedimentación continua de arena mediana.

Es de notarse que la abundancia de laminaciones en esta porción corresponde a un aporte dominante de material fino, que de alguna manera marca la diferencia principal con los sedimentos de playa sonorenses. En ello desempeña un papel importante la energía cinética del oleaje así como la influencia del medio fluvial y la proximidad de la Sierra Madre Occidental.

VIII. RECURSOS MINERALES DEL MAR

Este capítulo está dedicado a presentar el cuadro general y particular de los elementos de significación económica dentro del área de estudio, lo cual constituye una de las cuestiones que están siendo constantemente reiteradas en los trabajos de Geología Marina.

La exploración de nuevos recursos minerales constituye la base para el desarrollo económico de un país, contemplando en especial a la actividad industrial que requiere suministros crecientes de materias primas.

Ciertamente, el avance de la tecnología moderna ha abierto opciones sorprendentes e interesantes que apuntan hacia una futura sustitución de los recursos metálicos y minerales tradicionales. Tal es el caso de nuevos desarrollos en polímeros conductores eléctricos y polímeros biodegradables que representan verdaderas mejoras en el terreno de los nuevos materiales (Marbach, 1988).

Sin embargo, gran parte de la infraestructura productiva mundial ha sido diseñada y opera en la actualidad bajo esquemas que sólo muy lentamente podrán incorporar los nuevos avances tecnológicos.

De esta manera, los pronósticos de consumos de minerales para principios del próximo siglo no señalan fuertes variaciones en las tendencias de uso de estos recursos (O'Barney, 1980; Mineral Facts and Problems, 1985). Esto se reafirma por el hecho de que

la planta productiva mundial no puede transformarse más que de una manera gradual como respuesta a las innovaciones de la tecnología.

En México, a causa del carácter de la geología continental, se ha subestimado la importancia de los recursos minerales del mar, pese a que el litoral mexicano no puede considerarse reducido en modo alguno.

Dado que día con día la tendencia de los yacimientos minerales continentales se dirige hacia el agotamiento o hacia su ubicación como reservas mineras subeconómicas, sean éstas submarginales o paramarginales (Terrones-Langone, 1980), la alternativa de los recursos minerales marinos adquiere mayor relevancia.

Es un hecho que en la actualidad diversos países obtienen importantes divisas económicas a partir de la explotación de sus recursos marinos litorales. Algunos ejemplos de ello son las arenas de playa japonesas con altos contenidos de hierro, los placeres de playa australianos ricos en titanio, zirconio, estaño y tierras raras, las arenas de playa con abundante monacita en el Brasil, sólo por mencionar algunos (Mineral Facts and Problems, 1985).

Considerando el ambiente que está bajo el alcance de este trabajo, la principal acumulación de minerales que lo caracteriza se presenta en forma de los citados placeres de playa.

Estos depósitos de placer se originan por procesos de acumulación mecánica y residual de detritos minerales, que derivan por lo

común de litologías ígneas, aunque ello es, predominantemente, función de la fuente de aporte más favorable y próxima al sitio de depósito.

En nuestro país los estudios sobre depósitos de esta índole son escasos, pudiendo mencionarse entre ellos a los realizados por el Consejo de Recursos Minerales (Martín, 1980 a; Martín, 1980 b) que analizan depósitos en las playas del Cayacal, Gro. y de San Antonio del Mar, BCN.

Dentro del área de estudio se ha realizado una evaluación del contenido de metales de interés económico para las playas del Estado de Sonora (Carranza-Edwards, et al., en prensa I). En dicha evaluación se establece que el Fe y el Ti son los metales de mayor abundancia relativa, hallándose en concentraciones de hasta el 42.66% y 4.68%, respectivamente.

La fracción de tamaño en la que se detectaron los principales valores de metales de interés fue la comprendida entre 2 y 4 phi, que corresponde a arena fina y arena muy fina.

En este sentido, las playas de mayor atractivo económico son Desemboque con 22.89% de Fe y 4.68% de Ti; San Carlos con 25.80% de Fe y 4.46% de Ti y Bahía Kino con valores de 42.66% de Fe y 3.27% de Ti.

Las mayores concentraciones de Fe se asocian con las de Ti, manifestándose en minerales como magnetita, hematita e ilmenita.

En Bahía Kino se encuentra además una concentración relativamente alta de Sn, alcanzando un valor de 0.47%.

La fuente de aporte de estos elementos se ubica en numerosos afloramientos ígneos intrusivos que están distribuidos en la región continental adyacente al litoral.

