



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

“MORFODINÁMICA Y VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE
LA FAUNA MACROBENTÓNICA DE CUATRO PLAYAS
ARENOSAS DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO”.

T E S I S

Para obtener el título de

B I O L O G A

P R E S E N T A :

MONSERRAT GUADALUPE MARTÍNEZ PEÑALOZA

DIRECTOR DE TESIS: DR. ARTURO ROCHA RAMÍREZ



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, 2013.



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.

AGRADECIMIENTOS

De manera particular a mi asesor el Doctor Arturo Rocha Ramírez, por brindarme la oportunidad de pertenecer a este proyecto, pero sobre todo por su gran apoyo, dedicación, tiempo, paciencia, consejos, regaños y su enriquecedora enseñanza, ya que fueron elementos importantes para culminar esta etapa.

Un agradecimiento especial a mis sinodales:

M. en C. Rafael Chávez López

M en C. Adolfo Cruz Gómez

Biol. José Ángel Lara Vázquez

Por sus consejos, comentarios, disposición, confianza y sobre todo por su tiempo.

Al Biol. Edgar Peláez Rodríguez por su gran contribución como sinodal y ayuda en el proyecto, por presionarme para dar este pasó al cual temía tanto, pero sobre todo por su amistad.

Al Biol. José Luis Viveros Legorreta por sus observaciones que contribuyeron a este trabajo. Y por otro lado por sus palabras de aliento e inusitada amistad.

DEDICATORIAS

Sin duda alguna a mis padres por ser lo que más amo, mi fuerza, mi inspiración, mi respaldo y el motivo por el cuál he llegado hasta aquí. Su amor, ternura, dedicación, paciencia y valores que inculcaron en mi, han forjado a la mujer que hoy soy.

A Fernando, eres el mejor hermano y ejemplo con el que pude crecer, te quiero mucho, gracias por tu apoyo y cariño.

A mi abuela Emma eres un digno ejemplo de mujer, agradezco tu ternura y lecciones de vida.

A Juan de Dios por creer en mí y compartir la felicidad de mi crecimiento personal, por entregarme su apoyo total, confianza, cariño e impulsarme a dar este pasó.

A mis amigos de carrera: Diana (mi hermana y cómplice), Thelma, Jorge, Óscar, Juan Roberto y Juan Pablo, por todos los momentos compartidos a lo largo de este camino lleno de retos y obstáculos y por su entrega total de amistad, cada uno sabe el lugar que ocupa en mi.

Y finalmente con cariño a mis amigos que me han acompañado a lo largo de la vida y me han visto crecer, Carlos A., Marco Ricardo, Miguel A., Marco Polo, Ángel, Maya, Naxhely y Diana, aunque algunos se encuentren lejos, no dejan de ser importantes y estar en mi corazón.

*Dedicada especialmente a Servando Peñaloza Sánchez †,
te lo prometí y lo cumplí, algún día estaremos juntos.*

ÍNDICE

	Página
Listado de figuras.....	II
Listado de tablas.....	IV
Resumen.....	1
1. Introducción.....	2
2. Antecedentes.....	6
3. Objetivos.....	7
3.1 Objetivo General	
3.2 Objetivo Particular	
4. Hipótesis.....	8
5. Material y métodos.....	9
5.1 Análisis Estadístico	
6. Resultados.....	14
6.1 Tamaño medio de grano	
6.2 Pendiente	
6.3 Parámetro de Dean	
6.4 Otras variables ambientales	
6.5 Análisis de grupos	
6.6 Biológicos	
6.7 Riqueza de especies	
6.8 Densidad	
6.9 Clasificación temporal	
6.10 Diversidad de playas por temporada	
6.11 Análisis de ordenación indirecta (NMDS)	
7. Discusión.....	28
7.1 Estado morfodinámico	
7.2 Zonación	
7.3 Variables Biológicas	
7.4 Playa Lechuguillas: un caso especial	
8. Conclusión.....	37
9. Literatura citada.....	38

LISTADO DE FIGURAS

Fig. 1. Estados morfodinámicos de los diferentes tipos de playas.

Fig. 2. Zonación de playas arenosas de acuerdo a Dahl (1952). NMA = nivel medio del agua; 1) *Talitrus saltator*, 2) *Haustorius arenarius*, 3) *Bathyporeia pilosa*, 4) *Eurydice pulcra*.

Fig. 3. Zonas ecológicas en playas arenosas de acuerdo a McLachlan (1980).

Fig. 4. Localización de los sitios de muestreo.

Fig. 5. Tamaño de grano de las playas por época climática.

Fig. 6. Variación de la pendiente de las cuatro playas por época climática

Fig. 7. Parámetro de Dean de las playas por época climática. $\Omega < 2$ Playa reflectiva; $\Omega > 2 < 6 >$ Playa intermedia y $\Omega > 6$ Playa disipativas.

Fig. 8. Compactación de la arena de las playas por época climática.

Fig. 9. Dendrograma de las asociaciones entre las playas por temporada climática con los parámetros fisicoquímicos.

Fig. 10. Gráfica de la riqueza de especies de las playas por época climática.

Fig. 11. Gráfica de los valores de densidad total (org/m²) de las playas por época climática.

Fig. 12. Clasificación temporal de las especies.

Fig. 13. Gráfica de los valores de diversidad (bits/org) de las playas por época climática.

Fig. 14. Análisis de ordenación indirecta NMDS de las playas por época climática.

Fig. 15. Corrientes marinas superficiales en la zona costera de Veracruz (Tomado de Ortiz-Lozano *et al.*, 2009). Las flechas marcan la dirección e intensidad de las corrientes. La flecha más grande muestra la ubicación de la playa Lechuguillas.

LISTADO DE TABLAS

Tabla. 1. Listado de las especies de las playas del Norte de Veracruz. PT= Playa Tecolutla; PC= Playa Casitas; PN= Playa Navarro y PL= Playa Lechuguillas.

RESUMEN

La zona intermareal de las playas arenosas es el hábitat de una gran variedad de fauna, cuya composición y abundancia es regulada por el ambiente físico; principalmente por la resaca intermareal y las condiciones de la arena, las cuales a su vez determinan la morfodinámica de la playa. En este proyecto se estudió la morfodinámica y su relación con la macrofauna bentónica de cuatro playas arenosas (Tecolutla, Casitas, Navarro y Lechuguillas) del centro-norte de Veracruz. Se realizaron muestreos mensuales de marzo de 2009 a junio de 2010, que consistieron de tres transectos en la zona mesolitoral de cada playa, obteniendo 15 muestras biológicas y cinco de sedimento para el análisis de textura, además se registró el grado de compactación, la pendiente de la playa y las variables para estimar los valores del parámetro de Dean (Ω). De las cuatro playas sólo Tecolutla presentó una morfodinámica disipativa ($\Omega = 12$), Navarro y Casitas intermedia ($\Omega = 2.2-4.7$) y Lechuguillas reflectiva ($\Omega = 0.8$). En cuanto a la macrofauna bentónica los crustáceos y poliquetos fueron los grupos con riqueza de especies mayor (10 y 6 especies respectivamente); sobresalen por su abundancia numérica: el poliqueto *Magelona johnstoni*, los bivalvos *Donax variabilis* y *D. texasianus* y el isópodo *Exciorolana* sp. No se encontró correlación significativa entre la densidad total mensual y de las especies dominantes con alguna de las variables ambientales. El patrón de zonación encontrado en Tecolutla fue similar al de Casitas y diferente en comparación con Navarro y Lechuguillas observándose en las primeras que la zona saturada presentó las mayores densidades de poliquetos (principalmente *M. johnstoni*) en la zona de transición se encontró una mayor densidad de *D. variabilis* y *D. texasianus* y crustáceos anomuros (*Emerita benedicti*); en la zona no saturada dominaron los crustáceos peracáridos (principalmente *Exciorolana* sp. y el anfípodo *Haustorius arenarius*). No se observaron diferencias significativas entre las playas en cuanto a su densidad por temporada climática.

1. INTRODUCCIÓN

Las playas arenosas son ecosistemas costeros que cubren la mayor parte de la zona intermareal o mesolitoral en el mundo; están constituidas por diferente tamaño de grano, con determinada composición mineralógica y contenido variable de material orgánico. Son importantes porque mantienen la línea de costa de forma dinámica, representan la zona de transición entre los ecosistemas terrestres y los marinos y poseen gran capacidad para mantenerse y renovarse (McLachlan *et al.*, 1993).

La zona mesolitoral de las playas constituye el hábitat de una gran diversidad de organismos dentro de los cuales, los macroinvertebrados (principalmente crustáceos, moluscos y gusanos poliquetos) conforman ensamblajes, que varían en su riqueza, abundancia y biomasa de acuerdo a las características físicas de la playa. (Defeo *et al.*, 2009 y Borzone *et al.*, 1996). Una de las características físicas de la playa que puede determinar la estructura y distribución de los ensamblajes es la morfodinámica (Gomes *et al.*, 2003) el cuál es un factor ambiental producto de la interacción de tres factores: mareas, olas y tamaño medio de grano; dicha interacción, produce diferentes tipos o estados morfodinámicos (McLachlan, 1996), que van desde playas reflectivas micromareales a playas disipativas macromareales. Las playas reflectivas presentan características como: olas pequeñas con período largo, arena gruesa, pendiente inclinada, acreción (crecimiento por agregación), períodos cortos de barrido (swash), intervalos pequeños de barrido, sin zona de rompiente (surf), y olas que rompen directamente cuya energía es reflejada (Fig. 1). Las playas disipativas presentan: arena fina, pendiente débilmente inclinada, zona amplia de rompiente, erosión, períodos largos de barrido, intervalo amplio de barrido y olas altas con período corto cuya energía es disipada. También se reconoce un estado morfodinámico intermedio, denominado como playas intermedias (Short, 1979; Short y Wright 1983). Además diversos estudios han demostrado la importancia del parámetro de Dean como un buen indicador de

los estados morfodinámicos antes mencionados, ya que este considera variables como el rompiente de la ola, velocidad de depositación de la arena y el periodo de la ola.

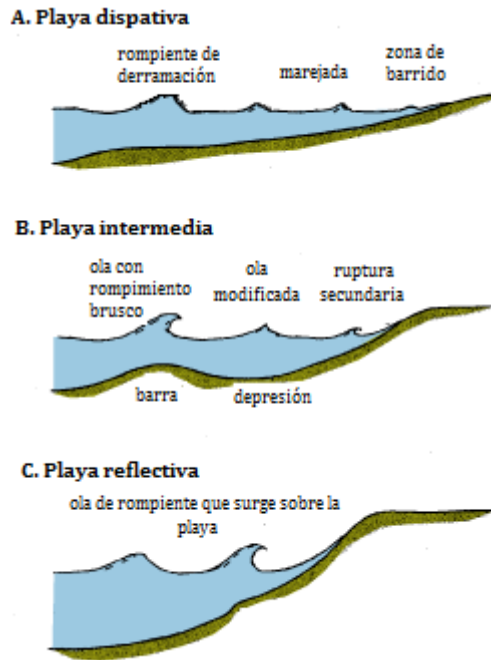


Fig. 1. Estados morfodinámicos de los diferentes tipos de playas.

Estudios poblacionales en la macrofauna bentónica han mostrado, que dependiendo de las características de la playa ocurren cambios en la abundancia y densidad de una población en particular (Defeo *et al.*, 2001). Por otro lado, los parámetros abióticos también presentan gradientes de variación a lo largo del perfil topográfico de la playa; así que las interacciones entre estos factores y los rasgos intrínsecos de cada población delimitan las zonas de distribución biológica en las playas arenosas. Entonces, esta zonación refleja la restricción de las especies a una o varias secciones de un gradiente ambiental (Rafaelli *et al.*, 1991). Varios regímenes generales han sido propuestos para representar la distribución vertical de la fauna en las playas arenosas. Los patrones más usados son: el patrón de Dahl (1952); basado en parámetros biológicos y el de Salvat (1964) basado en factores físicos (Fig.

