



Amplitud de nicho alimentario, utilización de sedimento, reproducción y distribución de *Meoma ventricosa grandis* Gray 1851, (Echinodermata: Brissidae) en el canal Boca Chica, Acapulco, Guerrero, México.

T E S I S

que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias

(Biología Marina)

p r e s e n t a

Miguel Angel Torres Martínez

Director de Tesis: Dr. Francisco Alonso Solís Marín

Comité Tutorial: Dr. Alfredo Laguarda Figueras

Dr. Arturo Carranza Edwards

Dr. Roberto Arreguín Espinosa

Dr. Alejandro Granados Barba

México, D. F. 2008



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.

Dedicatoria

Dedico la presente Tesis a:

Mis padres, ejemplo a seguir de corazón fuerte, amoroso y perseverante

Mis hermanas, retrato de como uno se debe aferrar a sus ideales

Pame, compañera incondicional con metas tan grandes como su corazón

Apolo, la familia y el trabajo ante todo, pero siempre presente

Mis chiquillos, sin pedir nada a cambio te dan lo mejor de sí mismos

Agradecimientos

Antes que nada, quiero darle las gracias a mis padres: Lydia Martínez y Miguel Torres, que me enseñaron como y porqué se debe de luchar en la vida, dejando de lado la mediocridad. Gracias por su ayuda, consejos, palabras y cariño que siempre he recibido de ambos. Igualmente a mis hermanas: Angélica y Diana, las que en su momento siendo mis mamás sustitutas me enseñaron los valores, diversión y amistad con la que un niño puede crecer. Sin ustedes no sería nadie.

De igual manera le agradezco a mi Pame lo vivido y lo enseñado, por su ímpetu, fuerza, dedicación y organización. Fundamental en mí Licenciatura, también tuvo uno de los papeles más importantes de mi vida a este nivel. Gracias por crecer conmigo y ayudarme a seguir adelante. Gracias por aguantarme.

Para Apolo solo puedo decir: gracias mí amigo, porque la amistad como tal está expresada físicamente en ti. Paint it black.

Agradezco al Dr. Francisco Alonso Solís Marín por su apoyo, amistad y comprensión, que llegando al laboratorio sin conocerme me brindo la oportunidad de trabajar y crecer académicamente, muchas gracias Señor Solís, ya habrá dinero para más proyectos. Le doy las gracias al Dr. Alfredo Laguarda Figueras por su revisión concisa de lo escrito y creer en mí. También quiero agradecer: al Dr. Arturo Carranza Edwards por su colaboración con el tema de sedimento el cuál sin su ayuda hubiera sido muy complicado obtener, y perdón por los dolores de cabeza; al Dr. Roberto Arreguín Espinosa por su insistencia y observaciones tan valiosas en los tutorales y al Dr. Alejandro Granados Barba por ayudarme a centrarme en el tema y por sus valiosos comentarios, muchas gracias Alex por ponerme los pies en la tierra desde el comienzo de la tesis.

Quiero agradecerle al Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez por su ayuda en la obtención de los parámetros fisicoquímicos, ya sea en campo con el hydrolab y en laboratorio con el procesamiento de las muestras. Muchas gracias por todo.

Le doy las gracias al M. en C. Eduardo Alfredo Morales de la Garza por su colaboración y guía en la elaboración de los análisis granulométricos, así como a la Dra. Laura Sanvicente Añorve que me ayudo en el momento preciso con el análisis estadístico. Gracias por brindarme parte de su valioso tiempo. Igualmente le agradezco a Quetzalli Guzmán Melo por su ayuda y conocimientos en la Histología, así como por el préstamo de sus imágenes.

Agradezco al CONACYT por su apoyo en la realización del presente proyecto. Le doy las gracias a todas las mujeres encargadas del trabajo sucio en el Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología: Chantal, Diana, Gaby y Lupita, gracias a ustedes la vida se facilita y es más amena en el Posgrado.

Quiero agradecerle al Dr. Francisco Sour Tovar por su amistad y ayuda proporcionada, ya que desde siempre me ha brindado tiempo aunque no lo tenga, así como su

dedicación. Muchas gracias por seguirme teniendo presente Francisco. Así mismo, le doy las gracias a la Dra. Sara Alicia Quiroz Barroso, por ser un encanto de mujer siempre dispuesta a ayudar.

Igualmente tengo que agradecerle a las personas que de una u otra manera han estado conmigo y sé que siguen ahí aunque no a todos los pueda ver, gracias por su amistad: Rafa, Tona, Anita, Alexa, Yoatzin, Cin, Sybyl, Lluvia, Yamela, Carlitos, Abraham, Liz, Luz, Adri, Clau, Fa, Wendy, Mari, José, Ethel, Tali, Arte, Dolores, Adriana y Marisol; aquí tengo que anexar también a alguien más: Ivonchis (gracias por apoyarme siempre y también por ir al concierto de Evanescence), Chiva (amiga y apoyo en un pequeño jarrito) y Karlita (siempre haciéndome repelar).

Como olvidar al Equipo de Buceo de la Facultad de Ciencias, es un orgullo trabajar con ustedes y compartir su amistad, pero lo mejor es que no me dejaron solo en las fantásticas salidas a Acapulco: Magui, Pato, Emman, Chiva, Martha, Ceci, Miss, Negro, Man, Omar y por supuesto mi Pambo. Gracias por las comidas saliendo de la alberca, las fiestas, las pláticas, los desayunos en sábado, las cenas después de las.....juntas, los buceos de otro nivel, el ejercicio, los juegos de apnea al termino de la clase de alberca y sobre todo por permitirme aprender en diferentes formas. Carpe Diem.

En mi tesis de Licenciatura les agradecí a mis pequeños su amistad y amor brindado a cada momento durante toda su vida y de nuevo se los agradezco de todo corazón, únicamente quiero mencionar a Laika, Dolly y Amy como las niñas que siempre recordaré. Y para Sandy, Estopa y Keisy: vamos adelante chamaquitos incondicionales.

Finalmente quiero agradecer a mis compañeros del Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos por su ayuda y momentos amenos que pasamos, aunque no muchos, pero los pasamos: Magui, Quetza, Ale, Alexa, Cin, Caro, Jessy, Pablito, Ángeles, Julio y la M. en C. Alicia Durán. Gracias a todos.

Crea tu propia definición de éxito. Si estas haciendo aquello que amas, enorgullécete. Si no lo estás haciendo, pregúntate porqué.

Kim Goad

Hay hombres grandes que hacen a los demás sentirse pequeños. Pero la verdadera grandeza de un hombre consiste en hacer que todos se sientan grandes.

Charles Dickens

La vida no esta gobernada solo por voluntades o intenciones. La vida es una cuestión de nervios, fibras y células donde la pasión esconde su sueño.

Oscar Wilde

Cuando le dedicamos toda nuestra atención a algo hasta una brizna de pasto se convierte en un mundo misterioso, extraordinario, indescriptiblemente magnífico.

Henry Miller

Aprende del árbol y deja caer las hojas secas del pasado para que abonen el suelo, donde tus raíces preparan el futuro.

René Trossero

Solo cerrando las puertas detrás de uno se abren las ventanas hacia el porvenir.

Françoise Sagan

Amplitud de nicho alimentario, utilización de sedimento, reproducción y distribución de *Meoma ventricosa grandis* Gray 1851, (Echinodermata: Brissidae) en el canal Boca Chica, Acapulco, Guerrero, México.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.	
I. Objetivo General.....	6
II. Objetivos Particulares.....	6
ANTECEDENTES.	
I. Nicho alimentario.....	6
II. Relación animal-sedimento.....	7
III. Reproducción.....	10
IV. <i>Meoma ventricosa</i>	12
ÁREA DE ESTUDIO.	
I. Ubicación.....	13
II. Características generales.....	14
MÉTODO.	
I. Trabajo de campo.....	14
II. Trabajo de laboratorio	
a) Amplitud de nicho alimentario.....	17
b) Tratamiento para obtención de textura.....	18
c) Tratamiento para obtención de amonio.....	21
d) Tratamiento para obtención de nitritos.....	21
e) Tratamiento para obtención de nitratos.....	22

f) Tratamiento para obtención de fosfatos.....	23
g) Tratamiento para obtención de materia orgánica.....	24
h) Reproducción	
1) Índice gonádico.....	25
2) Histología.....	25
i) Análisis de variables.....	28
RESULTADOS.....	30
I. Amplitud de nicho alimentario.....	31
II. Tallas de individuos.....	33
III. Textura.....	36
IV. Materia orgánica.....	41
V. Reproducción	
1) Índice gonádico.....	42
2) Histología.....	44
VI. Índice gonádico comparado con nutrientes y parámetros hidrológicos.....	45
VII. Índice gonádico comparado con materia orgánica.....	48
VIII. Análisis de regresión por árboles.....	50
DISCUSIÓN.....	53
CONCLUSIONES.....	60
LITERATURA CITADA.....	61

Amplitud de nicho alimentario, utilización de sedimento, reproducción y distribución de *Meoma ventricosa grandis* Gray 1851, (Echinodermata: Brissidae) en el canal Boca Chica, Acapulco, Guerrero, México.

RESUMEN

La utilización de sedimento y amplitud de nicho alimentario se han considerado para establecer una correlación directa entre diferentes organismos marinos bentónicos y el hábitat específico en el que se desenvuelven. Los factores físicos y químicos son los principales influyentes para dicha relación. Para establecer una correspondencia del animal con su entorno deben considerarse el sedimento, la alimentación y la reproducción.

En el presente trabajo se estudia la relación que existe entre el erizo irregular *Meoma ventricosa grandis* y su hábitat en el Canal Boca Chica, Acapulco, Guerrero. Se obtuvieron nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, salinidad, temperatura, turbidez, textura, materia orgánica de sedimentos, de nieve oceánica y de tractos digestivos. El presente estudio es la primera vez que se hace en México, por todas las variables obtenidas y la especie con la que se relacionaron.

Los resultados demuestran una selectividad por ciertos factores, principalmente a diferentes tamaños del animal. Se observó poca selectividad del animal por un determinado tamaño de grano, considerándose como un factor secundario para la selectividad de un sustrato. Los recursos nutritivos determinaron la amplitud del nicho alimentario, delimitando en parches establecidos a los individuos de *M. ventricosa grandis*. Según el índice gonádico y la histología de gónadas su ciclo reproductivo es asincrónico, oscilando paralelamente con el aporte nutritivo del área de estudio, por todo lo anterior, se considera a la amplitud del nicho alimentario como el factor determinante en la reproducción y distribución de *M. ventricosa grandis* dentro de su hábitat.

INTRODUCCIÓN.

El concepto de nicho, según Odum (1983), se define como “el papel que representa cada componente en una red de transporte de energía”, esta definición se relaciona con los impactos y papeles llevados a cabo por las especies en el ambiente (Macarthur y Levins, 1967). Las diversas especies de una comunidad dependerán de diferentes factores que les permitan estar en equilibrio, como: los recursos utilizados por una especie (amplitud de nicho), el uso de los recursos por dos o más especies que convivan en el mismo biotopo (límites de similitud) y la cantidad de recursos disponibles para la comunidad (Hespenheide, 1975); asimismo, las respuestas locales de crecimiento individual y poblacional estarán influenciadas por las condiciones ambientales locales (Odum, 1983; Pulliam, 2000).

La preferencia de una especie por un hábitat o un sitio de reproducción en particular dependerán de la presencia de uno o más recursos alimentarios específicos, los cuales determinarán la amplitud del nicho alimentario de dicha especie (Klinger *et al.*, 1994; Krebs, 1999). El nicho alimentario se establece por la cantidad de recursos consumidos por una especie en el área que habita (Hespenheide, 1975), determinando la presencia de un organismo en cierto hábitat, debido a que en el encontrará los recursos esenciales para llevar a cabo su ciclo de vida.

Las características ambientales contribuyen a la selectividad de las especies por un hábitat particular, estableciendo una correlación entre estas y su medio (Lassau *et al.*, 2005). En el bentos marino, uno de los ambientes más extensos de los fondos oceánicos se encuentran invertebrados macrofaunales que dominan la biomasa bentónica (Hunter y Micheli, 2001), siendo los equinodermos el grupo más importante de la epifauna errante (Gage y Tyler, 1999; Brusca y Brusca, 2003).

La utilización del sustrato por los animales bentónicos está fuertemente influenciada por la amplitud del nicho alimentario, ya que utilizan dichos sedimentos por sus características fisicoquímicas y su composición nutritiva (Ricciardi y Bourget, 1999; Pinedo *et al.*, 2000; Hunter y Micheli, 2001; Rizzo y Amaral, 2001). Los parámetros fisicoquímicos comprenden: tamaño de grano, estabilidad y porosidad del sustrato, salinidad, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto y partículas inorgánicas (Hunter y Micheli, 2001; Rizzo y Amaral, 2001).

La distribución de los sedimentos está influenciada por la hidrodinámica, que propicia la formación de diferentes hábitats que son ocupados por distintos organismos (Hunter y Micheli, 2001), ya que controla entre otras cosas: la distribución del tamaño de grano que permite la elaboración de madrigueras y galerías, el contenido orgánico del sedimento, la difusión de oxígeno a través de los sedimentos, los patrones que facilitan el establecimiento larval y la sucesiva colonización. Asimismo puede favorecer el crecimiento y supervivencia de larvas planctónicas por influir en la temperatura, salinidad y viabilidad del alimento (Snelgrove y Butman, 1994; Pomory *et al.*, 1995; Ricciardi y Bourget, 1999; Pinedo *et al.*, 2000; Hunter y Micheli, 2001). Las larvas de invertebrados bentónicos son transportadas hasta encontrar un sitio adecuado con los requerimientos alimentarios necesarios para establecerse, llevar a cabo su metamorfosis y madurar (Birkeland *et al.*, 1971; Cameron y Schroeter, 1980; Hunter y Micheli, 2001; Snelgrove *et al.*, 2001).

Al ser la composición nutritiva del sedimento parte importante de esta selección, la materia orgánica (MO) intersticial, representa el mayor recurso en el nicho alimentario de los detritívoros por contener materia animal y vegetal, fragmentos de algas, huevos de crustáceos, microorganismos (bacterias, diatomeas, protozoarios, foraminíferos, cocolitofóridos, dinoflagelados) y conglomerados fecales de diferentes animales (Massin, 1982; De Ridder y Lawrence, 1982). Dicha MO es consumida por la endofauna de manera activa o pasiva, por: larvas, juveniles y adultos (Snelgrove y Butman, 1994). Existe una estacionalidad en la caída y acumulación de MO de la superficie al fondo marino, acumulándose las partículas de detritos en el sedimento (fitoplancton o material residual, nieve marina, heces de zooplancton y bacterias) generadas por la alimentación de diversos organismos, la descomposición y otros procesos originados en la columna de agua (Hunter y Micheli, 2001). Esta producción es mayor en zonas costeras (Martínez-Córdova, 1998). La MO puede ser de origen autóctono (material local) o alóctono (transportada por corrientes oceánicas o canales fluviales) (Rizzo y Amaral, 2001), siendo consumida por taxa marinos (excepto artrópodos y cordados) al estar diluida en el medio: diferentes equinodermos la pueden absorber disuelta como aminoácidos libres (Brusca y Brusca, 2003).

Este flujo de MO derivada de la superficie es un factor que contribuye en el control de crecimiento y reproducción de los invertebrados, en particular de equinodermos;

reconociéndose por similitudes entre los períodos de desove con la productividad del medio (Minor y Scheibling, 1997; Wigham *et al.*, 2003), por lo tanto, los procesos reproductivos dependerán de la amplitud del nicho alimentario. En el Filo Echinodermata, la espermatogénesis y la ovogénesis tienen una formación ordenada de células germinales, por medio de una secuencia precisa de cambios citológicos (Walker, 1982); debido a esto, en dicho grupo los procesos reproductivos son sensibles a la disponibilidad de energía en el ambiente (Ramírez-Llodra *et al.*, 2002), y puede modificarse por aspectos fisicoquímicos como la disponibilidad de nutrientes y alimento (Walker, 1982; Martínez-Córdova, 1998; Shiell y Uthicke, 2006), el oxígeno (Marinelli y Woodin, 2002), el fotoperiodo (Muthiga y Jaccarini, 2005), la salinidad (Martínez-Córdova, 1998; Guzmán *et al.*, 2003), la temperatura (Ramofafia *et al.*, 2001; Guzmán *et al.*, 2003), la precipitación y las fases lunares (Byrne *et al.*, 1998; Guzmán *et al.*, 2003; Muthiga, 2005). El ciclo reproductivo de los invertebrados puede conocerse con el Índice Gonádico (IG), ya que es una medida de cambios relativos en el peso de las gónadas a través del tiempo, siendo usado en erizos desde 1934 (Moore) y está basado en que la maduración y el desove coinciden con el peso máximo gonadal (Williamson y Steinberg, 2002). La reproducción de los equinoideos está controlada por la unión de factores endógenos y ambientales (Byrne *et al.*, 1998) y dependiendo de su estadio reproductivo y disponibilidad de recursos del nicho se alimentarán, migrarán o vivirán en ciertas áreas.

Dentro de la Clase Echinoidea se encuentra el género *Meoma* del Orden Spatangoida, considerado el brisido mejor distribuido en aguas mexicanas (Solís-Marín y Buitrón-Sánchez, 1993), el cuál está representado por las subespecies *Meoma ventricosa grandis*, distribuida en las aguas tropicales del Océano Pacífico Americano, de Baja California Sur, México hasta el Ecuador (Mortensen, 1951; Solís-Marín y Buitrón-Sánchez, 1993; Solís-Marín *et al.*, 1997) y *Meoma ventricosa ventricosa*, habitante del Océano Atlántico, de Florida, EUA hasta Brasil (Mortensen, 1951; Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín *et al.*, 1997; Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999; Abreu *et al.*, 2000). La diferenciación de estas dos subespecies representa un problema, ya que morfológicamente son muy similares. En trabajos anteriores (Mortensen, 1951; Chesher, 1969; Solís-Marín *et al.*, 1997) solo se han diferenciado por ciertas características representativas como: la forma de la línea lateral de la testa, la anchura del peristoma, la forma del periprocto y la distancia de

la porción baja del periprocto a la porción adoral de la fasciola subanal (Solís-Marín *et al.*, 1997). De acuerdo a Mortensen (1951) en su descripción global del genero, solo se presentan tres orificios de filodios a cada lado de las placas 7-9, sin mencionar diferencias numéricas de estos orificios entre las dos subespecies, en el presente trabajo se observó que el número de filodios de cada subespecie es diferente: *M. ventricosa ventricosa* presenta tres orificios durante todo su crecimiento y *M. ventricosa grandis* cuatro, solo antes de alcanzar los 100 mm de longitud total de testa (Torres-Martínez y Solís-Marín, en prensa), incrementando el conocimiento de las diferencias entre estas subespecies.

M. ventricosa grandis habita en cuatro principales hábitats: planicies de arena con fragmentos de conchas desprovistas de vegetación (Hendler *et al.*, 1995; Bravo-Tzompantzi *et al.*, 1999), zonas arenosas de aguas someras con pastos y parches de coral, arrecifes de coral y zonas arenosas profundas, encontrándose en parches claramente definidos (Chesher, 1969; 1970). Su facilidad de enterramiento se debe a la mucosidad liberada por la fasciola peripétala, al adherirse a los granos de arena y formar una pared continua a su paso; siendo este proceso de vital importancia para la respiración, locomoción y drenaje en el área intersticial (Chesher, 1969; De Ridder y Lawrence, 1982). En el sustrato se pueden observar caminos continuos de sedimento digerido, lo que sugiere una alimentación constante (Chesher, 1969; De Ridder y Lawrence, 1982; Scheibling, 1982).

La distribución espacio-temporal de *M. ventricosa grandis* puede depender del tamaño corporal, condición gonadal, composición del sustrato, acción de las corrientes y presumiblemente la temperatura del agua (Chesher, 1969); por lo que es necesario considerar en el presente estudio determinadas características ecológicas que puedan modular el nicho alimentario de la especie.

Hasta la fecha, en México no se había realizado un trabajo similar con el objeto de conocer las características ecológicas en las que se desarrolla esta subespecie. Debido a que el conocimiento sobre la ecología descriptiva de *M. ventricosa grandis* es muy escaso, esta investigación se dedicó a conocer las características ambientales que influyen en la amplitud del nicho alimentario, la reproducción y la distribución de la subespecie. En este contexto, se plantea el presente trabajo.

OBJETIVOS.

Objetivo General.

Conocer la amplitud del nicho alimentario de *Meoma ventricosa grandis* de acuerdo a su preferencia por determinados sedimentos, caracterizando su reproducción en relación a su distribución y manejo del sustrato arenoso en el Canal Boca Chica de Acapulco, Guerrero.

Objetivos Particulares.

1. - Determinar la amplitud del nicho alimentario de *M. ventricosa grandis*.
2. - Conocer los límites de distribución espacio-temporal de *M. ventricosa grandis* según su selección de sedimento dentro del área de estudio.
3. - Conocer las preferencias alimenticias y sedimentológicas de *Meoma ventricosa grandis*.
4. - Caracterizar el ciclo y las etapas reproductivas de *M. ventricosa grandis*.
5. - Conocer las interacciones presentes entre el ciclo reproductivo de *M. ventricosa grandis* con los parámetros de temperatura, salinidad, turbidez, oxígeno disuelto, MO, textura y nutrientes (fosfatos, nitratos, nitritos, amonio).
6. - Determinar los parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, turbidez, oxígeno disuelto, MO, textura, fosfatos, nitratos, nitritos, amonio) que influyen en la distribución de *M. ventricosa grandis*.

ANTECEDENTES.

Nicho alimentario.

De acuerdo a lo expresado, el concepto de nicho se ha modificado con el tiempo, tal como lo cita Pulliam (2000), haciendo mención que Hutchinson (1957) y Colwell (1992) utilizan la palabra nicho para referirse a los requerimientos ambientales de una especie en particular, y autores anteriores como Grinnell (1917) y Elton (1927) lo emplearon para referirse al territorio ambiental que soporta a las especies; con el propósito de aclarar lo anterior Hutchinson (1957) menciona: “las especies tienen nichos, los ambientes no”. Por lo tanto, en el presente trabajo se utilizó la definición de Hutchinson (1957): el nicho es el papel llevado a cabo por una especie en un ambiente particular.

Para determinar la distribución de un organismo bentónico es necesario utilizar la amplitud del nicho alimentario, siendo muy pocos los trabajos relacionados al tema como los de Klinger *et al.* (1994) que observaron la amplitud y solape de nicho alimentario en holoturios aspidoquirótidos, estudiando el tipo de alimento consumido y la cantidad y calidad de heces depositadas. Iken *et al.* (2001) utilizaron isótopos estables para medir la amplitud de nicho alimentario en diferentes especies marinas, analizando las tramas tróficas del mar profundo. Posteriormente, Ortíz *et al.* (2003) estudiaron el solape del nicho alimentario de la estrella de mar *Meyenaster gelatinosus* y la vieira *Argopecten purpuratus*, realizando una comparación de presencia-ausencia entre especies.

La amplitud de nicho alimentario en el bentos marino se relaciona con la disponibilidad de recursos en el ambiente, como la MO y los niveles de nutrientes, por esto los organismos presentan una estrecha relación de animal-sedimento, que obliga a las especies a ubicarse en zonas determinadas del fondo marino, ésta predilección puede ser favorecida por parámetros hidrológicos como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y turbidez.

Relación animal-sedimento.

La relación animal-sedimento en el bentos se ha estudiado a través de los años con diferentes enfoques, tomando ciertos parámetros físicoquímicos para relacionarlos con poblaciones de organismos bentónicos, buscando cuáles son las principales influencias en el establecimiento y la supervivencia de un animal en un área particular, es decir, en su nicho alimentario. Existe un gran número de trabajos relacionados con el tema, como el de Young y Rhoads (1971), en donde por medio de un transecto estudiaron las diferentes especies bentónicas de la localidad y el tipo de sustrato en donde habitaban. Rhoads y Young (1971) observaron la conducta ecológica del holoturio *Molpadia oolitica* en su medio, con respecto a distribución, alimentación y bioturbación.

En 1980, Cameron y Schroeter observaron la distribución de los erizos *Strongylocentrotus purpuratus* y *S. franciscanus* en distintos sedimentos, considerando la selección de sustrato, la mortalidad juvenil temprana y la migración juvenil como los efectos principales de su distribución. Para 1982, Highsmith describió la influencia de diferentes factores biológicos y físicoquímicos en el establecimiento larval del erizo

irregular *Dendraster excentricus*, relacionándolo principalmente con la conducta larval y los elementos bióticos; en donde hace mención de la hidrodinámica como parte importante en la relación animal-sedimento. En 1986, Méndez-Ubach *et al.* demostraron la importancia de la granulometría en la distribución de los organismos bentónicos; en este trabajo consideran la MO como un factor determinante para la distribución de los organismos. En 1987, Telford *et al.* trabajaron con dos especies del erizo *Clypeaster*, relacionando la función de estructuras como podios y espinas de las especies con el sedimento y la alimentación.