En la porción de Sinaloa - Nayarit no se tienen referencias de trabajos directos para la evaluación de los recursos minerales del litoral. De manera cualitativa, bajo microscopio y por radiografías de núcleos, se detectó la presencia de minerales pesados, principalmente magnetita, sobre todo en las playas más al sur como son Mármol, El Novillero, Los Corchos y San Blas.

Por otro lado, la arena rica en feldspatos y cuarzo constituye una fuente alternativa de estos minerales, cuya explotación se ve favorecida por el carácter no consolidado del material que hace posible su separación por vía mecánica. Adicionalmente, la grava en algunas playas de Sonora representa una fuente potencial como banco de material para obras de carácter civil.

En ambos casos la posibilidad de aprovechamiento de los materiales de playa estará supeditada a consideraciones de carácter geográfico, principalmente.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones derivadas del presente trabajo pueden resumirse de la siguiente manera:

1. A todo lo largo del área de estudio se encuentran arenas finas y medianas bien clasificadas, simétricas a asimétricas hacia los tamaños gruesos y mesocúrticas a leptocúrticas.

En particular, el Estado de Sonora presenta un predominio de arena mediana y fina bien clasificada, simétrica a asimétrica hacia los tamaños gruesos y mesocúrtica a leptocúrtica.

En esta porción se encuentra el 90% de los sedimentos con grava de entre todos los colectados en la región, lo cual se refleja en una clasificación pobre. Dicha fracción de grava se manifiesta únicamente en las zonas infra y mesolitoral a causa del oleaje que es un factor importante para su distribución.

En la porción de Sinaloa - Nayarit hay arenas finas bien clasificadas, simétricas a asimétricas hacia los tamaños gruesos y mesocúrticas, destacando un intervalo de clases más restringido que en Sonora.

La menor variabilidad corresponde a un ambiente más uniforme en cuanto al aporte y al nivel de energía asociado.

Algo semejante a lo observado en la porción norte de Sonora, se observa en la presencia de material más grueso tan sólo

hacia la zona infralitoral, en función del alto nivel de energía del agente de transporte.

En ambas porciones la ocurrencia de arena muy fina en las respectivas zonas supralitorales, da evidencia de la influencia del transporte por eólico.

2. Existe una marcada relación entre la composición mineral de los sedimentos y su color en seco, en especial si se observa por separado para las porciones de Sonora y de Sinaloa - Nayarit.

En Sonora el predominio de colores pardos y amarillos se relaciona directamente con la composición cuarzo - feldespática de los sedimentos y en gran medida al clima árido. En contraste, para Sinaloa - Nayarit los tonos grises dominantes corresponden a composiciones algo más ricas en líticos y minerales opacos.

El color en húmedo, en general, no presentó contrastes significativos para la diferenciación.

3. Los clanes mineralógicos de las muestras del área de estudio son en un 58% felsarenitas líticas, en un 20% felsarenitas, en un 19% subfelsarenitas, correspondiendo el 3% restante a litarenitas félsicas y sublitarenitas.

En Sonora se encuentran felsarenitas, subfelsarenitas y felsarenitas líticas, en proporciones similares.

En la porción Sinaloa - Nayarit hay un marcado dominio de felsarenitas líticas sobre los clanes de felsarenitas, litarenitas y sublitarenitas.

Las variaciones composicionales en la porción norte están estrechamente relacionadas a la proximidad del desierto sonorense así como a la ausencia de corrientes fluviales permanentes. Por el contrario, en Sinaloa - Nayarit el clima es más húmedo con mayor influencia de las corrientes fluviales y de las litologías correspondientes a la Sierra Madre Occidental.

4. La relación morfológico-granulométrica observada es consistente con aquellas mencionadas en trabajos análogos. En todos estos casos se tiene una relación directamente proporcional entre el tamaño gráfico promedio de grano y la intensidad de la pendiente en el frente de playa.

Esto es función de la mayor estabilidad de la fracción de arena fina (2 a 3 phi), en donde se concentran los minerales de mayor peso específico.

5. Las estructuras sedimentarias más frecuentes en las diferentes zonas de playa son:

Zona infralitoral.- En general presenta pocas estructuras, se tienen rizaduras de oleaje y algunas marcas de oleaje, así como canales.

Zona mesolitoral.- Reúne la mayor cantidad y variedad de estructuras sedimentarias, entre las que destacan marcas de

oleaje, marcas de reflujos en "V", arroyuelos, horadaciones, marcas de pájaros y otros animales, volcanes de arena y marcas romboidales. Estas estructuras se asocian a un régimen hidrodinámico en que la acción de flujo y reflujos del oleaje es continua y persistente.