2), este último fue modificado por McLachlan (1980) para ambientes intersticiales de playas arenosas (Fig. 3).

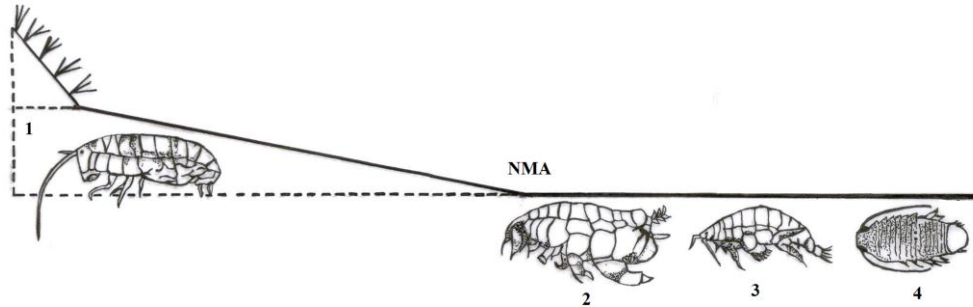


Fig. 2. Zonación de playas arenosas de acuerdo a Dahl (1952). NMA = nivel medio del agua; 1) *Talitrus saltator*, 2) *Haustorius arenarius*, 3) *Bathyporeia pilosa*, 4) *Eurydice pulcra*.

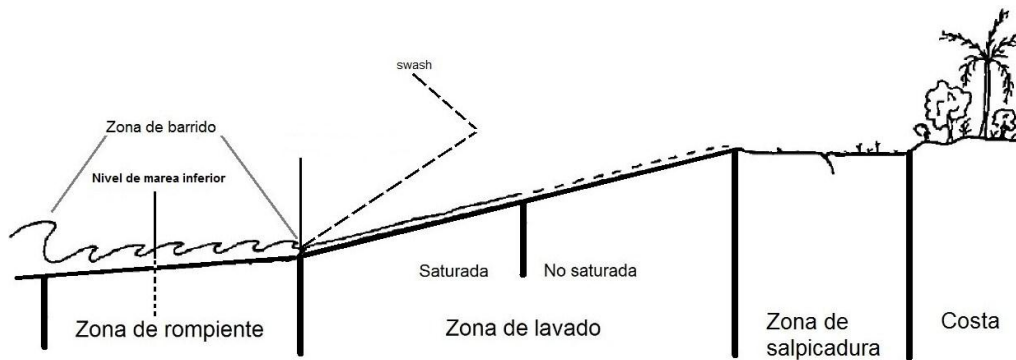


Fig. 3. Zonas ecológicas en playas arenosas de acuerdo a McLachlan (1980).

La macrofauna de las playas arenosas incluye animales que viven directamente sobre o entre el sedimento y presentan movimientos de migración diarios o estacionales. Las especies que componen esta comunidad se han reconocido como habitantes típicos de las playas arenosas donde son muy abundantes (Munilla y San Vicente, 2005). Se ha señalado que

el grupo dominante es el de los peracáridos; sin embargo, la composición de la comunidad incluye a otros grupos de invertebrados y en menor proporción de vertebrados.

Una función ecológica importante del grupo de los macroinvertebrados es que constituye una fuente de alimento importante en las tramas tróficas de la plataforma continental; debido a que muchas especies son detritívoras, pues se alimentan de la materia orgánica del sedimento, constituyendo elementos intermediarios de las mallas tróficas demersales (Brown y McLachlan, 1990; Dauvin *et al.*, 1994).

La región centro-norte del estado de Veracruz se ubica en la provincia de la Llanura costera del golfo de México. El área las playas elegidas para el estudio se ubica en la unidad morfo-téctica I, que se caracteriza por presentar costas de tipo primario (deposición subaérea por ríos) y secundario (deposición marina), en las cuales predominan terrazas aluviales y amplias zonas dunarias, estos rasgos denotan la existencia de una variación en el grado de exposición, textura del sedimento y pendiente de las playas del área, que en conjunto con otros parámetros físicos influyen en la composición de la macrofauna (INEGI, 2000).

Las características de estas playas hacen de la región centro-norte del estado de Veracruz una zona interesante para probar la influencia de parámetros ambientales sobre las poblaciones y las comunidades de la macrofauna mesolitoral de las playas arenosas. Además, el carácter abiogénico de las playas como “hábitat”, motiva a la determinación de los mecanismos de función que actúan sobre las comunidades, ya sea mediante procesos de control físico-químico o bien por procesos de interacción biológica.

2. ANTECEDENTES

Se han realizado investigaciones de la relación que existe entre la morfodinámica de diversas playas arenosas y el tipo de organismos que las habitan (Méndez *et al.*, 1985; McLachlan, 1996; Siemens *et al.*, 2001; Barros *et al.*, 2002; Menn, 2002; Benedet *et al.*, 2004; Defeo y McLachlan, 2005). Estudios a nivel de comunidades han sido enfocados a conocer la estructura y zonación horizontal de playas arenosas (Chalis, 1969; McLachlan, 1996; Nacorda y Yap, 1997; Nicholas y Hodda, 1999; Rodriguez *et al.*, 2001; Defeo y Rueda, 2002; Gomes *et al.*, 2003; Veloso *et al.*, 2003; Gheskiere *et al.*, 2005; Soares y Soares, 2006). A nivel de poblaciones, se han dirigido principalmente a las especies dominantes de crustáceos (anomuros Hippidae e isópodos Cirolanidae) y moluscos bivalvos (Donacidae, *Donax* spp.). Además entre los temas que han sido abordados ampliamente, se encuentran: ciclos reproductivos (Klapow, 1972; Cardoso y Defeo, 2003; Colpo y Negreiros, 2003; Gil y Thome, 2004; Delgado y Defeo, 2006) y dinámica poblacional (Lessios *et al.*, 1994; Salman *et al.*, 1996; Riascos y Urban, 2002; Cardoso y Veloso, 2003; Laudien *et al.*, 2003; Caetano *et al.*, 2006). También se han reportado estudios relacionados al impacto de las actividades del hombre sobre la fauna macrobentónica que han sido de importancia para entender su relación (Defeo y Alava, 1995; Angeloni, 2003; Lecarri y Defeo, 2003; Gheskiere *et al.* 2005).

En México se han elaborado pocos estudios en cuanto a la morfodinámica y su relación con la macrofauna bentónica de las playas arenosas, tres de estos estudios fueron realizados en el estado de Veracruz (Méndez *et al.*, 1985; Pacheco, 2010; Miranda, 2012) y uno en la Bahía de la Paz, Baja California Sur (Angeloni, 2003).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la morfodinámica de las playas arenosas Tecolutla, Casitas, Lechuguillas y Navarro del norte del estado de Veracruz y su relación con la estructura de las comunidades macrobentónicas.

3.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- a) Describir la morfodinámica de las playas arenosas
- b) Elaborar un inventario faunístico para cada playa.
- c) Determinar la relación de los parámetros fisicoquímicos con la densidad y la riqueza de especies en cada playa.
- d) Determinar la zonación de las especies registradas en cada playa.

4. HIPÓTESIS

Por las características de cada hábitat de playa se presentarán diferencias en la estructura de las comunidades macrofaunales, debido a factores relativos a la morfodinámica y fisicoquímicos, su influencia se registrará en las variaciones de la composición, abundancia y distribución de las especies y los cambios espaciales y temporales de estos parámetros ecológicos.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

El material biológico y los datos de los parámetros de las playas fueron proporcionados por el proyecto de investigación PAPCA (Programa de Apoyo a Profesores de Carrera, Proyecto 93 2007-2008): COMUNIDADES SUPRABENTÓNICAS DE PLAYAS ARENOSAS DEL CENTRO-NORTE DE VERACRUZ: ESTRUCTURA ESPACIAL Y RELACIONES FISICOQUÍMICAS, del Laboratorio de Ecología, FES-Iztacala.

El estudio se realizó en cuatro playas del norte del estado de Veracruz (Fig. 4): Tecolutla ($20^{\circ}28'41.9''\text{N}$, $97^{\circ}0'16.2''\text{O}$), Casitas ($20^{\circ}15'.25.8''\text{N}$, $96^{\circ}47'55.5''\text{O}$), Navarro ($20^{\circ}3'12.6''\text{N}$, $96^{\circ}37'4.5''\text{O}$) y Lechuguillas ($20^{\circ}0'28.2''\text{N}$, $96^{\circ}34'43.7''\text{O}$) en donde se tomaron mensualmente muestras diurnas en el periodo de marzo de 2009 a mayo de 2010.



Fig. 4. Localización de los sitios de muestreo.

En la zona mesolitoral de cada playa se seleccionaron tres puntos paralelos a la línea de costa, cada uno fue geoposicionado en la marca de bajamar, a partir del cual se tendió una cuerda de 5 m con marcas cada metro hacia la playa, en cada marca se tomó una muestra de sedimento, con nucleadores de PVC de 15.5 cm de diámetro, a una profundidad de 20 cm; se registró la temperatura y grado de compactación en cada marca. La pendiente se calculó por el método de Emery (1961) también la altura y periodo de la ola para cada playa. De la misma manera se tomaron muestras de sedimento para recolectar el material biológico, cada núcleo fue cernido con un tamiz de 5 mm, las muestras de arena con los especímenes fueron fijados y preservados en etanol al 70%. Adicionalmente se obtuvieron muestras de sedimento para analizar el tamaño de partícula. Las actividades de esta tesis consistieron en:

Las muestras fueron secadas a temperatura ambiente y tamizadas en una serie de -2.5, -2.0, -1.0, 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 y 4.0 ϕ ($\phi = \log_2$ mm; Folk y Ward, 1957) para realizar el análisis granulométrico. Con el tamaño medio de la partícula se obtuvo la velocidad de sedimentación usando las tablas publicadas por Gibbs *et al.* (1971).

Para cada playa se calculó el parámetro adimensional de Dean " Ω " (Short y Wright, 1983), este parámetro es una manera de medir el estado morfodinámico; el criterio de la clasificación fue el siguiente:

$\Omega < 2$ = playas reflectivas

$\Omega 2 < 6$ = playas intermedias

$\Omega > 6$ = playas disipativas

Los valores de Ω fueron calculados con:

$$\Omega = \frac{H_b}{W_s T}$$

Donde:

H_b = la altura de la rompiente de la ola en cm,

W_s = la velocidad de depositación de la arena en cm/s y

T = el período de la ola en segundos.

La clasificación de las pendientes utilizada en esta investigación, es la propuesta en el Manual de Levantamiento de Suelos de USDA (Soil survey staff, 1961):

Planas o casi planas (0 - 3%)

Débilmente inclinadas (3 - 8%)

Inclinadas (8 - 16%)

La identificación de las especies se efectuó utilizando los criterios de Abbott (1974); Williams (1984); Kensley y Schotte (1989); Brusca *et al.* (1995); Smith y Johnson (1996); García-Cubas y Reguero (2007). Finalmente, los organismos se separaron y contaron en su totalidad. Las densidades se expresaron en org/m².

5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se probó la normalidad de los datos usando la prueba W de Shapiro-Wilk. La prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0.05$; Zar, 1999) se empleó para examinar las diferencias en el tamaño medio de grano y la densidad de la macrofauna entre playas. El análisis de las variables ambientales incluyó la construcción de una matriz de similitud con valores del Índice de Bray-Curtis; la construcción del dendrograma fue por ligamiento promedio. Se obtuvo el promedio de los valores de abundancia de los taxa de las 15 unidades muestrales por sitio, estos valores fueron estandarizados para ser expresados en términos de densidad (org/m^2). Con los valores promedio mensuales de densidad (por mes y por playa) se construyó una matriz primaria de datos. Con estos datos, se estimaron los valores de diversidad usando el Índice de Shannon-Wiener (H' bits/org).

