



# MACROFAUNA BENTÓNICA EN FONDOS BLANDOS DEL ARRECIFE HORNOS, PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO, MÉXICO

## T E S I S

Que para obtener el grado académico de

MAESTRIA EN CIENCIAS  
(BIOLOGÍA MARINA)

presenta

LUIS ENRIQUE DEL CASTILLO SARABIA

Director de Tesis: Dr. ALEJANDRO GRANADOS BARBA

Comité Tutorial: Dra. Vivianne Solís Wolfowitz

Dra. Elva Escobar Briones

Dr. Luis Arturo Soto González

Dr. Juan Pablo Carricart Ganivet

México, D. F. 2007.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

a mí Madre:

Porque desde el momento en que deseaste que existiera, has procurado durante toda mi vida que yo encuentre la ilusión, voluntad y sueños para ser alguien de bien en la vida. Has sido desde mi niñez el faro de luz y punta de flecha para tomar siempre el camino más difícil, el correcto. Me has instruido para luchar, valorar y conservar a la gente y cosas que he recabado durante mi caminar. Doy gracias a la vida porque estés a mi lado Madre, y por regalarme tan maravillosa herencia que es la búsqueda del conocimiento y la lucha diaria por ser estable y próspero. Te quiero mucho...

Tu monstruo!   Luís E.

## Agradecimientos

Al Dr. Alejandro Granados Barba, director de esta tesis, por su gran esfuerzo para instruirme en el intrincado camino de la ciencia. Su guía y consejos han fortalecido mi formación profesional.

A la Dra. Vivianne Solís Weiss, por darme un espacio en el Lab. Ecología y Biodiversidad de Invertebrados Marinos para realizar este trabajo, por sus acertados comentarios y su amable disposición para apoyarme siempre y aconsejarme.

A la Dra. Elva Escobar Briones, por el ahínco y esfuerzo que realizó para mejorar este trabajo.

Al Dr. Luis Arturo Soto González por incitarme a buscar más allá de lo que yo podía vislumbrar.

Al Dr. Juan Pablo Carricart Ganivet por aceptar ser parte de mis tutores y por su disposición para auxiliarme en el escrito de la tesis.

Al CONACYT, por el otorgamiento de la beca para realizar mis estudios de posgrado.

Al Dr. Pablo Hernández Alcántara “Pablito”, a la M. en C. Nayeli Domínguez Castanedo, a los Biólogos Ricardo Rojas López, Arturo Alvarado, Víctor Ochoa y Adriana Barbosa, ya que siempre que me ofuscaba con las identificaciones de los poliquetos u cuestionamientos, me apoyaron y aconsejaron.

A la M. en C. Margarita Hermoso Salazar y a la Pas de Biól. Karina Arvizú Coyotzin, por su apoyo para la identificación de los crustáceos y resolución de dudas concernientes a los mismos.

Al Dr. Francisco Solís Marín, a la Pas de Biól. Alejandra Gordillo y a la M. en C. Nayeli Domínguez Castanedo por su apoyo en la identificación de los equinodermos.

Al Laboratorio de Geoquímica Acuática, especialmente a Sergio Castillo por la determinación de la concentración de nutrientes. A la Biol. Rosa T. Tiburcio López y al M. en C. José E. Iñiguez Pacheco por el apoyo para la interpretación de los nutrientes.

A los catedráticos de las materias que cursé durante la maestría: Al Dr. Martín Merino Ibarra (Excoordinador del Posgrado), Dr. David Salas de León, Dra. Adela Monreal Gómez, Dr. Javier Alcocer Durán, Dr. Jorge Ciro Pérez, Dra. Elva Escobar Briones, Dr. Alfonso Lugo Vázquez, Dr. Macek Miroslav, Dra. Gloria Vilaclara Fatjó (Coordinadora del Posgrado), Dr. Ma. T. Leticia Rosales Hoz, A. Carolina Ruíz Fernández, Dra. Beatriz Ortega Guerrero, Dr. Arturo Carranza Edwards, Dr. Luis A. Soto González, Dr. Sergio Licea, al Cand. a Dr. Margarito Alvarez, Dra. Vivianne Solís Weiss, Dr. Miguel A. Alatorre Mendieta, Dr. Alejandro Granados Barba, M. en C. Antonio Márquez García.

Al Centro de Ecología y Pesquerías de la Universidad Veracruzana por permitirme realizar la estancia de investigación en la etapa final del posgrado, agradezco

especialmente al Dr. Alejandro Granados y al Dr. Virgilio Arenas Fuentes por dicha oportunidad. Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y al Instituto de Biología por el apoyo para los proyectos *"Análisis de la Estructura Espacial, Biodiversidad y Abundancia de la Comunidad de Pastos Marinos en los Arrecifes Isla Sacrificios, Isla de Enmedio, Arrecife Hornos e Isla Verde del Sistema Arrecifal Veracruzano"* en especial Al Cand. a Dr Pedro Ramírez G.

En Veracruz, al Acuario de Veracruz A.C., especialmente, al Ing. Manuel Rodríguez Gómez, al Biól. Miguel A. Román Vives "Mike" y a las autoridades del mismo. A la Sría de Marina, Tercera Zona Naval y al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), especialmente al Capitán Jorge Juárez S. y a la Biól. Elvira Carvajal H., respectivamente por su gestión para poder realizar trabajos dentro del PNSAV.

En el trabajo de campo, a Nayeli Domínguez Castanedo, Ricardo Rojas López, Julio Díaz Valenzuela, Virginia Andrade Zavala, Alejandra Gordillo y Alfredo Pérez Nava por su ayuda en el muestreo y separación de los organismos.

A la Secretaria Técnica del Posgrado, M. en C. Diana Juárez Bustos, por sus consejos para mi desarrollo académico dentro del ICMYL.

Al personal administrativo, Guadalupe Godoy Medina y Chantal Ruíz Guerrero.

A Gabriela Almaráz, por su apoyo para el trámite de becas y apoyos económicos.

A mi Madre, Cori Sarabia Bueno debido a que sin su apoyo y cariño incondicional, no podría ahora gozar de éste grado académico. A Erick Valdéz, Don Pepe Iturriaga y Doña Reina Olvera de Iturriaga por su hospitalidad desinteresada y gran cariño y a mis hermanos y amigos (Cesar, Miguel, Tere, Mario, Rosita, Virginia Segura, Víctor Manuel, Juan Carlos y Yamel) que han sido parte importante en mi vida. A Doña Artemisa de la Huerta y familia. A Rosaura, por el ánimo y cariño que en ésta última etapa me ha regalado.

A todos aquellos que se me escapan de la mente y que de algún modo me apoyaron durante el posgrado y la redacción de mi tesis.

## CONTENIDO

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. ANTECEDENTES	4
III. OBJETIVOS	8
3.1 Objetivo general	8
3.2 Objetivos particulares	8
IV. ÁREA DE ESTUDIO	9
4.1 Situación y localización geográfica	9
V. MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1 Trabajo de campo	12
5.2 Trabajo de laboratorio	13
5.3 Tratamiento de datos	14
5.3.1 Importancia de especies en la comunidad	15
5.3.2 Diversidad	16
5.3.4 Relación entre la comunidad y las variables ambientales	17
VI. RESULTADOS	19
6.1 Caracterización ambiental	19
6.1.1 Profundidad, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto	19
6.1.2 Nutrientes	19
6.1.3 Tipo de sedimento	20
6.2 Análisis faunístico	22
6.3 Importancia de las especies en la comunidad	25
6.3.1 Densidad	25
6.3.2 Biomasa	25
6.4 Aspectos ecológicos	28
6.4.1 Densidad y biomasa	28
6.4.2 Diversidad	29
6.5 Relación entre la comunidad y las variables ambientales	30
6.5.1 Resultados de datos de densidad	30
6.5.2 Resultados de datos de biomasa	31
6.6 Análisis de los resultados del NMDS con base en las variables ambientales	31
VII. DISCUSIÓN	33
7.1 Caracterización ambiental	33
7.1.1 Profundidad, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto	33
7.1.2 Nutrientes	34
7.1.2.1 Proporción amonio-nitrato	34
7.1.2.2 Proporción de compuestos nitrogenados-fosfatos	36
7.1.2.3 Silicatos	36
7.1.3 Tipo de sedimento	37

<b>7.2 Análisis faunístico</b>	37
<b>7.3 Importancia de las especies en la comunidad</b>	38
<b>7.4 Aspectos ecológicos</b>	40
<b>7.5 Relación entre la comunidad y las variables ambientales</b>	41
7.5.1 <i>Datos de densidad</i>	41
7.5.2 <i>Datos de biomasa</i>	42
<b>7.6 Análisis de los resultados del NMDS con base en las variables ambientales</b>	43
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	45
<b>IX. LITERATURA CITADA</b>	46
<b>ANEXOS</b>	58

**Palabras clave:** macrofauna bentónica, fondos blandos, laguna arrecifal, poliquetos, heterogeneidad ambiental, descarga pluvial, nutrientes, tipo tamaño de grano del sedimento.

## RESUMEN

El Arrecife Hornos caracterizado por ser de franja costera y pertenecer al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, ha sido objeto de presiones humanas constantes (tránsito de pequeñas embarcaciones, bañistas, pescadores, derrames de descarga pluvial) aunándose a lo anterior el escaso conocimiento del lugar en términos taxonómicos y ecológicos, lo que llevó a analizar la estructura comunitaria de la macrofauna bentónica en fondos blandos del arrecife y su relación con algunos parámetros ambientales físicos de columna de agua, químicos de agua de fondo y las características granulométricas de los sedimentos. El muestreo se realizó en junio del 2004, recolectando la macrofauna con un dispositivo de succión subacuático, registrándose la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, toma de muestras para la determinación de nutrientes y tamaño de grano promedio. El material biológico analizado incluye 1,280 organismos contenidos en 6 filos, 42 familias y 89 especies englobados en seis grupos: anélidos, crustáceos, moluscos, equinodermos, cnidarios y cordados. El grupo dominante es el de los anélidos (poliquetos en su totalidad) que incluye 24 familias y 61 especies que representan el 91.25% del total de organismos; seguido por los crustáceos con nueve familias y 11 especies (1.89%), moluscos con cuatro familias y nueve especies (0.59%), equinodermos tres familias y tres especies (2.28%) y el resto de los otros invertebrados que representa el 3.98% del total. Las tres especies más abundantes fueron *Fabricinuda trilobata* que predominó en fondos de arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pastos marinos representando el 22.10% de la abundancia total; *Mediomastus californiensis* que predominó en fondos de arenas finas y representó el 31.30% y *Exogone dispar* en fondos de arenas finas y fragmentos de coral muerto (5.23%) El análisis de clasificación, muestra dos grupos: un Grupo A, que liga a las estaciones H4 y H5, alejadas del litoral y situadas hacia la cresta arrecifal y con la estación H3 que está representada por una rama separada; y un Grupo B que liga a las estaciones cercanas al litoral y situadas hacia la descarga de aguas pluviales H1 y H2. La conformación del Grupo A la contribuyeron *Fabricinuda trilobata* la cual tuvo alta densidad en la estación H4; *Nereis grayi* existiendo en la estación H3 y H5; *Syllis botosaneanui* presente en las estaciones H4 y H5; *Capitella* spp. en las estaciones H3 y H4; *Scoletoma verrilli* presente en la estación H3; *Eurythoe complanata* existente en las estaciones H4 y H5 y *Mediomastus californiensis* en las estaciones H3 y H4. En el B, la contribución a la agrupación fue dada por *Caulleriella* cf. *alata*, que tuvo alta densidad en la estación H2 y baja en la H1; *Chaetozone* sp A., *Caulleriella zetlandica*, *Clibanarius antillensis*, *Exogone dispar*, *Chaetozone* spp. que prevalecieron en ambas estaciones. La superposición gráfica de las medidas de las variables ambientales sobre la configuración de los mapas NMDS muestran que sólo en el caso del tamaño de grano se hace evidente la existencia de un patrón relacionado con la distribución espacial promoviendo a la presencia de una heterogeneidad ambiental debido a la presencia de arenas finas hacia el litoral y arenas medianas a gruesas hacia la cresta arrecifal. De igual forma es de considerarse que la laguna arrecifal de Hornos está influenciada por los aportes de aguas urbanas a través del drenaje pluvial que vierte directamente sus descargas en la zona.



## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas arrecifales son considerados como uno de los ecosistemas más productivos y biodiversos del planeta (Paulay, 1997). Los arrecifes de coral están formados fundamentalmente de corales hermatípicos, cuya complejidad estructural permite la existencia de hábitat que proporciona oportunidades de vida para un número elevado de especies, las cuales encuentran ahí lugares adecuados para su protección, establecimiento y alimentación (Glynn, 1997).

En estos ambientes, al interior de las lagunas arrecifales, cuyos fondos son someros, arenosos y/o fangosos, un componente que destaca por su gran abundancia y diversidad es la macrofauna bentónica; organismos que viven en estrecha relación con el sustrato marino ya sea fijos a él o desplazándose en su vecindad, siendo de un diámetro mayor a 0.5 mm (Thomassin, 1969). Éstos juegan un papel importante debido a que, en función de sus hábitos alimenticios y patrones de vida (rastreros, enterradores, crípticos y/o tubícolas), propician evidentes efectos de bioturbación sobre su entorno, facilitando el transporte y mezcla de partículas, así como el intercambio de gases disueltos y materiales a través del sedimento (Rhoads, 1974; Gray, 1974; Thurman, 1988; Paiva, 2001), constituyéndose como un elemento clave en el estudio de las comunidades bentónicas marinas (Knox, 1977; Mackie *et al.*, 1997; Giangrande, 1997).

A pesar de su importancia y la alta biodiversidad potencial que representa en los ambientes arrecifales, poco se conoce de este importante componente en los ámbitos taxonómico y ecológico, siendo ésta una problemática general dentro del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) el cual es importante por estar constituido por 23 arrecifes que contienen gran riqueza biológica de especies marinas, protegidas desde agosto de 1992 por el decreto de Área Natural Protegida con el carácter de Parque Nacional, cuya extensión es de 52238 ha (D.O.F., 1992). En el caso particular del Arrecife Hornos, importante por pertenecer únicamente a tres de los arrecifes de franja existentes en el Golfo de México y en el PNSAV, el estado del

conocimiento es escaso en lo referente a la macrofauna bentónica en fondos blandos, por lo que es necesario elaborar trabajos que representen una línea base para estudios más específicos o de otra índole.

Es indudable que se deben encaminar esfuerzos para desarrollar la investigación marina en el PNSAV y en este caso particular, es necesario porque se realiza en un ambiente costero-arrecifal donde se han realizado muy pocos estudios formales y en el que existen actividades humanas como lo son el constante tránsito naviero, bañistas, pescadores, arrojado de escombros y basura que han producido presión a las comunidades bentónicas que lo habitan modificando su hábitat natural y promoviendo la pérdida y reemplazo de especies por aquellas que son oportunistas. Por ello, es urgente conocer la composición y estructura básica de las comunidades de invertebrados marinos que habitan en el bentos, debido a que es el inicio de una serie de estudios posteriores que permitirán conocer el estado de salud actual del arrecife, para conocer los efectos de dichas presiones sobre la comunidad de macrofauna bentónica ante una inminente contaminación.

## II. ANTECEDENTES

En el caso del estudio de comunidades bentónicas dentro del PNSAV, se hace evidente que las investigaciones se han centrado hacia el grupo de los corales, ya sea a un nivel de descripción general como son la morfología, zonación, caracterización y descripción de los corales hermatípicos existentes (Solís, 1985; Ramírez, 1987 y 1991; Chávez *et al.*, 1988; Lara Pérez-Soto, 1989, 1992; Vargas Hernández *et al.*, 1993; 1998; Tello Musi, 2000) o en particular a la descripción, morfología, crecimiento y fisiología (Carricart Ganivet, 1985, 1993; Jordán Dahlgren, 1992; Beltrán Torres y Carricart Ganivet, 1993; Barba Santos, 1998).

En cuanto a la macrofauna bentónica, existen trabajos sobre los diferentes grupos macrobentónicos. Morales García (1985, 1986 y 1987) estudió los crustáceos estomatópodos y decápodos de los arrecifes de las islas de Sacrificios y Verde en el PNSAV. Hermoso Salazar y Martínez Guzmán (1991) analizaron la composición y estructura de crustáceos decápodos en cinco arrecifes del Golfo de México, incluido Hornos, los de las islas de Sacrificios y Enmedio, donde reconocieron 46 especies y 19 géneros pertenecientes a 8 familias, registrándose por primera vez en arrecifes mexicanos del Golfo de México, 7 nuevas especies de crustáceos para Veracruz. Y el trabajo más reciente es el de Domínguez Castanedo (2007) quien identificó 2211 organismos, siendo el 88% representado por los poliquetos, 8% por crustáceos, 5% por oligoquetos, 3% por moluscos y 1% por equinodermos, siendo éste el primer trabajo que realizó un estudio a fondo sobre la macrofauna bentónica encontrada en la laguna arrecifal de Isla Sacrificios.

Salgado García (1992) estudio algunos aspectos taxonómicos y ecológicos de la malacofauna del arrecife Anegada de Adentro encontrando mayor cantidad de especies de la clase Gastropoda, así mismo menciona que las especies encontradas se caracterizaron por ser moradores de facies rocosas y arenosas, donde predominaron los organismos raspadores y filtradores. Por su parte, García Cubas *et al.* (1994) elaboraron una guía para la identificación en campo de los moluscos arrecifales de Veracruz.

Sánchez Domínguez (1993) estudió la taxonomía y estructura de la comunidad de equinodermos en el Arrecife de Enmedio, identificando 16 nuevas especies, mientras que Maya Vilchis (1993) estudió la distribución, abundancia y algunos aspectos de la biología del erizo, *Lytechinus variegatus* en el Arrecife Hornos.

Green (1986) identificó 13 nuevos registros de poríferos para el Arrecife Blanquilla. López Herrera (1992) realizó una diagnosis taxonómica de 23 especies de esponjas en diferentes estructuras arrecifales del PNSAV (Arrecife Anegada de Afuera, Isla Verde, Arrecife Blanquilla, Isla Sacrificios, Arrecife Pájaros, Galleguilla, El Cabezo, Isla de Enmedio, Arrecife El Rizo, La Blanca, Polo, Chopas, Punta Mocambo, incluyendo Arrecife Hornos).

En Quintana y Molina (1991) se presentan los resultados de cinco años de investigación sobre la ecología general de los arrecifes situados frente al Puerto de Veracruz (Isla Verde, Arrecife La Blanquilla, Isla Sacrificios, Arrecife Anegada de Adentro y Arrecife Pájaros), en donde se reconoció comparativamente la fisiografía de algunos sistemas y sus poblaciones de invertebrados bentónicos macroscópicos.

Sánchez Wall (1992) describió a los poliquetos asociados a tres sustratos duros en Isla de Enmedio, encontrando que las familias Sabellidae, Eunicidae y Terebellidae son dominantes en abundancia y la familia Nereididae en riqueza de especies. Destaca que la familia Eunicidae predomina en sustratos rocosos, la familia Sabellidae en coral muerto y la familia Serpulidae en coral vivo. Por su parte, Carrera Parra y Vargas Hernández (1996-1997), también en Isla de Enmedio, estudiaron la comunidad asociada a ocho especies de esponjas, identificando 94 especies de crustáceos, poliquetos, equinodermos y moluscos.

Del Castillo Sarabia (2004) estudió la colonización de macroinvertebrados bentónicos en sustratos artificiales en los arrecifes Bajo Mersey y Pájaros, encontrando a los poliquetos como el grupo más abundante tanto en sustratos de placas de barro y placas

de llanta, concluyó que ambos sustratos son aptos para ser susceptibles a ser colonizados por epifauna bentónica propia de ambientes arrecifales.

En cuanto a componentes vegetales está el trabajo de Lot Helgueras (1971) en el que menciona la presencia e importancia de cinco especies de pastos marinos en diez arrecifes pertenecientes al PNSAV y en el que se incluye al arrecife Hornos. En el Arrecife Sacrificios, Orduña Medrano (2004) estudió la distribución y abundancia de la ficoflora de la llanura arrecifal, mientras que en la laguna arrecifal, Sepúlveda Lozada (2004) lo hizo con la epifitoflora de las praderas de *Thalassia testudinum*. Así también en la laguna arrecifal de Sacrificios, Ibarra Morales (2005) analizó la distribución, abundancia y biomasa de *T. testudinum*.

En cuanto a los anélidos poliquetos, los estudios han sido mayormente de índole taxonómica. Rioja (1946, 1947, 1959 y 1961) registró 95 especies en varias playas y arrecifes del PNSAV. Horta Puga (1982) registró 13 especies en Isla Verde. Carrera Parra (2001) en su descripción de lumbrineridos del Gran Caribe registró a *Lumbrinerides dayi*, *Scoletoma ernesti*, *Scoletoma treadwelli* y *Scoletoma verrilli* en las costas de Veracruz. Granados Barba *et al.* (2003) incluyen a los arrecifes Anegada de Adentro y Anegada de Afuera en un análisis sobre la distribución, abundancia y diversidad de poliquetos sílidos en el Golfo de México y el Mar Caribe Mexicano, observando un incremento general de diversidad de especies hacia los sistemas arrecifales de Veracruz con un máximo en los arrecifes de Isla Lobos.

Ambientalmente, en el PNSAV se han realizado diferentes estudios. Emery (1963) analizó los sedimentos derivados de los corales, conchas y exoesqueletos, constatando la existencia de lodos e indicando que los arrecifes son la fuente moderna de sedimentos gruesos para la plataforma. Vázquez de la Cerda (1983) realizó mediciones de corrientes en las cercanías del Puerto de Veracruz en Febrero de 1980. Méndez Ubach *et al.* (1986) destacan la importancia del tamaño de grano en la distribución de organismos bentónicos en las playas de Veracruz, incluyendo a San Juan de Ulúa, Playa Mocambo y la playa de Antón Lizardo. Hernández Rosario y Tinoco Blanco

(1988) realizaron una descripción y análisis de los sedimentos y su relación con la batimetría. Hernández Rosario (1990) determinó el transporte litoral del sedimento por medio de las variaciones en la distribución del tamaño de grano de los sedimentos en Veracruz. Krutak *et al.* (1990) estudiaron el desarrollo del PNSAV en el Holoceno describiendo las características morfológicas y geológicas de la planicie costera veracruzana incluyendo los arrecifes del PNSAV. Sánchez Juárez y Aldeco Ramírez (1993) y Hernández Téllez y Salgado Rivero (1996) realizaron un monitoreo de las masas de agua de la costa de la Ciudad de Veracruz, registrando periódicamente la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (julio a diciembre de 1993 y de enero de 1995 a febrero de 1996). Krutak (1997) analizó la petrografía y procedencia de sedimentos siliclásticos existentes, describiendo sus características y evidenciando el papel que representan las descargas de los ríos La Antigua, Jamapa y Papaloapan en el aporte de materiales sedimentarios al PNSAV.

