



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTUDIO DE LA RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS
TEXTURALES DE ARENA DE PLAYA Y LA
DISTRIBUCIÓN DE MOLUSCOS EN LA COSTA SUR
DE TAMAULIPAS, MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

CIRCE GUADALUPE GONZÁLEZ CONTRERAS

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JUAN JOSÉ KASPER ZUBILLAGA

2009





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno
González
Contreras
Circe Guadalupe
58 35 33 80
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
301039310
2. Datos del tutor
Dr.
Juan José
Kasper
Zubillaga
3. Datos del sinodal 1
Dr.
Frank Raúl
Gío
Argáez
4. Datos del sinodal 2
Dr.
Arturo
Carranza
Edwards
5. Datos del sinodal 3
Dr.
Armstrong Altrin Sam
John Selvamony
6. Datos del sinodal 4
M. en C.
Fernando
Flores
Hernández
7. Datos del trabajo escrito
Estudio de la relación de los parámetros texturales de arena de playa y la
distribución de moluscos en la costa sur de Tamaulipas, México
53 p
2010

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá por el gran apoyo incondicional que me ha brindado durante 25 años, por sus enseñanzas, amor y cariño.

A mi papá por haberme inculcado el amor por la biología y la pasión por querer descubrir el por qué de las cosas.

A mi abuelita y mi tía Gloria porque siempre me han apoyado y a mi abuelito que ya no está con nosotros.

A Juan por haberme permitido trabajar bajo su dirección, por su apoyo y la gran calidad humana que me ha mostrado.

Al Dr. Alfonso Correa Sandoval ya que sin su ayuda, no hubiera sido posible la realización de esta tesis.

A la Dra. Martha Reguero, a la M. en C. Zoila Graciela Castillo Rodríguez y a la Dra. Edna Naranjo García por sus útiles asesorías, sugerencias y comentarios en la realización de este trabajo.

Al Dr. Arturo Carranza Edwards, al M. en C. Fernando Flores Hernández, al Dr. Armstrong Altrin Sam John Selvamony y al Dr. Frank Raúl Gío Argáez por sus revisiones y sugerencias en este trabajo.

A todos los que de alguna manera contribuyeron para que hoy pueda estar escribiendo estas líneas.

DEDICATORIA

A mi mamá y mi papá porque ellos han sido mis principales guías a lo largo de este camino y porque gracias a su amor y enseñanzas he llegado a ser lo que ahora soy.

A mi hermano Rigel por compartir 21 años maravillosos conmigo y por todas las experiencias que hemos vivido juntos.

A mi nene Joaquín porque es la persona que me ha hecho sentir el sentimiento más bonito... el amor!

A Luis porque siempre está ahí incondicionalmente.

A toda mi familia, amigos y personas que quiero.

La ciencia tiene una sola luz, y encenderla en cualquier parte es encenderla en todas partes.

Issac Asimov

Lo que sabemos es una gota de agua, lo que ignoramos es el océano.

Isaac Newton

¿Por qué nos gusta el mar? Es porque tiene una poderosa capacidad para hacernos pensar cosas que nos gusta pensar.

Robert Henri

He sido un niño pequeño que, jugando en la playa, encontraba de tarde en tarde un guijarro más fino o una concha más bonita de lo normal. El océano de la verdad se extendía, inexplorado, delante de mí.

Isaac Newton

ÍNDICE

RESUMEN.....	7
I INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Moluscos.....	8
1.1.1 Sistemática y clasificación.....	9
1.1.2 Biología.....	10
1.1.3 Ecología.....	11
1.2 Textura de los sedimentos.....	11
1.2.1 Tamaño gráfico promedio.....	12
1.2.2 Clasificación.....	12
1.2.3 Morfología de la partícula.....	13
1.2.3.1 Forma.....	13
1.2.3.2 Esfericidad.....	13
1.2.3.3 Redondez.....	13
1.2.3.4 Características superficiales.....	14
1.2.4 Asimetría gráfica.....	14
1.2.5 Curtosis gráfica.....	14
1.3 Costas y perfil de playa.....	15
1.4 Área de estudio.....	18
1.4.1 Oceanografía.....	22
1.4.2 Geomorfología.....	22
1.4.3 Geología.....	22
1.4.4 Clima, precipitación y régimen de vientos.....	22
1.4.5 Hidrografía.....	23
II ANTECEDENTES.....	24
III OBJETIVOS.....	28
3.1 Objetivo general.....	28
3.2 Objetivos particulares.....	28
IV JUSTIFICACIÓN.....	29
V MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
5.1 Búsqueda bibliográfica de especies en la costa sur de Tamaulipas.....	30
5.2 Muestreo de arena y determinación de los parámetros texturales.....	30

5.3 Análisis estadístico.....	33
5.3.1 Correlación Pearson.....	34
5.3.2 Análisis de discriminación bivariado.....	34
VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
6.1 Especies de la costa sur de Tamaulipas.....	35
6.2 Parámetros texturales de las playas de la costa sur de Tamaulipas.....	35
6.3 Relación entre los parámetros texturales y las especies.....	40
6.3.1 Correlación Pearson.....	40
6.3.1.1 Correlación entre especies.....	41
6.3.1.2 Correlación entre parámetros texturales.....	41
6.3.1.3 Correlación entre especies y parámetros texturales.....	43
6.3.2 Análisis de discriminación bivariado.....	46
VII CONCLUSIONES.....	48
VIII LITERATURA CITADA.....	49

RESUMEN

Se estudiaron los parámetros texturales de tamaño gráfico promedio, clasificación, asimetría gráfica y curtosis, así como el contenido de cuarzo y de biógenos de las playas La Pesca, Barra del Tordo y Miramar las cuales se encuentran en la costa sur de Tamaulipas, al oeste del Golfo de México, para conocer si existe una relación entre los parámetros texturales del sedimento y la distribución de moluscos en estas tres localidades. Se realizó una correlación Pearson así como un análisis de discriminación bivariado que permite establecer que los parámetros texturales son muy parecidos en las tres localidades. Se encontró que en Miramar hay una correlación significativa entre las especies de moluscos y la clasificación y asimetría gráfica. La mayoría de las familias de moluscos prefieren sedimentos bien clasificados con distribución simétrica ya que esto les permite contar con mayor disponibilidad de alimento. En las playas La Pesca y Barra del Tordo no se observó relación estadísticamente significativa entre los moluscos y los sedimentos debido a que otros factores pueden estar ejerciendo mayor influencia en la distribución de moluscos.

I INTRODUCCIÓN

Los organismos bentónicos viven en estrecha relación con el sustrato, por lo que es de suma importancia estudiar las relaciones que existen entre ambos. Los efectos que tiene el sustrato sobre la distribución de ciertas especies en las playas se deben principalmente al tamaño de grano y clasificación de los sedimentos, ya que determinan la porosidad y capilaridad del medio, permitiendo, entre otras cosas una mayor o menor humedad de manera que los organismos excavadores se enterrarán verticalmente hasta estratos con humedad óptima (Wieser, 1959).

Existe también una relación entre el tamaño de grano y el tamaño de las piezas bucales de los organismos que separan el alimento de dichos granos (Wieser, 1959). El establecimiento de larvas de organismos bentónicos adultos se debe en gran parte a ciertas características del sustrato (Gray, 1974).

Algunas de las comunidades bentónicas marinas tienen la característica de asociarse con sustratos particulares, mediante adaptaciones morfo y fisiológicas (Johnson, 1971).

Por otro lado, de acuerdo con su forma de vida, los organismos pueden tener efectos importantes sobre el sustrato, tales como mezcla y transporte de los sedimentos debido a los movimientos de estos (Rhoads, 1974), blanqueamiento, cementación y compactación por la formación de tubos (Dapples, 1942) y cambios en las propiedades del fondo producidos por la ingestión de detritos depositados y materia orgánica suspendida (Rhoads, 1974).

1.1 Moluscos

Los moluscos han sido importantes para los humanos desde sus primeros días. Inicialmente, cuando los humanos se interesaban principalmente en qué podían comer o utilizar, los moluscos fueron importantes como alimento, ornamenta y herramientas (Sturm *et al.* 2006).

El Phylum Mollusca (de cuerpo blando) es, después de los artrópodos, el que posee mayor número de especies vivientes, con una amplia difusión en los mares, las aguas dulces y la tierra firme (Fulvo y Nistri, 2006).

Hasta hoy se han descrito más de 100 mil especies de moluscos, pero se cree que hay más de 200 mil. Se conocen, además, unas 35 mil especies fósiles, ya que este phylum tiene una larga historia geológica que se remonta la período de transición entre el Precámbrico y el Cámbrico (Fulvo y Nistri, 2006).

1.1.1 Sistemática y clasificación

De acuerdo a Fulvo y Nistri (2006), los moluscos actuales se dividen en ocho clases: Caudofoveata y Solenogastres, pequeños, marinos, vermiformes, sin concha, que también se reúnen en el grupo colectivo Aplacophora; Polyplacophora (quitones), con una concha formada por ocho placas que viven en sustratos rígidos; Monoplacophora, con una concha univalva, que habitan aguas profundas; Gastropoda, el grupo más variado, generalmente con una concha univalva y enrollada en espiral; Cephalopoda, que comprende los pulpos, las jibias y los argonautas; Scaphopoda, exclusivamente marinos, con una concha tubular; y Bivalvia, el segundo grupo más diverso, formado por una concha de dos valvas (Fig. 1 a-f). Brusca y Brusca (2003), reconocen sólo 7 clases y colocan a Caudofoveata y Solenogastres en la categoría de subclase dentro de la clase Aplacophora (Fig. 2).

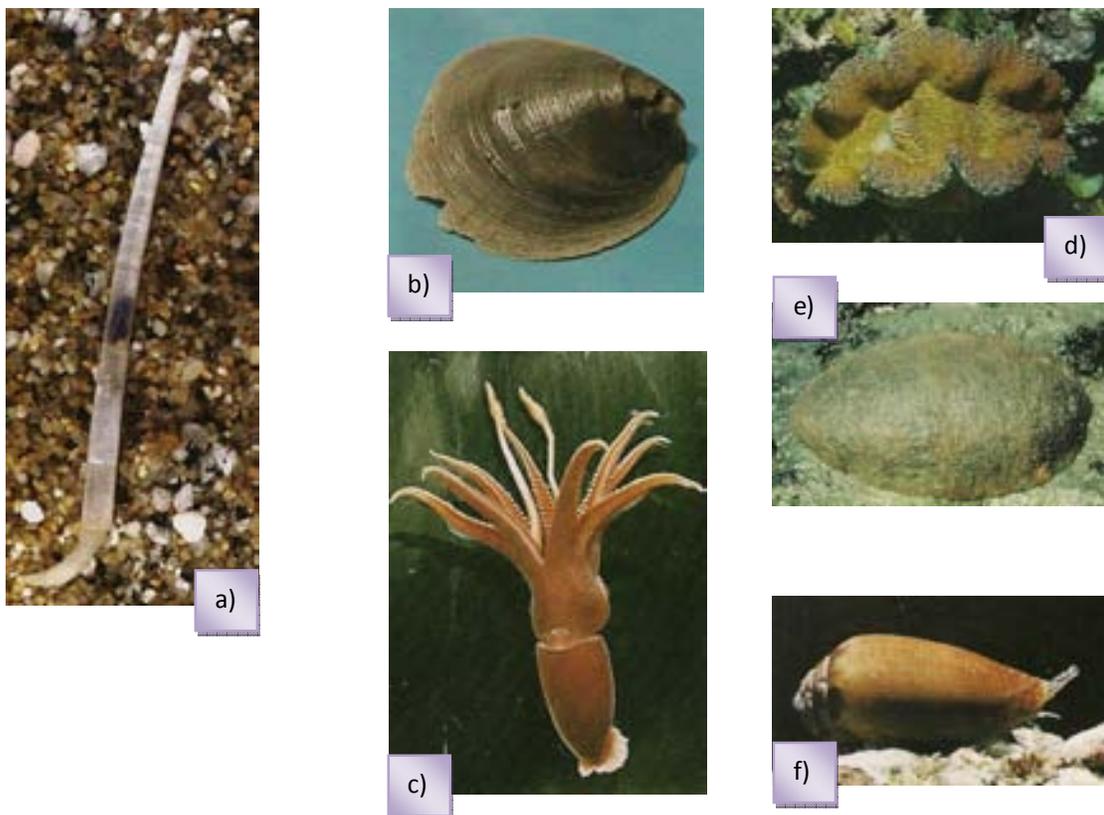


Fig.1 Diferentes clases de moluscos a)Scaphopoda, b)Monoplacophora, c)Cephalopoda, d)Bivalvia, e)Polyplacophora, f)Gastropoda. Tomado de Brusca y Brusca (2002).