Se emplearon regresiones lineales simples para establecer las relaciones entre la riqueza de especies (S), la densidad (org/m^2) y la diversidad de la comunidad infaunal (H') y de las especies dominantes respecto a las variables físicas (tamaño de grano promedio, pendiente de la zona mesolitoral, período de la ola y el parámetro de Dean). La significancia fue demostrada con la prueba de "t" Student ($\alpha = 0.05$). Todos los cálculos estadísticos fueron hechos con el software NCSS (Number Cruncher Statistical System, 2007).

Se realizó un análisis de ordenación indirecta EMNM (escalamiento multidimensional no métrico) utilizando los valores medios mensuales de la matriz primaria de las densidades de los taxa, para determinar las diferencias entre las épocas climáticas de todas las playas, este análisis se realizó con el programa PRIMER 6.0 (Clarke y Warwick, 1994).

Finalmente se utilizó un análisis gráfico para clasificar los taxa en un criterio temporal. Esta clasificación se realizó utilizando la relación del porcentaje de frecuencia (por mes y por

sitio) y la densidad transformada [$\log (\text{densidad} + 1)$]. Se establecieron dos ejes con los valores de la mediana de las dos variables para diferenciar cuatro cuadrantes. El criterio de clasificación temporal fue definido por la posición de los taxa en cada cuadrante, (el cuadrante superior izquierdo representa a los taxa estacionales, el inferior izquierdo a las raras, el superior derecho a las dominantes y el inferior derecho a los taxa comunes).

Todos los datos se organizaron de acuerdo a las temporadas climáticas reconocidas para el Golfo de México (Rocha-Ramírez *et al.*, 2007). La época de secas (entre abril-junio); la época de lluvias (julio-septiembre) y época de nortes (octubre-marzo).

6. RESULTADOS

6.1 TAMAÑO MEDIO DE GRANO

El tamaño medio de grano en la playa Tecolutla fue predominantemente arena fina en todas las épocas (Fig.5). En la playa Casitas en secas y nortes 2009 se registró arena fina y en lluvias 2009 y secas 2010 arena mediana. En Lechuguillas arena fina en secas y nortes 2009 y arena gruesa en secas 2010; durante lluvias 2009 esta playa no presentó arena en ninguna proporción; es decir, el lecho estuvo desnudo de arena. Por último playa Navarro arena mediana en secas 2009, arena gruesa en lluvias y nortes 2009 y fina en secas 2010.

La variación del tamaño de grano registrado en las temporadas climáticas fue contrastante, en la época de secas 2009 osciló de 0.149 a 0.25 mm que corresponden a texturas de arena fina a arena mediana (Fig. 5); en lluvias de 0.149 a 0.5 mm, a texturas de arena mediana a arena gruesa; en nortes de 0.149 a 0.5 mm, a arenas finas y arenas gruesas; en secas 2010 osciló de 0.149 a 0.5 mm a arenas finas a gruesas. Las diferencias de la textura por temporada climática no son significativas entre las playas (prueba de Kruskal-Wallis, $z < 1.96$).

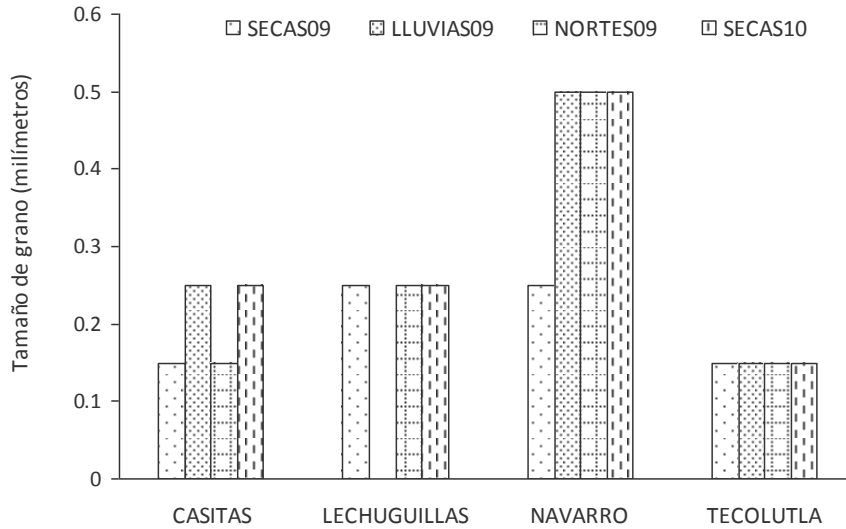


Fig. 5. Tamaño de grano de las playas por época climática.

6.2 PENDIENTE

Las playas Tecolutla y Casitas registraron principalmente pendientes débilmente inclinadas (3-8%), con excepción de la época de secas 2009 se presentaron pendientes planas a casi planas (0-3%) (Fig.6). En Lechuguillas en secas y nortes 2009 débilmente inclinadas (8-16%) y en secas 2010 inclinadas. Por último en Navarro se registraron débilmente inclinadas e inclinadas en secas 2010.

La variación de las pendientes entre las temporadas climáticas sugiere que no hay un patrón de variación estacional, época de secas 2009 osciló de 1.35 a 2.52 grados que corresponden a playas planas o casi planas (0-3%) y débilmente inclinadas (Fig. 6); en lluvias 2009 de 2 a 4.47 que corresponden a playas planas o casi planas (0-3%) y débilmente inclinadas, en nortes 2009 de 2.62 a 4.5 que corresponden a playas débilmente inclinadas (3-

8%) e inclinadas (8-16%) y en secas 2010 de 3.48 a 5.43 grados que corresponden a playas débilmente inclinadas (3-8%) e inclinadas (8-16%).

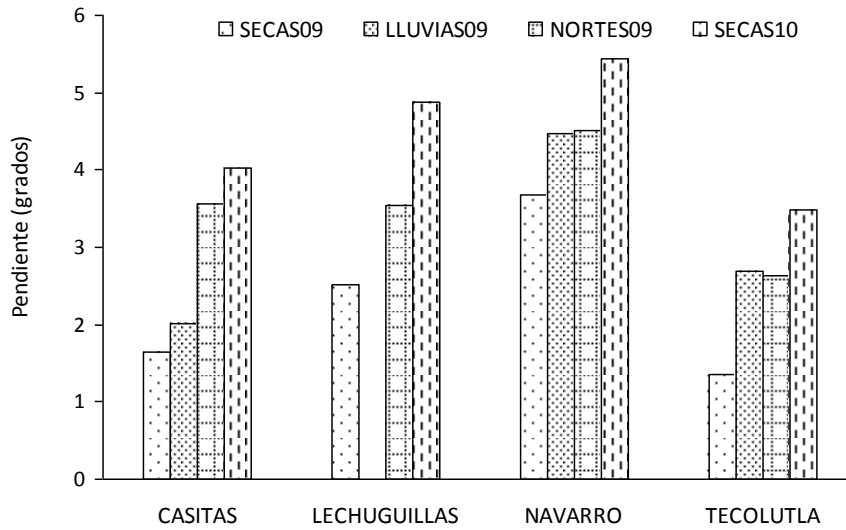


Fig. 6. Variación de la pendiente de las cuatro playas por época climática

6.3 PARÁMETRO DE DEAN

El parámetro de Dean en la playa Tecolutla se caracterizó por presentar una morfodinámica disipativa ($\Omega > 6$) en todas las épocas (Fig.7). En la playa Casitas en secas y lluvias 2009 se registró una morfodinámica intermedia ($2 < \Omega < 6$), en nortes 2009 disipativa y secas 2010 reflectiva ($\Omega > 6$). En la playa Lechuguillas en secas 2009 y 2010 reflectiva y en nortes 2009 intermedia. Por último playa Navarro en secas y nortes 2009 intermedia reflectiva en lluvias 2009 y secas 2010.

El parámetro de Dean registrado en la época de secas 2009 osciló de 0.97 a 10, en lluvias 2009 de 1.22 a 9.58, en nortes de 2.41 a 23.98 y en secas 2010 de 0.76 a 9.8, estos valores corresponden a playas reflectivas a disipativas (Fig. 7). Las diferencias del parámetro de Dean por temporada climática no son significativas entre las playas (prueba de Kruskal-Wallis, $z < 1.96$).

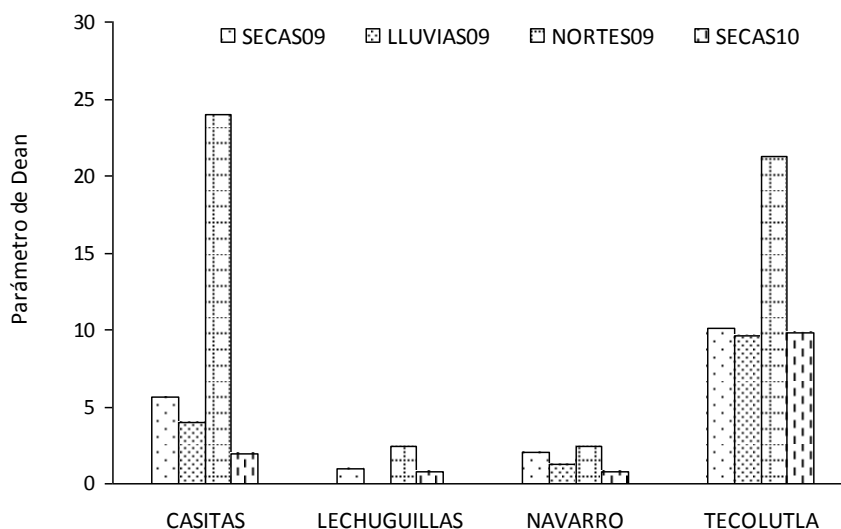


Fig. 7. Parámetro de Dean de las playas por época climática. $\Omega < 2$ Playa reflectiva; $\Omega 2 < 6 >$ Playa intermedia y $\Omega > 6$ Playa disipativas.

6.4 OTRAS VARIABLES AMBIENTALES

La temperatura para la época de secas 2009 osciló de 25.3 a 28.9 °C en Tecolutla y Casitas respectivamente; en lluvias 2009 de 29.4 a 31.8 °C en Tecolutla y Navarro; en nortes 2009 de 23.4 a 24.5 °C en Navarro y Tecolutla respectivamente y en secas 2010 en Tecolutla y Lechuguillas de 24.9 a 26.4 °C respectivamente. Siendo Navarro en nortes 2009 la playa que registró la temperatura mínima y en lluvias 2009 la temperatura mayor. Las diferencias de la temperatura por temporada climática no son significativas entre las playas (prueba de Kruskal-Wallis, $z < 1.96$).

La compactación de las playas en la época de secas 2009 fluctuó de 0.16 a 0.27 kg/cm² en las playas Casitas y Tecolutla correspondientemente, en lluvias 2009 de 0.24 a 0.43 kg/cm² en las playas Tecolutla y Navarro respectivamente; en nortes 2009 de 0.24 kg/cm² en la playa Casitas y 0.28 kg/cm² en las playas Tecolutla y Lechuguillas y en secas 2010 osciló de 0.14 a 0.28 kg/cm² en las playas Lechuguillas y Navarro respectivamente. La playa Lechuguillas obtuvo la menor compactación de 0.14 en la época de secas 2010 y la playa Navarro la mayor de 0.43 en la temporada de lluvias 2009 (Fig. 8). Las diferencias de la compactación por temporada climática no son significativas entre las playas (prueba de Kruskal-Wallis, $z < 1.96$).