Al pasar el tiempo se consideraron otros factores fisicoquímicos que pudieran explicar la selección del sustrato por organismos bentónicos, siendo hasta 1994 que Snelgrove y Butman propusieron que la hidrodinámica del medio y el asentamiento de MO en los sedimentos deberían considerarse como las fuerzas primarias, y la profundidad y el tamaño de grano como las fuerzas secundarias en la distribución de las especies bentónicas, basando su teoría en pruebas de campo y laboratorio realizadas con el bivalvo *Mercenaria mercenaria* y el poliqueto *Owenia fusiformis*. Así, en 1994, Hall discute la relación de organismos bentónicos con su medio, dándole mayor importancia a la hidrodinámica y al sustrato particular que debe presentar características indispensables para que una especie no sea desplazada por algún disturbio provocado por factores físicos (corrientes, mareas, tormentas, etc). Caso *et al.* en 1994, realizaron un estudio de equinodermos y el sedimento de su predilección, encontrando una preferencia por un tipo de sustrato, temperatura y salinidad. En 1995, Pomory *et al.* experimentaron con el erizo irregular *Mellita tenuis* en laboratorio y su relación con cuatro diferentes tipos de sedimento, observando una tendencia por cierto tamaño de grano en ausencia de procesos hidrodinámicos y orgánicos. En 1996, Snelgrove *et al.* comprobaron la utilidad de los parches de alimento en el mar profundo como escenarios atractivos para diferente fauna, sugiriendo que los efectos de los parches de MO pueden persistir por años en este hábitat. Méndez-Ubach y Green-Ruiz en 1998 trabajaron con poliquetos y su relación con el tamaño de grano y contenido orgánico del sedimento, basando su estudio en tres variables abióticas como la profundidad, el tamaño de grano y la MO; mientras que Hollertz *et al.* (1998) trabajaron con las interacciones entre el erizo *Brissopsis lyrifera* y la ofiura *Amphiura chiajei* con el sedimento que habitaban, realizando experimentos sobre MO, densidades y crecimiento en

relación a la presencia-ausencia de cada especie. Para 1999, Ricciardi y Bourget describieron la importancia de la latitud, la temperatura, el tamaño de grano, el desnivel intersticial y las mareas en la biomasa de comunidades intersticiales marinas.

Para el 2000, Pinedo *et al.* describieron el efecto del tamaño de grano sobre la colonización del poliqueto *Owenia fusiformis*, encontrando una estrecha relación entre los diferentes estadios del anélido y el sustrato que habitaba; siendo el alimento el factor más importante para la distribución de los organismos; también, James (2000) distinguió la relación del erizo *Toxopneustes roseus* con el sustrato que habita, encontrando que la conducta de movilidad de esta especie es modificada debido a la cantidad y calidad de alimento. Barnes y Villiers (2000) estudiaron la relación entre la abundancia animal bentónica de una laguna costera con el sedimento, la clorofila y la MO, encontrando que no existe una relación significativa con la biomasa de clorofila en el ambiente. En el 2001, Bergen *et al.* obtuvieron datos de una comunidad bentónica con el objetivo de conocer el papel desempeñado por la profundidad, el tamaño de grano de sedimento y la latitud; así mismo, en el 2001, Newell *et al.* trabajaron en la relación del sedimento con la estructura de una comunidad biológica, tomando el tamaño de grano como el principal factor de la relación, observaron que este elemento no es el único en determinar la composición de una comunidad macrobentónica. Snelgrove *et al.* (2001) realizaron experimentos relacionados a la selección de hábitat bentónico durante la colonización, agregando que la comunidad local ya establecida influye fuertemente en la selección de hábitat. Marinelli y Woodin en el 2002 tomaron factores como: la colonización, la fisicoquímica del sedimento y los disturbios físicos, manipulando organismos como el bivalvo *Mercenaria mercenaria* y el poliqueto *Arenicola cristata*; afirmando que las propiedades biogeoquímicas de los sedimentos son determinantes en la colonización. En el 2005, Quijón y Snelgrove observaron la asociación de poliquetos con el tamaño de grano en relación a diversos factores como: estrategias de dispersión, viabilidad alimenticia, la depredación epibentónica, las interacciones con endofauna residente y los disturbios físicos. Caeiro *et al.* (2005), realizaron un estudio de biotopos bentónicos para clasificar hábitats por medio de mapas de tipos de sedimento, calculando los parámetros fisicoquímicos del sedimento y tomando en cuenta la profundidad, textura, oxígeno disuelto y potencial redox. Para el 2006, Lundquist *et al.* revisaron las condiciones primordiales en la colonización de

invertebrados bentónicos macrofaunales, utilizando trampas de sedimento como herramienta de investigación en la MO y organismos; asimismo, Steiner y Williams (2006) trabajaron sobre la distribución en parches del erizo *Diadema antillarum*, donde observaron la preferencia de hábitat según factores bióticos y abióticos del medio. Santos y Flammang en el 2007 estudiaron la relación de tres especies de erizo (*Arbacia lixula*, *Paracentrotus lividus* y *Sphaerechinus granular*) y el sustrato que habitan, analizando la influencia de las fluctuaciones hidrodinámicas, la tenacidad (firmeza del animal en el sustrato), las variaciones de tenacidad entre poblaciones y morfometría de los erizos. Asimismo, Walker (2007) se dedicó a determinar el efecto del sedimento fino en la colonización y supervivencia del erizo *Evechinus chloroticus*, encontrando que el sedimento fino no solo tiene la función de alimento, sino que es un controlador de la colonización, ya que al aumentar, la sedimentación puede evitar el asentamiento de larvas o puede enterrarlas.

Para realizar una apreciación eficiente del nicho alimentario es necesario considerar además del concepto animal-sedimento, la reproducción de los organismos bentónicos, ya que puede verse afectada por cambios en los elementos anteriormente mencionados.

Reproducción.

Para conocer el ciclo y los picos reproductivos de los equinodermos se puede obtener el IG, la morfología de la gónada, la histología gonadal, la proporción sexual y la frecuencia de tamaño de ovocitos.

Algunos trabajos sobre la reproducción de equinodermos son los de Pain *et al.* (1982) con *Hymenaster membranaceous*, Ramírez-Llodra *et al.* (2002) con la biología reproductiva de estrellas porcellanasteroideas, Williamson y Steinberg (2002) con el ciclo reproductivo del erizo *Holopneustes purpurascens*, MacCord y Ventura (2004), con el ciclo reproductivo del erizo *Cassidulus mitis* y Shiell y Uthicke (2006) con la reproducción del pepino de mar *Holothuria whitmaei*.

Trabajos más específicos en reproducción y su relación con características ambientales son los de Byrne *et al.* (1998) quienes estudiaron la reproducción del erizo *Centrostephanus rogersii* en tres localidades de Australia, observando la influencia del hábitat sobre sus rendimientos reproductivos y de desove; Ramofafia *et al.* (2001), estudiaron la biología reproductiva de *Actinopyga mauritiana*, realizando una comparación

del ciclo reproductivo con respecto a la temperatura; Guzmán *et al.* (2003), trabajaron el ciclo reproductivo de los holoturios *Isostichopus badionotus* y *Holothuria mexicana*, con relación a la temperatura del medio; Wigham *et al.* (2003) analizaron la biología reproductiva del holoturio abisal *Amperima rosea*, encontrando que la MO tiene un impacto importante sobre los procesos reproductivos; Muthiga y Jaccarini (2005) observaron los patrones reproductivos anuales de *Echinometra mathaei*, comparando la gametogénesis con la periodicidad lunar, la temperatura, la luz, la clorofila y la densidad de la población; Muthiga (2005) estudió el efecto de las estaciones y la periodicidad lunar sobre la reproducción del erizo *Tripneustes gratilla*; Pastor-de-Ward *et al.* (2007) trabajaron con la biología reproductiva del asteroideo *Cosmasterias lurida*, relacionándola con los cambios estacionales anuales.

A su vez, se han realizado diferentes trabajos dedicados meramente a la ecología reproductiva de los equinodermos, relacionando los picos de madurez gonadal y desove con las propiedades alimenticias del medio que los rodea. Tyler y Billett (1987), describen la ecología reproductiva de holoturios elasiopodidos, la morfología del ovario y testículo y la ovogénesis y espermatogénesis; también realizaron un análisis bioquímico y calórico de las gónadas con relación a la distribución del tamaño de los adultos. Levitan (1989) trabajó con *Diadema antillarum*, e hizo énfasis en la alimentación como factor principal del crecimiento corporal y gonádico de los organismos, encontrando que la densidad poblacional afecta el crecimiento gonádico y el desove. Levitan (1991) estudió la producción de gametos de *Diadema antillarum* y su relación con el tamaño corporal, observando que: a) un gran tamaño corporal con una alta producción individual de gametos en una densidad de población baja y b) un tamaño corporal pequeño con una producción baja de gametos en altas densidades de población; asimismo, Levitan *et al.* (1992) trabajaron con los factores influyentes en la fertilización del erizo *Strongylocentrotus franciscanus*, encontrando que la fertilización disminuye con la rápida dilución del esperma. Minor y Scheibling (1997) estudiaron al erizo *Strongylocentrotus droebachiensis*, demostrando que la alimentación del animal puede reforzar el crecimiento y la reproducción de este equinoideo. La reproducción en los equinodermos se ha estudiado frecuentemente y desde diferentes puntos de vista, sin embargo, aún se requieren estudios más consistentes.

Por lo anterior en el presente trabajo se estudia el ciclo reproductivo de *Meoma ventricosa grandis*, su nicho alimentario y su relación con el ambiente; ya que los trabajos concernientes a *M. ventricosa*, aunque importantes y útiles, son insuficientes y se refieren principalmente a *M. ventricosa ventricosa*.

Meoma ventricosa.

El erizo irregular *Meoma ventricosa* de aguas tropicales americanas, ha sido estudiado de manera taxonómica, biológica y conductual. Uno de los primeros trabajos fue el de Mortensen (1951), donde describe a *M. ventricosa grandis*.

Chesher en 1969, describió las características biológicas, ecológicas, reproductivas, patológicas y conductuales generales de *Meoma ventricosa ventricosa*.

Para 1975, Kier realizó una pequeña descripción de los individuos encontrados en Belice de *Meoma ventricosa ventricosa*, presentando diagramas de las placas de la testa en la subespecie, tanto de los individuos juveniles como de los adultos.

En 1981, Hammond realizó un análisis acerca de la modificación del tamaño de grano de sedimento con carbono biogénico al pasar a través del tracto digestivo de holoturios y equinoideos irregulares, siendo *Meoma ventricosa ventricosa* uno de estos; así mismo, Hammond (1982) describió los patrones de actividad y alimentación de holoturios y equinoideos irregulares (entre estos *Meoma ventricosa ventricosa*), observando la influencia de la depredación, los disturbios físicos, la regulación de flujos de nutrientes entre los sedimentos y las actividades de la microfauna. Scheibling (1982) estudió el uso y la bioturbación de sedimento por la estrella de mar *Oreaster reticulatus* y *Meoma ventricosa ventricosa*. De Ridder y Lawrence (1982) elaboraron una descripción de las diferentes características relacionadas con la alimentación de erizos regulares e irregulares, tomando en cuenta el tipo y selección de alimento y los mecanismos de alimentación; en este trabajo consideraron a *Meoma ventricosa ventricosa* uno de los spatangoideos más representativos del grupo.

En 1995, Hendler *et al.* describieron de manera breve los equinodermos presentes en el Caribe, mencionando algunas características biológicas y ecológicas de *Meoma ventricosa ventricosa*. El último trabajo realizado hasta la fecha es el desarrollado por Solís-Marín *et al.* en 1997, donde se dedicaron a separar las dos subespecies de *Meoma*

ventricosa: *Meoma ventricosa ventricosa* (Atlántico) y *Meoma ventricosa grandis* (Pacífico), basándose en su morfología, sistemática y distribución.

ÁREA DE ESTUDIO.

Ubicación.

La Bahía de Acapulco tiene una extensión territorial de 1,882 km², representando el 2.6% de la superficie total del estado de Guerrero (Mayo-Vera, 2004); sus límites geográficos se sitúan entre los 17°14' N, 16°41' S, 99°29' E y 100°00' O (INEGI, 2000; 2005). Colinda al NO con el Municipio de Coyuca de Benítez, al N con Chilpancingo de los Bravo, al NO con Juan R. Escudero, al E con San Marcos y del SO al SE colinda con el Océano Pacífico (INEGI, 2000).

El canal Boca Chica se localiza al S de Acapulco (16° 49' 812'' y 16° 49' 450'' N y 99° 54' y 99° 55' O); dentro del canal se encuentran las estaciones de estudio: Estación 1 ("La Playa") ubicada a 16° 49' 812'' N y 99° 54' 062'' O, con una profundidad de 11.2 m, Estación 2 ("El Jardín") a 16° 49' 442'' N y 99° 54' 975'' O, con profundidad de 12 m, y Estación 3 ("Palmitas") situada a 16° 49' 443'' N y 99° 54' 734'' O, con una profundidad de 7.5 m (Fig. 1).



Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, en el canal Boca Chica, Acapulco de Juárez, Guerrero, México (Basado en INEGI, 2005).

Características Generales.

Al Municipio de Acapulco de Juárez según la clasificación de Köppen, le corresponde el grupo de clima tropical lluvioso con temperaturas que oscilan de 24 a 33 °C y lluvias en verano, con un registro de precipitación de 1,000-1,700 mm³ anuales (INEGI, 2000). La mayor precipitación generalmente se produce en el mes de septiembre.

Cuenta con dos lagunas costeras: Laguna de Pié de la Cuesta y Laguna de Tres Palos. Las mareas en la Bahía presentan una duración de seis horas cada una (pleamar y bajamar), estando abastecidas por el canal Boca Chica y el canal de la Yerbabuena, vaciándose más adelante por Punta Bruja. A su vez, las corrientes en la Bahía de Acapulco entran por el viento del Oeste, provocando que estas se peguen al cerro de las Brisas y fluyan por Punta Bruja. Las características geomorfológicas que dominan son Colinas Metamórficas, Planicies Aluviales, Barra Litoral, Laderas y Cumbres de Macizos Intrusivos (INEGI, 2000); la vegetación del Municipio está compuesta básicamente de bosque Tropical Caducifolio, bosque de Pino-Encino y bosque de Quercus, así como, vegetación Acuática y Subacuática (INEGI, 2000).

MÉTODO.

Trabajo de campo.

Consistió en once muestreos mensuales, de marzo 2006 a marzo 2007, con una duración de tres días en promedio cada salida. Los datos de temperatura, salinidad, turbidez y oxígeno disuelto se tomaron utilizando un HYDROLAB Data Sonde 3-HL002008. Las referencias geográficas se obtuvieron mediante un aparato posicionador GPS 12XL Garmin. Las muestras de agua, sedimento y material biológico se recolectaron manualmente mediante buceo SCUBA, con un tiempo de buceo establecido en 45 minutos para “La Playa” y “El Jardín” y 55 minutos para “Palmitas”. Se colocaron cinco trampas de nieve marina en cada estación, con una separación de 2 metros entre cada una de ellas, las cuales fueron remplazadas mensualmente (Fig. 2). Los erizos se recolectaron introduciendo directamente la mano en el sustrato para la remoción de arena, dejando al descubierto a los organismos, extrayéndolos mensualmente en la misma área (alrededor de las trampas de nieve marina). Para medir a que profundidad estaban enterrados los erizos y la profundidad del sedimento se utilizó una regla de plástico de 30 cm de longitud. La recolecta se estableció en diez individuos por estación. Después de extraer los diez individuos se les tomaron las medidas: largo, ancho y alto de la testa, largo y ancho del periprocto, y ancho del peristoma usando un Bernier Scala (0.1 mm) (Fig. 3). De los ejemplares obtenidos para cada estación, cinco de ellos se midieron *in situ*, mientras que los restantes se recolectaron para su posterior medición y disección en el laboratorio.

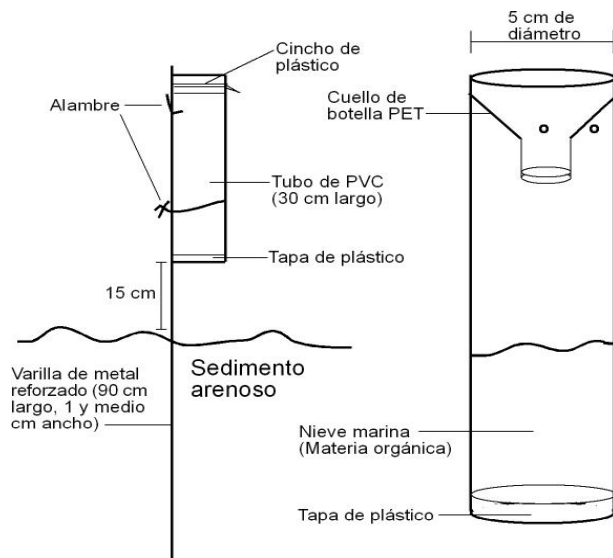


Figura 2. Diseño estructural de trampas para “Nieve Marina”.

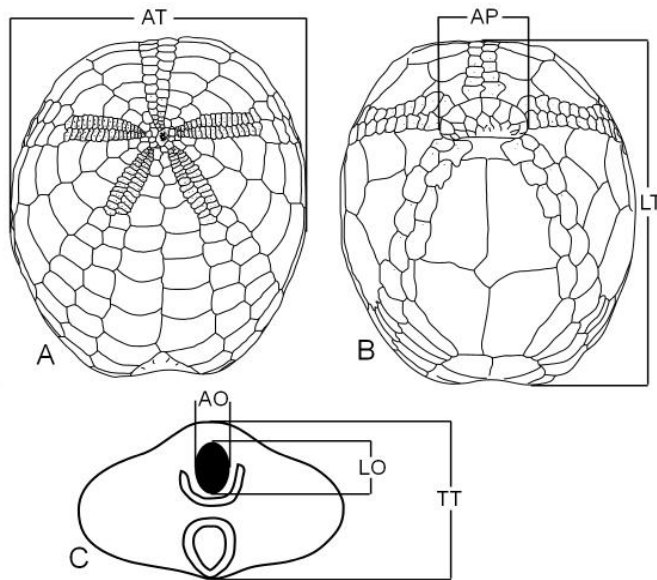


Figura 3. Esquematación de las medidas utilizadas en este trabajo de *M. ventricosa grandis*. **A.** vista dorsal; **B.** vista ventral; **C.** vista posterior. (AT) Ancho de testa; (LT) Largo de testa; (TT) Alto de testa; (AP) Ancho de peristoma; (AO) Ancho de periprocto; (LO) Largo del periprocto (Modificado de Kier, 1975 y David *et al.*, 1998).

Se obtuvo el peso corporal y se extrajeron tanto el tracto digestivo como las gónadas de cada ejemplar. Los tractos digestivos (Fig. 4) se depositaron en una bolsa por estación, posteriormente las tres bolsas fueron colocadas en hielo. Las gónadas se pesaron, etiquetaron y fijaron en formol preparado con agua de mar al 7%, preservándose más adelante en alcohol al 70% para su estudio correspondiente.

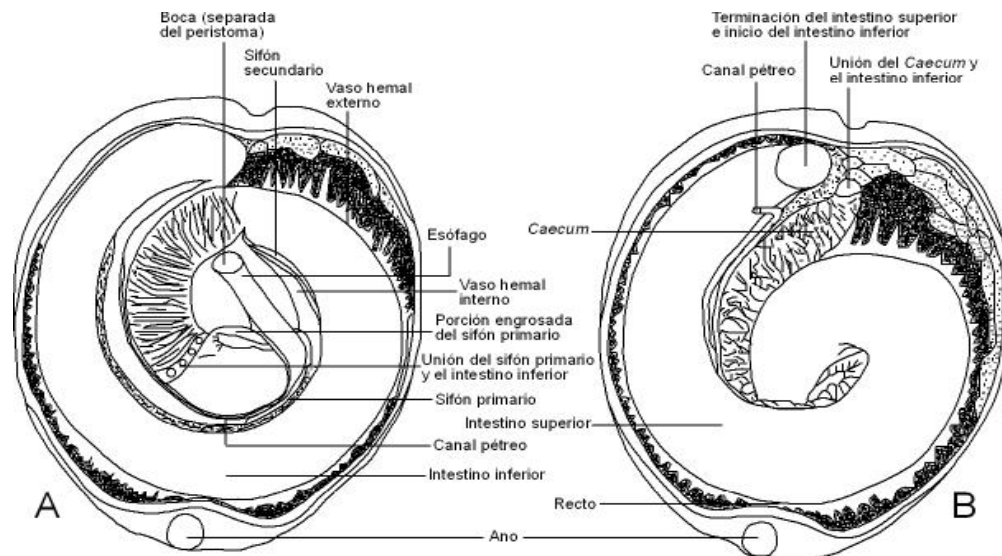


Figura 4. *Meoma ventricosa grandis* en corte longitudinal mostrando el tracto digestivo. **A.** Vista ventral asociada a la boca o peristoma; **B.** Continuación de la vista ventral (Modificado de Chesher, 1969).

A continuación se dio el tratamiento de fijación y preservación a las muestras de agua y sedimento para su posterior análisis fisicoquímico (Tabla 1).

El tratamiento dado a las muestras se realizó con el propósito de obtener en el sedimento: tamaño de grano, MO, hidrocarburos y metales pesados, y en el agua: nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos y amonio), metales pesados, clorofilas, hidrocarburos y alcalinidad.

Tabla 1. Tratamiento de fijación y preservación de agua y sedimentos marinos colectados en el Canal Boca Chica, Acapulco, Gro.

PARÁMETRO	CANTIDAD DE MUESTRA	FIJADOR	CONSERVACIÓN	OBSERVACIONES
AGUA		TEMPERATURA		
Nitratos	~5 ml	No	Frío	
Nitritos	~5 ml	No	Frío	
Fosfatos	~5 ml	Azida de Sodio	Ambiente	
Amonio	~30 ml	Fenol	Frío	1 gota de fijador
Clorofilas	1 litro	MgCO ₃	Frío	Filtrar agua y guardar filtro en aluminio
Alcalinidad	1 litro	No	Ambiente	
Metales Pesados	1 litro	Ácido Nítrico	Ambiente	
Hidrocarburos	4 litros	No	Ambiente	
SEDIMENTOS				
MO	1 kg	No	Frío	
Textura	200 gr	No	Ambiente	
Metales Pesados	1 kg	No	Frío	No exponer al sol
Hidrocarburos	1 kg	No	Ambiente	Con aluminio en tapa

Trabajo de laboratorio.

AMPLITUD DE NICHOS ALIMENTARIO.

La amplitud de nicho alimentario se determinó mediante el Índice de Levins (Krebs, 1999), usado para medir la uniformidad de la población entre el repertorio de recursos. Se siguió la fórmula siguiente:

$$B = \frac{1}{\sum p_j^2}$$

Donde:

B = Medición de Levins para Amplitud de Nicho

p_j = Proporción de individuos encontrados en ó utilizando un recurso

Para tener un resultado concreto y fácil de entender es necesario estandarizar el valor de amplitud de nicho y expresarlo en una escala de 0 a 1.0 (de manera ascendente). Cuando el valor es cercano a “0” todos los individuos se encuentran alimentándose de un solo recurso (amplitud de nicho mínima, máxima especialización) (Krebs, 1999), mientras que si el valor es más cercano a “1” representa que una especie tenderá a ser menos selectiva de los recursos a su disposición. Para esto se utilizó la fórmula de Hurlbert (Krebs, 1999):

$$B_A = \frac{B - 1}{n - 1}$$

Donde:

B_A = Estandarizado de Levins de amplitud de nicho

B = Medida de Levins de amplitud de nicho

n = Número de posibles recursos

Los valores de las medidas (Fig. 3) fueron utilizados para obtener y comparar el volumen de cada organismo (cm^3), usando el análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa estadístico STATVIEW SAS ver. 5.0. El volumen que se consideró para un organismo adulto fue de 200 cm^3 (Chesher, 1969).

Las muestras obtenidas en campo para textura, nutrientes y MO fueron procesadas, tratando cada parámetro según sus propios métodos. A continuación se describe cada tratamiento.

TRATAMIENTO PARA OBTENCIÓN DE TEXTURA.