Sobre los impactos ambientales que afectan al PNSAV, Tunnell (1992), hizo notar la existencia de perturbaciones de índole natural como los “Nortes”, o los aportes continentales y huracanes, y los de índole antrópica como las actividades pesqueras, turísticas y deportivas, colecta y caza de especies arrecifales nativas, aguas de desecho de la ciudad de Veracruz y dragado.

En el ámbito mundial, Bitter Soto (1999), y Bone y San Martín (2003) analizaron las comunidades macrobentónicas en praderas de pastos marinos de un área protegida de Venezuela, utilizando un muestreador similar al utilizado en este estudio.

En el ámbito local, recientemente Domínguez-Castanedo (2007) realizó un estudio sobre la macrofauna bentónica encontrada en la laguna arrecifal de Isla Sacrificios, encontrando once especies comunes a los encontrados en Arrecife Hornos en el presente estudio.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Analizar la estructura comunitaria de la macrofauna bentónica en fondos blandos del Arrecife Hornos, PNSAV y su relación con algunos parámetros ambientales físicos de columna de agua, químicos de agua de fondo y las características granulométricas de los sedimentos.

#### **3.2 Objetivos particulares**

- 1.- Analizar los factores abióticos de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, en la columna de agua y los nutrientes en el agua de fondo (nitritos, nitratos, amonio, fosfatos y silicatos), así como las características granulométricas de los sedimentos registrados en el Arrecife Hornos.
- 2.- Identificar taxonómicamente a la macrofauna bentónica recolectada en el arrecife Hornos y realizar un inventario faunístico.
- 3.- Analizar la estructura comunitaria de la macrofauna bentónica, con base en su abundancia, composición, densidad, biomasa, diversidad, riqueza y distribución, relacionando éstos con los factores abióticos.

## IV. ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1 Situación y localización geográfica

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) se localiza frente a la zona conurbada de Veracruz-Boca del Río y de la población de Antón Lizardo; es uno de los parques marinos más importantes de México por su dimensión, estructura en zonas emergidas y número de especies, siendo clave para el desarrollo de especies de corales pétreos que, a su vez, forman la estructura básica para el establecimiento de otros organismos bentónicos como moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos y peces (Vargas Hernández *et al.*, 1993).

Dentro del PNSAV, el Arrecife Hornos se localiza, entre los 19° 11.417' N – 96° 07.372' W y los 19° 11.284' N - 96° 07.335' W (D.O.F., 1992). Colinda, al oeste, con la ciudad de Veracruz, al este con Isla Sacrificios, al norte con la Escuela Marina Mercante “Fernando Siliceo” y las escolleras del puerto, y al sur con el muelle adyacente al Acuario de Veracruz, A. C. Con base en la carta oceanográfica de la SEMAR (1992) el arrecife cubre un área de 1.3 km<sup>2</sup> y tiene un perímetro de 1.83 km (Figura 1).

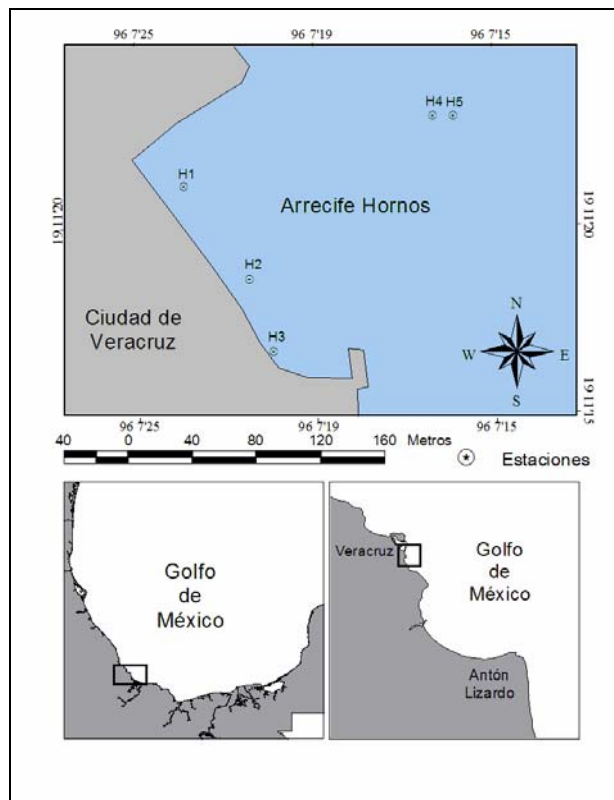
El clima de la región es del tipo Am y Aw, cálido húmedo y subhúmedo con abundantes lluvias en verano y parte del otoño (García, 1989). La precipitación promedio en la región es de 1674 mm, siendo julio el mes más lluvioso y marzo el más seco, con una precipitación de 950 mm. La presión atmosférica estándar es de 1021 mb (760 mm Hg) y presenta una humedad relativa promedio del 82% y una evaporación media anual de 2,900 mm (INEGI, 2001). De acuerdo con el INEGI (2001), el esquema climático del área de Veracruz se puede sintetizar en dos temporadas del año:

1. “Nortes” que abarca desde septiembre hasta abril y está caracterizada por una escasa precipitación, temperaturas bajas y frecuentes invasiones de masas de aire frío del Norte, por cuya fuerza pueden ser, desde vientos frescos hasta violentos y huracanados con un promedio de 80 a 120 km h<sup>-1</sup>.



2. “Lluvias”, de mayo a agosto, que es un período cálido, caracterizado por temperaturas elevadas, alta precipitación entre julio y agosto, y vientos débiles del Este que soplan más o menos permanentemente.

Sin embargo, se puede considerar un periodo “transicional” entre nortes y lluvias (abril-junio) en el que existe la mínima descarga de aguas continentales a la zona de estudio, pudiéndose considerar a ésta la temporada de secas.



**Figura 1. Mapa del Arrecife Hornos, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.**

Las masas de agua que rodean a los arrecifes del PNSAV pueden clasificarse en dos tipos: *Aguas costeras* y *aguas de mezcla*. El agua de tipo costero presenta temperaturas superiores: entre los 29 y 29.4 °C y las aguas de mezcla entre 28.7 y 29 °C. La salinidad tiene valores de 36 ups, propios de las aguas costeras que reciben aportes fluviales, en éste caso de la desembocadura de los ríos Jamapa y Papaloapan (Aldeco Ramírez y Sánchez Juárez, 2002). La corriente marina cercana a costa circula

hacia el norte del PNSAV a una velocidad promedio de 40 cm seg<sup>-1</sup> según las mediciones realizadas por Vázquez de la Cerda (1983).

En cuanto a los parámetros ambientales en el PNSAV, Robinson (1973) calculó la profundidad de la termoclina a menos de 50 m entre mayo y agosto, y a más de 250 m en diciembre. La salinidad promedio es de 33.6 ups, existiendo dos clases de salinidad más frecuentes, una por debajo de 31.5 ups y otra por arriba de 34.5 ups, esto en la costa con y sin influencia pluvial respectivamente. Sánchez Juárez y Aldeco Ramírez (1993) registraron la temperatura superficial del agua, con valores que van de 30 °C en verano 23 °C en invierno (20-35.0 °C,  $\bar{x} = 27.73$  °C).

Existen dos tipos de sedimentos predominantes en el PNSAV: los de origen terrígeno proveniente del Río Jamapa; son: limo grueso con mala dispersión, fuertemente asimétrico hacia finos y del tipo leptocúrtico y sedimentos carbonatados con presencia de materia orgánica y del tipo casi simétrico” (Hernández Rosario y Tinoco Blanco, 1988) que son de origen biogénico cuyo aporte proviene de los arrecifes que conforman el PNSAV

Krutak (1997) en su estudio petrográfico revela que en la mayoría de las crestas arrecifales pertenecientes al PNSAV, se presenta una pequeña cantidad de cuarzos, feldspatos y/o fragmentos de roca volcánica. Charofitas dulceacuicolas también están presentes y la arena no carbonatada encontrada sobre los arrecifes representa alrededor del 5%. La procedencia de la arena fina no carbonatada y los fragmentos de roca volcánica en los arrecifes de la zona del Puerto de Veracruz son de la provincia de Teziutlan en Puebla. La fuente de los sedimentos de los arrecifes cercanos a Antón Lizardo fueron acarreados por el Río Jamapa desde las cercanías del Pico de Orizaba (Citlaltépetl) y/o del Río Papaloapan en la Sierra de Juárez.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el marco del proyecto *Análisis de la Estructura Espacial, Biodiversidad y Abundancia de la Comunidad de Pastos Marinos en los Arrecifes Isla Sacrificios, Isla de Enmedio y Hornos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)* que se llevó a cabo conjuntamente entre el Centro de Ecología y Pesquerías de la Universidad Veracruzana, y los Institutos de Biología y de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

### 5.1 Trabajo de campo

El muestreo se realizó del 4 al 5 de junio del 2004, definiéndose para éste un total de cinco estaciones al interior de la laguna arrecifal (Figura 1): tres de ellas (H1, H2 y H3) en sedimentos próximos al litoral (entre 3 y 5 m) junto a una descarga pluvial (SAS, 2004) en la que son vertidas aguas procedentes de la precipitación pluvial, sin embargo en la fase de campo se observó sólidos suspendidos y aguas negras. Las dos estaciones restantes (H4 y H5) se situaron más distantes al litoral, a 126 m hacia interior de la cresta arrecifal. La profundidad en el área de colecta es somera (hasta 2 m) y el fondo es arenoso con presencia de pastos marinos y fragmentos de coral muerto. Las estaciones fueron georreferenciadas empleando un GPS Garmin Map 76 (Tabla 1).

**Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo en el del arrecife Hornos.**

Estaciones	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Tipo de Fondo
H1	19° 11.371´	96° 07.399´	2.00	Arenoso
H2	19° 11.329´	96° 07.366´	2.00	Arenoso
H3	19° 11.297´	96° 07.366´	1.70	Praderas de pastos marinos con escombros de construcción y fragmentos de coral muerto
H4	19° 11.397´	96° 07.271´	1.50	Pastos marinos y fragmentos de coral muerto
H5	19° 11.397´	96° 07.357´	1.50	Fragmentos de coral muerto

En cada estación se registraron los siguientes parámetros: profundidad, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en columna de agua empleando una sonda multiparamétrica marca Hydrolab, modelo Quanta. Asimismo, con una jeringa, se

tomaron muestras de agua de fondo para medir su concentración de nutrientes (nitritos, nitratos, amonio, fosfatos y sílice); éstas se filtraron a través de una doble membrana de celulosa de 0.45  $\mu\text{m}$  y 0.22  $\mu\text{m}$  para eliminar la materia orgánica en suspensión, así como posibles bacterias que estuvieran presentes (Kirkwood, 1994). Posteriormente se analizaron en el laboratorio de Biogeoquímica Acuática del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

Se recolectaron muestras de sedimento (Sommerfield y Clarke, 1997), utilizando una pala y colocándolas en bolsas de plástico etiquetadas para el análisis sedimentológico.

