

**Análisis sedimentológico y geomorfológico de una playa de anidación
de tortugas en el Pacífico Sur Mexicano, La Escobilla, Oaxaca,
México.**

T E S I S

que para obtener el grado académico de

**Maestro en Ciencias del Mar y Limnología
(Geología Marina)**

presenta:

Oc. Enrique Quintero de Leonardo

Director de Tesis: Dr. Arturo Carranza-Edwards

Comité Tutorial: Dra. Leticia Rosales Hoz, Dr. Liberto de Pablo Galán, Dr. Juan José Kasper
Zubillaga, Dr. John s. Armstrong.

Asesor Externo: M. en C. Antonio Zoilo Márquez

México, D.F., Febrero del 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Quiero agradecer a:

CONACYT por el apoyo económico para la realización de ésta tesis.

Dr. Arturo Carranza-Edwards por todo su apoyo tanto académico como personal. Mil gracias por todo el tiempo y orientación que me dio durante todo el proceso de elaboración de ésta tesis.

Al programa “Sedimentología de playas mexicanas” del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por el apoyo económico para la realización de ésta investigación.

Dra. Leticia Rosales Hoz por permitirme trabajar en su laboratorio durante el análisis muestras así como sus comentarios y preguntas atinadas a lo largo de éste proceso.

Dr. Juan José Kasper Zubillaga muchas gracias por toda tu ayuda en la realización de las pruebas estadísticas de éste trabajo, sobre todo gracias por tu sincera amistad.

Dr. Liberto de Pablo Galán, por aceptar participar en éste trabajo, por sus preguntas y sus comentarios siempre constructivos.

Dr. John S. Armstrong por aceptar formar parte del comité evaluador de éste trabajo con tan corto aviso y por sus comentarios y pregunta en mi examen tutorial.

M. en C. Antonio Zoilo Márquez, muchas gracias por darle un enfoque aplicado a este trabajo y compartir conmigo tu amplia experiencia en el campo y laboratorio.

A todo el personal del campamento tortuguero de La Escobilla y la CONANP sin cuyo apoyo la realización de éste trabajo hubiera sido imposible.

Dra. Gloria Vilaclara Fatjó por todo tu apoyo tanto académico como personal, muchas gracias por tomarte el tiempo para escucharme y dejarme desahogarme contigo.

Phd. Wiliam Bandy por el apoyo económico en la realización de éste trabajo.

Dr. Carlos Mortera por el tiempo de barco dedicado a enseñarme lo que pudo sobre ecosondas.

A todo el grupo administrativo del posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Chantal, Lupita, Diana y Gaby. Gracias por echarme la mano tantas veces y soportar todos mis errores burocráticos.

A todos los que forman parte de las Catarinas, el Andalucía, Club Antiguo Cucaracha, Lluvia de estrellas y todos aquellos con los que he compartido una cancha y un balón. No los puedo mencionar a todos porque no acabaría nunca.

A mis compañeros de maestría, Geraldine, Miri, JJ, Fernando. Especialmente a mi compadre Ricardo, por ese inolvidable viaje por el Caribe, por las chelas en el cenote y los grandes momentos que pasamos en el cotorreo.

Leonardo Tenorio, sin los viernes de magia no se que hubiera sido de mi regreso al D.F. Gracias por todas las pláticas, las lagrimas, el apoyo y sobre todo por tu invaluable amistad.

A Jack Baron Tapia por tu invaluable amistad, por el apoyo y la confianza que me has dado durante todos estos años tanto en el buceo como en la vida diaria.

A todo el equipo de buceo de la UNAM, tampoco puedo mencionarlos a cada uno porque no terminaría nunca.

A mis alumnos del Lancaster, gracias a cada uno de ustedes por permitirme transmitirles aunque sea un poco de conocimiento y por demostrarme que enseñar no es cosa fácil y tiene un valor enorme.

Índice

Introducción.....	1
Área de estudio.....	2
Antecedentes.....	5
Biología general de la tortuga golfina.....	6
Objetivos.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos particulares.....	9
Hipótesis.....	9
Métodos.....	10
Muestreo.....	10
Análisis textural de los sedimentos.....	10
Procedencia.....	11
Análisis químicos.....	11
Resultados y discusiones.....	13
Geomorfología de playas.....	13
Análisis textural de los sedimentos.....	23
Procedencia.....	41
Análisis químicos.....	51
Conclusiones.....	53
Literatura citada.....	54

Índice de figuras	Página
Figura 1.- Playa Escobilla en las costas del Pacífico Sur Mexicano, Oaxaca (imagen tomada de Google Earth).....	2
Figura 2.- Carta geológica de las costas de Oaxaca y Guerrero (Tomada de INEGI).....	4
Figura 3.- Vista dorsal, ventral y cabeza de la tortuga golfina, tomada de Márquez, 1990.....	7
Figura 4.- Vista lateral de la tortuga golfina, tomada de Márquez, 1990.....	8
Figura 5- Perfil de playa donde A) plataforma continental, B) infraplaya, C) mesoplaya y D) supraplaya (Tomado de Carranza-Edwards y Caso-Chávez, 1994). Los círculos representan los sitios de muestreo de sedimento.....	10
Figura 6- Perfiles 6, 8, 10, 12, 14, 16.....	13
Figura 7.- Perfiles 18, 20, 22, 24, 26, 28.....	14
Figura 8.- Perfiles 30, 32, 34, 36, 38, 40.....	15
Figura 9.- Perfiles 42, 44, 46, 46-B, 48, 50.....	16
Figura 10.- Perfiles 60, 70, 80, 90, 100, 150.....	17
Figura 11.- Perfiles de playas de referencia Zicatela, Villas Comaná, Ventanilla y Zipolite.....	18
Figura 12.- Cambios en el ancho de la playa La Escobilla, desde 600 metros de la desembocadura del Río Cozoaltepec hasta 15,000 m de la misma.....	19
Figura 13.- Variación del ángulo de playa con respecto a la distancia a partir de la desembocadura del Río Cozoaltepec.....	20
Figura 14.- Comparación entre el ancho y el ángulo del frente de playa. La línea con círculos representa el ancho de playa mientras que la línea de triángulos representa el ángulo del frente.....	21
Figura 15.- Distribución de tamaño de grano (Mz?) a lo largo de la playa La Escobilla en las tres sub-zonas de playa.....	25
Figura 16.- Distribución de tamaño de grano (Mz?) a lo largo de la playa La Escobilla. a) infraplaya; b) mesoplaya.....	26

Figura 17.- Distribución de tamaño de grano ($Mz?$) a lo largo de la playa La Escobilla en supraplaya.....	27
Figura 18.- Desviación estándar ($sI?$) contra distancia a lo largo de la playa La Escobilla en las tres subzonas de playa.....	27
Figura 19.- Distribución de la desviación estándar ($sI?$) a lo largo de la playa La Escobilla. a) infraplaya; b) mesoplaya.....	28
Figura 20.- Distribución de la desviación estándar ($sI?$) en supraplaya.....	29
Figura 21.- Distribución de asimetría (Sk_I) a lo largo de la playa La Escobilla en las tres subzonas de playa.....	29
Figura 22.- Distribución de la asimetría a lo largo de la playa La Escobilla. a) infraplaya; b) mesoplaya.....	30
Figura 23.- Distribución de la asimetría (Sk_I) a lo largo de la playa La Escobilla en supraplaya.....	31
Figura 24.- Distribución de curtosis (K_G) a lo largo de la playa La Escobilla en las subzonas de infraplaya, mesoplaya y supraplaya.....	31
Figura 25.- Distribución de curtosis (K_G) a lo largo de la playa La Escobilla: a) infraplaya y b) mesoplaya.....	32
Figura 26.- Distribución de la curtosis (K_G) a b largo de la playa La Escobilla en supraplaya	33
Figura 27.- Gráficas de regresión lineal para los parámetros texturales en la playa La Escobilla, a) desviación estándar ($sI?$) vs. Curtosis; b) Tamaño gráfico promedio de grano ($Mz?$) vs. Asimetría (Sk_I).....	34
Figura 28.- Regresiones lineales: a) entre ($Mz?$) y (K_G) en las playas de referencia y b) entre desviación gráfica inclusiva ($sI?$) y curtosis (K_G) en playas de referencia, Zicatela, Villas Comaná, Ventanilla y Zipolite.....	35
Figura 29.- Gráficas de regresión lineal: a) desviación gráfica inclusiva ($sI?$) contra curtosis gráfica (K_G) y b) Tamaño gráfico promedio ($Mz?$) contra asimetría (Sk_I). Ambas gráficas para las muestras de La Escobilla.....	36

Figura 30.- Análisis discriminatorio de componentes principales. a), b) y c) son provincias dentro de la Playa La Escobilla y d) son las playas de referencia. El círculo encierra las playas de referencia claramente separadas del resto de provincias.....	37
Figura 31.- Análisis de grupos para la Playa la Escobilla y las playas de referencia.....	38
Figura 32.- Regresión lineal entre cuarzo y FRM para la playa La Escobilla,	43
Figura 33.- Regresión lineal de los conteos de petrología en la playa La Escobilla, feldespatos totales contra minerales oscuros.....	44
Figura 34.- Regresión lineal entre componentes de la arena de las playas de referencia.....	45
Figura. 35.- Regresión lineal entre componentes de arenas para el total de playas muestreadas; a) metamórficos <i>vs</i> cuarzos monocristalinos, b) feldespatos totales <i>vs</i> cuarzo policristalino, c) minerales oscuros <i>vs</i> feldespatos totales, c) feldespatos totales <i>vs</i> metamórficos.....	46
Figura 36.- Diagrama ternario Ct:Ft:Lt para el caso de la Playa la Escobilla (círculos llenos) y las playas de referencia (triángulos vacíos).....	47
Figura 37.- Distribución de elementos mayores a lo largo de la playa La Escobilla. a) óxidos de: Sílice, aluminio y titanio; b) óxidos de: fierro, magnesio y manganeso.	50
Figura 38.- Distribución de elementos mayores, óxidos de: Calcio, Sodio y potasio a lo largo de la playa La Escobilla.....	51
Figura 39.- Distribución de P ₂ O ₅ a lo largo de la playa La Escobilla.....	51

Índice de Tablas	Página
Tabla 1.- Resultados obtenidos de las muestras analizadas Mz (?) = Tamaño medio de grano; s_1 (?) = Desviación estándar; Sk_1 = Asimetría; K_G = Curtosis).....	23
Tabla 2. Correlaciones significativas para parámetros texturales en La Escobilla, los valores en negritas representan una correlación significativa.....	33
Tabla 3. Correlaciones significativas para parámetros texturales en playas de referencia los valores en negritas representan una correlación significativa.....	35
Tabla 4. Correlaciones significativas para parámetros texturales en La Escobilla. Los valores en negritas representan una correlación significativa.....	36
Tabla 5.- Componentes petrológicos para la playa La Escobilla y playas de referencia.....	42
Tabla 6. Correlaciones significativas para Petrología en La Escobilla, los valores en negritas representan una correlación significativa.....	43
Tabla 7. Correlaciones significativas para Petrología en playas de referencia, los valores en negritas representan correlaciones significativas.....	44
Tabla 8. Correlaciones significativas para Petrología en todas las playas, los valores en negritas representan una correlación significativa.....	46
Tabla 9.- Resultados del análisis de elementos. Los resultados están en porcentajes.....	48
Tabla 10. Correlaciones significativas para Petrología en La Escobilla, los valores en negritas representan una correlación significativa.....	52

Resumen

El objetivo de esta tesis es investigar la sedimentología y geomorfología de la playa La Escobilla, que se encuentra en las costas del Pacífico mexicano, en el litoral del estado de Oaxaca entre Puerto Ángel y Puerto Escondido. Esta playa tiene una gran importancia ya que es una de las playas de Latinoamérica más importantes en el número de arribazones de tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea*, entendiéndose como arribazón el fenómeno de anidaciones en grandes agregados. Se tomaron 102 muestras de arena de playa a tres niveles diferentes, infra, meso y supra playa, de las cuales 90 pertenecen a la playa La Escobilla y 12 a cuatro playas de control, Zicatela, Zipolite, Villas Comaná y Ventanilla. En cada punto se levantó un perfil de playa, siendo un total de 35 perfiles. A las 102 muestras de arena de playa se les realizó el análisis granulométrico con el analizador láser de partículas del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y se obtuvieron los parámetros texturales propuestos por Folk. De las muestras recolectadas tanto en la playa Escobilla como en las de control se tomaron 36 muestras de los tres niveles de playa para hacer láminas delgadas y determinar la composición petrológica mediante microscopía. Al graficar los resultados de granulometría se observa una tendencia a la homogenización de los parámetros en mesoplaya y supraplaya. La presencia de las altas concentraciones de tortugas en la playa genera alta bioturbación en los sedimentos. Con respecto a la petrología se encontró que los sedimentos están compuestos principalmente por cuarzos y feldespatos, ambos muestran evidencia de metamorfismo lo cual coincide con afloramientos cercanos al Río Cozoaltepec, el cual aporta grandes cantidades de sedimento a la playa La Escobilla. Se realizó un análisis de elementos mayores mediante rayos X cuyos resultados coinciden con lo encontrado en la petrología al ser correspondientes con rocas ígneas intrusivas. La tortuga golfina es muy sensible a los cambios en la morfología de la playa, aparentemente las condiciones ideales implican playas amplias con pendientes intermedias. Por otro lado el tamaño de las partículas preferente para los sitios de anidación corresponde con arenas medias, compuestas principalmente por cuarzos, feldespatos y escasos fragmentos de roca. Las concentraciones de carbonatos y materia orgánica son despreciables y corresponden con una playa de alta energía. Para la preservación de la tortuga golfina es fundamental evitar represamientos, o modificaciones en el cauce del Río Cozoaltepec pues se alteraría el aporte de sedimentos hacia la playa.

Palabras clave: Tortuga golfina, playa La Escobilla, Oaxaca, geomorfología, sedimentología, Pacífico Mexicano

INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras están expuestas a diversas interacciones, tales como los cambios de marea, la intensidad del oleaje o de las corrientes, al igual que la acción eólica. Estas interacciones influyen en la erosión, sedimentación y depositación. El constante cambio en la energía de estos agentes crea en una playa cambios en las elevaciones y en la forma de la misma así como en la distribución de los mismos. La morfología de la playa interviene en la disipación de energía de las olas, así mismo, provee de protección a la parte alta de la playa de la acción del oleaje.

Aún cuando el viento y las corrientes tienen un efecto sobre el perfil de la playa, es el oleaje el que influye más en los cambios, cuando la ola disipa su energía sobre el sedimento que forma la playa poniéndolo de esta manera en suspensión, y formando una corriente litoral que transporta agua y sedimento a lo largo de la playa.

El transporte de arena en el ambiente litoral está definido por dos componentes que pueden presentarse en ambos sentidos para un mismo punto:

- Acarreo perpendicular a la playa: provocado por la acción del oleaje sobre la playa e igualmente se restringe mar adentro hasta la zona ubicada justo detrás de la zona de rompiente.
- Acarreo paralelo a la playa: Provocado por el flujo de agua paralelo a la costa y esta restringido principalmente a la región entre la zona de rompiente del oleaje y la línea de costa.

Es muy importante conocer la distribución de los sedimentos, así como el entorno geológico de las playas. Para el caso de la playa Escobilla su importancia es mayor debido a que en esta se presenta la arribazón de la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829), entendiéndose como arribazón el fenómeno de anidaciones en grandes agregados (Ávila, 2006); sin embargo, no hay un estudio a fondo que permita conocer la relación entre estos organismos y el entorno geológico en el cual realizan las anidaciones. Es la finalidad de este trabajo hacer un estudio completo sobre la petrología, geomorfología y geoquímica de esta playa con el fin de determinar las relaciones entre variables geológicas y biológicas, haciendo énfasis en las primeras.

ÁREA DE ESTUDIO

La playa Escobilla se encuentra en el Pacífico Sur Mexicano, sobre las costas de Oaxaca, se encuentra entre la latitud $15^{\circ} 47' 18''$ N, Longitud $96^{\circ} 56' 54''$ O y Latitud $15^{\circ} 44' 39''$ W y longitud $96^{\circ} 51' 57''$ O del Pacífico Sur Mexicano (Fig. 1).



Figura 1.- Playa Escobilla en las costas del Pacífico Sur Mexicano, Oaxaca. La escala indica 10 kilómetros (imagen tomada de Google Earth).

A esta playa se llega por la carretera federal No. 200, en el kilómetro 179 del tramo Pinotepa Nacional-Salina Cruz. Se encuentra entre las ciudades de Puerto Escondido y Pochutla.

En la playa La Escobilla se encuentra un campamento tortuguero ubicado en el municipio de Santa María Tonameca, distrito de Pochutla. Desde el punto de vista de la biodiversidad, esta zona forma parte de la Zona Marina Prioritaria No. 34 (Chacahua-Escobilla) y tiene una extensión de 615 km² (Arriaga *et al.*, 1998). En la zona trabajan las siguientes instituciones: Centro Mexicano de la Tortuga (Mazunte, Oax.), IPN (Ciidir-Oaxaca), Universidad del Mar (Puerto Ángel, Oax.), INE y la Delegación estatal Semarnap a través de la CONABIO.

La playa tiene una extensión de 10 kilómetros entre los que se encuentran distintos humedales. Al poniente se localiza la desembocadura del Río Cozoaltepec y la Barra de Potrero y al oriente se encuentra la Barra de Tilaza. Entre estos se encuentran pequeños

humedales; de poniente a oriente: Barra de Salinas, Barra Escobilla, y Barra de Macahuite; estos pequeños humedales en temporada de lluvias y mareas altas drenan hacia el mar (Alvabera, 2006).

El ancho promedio de playa es de 44.28 m, aunque va disminuyendo de poniente a oriente, ya que a dos kilómetros de la barra del Río Cozoaltepec hay un ancho máximo de 59 m y un mínimo de 24.6 m a 200 m de la barra de Macahuite; no obstante, el perfil de playa se amplía cerca de las barras.

El intervalo de marea es menor que 2 m hacia el Oeste de Salina Cruz y de 2 a 4 m hacia el Este del mismo puerto (Davies, 1973). En ambos casos la marea es de tipo mixto (Instituto de Geofísica, 1978).

De acuerdo con las cartas mensuales de corrientes superficiales (Wyrtki, 1965), las próximas a las costas oaxaqueñas presentan en promedio velocidades menores que 0.3 nudos, con un máximo de 0.42 nudos medido en el mes de junio. Del mes de mayo al mes de septiembre la dirección de estas corrientes es principalmente de Este a Oeste, en tanto que el resto del año se presenta al Oeste de Puerto Ángel una corriente Este-Oeste y al Este del mismo puerto la corriente tiene una dirección Oeste-Este (Carranza-Edwards *et al.*, 1987).

Tectónicamente, el litoral de Oaxaca es parte de la costa de colisión continental, afectada por el contacto de la Placa de América con la Placa de Cocos (Carranza-Edwards *et al.*, 1975). Las rocas que afloran en las cuencas hidrológicas que drenan hacia el mar son de litología y edad muy diversa (Fig. 1). En la mayoría de las localidades de playa estudiadas se reciben principalmente los aportes de sedimentos procedentes de rocas metamórficas del Paleozoico y del Precámbrico, rocas intrusivas y extrusivas ácidas del Terciario y suelos del Cuaternario" (SPP, 1981 en Carranza-Edwards, 1986). En la Fig. 2 (tomada de INEGI, año?) se observa la carta geológica de la zona.

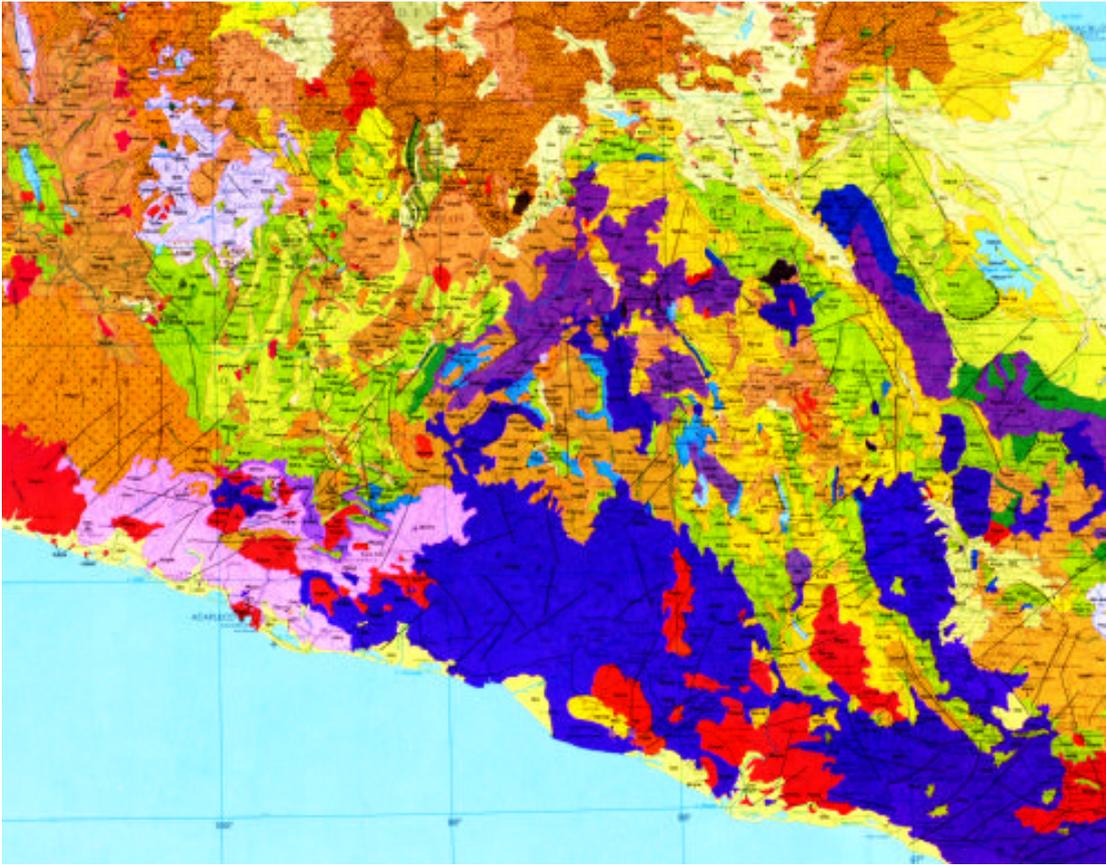


Figura 2.- Carta geológica de las costas de Oaxaca y Guerrero (Tomada del INEGI, 2008).

La temperatura media anual es superior a 28 °C, siendo en promedio mayo el mes más caluroso con 29 °C y enero el más frío con 27 °C. Las lluvias se presentan entre mayo y octubre, siendo septiembre el mes con mayor precipitación con un volumen promedio de 338 mm. El mes más seco es abril, con una precipitación de 0.1 mm (Casas-Andréu, 1978).

ANTECEDENTES

Carranza-Edwards *et al.* (1987) realizaron un estudio sedimentológico en las costas de Oaxaca, muestreando 37 playas del estado. Encontraron que estos sedimentos se caracterizan por su predominio de arenas medias, moderadamente bien clasificadas, simétricas y mesocúrticas. Composicionalmente las playas que estudiaron están constituidas principalmente de felsarenitas submaduras, que probablemente reflejan el control que la tectónica ejerce sobre la sedimentación. Determinaron concentraciones altas de fierro y titanio por magnetita e ilmenita.

Carranza-Edwards (2001), realizó la caracterización de mil cien muestras de sedimentos de playa en el litoral mexicano, incluyendo las costas de Oaxaca, determinando que la planicie costera tiene un ancho promedio de 45 kilómetro, el clima es sub-húmedo, la influencia de las olas en los sedimentos es fuerte, la influencia de las corrientes es de baja a moderada y el relieve asociado es alto. Para la zona en la que se encuentra la playa Escobilla el tamaño promedio de grano fue de 1.6 F, con una desviación estándar de 0.65 F.

Encontró que el promedio en el tamaño de grano disminuye conforme se incrementa la distancia del mar hacia tierra, es decir de la dirección de la infraplaya a la mesoplaya y supraplaya, esto sugiere que la energía en las playas disminuye en esta dirección. La infraplaya tiene arenas que están menos clasificadas que en las otras subzonas, probablemente porque hay una mayor variabilidad en este ambiente debido a la interacción del oleaje con las corrientes litorales.

Así mismo determinó que, en general, las arenas de las planicies costeras más largas presentan arenas de tamaño más pequeño y están mejor clasificadas, por que los detritos tienen mayores periodos de abrasión, mientras que las planicies más estrechas tienen una tendencia por arenas más gruesas y menos clasificadas.

Carranza *et al.*, (1996) realizaron un estudio de reconocimiento de carbonatos en la mesoplaya en las costas mexicanas, el área de estudio para este trabajo se encuentra dentro de la llamada planicie costera del suroeste de México. Determinaron parámetros texturales de 274 muestras de arena superficiales así como el porcentaje de carbonatos en las mismas. Para la zona en cuestión el promedio de porcentaje de carbonatos a b largo del litoral comprendido por las costas de Guerrero y Oaxaca es de 4.7 % con una desviación estándar de 2.04, un máximo de 37.07 y mínimo de 0.00 en un total de 100 muestras

correspondiente con el mismo número de localidades. El mínimo reportado por los autores corresponde a la ubicación de la playa La Escobilla.