Para conocer las preferencias de sedimento de *M. ventricosa grandis* se analizó la granulometría del sustrato que habitaba. Las muestras de sedimento recolectadas para textura fueron vertidas de sus bolsas a cápsulas de porcelana para su posterior desecación. El sedimento húmedo se introdujo en un horno de secado de circulación forzada a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas. Posteriormente, las muestras se separaron en materiales gruesos y finos en un

agitador Ro-Tap Testing Sieve Shaker, utilizando de una serie de tamices U. S. Standard de -3ϕ (Phi) a 4ϕ (Phi). Cada rango en milímetros del tamaño de grano es tomado como un valor Phi (Tabla 2), que según Folk (1980), es una manera mucho más conveniente de presentar datos que tengan valores expresados en milímetros.

Tabla 2. Escala de equivalentes de milímetros, Phi (ϕ) y clase por tamaño, para los diferentes tamaños de grano (Modificado de Folk, 1980).

Milímetros	Phi (ϕ)	Clase por tamaño	
16	-4	Grava	GRAVAS
4	-2	Gránulo	
3.36	-1.75		
2.83	-1.5		
2.38	-1.25		
2.00	-1.0		
1.68	-0.75	Arena muy gruesa	ARENAS
1.41	-0.5		
1.19	-0.25		
1.00	0.0		
0.84	0.25	Arena gruesa	
0.71	0.5		
0.59	0.75		
0.50	1.0		
0.42	1.25	Arena media	
0.35	1.5		
0.30	1.75		
0.25	2.0		
0.210	2.25	Arena fina	
0.177	2.5		
0.149	2.75		
0.125	3.0		
0.105	3.25	Arena muy fina	
0.088	3.5		
0.074	3.75		
0.0625	4.0		
0.053	4.25	Limo grueso	LIMOS

El material de cada tamíz fue pesado en una balanza analítica marca “Precision Standard OHAUS”. Con los datos se obtuvo el porcentaje en peso de cada tamíz y posteriormente los valores acumulados. En seguida, se graficaron los datos

granulométricos, determinando los porcentiles con los que se obtuvieron los parámetros estadísticos (Tabla 3), estableciendo con esto las características granulométricas de los sedimentos. Estos valores sirvieron para considerar las características de estabilidad del sustrato en cada área de muestreo.

Tabla 3. Fórmulas y límites de parámetros estadísticos (Tomado de Carranza-Edwards, 1986).

Parámetros y Fórmulas	Límites
Tamaño gráfico promedio $Mz = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84})/3$	Gránulo: -2 ϕ a -1 ϕ (4 a 2 mm) Arena muy gruesa: 1 ϕ a 0 ϕ (2 a 1 mm) Arena gruesa: 0 ϕ a 1 ϕ (1 a 0.5 mm) Arena media: 1 ϕ a 2 ϕ (0.5 a 0.25 mm) Arena fina: 2 ϕ a 3 ϕ (0.25 a 0.125 mm) Arena muy fina: 3 ϕ a 4 ϕ (0.125 a 0.0625 mm)
Desviación estándar gráfica inclusiva $\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$	Muy bien clasificado: menor de 0.35 ϕ Bien clasificado: 0.35 ϕ a 0.50 ϕ Moderadamente bien clasificado: 0.50 ϕ a 0.71 ϕ Moderadamente clasificado: 0.71 ϕ a 1.00 ϕ Mal clasificado: 1.00 ϕ a 2.00 ϕ Muy mal clasificado: 2.00 ϕ a 4.00 ϕ Extremadamente mal clasificado: mayor de 4.00 ϕ
Grado de asimetría gráfica inclusiva $SKi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$	Muy asimétrico hacia finos: +1.00 a +0.30 Asimétrico hacia finos: +0.30 a +0.10 Simétrico: +0.10 a -0.10 Asimétrico hacia gruesos: -0.10 a -0.30 Muy asimétrico hacia gruesos: -0.30 a -1.00
Curtosis $K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$	Muy platicúrtico: menor de 0.67 Platicúrtico: 0.67 a 0.90 Mesocúrtico: 0.90 a 1.11 Leptocúrtico: 1.11 a 1.50 Muy leptocúrtico: 1.50 a 3.00 Extremadamente leptocúrtico: mayor de 3.00

Para comprobar si la alimentación del animal coincidía con la granulometría del medio circundante se obtuvo la textura del sedimento contenido en los tractos digestivos de *M. ventricosa grandis* en el mes de marzo 2006.

TRATAMIENTO PARA OBTENCIÓN DE AMONIO (Tomado de Martínez-Córdoba, 1998).

- REACTIVO “A”. Pesar 35 g de fenol (RA reactivo analítico) y 0.04 g nitroferrocianuro de sodio y disolver en 350 ml de agua destilada y aforar a 500 ml (refrigerar).
- REACTIVO “B”. Pesar 28 g de citrato de sodio (RA) 0.45 g de sal sódica del ácido dicloroisocianúrico y 1.50 g de hidróxido de sodio; disolver en 80 ml de agua destilada y aforar a 100 ml (refrigerar).
- REACTIVO “C”. Pesar 0.0535 g de cloruro de amonio, disolver en 500 ml de agua destilada y aforar a 1000 ml. Un mililitro contiene 1 $\mu\text{g-at N-NH}_4/\text{ml}$ (refrigerar).

Tomar 10 ml de muestra filtrada y añadir 0.5 ml de solución “A”, mezclar y dejar transcurrir dos minutos, para después adicionar 0.5 ml de solución “B”, mezclar y someter la muestra a baño María a 80° C, dejar enfriar durante 10 minutos (se desarrolla una coloración azul), leer en el espectrofotómetro a 630 nm.

TRATAMIENTO PARA OBTENCIÓN DE NITRITOS (Tomado de Martínez-Córdoba, 1998).

- REACTIVO “A”. Pesar 14 g de sulfanilamida, disolver en 200 ml de ácido clorhídrico 1.19 N y aforar a 1000 ml con agua destilada (refrigerar).
- REACTIVO “B”. Pesar 0.70 g de α naftil-etilen-diamino-dihidrocloro, disolver y aforar en 1000 ml de agua destilada (refrigerar).
- REACTIVO “C”. Pesar 0.345 g de nitrito de sodio previamente secado a 110° C, disolver en 500 ml de agua destilada y aforar a 1000 ml. Un mililitro contiene 5 $\mu\text{g-at N-NO}_2/\text{ml}$ (refrigerar).

Tomar 10 ml de muestra filtrada, añadir 0.5 ml de solución “A”, mezclar y dejar transcurrir dos minutos, después adicionar 0.5 ml de la solución “B”, mezclar (se desarrolla una coloración rosa) y leer en el espectrofotómetro a 545 nm.

TRATAMIENTO PARA OBTENCIÓN DE NITRATOS (Tomado de Martínez-Córdoba, 1998).

- Los reactivos “A” y “B” son los mismos que para nitritos
- REACTIVO “C”. Pesar 0.1264 g de nitrato de potasio previamente secado a 110° C, disolver en 100 ml de agua destilada y aforar a 250 ml. Un mililitro de esta solución contiene 5 µg-at N-NO₃/ml (refrigerar).
- REACTIVO “D”. Pesar 20 g de sulfato de cobre, disolver y aforar en 1000 ml de agua destilada, solución a 0.08 M.
- REACTIVO “E”. 85 ml de ácido clorhídrico aforados en 500 ml con agua destilada, solución 2 N.
- REACTIVO “F”. 20.6 ml de ácido nítrico al 65% de pureza aforado en 500 ml con agua destilada, solución 0.3 N.
- REACTIVO “G”. Pesar 250 de cloruro de amonio, disolver y aforar en 1000 ml de agua destilada. De esta solución añadir 1 ml a 50 ml de la muestra.
- REACTIVO “H” o de lavado. De la solución “G” tomar 25 ml y aforar a 1000 ml con agua destilada.
- REACTIVO “I”. Granalla o raspaduras de 2 mm de diámetro de cadmio.

Las soluciones “D”, “E”, “F”, “H” e “I” se utilizan para la elaboración de las columnas. Añadir a 50 ml de la muestra 1 ml del reactivo “G” y vaciar en la columna. Desechar los primeros 10 ml, enjuagar con otros 10 ml una probeta receptora, enjuagar con otros 10 ml el tubo y tomar los siguientes 10 ml de muestra; desechar el resto. A esta muestra añadir 0.5 ml de la solución “A”, mezclar, dejar transcurrir dos minutos y adicionar 0.5 ml de la solución “B”, mezclar (se desarrolla una coloración rosa), leer en el

espectrofotómetro a 545 nm. Después de usar las columnas dejar en la solución “G” (solución de lavado).

TRATAMIENTO PARA OBTENCIÓN DE FOSFATOS (Tomado de Martínez-Córdoba, 1998).

- REACTIVO “A”. Aforar 140 ml de ácido sulfúrico en 500 ml de agua destilada.
- REACTIVO “B”. Pesar 80 g de heptamolibdato de amonio, disolver y aforar en 1000 ml de agua destilada
- REACTIVO “C”. Pesar 0.5486 g de tartrato de antimonio y potasio, disolver y aforar en 1000 ml de agua destilada.
- REACTIVO “D”. Pesar 0.66 g de ácido ascórbico, disolver en 18.8 ml de agua destilada (se pesa al momento de realizar el análisis).
- REACTIVO “E”. Pesar 50 g de persulfato de potasio, disolver y aforar en 1000 ml de agua destilada.
- REACTIVO “F”. Pesar 0.6758 g de fosfato de potasio monobásico, disolver y aforar en 1000 ml de agua destilada; 1 ml de esta solución es igual a 5 $\mu\text{g-atPO}_4/\text{ml}$.
- REACTIVO “G”. Mezcla de reactivos que se prepara al momento de hacer el análisis; pesar 0.66 g de ácido ascórbico disuelto en 18.8 ml de agua destilada, agregar 3.1 ml del reactivo “E”, adicionar 31.2 ml del reactivo “A” y 9.4 ml del reactivo “B” (esta mezcla es estable durante dos horas); se forma una coloración amarilla clara.

Para analizar el fósforo total, no filtrar la muestra, tomar 40 ml y adicionar 5 ml del reactivo “E”, posteriormente poner a baño María por 30 minutos a 100 °C. Agitar bien para el desarrollo de color y esperar 10 minutos (coloración azul), leer en el espectrofotómetro a 882 nm. Con los resultados obtenidos se realizaron las gráficas respectivas.

TRATAMIENTO PARA OBTENCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA (Tomado de Páez-Osuna *et al.*, 1984).

Se analizó la MO de las muestras de sedimento, de la nieve marina y de los tractos digestivos de *M. ventricosa grandis*. La técnica por titulación consiste en oxidar una porción de la muestra con dicromato de potasio en H₂SO₄, utilizando el calor exotérmico del ácido; posteriormente el exceso de dicromato se titula con una solución de sulfato de amonio ferroso.

El carbono orgánico por titulación o “fácilmente oxidable” se determina oxidando 0.5 g del sedimento con 10 ml de K₂Cr₂O₇ 1 N en 20 ml de H₂SO₄ concentrado con Ag₂SO₄ (0.25%), utilizando para la reacción el calor de dilución del H₂SO₄. El exceso de K₂Cr₂O₇ se valora con una solución de Fe(NH₄)₂ (SO₄)₂ 0.5 N, usando difenilamina como indicador en presencia de H₂PO₄ y NaF. Al obtener el porcentaje de MO de cada muestra se procedió a hacer las gráficas correspondientes. Posteriormente, para interpretar la riqueza de MO en cada muestra se tomó en cuenta la Tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de MO con su respectiva interpretación.

MO	Interpretación
%	
< 0.60	Extremadamente pobre
0.60 - 1.20	Pobre
1.21 - 1.80	Medianamente pobre
1.81 - 2.40	Mediano
2.41 - 3.00	Medianamente rico
3.01 - 4.20	Rico
> 4.20	Extremadamente rico

Los resultados de los valores de amonio, nitratos, nitritos, fosfatos, MO de sedimentos, MO de tractos y MO de trampas de nieve marina fueron relacionados con los resultados obtenidos del IG en gráficas de Office-Excel 2007. La obtención del IG se describe a continuación.

REPRODUCCIÓN.

Índice gonádico.

Para caracterizar el ciclo y las etapas reproductivas de *M. ventricosa grandis* fue necesario obtener el IG, el cuál se elaboró mediante la fórmula siguiente:

$$IG = \frac{\text{Masa de la gónada (gr)}}{\text{Masa corporal (gr)}} \times 100$$

Los valores del IG se compararon por medio del análisis de varianza (ANOVA) en base al programa estadístico STATVIEW SAS ver. 5.0.

Histología.

Para corroborar los resultados con el IG y determinar los diferentes estadios reproductivos de *M. ventricosa grandis*, se realizó un análisis histológico de las gónadas.

A las gónadas se les retiró el alcohol al 70% donde se preservaron, y se lavaron con agua dulce. A continuación se utilizó un Histokinette modelo T/P 8000 American Optical. El proceso de histokinette sirve para la deshidratación de las gónadas por medio de la adición gradual de alcoholes a distintas concentraciones, evitando el daño de los tejidos. El procedimiento para la deshidratación fue el siguiente:

Sustancia	Tiempo
Alcohol 70%	3 horas
Alcohol 83%	3 horas
Alcohol 96%	3 horas
Alcohol absoluto	3 horas
Xilol	15 minutos
Parafina	30 minutos
Parafina	30 minutos

Al tener la gónada contenida en parafina se incluyó en cubos de la misma sustancia para realizar los cortes.

Los cortes fueron realizados en un micrótomo de rotación marca American Optical con un grosor de 6 micras, en seguida se colocaron en un baño de flotación con agua a 27 °C, facilitando así el montaje en los portaobjetos.

A continuación, se desparafinaron los cortes colocándose en una estufa por 10 minutos, procediendo inmediatamente a la tinción con hematoxilina-eosina.

Las muestras fueron rehidratadas al pasarse gradualmente por diferentes alcoholes a distintas concentraciones (100%, 96% y 70%) y agua dulce, después se tiñeron con Hematoxilina, pasándose de nuevo a agua y alcohol ácido, en seguida se metieron en Carbonato de litio para después ser teñidas con Eosina que dio el contraste a los tejidos. Inmediatamente se deshidrataron con alcoholes al 96% y absoluto, para después ser pasadas al xilol. Finalmente los cortes fueron montados en Bálsamo de Canadá.

Técnica de hematoxilina-eosina.

Sustancia	Tiempo
Alcohol absoluto	1 minuto
Alcohol absoluto	1 minuto
Alcohol 90%	1 minuto
Alcohol 90%	1 minuto
Alcohol 70%	1 minuto
Agua	1 minuto
Hematoxilina	5 minutos
Agua	1 minuto
Alcohol ácido	1 minuto
Carbonato de Litio	1 minuto
Eosina	10 minutos
Alcohol 96%	1 minuto
Alcohol 96%	1 minuto
Alcohol absoluto	1 minuto
Alcohol absoluto	1 minuto
Xilol	1 minuto
Xilol	1 minuto

Para diferenciar las diferentes etapas de la gametogénesis en *M. ventricosa grandis* se tomaron las siguientes características (Quetzalli Guzmán Melo, comunicación personal):

a) ETAPAS DE DESARROLLO EN HEMBRAS.

1.- Gónada indiferenciada:

- ✓ No se puede determinar el sexo.
- ✓ Tejido conectivo abundante.
- ✓ Oocitos abundantes.

2.- En diferenciación:

- ✓ Ovocitos pre-vitelogénicos.
- ✓ Ovogonias.
- ✓ Tejido conectivo abundante.

3.- Crecimiento:

- ✓ Ovogonias.
- ✓ Ovocitos pre-vitelogénicos.
- ✓ Ovocitos vitelogénicos.
- ✓ Tejido conectivo abundante.

4.- Madurez:

- ✓ Ovocitos vitelogénicos.
- ✓ Muy poco tejido conectivo.

5.- Desove.

b) ETAPAS DE DESARROLLO EN MACHOS.

1.- Gónada indiferenciada:

- ✓ No se puede determinar el sexo.
- ✓ Tejido conectivo abundante.
- ✓ Oocitos abundantes.

2.- En diferenciación:

- ✓ Espermatogonias.
- ✓ Tejido conjuntivo abundante.

3.- Crecimiento:

- ✓ Espermatogonias.
- ✓ Espermatocitos.
- ✓ Tejido conectivo abundante.

4.- Proliferativa:

- ✓ Espermatoцитos abundantes.

5.- Madurez:

- ✓ Espermátidas.
- ✓ Espermatozoides.
- ✓ Muy poco tejido conectivo.

6.- Desove:

- ✓ Muy pocos espermatozoides.
- ✓ Células germinales primordiales.

ANÁLISIS DE VARIABLES.

Al obtener los resultados del IG y todas las variables ambientales se procedió a realizar el estudio estadístico, utilizando para esto el análisis de regresión por árboles.

El análisis de regresión por árboles (RT, por sus siglas en inglés Regression Trees) es un método novedoso que permite examinar grandes cantidades de datos y provee un mapa en forma de árbol, como resultado de las interacciones entre las variables dependientes o de respuesta e independientes o predictorias (Barber *et al.*, 2001), mostrando cuál de las variables independientes afecta principalmente una variable dependiente.

El análisis de regresión por árboles consta de dos componentes principales, el primer componente es un resultado categórico o variable dependiente, esta variable es la característica que se desea predecir basándose en las variables predictorias. El segundo componente son las variables predictorias, relacionadas potencialmente con la variable de interés. En general pueden ser diversas las variables predictorias posibles (Wilkinson, 1992; Lewis, 2000).

Posteriormente, se realiza el árbol de regresión que estará estructurado de manera jerárquica con un dato inicial no dividido en la punta, seguida por una división binaria, cada una de las cuales serán llamadas nodos, hasta llegar a grupos finales indivisibles del árbol llamados hojas (Rejwan *et al.*, 1999).

Los datos de las tres áreas de muestreo fueron agrupados en una matriz única de la cual fueron eliminadas las líneas que no presentaban algún dato. La matriz consistió de

veinticuatro objetos (líneas) y doce variables predictorias (independientes). Con el objetivo de conocer las interacciones entre los factores ambientales y *M. ventricosa grandis* se implementó un análisis de regresión por árboles (RT); teniendo al IG y al número de individuos encontrados en las estaciones como variables de respuesta (dependientes) y la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez, textura, MO de sedimento, MO de tractos digestivos, MO de trampas de nieve marina, nitratos, nitritos, amonio y fosfatos como variables predictorias (independientes). Dicho estudio se realizó por medio de un análisis RT, en el programa estadístico S-PLUS professional ver. 2000.

RESULTADOS.

Después de procesar los datos del trabajo realizado en campo y en laboratorio: de individuos censados y colectados por estación, junto con las muestras de agua y sedimento, las trampas de nieve marina, los tractos digestivos y los parámetros hidrológicos, se obtuvieron los siguientes resultados.

Primeramente el número de individuos encontrados en las tres estaciones (Tabla 5) sirvió para conocer la amplitud del nicho alimentario de *Meoma ventricosa grandis* dentro del Canal Boca Chica.

Tabla 5. Individuos contabilizados en cada estación por cada salida a campo

Mes de salida	Individuos por salida por estación: <i>Meoma ventricosa grandis</i>		
	““La Playa””	““El Jardín””	““Palmitas””
Marzo 06	12	26	4
Abril 06	12	9	5
Mayo 06	16	18	11
Julio 06	10	10	10
Agosto 06	10	10	0
Septiembre 06	8	6	6
Octubre 06	10	10	1
Noviembre 06	11	10	8
Enero 07	10	11	2
Febrero 07	10	10	10
Marzo 07	10	11	4
$\Sigma=$	119	131	61

AMPLITUD DE NICHOS ALIMENTARIO.

Debido a que cada estación presenta características diferentes en la composición del sedimento, cada una de estas fue tomada como “un recurso diferente”, obteniendo el porcentaje del número de individuos encontrados en cada área de muestreo.

Total de individuos contabilizados: 311

“La Playa”: 119 individuos= 38.26%

“El Jardín”: 131 individuos= 42.12%

“Palmitas”: 61 individuos= 19.61%

Al obtener el porcentaje de individuos se utilizó el índice de Levins:

$$B = \frac{1}{0.3826^2 + 0.4212^2 + 0.1961^2}$$

$$B = \frac{1}{0.14638 + 0.1774 + 0.03845}$$

$$B = \frac{1}{0.36223} = \mathbf{2.7606}$$

En seguida, se estandarizó el resultado con la fórmula de Hurlbert, dejando al valor obtenido entre un rango que va del 0 al 1.0 de manera ascendente:

$$B_A = \frac{2.7606 - 1}{3 - 1}$$

$$B_A = \frac{1.7606}{2}$$

$$B_A = \mathbf{0.8803}$$

Se encontraron individuos en cantidades similares pero de diferentes tallas en cada zona. En el año de estudio, el sitio de muestreo que presentó menor cantidad de erizos fue “Palmitas”, encontrándose únicamente individuos pre adultos y adultos, mientras que “La

Playa” contó con organismos adultos y juveniles y “El Jardín” solo con erizos juveniles y pocos adultos (Fig. 5).

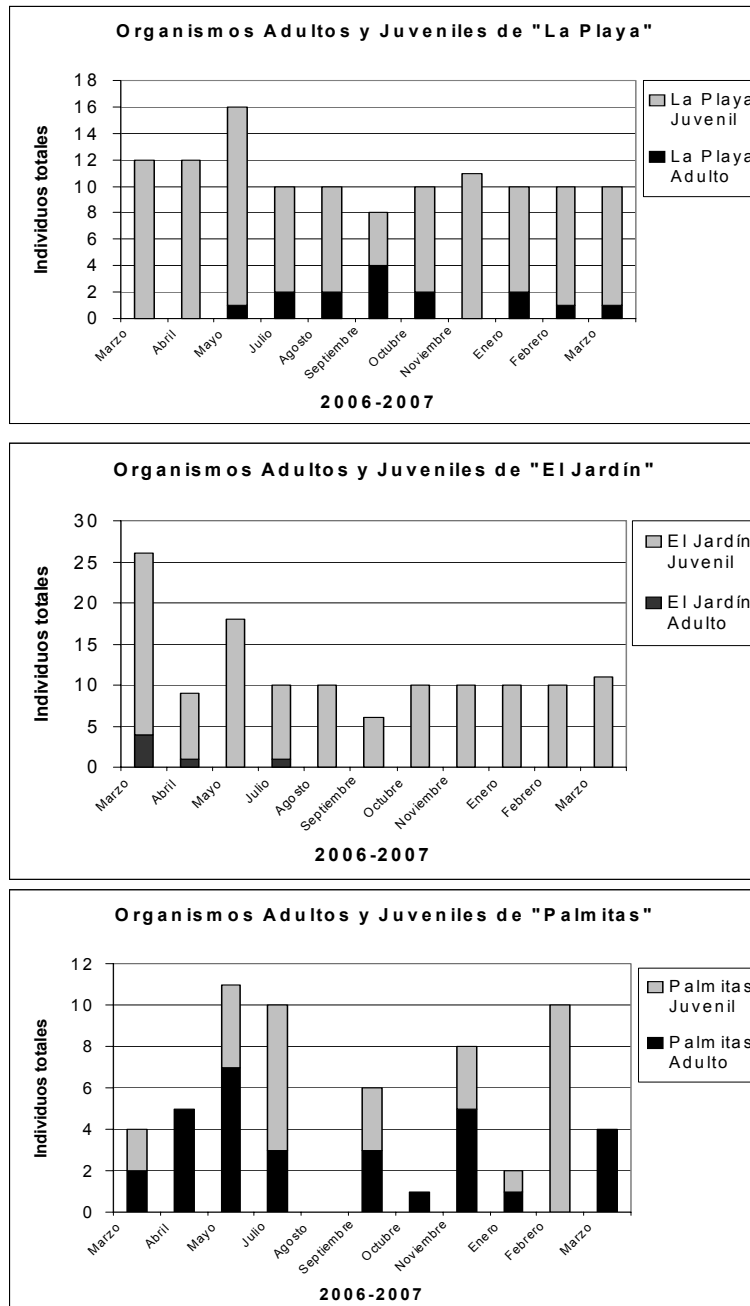


Figura 5. Cantidad de individuos juveniles y adultos en cada estación

Los individuos juveniles fueron encontrados entre los 10 y 20 cm de profundidad en el sedimento, mientras que los adultos se encontraron entre los 20 y 40 cm. La profundidad del sedimento en las tres áreas de muestreo de la superficie al inicio de la zona anóxica fue de aproximadamente: 30 cm en “La Playa”, 20 cm en “El Jardín” y 50 cm en “Palmitas”.

Para comprobar la presencia de organismos adultos y juveniles en cada uno de los sitios de muestreo se realizó un análisis de varianza (ANOVA), tomando el volumen de los individuos para cada estación.