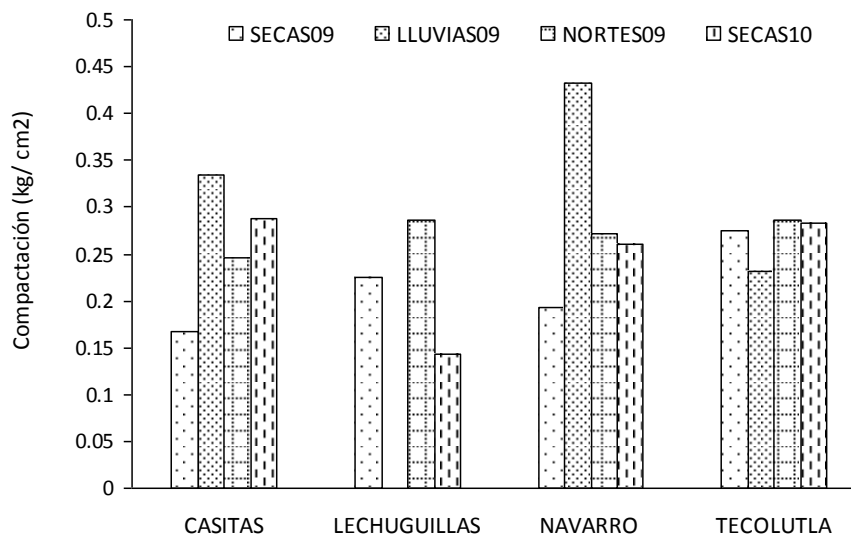


Fig. 8. Compactación de la arena de las playas por época climática.

La distribución espacial de los parámetros fisicoquímicos temperatura y compactación en la zona mesolitoral que se registraron fueron de menor a partir del estrato más alejado del agua (zona no saturada) a mayor hacia el estrato más cercano al agua (zona saturada).

6.5 ANÁLISIS DE GRUPOS

Se definieron cuatro grupos en el dendrograma (Fig. 9): Grupo A, se conformó por las playas Tecolutla y Casitas en la época de nortes 2009 en estas se reconocieron los valores mayores del parámetro de Dean que corresponden al tipo de playas disipativas. Grupo B, se conformó por los registros de lluvias 2009 y secas 2009 y 2010 de Tecolutla; aquí se registraron los valores intermedios de temperatura y de pendiente de todo el estudio. Grupo C, se conformó por Casitas en secas 2009 y lluvias 2009 y Navarro en lluvias 2009, se registraron los valores de temperatura mayores y los intermedios de Dean, que corresponden al estado morfodinámico intermedio. Finalmente el Grupo D, se conformó por dos subgrupos. El D1 incluyó las temporadas de secas 2009 de las playas Lechuguillas y Navarro y secas 2010 de Lechuguillas y Casitas, se caracterizaron por las temperaturas mayores; el D2 se conformó por las temporadas nortes 2009 de las playas Lechuguillas y Navarro y secas 2010 de la playa Navarro con las pendientes mayores. Ambos subgrupos presentaron el estado morfodinámico reflectivo.

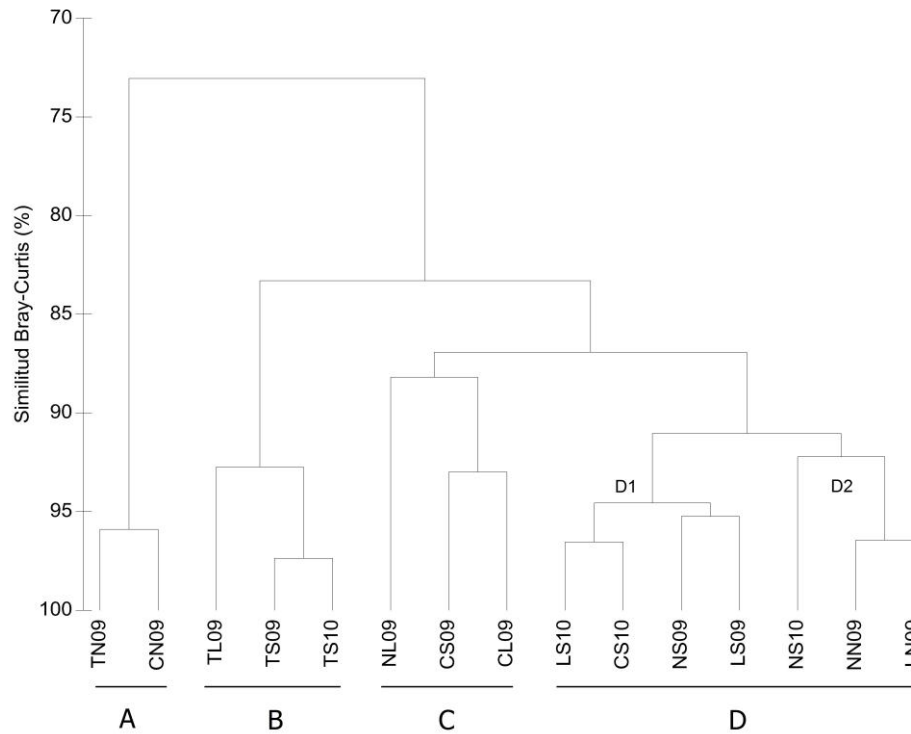


Fig. 9. Dendrograma de las asociaciones entre las playas por temporada climática con los parámetros fisicoquímicos.

6.6 BIOLÓGICOS

En el estudio se registró un total de 22 taxa; de las cuales 11 estuvieron presentes en las cuatro playas (Tabla. 1). El 45.5% correspondió a la clase Crustácea, el 27.3% a Polychaeta, el 9% a Bivalvia, el 9% a Gastropoda y el 9% a Nematoda.

6.7 RIQUEZA DE ESPECIES

La riqueza de especies de las playas registrada en la época de secas 2009 osciló de 13 a 15 Tecolutla y Casitas respectivamente; en lluvias 2009, 8 para Casitas y 11 especies en Navarro y Tecolutla; en nortes 2009 de 10 a 18 especies en Tecolutla y Navarro y en secas 2010 de 13 a 17 especies en Casitas y Navarro (Fig. 10). Navarro mostró una mayor riqueza en nortes 2009 (18 especies), siendo Casitas la de menor riqueza en lluvias 2009 (8 especies). Las diferencias de la riqueza de especies por temporada climática no son significativas entre las playas (prueba de Kruskal-Wallis $z < 1.96$).

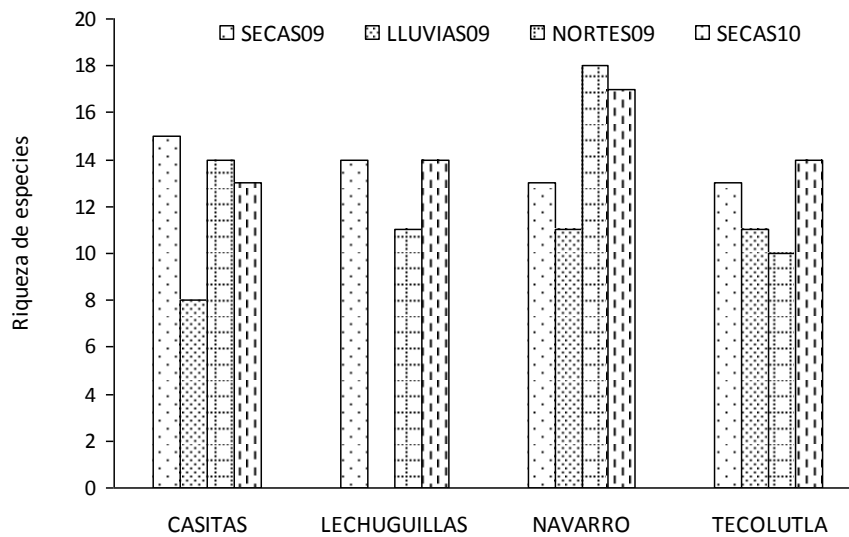


Fig. 10. Gráfica de la riqueza de especies de las playas por época climática.

6.8 DENSIDAD

La densidad total de las playas registrada en la época de secas 2009 osciló de 1,515 a 6,721 org/m² que corresponden a Lechuguillas y Casitas; en lluvias 2009 fluctuó de 366 a 979 org/m² para Tecolutla y Navarro respectivamente, en nortes 2009 de 966 a 1529 org/m² que corresponden a Tecolutla y Lechuguillas y en secas 2,010 de 2,509 a 8,424 org/m² que pertenecen a Lechuguillas y Casitas (Fig.11). Casitas mostró la mayor densidad de org/m² en

secas 2010 con 8,424 org/m², siendo Tecolutla la de menor densidad en lluvias 2009 con 366 org/m². Las diferencias de la densidad total por temporada climática no son significativas entre las playas (prueba de Kruskal-Wallis $z < 1.96$).

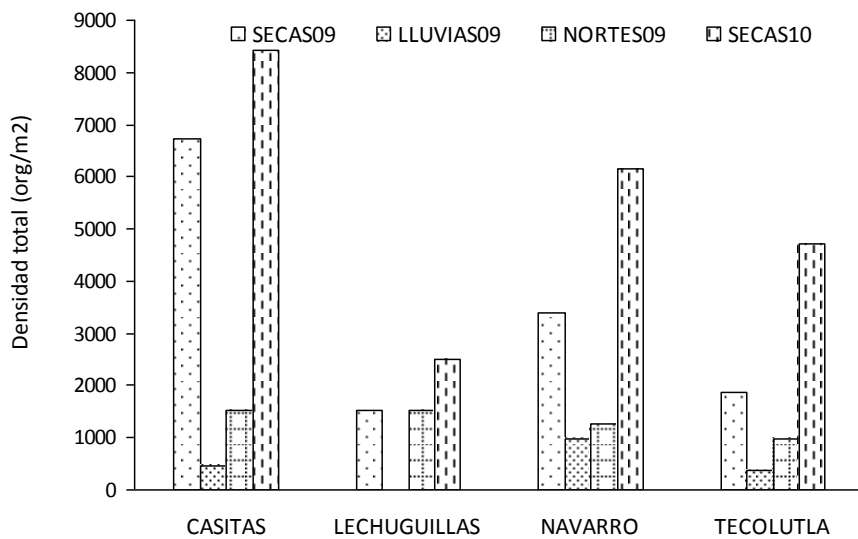


Fig. 11. Gráfica de los valores de densidad total (org/m²) de las playas por época climática.

Tabla. 1. Listado de las especies de las playas del Norte de Veracruz. PT= Playa Tecolutla; PC= Playa Casitas; PN= Playa Navarro y PL= Playa Lechuguillas.