Alvabera (2006) presentó una revisión de las playas de anidación de tortugas en el Estado de Oaxaca, en donde se resalta la importancia de la playa La Escobilla por la arribazón de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*). En esta playa se establecieron los siguientes conceptos referentes a lo que es una arribazón:

- El número de hembras que están presentes en la playa al mismo tiempo es mayor que 100 en al menos un conteo.
- Las hembras anidadoras no están dispersas a lo largo de toda la playa, sino que se encuentran en una zona claramente definida.
- La distribución temporal de las anidaciones presenta un patrón de incremento regular hasta un pico, con un decremento también regular.

Durante cuatro años (2001-2005) de periodo de trabajo en playa La Escobilla tuvieron lugar 34 arribazones de tortuga golfina, en las que se estimaron 3,424,230 anidaciones. En promedio se tuvieron 8.5 arribazones y 856,057 anidaciones por año.

Ávila (2006) hizo un estudio sobre el éxito de eclosión de la tortuga golfina en la playa de La Escobilla. Encontró que el intervalo de éxito en la eclosión de huevos en playa varió entre 0 y 20%

Biología general de la Tortuga golfina.

La tortuga golfina es una especie pantropical sin ninguna diferenciación morfológica entre sus poblaciones. En su circuito migratorio incluye áreas de alimentación en diversos ambientes costeros y pelágicos; anida en forma solitaria. En algunas playas de La India, el Pacífico Mexicano y Centroamérica forma arribazones (Peñaflores *et al.*, 2001).

Esta especie se caracteriza por tener un caparazón casi circular cuya anchura es cercana al 90% de su longitud recta (Márquez *et al.*, 1976). Generalmente el carapacho tiene más de 15 escudos mayores, 5 dorsales y frecuentemente más de 5 pares laterales, aunque también puede presentar desigualdad en el número de escudos de ambos lados; el par lateral anterior está en contacto con el escudo precentral (Márquez *et al.*, 1976). El plastrón tiene 4 escudos inframarginales y cada uno presenta un poro (Frazier, 1983). En el borde anterior de cada aleta hay una o dos uñas. La cabeza es mediana y subtriangular y tiene dos pares de

escamas prefrontales y un pico córneo no aserrado con reborde alveolar (Márquez, 1990) (Fig. 3).

La tortuga golfina se ubica en la siguiente clasificación (tomado de Márquez., 1976):

Clase: Reptilia

Subclase: Anápsida

Orden: Testudinata

Suborden: Cryptodira

Familia: Cheloniidae

Género: *Lepidochelys*

Especie: *Lepidochelys olivacea*

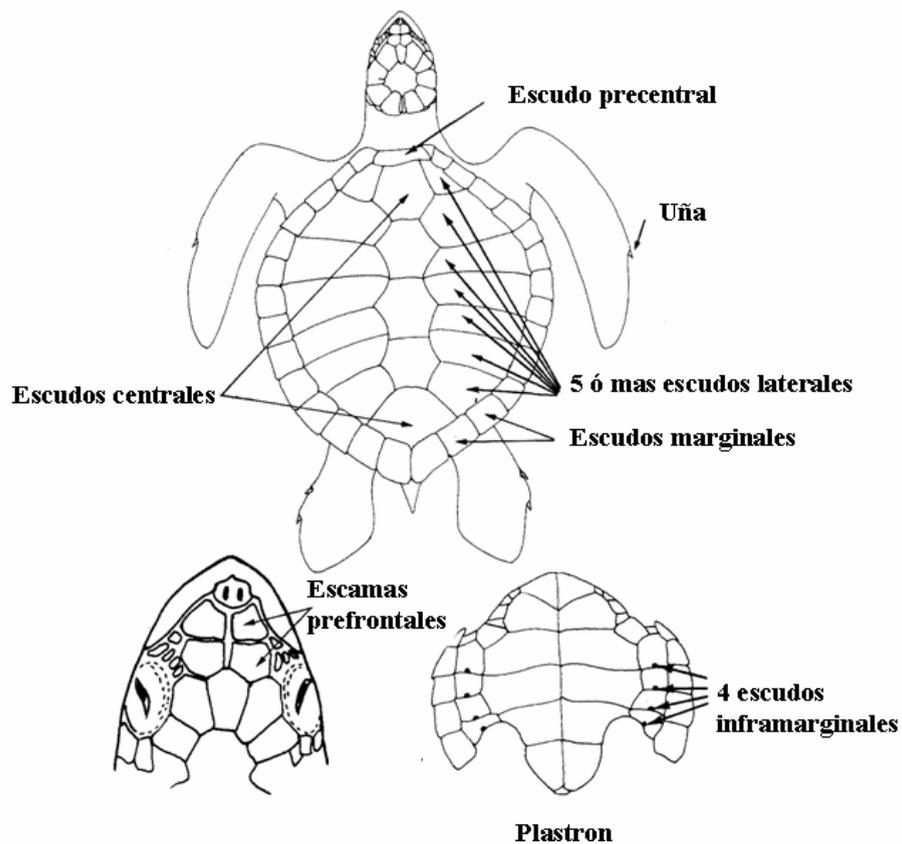


Fig. 3.- Vista dorsal, ventral y cabeza de la tortuga golfita (tomada de Márquez, 1990).

La longitud recta promedio del caparazón es de 67.6 cm, aunque algunos organismos pueden llegar a medir hasta 78 cm (Fig. 4). El peso promedio es de 38 kg. La coloración del carapacho de los adultos es gris olivácea o amarillenta, mientras que el vientre es de color crema a gris verdoso con manchas oscuras en los extremos de las aletas (Márquez, 1990)

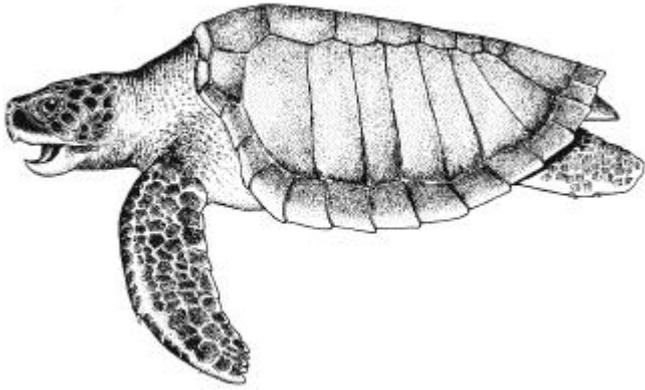


Figura 4.- Vista lateral de la tortuga golfina (tomada de Márquez, 1990).

La temporada de reproducción de la tortuga golfina en la mayor parte del Pacífico mexicano se presenta de julio a enero. Sin embargo, en la playa La Escobilla las tortugas anidan durante todo el año, con las arribazones son más frecuentes entre mayo y marzo, siendo más abundantes las que ocurren entre agosto y septiembre (Peñaflores *et al.*, 1998). Se trata de una especie con hábitos de desove nocturno, pero en ocasiones también anida durante el día, principalmente durante las arribazones más grandes. El número de huevos por nidada varía de un par de docenas hasta más de 155, con media cercana a 109, aunque hay variación significativa entre localidades. Los huevos son de color blanco y de forma esférica con diámetro de 3.2 a 4.7 cm (Márquez, 1990).

Una característica muy importante de las tortugas marinas es que son organismos filopátricos, es decir que regresan a reproducirse a las playas en las que nacieron (Hikman, 2007)

OBJETIVOS

Objetivo general

- Describir el marco geológico y obtener la textura de las arenas de la playa Escobilla para buscar interrelaciones entre las características geológicas y sedimentarias en sitios de arribazones de la tortuga golfina.

Objetivos particulares

- Hacer el levantamiento de un perfil de playa en cada una de las zonas de muestreo con el fin de determinar la morfología de la playa. De igual manera se levantará un perfil para las playas de referencia.
- Obtener los parámetros estadísticos propuestos por Folk (1974) de una serie de muestras superficiales de arena tomadas en las subzonas de infraplaya, mesoplaya y supraplaya.
- Realizar un análisis de petrología para determinar la composición de las muestras, determinando contenido de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca.
- Se analizarán elementos mayores, porcentaje de carbonatos y contenido de materia orgánica.
- Estimar la influencia de los principales ríos que aportan material a la playa y realizar los mismos estudios que para las muestras de arena de playa.

Hipótesis

Existe relación entre variables geológicas de la Playa La Escobilla y la ocurrencia de arribazones de tortuga golfina.

MÉTODOS

Muestreo

El muestreo se llevó a cabo del 12 al 16 mes de septiembre lo largo de la línea de costa de la playa La Escobilla. Se realizaron transectos cada 200 metros en los primeros 5000 m, posteriormente cada 1000 metros hasta los 10,000 m. y un último muestreo en el kilómetro 15 de la playa siempre a partir de la desembocadura del río Cozoaltepec. Se tomaron tres muestras de arena superficial en tres subzonas (infraplaya, mesoplaya y supraplaya) del perfil de playa como se ve esquemáticamente en la Fig. 5, haciendo uso de la nomenclatura propuesta por Carranza-Edwards y Caso-Chávez (1994). En cada una de estas subzonas se tomaran entre 300 y 500 gramos en el sedimento superficial del primer cm. En cada una de las áreas de muestreo se levantó un perfil de playa.

Las muestras de sedimento se cuartearon para obtener submuestras analizadas para sedimentología, materia orgánica, carbonatos y láminas delgadas y elementos mayores.

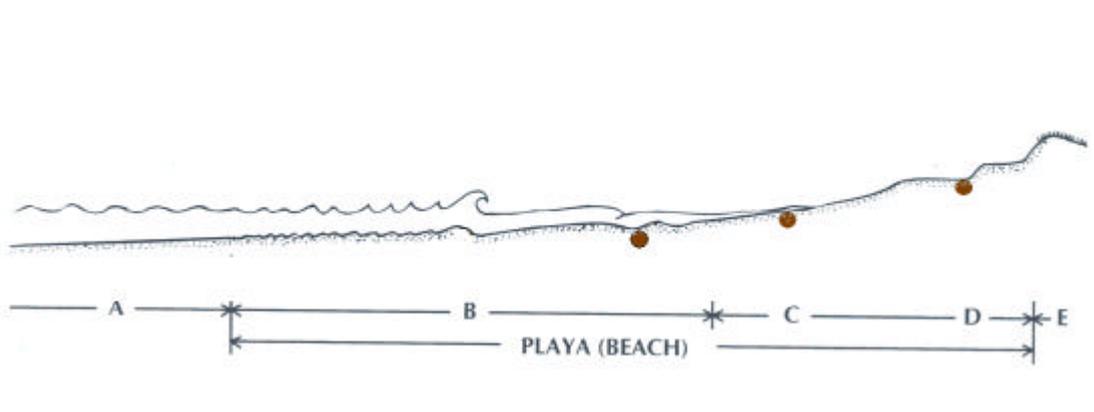


Fig. 5. Perfil de playa donde A) plataforma continental, B) infraplaya, C) mesoplaya y D) supraplaya (Tomado de Carranza-Edwards y Caso-Chávez, 1994). Los círculos representan los sitios de muestreo de sedimento.

Análisis textural de los sedimentos

Las muestras se analizaron con el equipo láser de partículas del Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar. Se escogieron algunas muestras, las cuales se tamizaron cada $\frac{1}{2}$ F con el fin de compensar la curva granulométrica cuando el tamaño de partículas fuera mayor que 2 mm.

Se obtuvieron los siguientes parámetros estadísticos planteados por Folk (1974) a todas las muestras colectadas:

Media gráfica: determina el tamaño promedio de la muestra. El resultado que se obtiene está dado en unidades F

Asimetría: éste parámetro indica si la muestra analizada tiene una tendencia predominante hacia los finos o los gruesos, es decir si hay un sesgo en la distribución normal de los sedimentos

Desviación estándar: Ésta nos da información acerca de la clasificación de la muestra, una muestra en la que la mayoría de los granos se encuentra cerca de la media se dice que esta bien clasificada. Si la muestra tiene una gran variabilidad se dice que esta pobremente clasificada.

Curtosis: medida estadística de curvas de distribución, la curtosis es una medida del "apicamiento" de la distribución, es decir si la distribución normal es platicúrtica o mesocúrtica

Procedencia

Con respecto a los análisis de petrología se obtuvo la composición de la muestra, determinando cantidades de cuarzo monocristalino y policristalino, feldespatos totales, fragmentos de roca tanto plutónica como metamórfica, biogénicos y minerales oscuros.

La composición se determinó mediante microscopio petrográfico. Se mandaron a hacer 36 láminas delgadas de muestras seleccionadas de la playa La Escobilla y de playas de referencia, Zicatela, Zipolite, Villas Comaná y Ventanilla. Se contaron 200 granos de cada lámina delgada. El número de granos a contar se determinó mediante una adaptación del método de Margalef, que es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

Se obtuvo un diagrama ternario mediante la metodología propuesta por Folk (1974).

Análisis químicos

Porcentaje de carbonatos

El porcentaje de carbonatos se calculó mediante el método de determinación de carbonato de calcio por titulación, basado en un proceso de titulación por retroceso, donde a la

muestra de sedimento se le agrega un cierto volumen en exceso de ácido clorhídrico de concentración conocida y el ácido que no reacciona con los carbonatos se titula con una solución de hidróxido de sodio (Flashka, 1975; Sheik, 1984).

Para el procedimiento se pesa por duplicado 0.2 gr de sedimento seco y molido. Se agregan 50 ml de ácido clorhídrico 0.1N (previamente titulado contra carbonato de sodio como patrón primario) y se calienta hasta la ebullición. Se deja enfriar, de esta forma se elimina el dióxido de carbono.

Se titula con una solución de hidróxido de sodio 0.3N (previamente titulado contra biftalato de potasio como patrón primario) usando como indicador azul de bromotimol cuyo pH de vire es de 6.0 – 8.6 y la solución cambia de amarillo a azul, lo cual indica que se ha llegado al punto final.

Se corren tres blancos bajo las mismas condiciones de las muestras.

Materia orgánica

Para esta determinación se utiliza un calentamiento exotérmico y se oxida a la materia orgánica del sedimento con dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ y ácido sulfúrico H_2SO_4 concentrado, el exceso de dicromato de potasio es titulado con $FeSO_4NH_4$ 0.5 N Durante el procedimiento se pesan entre 0.2 y 0.5 gr de sedimento seco y molido (la cantidad de muestra está en función del contenido de materia orgánica, se coloca 1.0 gr de sedimento en muestras que tienen menos de 1% de materia orgánica).

Se coloca la muestra de sedimento en un matraz Erlenmeyer de 500 ml y se adicionan 5 ml de una solución de dicromato de potasio 1 N (medidos con pipeta volumétrica) y mezclar.

Se agregan 10 ml de de una mezcla de ácido sulfúrico concentrado H_2SO_4 y sulfato de plata Ag_2SO_4 (es importante mezclar los reactivos con el sedimento de tal forma que no quede sedimento pegado a las paredes del recipiente y que no reaccione con los reactivos).

La muestra se deja reposar por 30 minutos y se afora a 100 ml con agua bidestilada.

Se agregan 5 ml de ácido fosfórico H_3PO_4 al 85 %, 0.1 gr de fluoruro de sodio NaF y 8 gotas del indicador (difenilamina).

La titulación se lleva a cabo con una solución de sulfato ferroso amoniacal 0.5 N. El color vira de café verdoso – verde azul oscuro y en el punto de equivalencia pasa a un verde brillante.

Por último se corre un blanco de referencia exactamente igual, pero sin sedimento.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

GEOMORFOLOGÍA DE LAS PLAYAS

Se trataron los datos de cada uno de los perfiles levantados cada 200 m, a lo largo de 1100 m. de la playa La Escobilla. De igual manera se trabajaron los correspondientes a las cuatro playas de referencia, todos fueron graficados utilizando el programa Sigma Plot 10.0. Se presentan a continuación en las Figs. 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

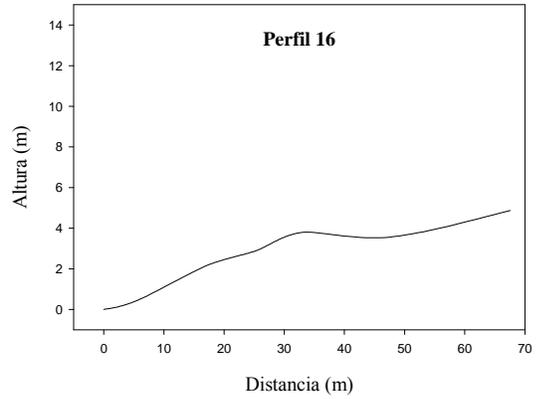
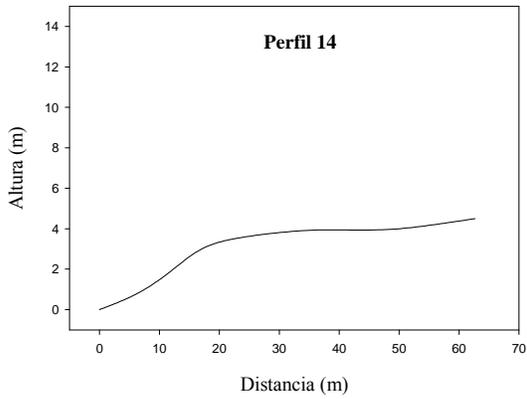
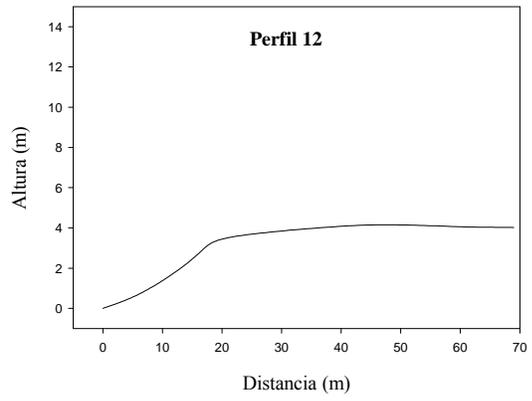
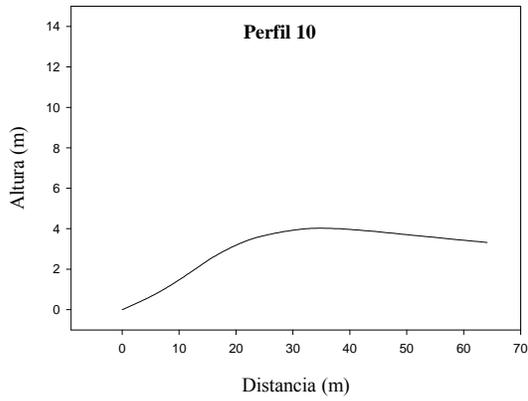
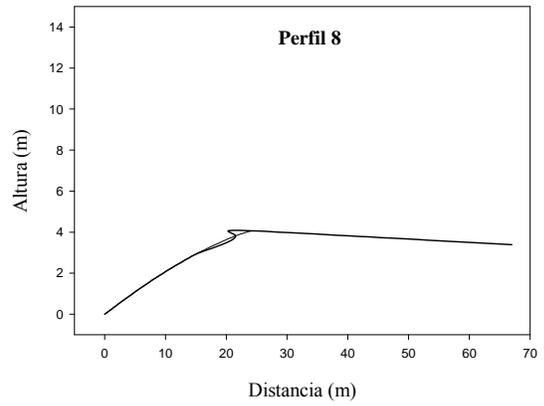
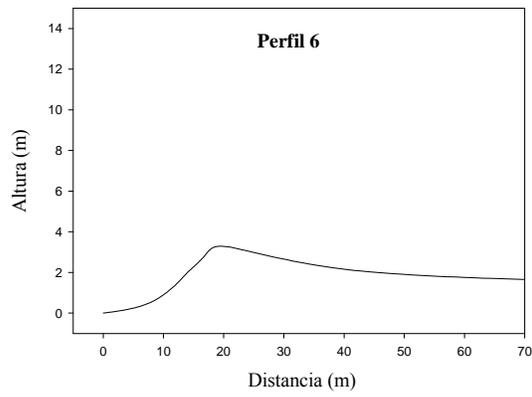


Fig. 6- Perfiles 6 a 16 en la playa La Escobilla.

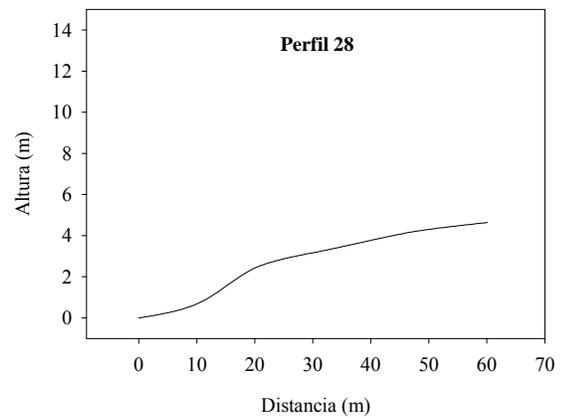
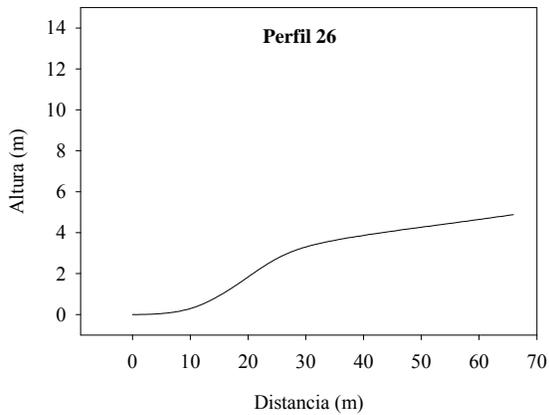
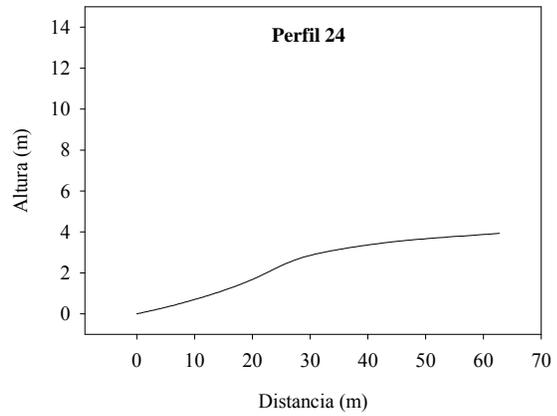
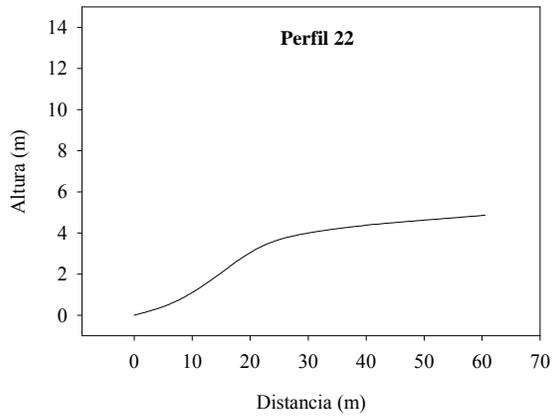
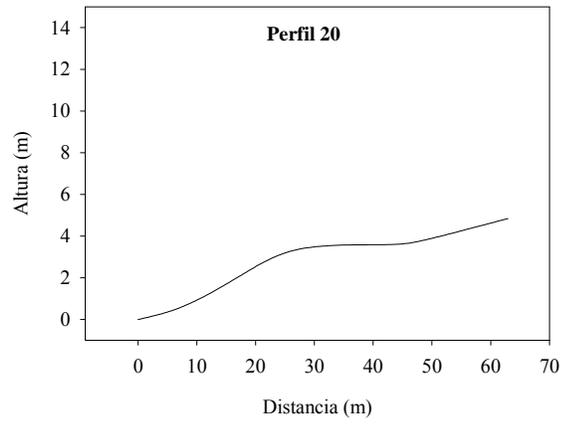
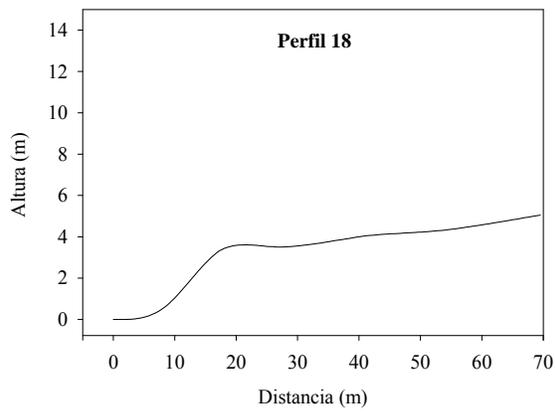


Fig. 7.- Perfiles 18 a 28 en la playa La Escobilla.