Zona supralitoral.- Las estructuras de mayor ocurrencia son las horadaciones por organismos, las marcas de pájaros, las rizaduras por viento y los moldes de sal. Esto corresponde claramente a un régimen de energía eólica y a la acción de desecación solar.

Son comunes la sedimentación continua y las laminaciones, cuyas secciones fueron analizadas a través de núcleos. También esta información sirve para diferenciar el litoral de Sonora del de Sinaloa-Nayarit.

En Sonora, predominó la sedimentación continua como resultado de una acumulación rápida y prolongada de material, que comúnmente es de tamaño grueso.

En Sinaloa-Nayarit se presentan numerosas laminaciones que se manifiestan como alternancias de minerales opacos y minerales translúcidos. Ello es atribuible a las condiciones de mayor variación en el régimen de depósito del sedimento, así como al efecto clasificador del flujo y reflujos del oleaje.

6. Se determinaron como factores claves en la configuración del perfil de playa tres rasgos fundamentales que son:

- a) Nivel de energía incidente en el litoral, ya sea del oleaje o de las mareas
- b) Amplitud de la plataforma continental asociada
- c) Amplitud de la llanura costera, que involucra el carácter de la litología y el relieve adyacentes.

La suma de estos factores da lugar a playas amplias de pendiente suave, cuando el nivel de energía es alto y no hay rupturas bruscas de pendiente en el relieve, es decir, presencia de afloramientos rocosos que restrinjan el desarrollo de la playa.

En cuanto a su evolución, las playas muestran en su mayoría un perfil que se asocia aparentemente con procesos acumulativos, siendo en otros casos muy evidente el predomnio de la erosión en playas como golfo de Santa Clara, Altata y las Glorias.

7. La procedencia de los sedimentos se puede determinar por el carácter composicional de los mismos y por el estudio de las litologías comprendidas en la cuenca de drenaje.

Para el área de estudio hay dos tipos de aporte fundamentales, uno para la porción de Sonora y otro para la porción de Sinaloa - Nayarit.

En la primera, la acción del oleaje, las mareas y las corrientes litorales desempeñan una función determinante en vista de que el aporte por vía fluvial es incipiente por las condiciones climáticas.

Como fuentes potenciales de material para esta zona se encuentran diversos afloramientos de cuerpos graníticos mesozoicos así como granitos, granodioritas y pórfidos del Cenozoico que aportan minerales cuarzo-feldespáticos principalmente. En las playas con relieve rocoso adyacente hay una evidente asociación composicional y granulométrica.

Para la porción de Sinaloa-Nayarit la fuente de aporte se localiza en afloramientos de la Sierra Madre Occidental, en granitos y granodioritas del Cenozoico y en rocas volcánicas del Cenozoico Superior además de algunos gneises y esquistos mesozoicos. En esta porción el transporte fluvial es mayor relevancia debido a una mayor precipitación pluvial. Sin embargo, el transporte litoral ha sido estimado también como agente importante en otros trabajos.

8. Por último, los aspectos de interés económico se centran fundamentalmente en las concentraciones de minerales pesados, entre los que destacan la magnetita y la ilmenita, que son fuentes de Fe y Ti.

Los puntos más atractivos fueron localizados en las playas de San Carlos, con valores de 25.80% de Fe y 4.46% de Ti, Desemboque con 22.89% de Fe y 4.68% de Ti y Bahía Kino con 42.66% de Fe y 3.27% de Ti, en Sonora.

Hacia la porción sur, destacan por su contenido de magnetita, las playas Mármol, El Novillero, Los Corchos y San Blas.

Las principales recomendaciones para profundizar en el análisis del área de estudio se centran en los siguientes puntos:

1. Realización de evaluaciones periódicas de la morfología en las playas en cuestión, de modo que se pueda contar con información básica relativa a sus variaciones temporales.

La repetición de análisis globales de esta índole será de mayor valor que estudios aislados de detalle muy locales.

2. Ejecución de trabajos que estimen cuantitativamente la importancia relativa del transporte litoral.
3. Análisis de metales de interés económico para la porción de Sinaloa - Nayarit.
4. Detección de minerales trazas o minerales pesados que ayuden al análisis de procedencia.
5. Determinación de la secuencia vertical a través de registros geofísicos que auxilien en la reconstrucción histórica de los eventos geológicos, particularmente para esta región de tectónica singular.