Taxa	PT	PC	PN	PL
Nematoda	X			
<i>Nectonema</i> sp.	X	X	X	X
<i>Pisionides indica</i> (Aiyar y Alikunhi, 1940)		X	X	X
<i>Magelona johnstoni</i> Fiege, Lichery y Mackie, 2000	X	X	X	X
<i>Scolecopsis squamata</i> (Mueller, 1806)	X	X	X	X
<i>Sigalion mathildae</i> Audouin y Milne Edwards, 1830	X	X	X	X
<i>Lumbrineris</i> sp.	X	X	X	X
<i>Americanuphis</i> sp.	X		X	X
<i>Donax texasianus</i> Philippi, 1847	X	X	X	X
<i>Donax variabilis</i> Say, 1822	X	X	X	X
<i>Olivella minuta</i> (Link, 1807)	X		X	
<i>Terebra (Hastula) cinerea</i> (Born, 1778)	X	X	X	X
<i>Emerita benedicti</i> Schmitt, 1935	X	X	X	X
<i>Lepidopa websteri</i> Benedict, 1903		X	X	X
<i>Albunea paretii</i> (Guérin- Méneville, 1853)	X	X	X	
<i>Leptochela serratorbita</i> Bate, 1888	X	X		
<i>Haustorius arenarius</i> (Slabber, 1767)	X	X	X	X
<i>Atylus</i> sp.		X	X	X
<i>Ancinus jarocho</i> Rocha-Ramírez, Chávez-López y Peláez-Rodríguez, 2010		X	X	X
<i>Excirolana</i> sp.	X	X	X	X
<i>Excirolana braziliensis</i> Richardson, 1912		X	X	X
<i>Bowmaniella dissimilis</i> (Coifmann, 1937)	X	X	X	

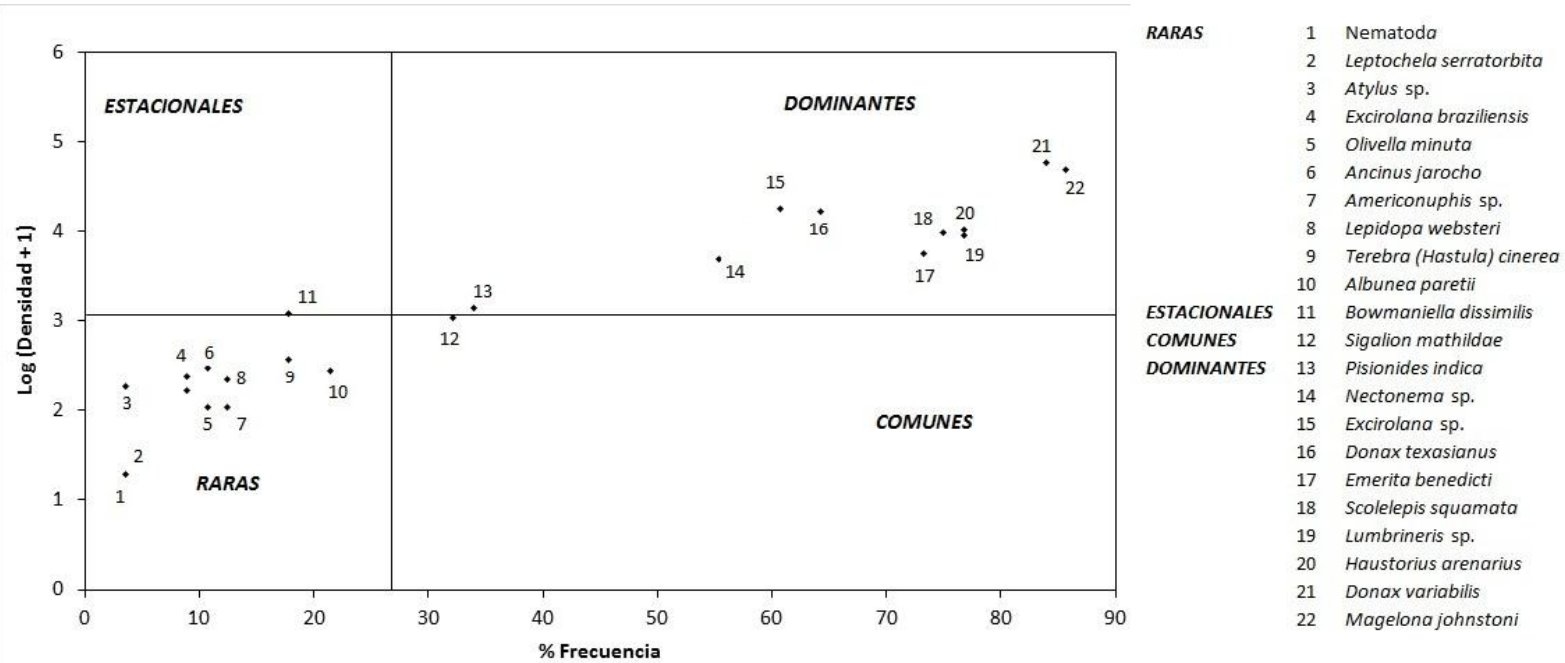


Fig. 12. Clasificación temporal de las especies.

6.9 CLASIFICACIÓN TEMPORAL

El resultado de esta clasificación se muestra en la figura 12. El 45.45% correspondió a taxa raras, 4.45% estacionales, 4.45% comunes y el porcentaje restante a las dominantes

6.10 DIVERSIDAD DE PLAYAS POR TEMPORADA.

La diversidad de las playas registrada en la época de secas 2009 osciló de 1.87 a 2.76 (bits/org) que corresponden a Tecolutla y Lechuguillas; en lluvias 2009 de 2.57 a 3.05 (bits/org) que conciernen a Casitas y Tecolutla, en nortes 2009 de 2.31 a 3.19 (bits/org) que corresponden a Lechuguillas y Navarro y en secas 2010 de 1.78 a 2.67 (bits/org) que pertenecen a Casitas y Lechuguillas (Fig. 13). La playa Navarro mostró mayor diversidad en nortes 2009 (3.20 bits/org), siendo Casitas en secas 2010 la que mostró la menor diversidad (1.78 bits/org).

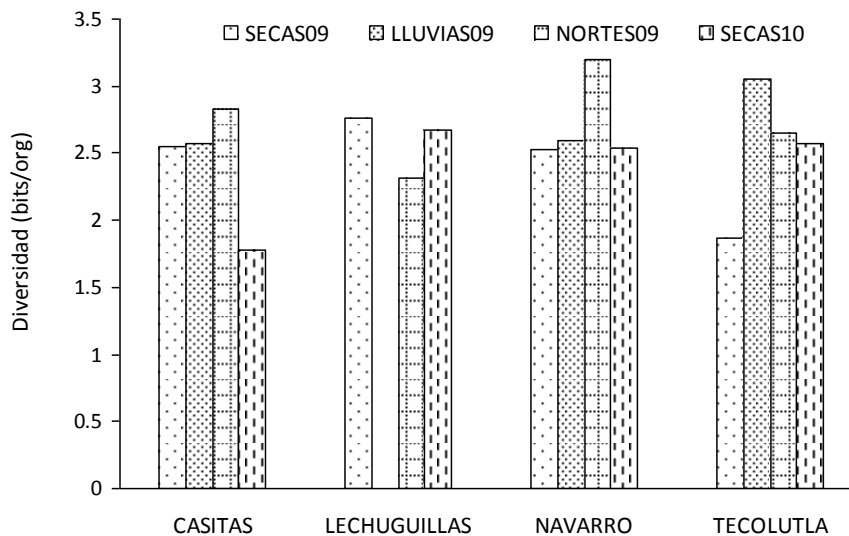


Fig. 13. Gráfica de los valores de diversidad (bits/org) de las playas por época climática.

Lo concerniente a las relaciones entre las variables ambientales y la densidad (total y de los taxa dominantes), todos los valores de correlación de las regresiones no fueron significativos (prueba de “t” de Student, $p > 0.09$; en todos los casos).

6.11 ANÁLISIS DE ORDENACIÓN INDIRECTA (NMDS)

El análisis de ordenación EMNM (Fig. 14) de las variables biológicas reveló las condiciones de temporalidad en la zona de estudio. El valor de “stress” obtenido (0.08) corresponde a una ordenación buena, sin perspectiva real de una interpretación errónea (Clarke y Warwick 1994). En el diagrama es posible diferenciar tres grupos:

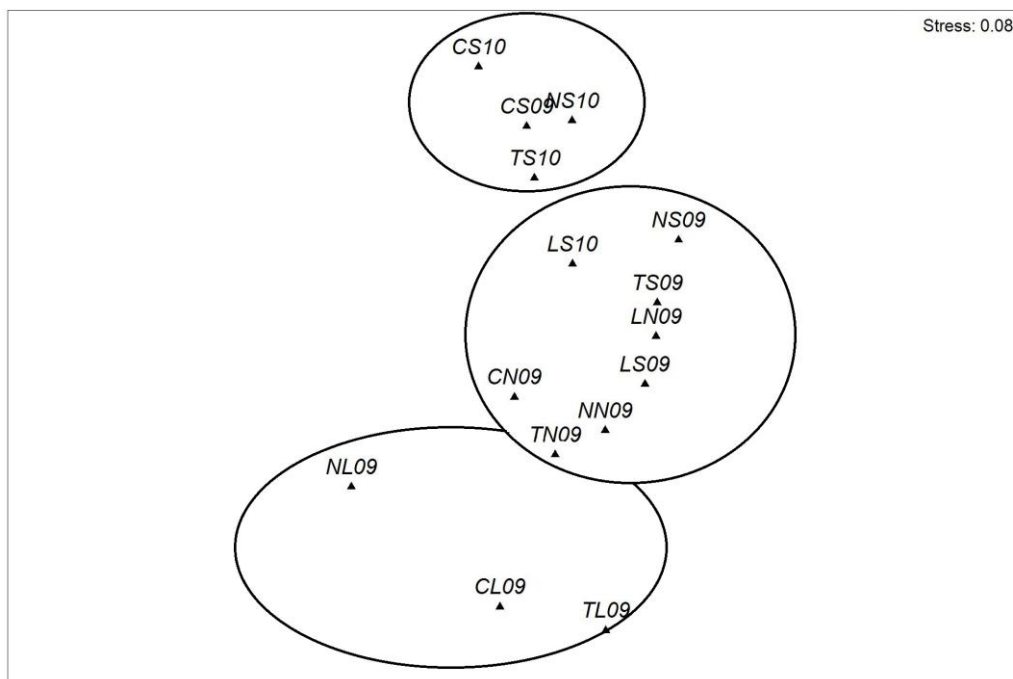


Fig. 14. Análisis de ordenación indirecta NMDS de las playas por época climática.

El primero lo conformaron las playas CL09, NL09 y TL09, todas de la temporada de lluvias 2009, con valores de similitud de Bray Curtis que oscilaron de 33 a 51%. Este grupo se caracterizó por que en él se registraron la riqueza de especies y densidades menores. El segundo grupo, se conformó con valores de similitud de Bray Curtis que oscilaron de 51 a 68%, agrupándose todas las playas de la temporada de nortes 2009, playa Lechuguillas 2009 y 2010, Tecolutla y Navarro de la temporada de secas 2009. Este grupo se caracterizó por tener densidades intermedias, con respecto a la registrada en los otros dos grupos. El tercer grupo conformado por la playa Casitas 2009 y 2010, Tecolutla y Navarro 2010, con un valor de similitud de Bray-Curtis de 55 a 72%, caracterizándose en tener las densidades mayores.

7. DISCUSIÓN

7.1 ESTADO MORFODINÁMICO

El tamaño promedio de grano y el periodo de barrido son factores físicos que controlan la estructura de la comunidad. Es así, que en playas reflectivas, a menudo tiende a ser más grueso como resultado de la acción intensa de las olas (McLachlan, 1990; Defeo *et al.* 1992; McArdle y McLachlan, 1992; Borzone *et al.*, 1996). En este estudio, las playas Casitas y Tecolutla tienden a ser temporalmente similares, están compuestas por arenas finas a medianas, con pendientes planas a inclinadas; lo que define estados morfodinámicos de intermedios a disipativos, respectivamente.

Así mismo, las playas Lechuguillas y Navarro presentaron estados morfodinámicos intermedios a reflectivos, respectivamente; definidos por arenas medianas a gruesas y con pendientes débilmente inclinadas a inclinadas. Estudios realizados en playas arenosas de la porción centro del estado de Veracruz, reportó condiciones similares (Miranda, 2012); en contraste, en la parte sur se han reportado pendientes que van desde pronunciadas a moderadas, con tamaño promedio de grano grueso a fino (Pacheco, 2010). Las playas muy expuestas pero disipativas tienen las mayores densidades de organismos (Nelson, 1993). Lo que no sucedió en este estudio ya que la playa Tecolutla tuvo el menor valor de densidad.

7.2 ZONACIÓN

La fauna bentónica vive en estrecha relación con el sustrato y determina la distribución de la mayoría de las especies (Méndez *et al.*, 1985), de tal manera que determina su distribución. El fenómeno de zonación en playas arenosas no es tan visible como en el litoral rocoso, lo cual es

consecuencia de un ambiente mucho más dinámico, con poblaciones fluctuantes, y en general de su invisibilidad. Los reportes de la zonación vertical de la fauna varían entre los diferentes estudios, al respecto Raffaelli *et al.* (1991) resaltaron las dificultades de establecer la zonación en las playas arenosas bajo criterios biológicos y sugirieron que el esquema más universal podría ser el de Brown y McLachlan (1990), que reconocen un grupo en la parte alta de la costa capaz de respirar en el aire y otro en la zona baja capaz de respirar en el agua. Sin embargo, existen controversias acerca de un patrón global de zonación en las playas arenosas. De los diversos esquemas de zonación aún hay mucho que decir en función de que las zonas que se proponen están basadas en características físicas o biológicas; más aún, el rol de factores biológicos en la estructura comunitaria es dudoso, y además hay que considerar que los animales pueden eludir el stress físico al enterrarse en la arena (Oliva y Marinkovic, 2004).