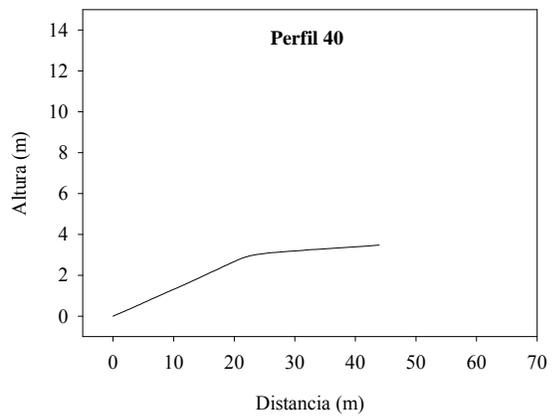
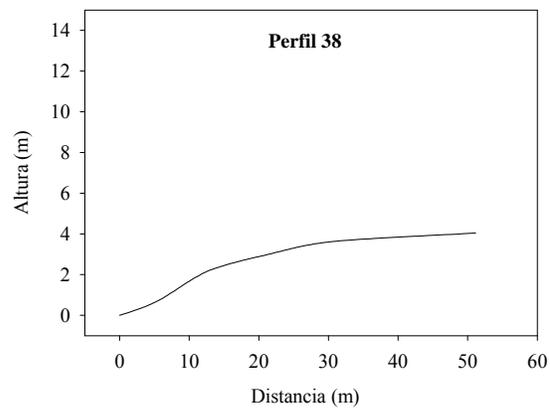
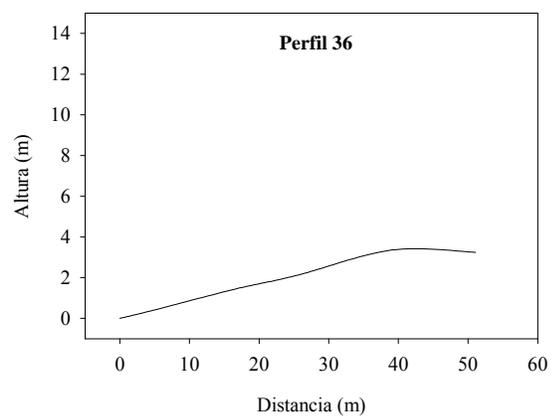
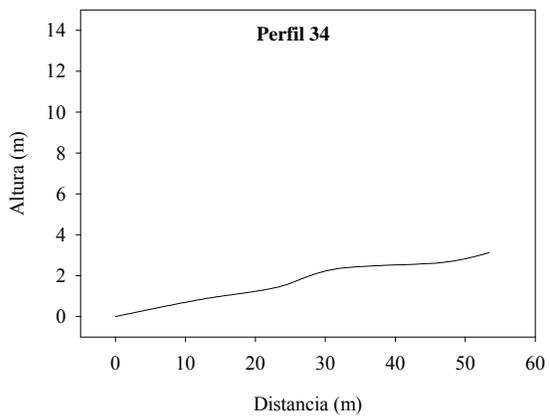
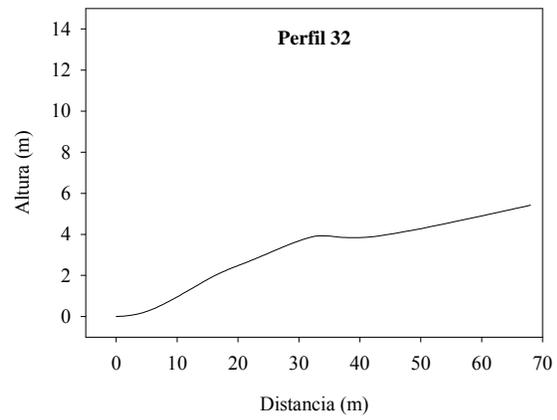
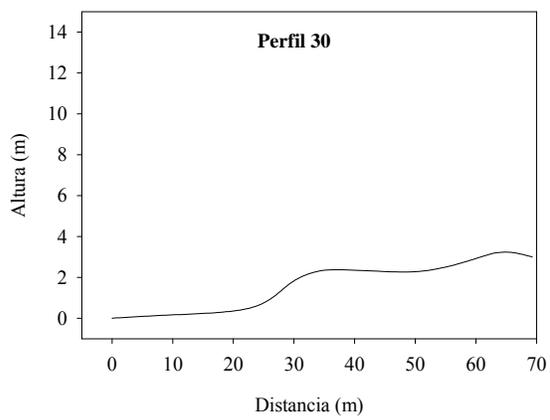


Fig. 8.- Perfiles 30 a 40 en la playa La Escobilla.

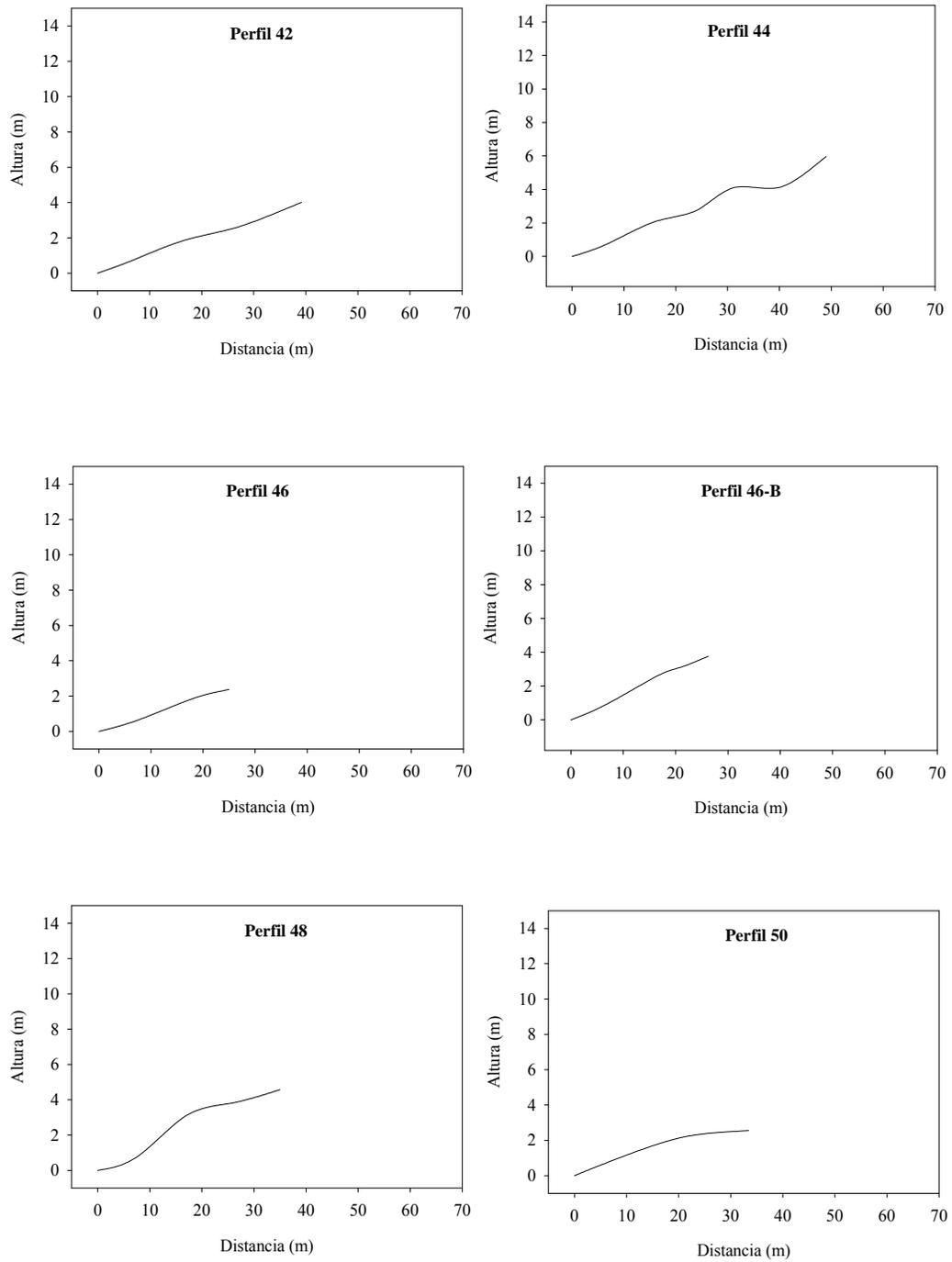


Fig. 9.- Perfiles 30 a 40 en la playa La Escobilla.

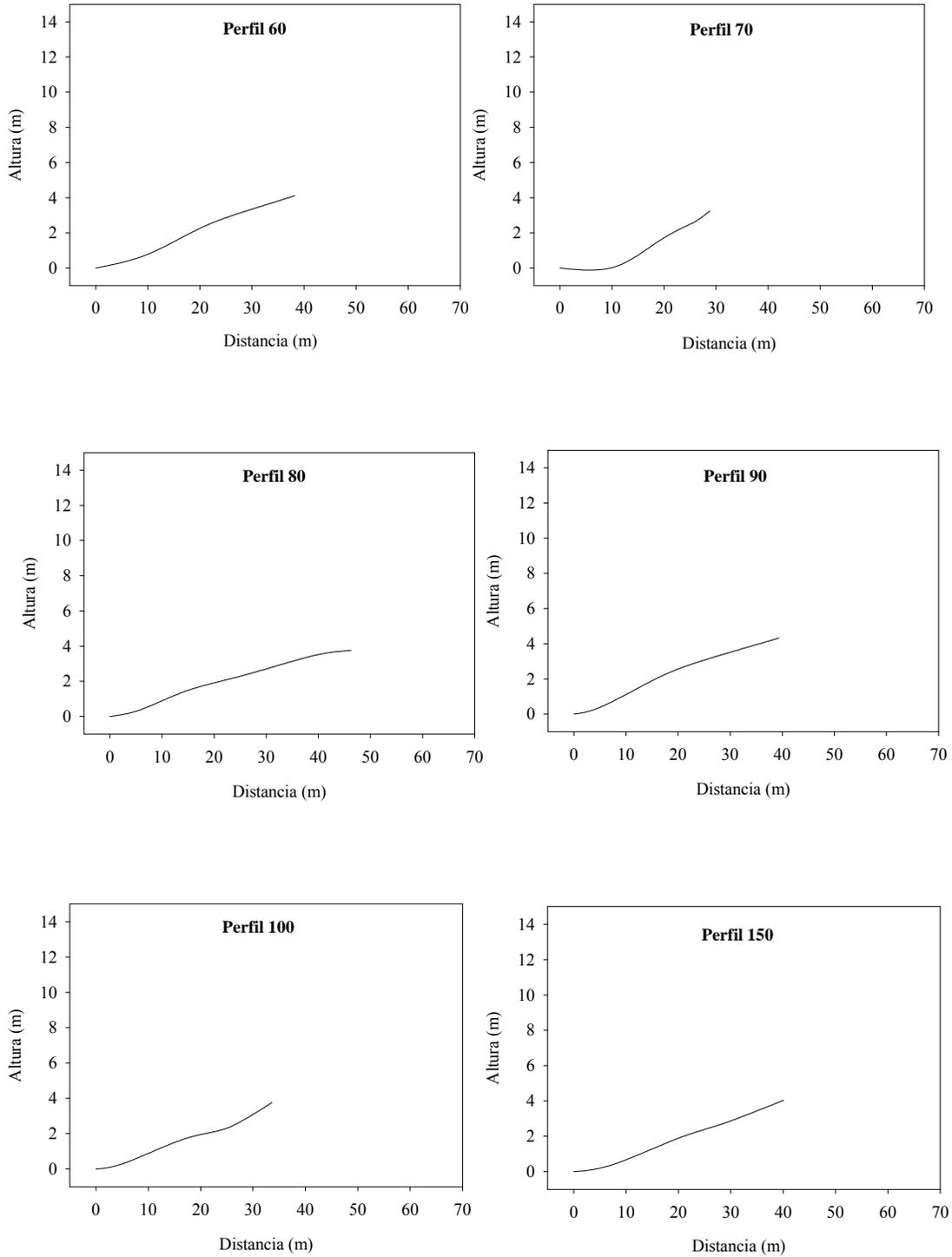


Fig. 10.- Perfiles 60 al 150 en la playa La Escobilla.

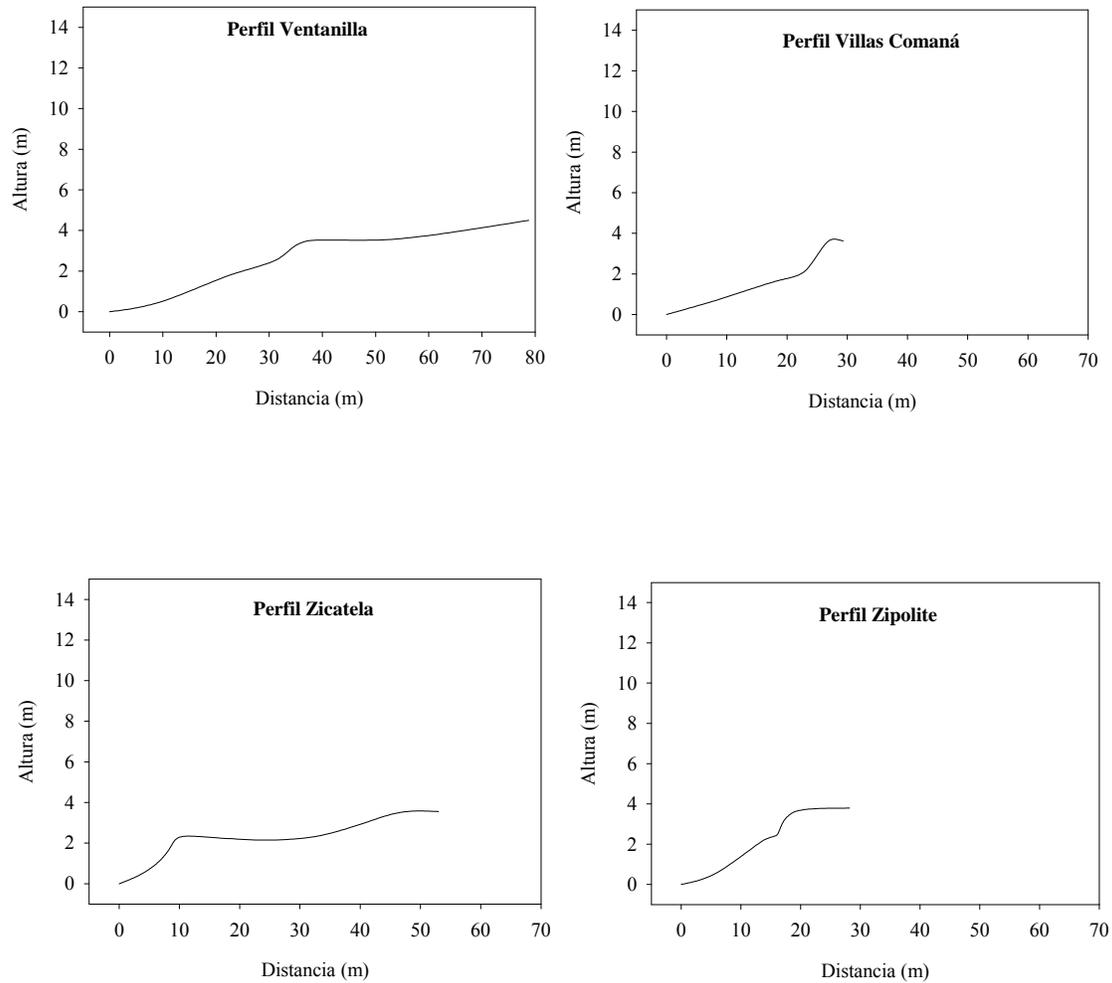


Fig. 11.- Perfiles de playas de referencia.

Las variaciones en los perfiles de playa se observan principalmente en la disminución en el ancho de playa para los perfiles correspondientes a la playa La Escobilla. Ésta disminución comienza a partir del perfil 40, es decir a partir de los 5000 metros partiendo de la barra del Río Cozaltepec. Las variaciones en el ancho de playa se presentan en la Fig. 12, con una disminución aproximada desde 80 hasta 40 metros con variaciones intermitentes. En los perfiles levantados en las playas de referencia se observar que para las playas Zipolite y Villas Comaná el ancho de playa es muy pequeño en comparación de los primeros 5

kilómetros de la playa Escobilla, que es donde ocurren las arribazones. De igual manera la morfología de éstas es más accidentada. La playa Zicatela tiene un ancho de playa similar a los primeros cinco kilómetros de La Escobilla, sin embargo se observa una berma muy pronunciada cerca de los diez metros.

El perfil de la playa La playa Ventanilla es similar al de La Escobilla y es en esta donde hay eventos de anidación de tortuga golfina, sin llegar a ser arribazones.

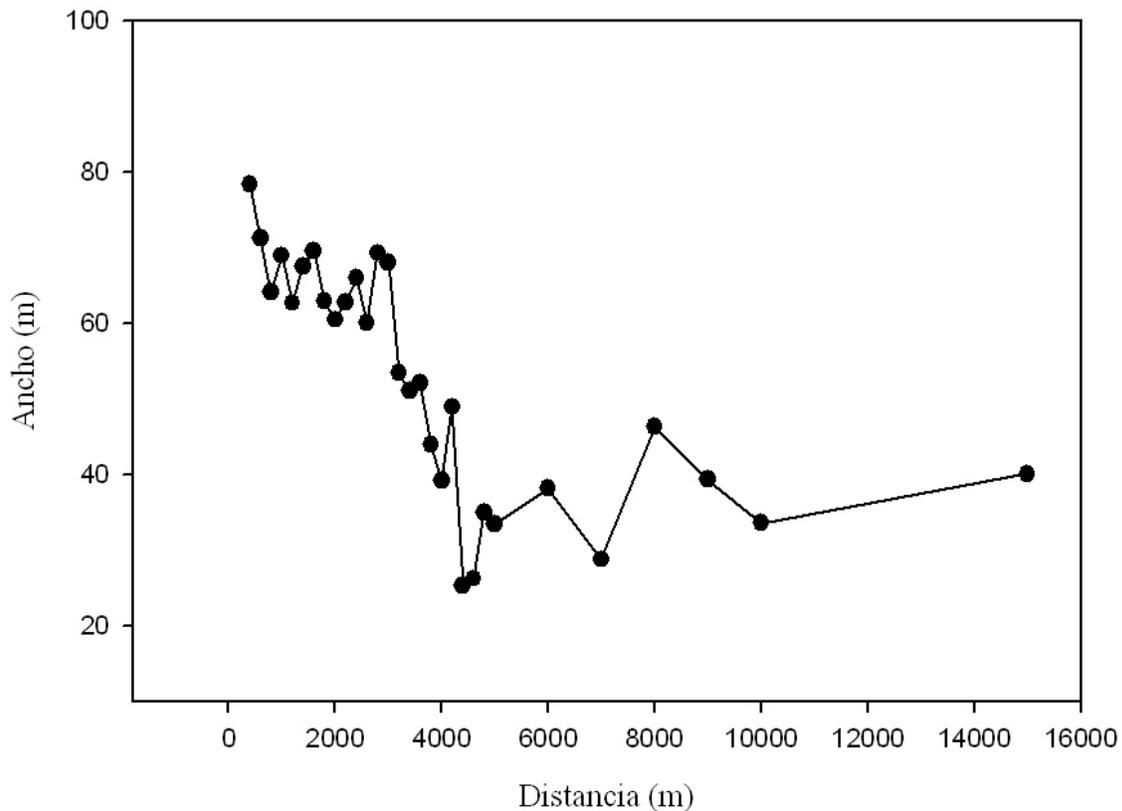


Fig. 12.- Cambios en el ancho de la playa La Escobilla, desde 400 metros de la desembocadura del Río Cozaltepec hasta 15,000 m de la misma.

Utilizando los datos de longitud y altura (cota) de los perfiles se calculó el ángulo del frente de playa. Los resultados se muestran en la Fig. 13.

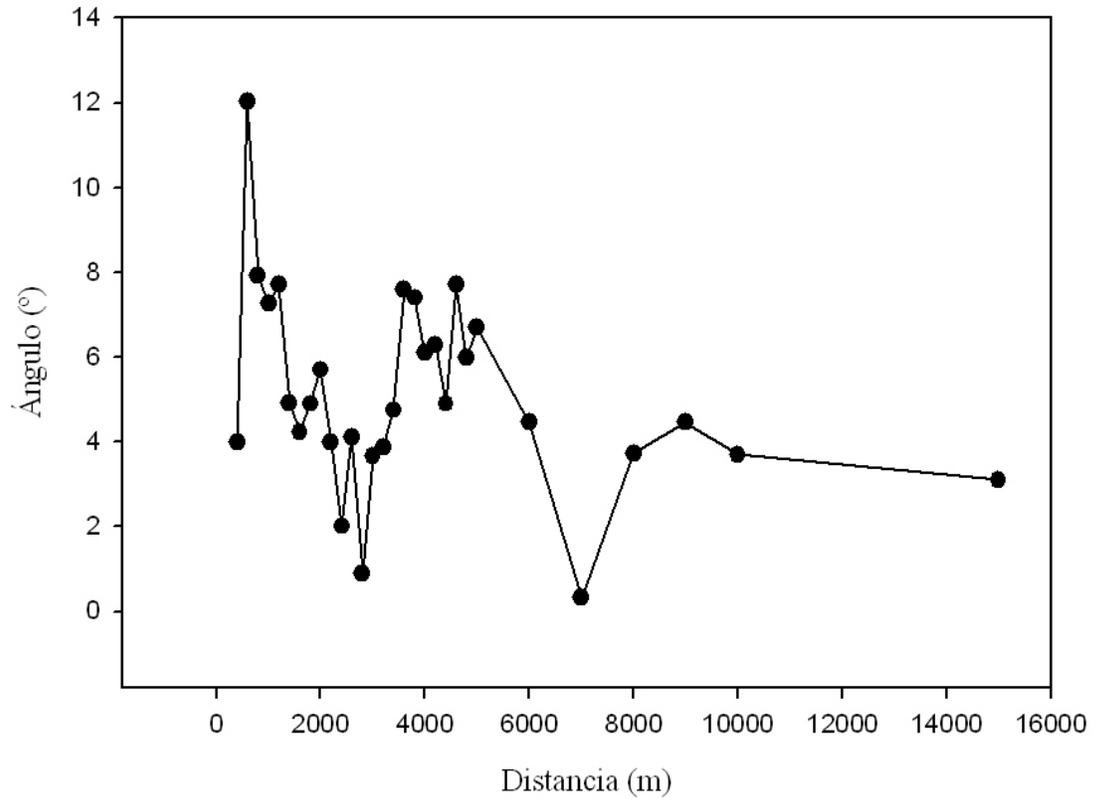


Fig. 13.- Variación del ángulo de playa con respecto a la distancia a partir de la desembocadura del Río Cozoaltepec

Al graficar los valores de ancho contra ángulo de frente de playa en la Fig. 14 se observa un comportamiento casi especular.

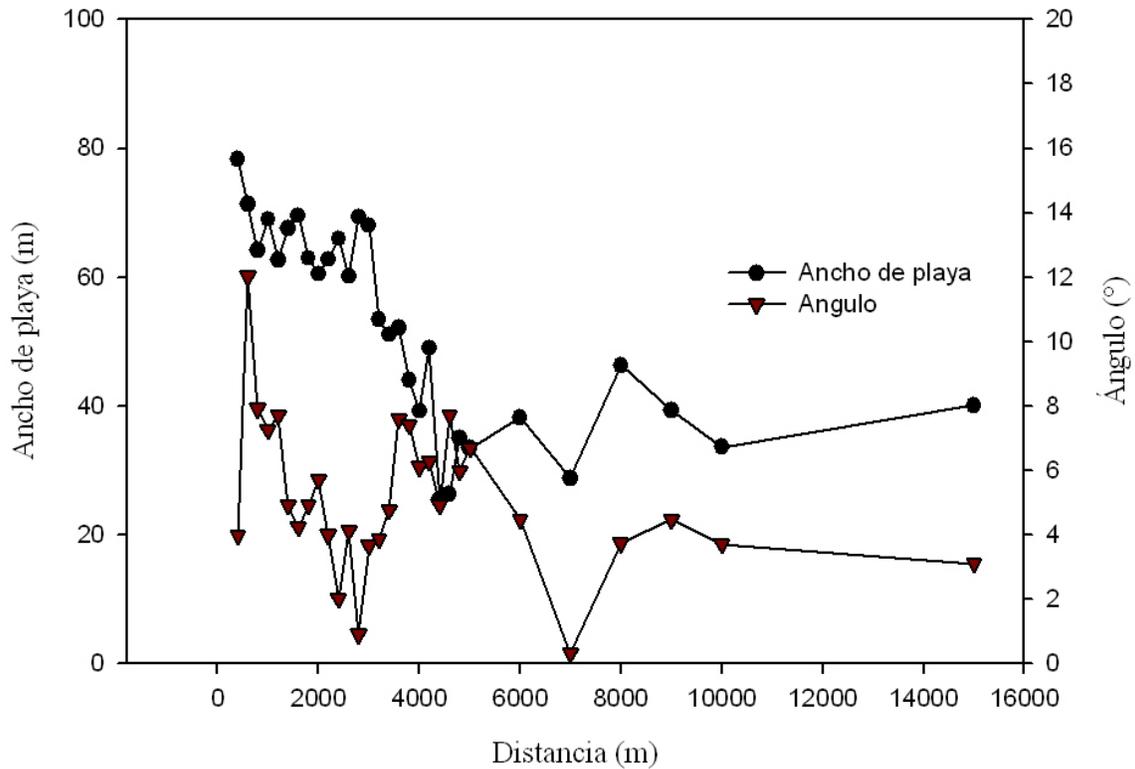


Fig. 14.- Comparación entre el ancho y el ángulo del frente de playa. La línea con círculos representa el ancho de playa mientras que la línea de triángulos representa el ángulo del frente.

A lo largo de la playa La Escobilla disminuye considerablemente el ancho de playa conforme se incrementa la distancia a partir de la desembocadura del río Cozoaltepec. Las estaciones más cercanas a la desembocadura del río tienen un ancho de playa que varía de los 80 a los 60 m. Las variaciones en el ancho de playa presentan una relación inversa con respecto al ángulo de playa, es decir, cuando el ancho de playa disminuye el ángulo se incrementa.