BIBLIOGRAFIA

Aguayo, C.J.E., 1981a. Sources of terrigenous sediments deposited in the Guaymas Basin, Gulf of California, NW Mexico. Geol. Soc. of America (Cordillera Section) Annual Meeting, Hermosillo, Son., México.

-----, 1981b. Origen y distribución de sedimentos en el golfo de California. Rev. Inst. Mex. del Petróleo XIII (3): 5-19.

Alvarez Jr., M., 1962. Provincias fisiográficas de la República Mexicana. Bol. Soc. Geol. Méx. 24 (2) : 3-20

Bustamante, Y. M., 1986. Recursos minerales en el estado de Sinaloa. Rev. Geomimet 144 : 56-58

Cámara Minera de México, 1987. Asamblea general ordinaria 1937-1987.

Carranza-Edwards, A., 1986. Estudio sedimentológico de playas del Estado de Chiapas, México An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., UNAM 13 (1) : 331-334

Carranza-Edwards, A., Rosales-Hoz, L., Lozano-Santa Cruz, en prensa I. Estudio sedimentológico de playas del estado de Oaxaca. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. en prensa I.

Carranza-Edwards, A., Rosales-Hoz, L., Aguirre-Gómez, A., Galán-Alcalá, A., en prensa II. Estudio de metales en sedimentos litorales de Sonora, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, en prensa II.

Carta geológica de la República Mexicana. Escala 1:2,000,000 Instituto de Geología, UNAM.

CFE, 1961. Boletín Hidrológico No. 3 Comisión Federal de Electricidad.

Davies, R.A., 1978. Coastal Sedimentary Environments. Springer Berlag. pp. 420

Folk, R.L., 1951. A comparison chart for visual percentage estimation. Jour. of Sedim. Petrol. 21 (1) : 32-33

-----, 1969. Petrología de las rocas sedimentarias. Traducido por Carmen P. de Schlaepfer y R.M. de Schmitter. Inst. Geología UNAM. 405 pp.

-----, 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Pub. Co. Austin Texas, 182 p.

Folk, R.L., P.B. Andrews y D.W. Lewis, 1970. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand. N.Z. Jour. Geol. Geophys. 13 (4): 937-968

García, E., 1970. Cartas de climas editadas por el Instituto de Geografía, UNAM. Escala 1:500,000.

Inman, D.L. and C.E. Nordstrom, 1971. On the tectonic and morphologic classification of coasts. The Journal of Geology 79(1): 1-21.

Kollmorgen Corporation, 1975. Munsell soil color charts. Baltimore Maryland.

Malpica, C.V., L. Ortlieb y A. Castro del Río, 1978. Transgresiones cuaternarias en la costa de Sonora. Rev. Inst. Geol. 2(1): 90-97. UNAM, Instituto de Geología.

Marbach, D. (editor), 1988. More over, Mr. Silkworm, here comes the polyester bug. Business Week p. 53. May 2 1988

Martín, B.A., 1980a. Distribución de minerales pesados en una porción litoral de Guerrero-Oaxaca. CRM VIII Seminario Interno Dic. 1980.

Martín, B.A., 1980b. Proyecto minerales pesados. Informe anual CRM. Diciembre, 1980

Martínez, B.A. y C. Javier, 1982. Sedimentología Litoral de los Estados de Nayarit, Jalisco, Michoacán y Guerrero, México. Tesis profesional. Fac. Ingeniería, UNAM. 145 p.

Méndez, U.M.N., 1983. Contribución al conocimiento de las relaciones entre fauna y sedimentos en 29 playas arenosas del golfo de México. Tesis profesional. Fac. Ciencias. UNAM. 103 p.

Minerales Facts and Problems, 1985. U.S. Bureau of Mines Bulletin 865. 1985 Edition.

Morán, Z.D., 1985. Geología de la República Mexicana SPP. Inst. Nal. Estad. Geogr. e Informática, UNAM, Fac. de Ingeniería 2a. edición 88 p.

Nolasco, M. M. L., 1986. Sedimentología litoral de los estados de Yucatán y Quintana Roo, México. Tesis profesional. Fac. Ingeniería UNAM.

O'Barney, G., 1980. The global 2000 report to the President Entering the twenty first century. Technical Report. A report prepared by the council on environmental quality and of Department of state. Gerard O'Barney Study Director.

Ottman, F. 1967. Introducción a la geología marina y litoral. Editorial Universitaria de Buenos Aires. 287 p.

Peraza, V. R., 1985. Transporte litoral de arenas en playas de la costa sur del Edo. de Sinaloa. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 57 p.

Powers, M. C., 1958. Roundness of sedimentary particles. Comparison chart for visual estimation of roundness. Geotimes, 3 (1): 15-16.