La distribución espacial vertical de los macroinvertebrados es en parches o amontonada; Méndez *et al.* (1985) reportaron que en la zona mesolitoral se presentó la mayor densidad, posiblemente, a que en ésta se acumula la mayor cantidad de materia orgánica disponible para la alimentación (Carefoot, 1979). De acuerdo con Dahl (1952) en las playas disipativas, esta zona también es conocida como el cinturón de *Cirolana* (Isopoda). Los resultados de este estudio demostraron que Tecolutla y Casitas en comparación con las otras dos playas tienen diferente patrón de zonación; de acuerdo a las zonas ecológicas propuestas por McLachlan (1980), en el estrato más cercano al agua (zona saturada) se observó que las mayores densidades de poliquetos (principalmente *Magelona johnstoni* Fiege, Lichery y Mackie, 2000) dominan este estrato; Degraer *et al.* (2006) observaron que la distribución de *M. johnstoni* estuvo limitada a la misma zona, con abundancia relativamente alta. En el estrato de transición entre las dos zonas se observó a *Donax variabilis* Say, 1822 y *D. texasianus* Philippi, 1847 y *Emerita benedicti* Schmitt, 1935 y en el estrato más alejado al agua (zona no saturada) dominaron los crustáceos (principalmente el isópodo *Excirologa* sp. y el anfípodo

Haustorius arenarius (Slabber, 1767)). Lo anterior concuerda con Wade (1967), que reportó en cuatro playas de Jamaica la dominancia elevada de poliquetos, cangrejos hipoideos del género *Emerita*, isópodos cirolánidos y bivalvos del género *Donax*. Por otra parte *M. johnstoni*, se distribuyó ampliamente a lo largo de los transectos de las cuatro localidades, condición similar a la observada en otras playas con estado morfodinámico disipativo (Escofet *et al.*, 1979; Gianuca, 1983; Santos, 1994).

En lo que respecta a Lechuguillas y Navarro, también se observaron dos zonas, pero a diferencia de Tecolutla y Casitas, en éstas predominó la textura gruesa. En la zona de saturación se encontraron a los principalmente poliquetos (*M. johnstoni* y *Lumbrineris* sp.) y en la zona no saturada, preferentemente a los crustáceos (principalmente *Excirolana* sp. y *H. arenarius*) y el poliqueto *Lumbrineris* sp. De acuerdo a Brazeiro y Defeo (1996) y Giménez y Yanicelli (1997) la conformación de estas dos zonas y la distribución de las especies es una respuesta a los cambios en el ambiente (principalmente la pendiente, posición de la zona de barrido y ancho de la playa), así como otros factores tales como la competencia y disponibilidad de alimento. Las especies que habitan este tipo de playas pueden alterar su distribución vertical como respuesta a los cambios ambientales, tales como el ancho de la playa y la pendiente, la posición de resaca, la disponibilidad de alimentos y la competencia (Brazeiro y Defeo, 1996; Giménez y Yanicelli, 1997). No obstante, debe tenerse en cuenta que muchas especies son capaces de migrar con las mareas y pueden encontrarse en diferentes zonas (Ocaña *et al.*, 2012).

7.3 VARIABLES BIOLÓGICAS

La composición de los ensamblajes de la macrofauna mesolitoral de las playas estudiadas es similar a la observada para otras localidades, los crustáceos y poliquetos han sido reportados como los grupos más abundantes en playas de todo el mundo (Pichon, 1967; Dexter, 1969 y McLachlan 1983; Rodríguez *et al.*, 2001).

La riqueza de especies registrada en este estudio, está dentro del intervalo observado en playas en México, Méndez *et al.* (1985) reportó 17 especies para la zona mesolitoral en playas del estado de Veracruz; Pacheco (2010) registró en playas del centro sur el estado de Veracruz 11 especies; Miranda (2012) reportó 22 en playas del centro de Veracruz. En playas de otros países, Ocaña *et al.* (2012) registró 30 en Cuba; Veloso *et al.* (2003) en Río de Janeiro, Brasil 17 en promedio; por mencionar algunos ejemplos. Defeo y McLachlan (2005) postularon que la riqueza de especies es controlada principalmente por el entorno físico a gran escala. En una escala más fina y en condiciones más disipativas, los factores biológicos pueden ser más importantes (Defeo *et al.*, 2003; McLachlan y Dorvlo, 2005). Se considera que la mayor riqueza de especies está asociada a arenas finas, lo que no concuerda con los resultados del presente estudio ya que en Navarro se registró la mayor riqueza (18) y se caracterizó por tener grano grueso.

En lo que respecta a la relación sustrato-especie, Pacheco (2010) observó que las especies *Emerita talpoida* (Say, 1817) y *Pisionides indica* (Aiyar y Alikunhi, 1940) mostraron preferencia por arenas gruesas; en este estudio para el caso de *P. indica*, *Atylus* sp. y *Ancinus jarocho* Rocha-Ramírez, Chávez-López y Peláez-Rodríguez, 2010 mostraron preferencia por arenas intermedias a gruesas, ya que estuvieron marcadamente ausentes en Tecolutla; mientras que *D. texasianus*, *D. variabilis*, *Excirolana* sp. y *M. johnstoni*, (principalmente)

mostraron preferencia por arena intermedia. Los poliquetos se distribuyeron ampliamente a lo largo de los transectos, lo que se relacionó con lo reportado por Gianuca (1983), Escofet *et al.* (1979) y Santos (1990) en el sur de Brasil y Defeo *et al.* (1992) en Uruguay, señalando a los poliquetos de la familia Spionidae como la más abundante en gran parte de la zona mesolitoral de playas arenosas (Barros *et al.*, 2001). En arena fina se registró a *Scolelepis squamata* (Mueller, 1806), *H. arenarius* y *Excirrolana braziliensis*. Richardson, 1912. Souza y Gianuca (1995) y Borzone *et al.* (1996) estudiaron otras playas en el estado de Paraná y comprobó que por lo general *S. squamata* fue la especie dominante, no se registró en arenas gruesas. Defeo y McLachlan (2004) reportaron que *E. braziliensis* es más abundante en las arenas finas, y tiene mayor amplitud de nicho a través de la mayor parte de su área de distribución a la observada en Uruguay, donde habita principalmente arenas gruesas y niveles superiores de playa en las playas de reflexión, siendo desplazadas por *E. armata*. Lo que nos indica la afinidad de algunas especies por el tamaño de los sedimentos.

La presencia de los grupos dominantes no fue diferente entre las épocas climáticas. Lo que sucedió de la misma manera a lo largo de las playas de Paraná en el sureste de Brasil, donde dominaron crustáceos o codominaron junto con los poliquetos, independientemente del periodo (Barros *et al.* 2001). Por lo tanto, la ausencia y o la baja abundancia de algunas especies puede estar relacionada con su ciclo de vida.

Las especies dominantes de las playas arenosas del mundo exhiben un intervalo amplio de valores, que se relacionan con la época del año y con el estado morfodinámico; por ejemplo, Degraer *et al.* (1999) reportaron en playas ultradisipativas de Bélgica densidades de *S. squamata* de 62-287 org/m² en verano y 31-107 org/m² en invierno; Defeo y MchLaclan (2005) registraron valores para *D. peruvianus* de 20-185 org/m² y *E. analoga* 0-85 org/m²; Degraer *et al.* (2006) registraron densidades de *M. johnstoni* de 200 y 9,000 org/m² en dos

periodos de estudio; Soares y Gomes (2006) en playas de Río de Janeiro, Brasil reportaron en una playa disipativa a *S. squamata* 3,337 org/m² en invierno y 4,602 org/m² en verano y en otra playa reflectiva a *P. indica* con 192 org/m² en invierno y 21 org/m² en verano, *E. brasiliensis* 192 org/m² en invierno y 200 org/m² en verano, *D. hanleyanus* 363 org/m² en invierno y 213 org/m² en verano. En el presente estudio las mayores densidades de *D. variabilis* se registraron en la época de secas 2010 con 2,930, 1,378 y 2,426 org/m² para Casitas, Tecolutla y Navarro, respectivamente y para Lechuguillas en la misma época fue *M. johnstoni* con 984 org/m².

Con relación a los valores numéricos del índice de Shannon-Wiener para este tipo de ambientes, es notable el número bajo de investigaciones que lo han reportado. Sin embargo, los valores de diversidad para las cuatro playas son similares a los reportados por Ingole *et al.* (2002) con valores de $H' = 2.9 - 3.8$ bits/org en la costa este de la India y por Angeloni (2003), en playas arenosas de la Bahía de la Paz, Baja California ($H' = 2.28 - 3.77$ bits/org), en donde las diversidades menores correspondieron a las playas más visitadas por la población. Por otra parte, los valores de diversidad más bajos han sido reportados por Junoy *et al.* (2004) en playas de Galicia, España ($H' = 0.8$ bits/org) seis meses después de un derrame petrolero (3.8 bits/org antes del derrame); Siemens *et al.* (2001) reportaron $H' = 0.4-0.94$ bits/org en playas de uso recreativo e industrial de la bahía San Vicente, Chile. De acuerdo con Krebs (1985), los valores de diversidad pueden ser utilizados como una medida del estado de salud de la comunidad; entonces, con base a estos se puede aproximar el intervalo de valores de diversidad que presentan las comunidades de playas arenosas.

7.4 PLAYA LECHUGUILLAS: UN CASO ESPECIAL

En la época climática de lluvias en la playa Lechuguillas se observó un fenómeno interesante, en este tiempo, la playa estuvo desprovista de arena y consecuentemente de fauna (los habitantes del lugar informaron que este fenómeno ocurre todos los años). En esta temporada del año los vientos dominantes están principalmente alineados en dirección este-oeste, generando corrientes superficiales casi perpendiculares a la costa cercana a los 20º de latitud norte. Dichas corrientes producen una divergencia (Fig. 15), generando corrientes con características diferentes hacia el sur y norte de ese punto. Al sur de Tecolutla las corrientes paralelas a la costa se mueven hacia el sur, rumbo a Coatzacoalcos, mientras que al norte de los 20º, las corrientes van en dirección norte, hacia a Tampico, Tamaulipas (Ortiz-Lozano *et al.*, 2009). Tomando en cuenta que playa Lechuguillas esta ubicada en los 20°0'28.2"N, 96°34'43.7"O, probablemente estas corrientes al incidir perpendicularmente a la costa generen el "lavado" de la playa. Esta playa, a diferencia de las otras, se caracteriza por tener el lecho arenoso poco profundo (en promedio 35 cm de espesor) esto indica que el proceso de transporte de sedimentos en la zona es intenso, lo suficientemente para transportar aproximadamente 0.35 m³ por cada m² de playa. Por otra parte, cuando se presentan los vientos del norte (época de nortes) cambia la dirección de las corrientes marinas superficiales, permitiendo el depósito de la arena y simultáneamente se genera la recolonización de la fauna en la playa.