La disminución en el ancho de playa está relacionada con el aporte de material sedimentario procedente del Río Cozoaltepec. El aporte de material es suficiente para alimentar y mantener un ancho de playa mayor que 50 m hasta los 5000 metros a partir de la boca que son transportados con dirección. Después de los 5000 metros se observa una disminución en el ancho de playa hasta llegar a oscilar entre los 30 y 40 metros.

Se vio que aunado con la disminución del ancho de playa la presencia de cuspilitos es más frecuente.

Al disminuir el ancho de playa hay un decremento en el número de nidos a partir de los 6000 metros al Este de la desembocadura del Río Cozoaltepec.

Al comparar la morfología de la playa La Escobilla con las playas de referencia se observa una clara diferencia en el frente de playa; a) Zicatela presenta una berma muy pronunciada lo cual impide el acceso de tortugas a la playa, mientras que b) Villas Comaná y c) Zipolite tienen un ancho de playa muy pequeño y una inclinación pronunciada. El ancho de playa pequeño implica que el run-up de las olas alcanza el fin de la playa marcado por las dunas con vegetación consolidada, y c) siendo la Ventanilla, la única playa que presenta similitudes con La Escobilla.

Las variaciones en la morfología de la playa La Escobilla a partir de los 6000 metros de la desembocadura del río Cozoaltepec y las playas de referencia en las que no hay anidaciones de tortugas parecen tener una relación muy estrecha con la ausencia de sitios para anidar.

ANÁLISIS TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS.

Se realizó el análisis textural de las 102 muestras de arena de playa, tanto para la playa La Escobilla como para las playas de referencia Zicatela, Villas Comaná, Ventanilla y Zipolite. Así mismo se obtuvieron los parámetros texturales para cada una de las muestras tratadas. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla I.

Tabla 1.- Resultados obtenidos de las muestras analizadas (Mz (ϕ) = Tamaño medio de grano; σ_1 (ϕ) = Desviación estándar; Sk_I = Asimetría; K_G = Curtosis).

Playa	Zona	Mz (ϕ)	σ_1 (ϕ)	Sk _I	K _G
06	I	1.159	0.899	-0.123	0.902
	M	1.112	0.580	0.021	1.018
	S	0.554	0.616	0.071	1.005
08	I	0.807	0.914	0.019	0.835
	M	1.083	0.635	-0.043	0.997
	S	1.027	0.679	0.049	0.988
10	I	1.329	0.833	-0.153	0.957
	M	1.007	0.665	-0.008	1.006
	S	0.849	0.693	0.026	0.999
12	I	0.317	0.602	0.089	1.008
	M	0.807	0.555	0.012	0.984
	S	1.041	0.689	0.007	1.017
14	I	0.966	0.828	-0.037	0.911
	M	1.005	0.640	-0.007	0.996
	S	1.091	0.691	0.008	1.049
16	I	0.622	0.804	0.132	0.941
	M	1.292	0.655	-0.021	1.078
	S	1.201	0.671	-0.029	1.058
18	I	0.282	0.738	0.200	1.012
	M	0.962	0.625	-0.006	0.985
	S	1.126	0.697	-0.039	1.076
20	I	1.197	0.840	-0.153	0.977
	M	1.102	0.633	0.004	1.022
	S	1.057	0.663	-0.019	0.997
22	I	1.416	0.700	-0.074	1.000
	M	1.178	0.626	-0.018	1.016
	S	1.199	0.659	-0.008	1.054
24	I	1.092	0.864	-0.040	0.879
	M	1.207	0.612	-0.001	1.042
	S	1.155	0.670	-0.029	1.068

26	I	1.133	0.806	-0.147	0.983
	M	1.073	0.608	-0.015	1.034
	S	1.220	0.651	-0.043	1.047
28	I	1.678	0.581	-0.055	1.063
	M	1.318	0.610	-0.035	1.043
	S	1.224	0.610	-0.014	1.031
30	I	0.446	0.696	0.146	1.070
	M	1.085	0.618	0.021	0.986
	S	1.217	0.690	-0.067	1.049
32	I	1.259	0.786	-0.092	0.964
Playa	Zona	Mz (ϕ)	σ_I (ϕ)	Sk _I	K _G
34	M	1.197	0.609	-0.009	1.051
	S	1.381	0.622	-0.028	1.071
	I	0.889	0.770	0.055	0.912
36	M	1.186	0.591	0.007	1.008
	S	1.156	0.659	-0.040	0.990
	I	0.397	0.668	0.132	1.023
38	M	1.145	0.633	-0.038	1.011
	S	1.355	0.617	-0.050	1.066
	I	0.814	0.689	0.063	0.951
40	M	1.117	0.608	0.002	1.005
	S	1.194	0.644	-0.047	1.027
	I	0.711	0.630	0.065	0.978
42	M	1.362	0.607	-0.103	1.048
	S	1.082	0.668	0.017	1.039
	I	0.537	0.767	0.149	0.957
44	M	1.307	0.613	-0.074	1.055
	S	1.355	0.644	-0.045	1.063
	I	1.166	0.685	-0.004	0.973
46	M	1.112	0.607	-0.034	0.983
	S	1.308	0.625	-0.045	1.048
	I	0.435	0.664	0.073	0.976
46B	M	1.202	0.622	-0.055	1.015
	S	1.158	0.626	-0.025	1.000
	I	0.646	0.640	0.085	0.998
48	M	1.109	0.611	-0.037	0.999
	S	0.891	0.635	0.002	0.974
	I	0.438	0.662	0.099	1.002
50	M	0.879	0.642	0.044	0.965
	S	1.099	0.622	-0.048	1.008
	I	0.522	0.518	0.120	1.009
60	M	0.949	0.848	-0.054	0.852
	S	1.067	0.613	-0.016	1.007
	I	0.039	0.642	0.252	1.060
70	M	1.404	0.623	-0.075	1.059
	S	1.250	0.562	-0.037	1.030
	I	1.097	0.747	-0.015	0.933
80	M	1.100	0.637	-0.091	0.971
	S	0.946	0.588	-0.025	0.999
	I	1.457	0.667	-0.099	1.050

	M	0.942	0.612	0.024	0.960
	S	1.058	0.648	-0.018	0.974
90	I	0.989	0.652	0.004	0.970
	M	1.010	0.628	0.006	0.979
	S	1.067	0.614	-0.023	0.996
100	I	0.594	0.862	0.150	0.878
	M	1.332	0.578	0.002	1.041
	S	0.999	0.616	0.002	0.990
150	I	0.553	0.816	0.158	0.936
	M	1.302	0.553	0.021	1.044
	S	1.235	0.587	-0.017	1.053

Playa	Zona	$M_z (\phi)$	$\sigma_I (\phi)$	Sk_I	K_G
*Ventanilla	I	0.833	0.730	0.088	0.944
	M	1.617	0.556	0.008	1.035
	S	1.405	0.594	0.018	1.058
*Villas	I	1.592	0.574	0.037	1.050
	M	1.535	0.494	0.017	1.023
	S	1.661	0.600	0.053	1.013
*Zicatela	I	1.686	0.585	-0.051	1.100
	M	1.371	0.556	-0.030	1.101
	S	1.113	0.644	0.005	1.027
*Zipolite	I	1.425	0.771	-0.123	1.005
	M	1.026	0.662	0.010	0.992
	S	0.826	0.790	-0.050	0.931

* Playas de referencia.

Las muestras fueron tomadas cada 200 m. a lo largo de la playa y en las cuatro playas de referencia. En las siguientes gráficas se muestra el comportamiento de los parámetros estadísticos con respecto a la distancia en la playa La Escobilla. Se elaboraron 4 gráficas por parámetro estadístico, la primera incluye los tres niveles de playa y las siguientes tres se separan por nivel. El orden de las gráficas es: media gráfica (M_z □), desviación estándar ($\sigma_I \Phi$), curtosis gráfica (K_G) y asimetría (SK_i).

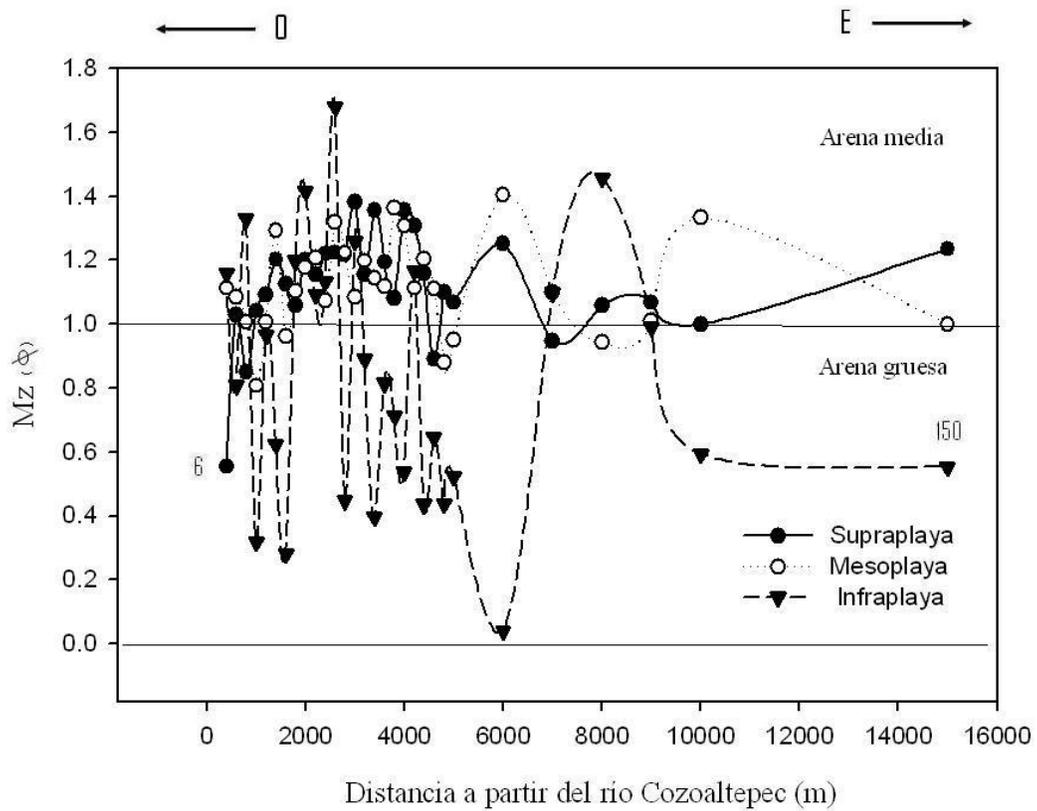


Fig. 15.- Distribución de tamaño de gráfico promedio ($Mz(\phi)$) a lo largo de la playa La Escobilla en los tres niveles de playa.

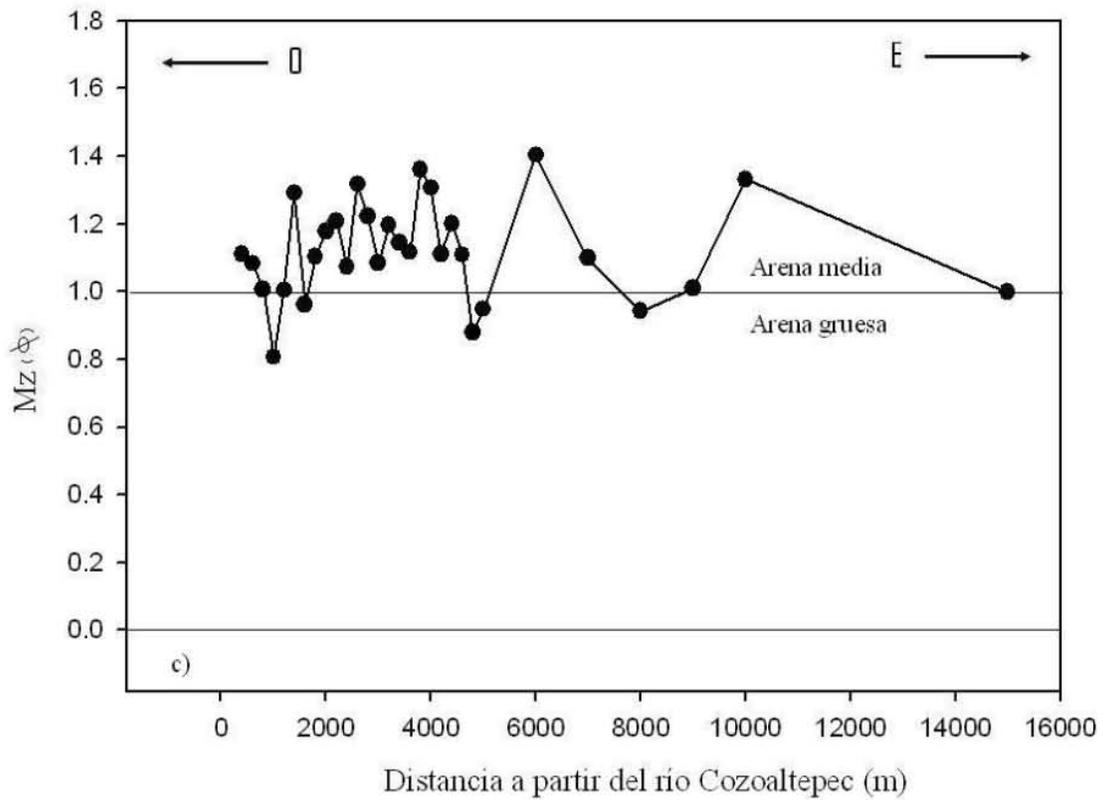
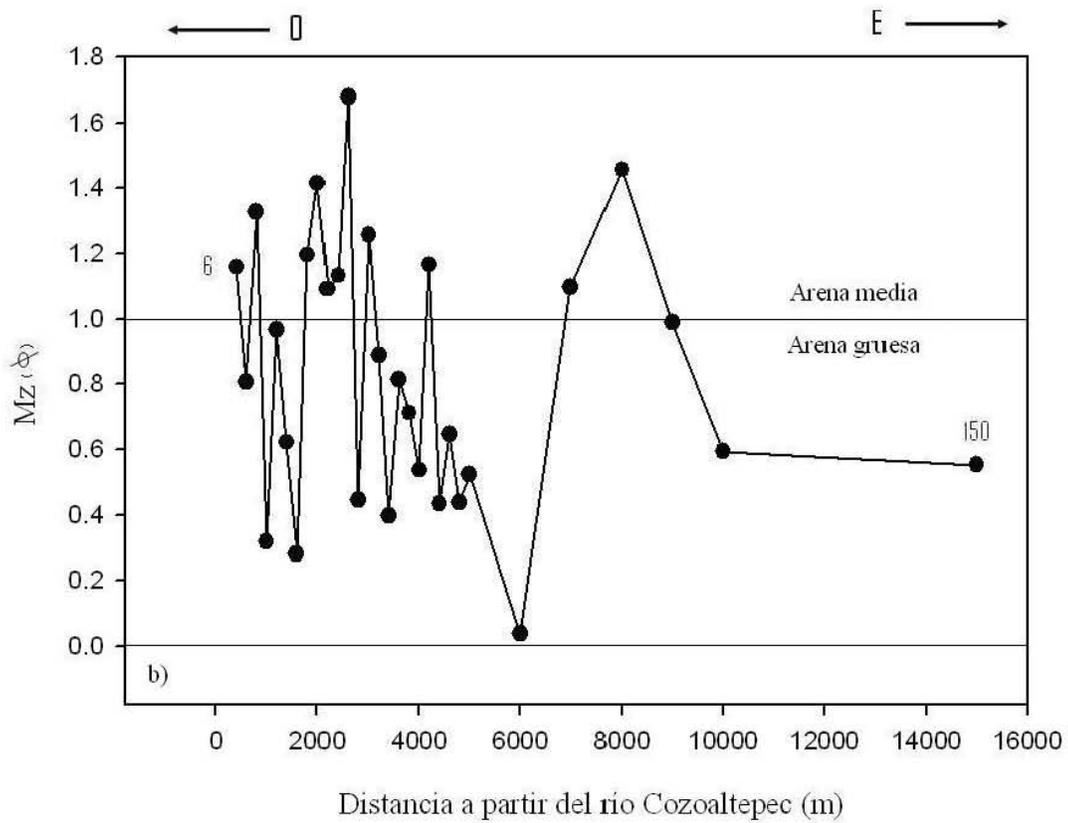


Fig. 16.- Distribución de tamaño de grano ($Mz(\phi)$) a lo largo de la playa La Escobilla. a) infraplaya; b) mesoplaya.

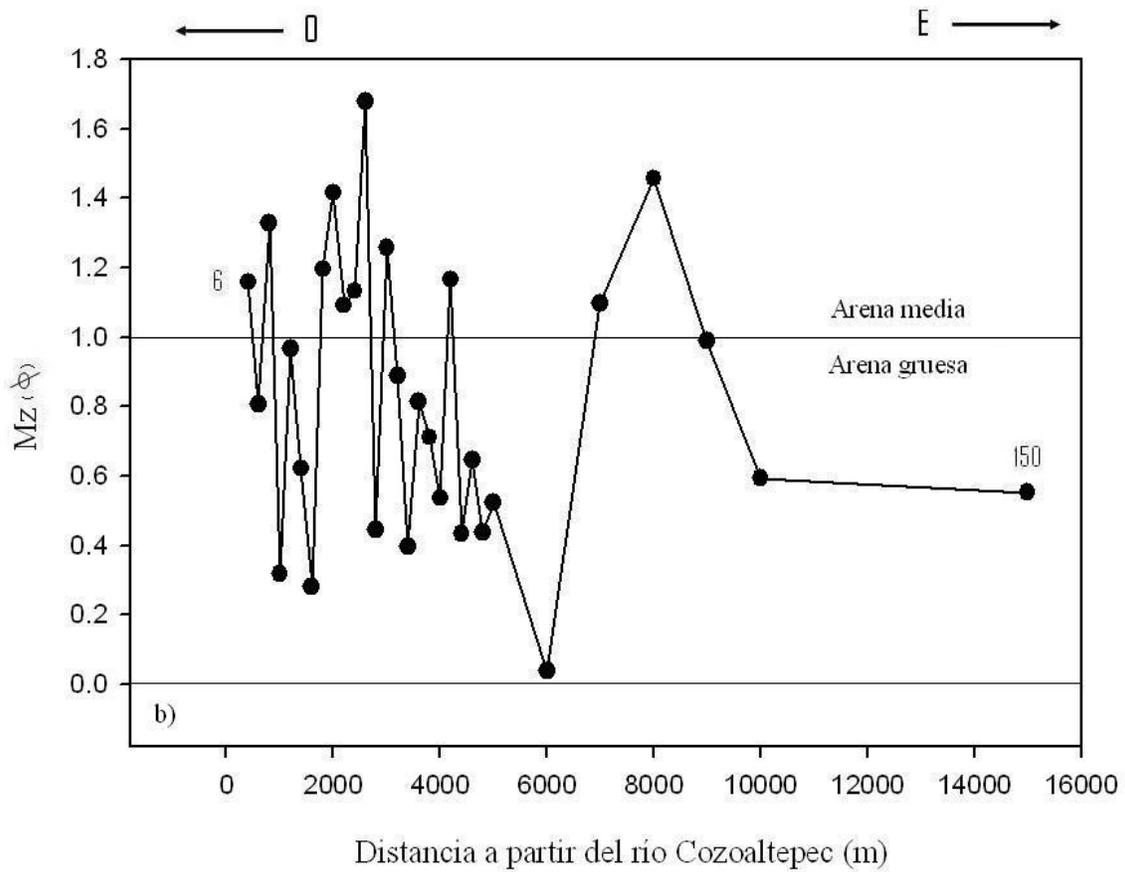


Fig. 17.- Distribución de tamaño de grano ($Mz(\phi)$) a lo largo de la playa La Escobilla en la supraplaya

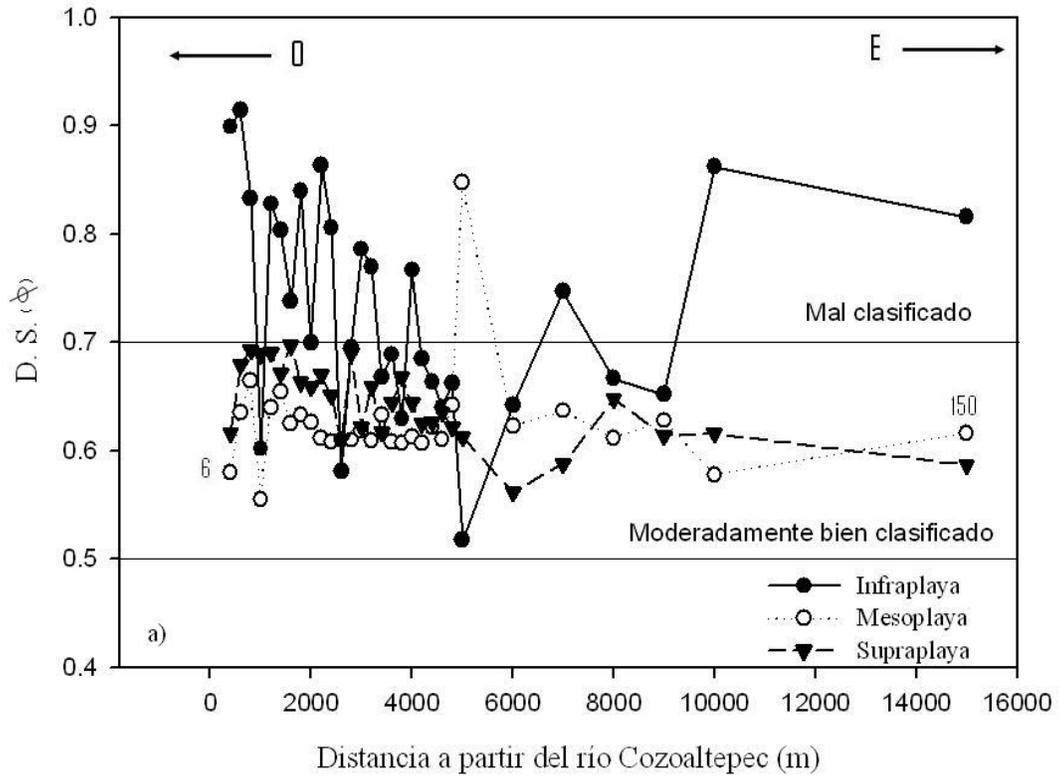
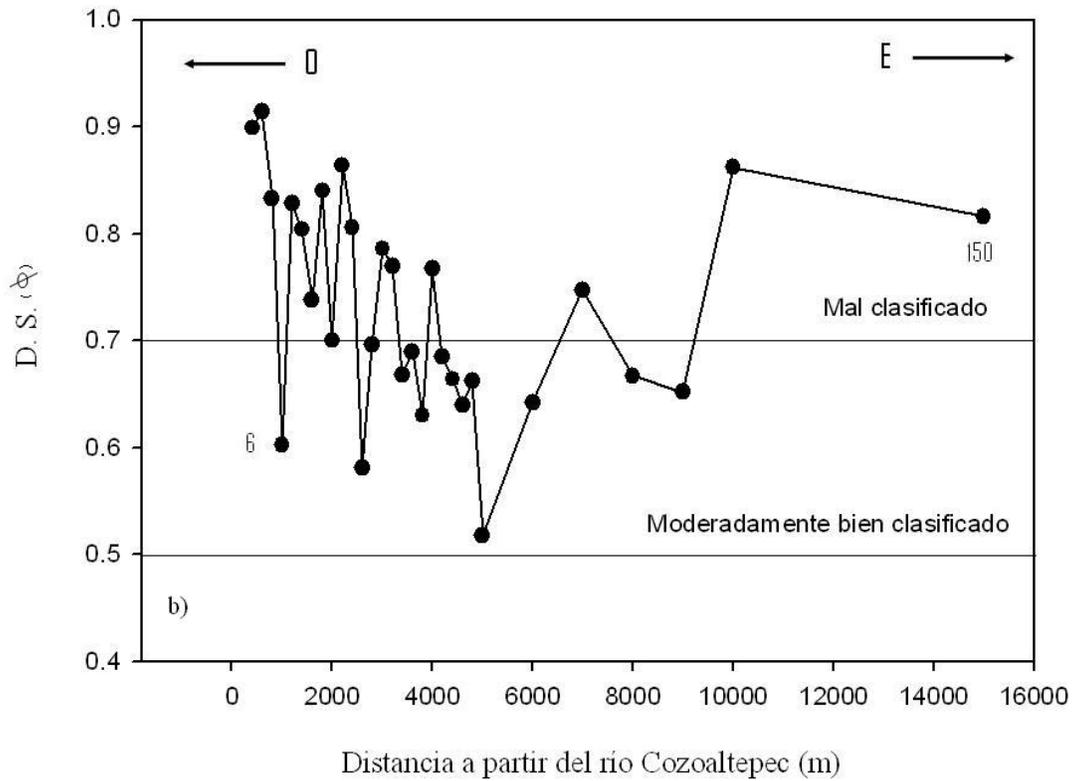


Fig. 18.- Desviación gráfica inclusiva ($\sigma I \square$) contra distancia a lo largo de la playa La Escobilla en las tres subzonas.