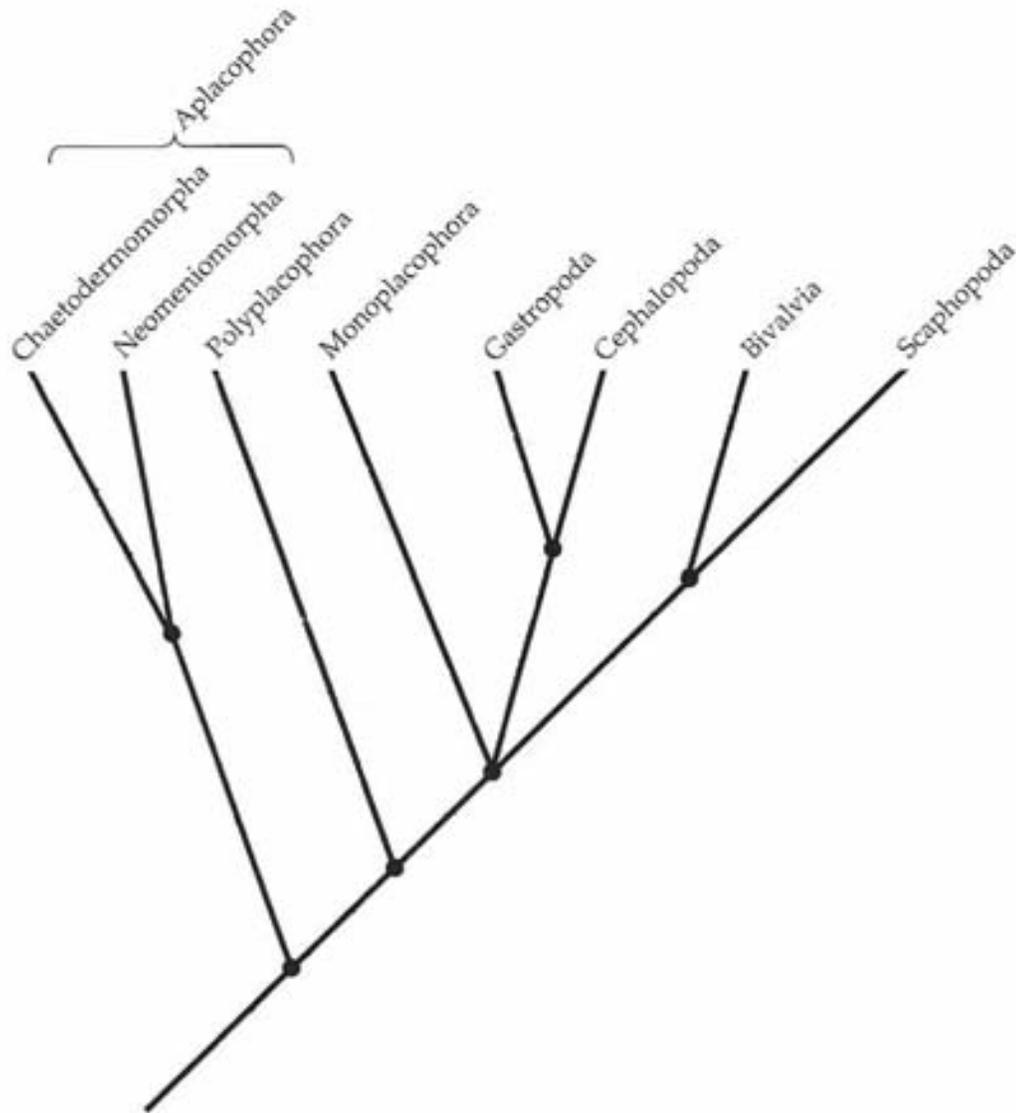


Fig. 2 Cladograma de uno de los posibles puntos de vista sobre la filogenia de los moluscos. Modificado de Brusca y Brusca (2003).

1.1.2 Biología

Los moluscos son animales de cuerpo blando que generalmente cuentan con una concha protectora (lat. *Mollis*=blando); tienen una organización común, derivada del plan corporal de un ancestro también común del cual se originaron y, por lo tanto, comparten características semejantes que les permiten ser agrupados en un tipo o categoría superior del reino animal, a la que se le da el nombre de filo (lat. *Phylum*). Resulta imposible definir al Phylum Mollusca mediante una característica única y es necesario acudir a un conjunto de ellas que constituyen el modelo de Phylum. Para tratar de explicarlo se recurre a una forma ideal que reúne en sí todas las características del Phylum; se hace uso de un modelo hipotético de molusco,

cuyos rasgos generales son que consta de cinco partes principales: pie, cabeza, masa visceral, manto y concha (García-Cubas y Reguero, 2004).

El pie es un órgano musculoso que sirve para la locomoción del animal y sufre modificaciones en función del sustrato sobre el cual se desplaza, adquiriendo en algunos casos una conformación distinta. En la porción anterior al pie se diferencia una cabeza, a menudo provista de tentáculos, que sostienen en su base o en la extremidad órganos de los sentidos. En posición dorsal al pie se dispone una especie de saco que contiene a los órganos de los sistemas digestivo, excretor, circulatorio y genital, el cual recibe por lo general el nombre de manto o palio y, al espacio entre el pliegue del manto y el resto del cuerpo se le denomina cavidad palial. El manto tiene funciones respiratorias y además se encarga de segregar la concha (García-Cubas y Reguero, 2004).

1.1.3 Ecología

Los moluscos viven sobre todo en el mar, pero también pueblan las aguas dulces y la tierra firme. La mayoría de los moluscos se encuentran asociados al bentos, presentando distintas adaptaciones, por ejemplo los vágiles, capaces de moverse por el fondo, y sésiles, que viven fijos al sustrato como las ostras, se hunden en él como las almejas o lo perforan excavando galerías como las bromas. El tipo de fondo también condiciona bastante la vida de los moluscos (Fulvo y Nistri, 2006).

El sustrato puede ser duro o rígido, formado por rocas, piedras o guijarros, pero también estacas, muelles, embarcaciones y barcos hundidos. Son ambientes heterogéneos e inestables, con gran riqueza de especies distintas pero poco abundantes. Los sustratos blandos como la arena o el fango están formados por sedimentos orgánicos que se depositan en el fondo, o por sedimentos procedentes de la erosión. Son medios más uniformes y estables, con pocas especies pero muchos ejemplares (Fulvo y Nistri, 2006).

En el bentos se distinguen dos sistemas, el sistema litoral o fótico, en el que penetra la luz, lo que permite la existencia de vegetación en el fondo (hasta unos 200 m de profundidad) y el sistema profundo o afótico. En el sistema litoral se distinguen varios ambientes llamados pisos o zonas (Fulvo y Nistri, 2006).

1.2 Textura de los sedimentos

Los cambios en la distribución del tamaño de grano de arenas en zonas costeras se determinan a través de la geomorfología costera, olas, transporte litoral, vientos, regímenes mareales, descargas fluviales cerca de la playa y la composición de la

arena, entre otros factores (Carranza-Edwards, 2001; Kasper-Zubillaga y Dickinson, 2001; Kasper-Zubillaga y Carranza-Edwards, 2003).

Existen varios mecanismos físicos y químicos que producen distribuciones del tamaño de grano distintivas que pueden ser reconocidas y usadas para identificar los factores que caracterizan un depósito de arena (Kasper-Zubillaga *et al.*, 2007).

Medidas cuantitativas como lo son el tamaño de grano o la clasificación se requieren para realizar trabajos precisos sobre las características del sedimento (Folk, 1980), (Fig. 3).

1.2.1 Tamaño gráfico promedio (Mz)

Para medir el tamaño de grano, primero se debe de escoger una escala, Krumbein propuso la escala ϕ (), como una transformación logarítmica de la escala propuesta por Wentworth, que a su vez es una modificación de la escala propuesta por Udden la cual se basa en un radio constante de 2, ya que en la naturaleza las escalas basadas en los radios se ven favorecidas sobre las escalas aritméticas (Folk, 1980). En esta escala cada unidad es múltiplo o divisor de dos, una categoría es el doble o la mitad de la siguiente (Davis y FitzGerald, 2004). La mayoría de los estudios modernos utilizan la escala ϕ ya que ayuda a simplificar los procesos matemáticos computacionales (Folk, 1980).

El promedio del tamaño de grano es una función del rango de tamaño de los materiales disponibles y de la cantidad de energía impartida al sedimento, el cual depende de la velocidad de corriente o turbulencia del medio de transporte. Los sedimentos generalmente llegan a ser más finos en la dirección en que son transportados. Esto es el resultado no de la abrasión, sino de la clasificación selectiva por lo cual los granos más pequeños avanzan más que los granos más grandes y pesados en una dirección corriente abajo. Los sedimentos usualmente son más finos al disminuir la energía del medio de transporte (Folk, 1980).

1.2.2 Clasificación (ϕ)

La clasificación es otra medida la cual depende al menos de cuatro factores importantes. Uno de ellos es el rango de tamaño del material aportado hacia el ambiente; el segundo es el tipo de depósito o de la dispersión de los granos, si existe una corriente actuando continuamente sobre éstos, los sedimentos serán mejor clasificados que si no están bajo la influencia de una corriente continua; el tercero es las características de la corriente, corrientes de fuerza constante, ya sea baja o alta, van a dar una mejor clasificación del sedimento que aquélla que fluctúa, corrientes muy débiles o muy fuertes tampoco van a clasificar bien a los

sedimentos, existe una velocidad o un grado de turbulencia óptimos para clasificar bien a los sedimentos, por lo tanto se obtendrá una mejor clasificación cuando los sedimentos se encuentran sometidos a una corriente de fuerza media y constante; y el cuarto es el tiempo o ritmo de aporte de detritos comparado con la eficacia del agente clasificador (Folk, 1980).

1.2.3 Morfología de la partícula

Las partículas sedimentarias presentan una gran variedad geométrica. Esta variación se debe a una combinación de la estructura interna de los minerales que conforman a la partícula con el origen e historia de la misma. Algunas tienen formas simples y simétricas, mientras que otras son extremadamente complejas (Davis y FitzGerald, 2004).

Bajo este término se incluyen cuatro conceptos, los cuales son forma, esfericidad, redondez y características superficiales (Folk, 1980).

1.2.3.1 Forma

Es una medida de la relación entre las tres dimensiones de un objeto, de esta manera las partículas pueden ser clasificadas como compactas (equidimensionales), elongadas (con forma de vara) y planas (forma de disco), con muchas categorías intermedias (Folk, 1980).

1.2.3.2 Esfericidad

Se refiere a qué tan parecida es una partícula a una esfera (Davis y FitzGerald, 2004). Es una propiedad cuya definición es simple, pero puede ser medida de múltiples formas. Ésta indica cuantitativamente que tan parecida es la distancia ente las tres dimensiones de un objeto (Folk, 1980).

1.2.3.3 Redondez

La redondez se refiere a que tan puntiagudos o lisos son los bordes y esquinas de la partícula (Davis y FitzGerald, 2004).

El primero en medir la redondez fue Wentworth en 1933 quien usó la curvatura de la esquina más puntiaguda. Posteriormente, en 1935 la redondez fue definida por Waddell como el radio promedio de la curvatura de todas las esquinas dividido entre el radio del círculo inscrito más grande. La medición de esta manera resulta impráctica por lo que ahora los valores de redondez son obtenidos comparando con una tabla de fotografías de granos de arena llamadas Powers. Una esfera perfecta tiene una redondez de 1.0; la mayoría de los granos de arena tienen redondez de 0.3 a 0.4 en la escala de Waddell (Folk, 1980).

1.2.3.4 Características superficiales

No se ha desarrollado una manera de medir estas características cuantitativamente. Por lo cual su descripción es cualitativa. Superficies escarchadas son evidentes principalmente en granos redondos, aunque no todos los granos redondos están escarchados. La escarcha puede ser causada por grabación química (como por remplazo de dolomita), por pequeños crecimientos de cuarzo o por abrasión eólica. Éstas pueden ser distinguidas analizando los granos con microscopía petrográfica en agua. Superficies pulidas son causadas por un fino pulido de las pequeñas irregularidades y son adscritas al frote de los granos en el agua. Superficies no pulidas no son ni escarchadas ni pulidas y son opacas o afiladas debido a las pequeñas irregularidades angulosas de las recientes fracturas. Las marcas de percusión se encuentran en guijarros e indican impactos de alta velocidad. La acción glacial algunas veces produce rayas o estrías en guijarros suaves como los de limolita (Folk, 1980).

1.2.4 Asimetría gráfica (Sk_1)

Esta medida indica el grado de asimetría de una curva, de manera que las curvas con asimetría positiva representan aquéllas muestras con una cantidad mayor de material fino, mientras que las que presentan asimetría negativa, contienen más material grueso. Esta medida es un número sin unidades (Méndez, 1983).

1.2.5 Curtosis gráfica (K_G)

La curtosis es un acercamiento al valor medio de una curva. Cuando una curva unimodal presenta una zona horizontal en el máximo, es platicúrtica; si presenta un pico muy agudo es leptocúrtica y si es similar a la normal, se llama mesocúrtica (Turner, 1970). La curtosis es un número sin unidades.