TALLAS DE INDIVIDUOS.

Se encontraron diferencias significativas del volumen corporal de *M. ventricosa grandis* entre las tres zonas. Pero resalta el valor altamente significativo de “Palmitas” en comparación con “La Playa” y “El Jardín” ($F_{2, 270} = 64.929, P < .0001$) (Fig. 6).

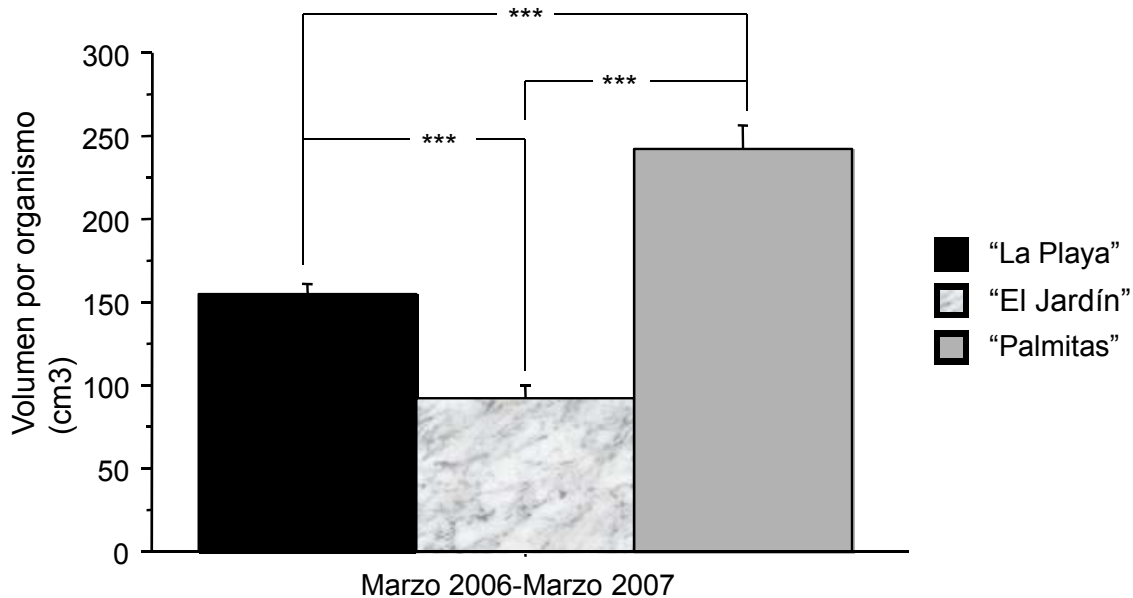


Figura 6. Comparación promedio de volumen general de individuos entre estaciones. Cada columna representa la media +/- S.E.M. de errores. La significancia entre estaciones fue determinada por ANOVA, seguido de una prueba de Fisher * $P < 0.05$ ** $P < 0.025$ *** $P < 0.0001$.

En el caso individual por salida de campo se encontró una diferencia significativa entre “Palmitas” y las otras dos estaciones: “La Playa” y “El Jardín”; marzo 2006; $F_{2, 21} = 6.299$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < 0.05$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; abril 2006; $F_{2, 21} = 6.299$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < 0.05$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$;

$F_{2, 21} = 26.462$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < .0001$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < .0001$; mayo 2006; $F_{2, 27} = 7.027$, “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; julio 2006; $F_{2, 27} = 11.507$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < 0.05$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < .0001$; agosto 2006 $F_{2, 18} = 5.807$, “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; septiembre 2006; $F_{2, 16} = 6.034$, “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; octubre 2006; $F_{2, 18} = 2.576$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < 0.05$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; noviembre 2006; $F_{2, 25} = 37.471$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < .0001$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < .0001$; enero 2007; $F_{2, 19} = 3.027$; febrero 2007; $F_{2, 27} = 10.310$, “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; marzo 2007; $F_{2, 21} = 68.940$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < .0001$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < .0001$ (Fig. 7).

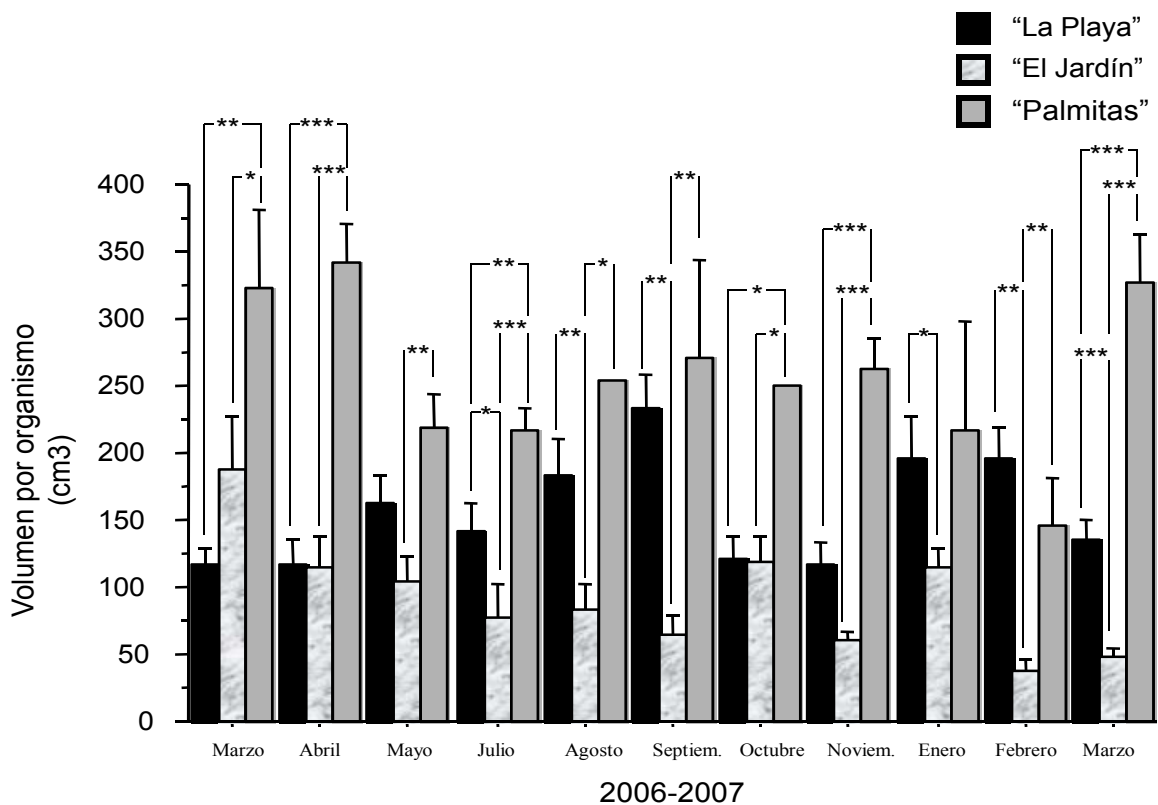


Figura 7. Comparación promedio de volumen de individuos entre estaciones de marzo 2006 a marzo 2007. Cada columna representa la media \pm S.E.M. de errores. La significancia entre estaciones fue determinada por ANOVA, seguido de una prueba de Fisher * $P < 0.05$ ** $P < 0.025$ *** $P < .0001$.

Los individuos con mayor promedio de volumen fueron aquellos recolectados en “Palmitas” (Fig. 8).

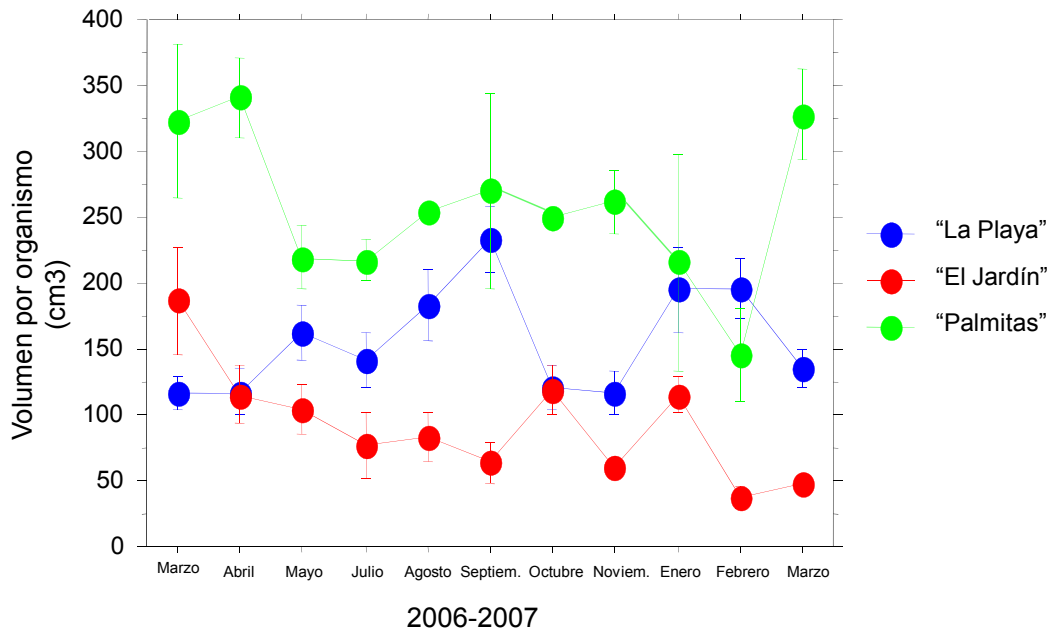


Figura 8. Comparación lineal promedio de volumen de individuos entre estaciones por salida.

En el promedio del volumen total de individuos por estación destaca “Palmitas” en comparación a “La Playa” y “El Jardín” (Fig. 9).

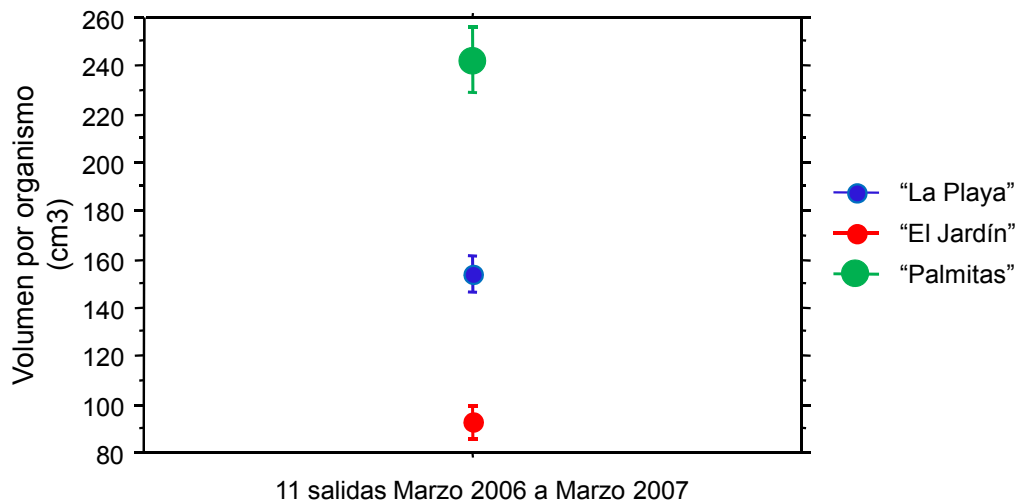
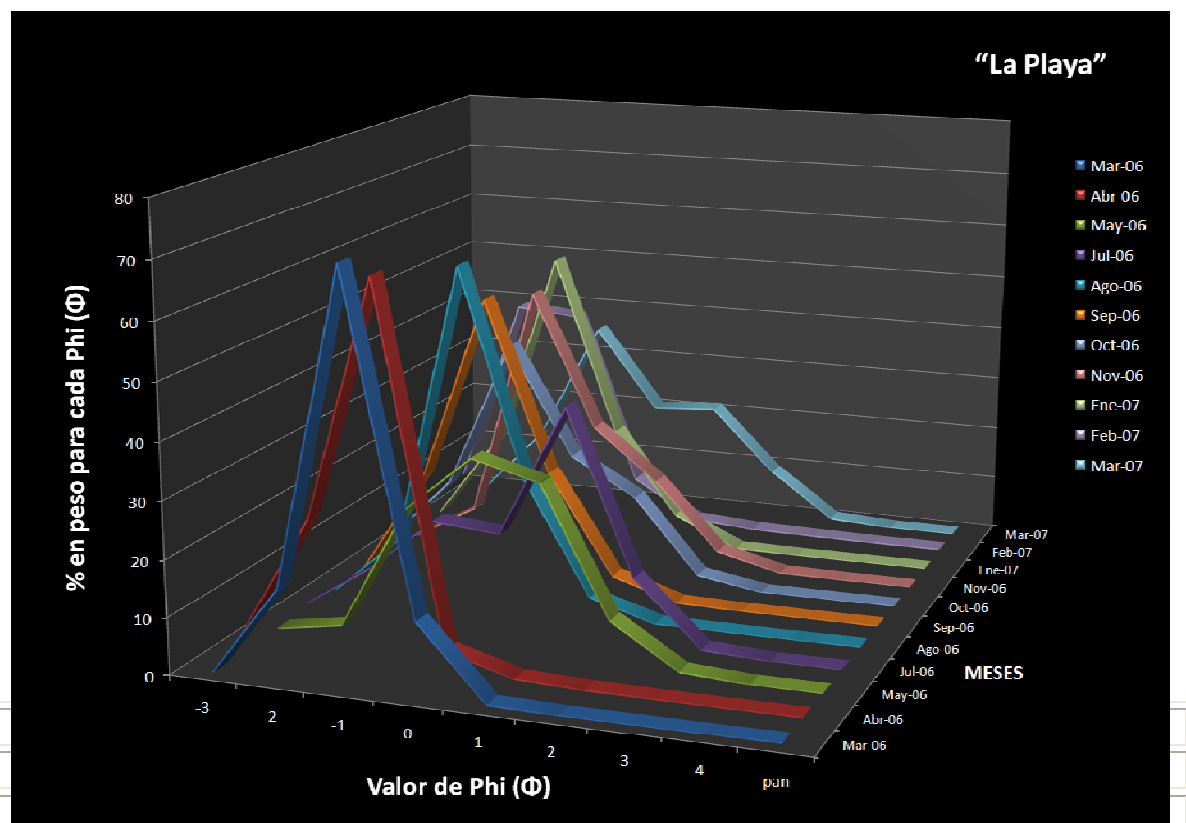


Figura 9. Comparación de puntos del promedio de volumen de los individuos entre estaciones.

La proporción de tallas entre los sitios de muestreo anteriormente presentada puede relacionarse directamente con la granulometría de cada una de las estaciones de recolecta.

TEXTURA.

A continuación se exponen los resultados de textura de los sedimentos obtenidos para cada estación, desde Marzo 2006 a Marzo 2007. Las figuras 10 (“La Playa”), 11 (“El Jardín”) y 12 (“Palmitas”) muestran la cantidad promedio en peso de cada una de las unidades Phi (Φ) mensualmente obtenidas en cada estación.



Jul-06	Arena muy gruesa, mal clasificada, muy asimétrica hacia gruesos, platicúrtica
Ago-06	Gránulo, moderadamente bien clasificado, asimétrico hacia finos, mesocúrtico
Sep-06	Gránulo, moderadamente clasificado, simétrico, mesocúrtico
Oct-06	Gránulo, mal clasificado, asimétrico hacia finos, mesocúrtico
Nov-06	Arena muy gruesa, moderadamante clasificada, asimétrica hacia finos, mesocúrtica
Ene-07	Gránulo, moderadamente clasificado, simétrico, leptocúrtico
Feb-07	Gránulo, muy bien clasificado, Muy asimétrico hacia gruesos, muy platicúrtico
Mar-07	Arena muy gruesa, mal clasificada, asimétrico hacia finos, platicúrtica

Figura 10. Textura de “La Playa” (Estación 1) durante el año de muestreo.

Tabla 6. Resultados de los pocentiles en la textura de “La Playa”.

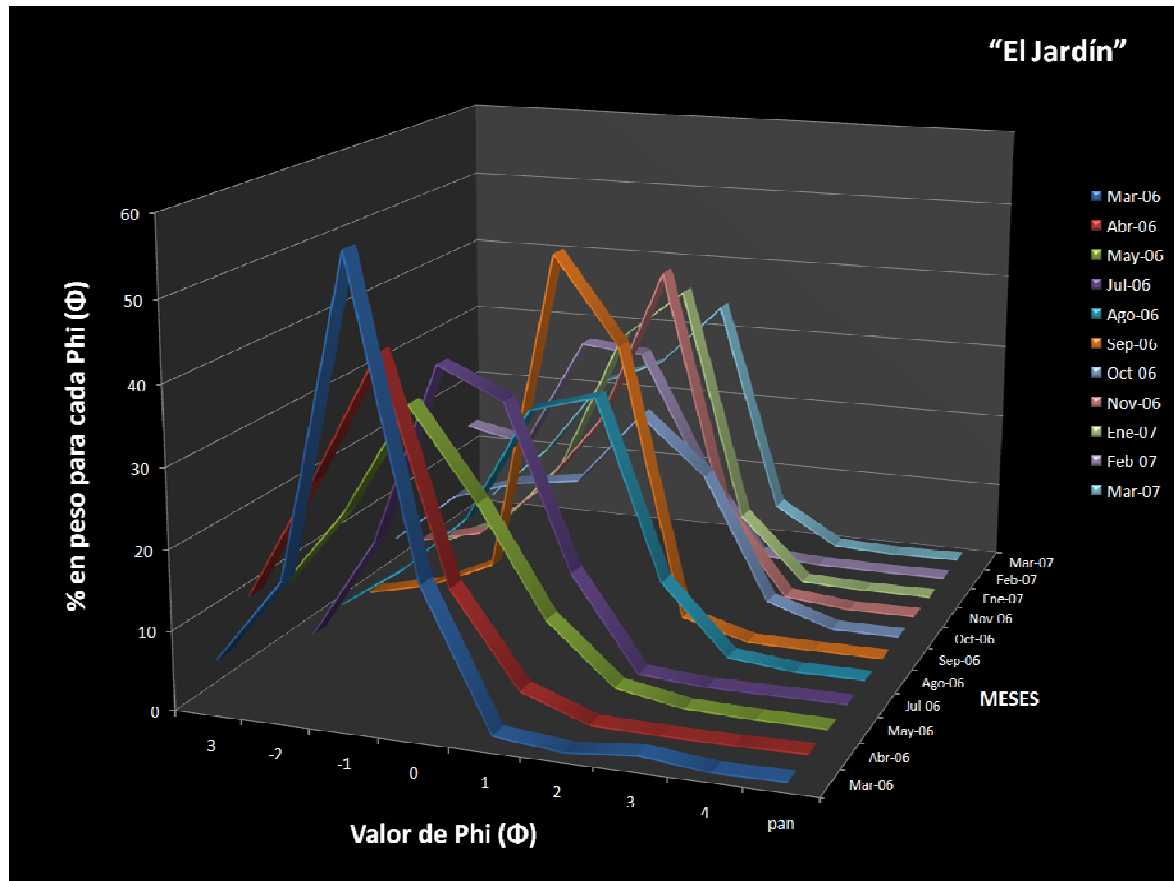


Figura 11. Textura de “El Jardín” (Estación 2) durante el año de muestreo.

Tabla 7. Resultados de los pocentiles en la textura de “El Jardín”.

Mar-06	Gránulo, muy bien clasificado, muy asimétrico hacia gruesos, muy platicúrtico
Abr-06	Gránulo, bien clasificado, muy asimétrico hacia gruesos, muy platicúrtico
May-06	Gránulo, moderadamente bien clasificado, muy asimétrico hacia finos, muy platicúrtico
Jul-06	Gránulo, moderadamente clasificado, simétrico, mesocúrtico
Ago-06	Arena muy gruesa, mal clasificada, asimétrica hacia gruesos, mesocúrtica
Sep-06	Arena muy gruesa, moderadamente clasificada, asimétrica hacia gruesos, mesocúrtica
Oct-06	Arena muy gruesa, mal clasificada, muy asimétrica hacia finos, muy platicúrtica
Nov-06	Arena muy gruesa, mal clasificada, muy asimétrica hacia gruesos, mesocúrtica
Ene-07	Gránulo, moderadamente clasificado, muy asimétrico hacia finos, muy platicúrtico
Feb-07	Gránulo, moderadamente clasificado, muy asimétrico hacia finos, muy platicúrtico
Mar-07	Arena muy gruesa, mal clasificada, asimétrica hacia gruesos, platicúrtica

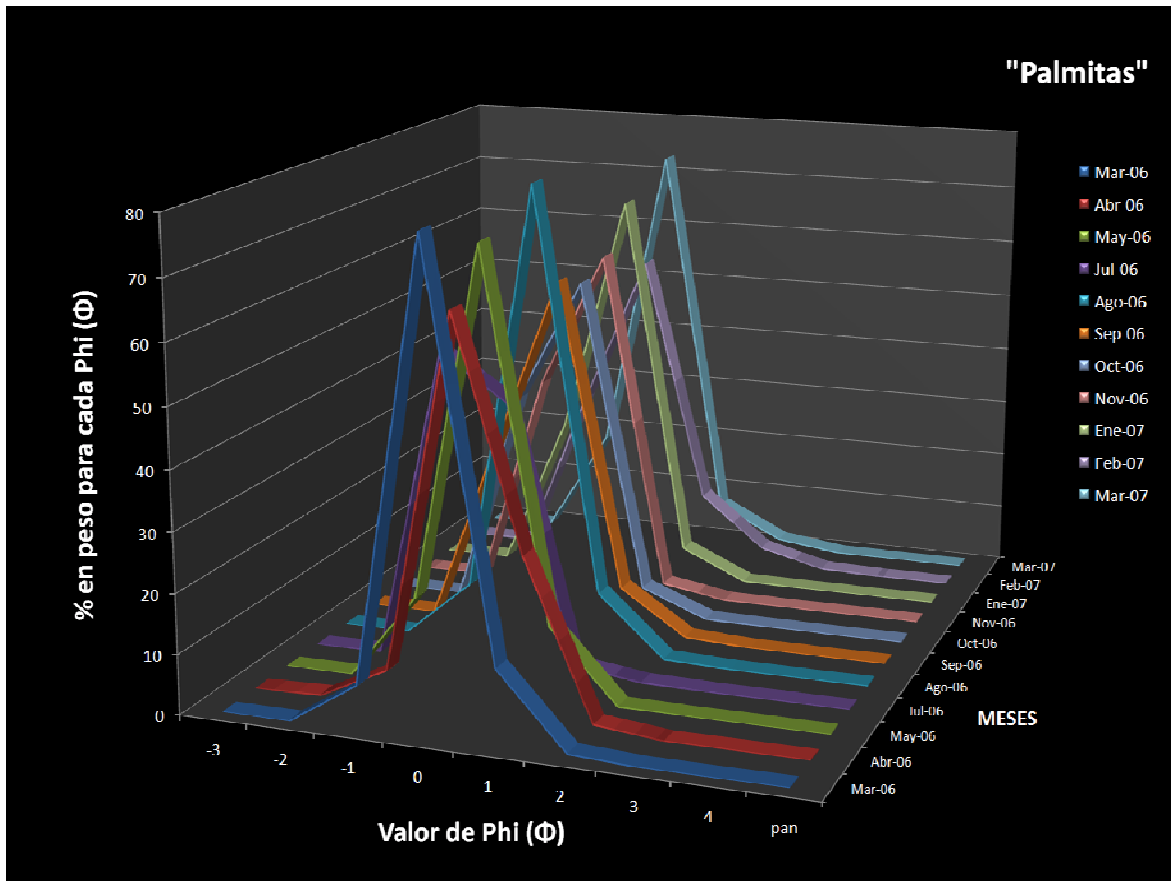


Figura 12. Textura de “Palmitas” (Estación 3) durante el año de muestreo.

Tabla 8. Resultados de los percentiles en la textura de “Palmitas”.

Mar-06	Arena muy gruesa, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia finos, muy leptocúrtica
Abr-06	Arena muy gruesa, moderadamente bien clasificada, simétrica, leptocúrtica
May-06	Arena muy gruesa, bien clasificada, simétrica, mesocúrtica
Jul-06	Arena muy gruesa, bien clasificada, asimétrica hacia finos, mesocúrtica
Ago-06	Arena muy gruesa, bien clasificada, simétrica, leptocúrtica
Sep-06	Arena muy gruesa, bien clasificada, asimétrica hacia finos, mesocúrtica
Oct-06	Arena muy gruesa, bien clasificada, asimétrica hacia finos, mesocúrtica
Nov-06	Arena muy gruesa, bien clasificada, simétrica, mesocúrtica
Ene-07	Arena muy gruesa, bien clasificada, simétrica, platicúrtica
Feb-07	Arena muy gruesa, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia finos, leptocúrtica
Mar-07	Arena muy gruesa, bien clasificada, simétrica, leptocúrtica

Las figuras 10, 11 y 12 presentan en el eje “X” el valor de Phi (Φ), en el eje “Y” se encuentra el porcentaje en peso para cada Phi en cada muestra (de un 100%) y en el eje “Z” se presenta el mes al que pertenece cada muestra.