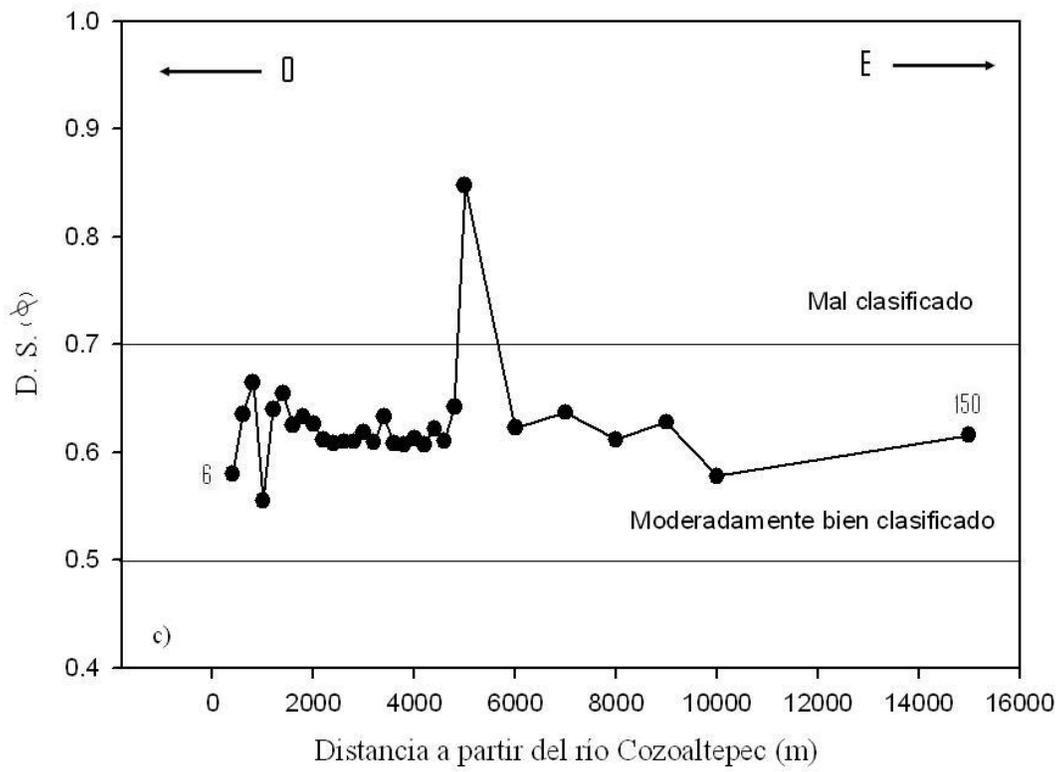


Fig. 19.- Distribución de la desviación estándar ($\sigma I \square$) a lo largo de la playa La Escobilla. a) infraplaya; b) mesoplaya.

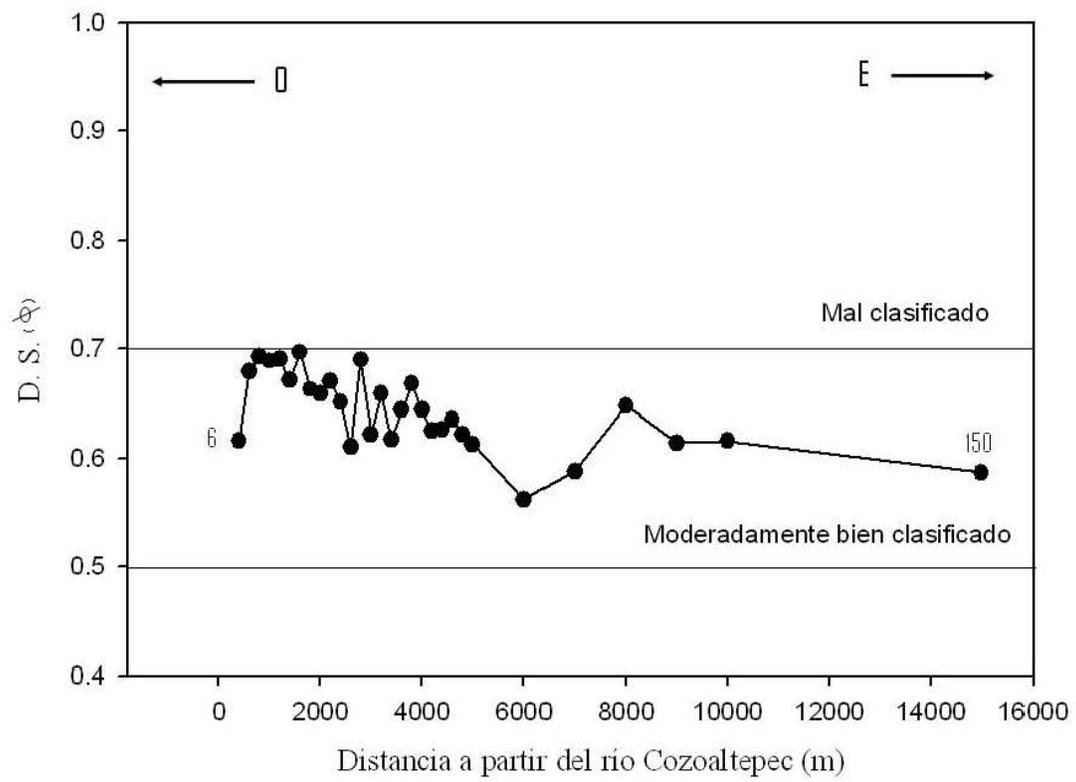


Fig. 20.- Distribución de desviación estándar (σI) en supraplaya.

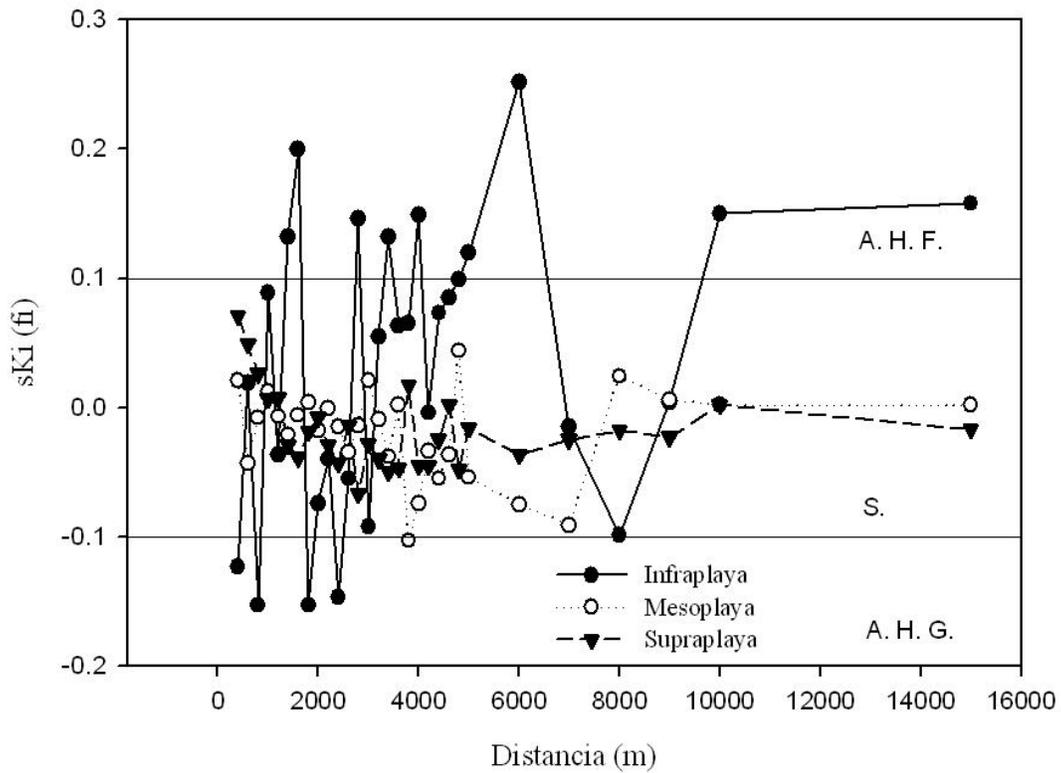
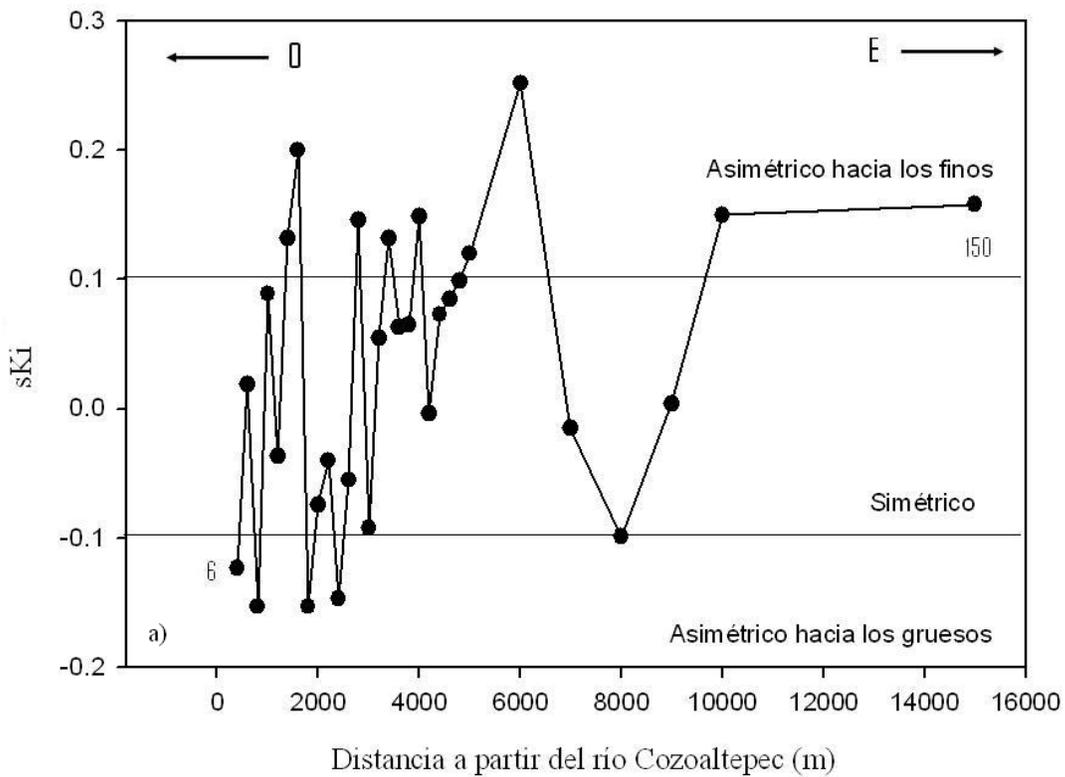


Fig. 21.- Distribución de asimetría a lo largo de la playa La Escobilla en los tres niveles de playa.



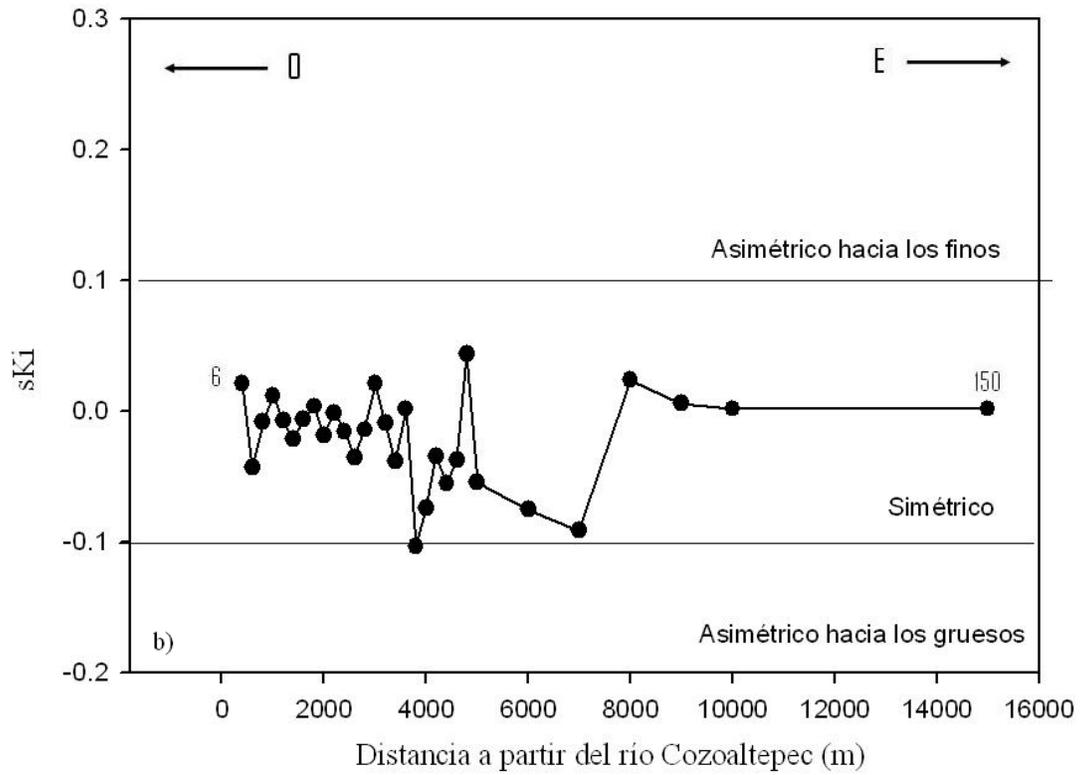


Fig. 22.- Distribución de la asimetría (S_{K_l}) a lo largo de la playa La Escobilla. a) infraplaya; b) mesoplaya.

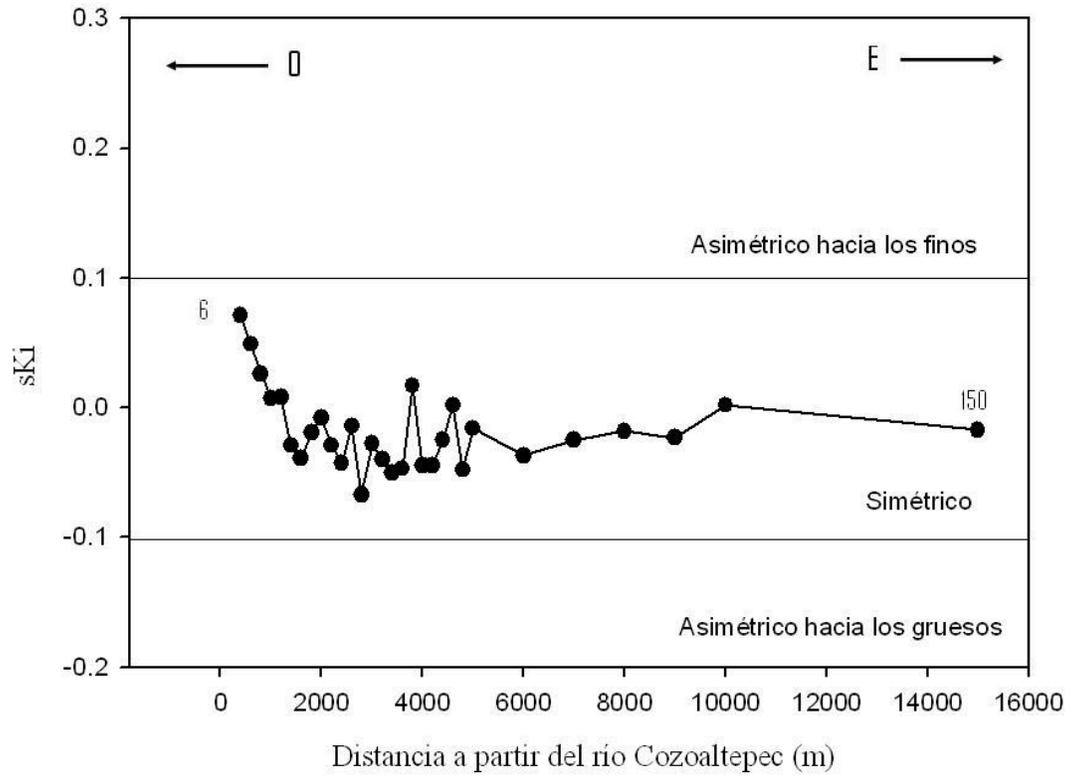


Fig. 23.- Distribución de la asimetría (Sk_i) a lo largo de la playa La Escobilla en supraplaya.

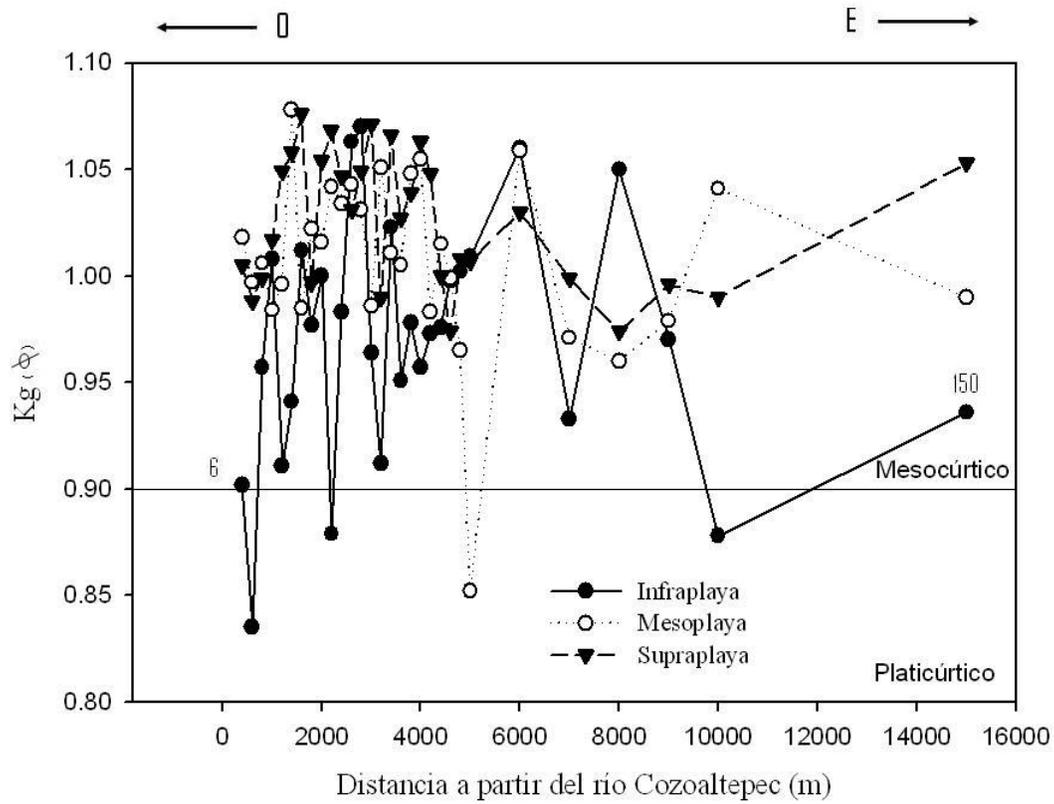
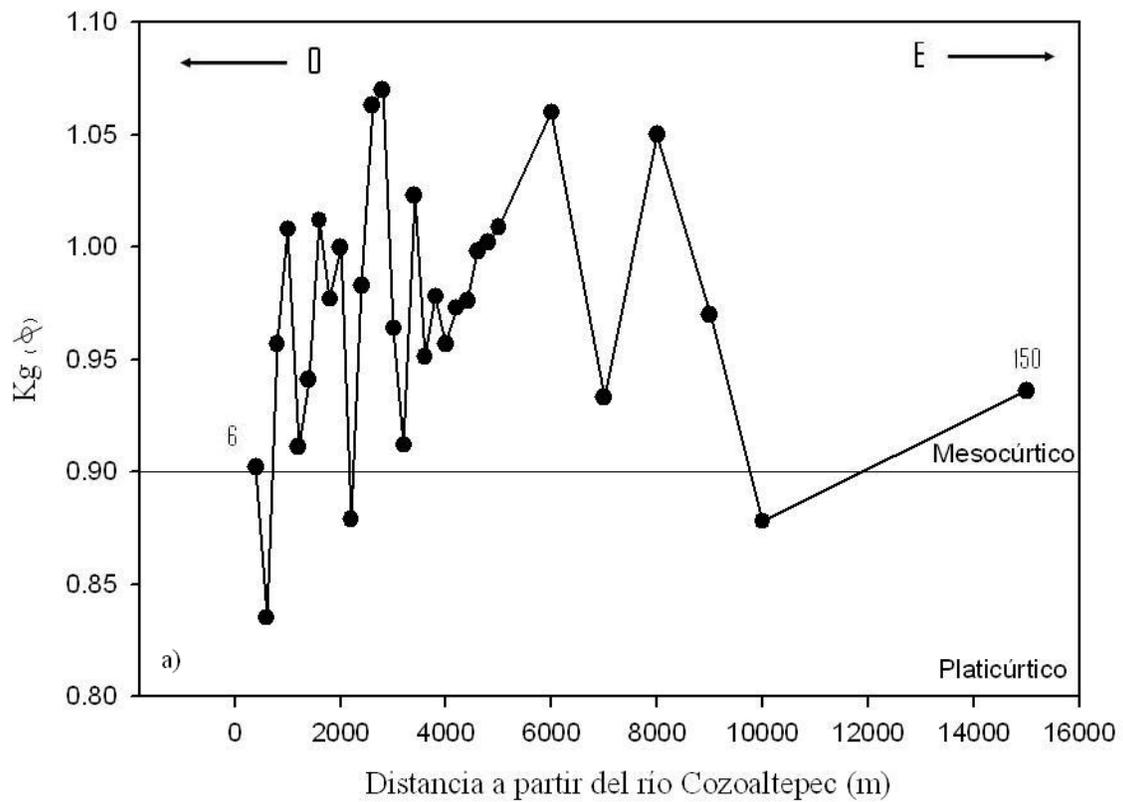


Fig. 24.- Distribución de curtosis (K_G) a lo largo de la playa la escobilla en todos los niveles



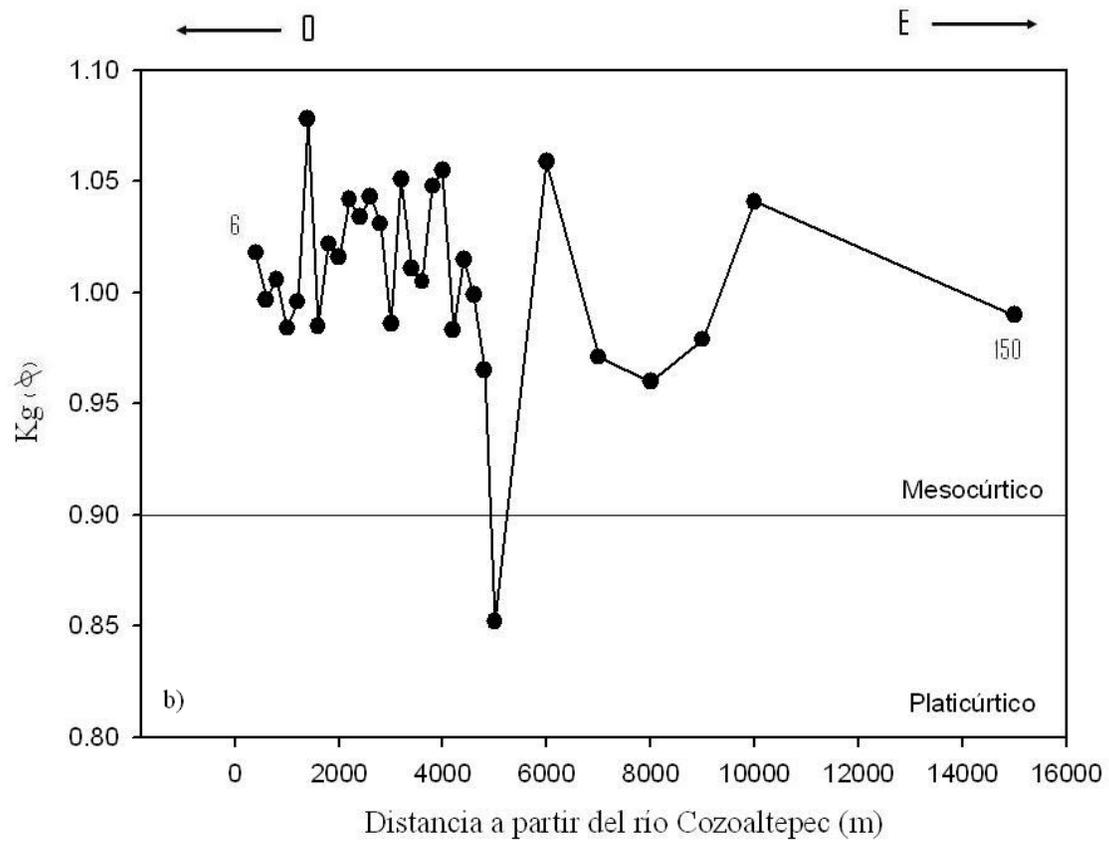


Fig. 25.- La curtosis (K_G) a lo largo de la playa la escobilla. a) infraplaya; b) mesoplaya.