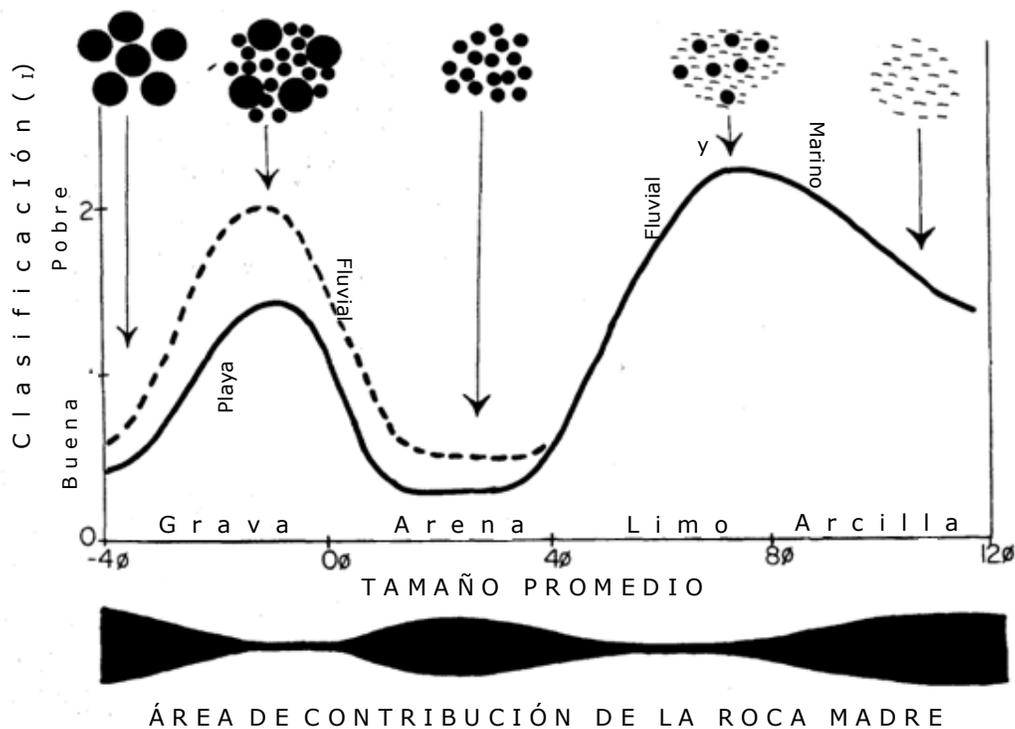


Fig. 3 Figura que muestra la relación entre la clasificación y el tamaño gráfico promedio (modificado de Folk, 1980).

1.3 Costas y perfil de playa

La superficie terrestre se encuentra cubierta por dos medios contrastantes: la tierra y el mar. Éstos se juntan en la costa. Cada una de las dos superficies puede cubrir millones de kilómetros cuadrados sobre los continentes y océanos o muchos menos en el caso de pequeñas islas oceánicas. De cualquier manera, una estrecha costa separa estas dos mayores partes de la superficie terrestre (Davis y FitzGerald, 2004).

Por sus características morfológicas y por su composición mineralógica, el uso de las playas es diverso; una playa atractiva como la de Cancún, México atrae a miles de turistas al año. Playas ricas en acumulaciones de minerales pesados, como en Sri Lanka son muy importantes desde el punto de vista minero. Desde el punto de vista biológico las playas también son de vital importancia, como es el caso del desove de las tortugas (Carranza-Edwards y Caso-Chávez, 1994).

La línea de costa o línea de playa es simplemente el contacto entre la tierra y el mar. La zona costera es un poco más difícil de delimitar. Para fines prácticos es

una parte de la tierra que está influenciada por algunas condiciones marinas tales como olas, viento, biota o salinidad. La costa tiene distribución global pero se encuentra limitada en cuanto a su amplitud. No se puede dar una amplitud promedio, una característica promedio, o ninguna otra categoría promedio que describa adecuadamente a las costas. Éstas son muy variables y complicadas en cuanto a características se refiere. En algunos lugares la zona costera puede tener una amplitud de sólo unos cientos de metros, mientras que en otros, ésta puede abarcar más de cien kilómetros. Algunas costas incluyen un amplio rango de ambientes que separan el verdadero océano del ambiente terrestre, en otras un solo ambiente costero puede marcar el límite entre la tierra y el mar (Davis y FitzGerald, 2004).

La línea de costa en todo el mundo mide cerca de 440 mil km, pero la zona costera comprende menos del 0.05% del área de la masa terrestre. Debido a que cerca de la mitad de la población mundial vive a menos de 100 km de la línea de costa, las zonas costeras se han convertido en la parte más crítica de la Tierra en términos de economía global y en necesidad de estrategias de manejo (Davis y FitzGerald, 2004).

Existen diferentes clasificaciones de la zonificación del perfil de playa, en este trabajo se utiliza el propuesto por Carranza-Edwards y Caso-Chávez en 1994, en el que fijan como límite inferior de playa al punto en el cual las olas o corrientes ponen en movimiento el material suelto del piso del perfil de playa. Respecto al límite superior, ellos proponen que puede ser modificado por la acción del viento, por tormentas o ciclones, erosión, etc., lo que lo hace muy variable. El límite superior también puede estar dado por la vegetación o por algún cambio en la fisiografía, como pueden ser los acantilados o incluso construcciones u obras civiles.

Proponen varias divisiones del perfil de playa, las cuales se describen a continuación así como los rasgos del perfil y el oleaje asociado con cada una de ellas. (Fig. 4)

La plataforma continental limita a la infraplaya hacia el mar. El piso de la plataforma continental en general no presentará rizaduras, ya que el oleaje está caracterizado por olas simétricas que no "sienten" el fondo, y por lo tanto las acumulaciones de material suelto no entran en movimiento. El oleaje de esta zona se encuentra en altamar. El tren de olas que viene de altamar conserva una amplitud y longitud constantes por no haber sido modificadas por la presencia del fondo. Cuando la plataforma continental es relativamente ancha, entonces la infraplaya tendería a ser de mayor longitud.

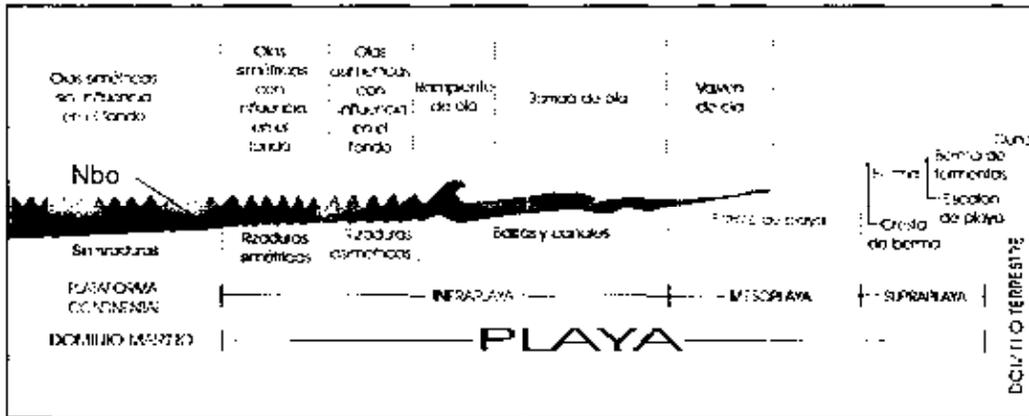
La infraplaya es la zona de la playa que siempre está cubierta por agua en condiciones normales. En condiciones extremas como en el caso de un Tsunami o

de tormentas excepcionales, ésta y las demás zonas cambiarían momentáneamente su distribución. En la infraplaya se pueden presentar rizaduras simétricas generadas por oleaje simétrico el cual comienza a "sentir" fondo y por lo mismo se inicia un movimiento vertical del material suelto en el piso; sin embargo no hay transporte de sedimentos hacia la costa.

La mesoplaya está localizada entre la infraplaya y la supraplaya. En la mesoplaya se encuentra el frente de playa. Se trata de una superficie inclinada que ve hacia el mar y en la cual se tiene la zona de vaivén donde ocurre el lavado y el relavado debido al máximo avance y retroceso del flujo laminar. La mesoplaya es la parte de la playa que continuamente está cubierta por el agua y expuesta al aire de una forma rítmica y alternada. Su parte alta eventualmente puede presentar un escalón de playa que es temporal y resulta de una pérdida de material por erosión de una o más olas de alta energía. Tanto en la infraplaya como en la mesoplaya las aguas que cubren a la playa sumergida ejercen un efecto considerable sobre el fondo. El límite superior de la mesoplaya puede estar dado por la cresta de la berma, o en su ausencia, por el límite del máximo lavado con marea alta: su límite inferior corresponde con la marca inferior del relavado en marea baja. Así pues la mesoplaya se extiende desde el máximo retroceso del relavado en marea baja hasta el máximo avance del relavado en marea alta.

La supraplaya es la zona de la playa que en condiciones normales se encuentra seca; en ella predominan los agentes eólicos sobre los acuosos, ya que el agua solo ocasionalmente llega a invadir esta zona, como en el caso de mareas por tormentas o por olas extremadamente altas. En esta zona el perfil de playa puede presentar una cresta de berma que es la parte alta de la berma, la cual es una porción casi horizontal de la playa que está formada por sedimentos depositados en la supraplaya debido al retroceso de las olas. La cresta de la berma es el límite hacia el mar de la berma. Puede haber una berma por tormentas que es un depósito más alto separado del anterior por un escalón de playa que tiene una pendiente casi vertical a lo largo de la playa y es causado por el relavado de olas de gran tamaño aunque poco frecuentes, o se desarrollan donde la playa está retrocediendo por el embate de olas moderadamente grandes. También se da el caso de playas que carecen de bermas.

El dominio terrestre es la zona que delimita a la supraplaya y es por ello el límite hacia tierra de la playa. En algunas ocasiones esta zona puede estar constituida por dunas estabilizadas, que son apilamientos de arena localizados por encima del nivel del mar, expuestos a la actividad del viento. Se desarrollan donde hay suficiente aporte de arena y donde se presenta un fuerte viento dominante en dirección hacia tierra.



■ Infraplaya-Inshore	■ Frente de playa-beach face
■ Mesoplaya-foreshore	■ Cresta de berma-berm crest
■ Supraplaya-backshore	■ Berma-berm
■ Zona de rompientes-break zone	■ Escalón de playa-beach scarp
■ Zona de barrido-surf zone	■ Berma de tormentas-storm berm
■ Zona de vaivén-swash and backwash zone	■ Dunas-sand dunes
■ Rizaduras-ripples	■ Playa sumergida-nearshore
■ Barras y canales-bars and troughs	■ Altamar-offshore

Fig. 4 Zonificación del perfil de playa y términos en español e inglés de acuerdo a Carranza-Edwards y Caso-Chávez (1994).

1.4 Área de estudio

El área de estudio se localiza en la costa del estado de Tamaulipas, México, en las coordenadas 22°10' 24°00'W; 98°00'N. El muestreo se llevó a cabo en tres localidades principales las cuales corresponden a La Pesca (fig. 5), Barra del Tordo (fig. 6) y Playa Miramar (fig. 7). La amplitud promedio de las playas son 89 m, 42 m y 160 m respectivamente. Los principales ríos que descargan en cada localidad son el Soto La Marina, Carrizal y Pánuco.



Fig. 5 Fotografía que muestra la playa La Pesca



Fig. 6 Fotografía que muestra la playa Barra del Tordo



Fig. 7 Fotografía que muestra la Playa Miramar

El área de estudio según Ordoñez (1946), está ubicada en la subprovincia del Río Bravo que abarca casi todo el estado de Tamaulipas, comprendiendo un área semitriangular. Esta subprovincia se localiza dentro de lo que Raisz (1964), clasifica como la Planicie Costera del Golfo que abarca desde el margen derecho del Río Bravo donde comienza, hasta la Península de Yucatán. En esta provincia, el estado de Tamaulipas en su porción litoral, tiene una longitud aproximadamente de 400 km, desde la desembocadura del río Bravo hasta la del Pánuco, que es el límite con el estado de Veracruz. (Fig. 8)

1.4.1 Oceanografía

El régimen de mareas en la costa sur de Tamaulipas está sujeta a mareas semidiurnas con una amplitud entre 50 y 30 cm (Yáñez-Arancibia y Day, 2004). Las corrientes a lo largo de la costa tienen una velocidad de 13 cm/s durante el verano o la estación de secas y de 7 cm/s durante el invierno o la estación de lluvias (Fernández-Eguiarte, 1992). Las olas tienen una altitud de 0.6 a 1.2 m con períodos de 6 a 8 s con dirección norte.

1.4.2 Geomorfología

En general, la costa de Tamaulipas carece de formas relevantes, ya que presenta una topografía casi plana y con pendiente muy suave hacia el Golfo; las playas están rodeadas por cordones de dunas de poca altura con abundante vegetación, así como ondulaciones que definen áreas bajas con drenaje deficiente que permanecen inundadas gran parte del año. Es común encontrar cerca de la costa un gran número de marismas y esteros sujetos a la variación de las mareas. En general dentro de la etapas geomorfológicas, la región se encuentra en una etapa de senectud (Zavala, 1979).

De acuerdo con la clasificación de costas propuesta por Inman y Nordstrom (1971) en donde se utilizan criterios morfológicos y tectónicos, el área de estudio corresponde a las planicies extensas de margen continental estable (Carranza-Edwards *et al.*, 1975). En cuanto a depósitos marinos el 70 % de la costa de Tamaulipas está constituida por barreras litorales.

1.4.3 Geología

La geología del área de estudio comprende principalmente areniscas, limolitas, esquistos, depósitos aluviales y rocas extrusivas e intrusivas básicas.

1.4.4 Clima, precipitación y régimen de vientos

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1981), el clima en la porción litoral es irregular con variaciones en cuanto al grado de humedad y presentándose los extremos, el menos seco (BS₁) y el más seco (BS₀). La temperatura en verano va de los 28 °C a los 30 °C y en el invierno oscila entre los 14 °C y 20 °C (Yáñez-Arancibia y Day, 2004).