Comparando las tres figuras anteriores (Fig. 10-Tabla 6, Fig. 11-Tabla 7 y Fig. 12-Tabla 8) en donde se expone la textura del sustrato por área de muestreo, se observa que en “Palmitas” el sedimento únicamente osciló entre 0 y -1 Φ durante todo el año de estudio, con arena muy gruesa y sin firmeza, constando de granos muy re-trabajados con tendencia a ser finos, similares en forma y redondez; en campo se observó poca estabilidad por un constante intercambio entre los granos superiores e inferiores. En las estaciones de “El Jardín” y “La Playa” se encontró que el sustrato presentó una variación de 0, -1 y -3 Φ durante el año de muestreo, presentando arena muy gruesa y gránulos, con granos de tendencia a gruesos, diferentes en forma y redondez. “El Jardín” mostró una predominancia de grano con mayor grosor; esto último por la presencia de material biogénico (conchas); lo anterior se observó en campo, ya que en el tamizado dicho material se fragmentó, mostrando valores menores a lo esperado. Asimismo se encontró este material biogénico en “La Playa” pero en menor proporción, este material le da estabilidad al sustrato debido al depósito y forma de las conchas.

Al comparar la granulometría del sedimento de los tractos digestivos de *M. ventricosa grandis* con la textura de su correspondiente estación en el mes de marzo 2006, se pudo observar que existe una correspondencia de textura entre el sedimento ingerido y el sustrato en el que habitan (Fig. 13).

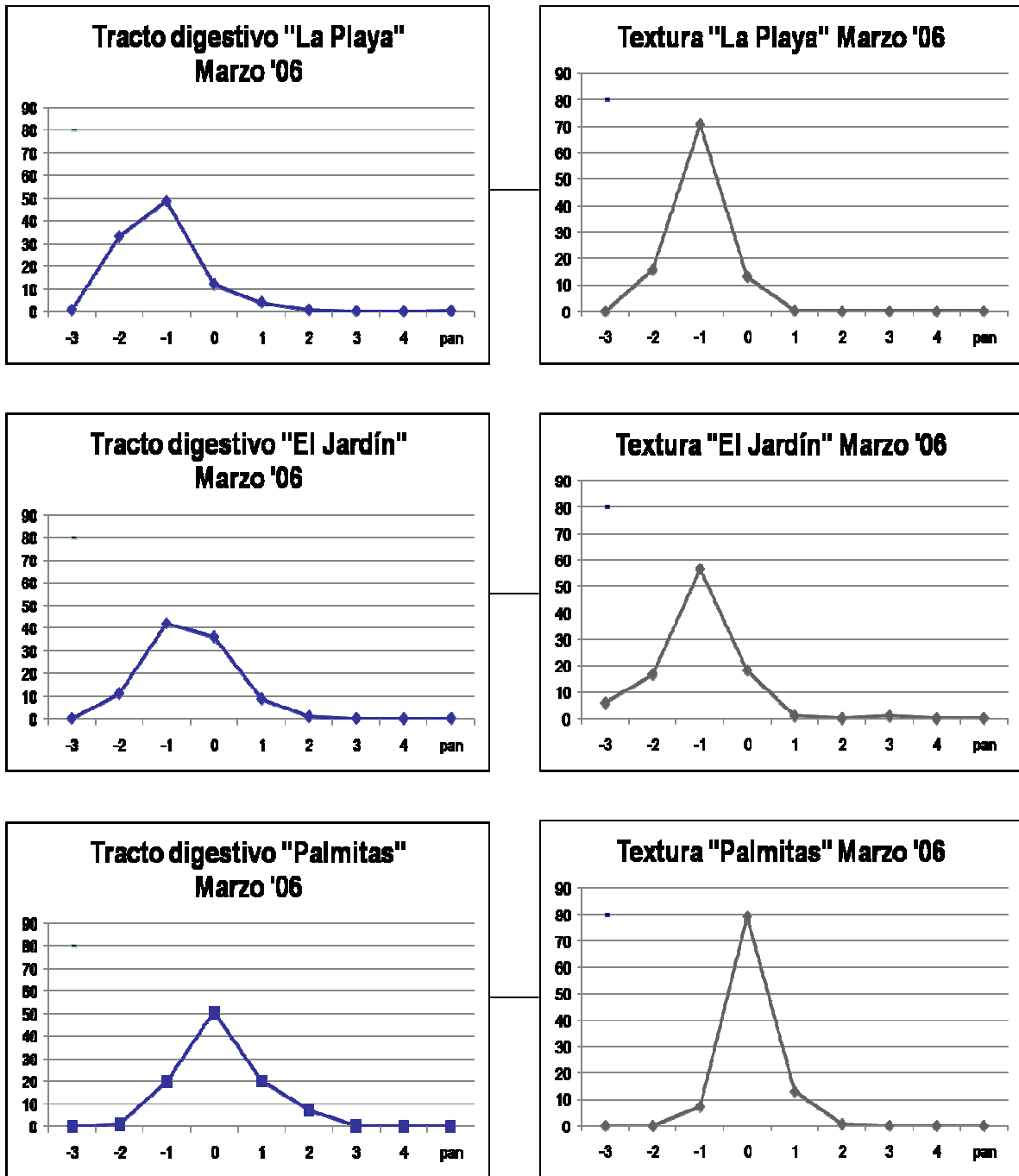
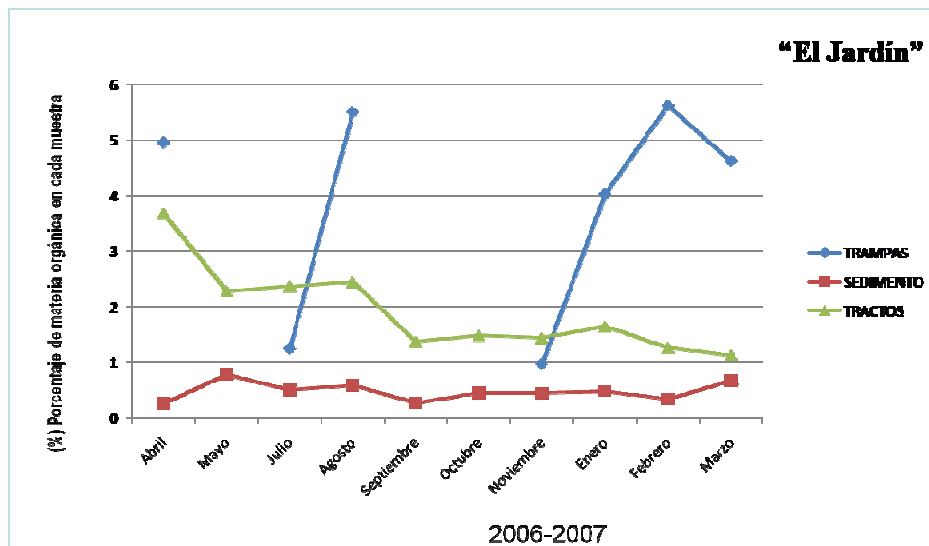
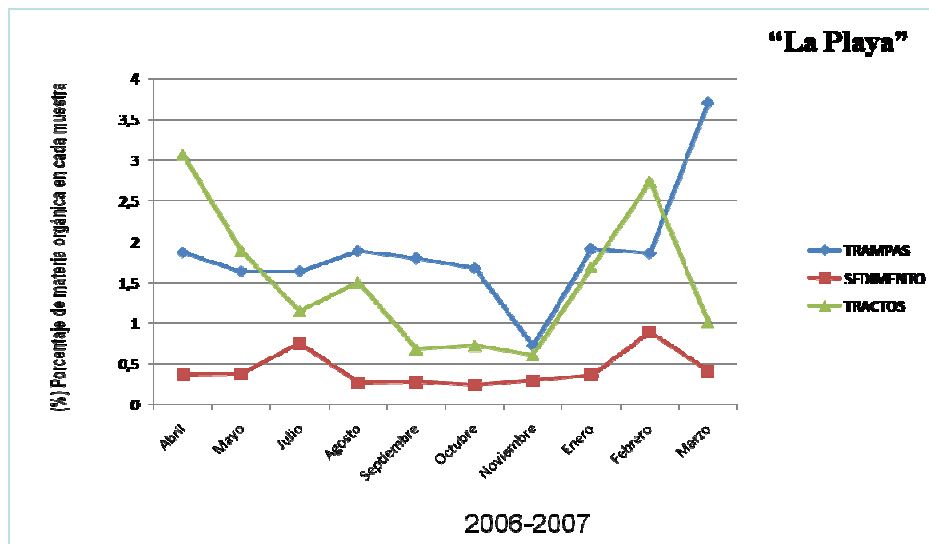


Figura 13. Comparación textural entre el sedimento de los tractos digestivos de *M. ventricosa grandis* y su respectiva estación de colecta durante el mes de marzo 2006.

MATERIA ORGÁNICA.

Los valores de MO obtenidos de las tres estaciones mostraron que: el porcentaje de MO de los tractos digestivos de *M. ventricosa grandis* se modificó conforme a los valores encontrados en el sedimento y las trampas de nieve marina (Fig. 14). En la Tabla 4, se pudo observar que durante el año de estudio, la MO de las trampas y los tractos digestivos osciló entre pobre y rica, en tanto los valores de MO en el sedimento resultaron ser pobres. En “El Jardín” hubo meses en los cuáles los valores de MO llegaron a ser extremadamente ricos.



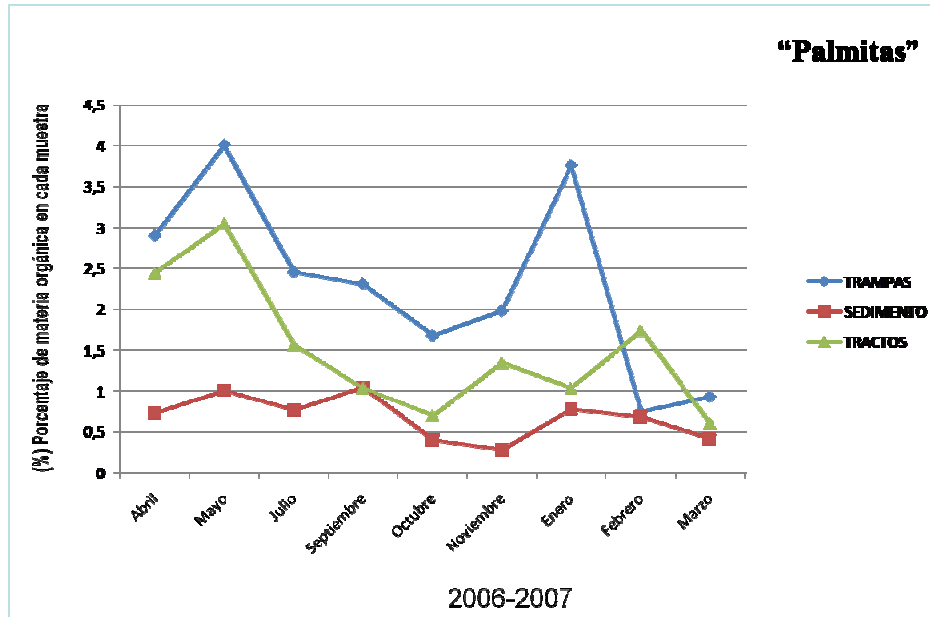


Figura 14. Comparación de los valores de MO entre tractos digestivos, trampas de nieve marina y sedimento, para cada una de las estaciones, de abril 2006 a marzo 2007.

REPRODUCCIÓN.

Para observar el ciclo de reproducción de *M. ventricosa grandis* se tomó el IG. El IG del erizo a través del año de colecta mostró los siguientes resultados.

En la figura 15 se muestran los valores del IG durante el estudio. Se puede observar el valor altamente significativo de la estación “Palmitas” en comparación con “La Playa” y “El Jardín” ($F_{2, 125} = 30.016, P < .0001$), esta gráfica es muy similar a la figura 6: mientras los animales fueron más grandes sus gónadas también lo fueron, por lo tanto, el IG presentó valores más altos.

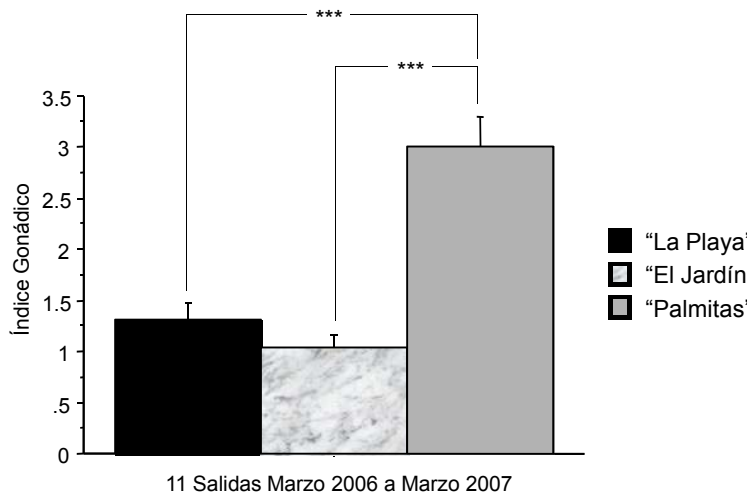


Figura 15. IG promedio entre estaciones.

Cada columna representa la media +/- S.E.M. de errores. La significancia entre estaciones fue determinada por ANOVA, seguido de una prueba de Fisher * $P < 0.05$ ** $P < 0.025$ *** $P < 0.0001$.

En el caso individual por salida de campo, se encontró una diferencia significativa entre “Palmitas”, “La Playa” y “El Jardín”, abril 2006; $F_{2, 12} = 12.587$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < 0.05$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; mayo 2006; $F_{2, 12} = 5.415$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < 0.05$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; julio 2006; $F_{2, 11} = 15.871$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < 0.05$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; septiembre 2006; $F_{2, 9} = 6.019$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < 0.05$, “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; octubre 2006; $F_{2, 7} = 1.922$; noviembre 2006; $F_{2, 11} = 15.205$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < 0.05$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; enero 2007; $F_{2, 7} = 4.879$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < 0.05$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; febrero 2007; $F_{2, 12} = 21.246$, “La Playa” y “Palmitas”, $P < 0.05$; “El Jardín” y “Palmitas”, $P < 0.05$; marzo 2007; $F_{2, 11} = 2.092$ (Fig. 16).

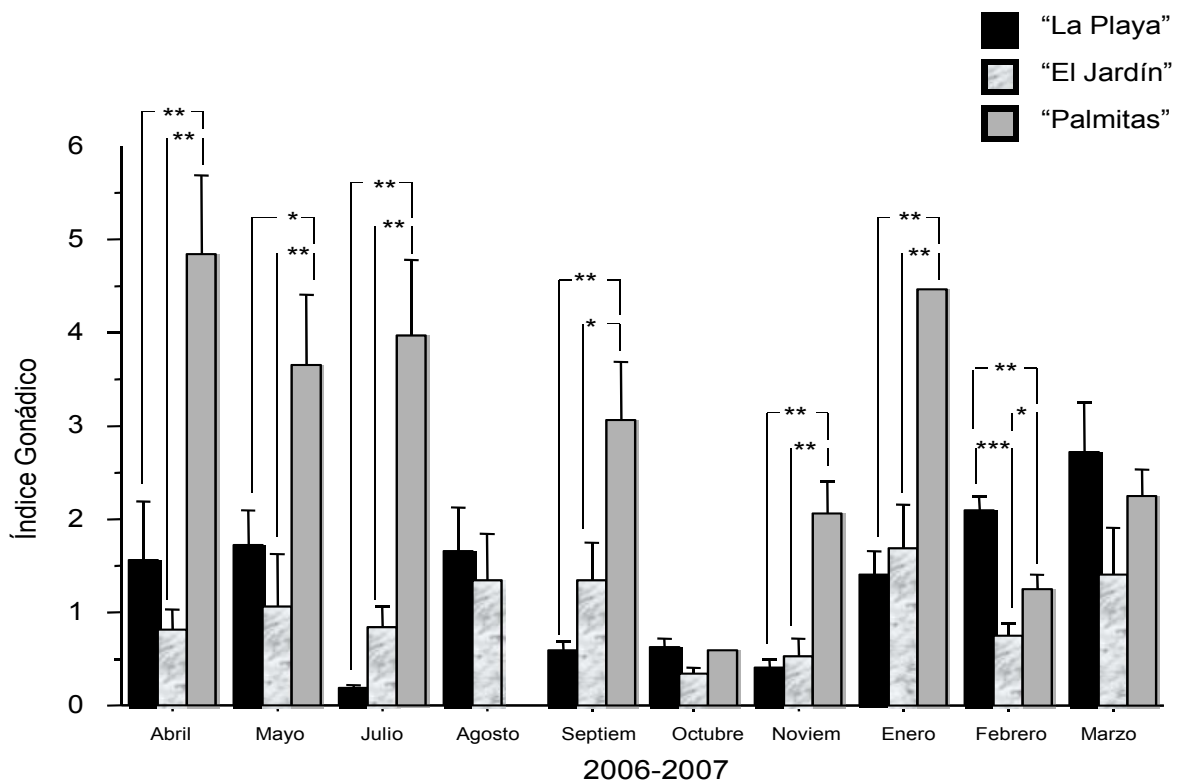


Figura 16. IG promedio de individuos entre estaciones por salida. Cada columna representa la media +/- S.E.M. de errores. La significancia entre estaciones fue determinada por ANOVA, seguido por una prueba de Fisher * $P < 0.05$ ** $P < 0.025$ *** $P < 0.001$.

Los individuos con mayor promedio de IG fueron aquellos recolectados en la estación “Palmitas”. Los picos reproductivos fueron diferentes entre los tres sitios de muestreo durante el año de estudio, esto se debió a que *M. ventricosa grandis* no tuvo

preferencia para reproducirse en meses establecidos, este resultado establece en parte que su ciclo reproductivo es asincrónico (Fig.17).

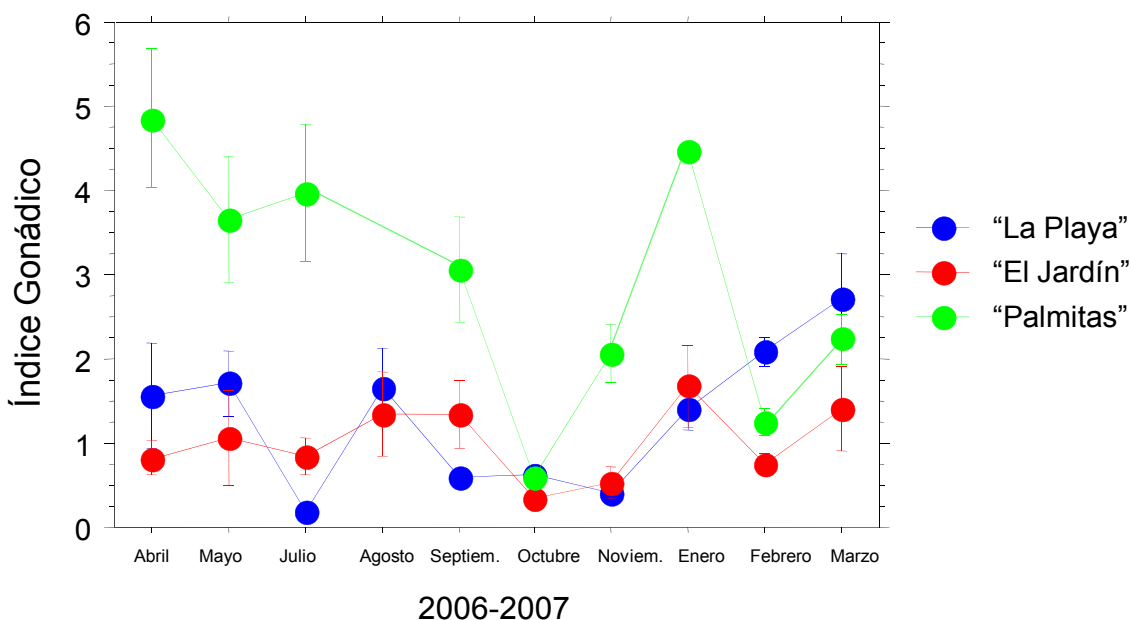


Figura 17. Comparación lineal promedio de IG de individuos entre estaciones por salida de campo.

HISTOLOGÍA DE GÓNADAS (Quetzalli Guzmán Melo, comunicación personal).

En el Anexo 1 se presentan algunos de los cortes histológicos realizados a las gónadas de los erizos hembras en las tres estaciones muestreadas. Una característica relevante en dichas imágenes se observa en la fotografía "C", donde se puede apreciar que en el segmento superior izquierdo, parte de la gónada se encontraba en el estadio número 2, aún siendo este corte del estadio 3.

En el Anexo 2 pueden observarse algunos cortes hechos a las gónadas de los erizos machos en los tres sitios de muestreo, resaltando la imagen "F" en el estadio 6 cuando el erizo expulsó los espermatozoides, observándose en este corte de gónada algunas células germinales junto con algunos espermatozoides que no fueron expulsados; esta fotografía demuestra que existe una producción constante de gametos en los machos. Los cortes histológicos confirman la asincronía en los picos reproductivos de *M. ventricosa grandis* expuesta por el IG, ya que esta diferencia de estadios en una misma gónada se puede presentar cuando hay una reproducción constante.

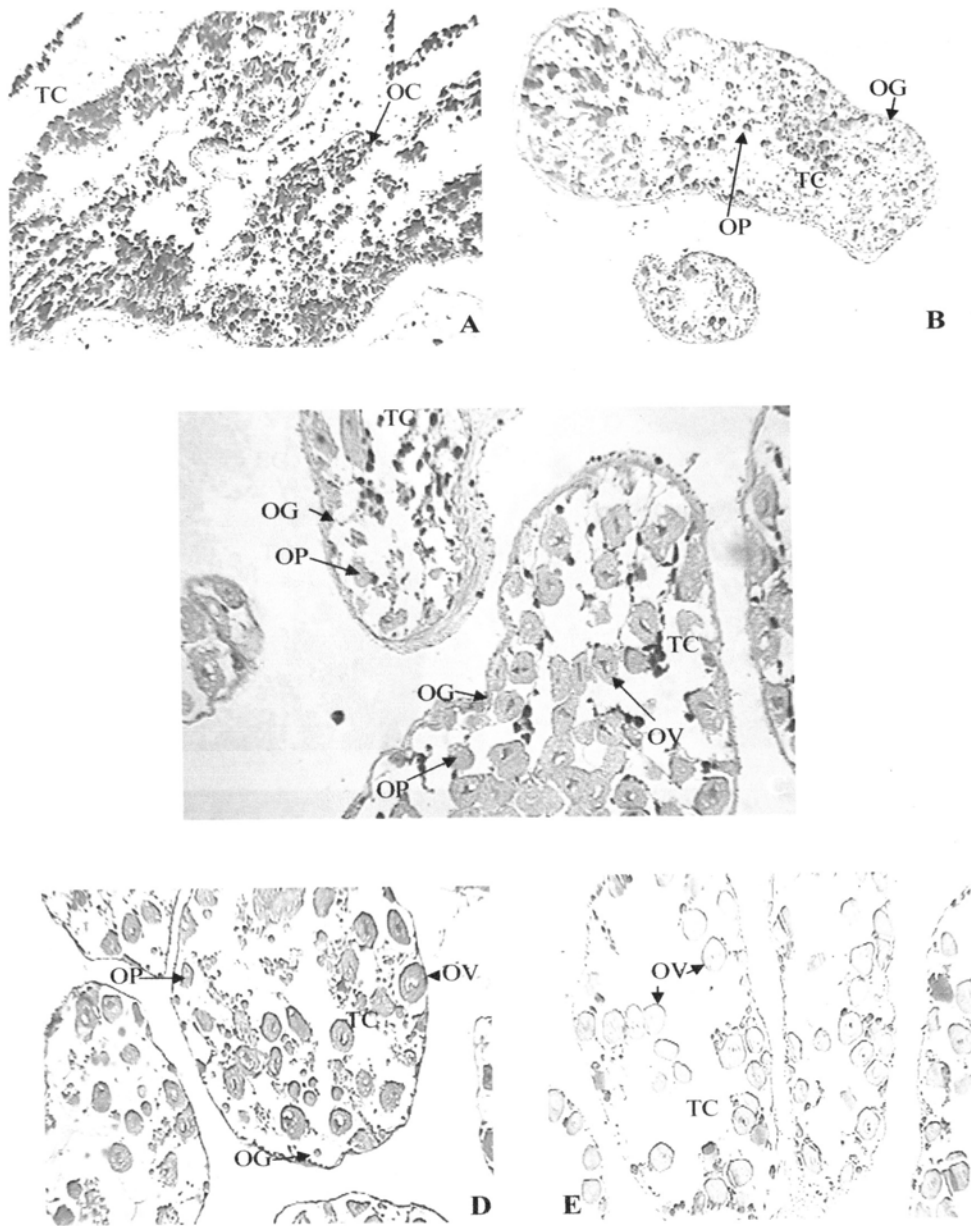


Figura 18. *M. ventricosa grandis* hembra (Imágenes proporcionadas por Quetzalli Guzmán Melo) A. Estadio 1. Gónada indiferenciada. B. Estadio 2. Diferenciación. C. Estadio 3. Crecimiento con porción de gónada en diferenciación (Estadio 2). D. Estadio 3. Crecimiento. E. Estadio 4. Madurez. Ovocitos vitelogénicos (OV), Tejido conectivo (TC), Oocitos (OC), Ovogonias (OG), Ovocitos pre-vitelogénicos (OP), Ovocitos vitelogénicos (OV). Imágenes a 10x.