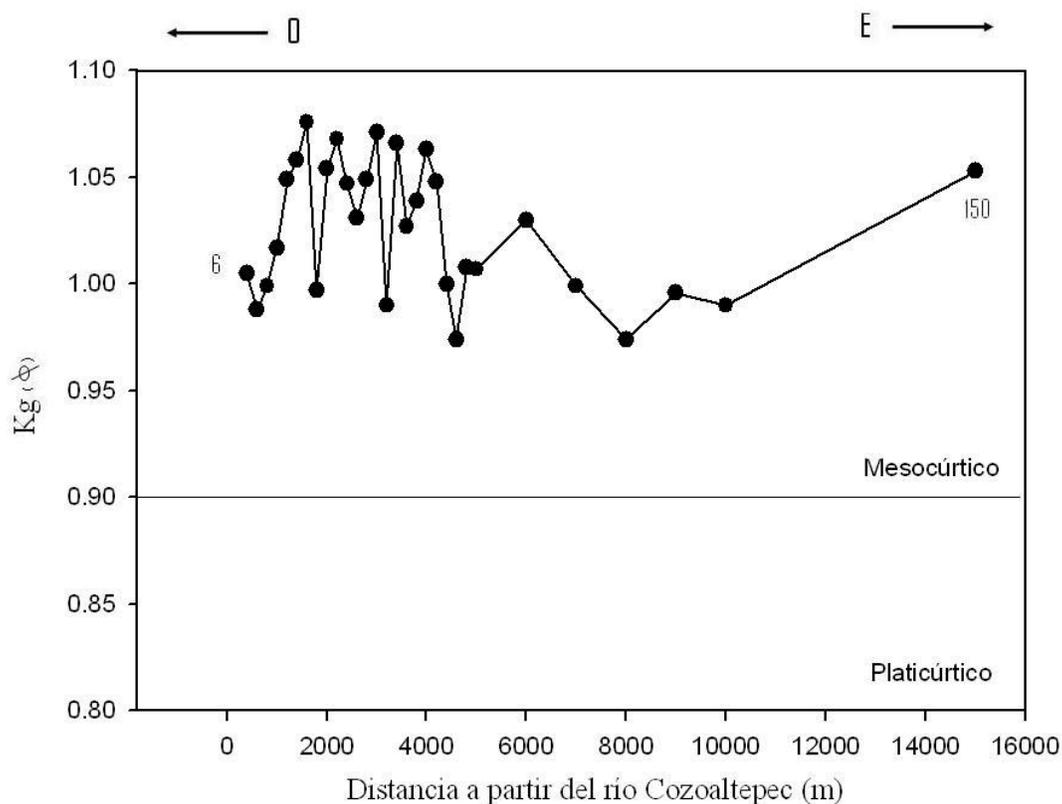


Fig. 26.- La curtosis (K_G) a lo largo de la playa La Escobilla en supraplaya.

Utilizando datos obtenidos de los parámetros estadísticos se realizaron diversas correlaciones. Estas se llevaron a cabo entre los parámetros correspondientes para cada subzona. En la Fig. 13 se presentan únicamente las correlaciones que tuvieron un valor de R significativo. Para determinar el valor crítico de R se realizó una prueba t-student al 99% de confianza. A continuación se presentan las tablas de resultados de R y las gráficas de los parámetros que tuvieron una correlación significativa.

Tabla 2. Correlaciones significativas para parámetros texturales en La Escobilla, los valores en negritas representan una correlación significativa al 99%.

	$Mz(\Phi)$	$\sigma I(\Phi)$	sk_I	K_G
$Mz(\Phi)$	1	-0.1760	-0.8487	0.3135
$\sigma I(\Phi)$		1	-0.0300	-0.6809
sk_I			1	-0.0902
K_G				1

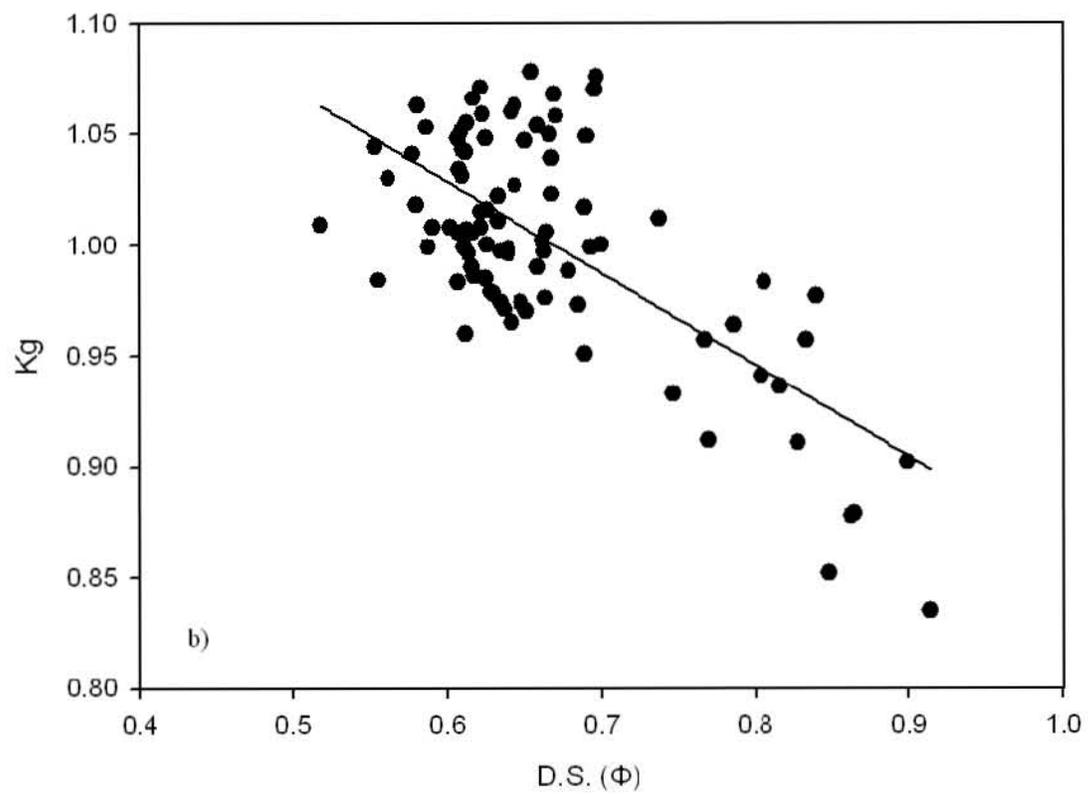
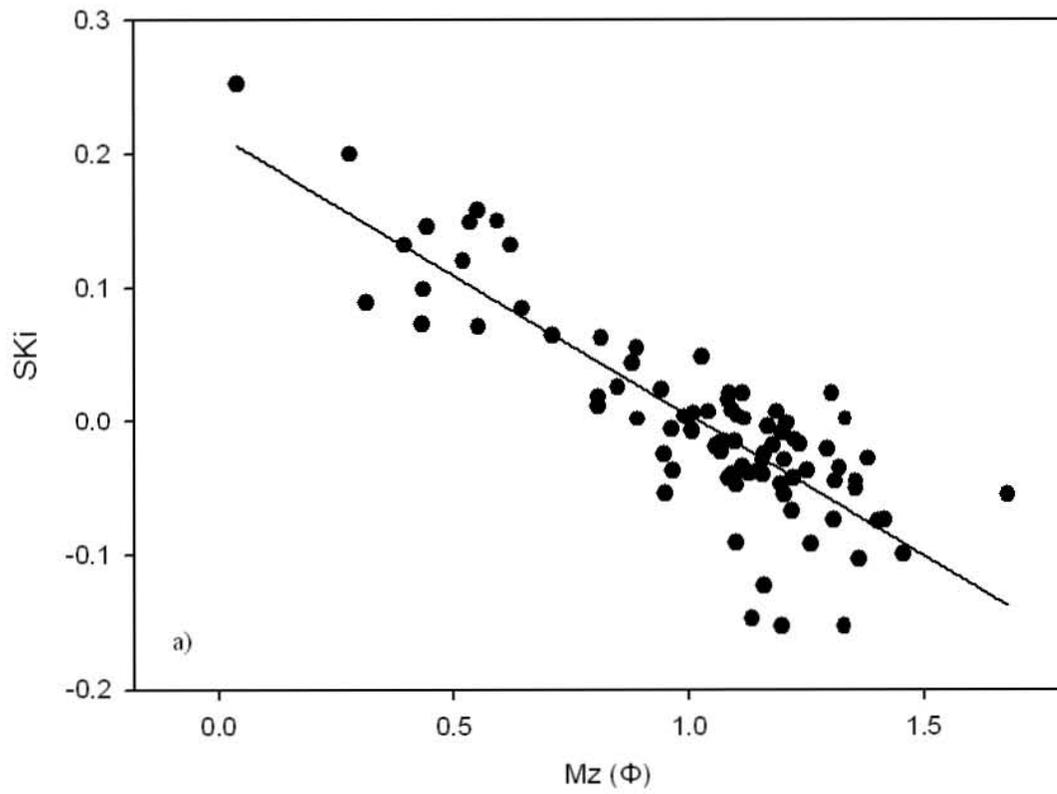
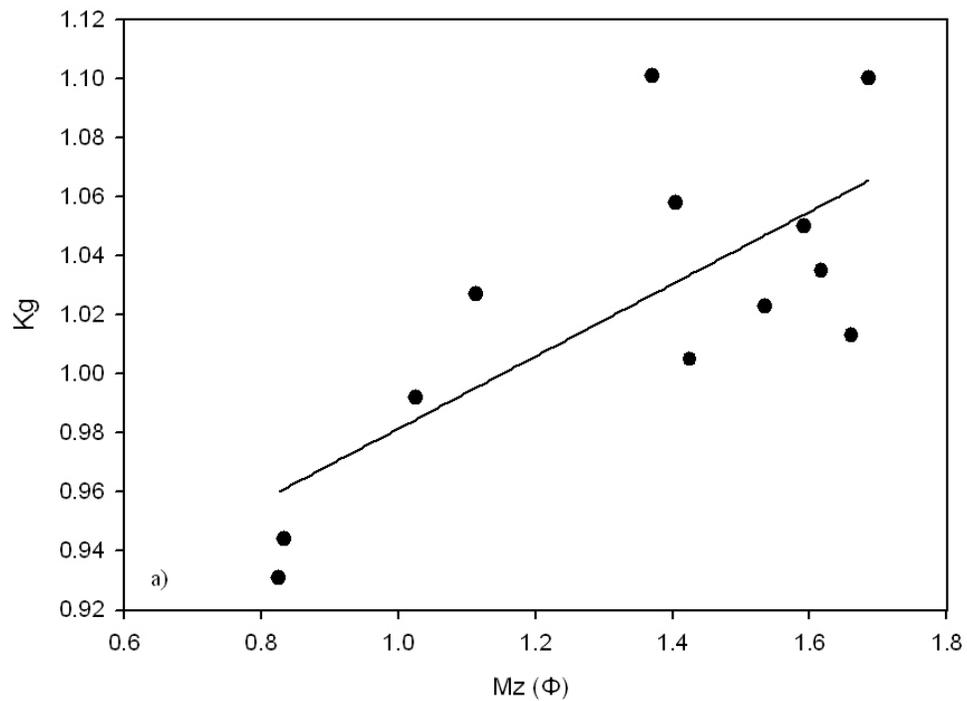


Fig. 27.- Gráficas de regresión lineal para los parámetros texturales en la playa La Escobilla, a) desviación estándar (σI) vs. Curtósis (K_G); b) Tamaño gráfico promedio de grano (Mz) vs. Asimetría (Sk_I)

Tabla 3. Correlaciones significativas para parámetros texturales en playas de referencia los valores en negritas representan una correlación significativa

	$Mz (\Phi)$	$\sigma I (\Phi)$	sk_I	K_G
$Mz (\Phi)$	1	-0.7069	-0.1001	0.7340
$\sigma I (\Phi)$		1	-0.3353	-0.7279
sk_I			1	-0.1719
K_G				1



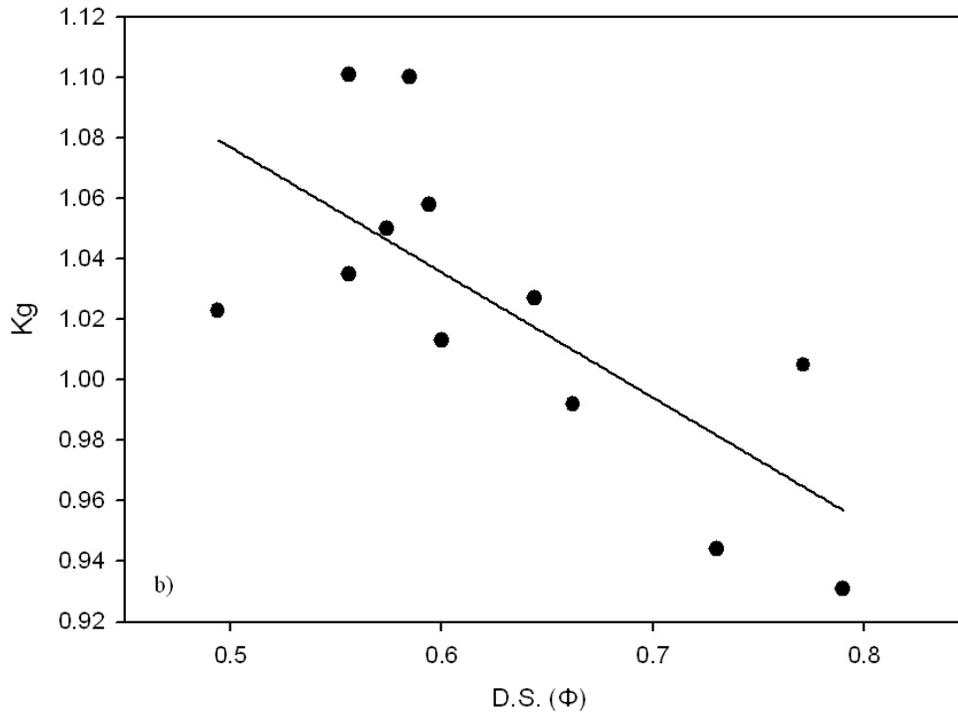


Fig. 28.- Regresiones lineales: a) entre ($Mz\Phi$) y (K_G) en las playas de referencia y b) entre desviación gráfica inclusiva ($\sigma I\Phi$) y curtosis (K_G) en playas de referencia

Tabla 4. Correlaciones significativas para parámetros texturales en todas las playas. Los valores en negritas representan una correlación significativa.

	$Mz(\Phi)$	$\sigma I(\Phi)$	sk_I	K_G
$Mz(\Phi)$	1	-0.2731	-0.7375	0.3860
$\sigma I(\Phi)$		1	-0.0575	-0.6927
sk_I			1	-0.0964
K_G				1

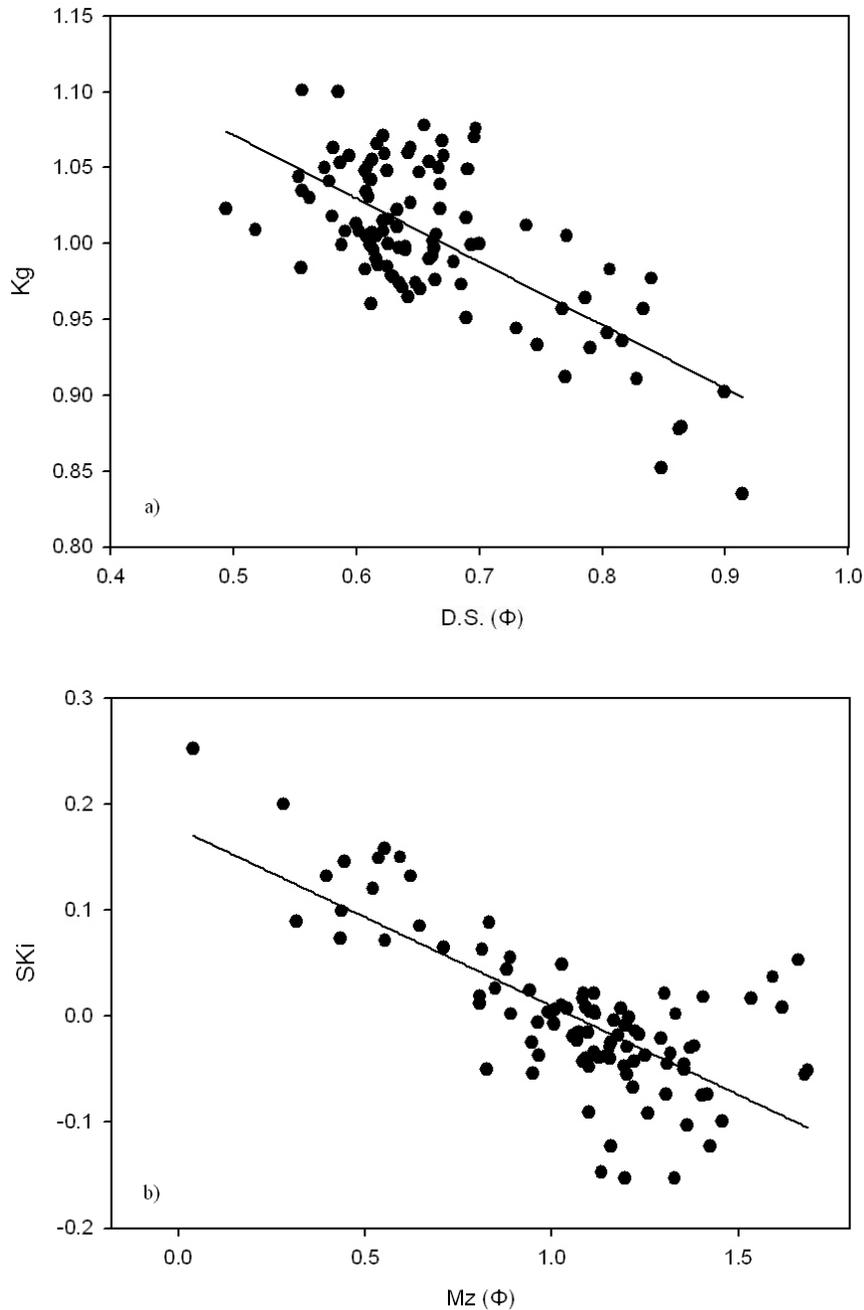


Fig. 29.- Gráficas de regresión lineal: a) desviación gráfica inclusiva ($\sigma I \square$) contra curtosis gráfica (K_G) y b) Tamaño gráfico promedio ($Mz \square$) contra asimetría (SK_i). Ambas gráficas para las muestras de La Escobilla

Análisis de componentes principales y agrupación.

Utilizando los parámetros texturales obtenidos se estandarizaron los datos aplicando el logaritmo base 10. Se dividió la playa La escobilla en tres provincias y una cuarta fueron las playas de control. Estandarizando los datos mediante la aplicación de logaritmo base 10

se realizó un análisis de componentes principales y un análisis de clusters. Los resultados se presentan en las Figs. 30 y 31.

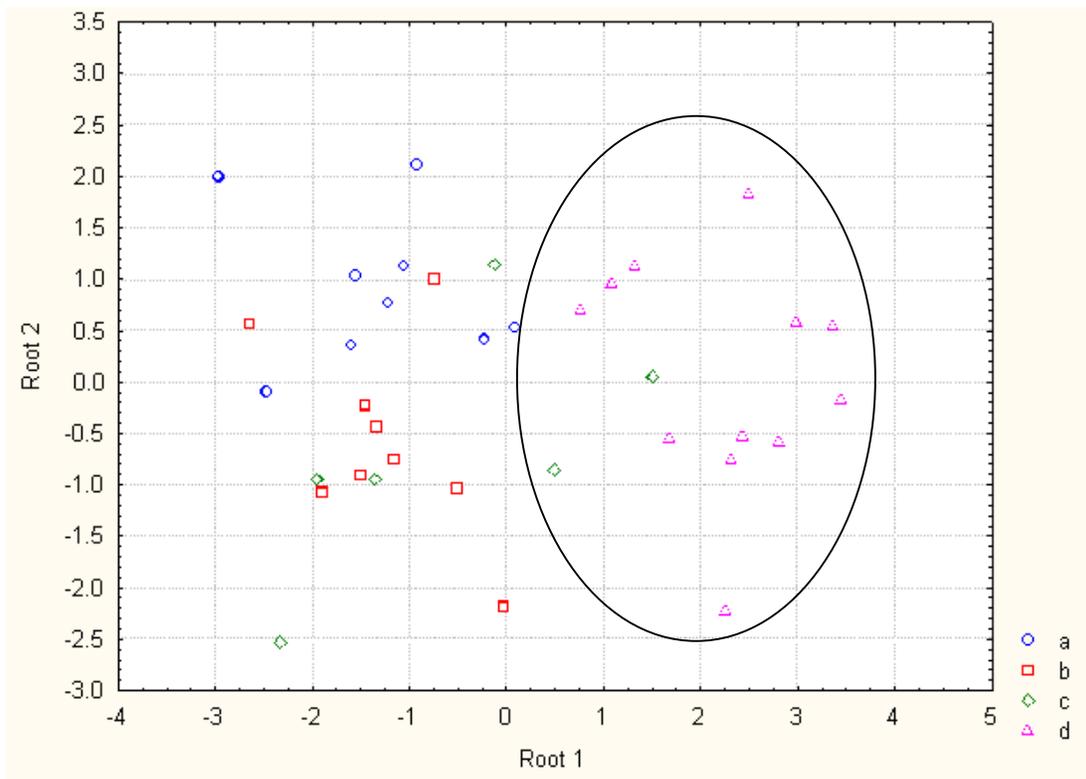


Fig. 30.- Análisis discriminatorio de componentes principales. a), b) y c) son provincias dentro de la Playa La Escobilla y d) son las playas de referencia. El círculo encierra las playas de referencia claramente separadas del resto de provincias.

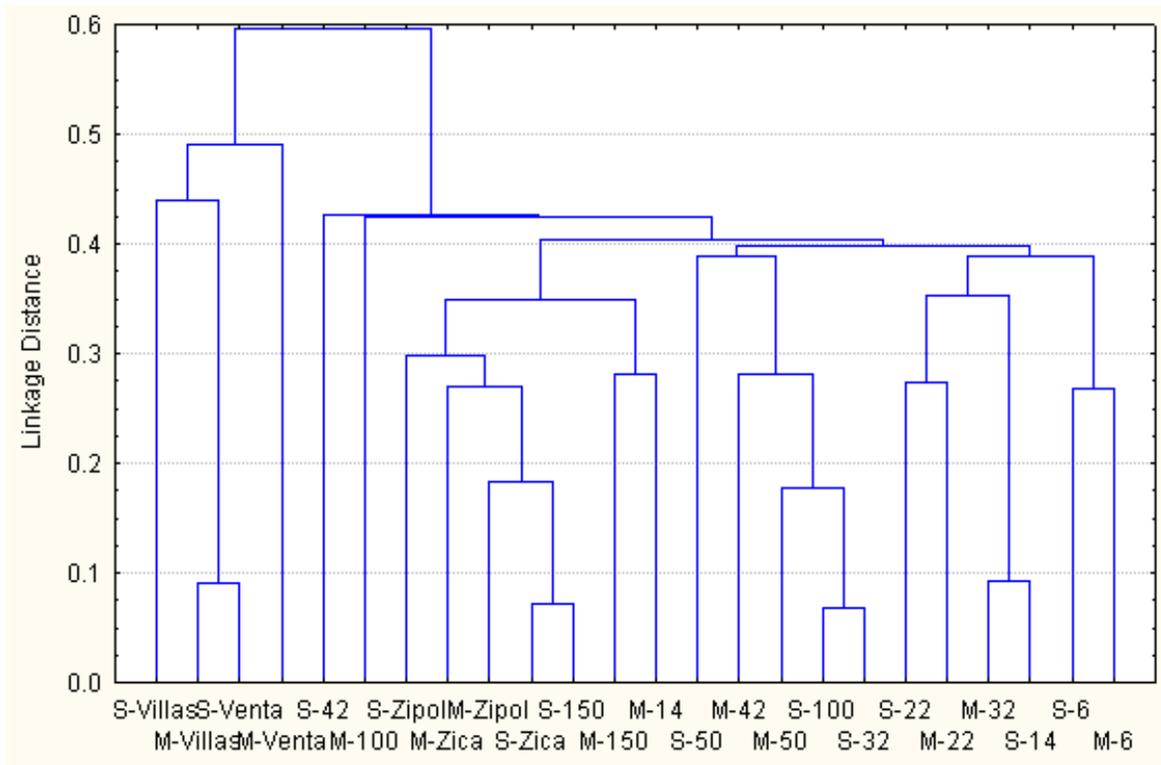


Fig. 31.- Análisis de grupos para la Playa la Escobilla y las playas de referencia.

Como se observa en el análisis de componentes principales los cuatro parámetros estadísticos presentan un comportamiento similar con respecto a la subzona de playa en el que fueron colectados. Tanto las muestras de mesoplaya, como las de supraplaya muestran una tendencia a una distribución más homogénea en todos los parámetros determinados. En contraste, en infraplaya los parámetros presentan distribuciones más heterogéneas.

Con respecto al tamaño de grano (Figs. 15, 16 y 17), la infraplaya presenta fluctuaciones que van desde 1.7ϕ hasta 0.10ϕ . En mesoplaya el intervalo es de 1.4ϕ a 0.8ϕ . Para la supraplaya los valores varían desde 1.4ϕ hasta 0.5ϕ . Es clara la tendencia de los sedimentos a homogeneizarse conforme se sube en la playa, es decir de infraplaya hasta supraplaya y en dirección paralela a la línea de costa no se observa una clara tendencia ni hacia los finos ni hacia los tamaños gruesos.

Los valores de desviación gráfica inclusiva para la infraplaya (Figs.18, 19 y 20) varían desde 0.9ϕ a 0.5ϕ ; es decir, que se pueden encontrar valores que van de moderadamente a moderadamente bien clasificado. Para la distribución de mesoplaya y supraplaya la

desviación estándar solamente se salen de la clasificación de moderadamente bien clasificada en una estación en mesoplaya.