La precipitación durante la temporada seca es de 1.6 cm y durante la estación de lluvias es de 5.6 cm tomando en cuenta el rango de precipitación promedio de dos meses en ambas estaciones (Pérez-Villegas, 1990).

Durante la estación seca los vientos vienen del norte, este, noreste y sureste con velocidades promedio de 4 m/s, 3m/s, 4 m/s y 1.5 m/s respectivamente.

Durante la época de lluvias los vientos soplan del norte, este, noreste y sureste con velocidades de 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s y 3 m/s respectivamente (Pérez-Villegas, 1990).

1.4.5 Hidrografía

Las principales cuencas hidrológicas de Tamaulipas de norte a sur son:

El Río Bravo con un área de drene de 229 488 km² en su porción mexicana, con un gasto máximo de 898 m³/s, volumen escurrido de 814 829 000 m³ y volumen de azolve de 260 936 m³ (Pulido, 1985).

El Río San Fernando con un área de drene de 14 797 km², con un gasto máximo de 2 258 m³/s, volumen escurrido 603 957 200 m³ y volumen de azolve de 2 719 197 m³ (Pulido, 1985).

El Río Soto la Marina con un área de drene de 17 934 km², el cual es el primero en la región hidrológica número 25, con un gasto máximo de 5 390 m³/s, volumen escurrido de 980 068 300 m³, volumen de azolve 1 447 907 m³ (Pulido, 1985).

El Río Tamesí con un área de drene de 14 923 km², gasto máximo de 1 710 m³/s, volumen escurrido 3 099 862 m³ (Pulido, 1985).

El Río Pánuco el cual en su curso inferior tiene anchura variable que es de 100 a 333 m en la temporada de secas y se desborda en la época de lluvias. Tiene una velocidad de 0.3 m³/s en la estación seca y de 3 m³/s en la de lluvias. Su escurrimiento es de 17 300 000 de m³ al año (Amezcuca, 1998).

Y algunos más que dependen de la temporada de lluvias, como son Arroyo la Misión, Río Carrizal y Río Tigre (Pulido, 1985).

II ANTECEDENTES

Pérez-Rodríguez (1980), realizó un estudio de los moluscos de la plataforma continental del Golfo de México y Caribe Mexicano en el que analizó la importancia de la biología, sistemática actualizada, distribución geográfica, abundancia relativa y algunas observaciones ecológicas de las especies encontradas en esta zona, las muestras son de profundidades que van de los 3 m a los 180 m.

Antolí y García-Cubas (1983), realizaron un trabajo sobre sistemática y ecología de moluscos en las lagunas costeras Carmen y Machona, Tabasco, México; en el que analizan la fauna de moluscos encontrados en esta zona y la relacionan con características ambientales como la fisiografía, la hidrografía, la salinidad, la turbidez y la temperatura; encuentran que la fauna malacológica se encuentra dividida en cuatro regiones dentro de la laguna. También estudiaron aspectos como el tipo de alimentación que tienen.

Méndez *et al.* (1985) hicieron un estudio sobre la importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos en playas del estado de Veracruz, México. En dicho trabajo se midieron parámetros texturales del sedimento y se identificó toda la fauna encontrada en el mismo, se determinó la riqueza de especies así como su abundancia encontrando que la arena fina bien y muy bien clasificada de la zona infralitoral y mesolitoral fueron los hábitats más adecuados para la fauna.

Pulido (1985), realizó un análisis descriptivo (textural y mineralógico) de los sedimentos superficiales de algunas playas de Tamaulipas, México. Los parámetros que consideró fueron tamaño gráfico promedio, desviación estándar gráfica inclusiva, grado de asimetría gráfica inclusiva y curtosis, además del color, composición mineralógica y redondez de los granos de cuarzo; con la finalidad de encontrar si existía diferencia entre las diferentes regiones del perfil de playa así como entre las diferentes localidades estudiadas. Se encontró muy poca diferencia entre las playas, buena clasificación de los sedimentos y una disminución en el ancho de las playas la cual se vio reflejada en un aumento en la pendiente de la cara de la playa.

Flores-Andolais, *et al.* (1988), llevaron a cabo un estudio sobre sistemática y aspectos ecológicos de los moluscos de la Laguna de la Mancha, Veracruz, México; en el que midieron la salinidad, la temperatura, la profundidad y el tipo de sedimento, además obtuvieron índices de diversidad y de afinidad, y estudiaron aspectos ecológicos como forma de alimentación y lugar del sedimento en donde viven, es decir si son epifaunales o infaunales.

Barajas (1989) hizo un trabajo en el que estudió la abundancia, distribución y diversidad de bivalvos y su relación con factores ambientales en la costa sur del estado de Tamaulipas, México; analizó la abundancia relativa, obtuvo índices de diversidad, distribución y el tipo de sustrato (arena, limo, arcilla, etc.) en el que se encontraban viviendo los moluscos colectados, éstas muestras fueron de profundidades que van de los 18 m a los 56 m.

Reguero y García-Cubas (1989) realizaron un estudio acerca de la estructura de la comunidad malacológica de la laguna de Alvarado, Veracruz, México en el que obtuvieron un índice de diversidad el cual varía de acuerdo a la salinidad distinguiéndose tres ambientes halinos.

García-Cubas *et al.* (1990), estudiaron la taxonomía, distribución, origen halino y tipo de nutrición de los moluscos de la Laguna de Mecocacán, Jalisco, México, en el que realizaron estudios de afinidad entre las estaciones de muestreo y obtuvieron índices de similitud entre grupos de especies, también obtuvieron índices de diversidad.

García-Cubas y Reguero (1990), en un estudio de los moluscos del sistema lagunar Tupilco-Ostión, Tabasco, México; analizaron la distribución y el tipo de nutrición de las especies de moluscos encontradas en esa zona, obtienen abundancia, frecuencia y densidad relativas, calculan índice de similitud entre las estaciones de muestreo y encuentran que con base en la salinidad en dicho sistema lagunar se pueden reconocer dos ambientes.

Reguero y García-Cubas (1991), realizaron un estudio sobre la sistemática y la ecología de los moluscos de la Laguna Camaronera, Veracruz, México, en dicho trabajo analizan la estructura de la comunidad de moluscos habitantes de esta región y describen los hábitos de vida de la misma, obtienen intervalos de similitud entre las estaciones de muestreo, así como índices de diversidad.

Reguero y García-Cubas (1991), llevaron a cabo un estudio sobre la sistemática y la ecología de los moluscos de la Laguna Tampamachoco, Veracruz, México en el que analizan la comunidad de la fauna malacológica, obtienen índices de diversidad y calculan abundancia, frecuencia y densidad.

Cruz-Ábrego y Flores-Andolais (1992), hicieron un estudio en las zonas de descarga de aguas continentales del Golfo de México; en dicho trabajo analizaron la distribución de moluscos en las zonas de descarga de los principales ríos localizados entre Tuxpan, Veracruz y la Laguna de Términos en Campeche; encontraron que la pluma de los ríos afecta la estructura de la comunidad de moluscos debido a la inestabilidad ambiental, las plumas funcionaron como barreras físicas que limitan la dispersión de larvas y el establecimiento de comunidades.

Pérez-Guevara (1993), llevó a cabo un estudio de los gasterópodos de la costa de Tamaulipas, México; en el que realizó una lista taxonómica junto con descripciones de cada uno de los ejemplares encontrados.

Carranza-Edwards y Rosales-Hoz (1995) realizaron un trabajo sedimentológico de playas del suroeste del Golfo de México; en el que determinaron la relación entre procedencia y tamaño de grano en dichas playas.

Kasper-Zubillaga y Dickinson (2001), analizaron la composición de playas, dunas y ríos actuales de las costas del Golfo de México, México; y las costas Kapiti y Foxton, Nueva Zelanda; con el objetivo de conocer si existe diferencia en los ambientes de depósito y entre los subambientes costeros como son la infraplaya, mesoplaya, supraplaya, dunas costeras y ríos. Encontraron que en las costas del Golfo de México existe una mayor diferencia entre los subambientes costeros, mientras que en la costa de Kapiti sólo los ríos pueden ser separados de los demás subambientes y en la de Foxton hay una ligera diferencia entre la playa, las dunas y los ríos.

Rodríguez-Castro (2002) realizó un estudio zoogeográfico de las especies de gasterópodos y bivalvos marinos del litoral Tamaulipeco, con base en la composición taxonómica, distribución, afinidad malacogeográfica y la relación de la distribución de las especies con la temperatura y salinidad del agua marina, encontrando entre otras cosas, que la costa del Estado de Tamaulipas es después de la costa de Yucatán la de mayor registro de especies, géneros y familias de gasterópodos marinos; además es la que posee el mayor registro de especies, géneros y familias de bivalvos comparada con los estados mexicanos del Golfo de México.

Kasper-Zubillaga y Carranza-Edwards (2003) llevaron a cabo un estudio de arenas actuales del Golfo de México, en el cual realizaron análisis estadísticos en arenas actuales de playa, duna y río para diferenciar la distribución geográfica composicional entre arenas derivadas de fuentes volcánicas y sedimentarias, llegando a determinar provincias sedimentológicas.

Sarmiento-Vela y Correa-Sandoval (2005) hicieron un trabajo en el que se compilan tópicos como el hábitat, nutrición, sustrato, temperatura, salinidad y abundancia en los que se distribuyen los gasterópodos de la costa de Tamaulipas, México.

Wakida-Kusunoki y MacKenzie (2005), llevaron a cabo un estudio mediante una búsqueda bibliográfica para conocer la distribución, biología y ecología de especies de moluscos así como entrevistas para conocer el estado de las pesquerías en el este de México.

Vanoye-Eligio (2007) realizó una guía de campo para la identificación taxonómica de los bivalvos marinos más comunes de Tamaulipas; en el cual se brindan claves además de descripciones de las especies de la colección malacológica del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria.

III OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Conocer la relación que existe entre los moluscos y la textura del sedimento en las playas de La Pesca, Barra del Tordo y Miramar de la costa sur de Tamaulipas.

3.2 Objetivos particulares

- Identificar las especies de moluscos habitantes de la costa sur de Tamaulipas.
- Determinar la textura del sedimento de las playas del sur de Tamaulipas.
- Conocer si la textura del sedimento tiene alguna relación con la presencia de moluscos en dichas playas.

IV JUSTIFICACIÓN

Como se vio anteriormente, los trabajos realizados acerca de la fauna malacológica en el Golfo de México son muy pocos y casi todos están enfocados en los estados de Veracruz y Tabasco, además de que la mayoría se realizan en lagunas costeras. Gran parte de los estudios toman en cuenta aspectos ecológicos, atendiendo condiciones ambientales como la salinidad, batimetría, turbidez o fisiografía del lugar, sin poner atención en la influencia que la textura del sedimento podría tener sobre la vida de los moluscos.

Los moluscos forman una parte importante en la red trófica siendo algunos consumidores primarios y otros secundarios, además los que viven enterrados en el sedimento contribuyen en la bioturbación del mismo, ayudando con esto a remover nutrientes y a que el sedimento se oxigene.

Algunos moluscos forman parte importante de la dieta del hombre y constituyen un recurso económico primordial para la gente que se dedica a la explotación del mismo.

Es por todo lo anterior que realizar un estudio como el que aquí se presenta es de suma importancia, ya que contribuye al conocimiento de la ecología de la fauna malacológica del estado de Tamaulipas. Al tener información acerca de cómo influye la textura del sedimento sobre los moluscos se podría conocer que sucedería si el hombre, por ejemplo, afectara de alguna forma las características del sedimento en esta región, lo cual no es tan difícil, ya que actualmente el hombre ha construido una gran cantidad de presas en diferentes zonas de los ríos con lo cual no permite que la misma cantidad de sedimento llegue hasta la costas. Asimismo cada vez se están construyendo más hoteles o residencias en la playa, alterando así las condiciones de los sedimentos y con esto el hábitat de dichos organismos.

V MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se describe la metodología llevada cabo en este trabajo, sin embargo un esquema más simplificado se muestra en la Figura 9.

5.1 Búsqueda bibliográfica de especies en la costa sur de Tamaulipas

Se realizó una búsqueda bibliográfica para identificar las especies distribuidas en las tres localidades de estudio. Fueron encontrados diversos trabajos, sin embargo, sólo se utilizaron dos de ellos debido a que eran los únicos cuyas colectas fueron llevadas a cabo a nivel de infraplaya, mesoplaya y supraplaya. Dichos trabajos fueron proporcionados por el Dr. Alfonso Correa Sandoval del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria y estos fueron el realizado por Rodríguez-Castro (2002) y el llevado a cabo por Pérez-Guevara (1993).

De las especies de cada uno de los estudios mencionados, sólo se tomaron en cuenta aquéllas encontradas en sustratos arenosos correspondientes a las zonas de infraplaya, mesoplaya y supraplaya, localizadas en las playas de interés para este estudio.

Se llevó a cabo la clasificación taxonómica de las especies de acuerdo a Rosenberg (2009). Posteriormente se realizó una matriz con el número de especies por familia encontradas en cada una de las localidades. Luego se contó el total de especies encontradas en cada playa y ese valor se tomó como un 100 % para después obtener el porcentaje que representaba cada familia en cada una de las localidades estudiadas.