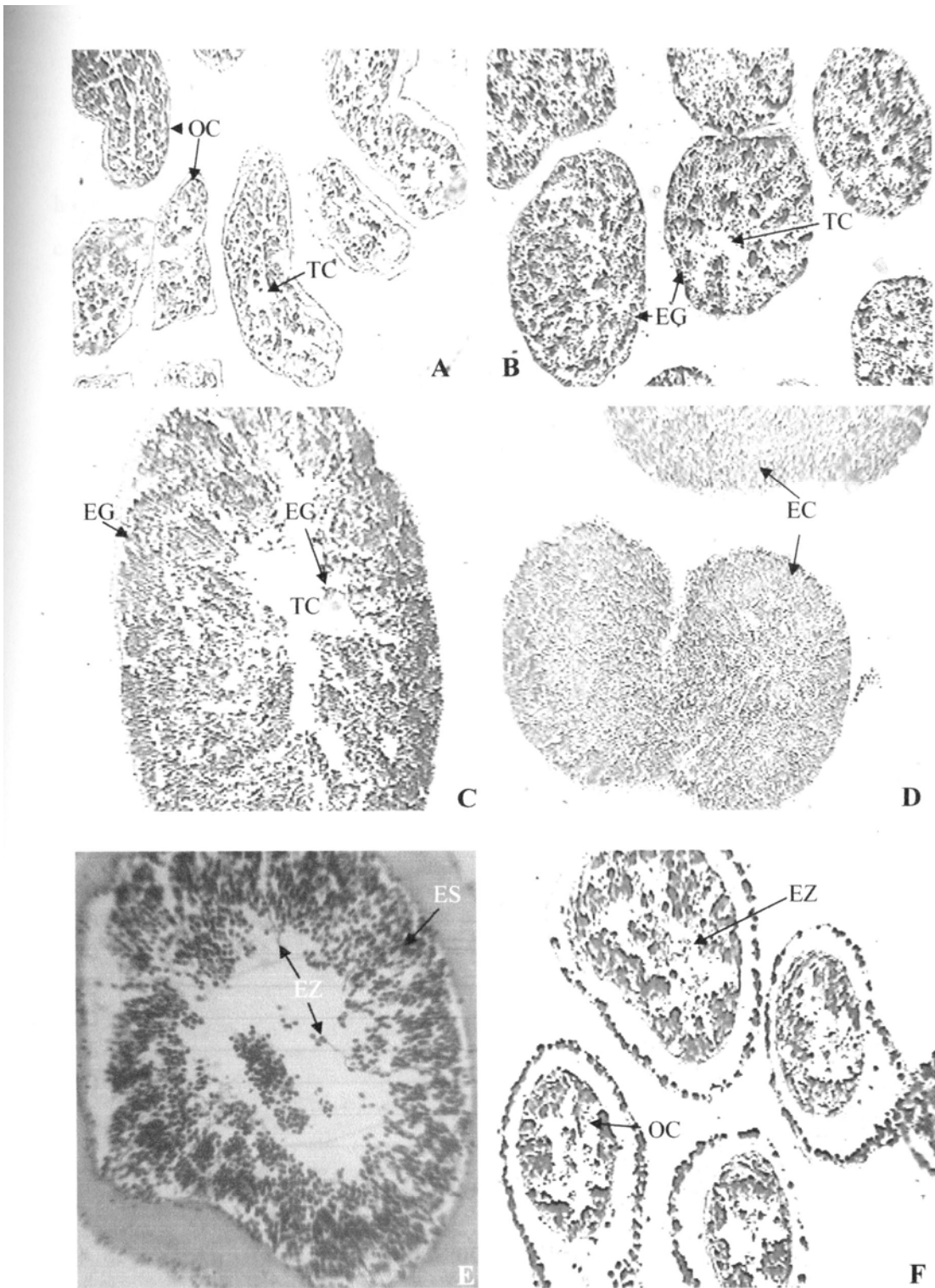
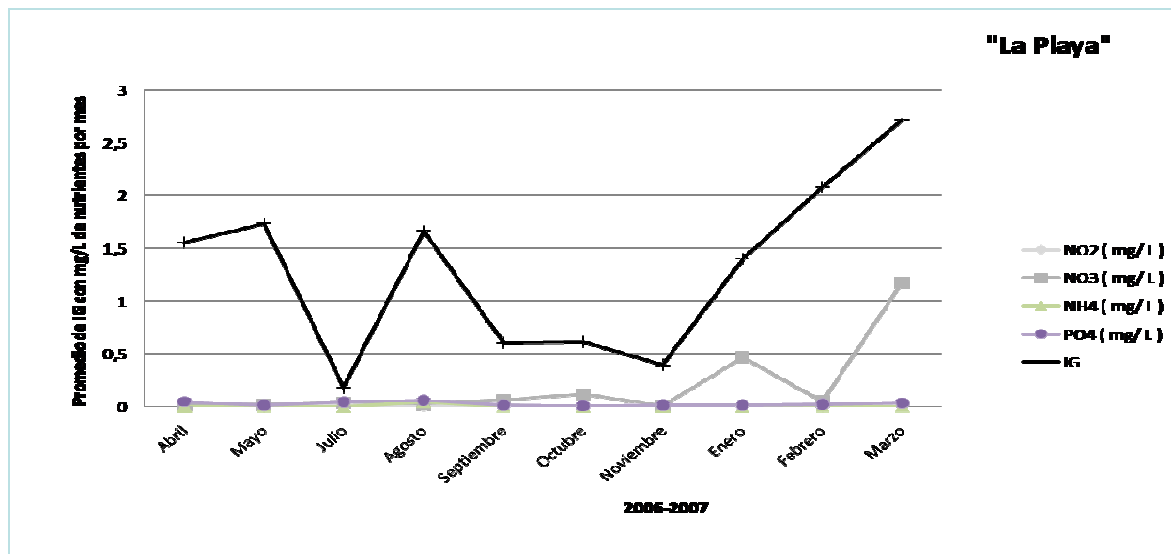
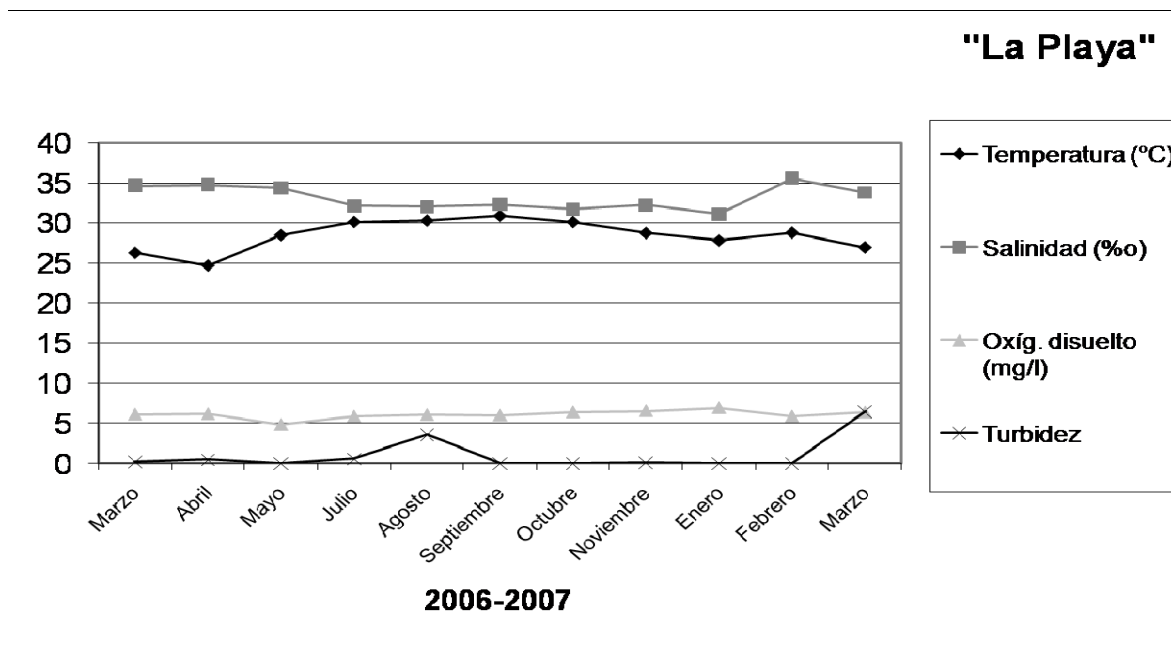


Figura 19. *M. ventricosa grandis* macho (Imágenes proporcionadas por Quetzalli Guzmán Melo) A. Estadio 1. Gónada indiferenciada. B. Estadio 2. Diferenciación. C. Estadio 3. Crecimiento. D. Estadio 4. Proliferativa. E. Estadio 5, Madurez. F. Estadio 6, Desove. Tejido conectivo (TC), Oocitos (OC), Espermatogonias (EG), Espermatocitos (EC), Espermatidas (ES), Espermatozoides (EZ). Imágenes a 10x.

Los valores del IG fueron relacionados con los valores de nutrientes y parámetros hidrológicos (Figs. 18, 19 Y 20), para observar la posible influencia de estos en el comportamiento del ciclo reproductivo de *M. ventricosa grandis*.

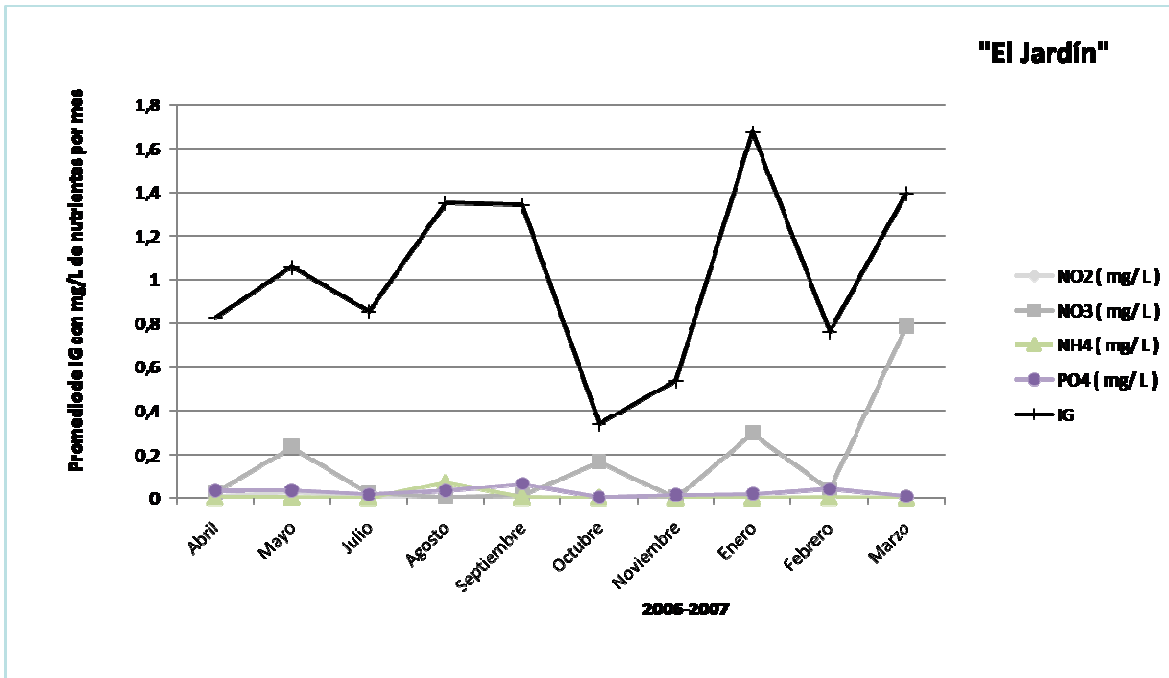


A

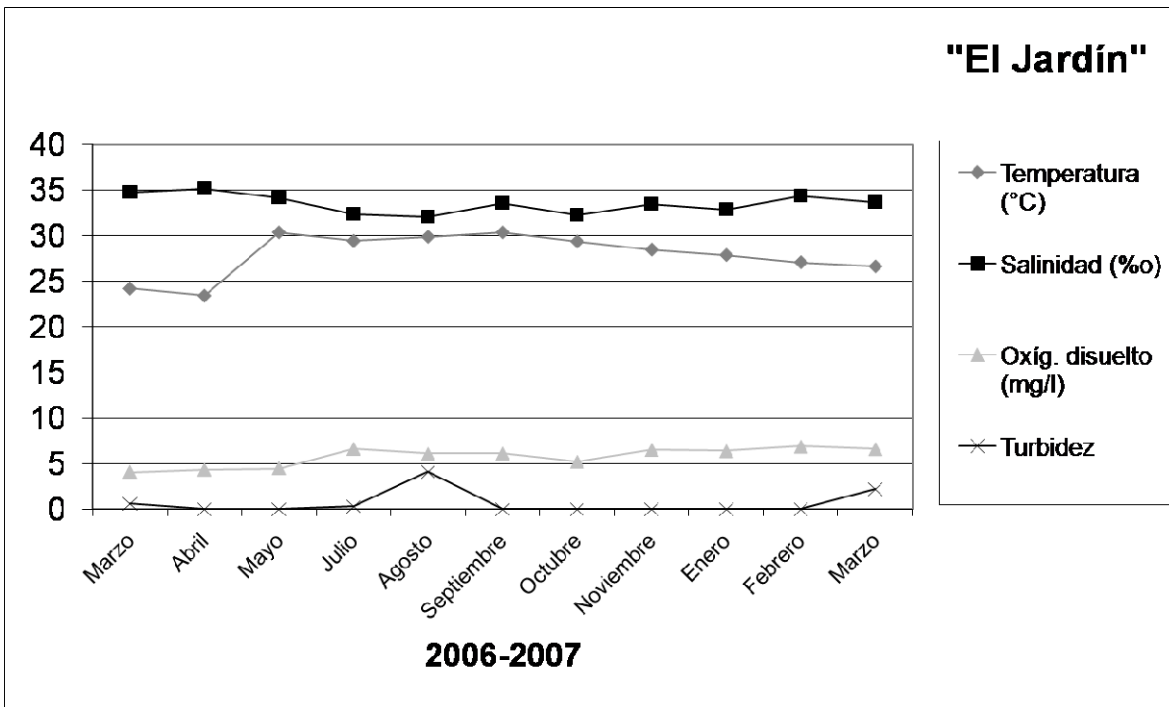


B

Figura 18. A. Gráfica de IG relacionado con nutrientes. B. Gráfica de parámetros hidrológicos de la estación “La Playa”.

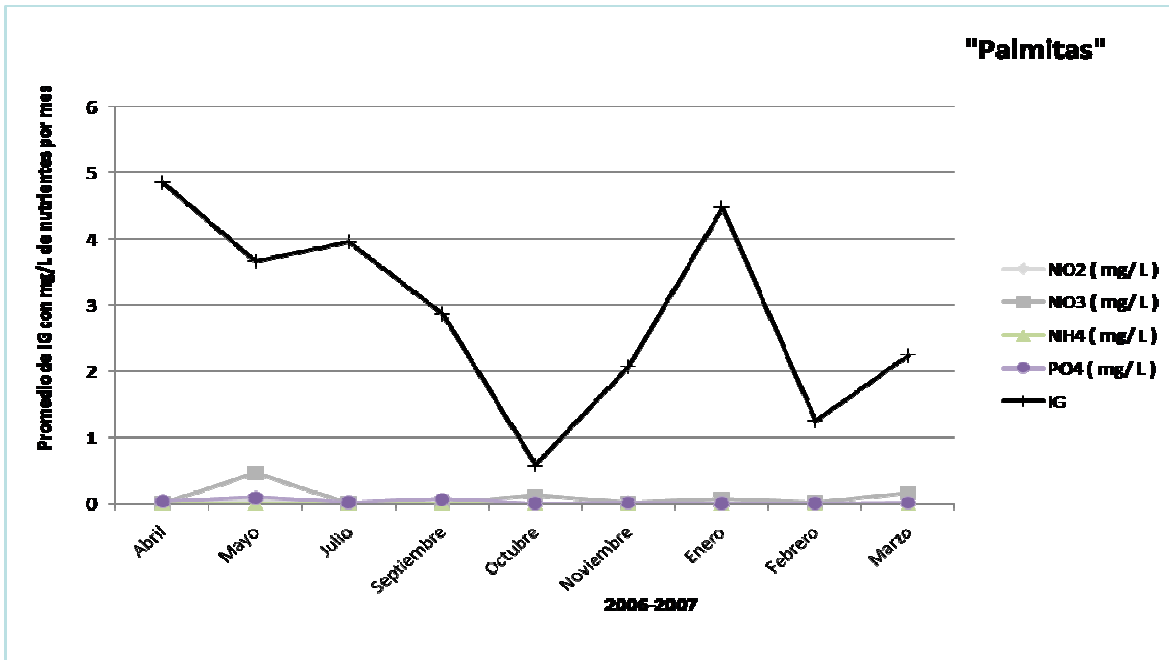


A

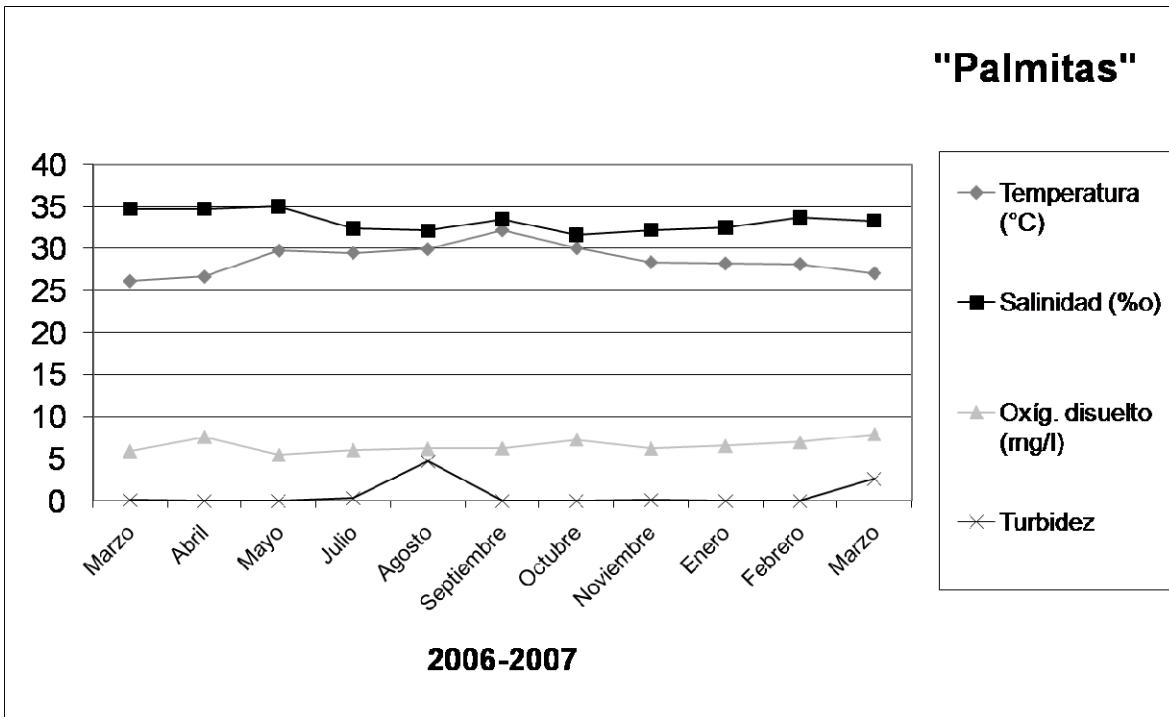


B

Figura 19. A. Gráfica de IG relacionado con nutrientes. B. Gráfica de parámetros hidrológicos de la estación "El Jardín".



A



B

Figura 20. A. Gráfica de IG relacionado con nutrientes. B. Gráfica de parámetros hidrológicos de la estación "Palmitas".

Comparando las tres figuras anteriores (18, 19 y 20) en donde se expone la relación del IG con los parámetros hidrológicos y nutrientes, se observa que estos últimos presentan mayor afinidad con el IG que los parámetros hidrológicos. No se observó una correlación directa entre todos los valores de nutrientes y el IG, ya que solo los nitratos se mostraron más afines a dichos valores, principalmente en “La Playa” y en “El Jardín”. La estación “Palmitas” presentó otro tipo de comportamiento de datos.

EL ÍNDICE GONÁDICO Y SU RELACIÓN CON LA MATERIA ORGÁNICA.

Se relacionó el IG con los valores obtenidos de MO en cada estación. El IG de *M. ventricosa grandis* se relaciona con la MO presente en su nicho alimentario. En la estación “La Playa” son muy parecidos los cambios del IG con la MO de los tractos digestivos. En la estación “El Jardín” el IG se relaciona con la MO de los tractos y el sedimento. Y en la estación “Palmitas” el IG va a la par con la cantidad de MO de las trampas y los tractos digestivos (Fig. 21).

Los resultados de las gráficas de IG, MO, nutrientes y parámetros hidrológicos anteriores demuestran que el crecimiento de las gónadas y los picos reproductivos de *M. ventricosa grandis* están sujetos a la disponibilidad de alimento en su nicho alimentario, es decir, *M. ventricosa grandis* puede reproducirse durante todo el año, siempre y cuando exista un aporte constante de recursos en su nicho alimentario.

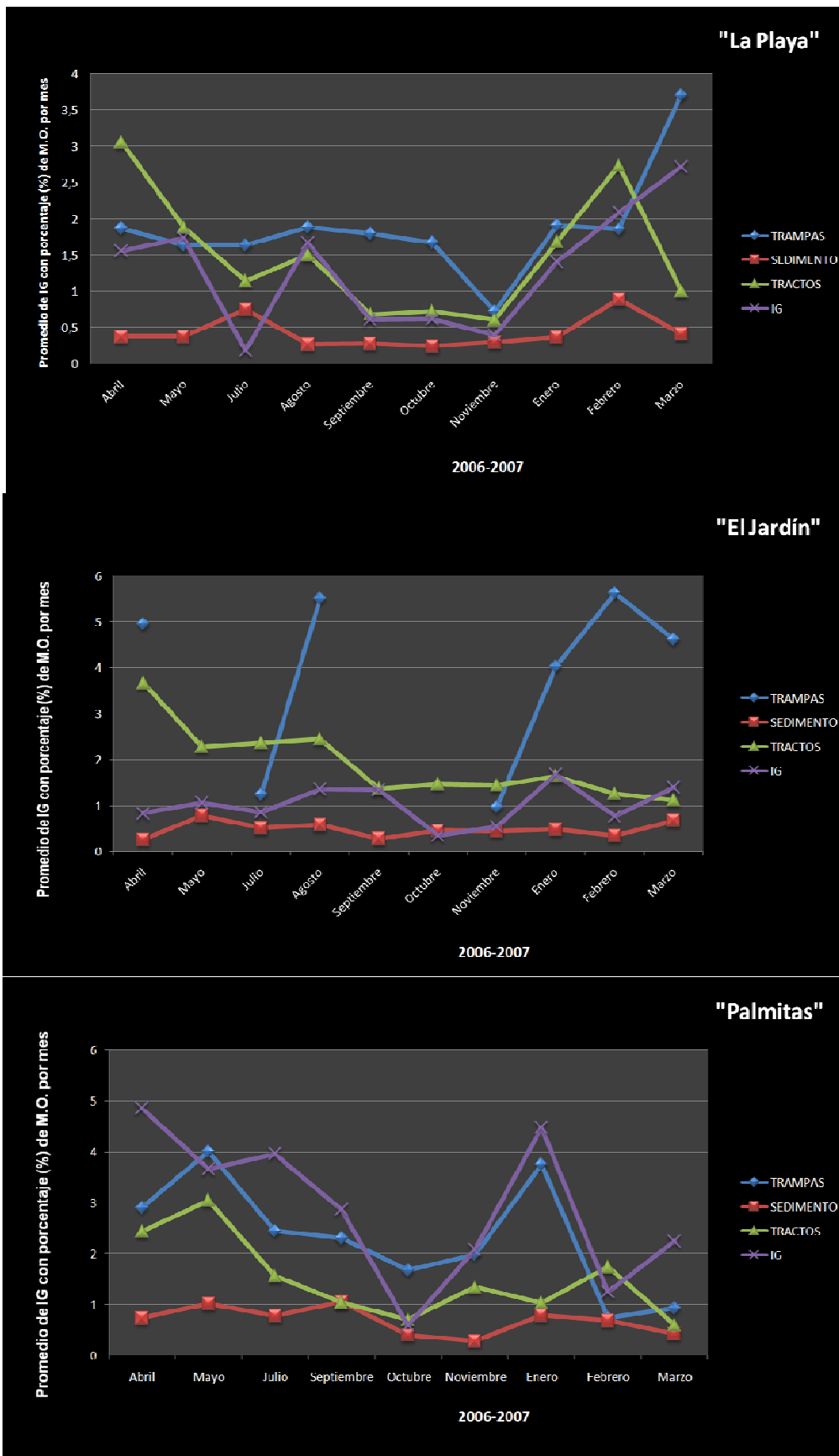


Figura 21. Relación de los valores de MO obtenidos de tractos digestivos, trampas de nieve marina, sedimento e IG para cada una de las estaciones. De abril 2006 a marzo 2007.