La asimetría presenta una tendencia similar a las variables anteriores (Figs. 21, 22 y 23), con valores en infraplaya que van desde asimétricos hacia los finos, pasando por simétricos, hasta asimétricos hacia los gruesos. Las muestras colectadas tanto de mesoplaya como supraplaya se encuentran dentro del intervalo de simétricos, con excepción de un valor a 3,800 metros de distancia de mesoplaya que cae justo en la frontera de -0.1ϕ . Este valor puede deberse a la bioturbación generada por las tortugas; sin embargo es un valor puntual y completamente aislado.

La curtosis presenta variaciones similares a los parámetros anteriormente descritos. La infraplaya tiene las variaciones más grandes, con valores muy fluctuantes entre valores mesocúrticos y platicúrticos, mientras que en mesoplaya y supraplaya la mayoría de las muestras se encuentran dentro del intervalo para mesocúrticas, con un solo valor para mesoplaya que está dentro de los platicúrticos, el correspondiente a la muestra tomada a 5,000 m de la desembocadura.

Las variaciones en el tamaño de grano con respecto a la subzona de playa están directamente relacionadas con la energía del transporte que predomina en cada uno. Dentro de la infraplaya es la acción del oleaje y las corrientes tanto litorales como de retorno las que ponen en movimiento al sedimento, siendo menos selectivas que el viento. El viento es el agente que transporta el material tanto en mesoplaya como en supraplaya, transportando, granos de tamaños más finos que en infraplaya, donde el agente de transporte es hidráulico. El viento es un agente de transporte más selectivo ya que, en condiciones normales, no tiene la capacidad de transportar material muy pesado, esto influye en el comportamiento de todos los parámetros estadísticos en ambas subzonas. El comportamiento de los parámetros estadísticos a lo largo de la playa coincide con lo reportado por Carranza (2001) y descrito por Komar (1976). Sin embargo en ésta playa los parámetros estadísticos se homogeneizan en mesoplaya y supraplaya debido a la bioturbación generada por la gran cantidad de tortugas que desovan al mismo tiempo.

Existe una relación directa entre el tamaño de grano y los sitios de selección de las tortugas para anidar. Si el tamaño de grano fuera muy grueso el nido no tendría la suficiente cohesión, lo cual es muy importante debido a la forma de gota que tiene. Si el tamaño de

grano fuese muy pequeño probablemente las tortugas al nacer no podrían salir por la gran cohesión del sedimento y quedarían atrapadas dentro del nido.

De igual manera la porosidad que tenga el nido está en función del tamaño de grano, es decir, mientras el sedimento que forma el nido sea de mayor tamaño habrá un mayor espacio intersticial entonces. Lo anterior influirá en que la porosidad sea mucha, esto puede hacer haya demasiada humedad en el nido y puede afectar el desarrollo de las crías. De igual manera la forma de gota que tiene que tener el nido no podría mantenerse de ser el sedimento muy grueso.

En ambas zonas, donde las hembras desovan las muestras presentan distribuciones simétricas, es decir que no hay una tendencia ni hacia sedimentos finos ni hacia gruesos, las arenas se encuentran dentro de las arenas medias, siendo el tamaño aparentemente requerido por las tortugas.

Al observar las correlaciones entre los parámetros texturales de la playa La Escobilla se presenta una correlación significativa entre la desviación estándar y la curtosis en los datos de la playa La Escobilla. El valor de correlación de Pearson es de -0.848. Esto indica que cuando disminuye el tamaño de grano, la distribución normal tiende hacia los tamaños finos. Al ver la tabla de promedios se observa que los valores de menor tamaño de grano coinciden con la mesoplaya y supraplaya, al igual que los valores de asimetría con una mayor tendencia hacia los finos

Los análisis estadísticos de componentes principales y de asociación permiten observar que hay una diferencia estadística significativa entre la playa La Escobilla y las playas de referencia.

PROCEDENCIA

Para analizar la procedencia se identificaron en el microscopio petrográfico ocho componentes: cuarzo monocristalino, cuarzo policristalino, feldespatos totales, fragmentos de roca metamórfica, fragmentos de roca plutónica, micas, minerales oscuros y biogénos (Tabla 5). Con los datos obtenidos se realizó una matriz de correlaciones de Pearson para determinar las relaciones entre los minerales encontrados en las muestras. El valor de R crítica fue obtenido, al igual que para los parámetros estadísticos, mediante una prueba t-student al 99% de confianza.

Los datos de las playas de referencia y los datos de la Playa la Escobilla se graficaron en un diagrama ternario utilizando el software Sigma Plot 10.0. Las gráficas correspondientes se presentan en la Figura 36.

Como se observa en las tablas 6 y 7 y en las figuras 33 y 34 hay una gran diferencia en las correlaciones significativas entre La Escobilla y las playas de referencia. En la matriz de La Escobilla solamente hay valores significativos entre cuarzos monocristalinos y fragmentos de roca metamórfica. La correlación tiene un valor negativo, es decir que cuando incrementa la presencia de cuarzos monocristalinos disminuye la presencia de fragmentos de roca metamórfica. Esto se explica debido a que los cuarzos monocristalinos no proceden de las rocas metamórficas. Se esperaría entonces que el cuarzo procediera del desgaste de las rocas plutónicas, pero los detritos de FRP deberían ser de mayor tamaño (arenas muy gruesas o gravas) que no fue el caso en esta investigación. La abundancia de cuarzo policristalino, por otra parte, si se correlaciona con la presencia de micas, las cuales suelen ser abundantes en pizarras, esquistos y gneisses, pero estos últimos por el tamaño de sus cristales serían mayores que los detritos observados en las muestras.

En el caso de las playas de referencia hay una relación similar a La Escobilla, la correlación negativa entre los cuarzos monocristalinos y policristalinos con los fragmentos de roca metamórfica, esto se debe a la misma razón que en La Escobilla, no obstante el muestreo aunque es útil como base de comparación, al ser reducido su significado estadístico no es confiable.

Tabla 5.- Componentes petrológicos para la playa La Escobilla y playas de referencia.

Muestra	Cm	Cp	Ft	FRM	FRP	Micas	Min. Obs	Bio.	Total
I-6	74	28	33	26	1	4	34	0	200
M-6	65	22	24	23	0	3	63	0	200
S-6	87	24	27	27	0	6	29	0	200
I-14	107	25	27	19	1	3	18	0	200
M-14	72	19	36	11	1	4	38	19	200
S- 14	94	25	15	18	1	2	45	0	200
I-22	98	24	40	11	2	6	19	0	200
M-22	70	42	21	14	0	3	50	0	200
S-22	88	22	13	10	0	2	63	2	200
I-32	102	31	24	12	0	2	28	1	200
M-32	86	27	14	19	0	2	52	0	200
S-32	111	31	18	6	0	2	32	0	200
I-42	65	57	35	13	2	4	24	0	200
M-42	77	44	22	8	0	7	42	0	200
S-42	101	34	31	2	1	5	26	0	200
I-50	99	43	27	14	0	5	12	0	200
M-50	101	33	21	8	0	12	25	0	200
S-50	100	20	28	5	0	11	36	0	200
I-100	110	23	22	7	0	10	28	0	200
M-100	124	23	12	3	0	17	21	0	200
S-100	107	31	17	5	1	12	27	0	200
I-150	84	34	47	19	0	10	6	0	200
M-150	75	26	40	18	1	12	28	0	200
S-150	74	12	60	14	1	23	15	1	200
*I-Vent.	60	22	81	25	1	8	3	0	200
*M-Vent.	37	13	86	32	0	25	7	0	200
*S-Vent.	34	17	79	25	0	23	22	0	200
*I-Villas	37	13	74	32	1	14	29	0	200
*M-Villas	30	19	89	25	0	17	20	0	200
*S-Villas	45	15	48	26	0	22	44	0	200
*I-Zicatela	86	25	72	4	3	4	6	0	200
*M-Zicatela	79	20	69	16	0	7	9	0	200
*S-Zicatela	73	26	64	15	3	3	16	0	200

*I-Zipolite	65	17	72	10	1	4	11	20	200
*M-Zipolite	73	32	56	11	3	3	22	0	200
*S-Zipolite	48	24	82	13	1	4	9	20	200

* Playas de referencia. Cm=Cuarzo monocristalino, Cp=Cuarzo policristalino, Ft= Feldespatos totales, FRM=Fragmento de Roca Metamórfica, FRP=Fragmento de Roca Policristalino, B=Biógenos

Tabla 6. Correlaciones significativas para Petrología en La Escobilla, los valores en negritas representan una correlación significativa.

	Cm	Cp	Ft	FRM	FRP	Micas	Min. Obs
Cm	1	-0.1838	-0.4419	-0.5538	-0.2236	0.1571	-0.3597
Cp		1	-0.1291	-0.0936	0.0811	-0.3274	-0.1269
Ft			1	0.2409	0.4674	0.4254	-0.5402
FRM				1	0.0471	-0.2854	0.1332
FRP					1	0.0183	-0.2825
Micas						1	-0.4919
Min. Obs.							1

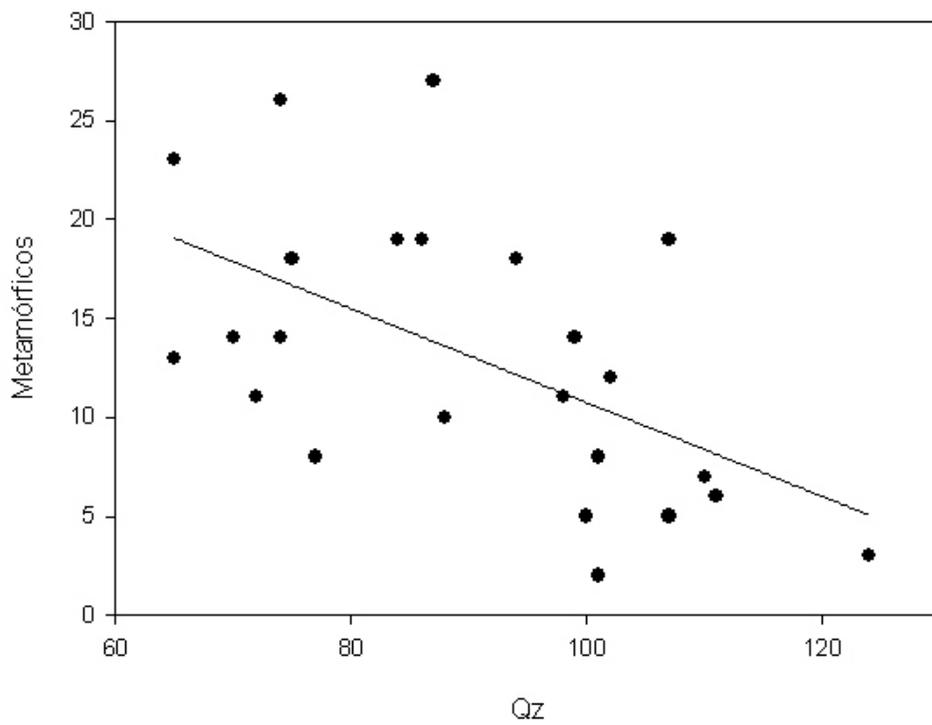


Fig. 32.- Regresión lineal entre cuarzo y FRM para la playa La Escobilla.

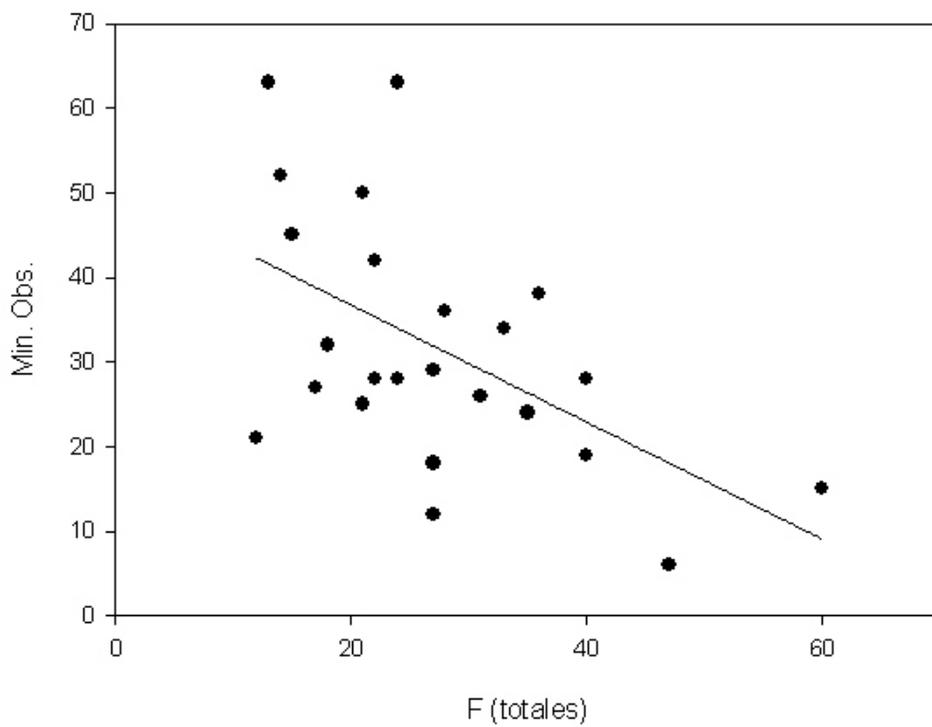


Fig. 33.- Regresión lineal feldespatos totales y minerales oscuros. Para la playa La Escobilla.

Tabla 7. Correlaciones entre componentes de arenas de las playas de referencia (los valores en negritas representan correlaciones significativas).

	Cm	C p	Ft	FRM	FRP	Micas	Min. Obs
Cm	1	0.6630	-0.4441	-0.8098	0.6907	-0.7946	-0.4054
Cp		1	-0.2779	-0.7267	0.7845	-0.7520	-0.2803
Ft			1	0.2806	-0.3606	0.2011	-0.5934
FRM				1	-0.6682	0.8175	0.3700
FRP					1	-0.7295	-0.1908
Micas						1	0.4432
Min. Obs.							1

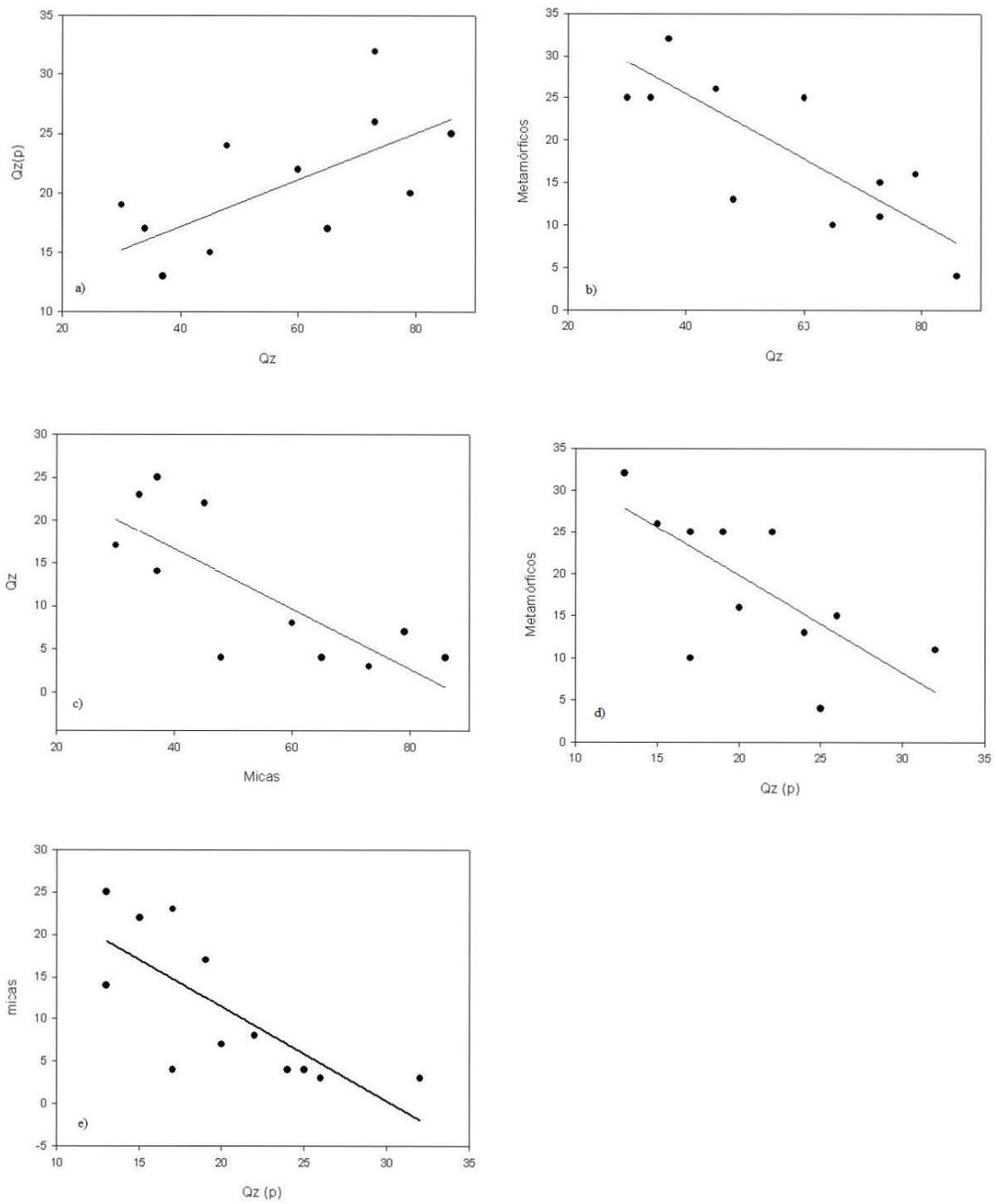


Fig. 34.- Regresión lineal entre componentes de la arena de las playas de referencia.

Tabla 8. Correlaciones significativas para Petrología en todas las playas, los valores en negritas representan una correlación significativa.
Control

	Cm	C (p)	Ft	FRM	FRP	Micas	Min. Obs
Cm	1	0.3291	-0.7637	-0.7023	-0.0452	-0.4049	0.0938
Cp		1	-0.4608	-0.3743	0.1045	-0.4864	0.0877
Ft			1	0.4432	0.2956	0.4045	-0.6428
FRM				1	-0.1810	0.3428	-0.0080
FRP					1	-0.2920	-0.3304
Micas						1	-0.2521
Min. Obs.							1

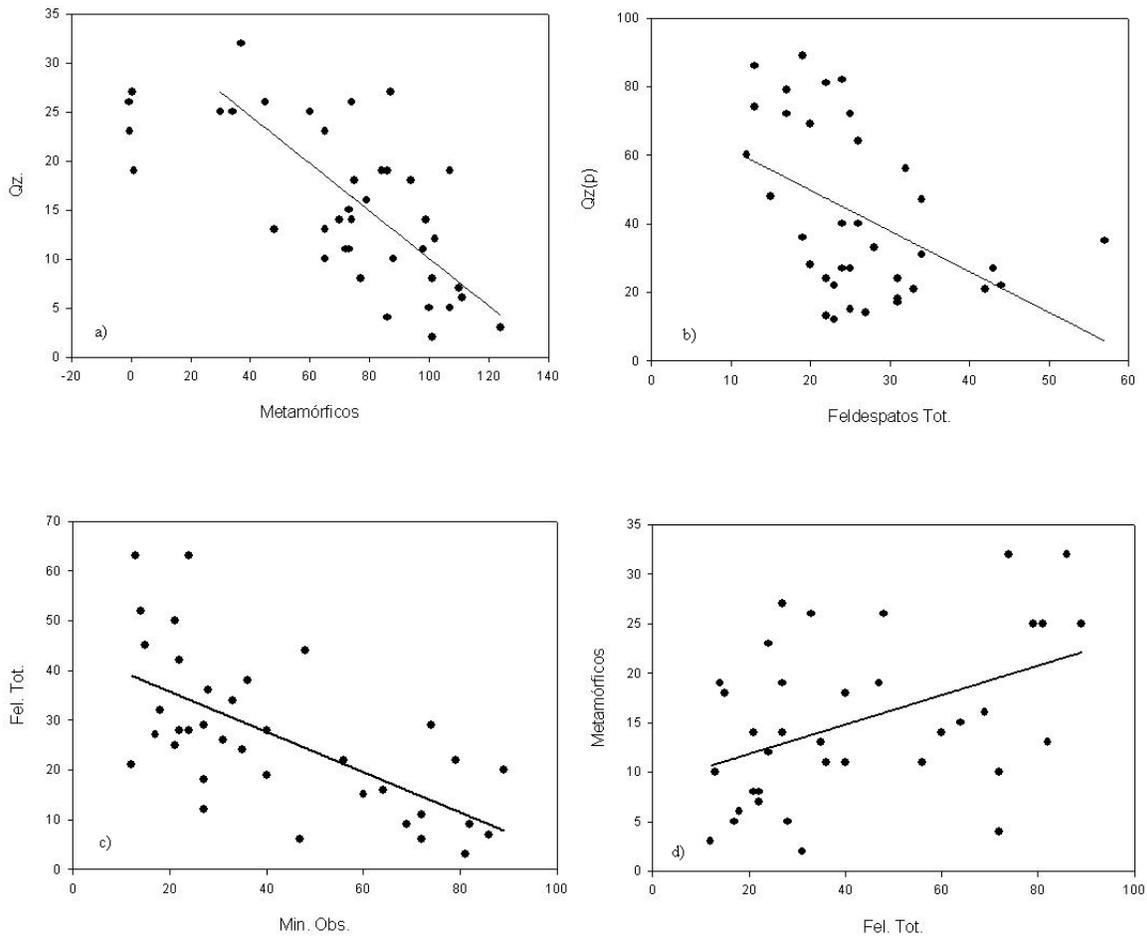


Fig. 35.- Regresión lineal entre componentes de arenas para el total de playas muestreadas; a) metamórficos vs cuarzos monocristalinos, b) feldespatos totales vs cuarzo policristalino, c) minerales oscuros vs feldespatos totales, d) feldespatos totales vs metamórficos

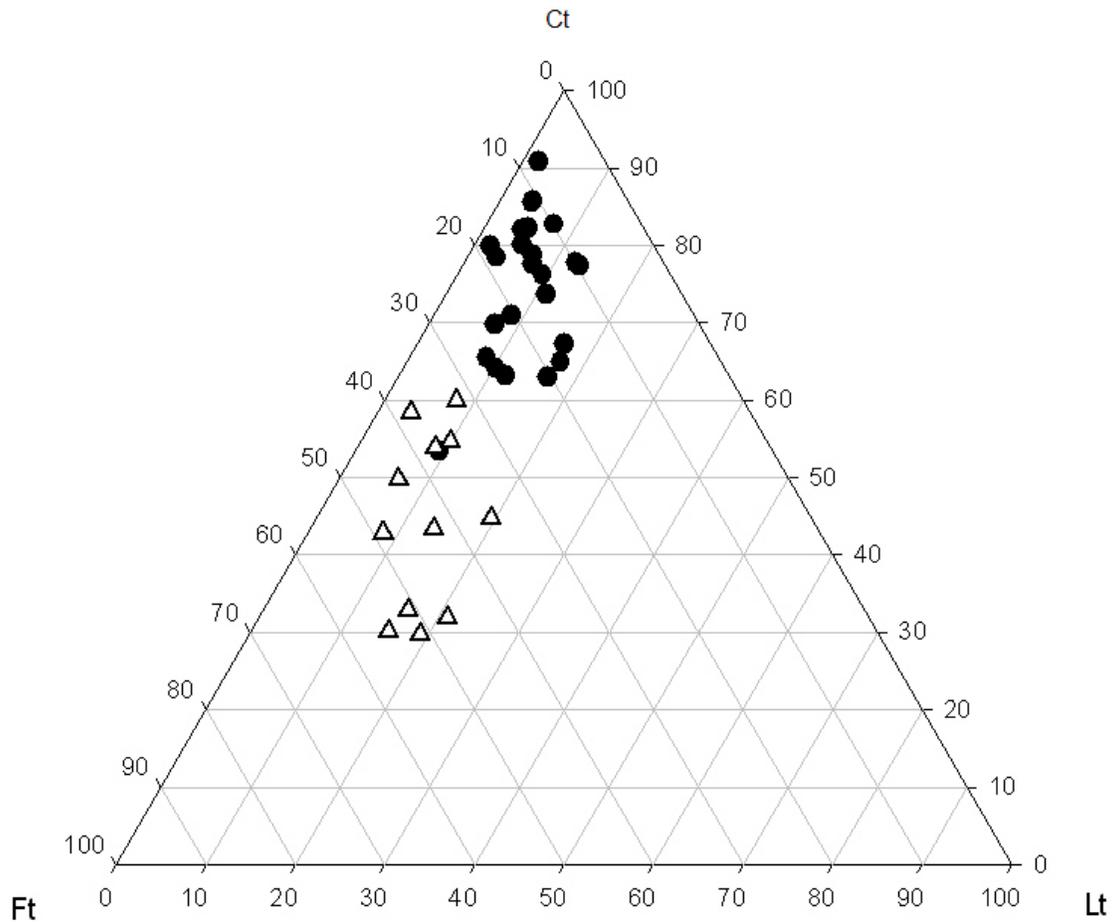


Fig. 36.- Diagrama ternario Ct:Ft:Lt para el caso de la Playa la Escobilla (círculos llenos) y las playas de referencia (triángulos vacíos).