5.2 Muestreo de arena y determinación de los parámetros texturales

En cada una de las tres localidades se colectaron aproximadamente 200 g de sedimento superficial, aproximadamente de los primeros 3 cm de playa, incluyendo la infraplaya, mesoplaya y supraplaya. Las colectas se hicieron en la época de lluvias y de secas con la finalidad de tomar en cuenta las variaciones que el sedimento pueda sufrir a consecuencia de la diferencia estacional.

En el laboratorio, las muestras se secaron en una estufa. Posteriormente el análisis de tamaño de grano se llevó a cabo mediante un Analizador Láser de Tamaño de Partícula (Modelo Coulter LS230) el cual determina un rango de tamaño

de -1.0 y 14.6 . Los parámetros estadísticos granulométricos se obtuvieron de acuerdo a Folk (1980) y son los siguientes:

El tamaño gráfico promedio (Mz) representa el promedio del tamaño de grano y este fue calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$Mz = \frac{(\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84})}{3}$$

Los términos texturales se obtuvieron partir de la escala de unidades (Tabla 1).

Tabla 1. Tabla que muestra la escala en unidades y el término textural para tamaño gráfico promedio

UNIDADES	TÉRMINO TEXTURAL	
-3.00	Guijarros	gravas
-2.75		
-2.50		
-2.25		
-2.00		
-1.75	Gránulos	
-1.50		
-1.25		
-1.00		
-0.75	Arena muy gruesa	
-0.50		
-0.25		
0.00	Arena gruesa	
0.25		
0.50		
0.75		
1.00	Arena media	
1.25		
1.50		
1.75		
2.00		
2.25	Arena fina	
2.50		
2.75		
3.00		
3.25		Arena muy fina
3.50		
3.75		
4.00		

4.25	Limo grueso	l i m o s
4.50		
4.75		
5.00		
5.25	Limo mediano	
5.50		
5.75		
6.00		
6.25	Limo fino	
6.50		
6.75		
7.00		
7.50	Limo muy fino	
8.00		
8.50		
9.00		
9.50	a r c i l l a s	
10.00		
10.50		
11.00		
11.50		
12.00		
13.00		
14.00		
15.00		

La clasificación o desviación estándar gráfica inclusiva (σ_I) representa el grado de mezcla entre sedimentos finos y gruesos, esta se obtiene con la siguiente ecuación y con la escala para clasificación (Tabla 2):

$$\sigma_I = \frac{(\phi_{84} - \phi_{16})}{4} + \frac{(\phi_{95} - \phi_5)}{6.6}$$

Tabla 2. Tabla que muestra la escala y el término textural para clasificación

UNIDADES	CLASIFICACIÓN
< 0.35	Muy bien clasificado
0.35 A 0.50	Bien clasificado
0.50 A 0.71	Moderadamente bien clasificado
0.71 A 1.0	Moderadamente clasificado
1.0 A 2.0	Mal clasificado
2.0 A 4.0	Muy mal clasificado
> 4.0	Extremadamente mal clasificado

La asimetría gráfica (Sk_I) es una medida de la simetría en una distribución de tamaño de grano, se puede obtener con la siguiente ecuación y con la escala mostrada en la Tabla 3.

$$Sk_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

Tabla 3. Tabla que muestra la escala para asimetría gráfica

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

La curtosis gráfica (K_G) es una medida de cómo es la cima de la distribución de la gráfica y se obtiene mediante la siguiente ecuación y con la escala mostrada en la Tabla 4.

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

Tabla 4. Tabla que muestra la escala para curtosis gráfica

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

El porcentaje de granos de cuarzo así como de biógenos se obtuvo contando en el microscopio estereoscópico el total de granos de sedimento en una porción de la muestra y posteriormente sacando el porcentaje que representaban tanto la cantidad de granos de cuarzo así como los granos de origen biogénico.

5.3 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el programa Statistica 6.0.

5.3.1 Correlación Pearson

Se llevó a cabo una correlación Pearson con $\alpha = 95\%$ de confianza, teniendo como variables el porcentaje que cada familia representó en cada una de las playas según el número de especies que había en cada familia, así como los parámetros texturales (tamaño promedio gráfico, clasificación, grado de asimetría gráfica, curtosis gráfica), porcentaje de cuarzo y porcentaje de biógenos; para conocer si existe alguna relación entre las diferentes variables. Para conocer si las correlaciones anteriores eran estadísticamente significativas se llevó a cabo una prueba T-student.

5.3.2 Análisis de discriminación bivariado

Se realizó un análisis de discriminación bivariado para saber si existe diferencia entre la clasificación y el grado de asimetría gráfica de las tres localidades.

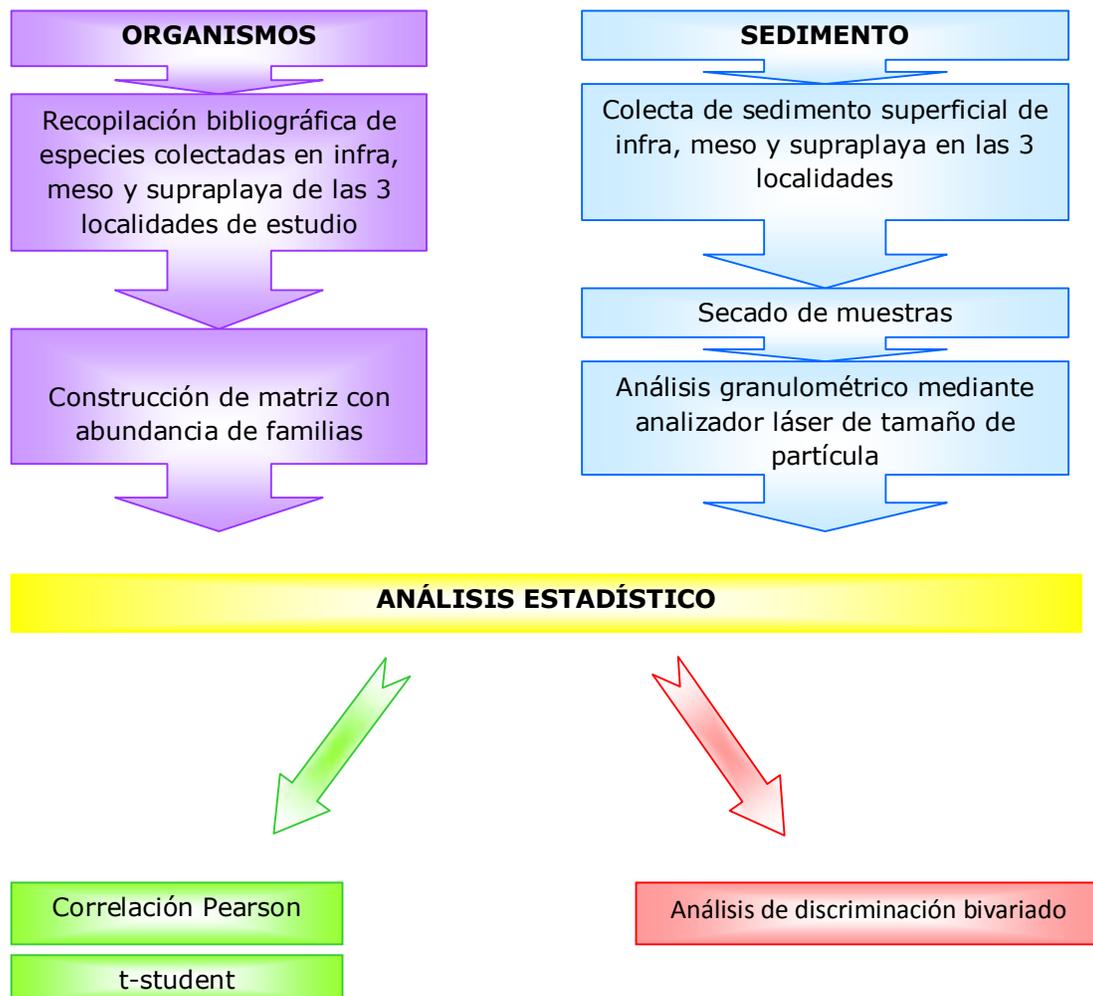


Fig. 9 Esquema del procedimiento realizado en este estudio.

VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Especies de la costa sur de Tamaulipas

Se obtuvo un total de 21 órdenes, 28 familias, 41 géneros y 46 especies de las cuales 27 se encuentran dentro de la clase de los Bivalvos y 19 en la de los Gasterópodos (Tabla 5).

De las 46 especies encontradas, 39 se distribuyen en La Pesca, 36 en Barra del Tordo y 31 en Miramar (Fig. 10).

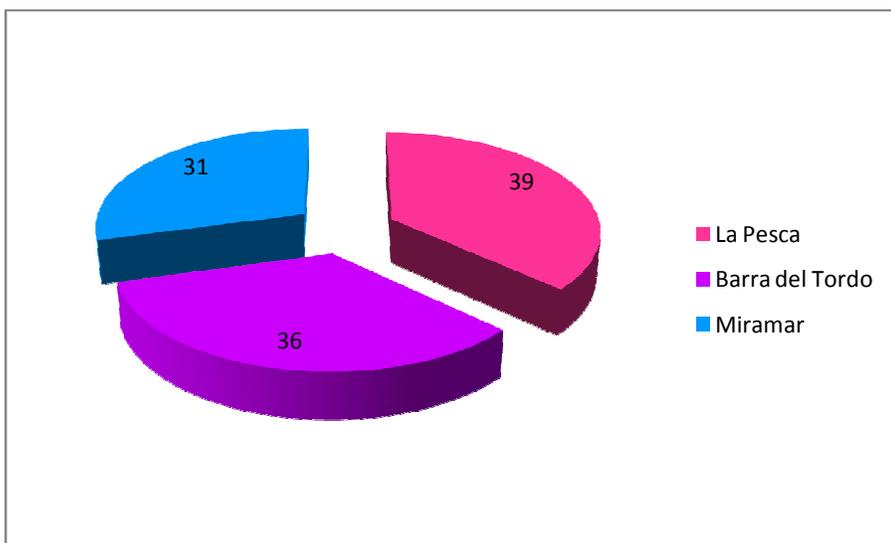


Fig. 10 Porcentaje de especies en cada una de las localidades de estudio.

6.2 Parámetros texturales de las playas de la costa sur de Tamaulipas

Como se observa en la Tabla 6, el tamaño gráfico promedio en La Pesca va desde las arenas finas a las arenas medias, la clasificación del sedimento desde sedimentos bien clasificados hasta los mal clasificados, las curvas de distribución van de simétricas hasta muy asimétricas hacia los gruesos, así como de platicúrticas a mesocúrticas. En cuanto al porcentaje de biógenos se tienen valores que van desde 7.7% hasta 42.3%; el porcentaje de cuarzo se encuentra entre el 51% hasta el 88%.

Tabla 5. Se muestra el total de especies y de clados taxonómicos encontradas en cada una de las localidades estudiadas. La clasificación taxonómica se llevó a cabo de acuerdo a Rosenberg (2009).

Phyllum	Clase	Clado	Superfamilia	Familia	Género	Especie	La Pesca	Barra del Tordo	Miramar
Mollusca	Bivalvia	Archiheterodonta	Arcoidea	Arcidae	<i>Anadara</i>	<i>Anadara floridana</i>			
						<i>Anadara transversa</i>			
					<i>Scapharca</i>	<i>Scapharca brasiliana</i>			
				Noetiidae	<i>Noetia</i>	<i>Noetia ponderosa</i>			
			Pectinoidea	Pectinidae	<i>Lindapecten</i>	<i>Lindapecten muscosus</i>			
					<i>Nodipecten</i>	<i>Nodipecten nodosus</i>			
			Pinnoidea	Pinnidae	<i>Atrina</i>	<i>Atrina rigida</i>			
						<i>Atrina serrata</i>			
						<i>Carditamera</i>	<i>Carditamera floridana</i>		
			Euheterodonta	Cardioidea	Cardiidae	<i>Dinocardium</i>	<i>Dinocardium robustum</i>		
		<i>Laevicardium</i>				<i>Laevicardium mortoni</i>			
		<i>Trachycardium</i>				<i>Trachycardium isocardia</i>			
						<i>Trachycardium muricatum</i>			
		Lucinoidea		Lucinidae	<i>Anodontia</i>	<i>Anodontia alba</i>			
					<i>Codakia</i>	<i>Codakia orbicularis</i>			
		Mactroidea		Mactridae	<i>Mactrotoma</i>	<i>Mactrotoma fragilis</i>			
					<i>Raeta</i>	<i>Raeta plicatella</i>			
		Pholadoidea	Pholadidae	<i>Cyrtopleura</i>	<i>Cyrtopleura costata</i>				
				<i>Pholas</i>	<i>Pholas campechiensis</i>				