El muestreo del material biológico se realizó manualmente sin réplica, obteniendo un núcleo que cubre una área total de 0.88  $\text{m}^2$  y un volumen total de 13.22  $\text{dm}^{-3}$ , con ayuda de un dispositivo de succión subacuático propuesto por Knudsen en 1927 (Eleftheriou y Holme, 1984) y modificado por Ibarzábal (1987), de 30 cm de diámetro y 20 cm de altura con un principio similar al usado en otros estudios bentónicos en lagunas arrecifales (Borzzone *et al.*, 1990; Bone, 1991; Bone y San Martín, 2003). La macrofauna fue retenida en un tamiz de 0.5 mm de luz de malla. El material biológico recolectado en el tamiz fue fijado con una solución de formol al 10 % neutralizado con borato de sodio. Es importante mencionar que esta técnica aseguró ejemplares en buen estado para su identificación taxonómica.

## **5.2 Trabajo de Laboratorio**

Las concentraciones de nutrientes (nitritos, nitratos, amonio, fosfatos y sílice) se determinaron empleando un equipo autoanalizador de flujo fragmentado Skalar San Plus System que determina simultáneamente las concentraciones con dos centésimas de precisión de los cinco analitos de interés, empleando la técnica propuesta por Solorzano (1969) para la determinación de nitrógeno amoniacal; para los nitratos el método modificado por Treguer y Le Corre (1974); los fosfatos y silicatos por la técnica que describieron Strickland y Parsons (1972).

La determinación de las características granulométricas prevalecientes en los sedimentos se determinaron aplicando los límites de los parámetros estadísticos definidos por Folk (1969).

Las muestras biológicas se lavaron con agua dulce para eliminar el exceso de formol y los organismos fueron separados a grandes grupos con ayuda de pinzas de disección y colocados en frascos conteniendo alcohol al 70% para su preservación. La macrofauna bentónica se identificó hasta nivel taxonómico de especie, mediante el uso de microscopio y claves taxonómicas. Para los anélidos poliquetos se utilizó el arreglo filogenético de Rouse y Fauchald (1997), modificado por Rouse (2000). Para los crustáceos se siguió el arreglo de Martin y Davis (2001). El arreglo sistemático utilizado para los moluscos gasterópodos es el basado en Thiele (1935) y adoptado por Moore *et al.*, (1960) y por Keen (1971); para los bivalvos se utilizó la clasificación de Newell (1965) y Keen (1971). Para los equinodermos las clases se arreglan de acuerdo con Smith (1984), los ordenes y familias se designaron con el arreglo de Miller y Pawson (1984) para los holoturoideos y Spencer y Wright (1966) para los ofiuroideos. Asimismo, los organismos se pesaron en una balanza analítica con una resolución de cuatro diezmilésimas Ohaus Analítica PRO GT 400 para obtener biomasa peso húmedo fijado ( $\text{gr phf dm}^{-3}$ ) y agrupándolos en los niveles taxonómicos de familia y especie. La abundancia se transformó valores de densidad expresada como  $\text{ind. dm}^{-3}$ .

### **5.3 Tratamiento de datos**

Se realizó una descripción detallada de los parámetros ambientales incluyendo tablas con los datos de profundidad, temperatura y oxígeno disuelto; tablas de concentración de nutrientes y tablas y figuras para el tamaño de grano del sedimento. Con lo anterior se realizaron comparaciones con anteriores registros en trabajos ya realizados para la zona y se describió a detalle las características ambientales prevalecientes durante el muestreo.

Se conformaron tablas con las cuales se obtuvieron la abundancia de organismos y la composición de las especies encontradas. A la par se transformaron los datos de

abundancia y peso húmedo conformándose tablas para así obtener la densidad de individuos por decímetro cúbico ( $\text{ind. dm}^{-3}$ ) y la biomasa en gramos de peso húmedo fijado por decímetro cúbico ( $\text{gr phf dm}^{-3}$ ) (Field *et al.*, 1972). Posteriormente se aplicó un análisis de varianza para determinar diferencias significativas entre las estaciones con un nivel de confianza estadística de  $p < 0.05$ .

### 5.3.1 Importancia de las especies en la comunidad

Se efectuó una categorización de las especies para definir su importancia local. Para ello, en este estudio se utilizó la prueba de asociación de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1995), con la que se consideran los valores de abundancia (densidad y/o biomasa) de cada especie y su frecuencia de aparición dentro de la muestra, para obtener una gráfica del porcentaje de la frecuencia de aparición de cada especie contra la densidad y/o biomasa. Se obtiene la media para ambos ejes y resultan cuatro cuadrantes que corresponden con cuatro categorías: *Raras*: Especies poco abundantes y poco frecuentes (cuadrante inferior izquierdo); *Comunes*: Especies poco abundantes, pero frecuentes (cuadrante inferior derecho); *Estacionales*: Especies abundantes, pero poco frecuentes (cuadrante superior izquierdo); y *Dominantes*: Especies abundantes y frecuentes (cuadrante superior derecho). Para conocer si ambos parámetros estructurales (densidad o biomasa) están asociados al porcentaje de frecuencia, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de confianza estadística de  $p < 0.05$

Asimismo, se obtuvieron para cada especie los valores del Índice del Valor de Importancia (IVI) (Brower y Zar, 1977) el cual representa un estimado de la preponderancia de las especies considerando las medidas relativas a la densidad, biomasa y frecuencia en las localidades de muestreo (Ecuación 1):

$$IVI = A\% + B\% + F\% \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

A%= Valor porcentual de importancia de cada especie obtenido a partir de su abundancia.

B%= Valor porcentual de importancia de cada especie obtenido a partir de su biomasa.

F%= Valor porcentual de importancia de cada especie obtenido a partir de su frecuencia.

### 5.3.2 Diversidad

La diversidad ha sido una medida utilizada para ayudar a conocer y entender la estructura comunitaria. (Magurran, 2004). En el presente estudio, la diversidad se evaluó mediante el índice de Shannon (Pielou, 1975), el cual ha sido ampliamente utilizado en estudios de ecología en sustratos blandos y éste se basa en el análisis de la relación entre la composición de la comunidad y la distribución de la abundancia entre las especies. (Ecuación 2):

$$H' = - \sum P_i \times \log_2 P_i \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

H' = Diversidad (bits/individuo)

Pi = Proporción del número de individuos de la especie *i* con respecto al total.

A partir de éste, se calculó el Índice de Equidad (Pielou, 1975):

$$J' = \frac{H'}{H_{\max}} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

También se calculó la Diversidad Máxima ( $H_{\max}$ ), que es la medida de la diversidad en condiciones de máxima equidad.

$$H'_{\max} = \log_2 S \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

$H'_{\max}$  = Diversidad bajo condiciones de máxima equidad.

S = Número de especies.

Los resultados que arrojaron los tres cálculos anteriores fueron graficados para su análisis.

### 5.3.3 Relación entre la comunidad y las variables ambientales

Se empleó un análisis de clasificación con datos transformados (raíz-raíz) para observar tendencias y conformar grupos de organismos, aplicando la técnica de ligamiento de grupos promedio utilizando la Medida de Bray-Curtis; lo anterior se ve representado en un dendrograma que nos permite separar grupos de organismos de localidades e identificar patrones de concurrencias en datos de estaciones-especies (Field *et al.*, 1982). Asimismo, se aplicó el análisis SIMPER, con el cual se determina la contribución de cada especie al promedio de disimilitud de la medida de Bray Curtis en los grupos de localidades conformados. Se aplicó un análisis de ordenación en el que se ordenan las muestras a lo largo de un juego de ejes de coordenadas que pueden corresponder con gradientes de condiciones ambientales (Sundberg, 1983).

Para este último se utilizó el Análisis de Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) (Kruskal y Wish, 1991), con el cual se construye un mapa de *n* estaciones con las dimensiones requeridas a partir de una configuración aleatoria y se hace una regresión de las correspondientes disimilitudes de las distancias interpuntuales. Debido a que en los análisis biológicos las relaciones no son por lo general lineales, el NMDS hace un ajuste por medio de una regresión general dejando el orden jerárquico de las similitudes como única información usada. La bondad de ajuste de la regresión se mide mediante un criterio de estrés que valora la distancia estimada para la regresión correspondiente en cada similitud. Si el valor de estrés es alto (tiende a 1) el ajuste de las disimilitudes es pobre, pero si es bajo (tiende a 0) indica que las relaciones entre las muestras pueden representarse bien mediante un mapa de estaciones en la dimensión especificada.

En el NMDS, al obtenerse una ordenación simple, en contraparte con técnicas como promedios recíprocos, coordenadas y componentes principales, se tiene la ventaja de no basarse en los eigenvalores de los componentes principales, difiriendo en la estandarización y transformación de los datos, lo cual es relativamente más flexible, particularmente con la presencia de ceros, datos perdidos, replicados e incongruentes puesto que se da un peso desigual a cada uno de ellos (Field *et al.*, 1982), ya que éste



depende de las jerarquías más que de los valores cuantitativos de la matriz de disimilitud entre muestras (Hair *et al.*, 1995).

Para relacionar la variación de la estructura comunitaria con los parámetros ambientales físicos de columna de agua, químicos de agua de fondo y las características granulométricas de los sedimentos, estos se sobrepusieron en la configuración del NMDS para determinar de modo visual si los patrones biológicos obedecen a la presencia o ausencia de una heterogeneidad ambiental (Field *et al.*, 1982; Warwick y Clarke, 1993; Gallagher y Grassle, 1997). Esta estrategia general mantiene separados los análisis bióticos de los de las variables ambientales, lo cual evita cualquier presunción acerca de las relaciones entre las variables y ha sido utilizada en el Golfo de México (Hernández Arana, 1995; Granados Barba, 2001; Hernández Arana *et al.*, 2003).

Sin embargo, cada variable ambiental por si sola tiene peculiaridades que es necesario considerar, extraer y analizar para robustecer el resultado que arroje el NMDS, por lo que se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson entre los parámetros estructurales (densidad y biomasa) y las variables ambientales

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Caracterización Ambiental

#### 6.1.1 Profundidad, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.

La profundidad fluctuó entre 1.5 y 2.0 m (Tabla 1); es un ambiente somero con profundidades similares al de otras lagunas arrecifales del PNSAV cercanas a Hornos como lo es la del Arrecife Sacrificios.

Los valores de temperatura en la columna de agua fluctuaron entre 26.7 y 27.2 °C con una media de 26.91 °C (Tabla 2) lo cual denota una fluctuación térmica baja (0.5 °C) en la laguna del arrecife durante el día de muestreo. La salinidad en la columna de agua osciló entre 34.2 y 35.4 ups, con una media de 35.20 ups (Tabla 2), teniendo una variación de 1.2 unidades. Los valores de oxígeno disuelto registrados oscilaron dentro del intervalo de 3.73 y 7.87 mg L<sup>-1</sup> con un promedio de 7.89 mg L<sup>-1</sup> (Tabla 2), variando 4.14 unidades.