ANÁLISIS DE REGRESIÓN POR ÁRBOLES

Para saber con certeza que parámetro fue el que más influyó en las variaciones del IG en los tres sitios de muestreo durante el año de estudio, fue necesario utilizar el método de análisis de regresión por árboles, el cuál reveló las relaciones que actualmente existen entre el IG y los parámetros ambientales. En este método se incluyeron todas las variables obtenidas como predictorias (amonio, nitratos, nitritos, fosfatos, MO de sedimentos, MO de tractos digestivos, MO de trampas de nieve marina, textura, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y turbidez).

El análisis RT aplicado a los datos obtenidos de marzo 2006 a marzo 2007 presentó los siguientes resultados.

El análisis para relacionar el IG con las diferentes variables descritas demuestra que la MO de los sedimentos es el factor que más influye en el IG, ya que si esta MO tiene valores altos (> 0.70584) se registra el mayor tamaño en el IG: 3.2. Al tener una cantidad menor de MO en los sedimentos, los nitratos y la MO de los tractos digestivos aparecen a continuación para ser los factores que contribuyen al aumento del IG; los nitratos se mostraron como la segunda variable determinante, que al tener un valor alto (> 0.137491) se combina con la baja cantidad de MO del sedimento para incrementar el IG a 1.88; al final se encuentra la MO de los tractos, que al ser mayor de 1.30104 mezclada con la baja cantidad de nitratos y materia de los sedimentos colabora en el crecimiento del IG (1.28); pero cuando estas tres variables presentan valores bajos el IG tiende a ser menor (0.59), sin embargo el IG sigue presentando un valor porque se asocia con otros factores, que por ser tan reducidos no aparecen en el árbol jerárquico (Fig. 22).

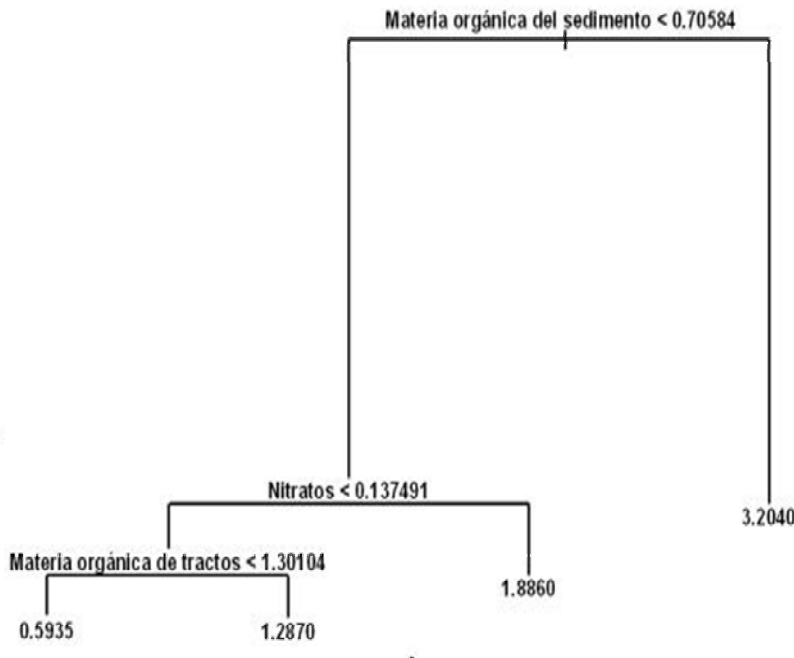


Figura 22. Análisis de regresión por árboles entre el IG de las tres estaciones como variable de respuesta y el amonio, nitritos, nitratos, fosfatos, salinidad, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, MO de sedimentos, MO de tractos digestivos, MO de trampas de nieve marina y textura como variables predictorias.

Se utilizó el mismo método de análisis RT para saber con certeza que parámetro ambiental es el que más influye para que se presente *M. ventricosa grandis* dentro de los tres sitios de muestreo. Igualmente, se incluyeron todas las variables predictorias obtenidas.

En el análisis RT para relacionar las variables predictorias con la presencia de *M. ventricosa grandis*, se puede observar que el factor de mayor influencia es la MO de los tractos digestivos, ya que al presentar valores bajos (< 1.07786) registra la menor cantidad de individuos presentes en promedio (6.5). Contrariamente al árbol para el IG, mientras más variables se van asociando mayor es la cantidad de individuos que se presentan en las tres estaciones. Teniendo que al sumarse los nitratos con un valor bajo (< 0.014819), aumenta la cantidad de organismos a 8.6 animales en promedio, pero al ser más alto el valor de nitratos se asocia a los fosfatos, encontrándose más erizos; observando que si los fosfatos superan el 0.0185968 habrá alrededor de 10 individuos, pero cuando el valor de los fosfatos es menor se registra la mayor cantidad de individuos en las tres áreas de muestreo: 11.3 (Fig. 23).

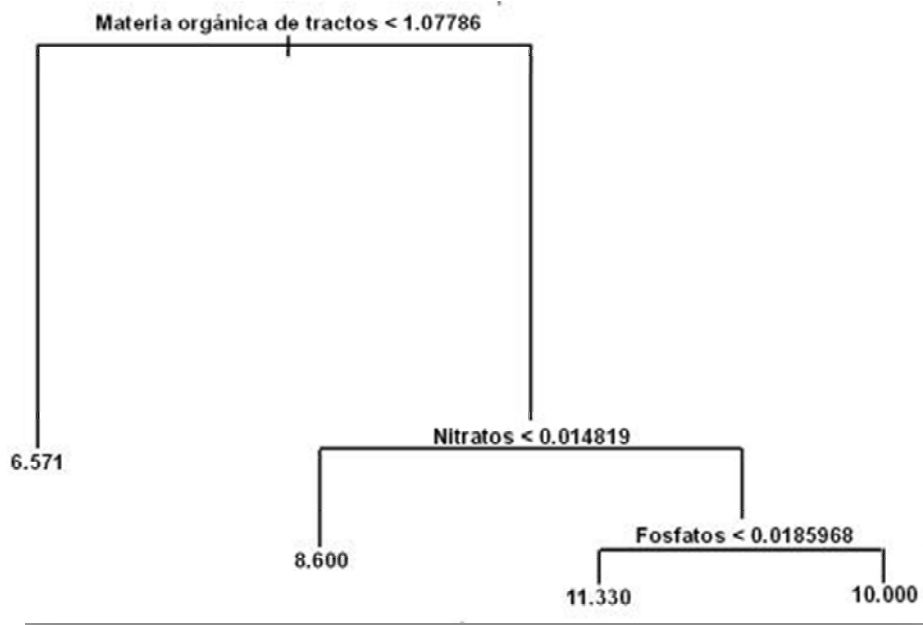


Figura 23. Análisis de regresión por árboles entre la cantidad de individuos de las tres estaciones como variable de respuesta y el amonio, nitritos, nitratos, fosfatos, salinidad, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, MO de sedimentos, MO de tractos digestivos, MO de trampas de nieve marina y textura como variables predictorias.

DISCUSIÓN

M. ventricosa grandis presenta una amplitud de nicho alimentario poco selectiva en las tres estaciones trabajadas (“La Playa”, “El Jardín” y “Palmitas”), dado que los erizos se encontraron en cantidades similares en los tres sitios de muestreo aún cuando los sustratos fueron diferentes entre ellos. Se hizo evidente la necesidad de obtener la amplitud de nicho alimentario: según Krebs (1999), el análisis de la dinámica de una comunidad depende en parte de las mediciones de cómo los organismos utilizan su ambiente. Al obtener la amplitud de nicho alimentario el principal desafío fue realizar un censo poblacional del erizo por la dificultad que esto implicaba, debido a que el tiempo de buceo era poco y se tenían que realizar diferentes actividades en el fondo del agua.

Con relación a lo anterior, Scheibling (1982) observa (sin mencionar el método) que los organismos censados mensualmente en áreas muy grandes se distribuyen en poblaciones uniformes a través del parche, por el contrario en el presente estudio se observó que el tiempo de buceo es muy corto para censar áreas tan grandes y que aun delimitando el área del estudio nada puede asegurar que los individuos no se desplacen entre sub-áreas.

En los tres sitios de muestreo se observó que *M. ventricosa grandis* se distribuía en parches poblacionales, coincidiendo con Chesher (1969); pero la densidad y las tallas diferían significativamente entre localidades; observaciones parecidas fueron hechas en trabajos como los de Steiner y Williams (2006) en Dominica y Lundquist *et al.* (2006) en Nueva Zelanda, pero las diferencias encontradas fueron tan solo de densidad.

Considerando que Detwiler *et al.* (2002) menciona que las características del sustrato afectan la distribución de los organismos y que la composición granulométrica puede tener una fuerte influencia en la viabilidad del asentamiento poblacional (Pinedo, *et al.*, 2000); la textura y profundidad del sustrato puede relacionarse con el tamaño de individuos presentes en cada una de las estaciones muestreadas. En “El Jardín” se encontró arena muy gruesa con conglomerados y conchas muy grandes, con poca profundidad del sustrato y solo individuos pequeños, los cuáles por la estabilidad del medio pueden moverse sin dificultad y resistir las corrientes marinas, además, dada su pequeña talla pueden cubrirse fácilmente en la poca profundidad del sedimento, lo que no pueden hacer

erizos de mayor tamaño; por esto la arquitectura del sedimento tiene que ser adecuada para el animal habitante, ya que debe protegerse de las corrientes de agua cuyas fuerzas hidrodinámicas pueden arrastrar y llevar a los organismos a otras zonas (Santos y Flammang, 2007). En “La Playa” encontramos sedimentos de arena muy gruesa con pocos conglomerados y pocas conchas, lo que facilita el movimiento de los erizos pequeños, pero había algunas partes que solo tenían arena muy gruesa de mayor profundidad en donde solo se encontraron adultos; al hallarse alguno de estos erizos, a su alrededor no había individuos pequeños, estando el siguiente individuo más cercano a 60 cm aproximadamente, esto coincide con Cameron y Schroeter (1980) y Nishizaki y Ackerman (2007), los que mencionan: una característica que provoca la diferencia de densidad es la presencia de adultos, debido a que disminuye el establecimiento larval (asociaciones interespecíficas juvenil-adulto).

“Palmitas” únicamente presentó arena muy gruesa redondeada y muy inestable, donde solo hubo individuos adultos, poco numerosos y alejados entre ellos en mayores profundidades del sedimento, observándose algo similar en *M. ventricosa ventricosa*, donde los individuos tienden a aumentar su tamaño corporal conforme viven a mayor profundidad en el sedimento (Chesher, 1969). Esto último se puede deber porque a bajas densidades poblacionales el tamaño corporal de los invertebrados tiende a incrementarse (Levitan, 1989; Muthiga y Jaccarini, 2005); esta estación no presentó erizos pequeños (Billerbeck *et al.*, 2006), ya que estos al no tener espinas tan largas (Tewfik *et al.*, 2005) y no producir el suficiente moco como los erizos adultos, pueden irse al fondo del sustrato sin que nada los detenga hasta llegar a la zona anóxica y morir, en cambio los adultos pueden moverse sin problema en este medio, ya que los spatangoideos pueden regular su profundidad de alimentación (Thompson y Riddle, 2005). Lo anterior demuestra que la arquitectura del hábitat puede afectar las densidades poblacionales bentónicas a través de la selectividad de tamaño, es decir, los animales bentónicos tienden a seleccionar hábitats en función de su tamaño y peso corporal para poderse desplazar y construir caminos intersticiales (Pinedo *et al.*, 2000; Robson *et al.*, 2005). Por lo tanto en este trabajo se pudo observar que el sedimento no impide la colonización de *M. ventricosa grandis* ya que puede habitar diferentes sustratos dependiendo de su tamaño corporal. Por lo tanto, la textura del sedimento puede considerarse tal como lo mencionan Snelgrove y Butman (1994) y Bergen

et al. (2001) como un factor secundario en la selección de hábitat. Esto se relaciona con el resultado de nicho alimentario, el cuál expone la mínima selectividad de *M. ventricosa grandis* por un tipo de sustrato en particular; tal como lo mencionan Chesher (1969) y Hendler *et al.* (1995). Igualmente, la textura del sedimento de los tractos digestivos en *Meoma ventricosa grandis* coincide con el material que se encuentra a su alrededor, concordando con lo mencionado por Hendler *et al.* (1995). Lo anterior es compatible con la hipótesis de Pinedo *et al.* (2000): el patrón de distribución espacial de una especie esta influenciado de cierta manera por el tamaño de partícula del sedimento.

Los resultados de MO demostraron que en las tres estaciones existe una similitud entre el porcentaje de MO del sedimento y las trampas de nieve marina con la MO de los tractos digestivos de los erizos, esto comprueba que *M. ventricosa grandis* tiene una alimentación constante; observándose lo anterior en otros spatangoideos, que incrementan su actividad significativamente después de adicionar MO en la superficie de los sedimentos (Hollertz *et al.*, 1998).

M. ventricosa grandis influye en los procesos biogeoquímicos del sedimento por su tamaño y abundancia, lo que altera los ciclos de carbono y nitrógeno, transporte y metabolismo de contaminantes, producción secundaria y transporte de sedimentos (Snelgrove, 1998; Hollertz *et al.*, 1998; Marinelli y Woodin, 2002; Welsh y Castadelli, 2004; Granberg *et al.*, 2005; Vopel, *et al.*, 2007), provocando la re-suspensión y disponibilidad de nutrientes por flujos de agua ocasionales (Young y Rhoads, 1971; Billerbeck *et al.*, 2006).

La biodisponibilidad de dichos nutrientes en las tres estaciones fue constante, dada la descomposición de material orgánico junto con los desechos de los erizos, que al encontrarse en grandes poblaciones provocan un aumento en la producción de amonio (Hammond, 1981; Brockington y Peck, 2001; Welsh y Castadelli, 2004), el cual es tóxico para los organismos intersticiales (Welsh y Castadelli, 2004), pero al oxidarse es transformado a nitritos y posteriormente a nitratos (Welsh y Castadelli, 2004), los cuales enriquecen tanto la columna de agua como los sedimentos (Ward, 2003), produciendo compuestos disueltos tales como aminoácidos, aminoazúcares, nitrógeno molecular y sales inorgánicas en el agua intersticial (Martínez-Córdova, 1998; Burdige y Zheng, 1998) que son consumidos por *M. ventricosa grandis*. Asimismo, toma de su hábitat el fósforo

(componente de enzimas, ATP y ácidos nucleicos) en su fase disuelta formado por la descomposición de la MO.

Debido a las propiedades del sedimento, los nutrientes fueron más altos en “La Playa” y “El Jardín”, pues son áreas con mayor estabilidad granulométrica, lo que favorece los procesos biogeoquímicos de los nutrientes; mientras que en “Palmitas” no se facilitó su formación ya que la dinámica de corrientes y el movimiento del sedimento no lo permite. Según Martínez-Córdova (1998) y Sinclair *et al.* (2006) los nutrientes como recurso potencial difieren su disponibilidad de manera local en espacio y tiempo. Estos nutrientes son fundamentales en el nicho alimentario de *M. ventricosa grandis* debido a que son recursos importantes para su crecimiento y reproducción. Ya que el crecimiento gonádico de los erizos es altamente sensible a la cantidad y calidad de alimento en su hábitat (Byrne *et al.*, 1998; Muthiga, 2005) los resultados del IG y la histología de gónadas señalan que no existe una sincronía en el ciclo reproductivo de *M. ventricosa grandis*, ya que los picos de reproducción aumentan y disminuyen en las tres áreas de manera frecuente a través del año de estudio, por lo que el ciclo se muestra asincrónico, similar al trabajo de Shiell y Uthicke (2006).

Existe evidencia de que el tamaño corporal y la producción de gametos es directamente proporcional (Levitan, 1991; Byrne *et al.*, 1998), por lo que se asume que en altas densidades de población el tamaño corporal y la producción de gametos es reducida (Levitan, 1991; Wigham *et al.*, 2003); esto se presenta en los tres sitios de muestreo, en “El Jardín” y “La Playa” se encontró una gran cantidad de individuos e índices gonádicos bajos, a diferencia de la estación “Palmitas” donde los erizos son pocos, de gran tamaño y presentan los IG más altos; información similar a la hallada en los trabajos de Byrne *et al.* (1998) y Williamson y Steinberg (2002), dichos autores mencionan que los ciclos reproductivos pueden variar entre localidades, aún siendo relativamente cercanas.

Los erizos se reproducen y desovan durante el año como respuesta a factores ambientales (Williamson y Steinberg, 2002; Wigham *et al.*, 2003; Pastor-de-Ward *et al.*, 2007). La MO y los nitratos al ser absorbidos como aminoácidos libres favorecen el crecimiento del individuo y el desarrollo gonádico. En el presente trabajo se observó que el IG cambia conforme se modifica el aporte de MO en los sedimentos, las trampas o los tractos digestivos en las tres estaciones, haciendo evidente que el alimento es primordial

para la reproducción, ya que los nutrientes en primera instancia van a las gónadas para asegurar la reproducción del individuo. El éxito reproductivo de la especie está asociado a su capacidad para convertir energía adquirida del ambiente en producción de gametos (MacCord y Ventura, 2004), haciendo a las gónadas menos dependientes de los nutrientes de reserva (Pastor-de-Ward *et al.*, 2007). Esta dependencia a la disponibilidad de recursos provoca que el ciclo reproductivo de *M. ventricosa grandis* sea asincrónico, pues solo espera que los aportes de alimento sean altos para poderse reproducir, característica similar a lo descrito en trabajos anteriores (Minor y Scheibling, 1997; MacCord y Ventura, 2004).

En cuanto a los parámetros hidrológicos la turbidez no presenta variante alguna a través del año y pocas veces es lo suficientemente abundante como para dañar a los organismos (Martínez-Córdova, 1998). A su vez, el oxígeno disuelto fue constante en las tres estaciones, siendo similar tanto en la superficie de los sedimentos como en los intersticios alrededor del equinoideo, siendo reportado lo anterior por Vopel *et al.* (2007). La temperatura y la salinidad de las tres estaciones no afectaron claramente al IG, siendo que la conducta de los erizos se modifica significativamente cuando aumenta la temperatura y disminuye la salinidad, debido a que los spatangoideos son vulnerables a estos cambios, tal como lo postulan Hollertz y Duchêne (2001) y Kashenko (2006).

Cabe señalar que las tres estaciones fueron sometidas a un disturbio físico muy fuerte en el mes de agosto 2006 por la presencia de la depresión tropical número 9-E, denominada huracán “Héctor” de categoría 2 (CNA, Servicio Meteorológico Nacional, 2007). Sus repercusiones pueden verse en la Tabla 5, ya que a finales del mes de septiembre se observa una disminución en la cantidad de individuos encontrados. Esto último pudo deberse a las corrientes de tormenta que en aguas poco profundas remueven a las especies enterradoras, depositando sedimento y resuspendiendo la MO (Hall, 1994), y en ocasiones pueden ser suficientemente fuertes para remover comunidades enteras (Hunter y Micheli, 2001; Kashenko, 2006). Para los organismos que lograron permanecer, estos disturbios catastróficos de corto plazo aumentaron el suministro de sedimento, llegando inclusive a enterrar aún más a los erizos, incrementando así la profundidad de penetración del oxígeno (Harvey, *et al.*, 1998; Widdicombe y Austen, 2001; Lundquist, *et al.*, 2006).

El Canal Boca Chica está constantemente sometido a descargas urbanas del Municipio de Acapulco. Estos desechos dan como resultado la eutroficación (Tewfik *et al.*,

2005). Este material al contaminar aumenta la temperatura del agua (Yokota y Matranga, 2006) y repercute en la reproducción (reducción de fertilidad) de los organismos marinos como los erizos (Bay *et al.*, 2003). Cabe la posibilidad de que los spatangoideos no sean fuertemente afectados por estas descargas debido a sus características enterradoras las cuáles favorecen la diversidad de comunidades infaunales y microbianas, ayudando a la descomposición de contaminantes (Hollertz y Duchêne, 2001; Thompson y Riddle, 2005; Granberg *et al.*, 2005).

El análisis RT demostró que la MO del sedimento y los nitratos fueron los elementos determinantes en el aumento del IG en los tres sitios de muestreo, de marzo 2006 a marzo 2007. En la estación “Palmitas”, los erizos fueron lo suficientemente grandes para no necesitar los nitratos, pero sí necesitaban grandes cantidades de MO para reproducirse. Caso contrario a lo hallado en “La Playa” y “El Jardín” en donde hay gran cantidad de individuos juveniles, estas áreas presentan mayor aporte de nitratos y MO, de gran utilidad para el aumento de talla de los organismos. La MO en los tractos digestivos, coincide con el crecimiento gonádico pero en menor proporción. Esto corrobora que la reproducción de *M. ventricosa grandis* es completamente dependiente de la disponibilidad de recursos alimentarios presentes en su nicho.

En cuanto al análisis RT realizado con el fin de determinar los principales factores que influyen para que se presente *M. ventricosa grandis* dentro de las estaciones muestreadas, se observó una relación significativa entre la presencia de erizos y la MO de los tractos digestivos, junto con nitratos y posteriormente fosfatos. Esto coincide con trabajos de Snelgrove y Butman (1994), Minor y Scheibling (1997), James (2000), Ferguson *et al.* (2003) y MacCord y Ventura (2004) donde señalan que la calidad, cantidad y distribución de MO y otros nutrientes son factores determinantes para que se presenten los organismos bentónicos en áreas determinadas. Algunos trabajos que apoyan el uso del análisis RT son los de Rejwan *et al.* (1999) y Fernández-Álamo y Sanvicente-Añorve (2005).

En el presente trabajo se pudo observar que la amplitud del nicho alimentario fue fundamental para la utilización del sedimento y la reproducción de *M. ventricosa grandis*. El sustrato en los tres sitios de muestreo fue diferente en su textura pero contenía el aporte necesario de recursos alimenticios para que el erizo los pudiera habitar. El tamaño de grano

es un factor poco importante para la distribución de *M. ventricosa grandis*, ya que al buscar su alimento puede colonizar distintos sustratos según su tamaño corporal. El nicho alimentario también regula su reproducción, creciendo las gónadas en respuesta al aporte de alimento en el ambiente.

Por lo tanto, la amplitud del nicho alimentario determinará la distribución de *M. ventricosa grandis* en parches bien delimitados, ya que únicamente se encontrará en áreas donde pueda obtener alimento de manera constante para poderse reproducir.

CONCLUSIONES.

El resultado obtenido cercano al 1.0 en la fórmula de Hurlbert demostró que la amplitud de nicho alimentario de *M. ventricosa grandis* en las tres estaciones fue semejante, es decir, que *M. ventricosa grandis* no fue tan selectiva en los sedimentos a su disposición, ya que los individuos se presentaron en proporciones similares en las tres áreas, aún siendo muy diferentes entre ellas. Observando con esto, que el sedimento no fue el factor principal para que este erizo habitara un área particular. Por lo tanto, la granulometría del sedimento fue un factor poco importante para que *M. ventricosa grandis* habite un nicho alimentario, ya que puede colonizar distintos sustratos dependiendo de su tamaño corporal.