Gasteropoda	Tellinoidea	Solecurtidae	<i>Tagelus</i>	<i>Tagelus plebeius</i>				
		Tellininae	<i>Eurytellina</i>	<i>Eurytellina alternata alternata</i>				
		Veneroidea	Chioninae	<i>Chione</i>	<i>Chione cancellata</i>			
				<i>Lirophora</i>	<i>Lirophora clenchi</i>			
				<i>Mercenaria</i>	<i>Mercenaria campechiensis campechiensis</i>			
				<i>Puberella</i>	<i>Puberella intapurpurea</i>			
		Dosiniinae	<i>Dosinia</i>	<i>Dosinia discus</i>				
				<i>Dosinia elegans</i>				
	Neogastropoda	Architectonicoidea	Architectonicidae	<i>Architectonica</i>	<i>Architectonica nobilis</i>			
		Certhioidea	Potamididae	<i>Cerithidea</i>	<i>Cerithidea pliculosa</i>			
		Cypraeoidea	Cypraeidae	<i>Luria</i>	<i>Luria cinerea</i>			
				<i>Macrocypraea</i>	<i>Macrocypraea cervus</i>			
		Naticoidea	Naticidae	<i>Neverita</i>	<i>Neverita duplicata</i>			
				<i>Polinices</i>	<i>Polinices hepaticus</i>			
				<i>Sinum</i>	<i>Sinum perspectivum</i>			
		Rissooidea	Caecidae	<i>Caecum</i>	<i>Caecum pulchellum</i>			
		Stromboidea	Strombidae	<i>Strombus</i>	<i>Strombus alatus</i>			
					<i>Strombus pugilis</i>			
		Tonnoidea	Phaliinae	<i>Semicassis</i>	<i>Semicassis granulata</i>			
			Tonnidae	<i>Tonna</i>	<i>Tonna galea</i>			
		Buccinoidea	Fascioliinae	<i>Fasciolaria</i>	<i>Fasciolaria tulipa</i>			
Melongenidae			<i>Busycotypus</i>	<i>Busycotypus canaliculatus</i>				
Conoidea	Conidae	<i>Conus</i>	<i>Conus mus</i>					
	Terebridae	<i>Terebra</i>	<i>Terebra dislocata</i>					
Muricoidea	Muricinae	<i>Hexaplex</i>	<i>Hexaplex fulvescens</i>					
Volutoidea	Olivinae	<i>Oliva</i>	<i>Oliva sayana</i>					
	Olivellinae	<i>Olivella</i>	<i>Olivella minuta</i>					
TOTAL	21	28	41	46	39	36	31	

El tamaño gráfico promedio en Barra del Tordo va desde las arenas finas a las arenas medias, la clasificación del sedimento desde sedimentos bien clasificados hasta los mal clasificados, las curvas de distribución van de simétricas hasta muy asimétricas hacia los gruesos, así como de platicúrticas a mesocúrticas. El porcentaje de biógenos oscila entre 9% y 23.7%, mientras que el de cuarzo entre 73% y 85%.

En cuanto a Miramar el tamaño gráfico promedio va desde las arenas finas a las arenas medias, la clasificación del sedimento desde sedimentos bien clasificados hasta los mal clasificados, las curvas de distribución van de simétricas hasta muy asimétricas hacia los gruesos, así como de platicúrticas a leptocúrticas. El porcentaje más bajo de biógenos es de 7.7% y el más alto de 29%, mientras que el de cuarzo más bajo es de 58% y el más alto de 84%.

Como se observa, los valores correspondientes a los parámetros texturales de las tres playas son casi iguales. La diferencia que se encuentra es en la curtosis de Miramar, en la que las curvas tienen un rango mayor el cual va desde platicúrticas hasta leptocúrticas a diferencia de lo que sucede en La Pesca y Barra del Tordo en las que las curvas son solamente platicúrticas y mesocúrticas. Esto quiere decir que los procesos costeros en Miramar producen ligeramente mayor homogeneidad en los tamaños de grano de la arena.

Los valores de tamaño gráfico promedio así como los de clasificación son similares a los encontrados en la costa este del Golfo de California (Kasper-Zubillaga *et al.*, 2007) la cual posee una planicie costera ancha, al igual que la planicie costera de las tres localidades estudiadas en este trabajo; esto sugiere que una planicie costera ancha puede generar afinidades de distribución del tamaño de grano entre zonas costeras amplias (Kasper-Zubillaga *et al.*, 2007).

En cuanto al contenido de biógenos se puede ver que La Pesca es la localidad con los valores más altos, esto muy probablemente se deba a que como se puede observar en la Figura 10, La Pesca es la que concentra mayor número de especies de moluscos.

Barra del Tordo es la localidad con los mayores porcentajes en contenido de cuarzo, lo anterior puede deberse a que Barra del Tordo se encuentra bajo la influencia del Río Carrizal que posee una descarga menor que la del Río Soto La Marina el cual influye sobre La Pesca y la del Río Pánuco el cual influye sobre Miramar; la menor descarga del Río Carrizal puede estar aportando menor cantidad de sedimentos terrígenos y provocando con esto una mayor concentración de cuarzo en la playa; esto concuerda con lo encontrado en el estudio realizado por Kasper-Zubillaga *et al.* (2006) en el que una de las razones por las que la costa sur de Kapiti-Foxton, Nueva Zelanda puede estar enriquecida en cuarzo es el

decremento en el aporte fluvial. Otra explicación es que Barra del Tordo tiene una amplitud promedio de playa menor a la de La Pesca y Miramar, lo cual podría estar provocando que el área de playa expuesta a la fuerza del oleaje comparada con el área no expuesta fuera mayor que en La Pesca y Miramar y por lo tanto los sedimentos más resistentes a la fuerza del oleaje como es el caso del cuarzo fueran los dominantes en esta playa y no los sedimentos biógenos ya que la abrasión los destruiría muy fácilmente; Kasper-Zubillaga y Dickinson (2001), encontraron sedimentos de cuarzo monocristalino que son muy resistentes en la zona de infraplaya, la cual está expuesta a intensa abrasión producto del constante oleaje.

Tabla 6. Parámetros texturales para cada una de las tres localidades.

La Pesca					
Mz ()	r ()	SK_r	K_G	Biógenos (%)	Cuarzo (%)
1.228	0.945	-0.285	0.745	16.3	75
2.214	0.409	-0.015	0.974	42.3	51
1.829	0.481	-0.095	1.043	9.3	84
2.215	0.385	0.003	0.953	7.7	88
2.143	0.407	-0.023	0.959	11.7	80
2.162	0.388	-0.010	0.945	10.7	84
1.219	1.138	-0.306	0.661	39.7	57
2.013	0.432	-0.056	1.000	13.0	78

Barra del Tordo					
Mz ()	r ()	SK_r	K_G	Biógenos (%)	Cuarzo (%)
2.215	0.438	-0.006	0.972	10.7	85
2.185	0.391	0.022	0.956	23.7	73
2.106	0.540	-0.094	1.052	11	83
2.215	0.435	-0.044	1.004	9	85
2.191	0.405	0.006	0.957	15.3	81
2.131	0.473	-0.094	1.097	12.7	80
2.175	0.382	0.014	0.942	14	78
2.295	0.383	0.005	0.938	11.3	83
1.504	1.016	-0.440	0.756	16	74
2.115	0.402	-0.013	0.953	16.3	73

6.3.1.1 Correlación entre especies

Se obtuvieron correlaciones entre las especies de las tres playas que son estadísticamente significativas, sin embargo, el valor de r , el cual indica qué tan relacionadas se encuentran las variables no es el mismo para las tres localidades. Como se observa en la Tabla 7, el valor mayor de r es el que correlaciona a las especies de La Pesca con las de Barra del Tordo, lo que nos habla de que las familias que se encuentran en La Pesca posiblemente sean muy semejantes a las encontradas en Barra del Tordo y que sean un poco menos parecidas las de alguna de éstas a las de Miramar.

6.3.1.2 Correlación entre parámetros texturales

El coeficiente de correlación más alto es el que relaciona al tamaño gráfico promedio con la clasificación, el signo negativo indica que la relación que existe entre estos dos parámetros es inversa. Esto quiere decir que a medida que los sedimentos son más pequeños (el valor de r aumenta), éstos estarán mejor clasificados (el valor de r disminuye), es decir, que las arenas finas de las tres localidades de estudio tienen sedimentos de tamaños más semejantes que las arenas medias (Fig. 11).

Lo anterior se puede apoyar con la correlación alta entre la clasificación y la asimetría gráfica, la cual indica que a medida que la clasificación es mejor, los valores tienden hacia los sedimentos finos.

Las buenas correlaciones entre el tamaño de grano, la clasificación y la asimetría son resultado de una mejor selección de las arenas durante el transporte litoral y del oleaje en una planicie costera ancha (Kasper-Zubillaga *et al.*, 2007).

Otro índice de correlación alto es el que relaciona el porcentaje de sedimento biógeno con el contenido de cuarzo. La relación es inversa, esto quiere decir que a medida que el contenido de cuarzo incrementa el contenido biogénico disminuye debido a la competencia composicional de la arena (Fig. 12). También lo anterior se explica a partir de que estos dos tipos de sedimento se caracterizan por ser el más resistente a la abrasión en el caso del cuarzo y el menos resistente a la misma en el caso de los biógenos.

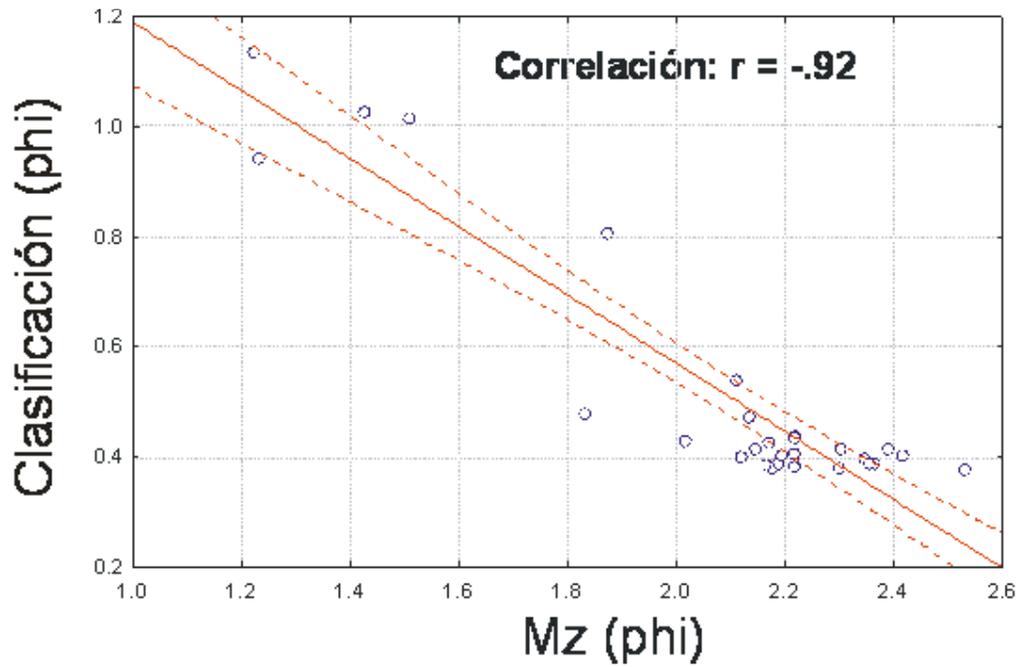


Fig. 11 Gráfica que muestra la relación entre tamaño gráfico promedio M_z () y clasificación ().

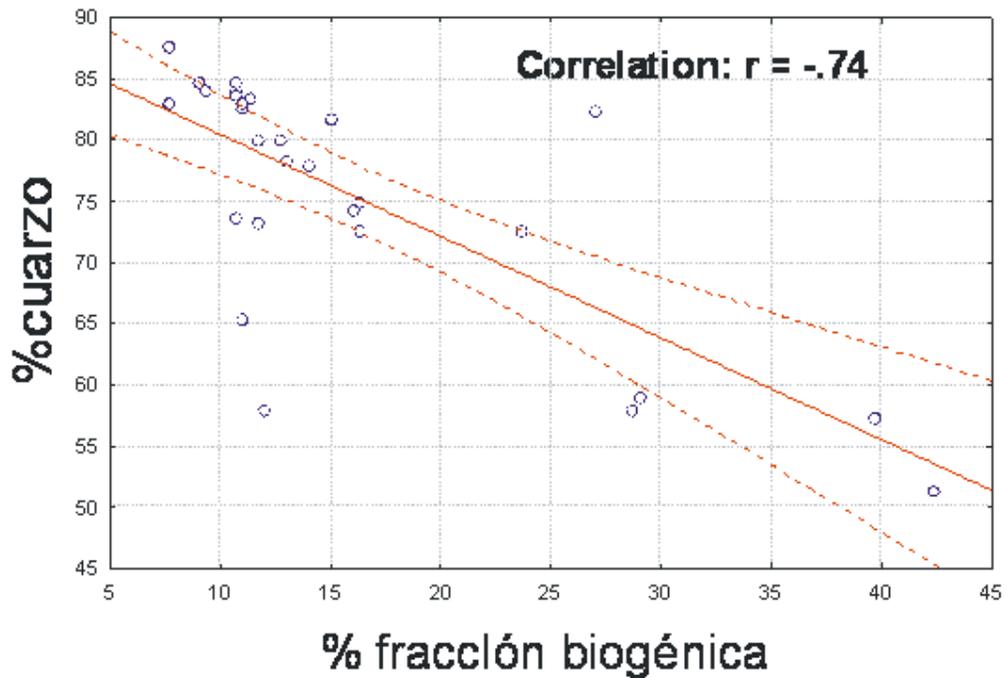


Fig. 12 Gráfica que muestra la relación entre el contenido de cuarzo y el contenido biogénico.