**Tabla 2. Parámetros ambientales registrados en este estudio.**

	Temperatura °C	Salinidad (ups)	O. D. (mg L <sup>-1</sup> )
<b>Media</b>	26.91	35.20	7.09
<b>Máxima</b>	27.20	35.40	7.87
<b>Mínima</b>	26.70	34.20	3.73

#### 6.1.2 Nutrientes

Nitritos (N-NO<sub>2</sub>).- Los registros de éste nutriente variaron poco (Tabla 3), en el orden de cuatro centésimas. En las estaciones H1, H4 y H5 se registraron concentraciones de 0.11 µM L<sup>-1</sup> (mínima); en la estación H3: 0.12 µM L<sup>-1</sup> y en la estación H2: 0.15 µM L<sup>-1</sup> (máxima).

Nitratos (N-NO<sub>3</sub>).- En las estaciones H2-H5 las concentraciones de nitratos fluctuaron 0.74 µM L<sup>-1</sup> para la estación H4 (mínima) y 0.93 µM L<sup>-1</sup> para la estación H2 (máxima),

exceptuando la estación H1 en la cual se registró la concentración más alta de todas las estaciones con  $2.80 \mu\text{M L}^{-1}$  (Tabla 3).

Amonio (N-NH<sub>4</sub>).- En las estaciones H2 y H4 se presentaron los más altos de concentración de amonio ( $3.76 \mu\text{M L}^{-1}$  y  $3.67 \mu\text{M L}^{-1}$ ) respectivamente (Tabla 3). En las estaciones H1 y H3 la concentración obtenida fue de  $2.96 \mu\text{M L}^{-1}$  y  $2.38 \mu\text{M L}^{-1}$  y la concentración más baja de amonio se registró en la estación H5 ( $1.52 \mu\text{M L}^{-1}$ ).

Fosfato (P-PO<sub>4</sub>).- En la estación H1 se registró el valor más alto con una concentración  $1.08 \mu\text{M L}^{-1}$ . En las estaciones H2, H3 y H4 las concentraciones registradas fueron de  $0.87$ ,  $0.69$  y  $0.99 \mu\text{M L}^{-1}$  respectivamente (Tabla 3). En la estación H5 se registró concentración más baja con  $0.46 \mu\text{M L}^{-1}$ .

Silicato (Si-SiO<sub>4</sub>).- En la estación H1 la concentración de éste nutriente fue de  $5.31 \mu\text{M L}^{-1}$ . En la estación H2, se presentó la concentración más alta de silicatos ( $6.11 \mu\text{M L}^{-1}$ ). En las estaciones H3, H4 y H5, las concentraciones fueron de  $4.63$ ,  $4.85$  y  $4.17 \mu\text{M L}^{-1}$  respectivamente (Tabla 3).

**Tabla 3. Valores de nutrientes registrados en el arrecife Hornos ( $\mu\text{M L}^{-1}$ ).**

Estación	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P-PO <sub>4</sub>	Si-SiO <sub>4</sub>
H1	0.11	2.80	2.96	1.08	5.31
H2	0.15	0.93	3.76	0.87	6.11
H3	0.12	0.82	2.38	0.69	4.63
H4	0.11	0.74	3.67	0.99	4.85
H5	0.11	0.87	1.52	0.46	4.17

### 6.1.3 Tipo de sedimento

El sedimento en el área de estudio es primordialmente arenoso; los rasgos texturales identificados en las estaciones de muestreo se observó el predominio de arenas finas en H1 y H2 que se encuentran cerca de la costa y hacia la descarga pluvial (Tabla 4), mientras que hacia el arrecife, en las estaciones H4 y H5, predominaron arenas

medianas y gruesas respectivamente. Un caso particular es la estación H3, ya que en ella predominaron las arenas gruesas; se presume que esta estación es afectada por el aporte de escombros y materiales de las construcciones vertidos en la zona litoral.

Al contrastar el tamaño de grano promedio (MZ) contra la desviación estándar inclusiva (TI), se observa que el patrón textural queda restringido a los límites paramétricos antes mencionados (Figura 2).

**Tabla 4. Tipo de sedimento en el arrecife Hornos**

	Estación H1	Estación H2	Estación H3	Estación H4	Estación H5
<b>Tamaño de gráfico promedio (MZ)</b>	2.92	2.74	0.85	1.35	0.01
<b>Desviación estándar inclusiva (TI)</b>	0.47	0.67	1.6	1.43	1.19
<b>Grado de asimetría gráfica inclusiva (SKI)</b>	-0.28	-0.38	-0.03	-0.33	-0.09
<b>Curtosis gráfica (Kg)</b>	1.15	1.16	0.83	1.16	1.02
<b>Tipo de sedimento</b>	Arena fina	Arena fina	Arena gruesa	Arena mediana	Arena gruesa
<b>Sorteo</b>	Bien clasificado	Moderadamente bien clasificado	Mal clasificado	Mal clasificado	Mal clasificado
<b>Simetría</b>	Simétrico hacia los tamaños gruesos	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos	Casi simétrico	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos	Casi simétrico
<b>Curtosis</b>	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Platicúrtico	Leptocúrtico	Mesocúrtico

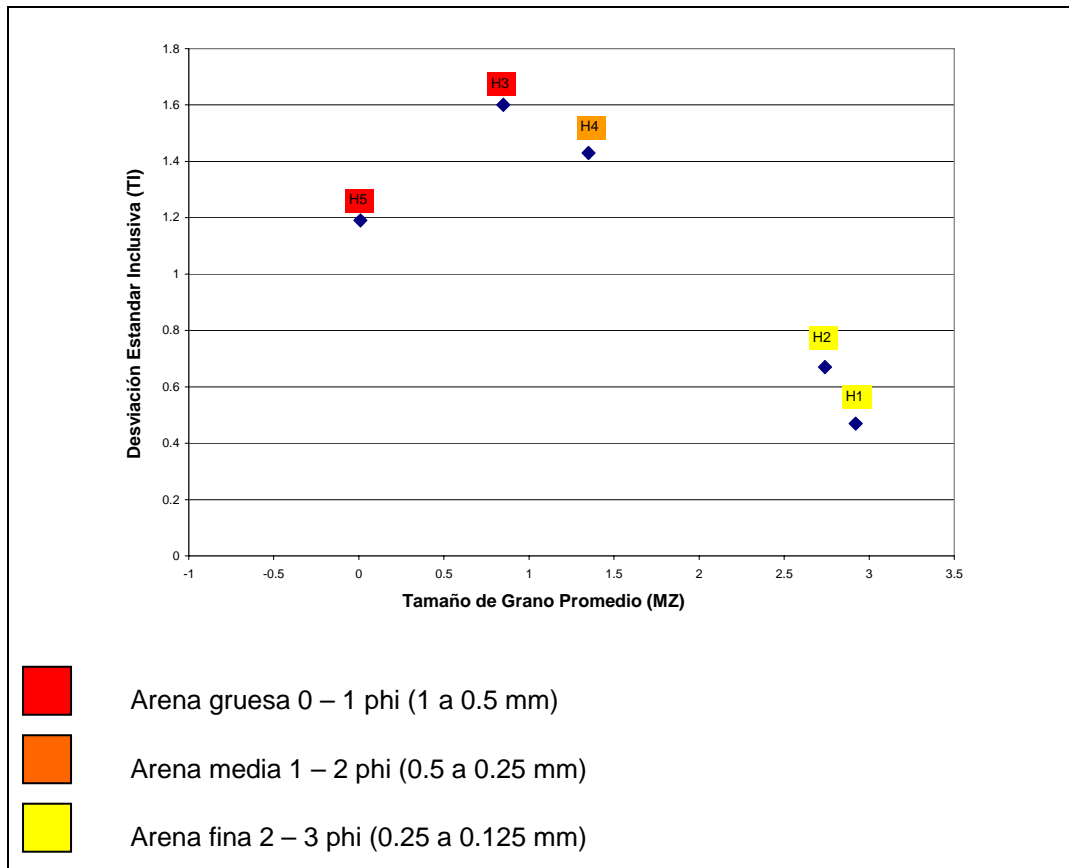
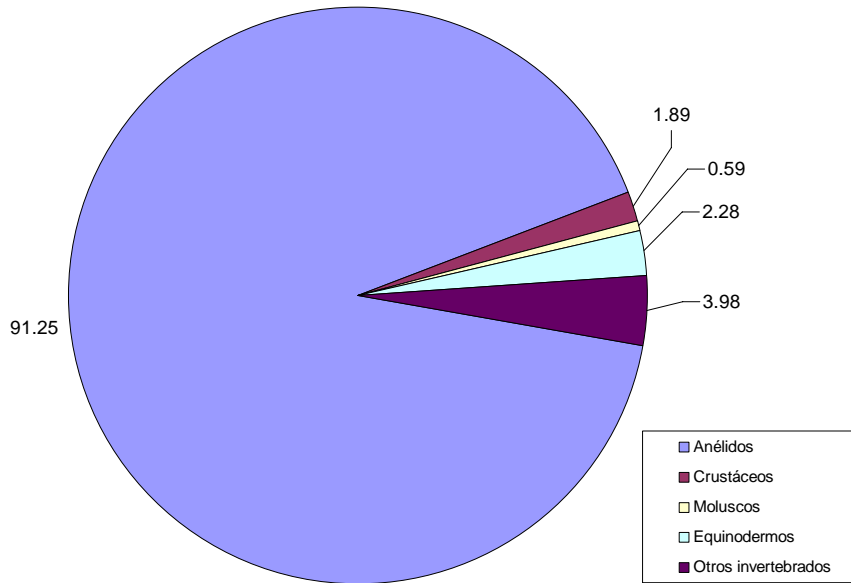


Figura 2. Diagrama de relación entre tamaño de grano promedio (MZ) y la desviación estándar inclusiva (TI).

## 6.2 Análisis Faunístico.

El material biológico analizado durante esta investigación incluye 1,280 organismos contenidos en 6 Filos, 42 Familias y 89 especies englobados en seis grupos: anélidos, crustáceos, moluscos, equinodermos, cnidarios y cordados. El grupo dominante es el de los anélidos (poliquetos en su totalidad) que incluye 24 familias y 61 especies que representan el 91.25% del total de organismos; le siguen los crustáceos en los que se determinaron nueve familias y once especies (1.89%), los moluscos con cuatro familias y nueve especies (0.59%), los equinodermos tres familias y tres especies (2.28%) y el resto de los otros invertebrados que representa el 3.98% del total de organismos (Figura 3, Anexos).



**Figura 3. Porcentaje de abundancia de los grupos macrobentónicos.**

Las tres especies más abundantes fueron poliquetos: *Fabricinuda trilobata* que predominó en fondos de arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pastos marinos representando el 22.10% de la abundancia total; *Mediomastus californiensis* que predominó en fondos de arenas finas y representó el 31.30% y *Exogone dispar* encontrada en fondos de arenas finas y fragmentos de coral muerto representando el 5.23% del total (Tabla 6, Figura 8 Anexos Tabla 1).

De las 89 especies recolectadas, 32 ya habían sido registradas previamente (Tabla 5), de las cuales 22 son poliquetos (25%), seis crustáceos (7%), dos moluscos (2%) y dos equinodermos (2%) (Tabla 7). Se aportaron 57 nuevos registros de especies para el PNSAV y en particular, para el Arrecife Hornos, de los cuales ocho de estos poliquetos son especies potencialmente nuevas para la ciencia.