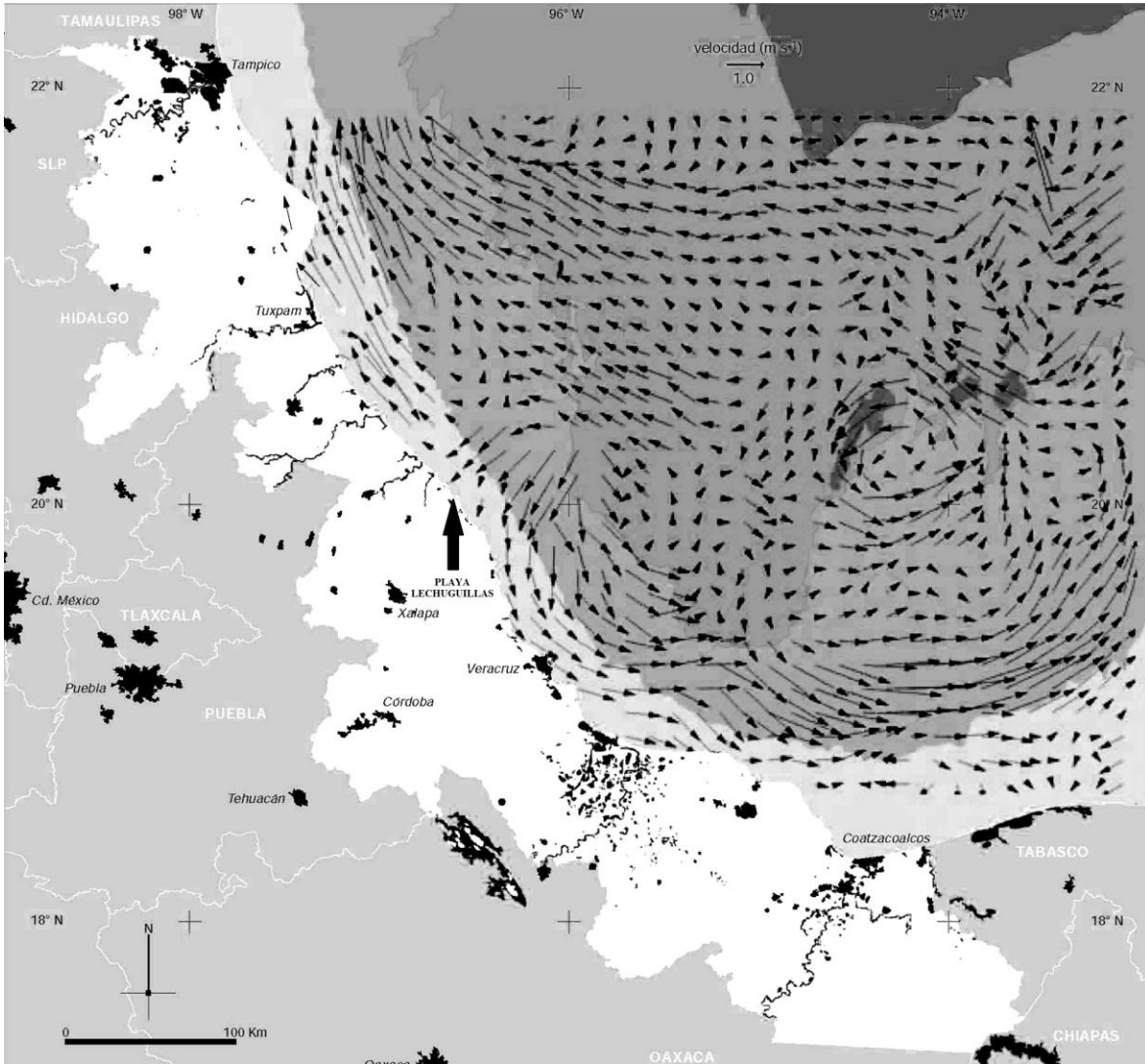


Fig. 15. Corrientes marinas superficiales en la zona costera de Veracruz (Tomado de Ortiz-Lozano *et al.*, 2009). Las flechas marcan la dirección e intensidad de las corrientes. La flecha más grande muestra la ubicación de la playa Lechuguillas.

El proceso de recolonización puede ser explicado asumiendo que existen grupos poblacionales distribuidos en las playas vecinas; es decir, que las poblaciones están distribuidas en parches a lo largo de la zona costera; éstas poblaciones probablemente tienen un potencial alto de dispersión (p. ej., *M. johnstoni*; Giangrande, 1997). El transporte de organismos por las corrientes superficiales, mantiene el flujo e intercambio constante de individuos en diferentes estadios de vida entre las playas. Esta hipótesis puede apoyarse

considerando el hecho de que en este estudio se registró un porcentaje elevado de especies que estuvieron presentes en todas las playas estudiadas.

Ahora bien, otro aspecto que hay que atender, es el explicar cómo se establecen los organismos en la playa (entendiendo por esto a la terminación de la fase larvaria pelágica para pasar a una forma sésil o sedentaria no sésil) y como son reclutados (número de organismos que han alcanzado un tamaño mínimo y se hayan incorporado al seno de la población bentónica) el proceso de recolonización. Al respecto, las interacciones larva-adulto juegan un papel muy importante, en donde el tiempo de establecimiento y la tasa de reclutamiento dependen de la densidad de los adultos, principalmente en especies gregarias (Woodin, 1976).

8. CONCLUSIONES

La riqueza taxonómica de la macrofauna mesolitoral de las playas de la porción centro-norte de Veracruz, está representada por 22 taxa, de los cuales 11 estuvieron presentes en las cuatro playas. La diferencia en composición está relacionada principalmente por el tamaño medio de grano.

La estructura de los ensamblajes está caracterizada principalmente por tres grupos faunísticos: crustáceos, poliquetos y moluscos, que han sido reportados como los grupos más abundantes en playas de todo el mundo. El tamaño promedio de grano y el periodo de barrido son factores físicos que determinan el estado morfodinámico y a su vez la composición de los ensamblajes, de tal manera que Tecolutla y Casitas con carácter disipativo presentaron dominancia de los poliquetos; en contraste en Lechuguillas y Navarro, con estado intermedio, en las que prevalecieron los donácidos y los anfípodos.

La zonación de las playas es diferente; en Tecolutla y Casitas se definieron tres zonas, la zona saturada, la intermedia y la no saturada en donde se observaron las mayores densidades de poliquetos (principalmente *M. johnstoni*), donácidos (*Donax variabilis* y *D. texasianus*), el hippido (*Emerita benedicti*), isópodos (*Excirolana* sp.) y el anfípodo (*H. arenarius*); en comparación Lechuguillas y Navarro delimitaron perfectamente la zona saturada y no saturada, registrando poliquetos (*M. johnstoni* y *Lumbrineris* sp) y crustáceos (principalmente *Excirolana* sp. y *H. arenarius*).

La riqueza y densidad, diversidad es baja en comparación a la registrada en playas disipativas e intermedias de Uruguay, Chile y Brasil. Estas diferencias pueden estar relacionadas al uso recreativo al que son sometidas y a las características físicas de cada playa.

LITERATURA CITADA

- Abbott, R. T. 1974. *American Seashells. The Marine Molluscan of the Atlantic and Pacific Coasts of North America*. Van Nostrand Reinhold Co., New York. 666p.
- Angeloni, C. P. E. 2003. *Impacto del uso recreativo sobre la fauna macrobentónica de las playas arenosas de la Bahía de La Paz*. Tesis de Maestría en Ciencias, Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Pesquerías y Biología Marina. La Paz, Baja California Sur, México. 90p.
- Barros, F., Underwood, A. J. y Lindegarth, M. 2002. A preliminary analysis of the structure of benthic assemblages of surf zones on two morphodynamic types of beach. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 82: 353-357.
- Beist, B., Buysse, D., Dewicke, A. y Mees, J. 2001. Surf zone hyperbenthos of Belgian sandy beaches: seasonal patterns. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 53: 877-895.
- Benedet, L., Finkl, C. W. y Klein, A. H. F. 2004. Morphodynamic classification of beaches on the Atlantic Coast of Florida: geographical variability of beach types, beach safety and coastal hazards. *Journal of Coastal Research, Special Issue*. 39: 360-365.
- Borzone, C. A., Souza, J. R. B. y Soares, A. G. 1996. Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. *Revista Chilena de Historia Natural*. 69: 565-577.
- Brazeiro, A. y Defeo, O. 1996. Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: is it possible to identify patterns in such variable environments? *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 42: 523-536.

- Brown, A. C. y McLachlan, A. 1990. *Ecology of sandy shores*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 392p.
- Brusca, R. C., Wetzer, R. y France, S. C. 1995. Cirolanidae (Crustacea: Isopoda: Flabellifera) of the tropical eastern Pacific. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History*. 30: 1-96.
- Caetano, C. H. S., Cardoso, R. S., Veloso, V. G. y Silva, E. S. 2006. Population biology and becondary sroduction of *Excirolana braziliensis* (Isopoda: Cirolanidae) in two sandy beaches of southeastern Brazil. *Journal of Coastal Research*. 22(4): 825–835.
- Cardoso, R. S. y Defeo, O. 2003. Geographical patterns in reproductive biology of the Pan-American sandy beach isopod *Excirolana braziliensis*. *Marine Biology*. 143: 573–581.
- Cardoso, R. S. y Veloso, V. G. 2003. Population dynamics and secondary production of the wedge clam *Donax hanleyanus* (Bivalvia: Donacidae) on a high-energy, subtropical beach of Basil. *Marine Biology*. 142: 153–162.
- Carefoot, T. 1979. *Pacific Seashores. A Guide to Intertidal Ecology*. University of Washington Press, Seattle. 208 p.
- Challis, D. A. 1969. An interstitial fauna transect of a Solomon Islands sandy beach. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. 255: 517-526.
- Clarke, K. R. y Warwick, R. M. 1994. *Change in marine communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. Plymouth Marine Laboratory, NERC, UK. Cap. 6.

- Colpo, K. D. y Negreiros, F. M. L. Reproductive out put of *Uca vocator* (HERBST, 1804) (BRACHYURA, OCYPODIDAE) from three subtropical mangroves in Brazil. *Crustaceana*. 76 (1): 1-11.
- Dahl, E. 1952. Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. Zoological Institute, Lund OIKOS 4: 11 952- 53
- Dauvin, J. C., Iglesias, A. y Lorgere, J. C. 1994. Suprabenthic crustacean fauna of the circalittoral coarse-sand community of Roscoff (English Channel): composition, swimming activity and seasonal variation. *Journal of the Marine Biological Association*. 35: 135–155.
- Defeo, O., Jaramillo, E. y Lyonnet, A. 1992a. Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in the Atlantic coast of Uruguay. *Journal of Coastal Research*. 8: 830-839.
- Defeo, O. y Alava, A. 1995. Effects of human activities on long-term trends in sandy beach populations: the wedge clam *Donax hanleyanus* in Uruguay. *Marine Ecology Progress Series*. 123: 73-82.
- Defeo, O., Gómez, J. y Lercari, D. 2001. Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: The mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. *Marine and Ecology Progress Series*. 212: 159-170.
- Defeo, O. y Rueda, M. 2002. Spatial structure, sampling design and abundance estimates in sandy beach macroinfauna: some warnings and new perspectives. *Marine Biology*. 140: 1215-1225.
- Defeo, O., Gómez, J. y Lercari, D. 2003. The role of morphodynamics in structuring sandy beach populations and communities: what should be expected? *Journal of Coastal Research*. 35: 352-362.