Reineck, H. E. and Singh, I. Deposital Sedimentary B., 1975. Environments. Springer-Verlag.

SARH, 1978. Carta de regiones hidrológicas de la República Mexicana. Escala 1:2,000,000. Dirección de Hidrología. Depto. de Estudios Hidrológicos.

Servicio Mareográfico. Tablas de predicción de Mareas, Nacional, 1980. 1981. Puertos del Océano Pacífico. Inst. Geog. UNAM 383

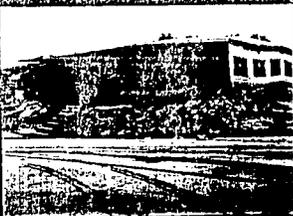
Terrones-Langone, A., 1982. Evaluación económica de las provincias metalogénicas de la América Latina. Rev. de Ing. L11(2):33-59.

LAMINA I

FOTOGRAFIA

EXPLICACION

- 1.- PLAYA GOLFO DE SANTA CLARA, SON.
- 2.- PLAYA LA CHOLLA, SON.
- 3.- PLAYA EL COLORADO, SON.
- 4.- PLAYA SAN CARLOS, SON.
- 5.- PLAYA ALTATA, SIN.
- 6.- PLAYA MARMOL, SIN.
- 7.- PLAYA EL CAIMANERO, SIN.
- 8.- VOLCANES DE ARENA EN GOLFO DE SANTA CLARA, SON.
- 9.- ESTRUCTURA SEDIMENTARIA EN LAS CONCHAS, SON.
- 10.- MARCAS DE OLEAJE Y DE REFLUJO EN "V" EN LAS GLORIAS, SIN.
- 11.- MARCAS ROMBOIDALES EN LAS CONCHAS, SON.
- 12.- MARCAS DE ANIMALES Y VOLCANES DE ARENA EN GOLFO DE SANTA CLARA, SON.
- 13.- RIZADURAS DE OLEAJE EN GOLFO DE SANTA CLARA, SON.
- 14.- MARCAS DE REFLUJO EN "V" EN MARMOL, SIN.



1



2



3



4



5



6



7



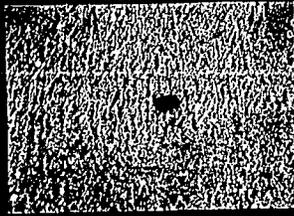
8



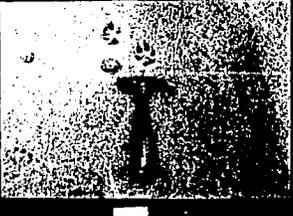
9



10



11



12



13



14

Lámna I

LAMINA II

FOTOGRAFIA

EXPLICACION

- 1.- TRINCHERA EN LA PLAYA SANTO TOMAS, SON.
- 2.- TRINCHERA EN LA PLAYA SAN CARLOS, SON.
- 3.- TRINCHERA EN LA PLAYA HUATABAMPITO, SON.
- 4.- TRINCHERA EN LA PLAYA ALTATA, SIN.
- 5.- TRINCHERA EN LA PLAYA MARMOL, SIN.
- 6.- TRINCHERA EN LA PLAYA MAZATLAN, SIN.
- 7.- TRINCHERA EN LA PLAYA LOS CORCHOS, NAY.
- 8.- TRINCHERA EN LA PLAYA SAN BLAS, NAY.
- 9.- "BEACH ROCK" EN LA PLAYA LAS CONCHAS, SON.
- 10.- ESTRUCTURA SEDIMENTARIA EN EL COCHORI, SON.
- 11.- ROMPIENTES Y MARCAS DE OLEAJE EN DESEMBOQUE, SON.
- 12.- MARCAS ROMBOIDALES EN LAS CONCHAS, SON.
- 13.- RIZADURAS DE OLEAJE EN LAS CONCHAS, SON.
- 14.- RIZADURAS DE OLEAJE EN DESEMBOQUE, SON.



1



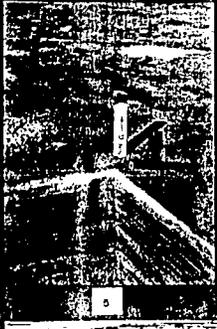
2



3



4



5



6



7



8



9



10



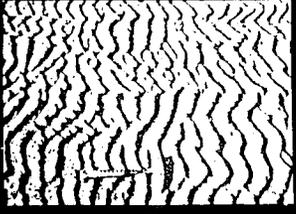
11



12



13



14

Lamina II