6.3.1.3 Correlación entre especies y parámetros texturales

Las especies encontradas en las playas de La Pesca y Barra del Tordo no mostraron ninguna relación estadísticamente significativa con los parámetros texturales analizados, esto puede deberse a que quizá su distribución esté más influenciada por otros aspectos del ambiente como puede ser el oleaje, las mareas, la temperatura o algún otro. McLachlan *et al.* (1995) en su estudio sobre las adaptaciones de bivalvos a diferentes tipos de playa mencionan que las playas arenosas son ambientes definidos principalmente por dos parámetros, uno es la energía del oleaje y el otro es el tamaño de partícula, los cuales pueden ser elementales para identificar los factores que controlan individualmente a las especies y sumando sus respuestas, a la comunidad entera; por lo que posiblemente en estas dos playas la energía del oleaje esté desempeñando un papel más importante que el tamaño de grano. Además actualmente en las tres localidades de estudio se están construyendo hoteles y casas, lo cual puede estar modificando el sedimento y posiblemente debido a que tanto La Pesca como Barra del Tordo tienen una extensión de playa menor a la de Miramar, podría tener un efecto mayor en estas dos localidades que en Miramar. Anderson (2008) menciona que aunque en las comunidades marinas bentónicas la existencia de una relación entre los organismos y el sedimento no está en disputa, muchos otros factores pueden jugar también un papel importante estructurando la heterogeneidad temporal y espacial de las mismas. Estos pueden incluir (sin estar limitados a estos) depredación (Peterson y Skilleter, 1994; Hines *et al.*, 1997), bioturbación (Levinton, 1995), perturbación física (Probert, 1984; Thrush y Dayton, 2002), sedimentación (Peterson, 1985; Norkko *et al.*, 2002), contaminación (Gray, 1992; Gray *et al.*, 1990) o factores que afectan la colonización (Zajac *et al.*, 1998; Hewitt *et al.*, 2003; Lundquist *et al.*, 2006).

La única correlación estadísticamente significativa entre parámetros texturales y las especies es la que se dio entre las especies de Miramar y la clasificación y asimetría gráfica de los sedimentos.

Como se vio en la correlación entre especies, las familias de Miramar son menos parecidas a las encontradas en las otras dos localidades y son las únicas que presentaron una correlación estadísticamente significativa con los parámetros texturales. En Miramar se encontraron 17 especies de bivalvos representadas en 10 familias y 14 especies de gasterópodos representadas en 12 familias.

En la Figura 13 se puede observar que de las 22 familias de moluscos encontradas en Miramar, 17 prefieren sedimentos bien clasificados. Asimismo se puede ver que 17 familias se encuentran dentro de una distribución simétrica (Fig. 14).

Casi todos los bivalvos se alimentan por suspensión, atrapando mediante órganos especializados la materia orgánica que se encuentra suspendida en el agua. Moluscos como *Mytilus edulis* y *Mytilus californianus* pueden llegar a filtrar cerca de 1 L por hora por gramo de peso corporal (Brusca y Brusca, 2003). En los gasterópodos se presentan distintos tipos de alimentación, algunos son herbívoros y se alimentan de diatomeas o de otras algas que crecen sobre el sustrato; otros son carnívoros o carroñeros y se alimentan de otros moluscos ya sea perforando la concha de éstos para acceder a su carne, tragándolos enteros o inyectando un veneno en sus presas (Brusca y Brusca, 2003).

El modo de alimentación de los bivalvos y gasterópodos es lo que puede estar determinando el hecho de que la mayoría de las familias prefieran habitar sedimentos bien clasificados y con una distribución simétrica, ya que al tener sedimentos mejor clasificados y con una distribución homogénea los espacios intersticiales son constantes y más grandes que en los sedimentos moderadamente clasificados donde los sedimentos más pequeños pueden estar llenando los espacios entre los más grandes. Lo que permitiría a los organismos la disponibilidad de una cantidad mayor de agua.

Wieser (1969) encontró que existe un tamaño de grano que marca un límite o parteaguas en la distribución de los invertebrados pequeños que habitan las playas de Puget Sound, este tamaño límite es de 200 μm (alrededor de 2.25 ϕ), el cual separa a las especies que viven en los intersticios de aquéllas que cavan en el sustrato debido a que los intersticios entre las arenas más gruesas que 200 μm empiezan a llenarse con material más fino que no permite el establecimiento de organismos intersticiales. Krogerus (1932) encontró que la arena de dunas costeras con un tamaño por arriba de 200 μm pierde el agua mucho más rápido que arenas más finas que 200 μm , lo cual concuerda con el estudio de Webb (1958) en el que encontró que en granos de arena mayores a 0.2 mm el drenaje del agua no excede los 11 min en una columna de sedimento de 10 cm, mientras que en sedimentos más pequeños el drenaje tarda hasta 25 hrs.

Como se puede ver en la Tabla 6 los valores de M_z se encuentran muy cercanos a 0.2 mm, esto posiblemente permite que el agua permanezca el tiempo suficiente para que los organismos suspensívoros puedan filtrar el agua y conseguir su alimento y ésta pueda ser renovada aportando materia orgánica constantemente; al mismo tiempo evita que el agua se quede estancada en el sedimento demasiado tiempo. La presencia de los carnívoros puede estar determinada a su vez por la presencia de los suspensívoros ya que los primeros se alimentan de los segundos.

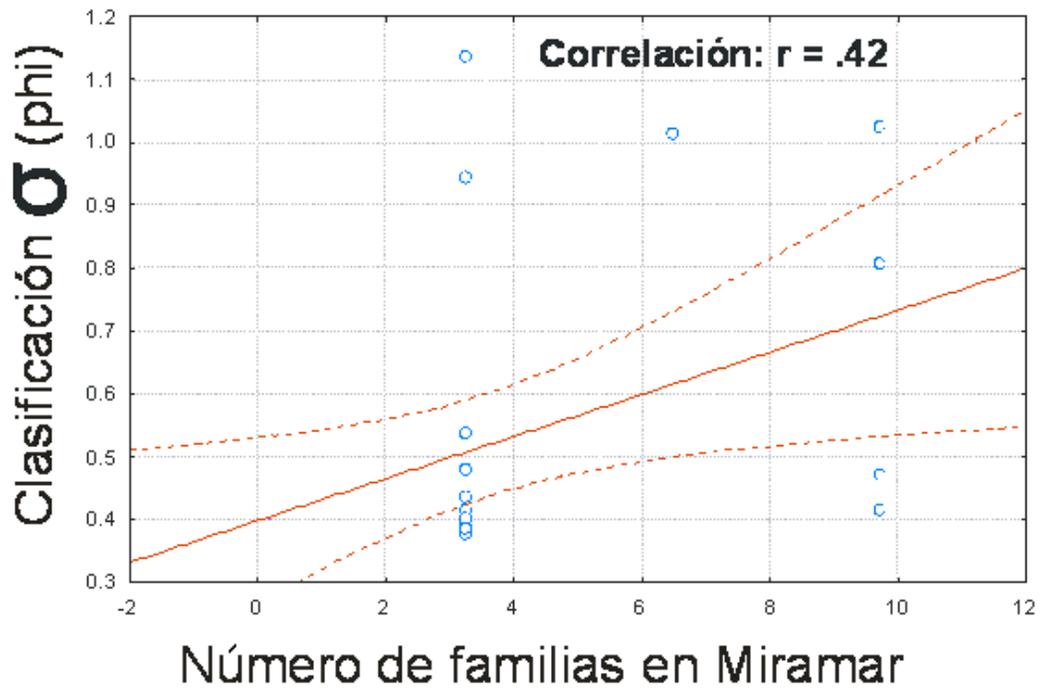


Fig. 13 Gráfica que muestra la relación entre el número de especies de las diferentes familias de moluscos de Playa Miramar y la clasificación.

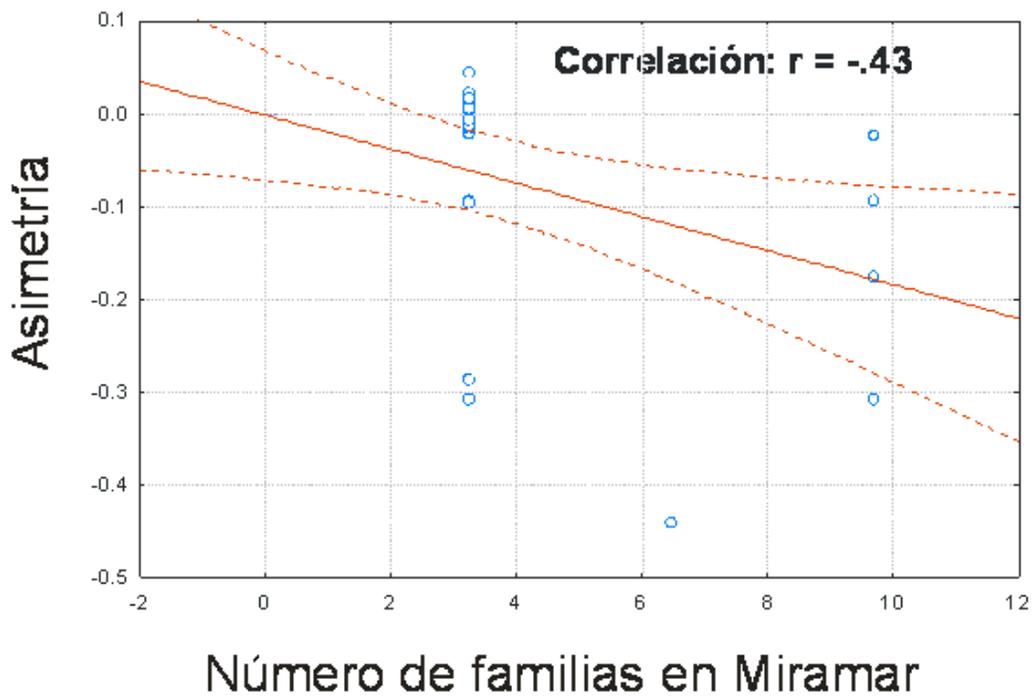
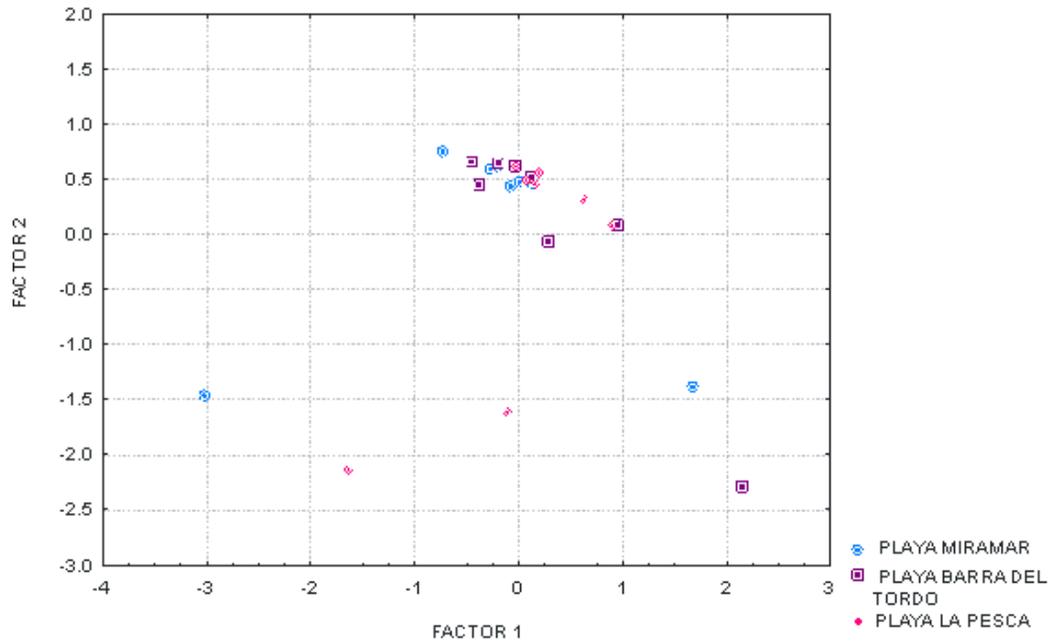


Fig. 14 Gráfica que muestra la relación entre el número de especies de las diferentes familias de moluscos de Playa Miramar y la asimetría gráfica.

6.3.2 Análisis de discriminación bivariado

Ya se había visto que los parámetros texturales eran muy similares en las tres playas, sin embargo, debido a que los únicos dos parámetros texturales que tuvieron una correlación significativa con los moluscos fueron la clasificación y la asimetría gráfica de Miramar, se realizó un análisis de discriminación bivariado para corroborar si éstos dos parámetros eran iguales en las tres localidades.

El análisis no mostró ninguna diferencia significativa, sino más bien estos dos parámetros texturales son muy semejantes en las tres localidades como ya se había visto en la sección 5.2 y como se puede observar en la Figura 15 en la cual se aprecia que los puntos correspondientes a cada una de éstas se traslapan.