Al introducir en una matriz de correlación los conteos petrológicos de la playa La Escobilla junto con los de las playas de referencia se puede observar la misma tendencia entre los cuarzos y los fragmentos de roca metamórfica, principalmente con los cuarzos monocristalinos.

Es importante resaltar que aún cuando algunos valores del coeficiente de correlación de Pearson son estadísticamente significativos, al hacer un ajuste de recta la tendencia no es muy clara. Para el caso de todos los valores juntos, los de La Escobilla y las playas de referencia hay una mayor tendencia a encontrar correlaciones significativas, esto se debe a

que al incrementar el número de datos el poder estadístico incrementa y puede arrojar resultados engañosos (Triola, 2006).

En la Fig. 30 se observa una correlación negativa entre el cuarzo monocristalino y los fragmentos de roca metamórfica (FRM). Conforme el material es transportado lejos de la cuenca los FRM van desgastándose y el cuarzo es el componente más resistente de los que la conforman, es decir que mientras más cuarzo se encuentre en la muestra menor presencia de FRM debido al desgaste al que son sometidos.

Los resultados de petrología muestran que hay una diferencia entre la playa La Escobilla y las playas de referencia, ya que en estas últimas hay (Fig. 34) una mayor tendencia hacia los feldespatos, mientras que la playa La Escobilla tiene una mayor tendencia hacia los cuarzos.

Las composición de las playas está determinada por la cuenca de drenaje y aporte el material así como de las rocas adyacentes a la playa (Komar 1976).

A diferencia de La Escobilla las playas Zipolite y Ventanilla tenían afloramientos de rocas plutónicas metamorfozadas expuestas a oleaje de alta energía las cuales aportan material a la playa. La playa La Escobilla recibe el material sedimentario del Río Cozoaltepec en cuya cuenca los materiales transportados por vía fluvial tienen un mayor recorrido. Los cuarzos son más resistentes al transporte así que el material sedimentario de la playa La Escobilla tiene una mayor abundancia de cuarzos.

En las regresiones lineales para la playa La Escobilla se observa que cuando se incrementan los cuarzos los fragmentos de roca metamórfica disminuyen. Los fragmentos de cuarzo provienen de los protolitos, en el caso de la cuenca del río Cozoaltepec conformada principalmente por rocas metamórficas. Estas disminuyen porque su resistencia a la erosión es menor que la del cuarzo así que se pierde la matriz que conforma la roca pero el cuarzo, al ser más resistente, no se pierde y alcanza a llegar a la playa

Elementos mayores.

Se seleccionaron 14 muestras para diferentes puntos en la playa La Escobilla y en las playas de referencia, igual que para petrología en las tres subzonas de playa. Las muestras fueron analizadas mediante fluorescencia de rayos X. Los resultados se presentan en la tabla 9.

Tabla 9.- Resultados del análisis de elementos. Los resultados están en porcentajes.

Muestra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3t}	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
M-6	64.49	4.64	8.65	12.17	0.20	1.94	3.68	2.16	1.50	0.10
M-22	70.87	1.93	9.57	6.19	0.11	2.26	3.98	2.37	1.69	0.12
M-32	68.23	2.55	9.10	7.78	0.14	2.79	4.78	2.16	1.46	0.15
M-42	76.46	0.69	9.88	3.09	0.05	1.64	2.97	2.66	1.89	0.09
M-50	78.63	0.29	9.99	1.67	0.03	0.95	2.05	3.02	2.20	0.07
M-100	79.71	0.20	10.11	1.55	0.02	0.89	2.00	2.79	2.02	0.05
M-150	73.76	1.16	9.12	4.73	0.08	2.56	3.50	2.40	1.45	0.17
M-ventas	67.27	3.27	9.18	7.89	0.17	2.90	4.22	2.27	1.39	0.28
M-Villas	62.07	2.97	9.53	10.23	0.21	4.34	6.18	1.71	1.22	0.25
M-Zicatela	73.34	1.06	10.26	4.57	0.08	1.93	3.02	2.64	1.91	0.12
M-Zipolite	60.01	1.53	11.37	6.84	0.16	3.18	9.18	2.88	0.87	0.20
ARC*	65.77	0.60	15.65	3.97	0.06	1.63	3.21	3.83	2.57	0.13
LRC*	63.85	0.76	15.24	5.60	0.09	2.10	3.00	3.18	2.76	0.24
ARSI*	79.40	0.28	9.79	2.15	0.04	0.98	2.01	2.47	2.01	0.06

*ARC= Arena del Río Cozaltepec LRC= Lodo del Río Cozaltepec ARSI= Arena Río San Isidro.

Las gráficas de elementos mayores se presentan con tres elementos por gráficas a lo largo de la playa La Escobilla con excepción del óxido de fósforo que se presenta en una sola gráfica. Todas las gráficas se presentan a lo largo de la playa La Escobilla a partir del Río Cozaltepec.

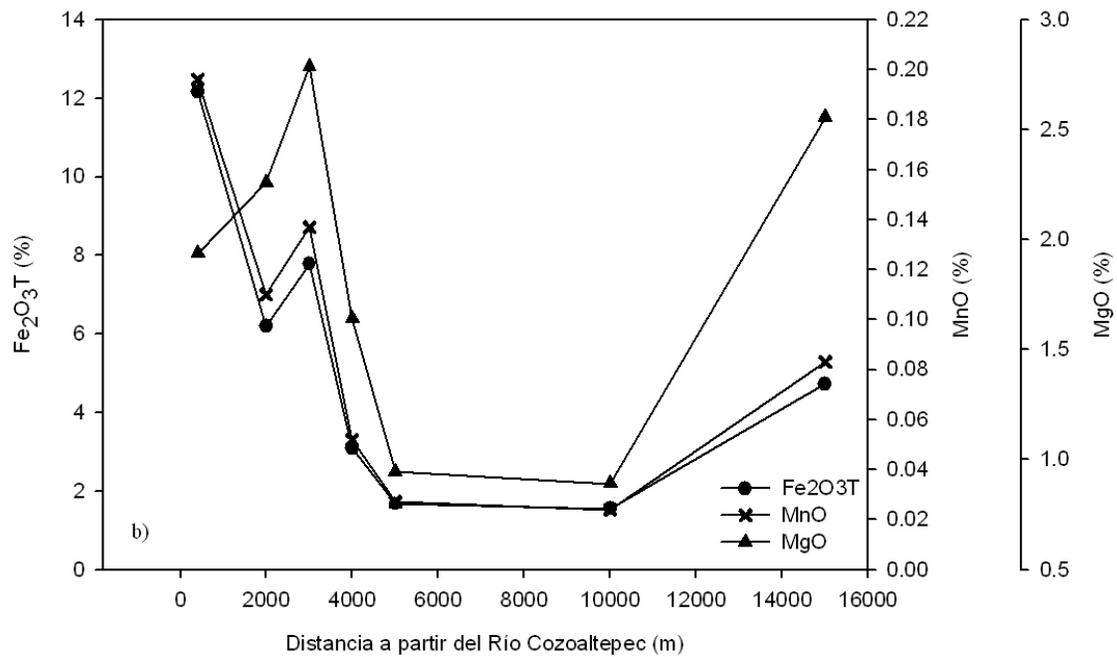
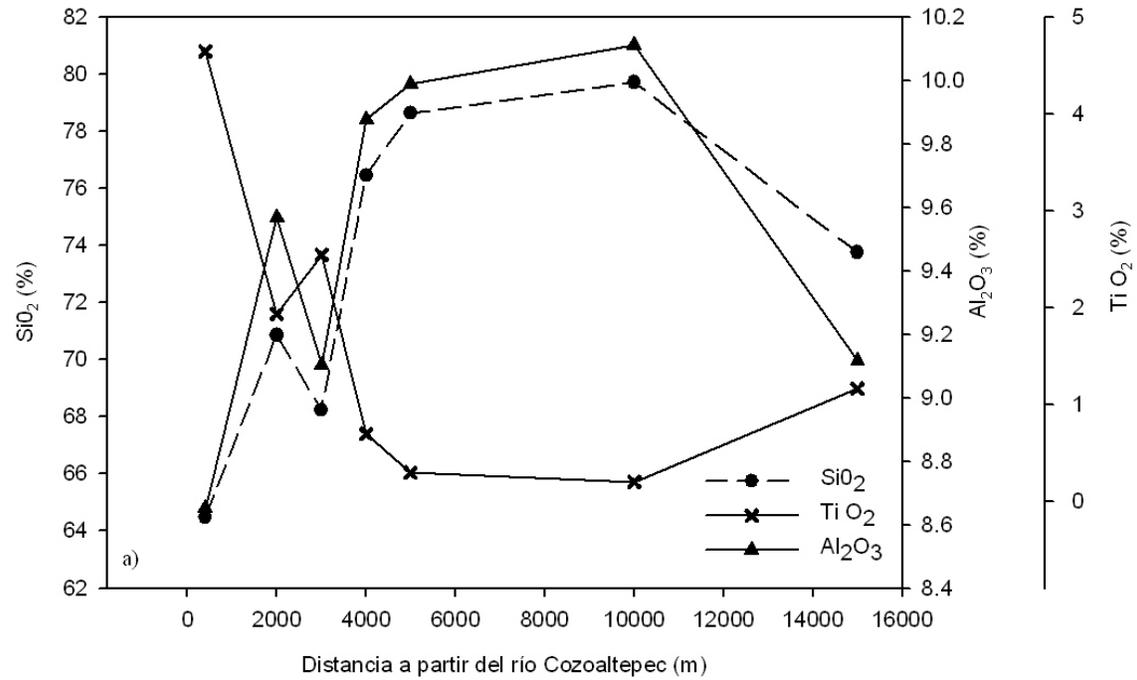


Fig. 37.- Distribución de elementos mayores a lo largo de la playa La Escobilla. a) óxidos de: Sílice, aluminio y titanio; b) óxidos de: hierro, magnesio y manganeso.

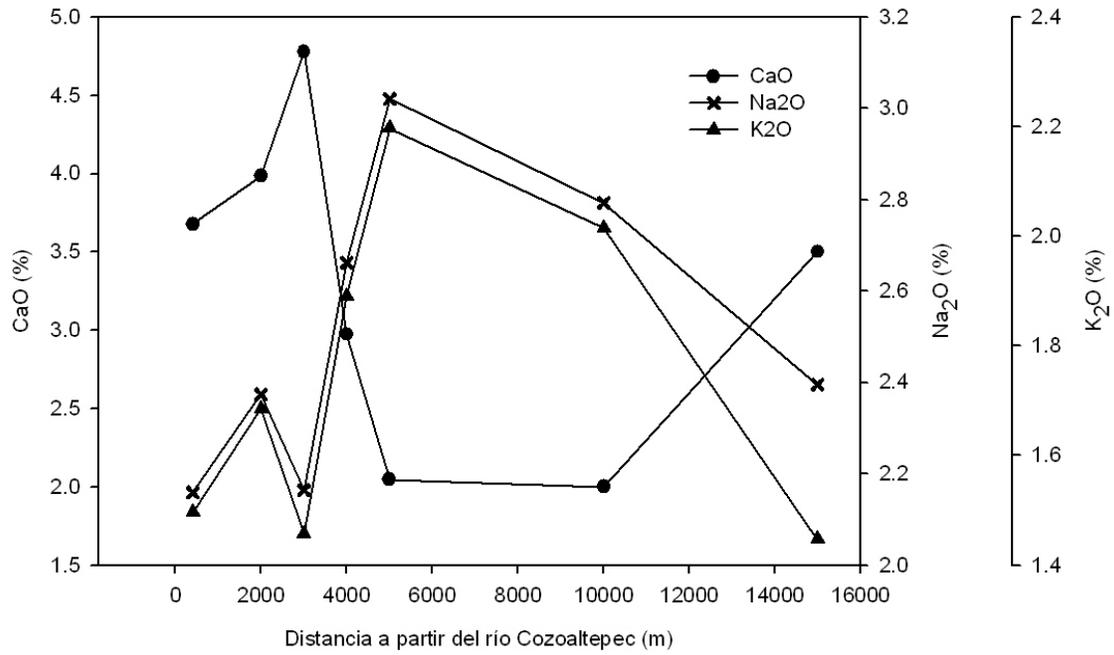


Fig. 38.- Distribución de elementos mayores, óxidos de: Calcio, Sodio y potasio a lo largo de la playa La Escobilla.

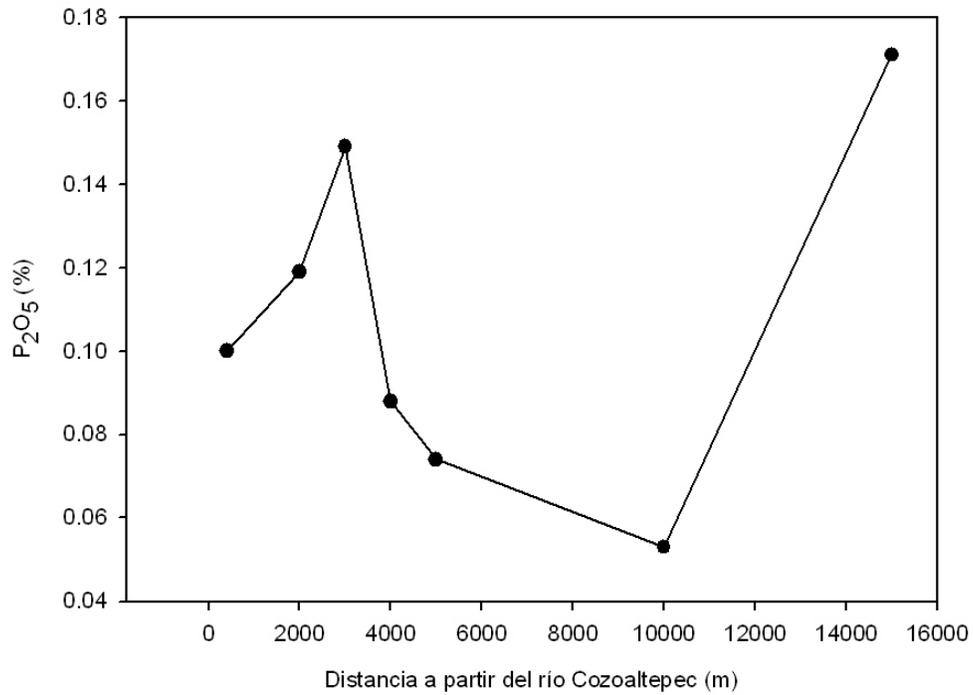


Fig. 39.-

Al igual que con los parámetros anteriores se realizó un análisis de correlaciones entre los compuestos mediante una matriz de correlación de Pearson. Dado el bajo número de muestras se tomaron todos los datos obtenidos, es decir de la playa La Escobilla y las playas de referencia. El valor crítico de R fue determinado mediante una prueba de t-student al 99% de confianza. La matriz se presenta a continuación, los valores en negritas representan una correlación significativa.

Tabla 10. Correlaciones significativas para Petrología en La Escobilla, los valores en negritas representan una correlación significativa.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
SiO ₂	1	-0.6278	-0.2928	-0.8017	-0.8227	-0.7749	-0.7720	0.1727	0.4037	-0.7624
TiO ₂		1	-0.4349	0.9516	0.9139	0.6315	0.4558	-0.6845	-0.6291	0.4797
Al ₂ O ₃			1	-0.2464	-0.2813	-0.1593	-0.0587	0.7889	0.6494	0.1365
Fe ₂ O ₃ t				1	0.9676	0.7641	0.5983	-0.6346	-0.6163	0.6110
MnO					1	0.8584	0.7343	-0.6585	-0.7296	0.7082
MgO						1	0.8077	-0.6028	-0.7165	0.8485
CaO							1	-0.3215	-0.7631	0.6165
Na ₂ O								1	-0.3215	-0.7631
K ₂ O									1	-0.4154
P ₂ O ₅										1

Para todas las muestras analizadas los mayores porcentajes están representados por el grupo de los sílico-aluminatos. Dentro de este grupo el sílice predomina en la playa La Escobilla con un promedio de 73.1 % y una desviación estándar de 5.6 %. El aluminio tiene un promedio de 9.5% y una desviación estándar de 6 %.

Se puede observar una clara relación positiva entre la sílice, el aluminio y el sodio, mientras que el titanio se asocia con el hierro, magnesio, calcio.

Los silico-aluminatos son los compuestos más abundantes en las rocas ígneas y su presencia en estas muestras se debe a que la cuenca de drenado del Río Cozoaltepec está constituida principalmente por rocas plutónicas intrusivas y gneisses resultado del metamorfismo de estas.

Al comparar la composición geoquímica de las muestras se observa que hay concordancia con la influencia de rocas plutónicas, específicamente con granitos. Al igual que en los análisis de petrología coincide con la cuenca por la que drena el Río Cozoaltepec.

Esto tiene que ver con el hecho de que la cuenca en la que drena el Río Cozoaltepec, el cual aporta una gran cantidad de material sedimentario a la Playa La Escobilla, drena por una cuenca con una composición mayoritariamente de rocas metamórficas, mientras que las playas de referencia tienen una composición de rocas plutónicas. Si bien hay una diferencia en el arreglo de los minerales entre las rocas plutónicas y el resultado del metamorfismo de estas, los procesos que metamorfizan a las rocas no alteran su composición química.

Análisis químicos

Se trataron 40 muestras: 20 para determinación de carbonatos y 20 para materia orgánica. Las cuarenta muestras fueron seleccionadas de forma aleatoria en los tres niveles de playa. Los resultados de ambos se encontraron por debajo del límite de detección así que se decidió no continuar con la determinación de estos parámetros hasta tener completado el conteo de láminas delgadas mediante microscopía para observar la composición de las arenas.

La playa La Escobilla es una playa de alta energía y tiene un aporte de sedimentos del río Cozoaltepec en la época de lluvias, que es cuando la barra se abre. El constante movimiento del sedimento desde el arribo de tortugas a la playa no permite que haya depositación de materia orgánica. Es más común encontrar altas concentraciones de materia orgánica en sedimentos más finos asociados con ambientes de baja energía.

La falta de carbonatos se debe a que no hubo presencia importante de sedimentos biogénicos en las muestras analizadas mediante laminas delgadas, dichos sedimentos pueden ser fuentes importantes de carbonatos. No obstante en playas de alta energía la preservación de carbonatos es pobre (Carranza-Edwards *et al.*, 2009) y además en el área de estudio son muy escasos los afloramientos de calizas. De igual manera se coincide con Carranza-Edwards *et al.* (1996), pues ellos tampoco reportan carbonatos para la región de la Escobilla.

Según un estudio realizado por Ahjond *et al.* (2000) en las islas The Thousand en Florida, otra especie de tortuga, *Caretta caretta* también elige playas con bajas concentraciones de carbonatos para realizar anidaciones, lo cual coincide con lo encontrado en este estudio.

Análisis químicos

Se trataron 40 muestras: 20 para determinación de carbonatos y 20 para materia orgánica. Las cuarenta muestras fueron seleccionadas de forma aleatoria en los tres niveles de playa. Los resultados de ambos se encontraron por debajo del límite de detección así que se decidió no continuar con la determinación de estos parámetros hasta tener completado el conteo de láminas delgadas y se observe mediante microscopía la composición de las arenas.

La playa La escobilla es una playa de alta energía y tiene un aporte constante de material sedimentario del río Cozacoaltepec en la época de lluvias, que es cuando la barra se abre. El constante movimiento del sedimento desde el arribo de tortugas a la playa no permite que haya depositación de materia orgánica. Es más común encontrar altas concentraciones de materia orgánica en sedimentos más finos asociados con ambientes de baja energía.

La falta de carbonatos se debe a que no hubo presencia importante de sedimentos biogénicos en las muestras analizadas mediante laminas delgadas, dichos sedimentos pueden ser fuentes importantes de carbonatos; en playas de alta energía la preservación de carbonatos es menor (Carranza-Edwards *et al.*, 2009) y además en el área fuente son escasos los afloramientos de calizas. De igual manera coincide con Carranza-Edwards *et al.*(1996), pues ellos no reportan carbonatos para la región de la Escobilla.

Según un estudio realizado por Ahjond *et al.* (2000) en las islas The Thousand en Florida, otra especie de tortuga, *Caretta caretta* también elige playas con bajas concentraciones de carbonatos para realizar anidaciones, lo cual coincide con lo encontrado en este estudio.

CONCLUSIONES

Geomorfología de playas.

- Existe una relación directa entre la morfología de las playas y las arribazones. La pendiente no puede ser muy pronunciada como en el caso de la playa Zicatela ya que se dificultaría mucho el acceso de la tortuga.
- La longitud de la misma no puede ser muy corta ya que el avance de la ola podría inundar el nido.
- La zona de arribazón en la playa La Escobilla está determinada por la pendiente y el ancho de playa, pues el número de hembras anidadoras disminuye cuando decrece el ancho de la playa.
- Las playas de referencia Zicatela, Zipolite y Villas Comaná no cumplen con las características necesarias para las anidaciones de tortugas. En cambio en la playa La Ventanilla tiene un perfil de playa más desarrollado, por lo cual se presentan anidaciones de tortugas más no arribazones.

Análisis textural de los sedimentos

- El tamaño de grano es un parámetro fundamental para la selección de playas para anidar de las tortugas. Las partículas deben ser arenas medias.
- Los parámetros texturales en mesoplaya y supraplaya están afectados por la bioturbación que producen las tortugas en el sedimento, durante el proceso de desove y ello se refleja en la homogeneización de los mismos en ambos niveles de playa.

Procedencia

- Las muestras analizadas están compuestas principalmente de cuarzos tanto monocristalinos como policristalinos, feldespatos y algunos fragmentos de rocas plutónicas metamorfizadas. Estos minerales proceden de la litología de la cuenca que drena el Río Cozoaltepec que está compuesta principalmente de granitos y gneiss.
- La ausencia de carbonatos y materia orgánica en las muestras, tanto de La Escobilla como de las playas de referencia se debe a que todas son playas expuestas y de alta energía, así como a la falta de aporte de materiales carbonatados o biogénicos. No

se pudo determinar una relación entre estas variables y las arribaciones de tortugas para las playas La Escobilla y Ventanilla.

- Las muestras recolectadas en la playa La Escobilla tienen una mayor tendencia hacia los cuarzos que las muestras de las playas de referencia. Esto implica que el material sedimentario de La Escobilla tiene una proveniencia de una cuenca más lejana que el material de las playas de referencia.

Recomendación

Una vez analizados los resultados de éste trabajo se extiende como una recomendación el no represamiento, desvío o modificación del cauce del Río Cozoaltepec, ya que esto alteraría el aporte de sedimentos a la playa La Escobilla, impidiendo que la misma mantenga su ancho de playa y afectando directamente el desove de las tortugas en esta playa.

LITERATURA CITADA

- Ahjond, E. G., H. F. Percival., K. M. Portier, K. G. Rice (2000). Nest-site selection by the logger head sea turtle in Florida's Thousand islands. *Journal of herepetology*; 34, 4. pp. 504-510.
- Ávila, J. B. (2006). Éxito de eclosión en la arribazón de la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz 1829) en la playa de La Escobilla, Oaxaca. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca.
- Albavera Padilla, E. (2006). Revisión de la anidación de tortugas marinas en los campamentos del centro mexicano de la tortuga durante el periodo 2001-2005. Centro Mexicano de la Tortuga – Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Carranza-Edwards, A., L. Rosales, K. Lozano-Santa Cruz (1987). Estudio sedimentológico de playas del estado de Oaxaca, México. *Anales del instituto de Ciencias del Mar y Limnología*.
- Carranza-Edwards, A., M. Caso-Chávez (1994). Zonificación del perfil de playa. *GEO UNAM Vol. 2, Núm. 2*, 26-32 pp.
- Carranza-Edwards, A., L. Rosales, S. Santiago Pérez (1996). A reconnaissance study of carbonates in Mexican beach sands. *Sedimentary Geology*, 101, 261-268.
- Carranza-Edwards, A. (2001). Grain Size and Sorting in Modern Beach Sands. *Journal of Coastal Research*, 18, 1, 38-52 pp.
- Carranza-Edwards, A., J. J. Kasper-Zubillaga, L. Rosales-Hoz, E. A. Morales-de la Garza, R. Lozano-Santa Cruz, (2009). Beach sand composition and provenance in a sector of the southwhestern Mexican Pacific. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 26 (2): 433-447.
- Casas-Andréu, G. (1978). Análisis de la anidación de las tortugas marinas del género *Lepidochelys* en México. Análisis científico. *Ciencias del Mar y Limnología U. N. A. M. México*. 5(1):141-158 pp.
- Folk, R. L (1974). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Pub. Co. Austin, Texas.1974. 182 p.

- Gaudette, H. E. W. R., W. R. Flight, W. Folger (1974). An inexpensive titration for the determination of organic carbon in recent sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*. (44): 249-253.
- Hickman, Jr. (2007)., L. S. Roberts, S. L. Keen. *Integrated Principles of Zoology* 14 ed. McGraw-Hill, 928 pp.
- Kasper-Zubillaga J. J., A. Carranza-Edwards., O. Morton-Bermea (2008). Heavy Minerals and Rare Elements in Coastal Dune Sands of El Vizcaino Desert, Baja California Peninsula, México. *Marine Georesources and Geotechnonology*, 26:172-118 pp
- Komar, Paul. D. (1976). *Beach processes and sedimentation*. Prentice Hall, Inc. pp 429.
- Pettijohn, F. G. (1975). *Sedimentary Rocks*. Harper & Row, New York, 718 pp.
- Triola M. F. (2006). *Estadística 9na. ed.* Pearson educación de México 838 pp.