- Defeo, O. y McLachlan, A. 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series*. 295: 1-20.
- Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D. S., Schlacher, T. A., Dugan, J., Jones, A., Lastra, M. y Scapini, F. 2009. Threats to sandy beach ecosystems: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 81: 1-12.
- Degraer, S., Mouton, I., Neve, L. y Vincx, M. 1999. Community structure and intertidal zonation of macrobenthos on a micro-tidal, ultra-dissipative sandy beach: Summer-Winter. *Estuaries*, 22 (3B): 742-752.
- Degraer, S., Wittoeck, J., Appeltans, W., Cooreman, K., Deprez, T., Hillewaert, H., Hostens, K., Mees, J., Vanden, B. E. y Vincx, M. 2006. The macrobenthos atlas of the Belgian part of the North Sea. Belgian Science Policy. 164 pp.
- Delgado, E. y Defeo, O. 2006. A complex sexual cycle in sandy beaches: the reproductive strategy of *Emerita brasiliensis* (Decapoda: Anomura). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 86: 361-368.
- Dexter, D. M. 1969. Structure of an intertidal sandy beach community in North Carolina. *Chesapeake Science*. 10: 93-98.
- Emery, K. O. 1961. A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography*. 6: 90-93.
- Escofet, A. Gianuca, N. Maytía, S. y Scarabino, V. 1979 Playas arenosas del Atlántico Sudoccidental entre los 29º y 43º S: consideraciones generales y esquema biocenológico. In: Memorias del Seminario sobre Ecología Bentónicas y Sedimentación de la Plataforma Continental del Atlántico Sur (Montevideo, 9-12 de mayo de 1978). 245-258.

- Folk R. L, Ward, W. C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*. 27: 3–26.
- García-Cubas, A. y Reguero, M. 2004. *Catálogo ilustrado de moluscos gasterópodos del Golfo de México y Mar Caribe*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 168p.
- García-Cubas, A. y Reguero, M. 2007. *Catálogo ilustrado de moluscos bivalvos del Golfo de México y Mar Caribe*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 94p.
- Gheskiere, T., Vinex, M. y Weslawski, M. J. 2005. Meiofauna as descriptor of tourism-induced changes at sandy beaches. *Marine Environmental Research*. 60: 245-265.
- [Giangrande, A. 1997](#). Polychaete reproduction patterns, life cycles and life histories: an overview. *Oceanography and marine Biology an Annual Review*. 35, 323-386.
- Gianuca, N. 1983. A preliminary account to the ecology of sandy beaches in southern Brazil. In: McLachlan y Erasmus (eds), *Sandy Beaches as Ecosystems*, The Hague: Junk : 413-419.
- Gibbs, R. J., Matthews, M. D. y Link, D. A. 1971. The relationship between sphere size and settling velocity. *Journal of Sediment Petrology*. 41: 7-18.
- Gil, G. M. y Thomé, J. W. 2004. Proporção sexual e comprimento de concha na primeira maturação sexual em *Donax hanleyanus* Philipi (Bilvalvia, Donacidae) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 21(2): 345-350.
- Giménez, L. y Yannicelli, B. 1997. Variability of zonation patterns in temperate microtidal Uruguayan beaches with different morphodynamic types. *Marine Ecology*. 160: 197-207.

- Gomes, V. V., Soares, C. C. H. y Silva, C. R. 2003. Composition, structure and zonation of intertidal macrofauna in relation to physical factors in microtidal sandy beaches in Rio de Janeiro State, Brazil. *Scientia Marina*. 67(4): 393-402.
- INEGI. 2000. Síntesis Geográfica del Estado de Veracruz. Vol. 2.
- Ingole, B., Rodrigues, N. y Ali, Z. 2002. Macrobenthic communities of the coastal waters of Dabhol, west coast of India. *Indian Journal of Marine Sciences*. Vol. 31: 93-99.
- Junoy, J., Castellanos, C., Viéitez, J.M., Huz, M.R. y Lastra M. 2004. The macroinfauna of the Galician sandy beaches (NW Spain) affected by the Prestige oil-spill. *Marine Pollution Bulletin*.
- Kensley, B. y Schotte, M. 1989. *Guide to the marine isopod crustaceans of the Caribbean*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 308p.
- Klapow, L. A. 1972. Natural and artificial rephasing of a tidal rhythm. *Journal of Comparative Physiology*. 79: 233-258.
- Krebs, C. J. 1985. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. 3th Edition. Harper & Row. New York. 800p.
- Laudien, J., Brey, T. y Arntz, W. E. 2003. Population structure, growth and production of the surf clam *Donax serra* (Bivalvia, Donacidae) on two Namibian sandy beaches. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 58: 105–115.
- Lercari, D. y Defeo, O. 2003. Variation of a sandy beach macrobenthic community along a human-induced environmental gradient. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 10: 17–24
- Lessios, H. A., Weinberg, J. R. y Starczak, V. R. 1994. Temporal variation in populations of the marine isopod *Excilorana*: How Stable are Gene Frequencies and Morphology. *Evolution*. 48(3): 549–563.

- Lock, K., Beist, B. y Mees, J. 1999. Circadian patterns in the tidal plankton of a sandy beach in Zeebrugge (Belgium). *Belgium Journal of Zoology*. 129: 339–352.
- McLachlan, A. 1983. The ecology of sandy beaches in the Eastern Cape, South Africa. In : McLachlan and Erasmus (Eds.), *Sandy Beaches as Ecosystems*. Junk, W. The Hague, pp. 539-546.
- McLachlan, A. y Dorvlo, A. 2005. Global patterns in sandy beach macrofauna communities. *Journal of Coastal Research* 21, 674–687.
- Mees, J. y Jones, M. 1997. The hyperbenthos. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review*. 35: 221–255.
- Menn, I. 2002. Beach morphology and food web structure: comparison of an eroding and an accreting sandy shore in the North Sea. *Helgoland Marine Research* 56: 177–189.
- Méndez, U. M. N., Solís-Weiss, V. y Carranza-Edwards, A. 1985. La importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos. Estudio de playas del estado de Veracruz, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 13(3): 45-56.
- Miranda, M. M. 2012. *Estructura de las comunidades de macroinvertebrados de la zona mesolitoral de playas arenosas del centro de Veracruz*. Tesis de Licenciatura. UNAM FES Iztacala. México. 2012
- Munilla, T. y San Vicente, C. 2005. Suprabenthic biodiversity of Catalan beaches (NW Mediterranean). *Acta Oecologica*. 27: 81–91.
- McArdle, S. y McLachlan, A. 1992. Sand Beach ecology: swash factors relevant to the macrofauna. *Journal of Coastal Research*. 8: 398-407.

- McLachlan, A. (1980b). Intertidal zonation of macrofauna and stratification of meiofauna on high energy sandy beaches in the Eastern Cape, South Africa. *Transactions of the Royal Society of South Africa*. 44, 213-223.
- McLachlan, A. 1990. Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. *Journal Coastal Research*. 6: 57-71.
- McLachlan, A.; Jaramillo, E., Donn, T. E. y Wessels, F. 1993. Sandy beach macrofauna communities and their control by physical environment: a geographical comparison. *Journal Coastal Research*. 15: 27-38.
- McLachlan, A. 1996. Physical factors in benthic ecology: effects of changing sand particle size on beach fauna. *Marine Ecology Progress Series*. 131: 205-217.
- Nacorda, H. M. E. y Yap H. T. 1997. Structure and temporal dynamics of macroinfaunal communities of a sandy reef flat in the NW Philippines. *Hydrobiologia*. 353: 91-106.
- Nelson, W.G., 1993a. Beach restoration in the southeastern US: environmental effects and biological monitoring. *Ocean and Coastal Management*. 19: 157-182.
- Nicholas, W. L. y Hodda, M. 1999. The free-living nematodes of a temperate, high energy, sandy beach: faunal composition and variation over space and time. *Hydrobiologia*. 394: 113-127.
- Ocaña, F. A., Apín, Y., Cala, Y., Vega, A., Fernández, A., Córdova, E. Distribución espacial de los macroinvertebrados de playas arenosas de Cuba oriental. *Revista Investigación Marina*. 2012. 32 (1): 30-37.
- Oliva y Marinkovic. 2004. Ecología de playas de arena - Apuntes de ecología Marina.

Departamento Ciencias del Mar - Universidad Arturo Ratt quique, Chile. 20 pp.

- Ortiz-Lozano, L. D. P., Arceo-Briseño, A., Granados-Barba, D., Salas-Monreal y Jiménez-Badill, L. 2009. Zona Costera, Cap. 5. pp. 110-130. En: Castellanos Ribot, A. (coord.) y Cols. Atlas del Patrimonio Natural de Veracruz. 1ª ed. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México.
- Pacheco, R. S. 2010. *Patrones de distribución de la macroinfauna en cuatro playas arenosas del Estado de Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura. UNAM FES Iztacala. México. 41p.
- Pichon, M. 1967. Contribution à l'étude des peuplements de la zone intertidale sur sables fins et sables vaseaux non fixés dans la région de Tuléar. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume, Suppl.* 7:57-100.
- Rafaelli, D., Karakassis, I. y Galloway, A. 1991. Zonation schemes on sandy shores: a multivariate approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 148: 241-253.
- Riascos, J. M. y Urban, J. 2002. Dinámica poblacional de *Donax dentifer* (Veneroidea: Donacidae) en Bahía Malaga, Pacífico Colombiano durante el fenómeno "El Niño" 1997-1998. *Revista de Biología Tropical*. 50(3-4): 1113-1123.
- Rodríguez, J. G., López, J. y Jaramillo, E. 2001. Estructura comunitaria de la meiofauna intermareal en un gradiente de tipos morfodinámicos de playas arenosas en el sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 74: 885-897.
- Rocha-Ramírez, A., Ramírez-Rojas, A., Chávez-López, R. y Alcocer, J. 2007. Invertebrate assemblages associated with root masses of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach 1883 in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, Mexico. *Aquatic Ecology*. 41:319-333.

- Salman, S. D., Oshana, V. K. y Ali, M. H. 1996. Life cycle and population dynamics of *Annina mesopotamica* (Ahmed), (Isopoda, Flabellifera) in the Shatt Al-Arab Region, Basrah, Iraq. *Hydrobiologia*. 330: 119-130.
- Salvat, B. 1964. Les conditions hydrodynamiques interstitielles des sediments meubles intertidaux et la resciences de partition vertical de la jemme endogée. *Cahiers de Recherche de L'Académie des Paris*. 259:1576-1579.
- Santos, P. J. P. 1991. Morphodynamical influence of temporary freshwater stream on the population dynamics of *Scolelepis gaucha* (polychaeta: Spionidae) on a sandy beach in southern Brazil. *Bulletin of Marine. Science*. 48(3): 657-664.
- Short, A. D., 1979. Three-dimensional beach stage model. *Journal of Geology*. 87: 553-571.
- Short, A. D. y Wright, L. D. 1983. Physical variability of sandy beaches. In: McLachlan A. y Erasmus, T. (eds). *Sandy beaches as ecosystems*. Junk, The Hague. 133-144.
- Siemens, R. A., Mudge, S. M. y Cancino, J. M. 2001. The effect of physical and chemical parameters on the macroinfaunal community structure of San Vicente bay, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 74(2): 429-444.
- Smith, D. L. y Johnson, K. B. 1996. *A guide to marine coastal plankton and marine invertebrate larvae*. 2nd Ed. Kendall/Hunt Publishing Co. Dubuque, Iowa. 221p.
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1988. *Biometría*. Ed. Interamericana, México. 587p.
- Soares, R. R. F. y Soares, A. G. 2006. Community structure of macrobenthos in two tropical sandy beaches with different morphodynamic features, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Ecology*. 27: 160-169.

- Souza, J. R. B. y Gianuca, N. M. 1995. Zonation and seasonal variation of the intertidal macrofauna on a sandy beach of Parana state, Brazil. *Scientia Marina*. 59: 103-111.
- Veloso, V. G. Caetano, C. H. S. y Cardoso, R. S. 2003. Composition, structure and zonation of intertidal macrofauna in relation to physical factors in microtidal sandy beaches at Río de Janeiro State, Brazil. *Scientia Marina*. 67:393-402.
- Wade, B. A. (1967) Studies on the biology of the West Indian beach clam, *Donax denticulatus* L. 1. Ecology. *Bulletin of Marine. Science*. **17**, 149-174.
- Williams, A. B. 1984. *Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of Eastern United States, Maine to Florida*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 550p
- Woodin, S. A. 1976. Adult-larval interactions in dense infaunal assemblages: patterns of abundance. *Journal of Marine Research* 34: 25-41.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N J. 662p.