DISTANCIAS MAHALANOBIS			
	a	b	c
a		0,498539	0,735969
b	0,498539		0,777203
c	0,735969	0,777203	

	Wilks'	Partial	F-remove	p-level	Toler.	1-Toler.
Var17	0,983692	0,935379	0,690855	0,512715	0,148646	0,851354
Var18	0,985039	0,9341	0,705496	0,505745	0,148646	0,851354

CLASIFICACIONES CORRECTAS EN PORCENTAJE PARA CADA GRUPO				
	Percent	a	b	c
a	62,5	5	3	0
b	50	4	4	0
c	12,5	2	5	1
Total	41,66667	11	12	1

Fig. 15 Resultados del análisis de discriminación bivariado

VII CONCLUSIONES

- Las tres localidades presentan características texturales muy similares (arenas finas a medias, sedimentos de bien a mal clasificados, curvas de distribución de simétricas a muy asimétricas hacia los gruesos) debido a que se encuentran en una llanura costera ancha.
- La Pesca es la playa con mayor concentración de sedimentos biógenos debido a que es la localidad con mayor número de especies de moluscos.
- Barra del Tordo es la localidad con mayor contenido de cuarzo debido a su mayor área expuesta al oleaje debido a que este produce zonas de alta energía en la playa.
- La similitud que guarda la abundancia de familias de moluscos entre La Pesca y Barra del Tordo es mejor que la que existe entre alguna de estas localidades y Miramar.
- Existe una relación inversa entre el tamaño gráfico promedio y la clasificación así como entre esta última y la asimetría gráfica, lo que indica la existencia de una buena selección de las arenas durante el transporte litoral y del oleaje en una planicie costera ancha.
- Existe una relación inversa entre el contenido de cuarzo y el contenido de sedimentos biógenos debido a la competencia composicional de la arena y a que estos dos tipos de sedimento se caracterizan por ser el más resistente a la abrasión en el caso del cuarzo y el menos resistente a la misma en el caso de los biógenos.
- No existe ninguna relación estadísticamente significativa entre las especies de moluscos de La Pesca y Barra del Tordo y los parámetros texturales debido a que otros factores ambientales pueden estar ejerciendo mayor influencia en su distribución.
- Existe una relación estadísticamente significativa entre dos parámetros texturales (la clasificación y la asimetría gráfica) y las especies de moluscos de Miramar.
- La mayoría de las familias de moluscos de Miramar prefieren sedimentos bien clasificados y de distribución simétrica porque esto les permite a los moluscos que se alimentan por suspensión contar con una mayor retención de agua en la cual se encuentra suspendido el alimento. A su vez, la presencia de estos organismos provoca que haya organismos carnívoros que se alimentan de ellos.

VIII LITERATURA CITADA

- Amezcuca, A. M. A. 1998. Poliquetos bénticos indicadores de la calidad del agua y sedimentos del Río Pánuco, Tamaulipas, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 94 pp.
- Antolí, V. y A. García-Cubas. 1983. Sistemática y Ecología de moluscos en las lagunas costeras Carmen y Machona, Tabasco, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.*
- Barajas, S. M. B. 1989. Prospección de la abundancia, distribución y diversidad de moluscos (Bivalvos) y su relación con factores ambientales en la costa sur del estado de Tamaulipas, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 149 pp.
- Brusca, R. C. y G. J. Brusca. 2003. *Invertebrates*. Sinauer Associates Inc. Segunda edición. E.U.A. 936 pp.
- Carranza-Edwards, A. 2001. Grain size and sorting in modern sands. *Journal of Coastal Research*. 17:38-52.
- Carranza-Edwards, A., M. Gutiérrez-Estrada y R. Rodríguez-Torres. 1975. Unidades morfo-tectónicas continentales de las costas mexicanas. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 2: 81-88.
- Carranza-Edwards, A. y M. Caso-Chávez. 1994. Zonificación del perfil de playa. *Geo-UNAM*. 2: 26-32.
- Carranza-Edwards, A. y L. Rosales-Hoz. 1995. Grain size trends and provenance of southwestern Gulf of Mexico beach sands. *Can. J. Earth. Sci.* 32: 2009-2014.
- Cruz-Ábrego, F. M. y F. Flores-Andolais. 1992. Distribución de moluscos y caracterización ambiental en zonas de descarga de aguas continentales del Golfo de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.*
- Dapples, C. E. 1942. The effect of macro-organisms upon nearshore marine sediments. *Jour. Sed. Petrol.* 12(3): 118-126.
- Davis, R. A. y D. M. FitzGerald. 2004. *Beaches and Coasts*. Balckwell Publishing. Inglaterra. 419 pp.
- Díaz, J. M. y M. Puyana. 1994. *Moluscos del Caribe colombiano. Un Catálogo Ilustrado*. Colciencias, Fundación Natura, Envemar. Santafé de Bogotá. 78 láms.
- Flores-Andolais, F., A. García-Cubas y A. Toledano-Granados. 1988. Sistemática y algunos aspectos ecológicos de los moluscos de la Laguna de La Mancha,

- Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.*
- Folk, R. L. 1980. *Petrology of sedimentary rocks.* Hemphill Publishing Company. E.U.A. 182 pp.
- Fulvo, A. y R. Nistri. 2006. *Moluscos.* Grijalbo Naturaleza. España. 256 pp.
- García, E. 1973. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana).* Instituto de Geografía. UNAM. 242 pp.
- García-Cubas, A., F. Escobar de la Lata, L. V. González y M. Reguero. 1990. Moluscos de la Laguna Mecoacán, Tabasco, México: Sistemática y Ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.*
- García-Cubas, A. y M. Reguero. 1990. Moluscos del Sistema Lagunar Tupilco-Ostión Tabasco, México: Sistemática y Ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.*
- García-Cubas, A. y M. Reguero. 2004. *Catálogo ilustrado de moluscos Gasterópodos del Golfo de México y Mar Caribe.* Universidad Nacional Autónoma de México. México. 168 pp.
- Gray, J.S. 1974. Animal-sediment relationships *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 12:* 223-261.
- Gray, J. S. 1992. Biological and ecological effects of marine pollutants and their detection. *Mar. Pollut. Bull. 25:* 48-50.
- Gray, J. S., K. R. Clarke, R. M. Warwick y G. Hobbs. 1990. Detection of initial effects of pollution on marine benthos: an example from the Ekofisk and Eldfisk oilfields. *North. Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 66:* 285-299.
- Hewitt, J. E., V. J. Cummings, J. I. Ellis, G. Funnell, A. Norkko, T. S. Talley y S. F. Thrush. 2003. The role of waves in the colonization of terrestrial sediments deposited in the marine environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 216:* 191-210.
- Hines, A. H., R. B. Whitlatch, S. F. Thrush, J. E. Hewitt, V. J. Cummings, P. K. Dayton y P. Legendre. 1997. Nonlinear foraging response of a large marine predator to benthic prey: eagle ray pits and bivalves in a New Zealand sandflat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 216:* 191-210.
- Inman, D. L. y C. E. Nordstrom. 1971. On the Tectonic and morphological classification of coasts. *Journal of Geology. 79:* 1-21.
- Johnson, G.R. 1971. Animal-sediment relations in shallow water benthic communities. *Mar. Geol. 11:* 93-104.

- Kasper-Zubillaga, J. J. y W. W. Dickinson. 2001. Discriminating depositional environments of sands from modern source terranes using modal analysis. *Sedimentary Geology*. 143: 149-167.
- Kasper-Zubillaga, J. J. y A. Carranza-Edwards. 2003. Modern sands of the Gulf of Mexico: Discriminating fluvial and coastal sand composition. *Ciencias Marinas*. 29: 621-630.
- Kasper-Zubillaga, J. J., G. Ortiz-Zamora, W. W. Dickinson, J. Urrutia-Fucugauchi y A. M. Soler-Arechalde. 2006. Textural and compositional controls on modern beach and dune sands, New Zealand. *Earth Surface Processes and Landforms*. DOI: 10.1002/esp.1403.
- Kasper-Zubillaga, J. J., A. Carranza-Edwards y E. Morales De la Garza. 2007. Caracterización textural de la arena de playa del Golfo de California, México: Implicaciones para los procesos costeros y el relieve. *Ciencias Marinas*. 33: 3-94.
- Krogerus, R. 1932. Über die Ökologie und Verbreitung der Arthropoden der Triebsand-gebiet an den Küsteng Finnlands. *Acta zool. Fennica, Helsingfors*. 12: 1-308.
- Levinton, J. 1995. Bioturbators as ecosystem engineers: control of the sediment fabric, inter-individual interactions, and material fluxes. Pp. 29-36, en: C. G. Jones y J. H. Lawton (eds.) *Linking Species and Ecosystems*. Chapman and Hall. Nueva York. pp. 29-36.
- Lundquist, C. J., S. F. Thrush, J. E. Hewitt, J. Halliday, I. MacDonald y V. J. Cummings. 2006. Spacial variability in recolonisation potential: influence of organism behavior and hydrodynamics on the distribution of macrofaunal colonists. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 324: 67-81.
- McLachlan, A., E. Jaramillo, O. Defeo, J. Dugan, A. de Ruyck y P. Coetzee. 1995. Adaptations of bivalves to different beach types. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 187: 147-160.
- Méndez, U. M. N. 1983. Contribución al conocimiento de las relaciones entre fauna y sedimentos de 29 playas arenosas del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 103 pp.
- Méndez, U. M. N., V. Solís-Weiss y A. Carranza-Edwards. 1985. La importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 45-56.
- Norkko, A., S.F. Thrush, J. E. Hewitt, V. J. Cummings, J. Norkko, J. I. Ellis, G. A. Funnell, D. Schultz y I. MacDonald. 2002. Smothering of estuarine sandflats

- by terrigenous clay: the role of wind-wave disturbance and bioturbation in site-dependent macrofaunal recovery. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 234: 23-41.
- Ordoñez, E. 1946. *Principales provincias geográficas y Geológicas de la República Mexicana*. Instituto de Geología. UNAM.
- Pérez-Rodríguez, R. 1980. Moluscos de la plataforma continental del Golfo de México y Caribe Mexicano. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 234 pp.
- Pérez-Villegas, G. 1990. Wind sheet IV.4.2. Vientos dominantes 1:4 000.000. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Peterson, C. H. 1985. Patterns of lagoonal bivalve mortality after heavy sedimentation and their paleoecological significance. *Paleobiology*. 11: 139-153.
- Peterson, C. H. y G. A. Skilleter. 1994. Control of foraging behaviour of individuals within and ecosystem context: the clam *Macoma balthica*, flow environment, and siphon-cropping fishes. *Oecologia* 100: 256-267.
- Probert, P. K. 1984. Disturbance sediment stability and trophic structure of soft bottom communities. *Journal of Marine Research* 42: 893-921.
- Pulido, V. J. J. R. 1985. Estudio regional sobre los sedimentos litorales de las playas de Tamaulipas, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 72.
- Raiz, E. 1964. Landforms of México. Cambridge, Mass (un mapa) Geographic Branch of Office of Naval Research. Segunda edición.
- Reguero, M. y A. García-Cubas. 1989. Moluscos de la Laguna de Alvarado, Veracruz: Sistemática y Ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Reguero, M. y A. García-Cubas. 1991. Moluscos de la Laguna Camaronera, Veracruz, México: Sistemática y Ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Reguero, M. y A. García-Cubas. 1991. Moluscos de la Laguna Tampamachoco, Veracruz, México: Sistemática y Ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Rhoads, C. D. 1974. *Organism-sediment relations on the muddy sea floor*. *Oceanogr. Mar. Ann. Rev.* 12: 263-300.
- Rosenberg, G. 2009. Malacolog 4.1.1: A Database of Western Atlantic Marine Mollusca. [WWW database (version 4.1.1)] URL <http://www.malacolog.org/>.
- Sturm, C. F., T. A. Pearce y A. Valdés. 2006. The Mollusks: Introductory comments. Pp. 1-7, en: C.F. Sturm, T. A. Pearce y A. Valdés (eds.) *The Mollusks*, a

- guide to their study, collection and preservation. *American Malacological Society*. Universal Publishers. E.U.A. 445 pp.
- Thrush, S. F. y P. K. Dayton. 2002. Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: implications for marine biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 33: 449-473.
- Turner, J. C. 1970. Matemática moderna aplicada. Probabilidades, estadística e investigación. Operativa Alianza Editorial. España. 550 pp.
- Wakida-Kusunoki A. T. y C. L. MacKenzie. 2005. Rangia and Marsh Clams, Rangia uneata, R. flexuosa, and Polymesoda caroliniana, in Eastern México: Distribution, Biology and Ecology, and Historical Fisheries. *Marine Fisheries Review*.
- Webb, J. E. 1958. The ecology of Lagos Lagoon, V. some physical properties of Lagoon deposits. *Phil. Trans. Roy. Soc. London. Ser. B.* 241: 355-391.
- Wieser, W. 1959. Free living nematodes and other small invertebrates from Puget Sound beaches. Univ. Washington Press.
- Wieser, W. 1969. The Effect of grain size on the distribution of small invertebrates inhabiting the beaches of Puget Sound. *Limnol. Oceanogr.* 4: 181-194.
- Yáñez-Arancibia, A. y W. Day. 2004. Environmental sub-regions in the Gulf of Mexico coastal zone: the ecosystem approach as an integrated management tool. *Ocean and Coastal Management*. DOI 101016.
- Zajac, R. N., R. B. Whitlatch y S. F. Thrush. 1998. Recolonization and succession in soft-sediment infaunal communities: the spatial scale of controlling factors. *Hydrobiologia.* 376:227-240.
- Zavala-Morales, J. R. 1979. Bosquejo Geológico y Geotectónico de las Provincias Fisiográficas de México. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería. UNAM.