**Tabla 5. Especies reportadas en el PNSAV que figuraron en el Arrecife Hornos**

Phylum	Especie	Autor que reportó la especie	Tipo de fondo en el que se reportó	Lugar	Estaciones en Arrecife Hornos
Polychaeta	<i>Nereis grayi</i>	Méndez Ubach <i>et al.</i> (1986)	Arenas finas, limo y arcilla	Playas de la Ciudad de Veracruz	H3, H5
	<i>Fabricinuda trilobata</i>	Domínguez Castanedo (2007)	Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H4
	<i>Mediomastus californiensis</i>	Domínguez Castanedo (2007)	Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H1, H3 y H4
	<i>Caulieriella zetlandica</i>	Domínguez Castanedo (2007)	Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H1, H2 y H5
	<i>Nematonereis hebes</i>	Domínguez Castanedo (2007)	Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H5
	<i>Naineris grubei</i>	Domínguez Castanedo (2007)	Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H5
	<i>Potamilla torelli</i>	Domínguez Castanedo (2007)	Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H5
	<i>Caulieriella alata</i>	Domínguez Castanedo (2007)	Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H1
	<i>Spio pettiboneae</i>	Domínguez Castanedo (2007)	Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H1
	<i>Syllis botosaneanui</i>	Domínguez Castanedo (2007)	Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H4 y H5
	<i>Eurythoe complanata</i>	Rioja (1959); Horta Puga (1982); Sánchez Wall (1992); Carrera Parra (1996-97)	Fragmentos de coral muerto, algas calcáreas y madreporarios. Arena de la zona intermareal y praderas de pastos marinos, como criptofauna de esponjas.	Arrecifes Verde, Sacrificios, Santiago, Enmedio	H4, H5
	<i>Nematonereis hebes</i>	Horta Puga (1982); Méndez Ubach <i>et al.</i> (1986)	Zona intermareal, en arena, praderas de pastos marinos, lodo, arena, arena con grava y coral muerto.	Isla Verde, Playas veracruzanas	H5
	<i>Sabella melanostigma</i>	Rioja (1961);	Sobre las hojas de pastos marinos	Isla Verde	H5
	<i>Mediomastus californiensis</i>	Méndez Ubach <i>et al.</i> (1986)	Lodosos, arenosos	Playas Veracruzanas	H1, H4
	<i>Notomastus daueri</i>	Méndez Ubach <i>et al.</i> (1986)	Lodosos, arenosos	Playas Veracruzanas	H1
	<i>Notomastus lineatus</i>	Méndez Ubach <i>et al.</i> (1986)	Lodosos, arenosos	Playas Veracruzanas	H1
	<i>Aricidea (Acmira) simplex</i>	Méndez Ubach <i>et al.</i> (1986)	Zona intermareal, sustratos arenosos con conchero	Playas Veracruzanas	H1 Y H4
	<i>Dispio uncinata</i>	Méndez Ubach <i>et al.</i> (1986)	Zona intermareal, sustratos arenosos con conchero	Playas Veracruzanas	H5
	<i>Dipolydora armata</i>	Rioja (1961)	Arena en zona intermareal	Isla de Enmedio	H1
	<i>Scoletoma verrilli</i>	Carrera Parra (1996-97) Carrera Parra (2001) Domínguez Castanedo (2007)	Como criptofauna de esponjas. En fondos arenosos Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Isla de En medio Playas de Veracruz Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H3, H5
	<i>Cirriformia sp. B</i>	Sánchez Wall (1992)	Arena de zonas intermareales	Isla de Enmedio	H1
	<i>Caulieriella sp. B</i>	Sánchez Wall (1992) Domínguez Castanedo (2007)	Arena de zonas intermareales Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Isla de Enmedio Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H1
		<i>Callinectes sapidus</i>	Hernández Aguilera <i>et al.</i> (2000)	Sustratos arenosos y fragmentos de coral muerto	Isla Verde y Enmedio
	<i>Mithrax (Mithraculus) ruber</i>	Hernández Aguilera <i>et al.</i> (2000)	Sustratos arenosos con fragmentos de	Isla Sacrificios	H1

Crustacea	<i>Pitho acuelata</i>	Hernández Aguilera <i>et al.</i> (2000)	Sustratos arenosos con fragmentos de coral muerto	Isla Sacrificios	H2
	<i>Eurypanopeus abbreviatus</i>	Hernández Aguilera <i>et al.</i> (2000)	Sustratos arenosos con fragmentos de coral muerto	Isla Sacrificios	H2
	<i>Panopeus bermudensis</i>	Hernández Aguilera <i>et al.</i> (2000)	Sustratos arenosos con fragmentos de coral muerto	Isla Sacrificios	H2
	<i>Clibanarius antillensis</i>	Hernández Aguilera <i>et al.</i> (2000)	Sustratos arenosos con fragmentos de coral muerto	Isla Sacrificios	H1, H2
Mollusca	<i>Barbatia candida</i>	Carrera Parra (1996-97); Salgado García (1992)	Como criptofauna de esponjas, en ambiente arrecifal	Isla de Enmedio Anegada de Adentro	H5
	<i>Bulla striata</i>	Domínguez Castanedo (2007)	Arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pasto marino	Laguna arrecifal de Isla Sacrificios	H5
Echinodermata	<i>Ophiactis savignyi</i>	Carrera Parra (1996-97) Sánchez Domínguez (1993)	Como criptofauna de esponjas, en ambiente arrecifal.	Isla de Enmedio	H1, H4
	<i>Holothuria (Thymiosyca) impatiens</i>	Carrera Parra (1996-97)	Como criptofauna de esponjas.	Isla de Enmedio	H4

### 6.3 Importancia de las especies en la comunidad

#### 6.3.1 Densidad

En el nivel específico, de acuerdo con el diagrama de Olmstead y Tukey se observó la presencia de 17 especies *dominantes* que representan el 19% del total de macrofauna bentónica; nueve especies *comunes* (10%), 11 *ocasionales* (12%) y el mayor porcentaje (59%) lo representaron 52 especies *raras* (Figura 4, Anexos Tabla 1). Asimismo, se encontró correlación significativa entre el porcentaje de frecuencia y la densidad ( $r$ : 0.6109,  $p < 0.05$ ), (Anexos, Tabla 5). Las especies dominantes fueron *Fabricinuda trilobata* (12.58 ind dm<sup>-3</sup>) y *Eurythoe complanata* (0.67 ind dm<sup>-3</sup>) con preferencia por fondos de arenas medianas con pastos marinos y fragmentos de coral muerto, *Mediomastus californiensis* (3.10 ind dm<sup>-3</sup>), *Exogone dispar* (1.55 ind dm<sup>-3</sup>), *Caulleriella zetlandica* (1.01 ind dm<sup>-3</sup>), *Chaetozone* spp. (0.28 ind dm<sup>-3</sup>), Capitellidae spp. (0.17 ind dm<sup>-3</sup>), *Caulleriella cf. alata* (2.28 ind dm<sup>-3</sup>), *Poecilochaetus johnsoni* (1.72 ind dm<sup>-3</sup>) y *Clibanarius antillensis* (0.39 ind dm<sup>-3</sup>) en fondos de arenas finas; *Capitella* spp. (1.18 ind dm<sup>-3</sup>) en fondos de arenas finas a gruesas con pastos marinos; *Syllis botosaneanui* (0.94 ind dm<sup>-3</sup>); *Ophiactis savignyi* (0.84 ind dm<sup>-3</sup>) en fondos de arenas finas; *Armandia agilis* (0.50 ind dm<sup>-3</sup>) y Spionidae spp. (0.42 ind dm<sup>-3</sup>) en fondos de arenas finas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pastos marinos.

#### 6.3.2 Biomasa

Se presentaron tres especies *dominantes* que representan el 3% del total recolectado; 20 especies *comunes* (22%), cuatro especies *ocasionales* (4%) y el 71% lo representan



las especies raras con 72 organismos (Figura 5, Anexo Tabla 2). Entre las especies dominantes está *Clibanarius antillensis* (0.097 gr phf dm<sup>-3</sup>) presente en las estaciones con fondos de arenas finas; *Leptochelia dubia* (0.046 gr phf dm<sup>-3</sup>) y *Capitella* spp. (0.004 gr phf dm<sup>-3</sup>) se encontraron en fondos de arenas finas, medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pastos marinos. En cuanto a la relación entre el porcentaje de frecuencia y la biomasa, no se encontró correlación significativa ( $r: 0.0740, p < 0.05$ ), ver Anexos, Tabla 6.

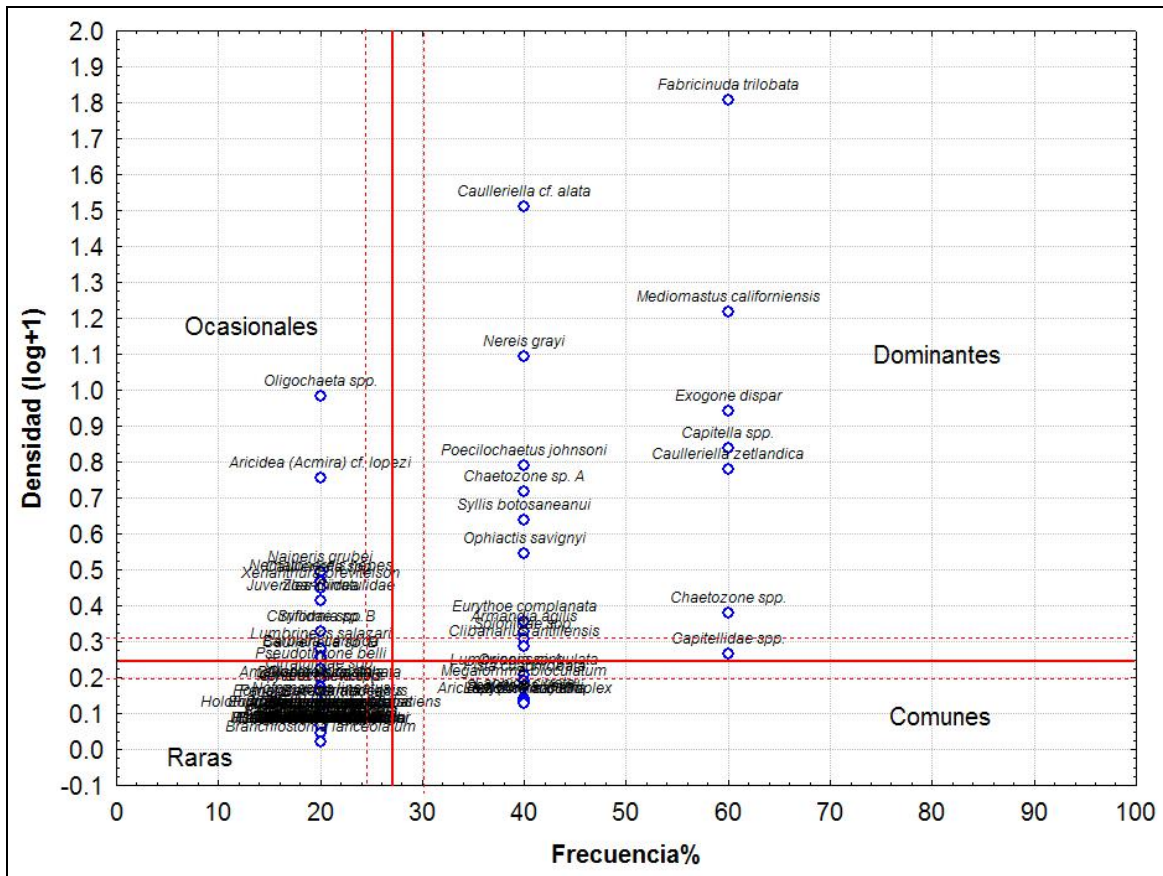


Figura 4. Diagrama de Olmstead y Tukey para datos de densidad.