La amplitud del nicho alimentario de *M. ventricosa grandis* se estableció en áreas que presentan un aporte de alimento constante, determinando su distribución en parches poblacionales bien delimitados

Ya que la alimentación es primordial en el crecimiento de las gónadas, los procesos reproductivos de *M. ventricosa grandis* fueron dependientes de los nutrientes y la MO presente en su hábitat, modificándose su reproducción paralelamente a la disponibilidad de alimento en su nicho alimentario, por esto último, el ciclo reproductivo de *M. ventricosa grandis* fue asincrónico durante el año de estudio, ya que sus picos reproductivos fueron diferentes en espacio y tiempo, es decir, entre sitios de muestreo y meses del año respectivamente, por lo que no fue posible determinar los meses precisos en que *M. ventricosa grandis* se reproduce.

Consecuentemente, la amplitud del nicho alimentario puede considerarse como el factor que determina la reproducción y distribución de *M. ventricosa grandis* dentro de su hábitat.

LITERATURA CITADA.

1. Abreu-Pérez, M., F.A. Solís-Marín y A. Laguarda-Figueras. 2000. Los equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Archipiélago cubano. *Avicennia*, 12/13: 69-78.
2. Barber, D.G., N.R. Gobius, I.J.C. Hannah and D.P. Poppi. 2001. The use of regression tree analysis to identify interactions between on-farm factors affecting milk protein content. *Animal Production in Australia*, 25: 214.
3. Barnes, R.S.K. and C.J. de Villiers. 2000. Animal abundance and food availability in coastal lagoons and intertidal marine sediments. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80: 193-202.
4. Bay, S., B. H. Jones, K. Schiff and L. Washburn. 2003. Water quality impacts of stormwater discharges to Santa Monica Bay. *Marine Environmental Research*, 56: 205-223.
5. Bergen, M., S.B. Weisberg, R.W. Smith, D. Cadien, A. Dalkey, D. Montagne, J.K. Stull, R.G. Velarde and J.A. Ranasinghe. 2001. Relationship between depth, latitude and sediment and the structure of benthic infaunal assemblages on the Mainland Shelf of Southern California. *Marine Biology*, 138: 637-647.
6. Billerbeck, M., U. Werner, L. Polerecky, E. Walpersdorf, D. deBeer and M. Huettel. 2006. Surficial and deep pore water circulation governs spatial and temporal scales of nutrient recycling in intertidal sand flat sediment. *Marine Ecology Progress Series*, 326: 61-76.
7. Birkeland, C., F. Chia and R. R. Strathmann. 1971. Development, substratum selection, delay of metamorphosis and growth in the seastar, *Mediaster aequalis* Stimpson. *Biological Bulletin*, 141: 99-108.
8. Bravo-Tzompantzi, D., F.A. Solís-Marín, A. Laguarda-Figueras, M. Abreu-Pérez y A. Durán-González. 1999. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Avicennia*, 10/11: 43-72.
9. Brockington, S. and L.S. Peck. 2001. Seasonality of respiration and ammonium excretion in the Antarctic echinoid *Sterechinus neumayeri*. *Marine Ecology Progress Series*, 219: 159-168.
10. Brusca, R.C. and G.J. Brusca. 2003. Invertebrates. Sinauer Associates, Inc., Publishers. U.S.A. 936 pp.
11. Burdige, D.J. and S. Zheng. 1998. The biogeochemical cycling of dissolved organic nitrogen in estuarine sediments. *Limnology and Oceanography*, 43(8): 1796-1813.

12. Byrne, M., N.L. Andrew, D.G. Worthington and P. A. Brett. 1998. Reproduction in the diadematoïd sea urchin *Centrostephanus rodgersii* in contrasting habitats along the coast of New South Wales, Australia. *Marine Biology*, 132: 305-318.
13. Caeiro, S, M.H. Costa, P. Goovaerts and F. Martins. 2005. Benthic biotope index for classifying habitats in the sado estuary: Portugal. *Marine Environmental Research*, 60: 570-593.
14. Cameron, R.A. and S.C. Schroeter. 1980. Sea urchin recruitment: Effect of substrate selection on juvenile distribution. *Marine Ecology Progress Series*, 2: 243-247.
15. CNA, Servicio Meteorológico Nacional. 2007. www.smn.cna.gob.mx/
16. Carballo, J.L. 2006. Effect of natural sedimentation on the structure of tropical rocky sponge assemblages. *Ecoscience*, 13(1): 119-130.
17. Carranza-Edwards, A. 1986. Estudio sedimentológico de playas del estado de Chiapas, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 13(1): 331-343.
18. Caso-Muñoz, M. E., A. Laguarda-Figueras, F. A. Solís-Marín, A. Ortega-Salas y A. L. Durán-González. 1994. Contribución al conocimiento de la ecología de la comunidad de equinodermos de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 21(1-2): 67-85.
19. Chesher, R.H. 1969. Contributions to the biology of *Meoma ventricosa* (Echinoidea: Spatangoida). *Bulletin of Marine Science*, 19(1): 72-110.
20. Chesher, R.H. 1970. Evolution in the Genus *Meoma* (Echinoidea: Spatangoida) and a description of a new species from Panama. Biological Results of the University of Miami Deep-Sea Expedition. 68. *Bulletin of Marine Science*, 20(3): 731-761.
21. Colwell, R.K. 1992. Niche: a bifurcation in the conceptual lineage of the term. *In: Fox-Keller, E. and E. A. Lloyd (Eds). Keywords in Evolutionary Biology*. pp. 241-248.
22. David, B., B. Laurin, T. Choné and F. Magniez. 1998. Morphological disparity in the genus *Echinocardium* (Echinoidea: Spatangoida). *In: Candia-Carnevali, M.D. and F. Bonasoro (Eds). 1998. Echinoderm research*. 550 pp.
23. De Ridder, C. and J.M. Lawrence. 1982. Food and feeding mechanisms: Echinoidea. 57-115 pp. *In: Jangoux, M. and J.M. Lawrence (Eds). 1982. Echinoderm nutrition*. 654 pp.
24. Detwiler, P. M., M. F. Coe and D. M. Dexter. 2002. The benthic invertebrates of the Salton Sea: distribution and seasonal dynamics. *Hydrobiologia*, 473: 139-160.

25. Elton, C. 1927. *Animal ecology*. Sidgwick and Jackson, London.
26. Fernández-Álamo, M.A. and L. Sanvicente-Añorve. 2005. Holoplanktonic polychaetes from the gulf of Tehuantepec, Mexico. *Les Cahiers de Biologie Marine*, 46: 227-239.
27. Folk, R.L. 1980. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company. U.S.A. pp 23.
28. Gage, J.D. and P. A. Tyler. 1999. *Deep-sea biology. A natural history of organisms at the deep-sea floor*. Cambridge University Press. 504 pp.
29. Granberg, M. E., R. Hansen and H. Selck. 2005. Relative importance of macrofaunal burrows for the microbial mineralization of pyrene in marine sediments: impact of macrofaunal species and organic matter quality. *Marine Ecology Progress Series*, 288: 59-74.
30. Gray, J.E. 1851. Description of some new genera and species of Spatangidae in the British Museum. *Annals and Magazine of Natural History Ser. 2*, 7: 130-134.
31. Grinnell, J. 1917. The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk*, 34: 427-433.
32. Guzmán, H.M., C.A. Guevara and I.C. Hernández. 2003. Reproductive cycle of two commercial species of sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea) from Caribbean Panama. *Marine Biology*, 142: 271–279.
33. Hall, S.J. 1994. Physical disturbance and marine benthic communities: life in unconsolidated sediments. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 32: 179-239.
34. Hammond, L.S. 1981. An analysis of grain size modification in biogenic carbonate sediments by deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata). *Limnology and Oceanography*, 26(5): 898-906.
35. Hammond, L.S. 1982. Patterns of feeding and activity in deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow back-reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. *Bulletin of Marine Science*, 32(2): 549-571.
36. Harvey, M., D. Gauthier and J. Munro. 1998. Temporal changes in the composition and abundance of the macro-benthic invertebrate communities at dredged material disposal sites in the Anse à Beaufils, Baie des Chaleurs, Eastern Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 36(1): 41-55.

37. Hendler, G., J.E. Miller, D.L. Pawson and P.M. Kier. 1995. Sea stars, sea urchins, and allies. Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press. 390 pp.
38. Hespenheide, H.A. 1975. Prey characteristics and predator niche width. 158-180 pp. *In: Cody M.L. and J.M. Diamond (Eds). 1982. Ecology and Evolution of Communities. Harvard University Press. 545 pp.*
39. Highsmith, R.C. 1982. Induced settlement and metamorphosis of sand dollar (*Dendraster excentricus*) larvae in predator-free sites: adult sand dollar beds. *Ecology*, 63: 320–337.
40. Hollertz, K. and J. –C. Duchêne. 2001. Burrowing behavior and sediment reworking in the heart urchin *Brissopsis lyrifera* Forbes (Spatangoida). *Marine Biology*, 139: 951-957.
41. Hollertz, K., M. Sköld and R. Rosenberg. 1998. Interactions between two deposit feeding echinoderms: the spatangoid *Brissopsis lyrifera* (Forbes) and the ophiuroid *Amphiura chiajei* Forbes. *Hydrobiologia*, 375/376: 287-295.
42. Hunter, S.L. and F. Micheli. 2001. Soft-Sediment Communities. 253-287 pp. *In: Bertness M.D., S.D. Gaines and M.E. Hay (Eds). 2001. Marine Community Ecology. Sinauer Associates, Inc. 550 pp.*
43. Hutchinson, G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symp Quantitative Biology*, 22: 415-427.
44. Iken, K., T. Brey, U. Wand, J. Voigt and P. Junghans. 2001. Food web structure of the benthic community at the Porcupine Abyssal Plain (NE Atlantic): a stable isotope analysis. *Progress in Oceanography*, 50: 383–405.
45. INEGI. 2000. Acapulco de Juárez, Guerrero. Cuaderno Estadístico Municipal. Gobierno del Estado de Guerrero, Ayuntamiento Constitucional de Acapulco de Juárez. 183 pp.
46. INEGI. 2005. Carta Topográfica, 1:50,000. Acapulco, E14C57. Guerrero.
47. James, D.W. 2000. Diet, movement, and covering behavior of the sea urchin *Toxopneustes roseus* in rhodolith beds in the Gulf of California, Mexico. *Marine Biology*, 137: 913-923.
48. Kashenko, S.D. 2006. Resistance of the heart sea urchin *Echinocardium cordatum* (Echinoidea: Spatangoida) to extreme environmental changes. *Russian Journal of Marine Biology*, 32(6): 386-388.

49. Kier, P.M. 1975. The echinoids of Carrie Bow Cay, Belize. *Smithsonian Contributions to Zoology*. Smithsonian Institution Press, (206): 7-9.
50. Klinger, T.S., C.R. Jhonson and J. Jell. 1994. Sediment utilization, feeding-niche breadth, and feeding-niche overlap of Aspidochirotida (Echinodermata: Holothuroidea) at Heron Island. 523-528 pp. *In*: B. David, A. Guille, J. P. Féral and M. Roux (Editors). 1994. *Echinoderms through time*. A. A. Balkema Rotterdam.
51. Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison Wesley Longman, Inc. USA. 620 pp.
52. Lassau, S.A., D.F. Hochuli, G. Cassis and C.A.M. Reid. 2005. Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? *Diversity and Distributions*, 11: 73-82.
53. Levitan, D.R. 1989. Density-dependent size regulation in *Diadema antillarum*: effects on fecundity and survivorship. *Ecology*, 70(5): 1414-1424.
54. Levitan, D.R. 1991. Influence of body size and population density on fertilization success and reproductive output in a free-spawning invertebrate. *Biological Bulletin*, 181: 261-268.
55. Levitan, D.R., M.A. Sewell and F. Chia. 1992. How distribution and abundance influence fertilization success in the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*. *Ecology*, 73(1): 248-254.
56. Lewis, R.J. 2000. An introduction to classification and regression tree (CART) analysis. Annual Meeting of Society for Academic Emergency Medicine in San Francisco, California. 1-14.
57. Lundquist, C.J., S.F. Thrush, J.E. Hewitt, J. Halliday, I. MacDonald and V.J. Cummings. 2006. Spatial variability in recolonisation potential: influence of organism behaviour and hydrodynamics on the distribution of macrofaunal colonists. *Marine Ecology Progress Series*, 324: 67-81.
58. MacArthur, R. and R. Levins. 1967. The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *The American Naturalist*, 101(921): 377-385.
59. MacCord, F.S. and C.R.R. Ventura. 2004. Reproductive cycle of the endemic cassiduloid *Cassidulus mitis* (Echinoidea: Cassiduloidea) on the Brazilian coast. *Marine Biology*, 145: 603-612.
60. Marinelli, R.L. and S.A. Woodin. 2002. Experimental evidences for linkages between infaunal recruitment disturbance, and sediment surface chemistry. *Limnology and Oceanography*, 47(1): 221-229.

61. Martínez-Córdova, L.R (Editor). 1998. Ecología de los sistemas acuícolas. AGT Editor, S.A. México. 227 pp.
62. Massin, C. 1982. Food and feeding mechanisms: Holothuroidea. pp 43-55. *In*: Jangoux, M. and J.M. Lawrence (Eds). 1982. Echinoderm nutrition. 654 pp.
63. Mayo-Vera, A.B. 2004. Estudio ambiental de la Bahía de Acapulco, Guerrero. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis Profesional. 76 pp.
64. Méndez-Ubach, N. and M. Green-Ruíz. 1998. Superficial sediments and their relation to polychaete families in a subtropical embayment, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 46(2): 229-236.
65. Méndez-Ubach, N., V. Solís-Weiss y A. Carranza-Edwards. 1986. La importancia de la granulometría en la distribución de los 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): 45-55.
66. Minor, M.A. and R.E. Scheibling. 1997. Effects of food ration and feeding regime on growth and reproduction of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Marine Biology*, 129: 159-167.
67. Moore, H.B. 1934. A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats. Part I. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 19: 869-885.
68. Mortensen, Th. 1951. A Monograph of the Echinoidea, Vol. 2, Spatangoida II, Text. C. A. Reitzel Publisher. Denmark. 593 pp.
69. Muthiga, N.A. 2005. Testing for the effects of seasonal and lunar periodicity on the reproduction of the edible sea urchin *Tripneustes gatilla* (L) in Kenyan coral reef lagoons. *Hydrobiologia*, 549: 57-64.
70. Muthiga, N.A. and V. Jaccarini. 2005. Effects of seasonality and population density on the reproduction of the Indo-Pacific echinoid *Echinometra mathaei* in Kenyan coral reef lagoons. *Marine Biology*, 146: 445-453.
71. Newell, R.C., L.J. Seiderer and J.E. Robinson. 2001. Animal:sediment relationships in coastal deposits of the eastern English Channel. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81: 1-9.
72. Nishizaki, M.T. and J.D. Ackerman. 2007. Juvenile-adult associations in sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. droebachiensis*): protection from predation and hydrodynamics in *S. franciscanus*. *Marine Biology*, 151: 135-145.

73. Odum, H.T. 1983. *Systems Ecology: An Introduction*. John Wiley & Sons, Inc. USA. 644 pp.
74. Ortiz, M., S. Jesse, W. Stotz and M. Wolff. 2003. Feeding behavior of the asteroid *Meyenaster gelatinosus* in response to changes in abundance of the scallop *Argopecten purpuratus* in northern Chile. *Archiv für Hydrobiologie*, 157(2): 213–225.
75. Páez-Osuna, F., M.L. Fong-Lee y H. Fernández-Pérez. 1984. Comparación de tres técnicas para analizar MO en sedimentos. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 11(1): 257-264.
76. Pain, S.L., P.A. Tyler and J.D. Gage. 1982. The reproductive biology of *Hymenaster membranaceus* from the Rockall Trough, North-East Atlantic Ocean, with notes on *H. gennaeus*. *Marine Biology*, 70: 41-50.
77. Pastor-de-Ward, C.T., T. Rubilar, M.E. Díaz-de-Vivar, X. Gonzalez-Pisani, E. Zarate, M. Kroeck and E. Morsan. 2007. Reproductive biology of *Cosmasterias lurida* (Echinodermata: Asteroidea) an anthropogenically influenced substratum from Golfo Nuevo, Northern Patagonia (Argentina). *Marine Biology*, 151: 205-217.
78. Pinedo, S., R. Sardá, C. Rey and M. Bhaud. 2000. Effect of sediment particle size on recruitment of *Owenia fusiformis* in the Bay of Blanes (NW Mediterranean Sea): an experimental approach to explain field distribution. *Marine Ecology Progress Series*, 203: 205-213
79. Pomory, C.M., B.D. Robbins and M.T. Lares. 1995. Sediment grain size preference by the sand dollar *Mellita tenuis* Clark, 1940 (Echinodermata: Echinoidea): a laboratory study. *Bulletin of Marine Science*, 56(3): 778-783.
80. Pulliam, H.R. 2000. On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, 3: 349-361.
81. Quijón, P.A. and P.V.R. Snelgrove. 2005. Polychaete assemblages of a sub-arctic Newfoundland fjord: habitat, distribution and identification. *Polar Biology*, 28(7): 495-505.
82. Ramírez-Llodra, E., P.A. Tyler and D.S.M. Billett. 2002. Reproductive biology of porcellanasterid asteroids from three abyssal sites in the northeast Atlantic with contrasting food input. *Marine Biology*, 140: 773-788.
83. Ramofafia, C., M. Byrne and S. Battaglene. 2001. Reproductive biology of the intertidal sea cucumber *Actinopyga mauritiana* in the Solomon Islands. *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom*, 81: 523-531.

84. Rejwan, C., N.C. Collins, L.J. Brunner, B.J. Shuter and M.S. Ridgway. 1999. Tree regression analysis on the nesting habitat of smallmouth bass. *Ecology*, 80(1): 341-348.
85. Rhoads, D.C. and D.K. Young. 1971. Animal-sediment relations in Cape Cod Bay, Massachusetts II. Reworking by *Molpadia oolitica* (Holothuroidea). *Marine Biology*, 11: 255-261.
86. Ricciardi, A. and E. Bourget. 1999. Global patterns of macroinvertebrate biomass in marine intertidal communities. *Marine Ecology Progress Series*, 185: 21-35
87. Rizzo, A.E. y A.C.Z. Amaral. 2001. Environmental variables and intertidal beach annelids of São Sebastião Channel (State of São Paulo, Brazil). *Revista de Biología Tropical*. 49(3-4): 849-857.
88. Robson, B.J., L.A. Barmuta and P.G. Fairweather. 2005. Methodological and conceptual issues in the search for a relationship between animal body-size distributions and benthic habitat architecture. *Marine and Freshwater Research*, 56:1-11.
89. Santos, R. and P. Flammang. 2007. Intra- and interspecific variation of attachment strength in sea urchins. *Marine Ecology Progress Series*, 332: 129-142.
90. Scheibling, R.E. 1982. Habitat utilization and bioturbation by *Oreaster reticulatus* (Asteroidea) and *Meoma ventricosa* (Echinoidea) in a subtidal sand patch. *Bulletin of Marine Science*, 32(2): 624-629.
91. Shiell, G.R. and S. Uthicke. 2006. Reproduction of the commercial sea cucumber *Holothuria whitmaei* (Holothuroidea: Aspidochirotida) in the Indian and Pacific Ocean regions of Australia. *Marine Biology*, 148: 973-986.
92. Sinclair, G.A., D. Kamykowski, E. Milligan and B. Schaeffer. 2006. Nitrate uptake by *Karenia brevis*. II. Behavior and uptake physiology in a nitrate-depleted mesocosm with a bottom nutrient source. *Marine Ecology Progress Series*, 328: 125-131.
93. Snelgrove, P.V.R. 1998. The biodiversity of macrofaunal organisms in marine sediments. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1123-1132.
94. Snelgrove, P.V.R. and C.A. Butman. 1994. Animal-sediment relationship revisited: cause versus effect. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 32: 111-177.
95. Snelgrove, P.V.R., J.F. Grassle and R.F. Petrecca. 1996. Experimental evidence for aging food patches as a factor contributing to high deep-sea macrofaunal diversity. *Limnology and Oceanography*, 41(4): 605-614.

96. Snelgrove, P.V.R., J.F. Grassle, J.P. Grassle, R.F. Petrecca and K.I. Stocks. 2001. The role of colonization in establishing patterns of community composition and diversity in shallow-water sedimentary communities. *Journal of Marine Research*, 59: 813-831.
97. Solís-Marín, F.A. y B.E. Buitrón Sánchez. 1993. Distribución de *Meoma ventricosa grandis* Gray, 1851 (Echinodermata: Brissidae) en la región occidental de México. Resúmenes del XII Congreso Nacional de Zoología. Sociedad Mexicana de Zoología. pp. 11.
98. Solís-Marín, F.A., A. Laguarda-Figueras and A. Leija-Tristán. 1997. Morphology, systematics and distribution of *Meoma ventricosa grandis* and *M. ventricosa ventricosa* (Echinodermata: Echinoidea: Brissidae) along Mexican Coasts. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 110(2): 301-309.
99. Steiner, S.C.C. and S.M. Williams. 2006. The density and size distribution of *Diadema antillarum* in Dominica (Lesser Antilles): 2001-2004. *Marine Biology*, 149: 1071-1078.
100. Telford, M., R. Mooi and A.S. Harold. 1987. Feeding activities of two species of *Clypeaster* (Echinoides, Clypeasteroidea): further evidence of clypeasteroid resource partitioning. *Biological Bulletin*, 172: 324-336.
101. Tewfik, A., J.B. Rasmussen and K.S. McCann. 2005. Anthropogenic enrichment alters a marine benthic food web. *Ecology*, 86(10): 2726-2736.
102. Thompson, B.A.W. and M.J. Riddle. 2005. Bioturbation behavior of the spatangoid urchin *Abatus ingens* in Antarctic marine sediments. *Marine Ecology Progress Series*, 290: 135-143.
103. Torres-Martínez, M.A. y F.A. Solís-Marín. Estudio comparativo entre dos subespecies de erizos irregulares del género *Meoma* en México, *Meoma ventricosa grandis* Gray, 1851 y *M. v. ventricosa* (Lamarck, 1816). *Revista de Biología Tropical* (En Prensa).
104. Tyler, P.A. and D.S.M. Billett. 1987. The reproductive ecology of elapsipodid holothurians from the N. E. Atlantic. *Biological Oceanography*, 5: 273-296.
105. Vopel, K., A. Vopel, D. Thistle and N. Hancock. 2007. Effects of spatangoid heart urchins on O₂ supply into coastal sediment. *Marine Ecology Progress Series*, 333: 161-171.
106. Walker, C.W. 1982. Nutrition of gametes. 449-468 pp. In: Jangoux, M. and J.M. Lawrence (Eds). 1982. Echinoderm nutrition. 654 pp.

107. Walker, J.W. 2007. Effects of fine sediments on settlement and survival of the sea urchin *Evechinus chloroticus* in northeastern New Zealand. *Marine Ecology Progress Series*, 331: 109-118.
108. Ward, B.B. 2003. Significance of anaerobic ammonium oxidation in the ocean. *TRENDS in Microbiology*, 11(9): 408-410.
109. Welsh, D.T. and G. Castadelli. 2004. Bacterial nitrification activity directly associated with isolated benthic marine animals. *Marine Biology*, 144: 1029-1037.
110. Widdicombe, S. and M.C. Austen. 2001. The interaction between physical disturbance and organic enrichment: An important element in structuring benthic communities. *Limnology and Oceanography*, 46(7): 1720-1733.
111. Wigham, B.D., P.A. Tyler and D.S.M. Billett. 2003. Reproductive biology of the abyssal holothurian *Amperima rosea*: an opportunistic response to variable flux of surface derived organic matter? *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom*, 83: 175-188.
112. Williamson, J.E. and P.D. Steinberg. 2002. Reproductive cycle of the sea urchin *Holopneustes purpurascens* (Temnopleuridae: Echinodermata). *Marine Biology*, 140: 519-532.
113. Wilkinson, L. 1992. Tree structured data analysis: AID, CHAID and CART. Sawtooth/SYSTAT Joint Software Conference. pp. 1-10.
114. Yokota, Y. and V. Matranga. 2006. Physical and chemical impacts on marine organisms. *Marine Biology*, 149:1-5.
115. Young, D.K. and D.C. Rhoads. 1971. Animal-sediment relations in Cape Cod, Massachusetts I. A transect study. *Marine biology*, 11: 242-254.