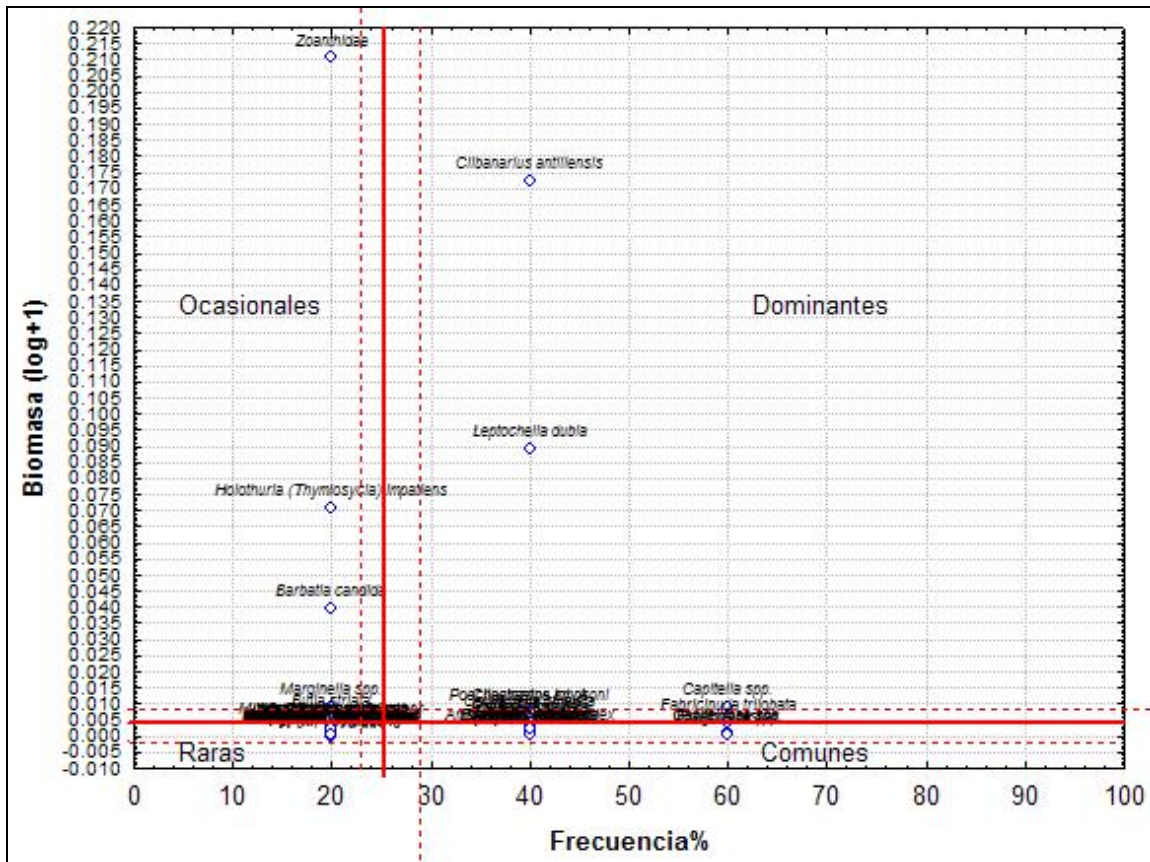


Figura 5. Diagrama de Olmstead y Tukey para datos de biomasa.

De acuerdo con los resultados del IVI, las tres especies más importantes fueron Zoanthidae sp. (IVI=34.81; 1.58 ind  $\text{dm}^{-3}$ ; 0.6239 gr phf  $\text{dm}^{-3}$ ), y *Fabricinuda trilobata* (IVI=33.58; 62.91 ind  $\text{dm}^{-3}$ ; 0.0100 gr phf  $\text{dm}^{-3}$ ) que predominaron en fondos de arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pastos marinos y *Clibanarius antillensis* (IVI=28.04; 0.94 ind  $\text{dm}^{-3}$ ; 0.4873 gr phf  $\text{dm}^{-3}$ ) presente en ambientes de arenas finas (Tabla 6). Las cuatro especies cuyos valores de IVI están entre 10 y 17 se distribuyeron en todas las estaciones del área de estudio (Tabla 6). Las 25 especies restantes consideradas dentro del IVI, presentaron valores entre 1 y 8 y no se encontraron en más de cuatro estaciones de muestreo, sin regularidad espacial. Aunado a lo anterior, se caracterizan por registrar los valores de densidad, biomasa y frecuencia más bajos entre todas las especies analizadas (Tabla 6).

Tabla 6. Índice de Valor de Importancia para las especies (valores en %).

Género y especie	Densidad	Biomasa	Frecuencia	IVI
Zoanthidae sp.	0.77	33.21	0.82	<b>34.81</b>
<i>Fabricinuda trilobata</i>	30.59	0.53	2.46	<b>33.58</b>
<i>Clibanarius antillensis</i>	0.46	25.94	1.64	<b>28.04</b>
<i>Caulleriella cf. alata</i>	15.27	0.66	1.64	<b>17.57</b>
<i>Leptochelia dubia</i>	0.17	12.14	1.64	<b>13.94</b>
<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i>	0.11	9.42	0.82	<b>10.35</b>
<i>Mediomastus californiensis</i>	7.53	0.24	2.46	<b>10.23</b>
<i>Nereis grayi</i>	5.53	0.46	1.64	<b>7.63</b>
<i>Capitella</i> spp.	2.87	1.10	2.46	<b>6.42</b>
<i>Exogone dispar</i>	3.77	0.09	2.46	<b>6.31</b>
<i>Barbatia candida</i>	0.39	5.09	0.82	<b>6.30</b>
<i>Oligochaeta</i> spp.	4.18	0.09	0.82	<b>5.08</b>
<i>Poecilochaetus johnsoni</i>	2.52	0.87	1.64	<b>5.03</b>
<i>Caulleriella zetlandica</i>	2.45	0.03	2.46	<b>4.94</b>
<i>Chaetozone</i> sp. A	2.04	0.92	1.64	<b>4.60</b>
<i>Syllis botosaneanui</i>	1.62	0.04	1.64	<b>3.30</b>
<i>Chaetozone</i> spp.	0.68	0.06	2.46	<b>3.20</b>
<i>Aricidea (Acmira) cf. lopezi</i>	2.29	0.09	0.82	<b>3.19</b>
<i>Ophiactis savignyi</i>	1.21	0.24	1.64	<b>3.09</b>
<i>Capitellidae</i> spp.	0.41	0.14	2.46	<b>3.01</b>
<i>Armandia agilis</i>	0.55	0.60	1.64	<b>2.79</b>
<i>Eurythoe complanata</i>	0.61	0.16	1.64	<b>2.42</b>
<i>Pista quadrilobata</i>	0.27	0.41	1.64	<b>2.32</b>
<i>Spionidae</i> spp.	0.50	0.11	1.64	<b>2.24</b>
<i>Scoletoma verrilli</i>	0.18	0.28	1.64	<b>2.10</b>
<i>Owenia</i> sp A..	0.30	0.13	1.64	<b>2.07</b>
<i>Xenanthura brevitelson</i>	0.88	0.36	0.82	<b>2.06</b>
<i>Lumbrineris cingulata</i>	0.30	0.10	1.64	<b>2.04</b>
<i>Marginella</i> spp.	0.11	1.09	0.82	<b>2.02</b>
<i>Megalomma bioculatum</i>	0.24	0.12	1.64	<b>2.00</b>
<i>Naineris grubei</i>	1.02	0.09	0.82	<b>1.93</b>
<i>Aricidea (Acmira) simplex</i>	0.17	0.10	1.64	<b>1.90</b>

## 6.4 Aspectos ecológicos

### 6.4.1 Densidad y biomasa

Los valores de densidad registrados oscilaron de 74.65 ind dm<sup>-3</sup> en la estación H4 a 1.08 ind dm<sup>-3</sup> en H3, mientras que en las estaciones H1 y H2 los valores fueron de 48.56 y 48.68 ind dm<sup>-3</sup> respectivamente y en la estación H5 la densidad registrada fue de 34.68 ind. dm<sup>-3</sup> (Figura 6, Anexo Tabla 1). Las estaciones que fueron significativamente diferentes son las estaciones H1 y H3 ( $p$ : 0.0070,  $p < 0.05$ ) y las estaciones H3 y H5 ( $p$ : 0.0126,  $p < 0.05$ ), ver Anexos, Tabla 7.

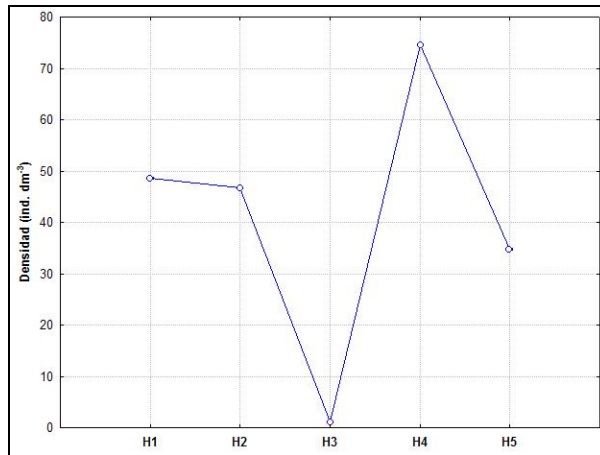


Figura 6. Densidad de macrofauna bentónica.

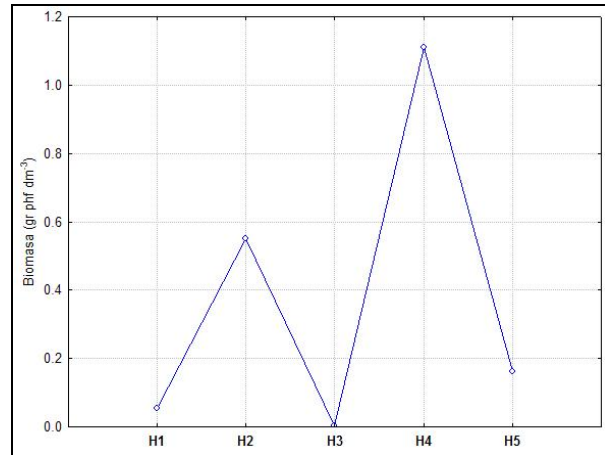


Figura 7. Biomasa de macrofauna bentónica.

La biomasa presentó un patrón similar al de la densidad (Figura 6), los valores registrados oscilaron entre 0.004 gr phf dm<sup>-3</sup> en la estación H3 y 1.110 gr phf dm<sup>-3</sup> en la estación H4, mientras que en las estaciones H1 y H2 los valores fueron de 0.525 y 0.519 gr phf dm<sup>-3</sup>. En la estación H5 la biomasa registrada fue de 0.160 gr phf dm<sup>-3</sup> (Figura 7, Anexo Tabla 2). Las estaciones que fueron significativamente diferentes son H1 y H3 ( $p:000022, p<0.05$ ), ver Anexos, Tabla 8.

#### 6.4.2 Diversidad

La riqueza de especies (S) total fue de 89, con valores mínimos de seis en la estación H3 y máximos de 50 en la estación H1 (estaciones cercanas al litoral) (Tabla 6, Figura 8). Los valores de diversidad (H') oscilaron dentro de un intervalo que va de 1.4 bits/ind., con una equidad (J') de 0.3 en la estación H4 (estación alejada del litoral), a 3.9 bits/ind. con una equidad de 0.69, en la estación H1 (Tabla 7, Figura 8).

Tabla 7. Valores de los parámetros ecológicos medidos.

Muestra	S	H'	J'	H' Máx.
H1	50	3.893	0.6898	5.6439
H2	18	1.981	0.475	4.1699
H3	6	2.296	0.8883	2.5850
H4	23	1.375	0.3039	4.5236
H5	25	3.337	0.7185	4.6439

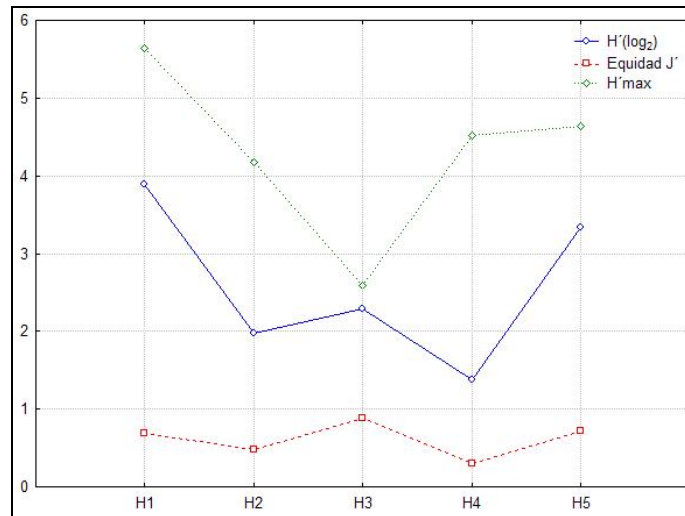


Figura 8. Índice de Diversidad de Shannon  $H'(\log_2)$ , Equidad ( $J'$ ) y Diversidad Máxima ( $H_{MAX}$ ) en el arrecife Hornos.

### 6.5 Relación entre la comunidad y las variables ambientales

#### 6.5.1 Resultados de datos de densidad

El dendrograma de la Figura 8 resultado del análisis de clasificación con datos de densidad (Anexo, Tabla 3) muestra dos grupos que se ligan a un coeficiente promedio de disimilitud (CPD) de 92.56% entre un Grupo A, con un promedio de similitud (PS) de 21.88%, que liga a las estaciones H4 y H5, que están alejadas del litoral y situadas hacia la cresta arrecifal, con la estación H3 que está representada por una rama separada; y un Grupo B (PS 11.55%) que liga a las estaciones cercanas al litoral y situadas hacia la descarga pluvial H1 y H2.

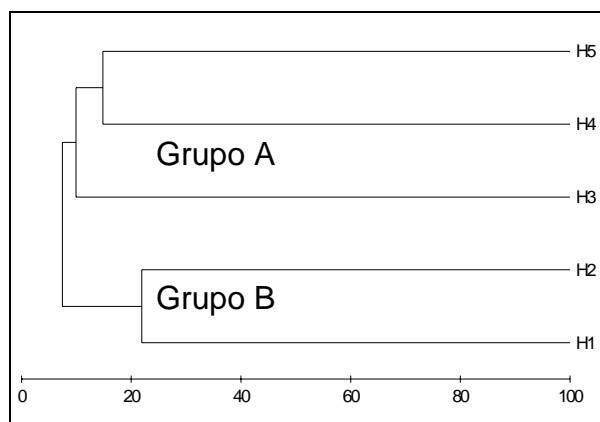


Figura 8. Dendrograma. Estaciones datos densidad.

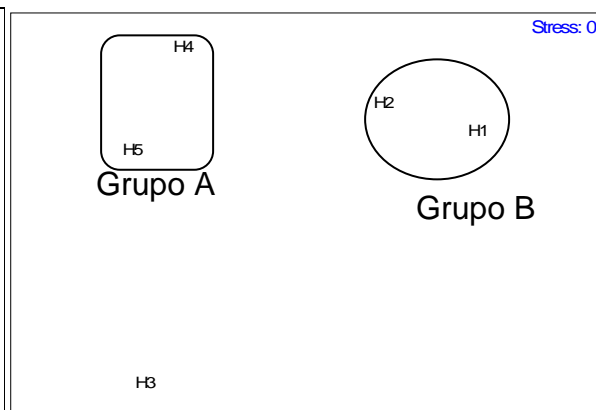


Figura 9. Mapa NMDS Arrecife Hornos (Densidad).

Cuando se hace un análisis de ordenación mediante una NMDS (Figura 9) se obtienen resultados que sustentan y clarifican lo observado en el dendrograma. Grupo A conformado únicamente por las estaciones H4 y H5 (las alejadas del litoral), el Grupo B, que incluye a las estaciones H1 y H2 (cercanas al litoral y hacia la descarga), y una estación H3 que se dispone claramente separada de los grupos mencionados y constituye una unidad diferente.

### 6.5.2 Resultados de datos de biomasa

El dendrograma de la Figura 10 (Anexo, Tabla 4) muestra dos grupos que se ligan a un CPD de 96.65%: El grupo A (11.26%) liga a las estaciones H3 y H5 y el grupo B (8.71%) liga a las estaciones H1, H2 y H4. Con el mapa NMDS de la Figura 11 se observan dos agrupamientos similares al dendrograma; el grupo A (estaciones H3 y H5) situada en la parte superior izquierda del mapa mientras que el grupo B se dispone a la derecha y de arriba hacia abajo a las estaciones H1, H2 y la estación H4 se encuentra aislado en la parte inferior derecha del mapa.

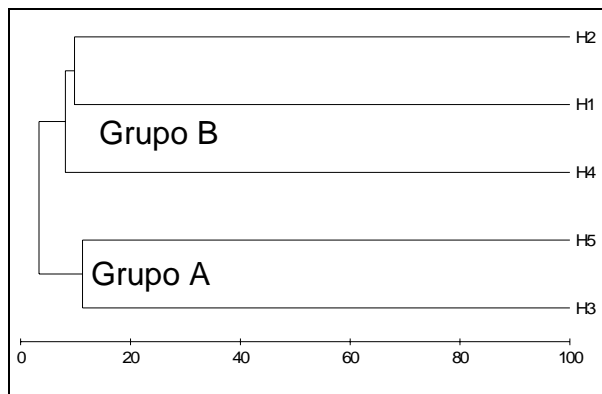


Figura 10. Dendrograma. Estaciones, datos de biomasa..

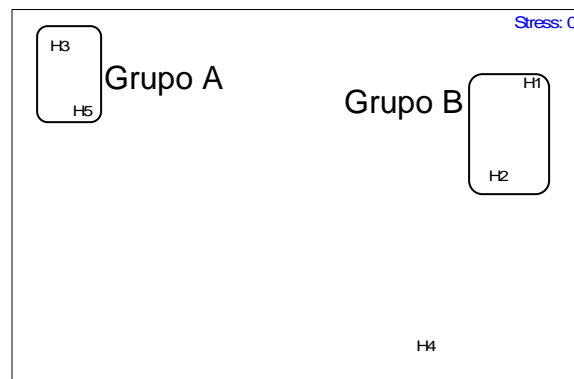


Figura 11. Mapa NMDS Arrecife Hornos (Biomasa).

## **6.6 Análisis de los resultados del NMDS con base en las variables ambientales**

La superposición gráfica (Anexo, Figuras 1-10) de las medidas de las variables ambientales sobre la configuración de los mapas NMDS muestran que sólo en el caso del tamaño de grano (Anexo, Figura 8) se hace evidente la existencia de un patrón relacionado con la distribución espacial, de ambos componentes estructurales estudiados (densidad y biomasa).

Las estaciones que se correlacionaron con las variables son las siguientes:

Con datos de densidad, la estación H1 se correlaciona positivamente con los registros de nitritos ( $r: 0.95, p<0.05$ ); la estación H2 con la profundidad ( $r: -0.90, p<0.05$ ) siendo una correlación negativa; en la estación H4, existe una correlación positiva entre la densidad y los nitratos ( $r: 0.99, p<0.05$ ) al igual que en la estación H5 ( $r: 0.99, p<0.05$ ).

Los datos de biomasa en la estación H2 se correlacionan positivamente con los nitritos ( $r: 0.97, p<0.05$ ); en la estación H3, la correlación con los nitratos también fue positiva ( $r: 0.96, p<0.05$ ) (Anexos, Tablas 9 y 10).

## VII. DISCUSIÓN

### 7.1 Caracterización ambiental

#### 7.1.1 Profundidad, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto

En general los valores de los parámetros ambientales de profundidad, salinidad y oxígeno disuelto caen dentro del intervalo de valores registrados en la literatura para el área de estudio. La profundidad registrada es consistente con lo reportado por la Maya Vilchis (1993) en donde se muestran profundidades que oscilan entre 1 y 4 m.

La temperatura, salinidad y el oxígeno disuelto registrados en Hornos, son consistentes con lo registrado por los diferentes autores que han medido estos parámetros en la zona, como lo son Sánchez Juárez y Aldeco Ramírez (1993) quienes reportaron que la media de temperatura superficial registrada al pie de la Escuela Náutica Mercante en el mes de julio, fue de 28.47 °C, con una salinidad de 30.5 ups y una concentración de oxígeno disuelto de 5.5 mL L<sup>-1</sup>. Hernández Téllez y Salgado Rivero (1996) registraron en junio de 1995 temperaturas de 27.5-27.9 °C en las aguas cercanas al litoral, junto al actual Acuario de Veracruz, y en Playa Villa de Mar, con una salinidad de 35.5 ups y una concentración de oxígeno disuelto de 5-7.5 mL L<sup>-1</sup>.

Por su parte, Krutak (1997), registró un promedio de temperatura en la columna de agua cerca de la línea de costa en el PNSAV, de 28 °C en verano y de 17.4 °C en invierno, mientras que los valores de salinidad oscilaron entre 25.4 y 39.4 ups con un promedio anual de 34.7 ups, mencionando que las variaciones de salinidad son producto principalmente de los aportes de agua dulce provenientes del Río Jamapa.

En estudios previos, la concentración de oxígeno disuelto en Hornos ha sido similar en cuanto a los registros a largo del tiempo. Es probable que en ello esté relacionado el efecto de mezcla de la columna de agua provocada por el viento debido a lo somero de la zona. De acuerdo con Caballero Rosas (1990), el oleaje en esta zona es estacional, predominantemente del norte, noreste y noroeste en invierno, y más energético que el oleaje de verano, que proviene del este, sureste y sur. Observaciones *in-situ* de oleaje



medidas de verano a otoño (SEMAR, 2002), muestran una altura significativa de 0.73 m, periodo de 6 s, longitud de onda de 60 m y celeridad de  $9.5 \text{ m s}^{-1}$ .

### 7.1.2 Nutrientes

La concentración de nitritos a lo largo de las estaciones fueron en su mayoría homogéneas y no tuvieron cambios fuertes (H1, H4 y H5:  $0.11 \mu\text{M L}^{-1}$ ), exceptuando las estaciones H2 y H3 que presentaron las concentraciones más altas:  $0.12 \mu\text{M L}^{-1}$  y  $0.15 \mu\text{M L}^{-1}$  respectivamente (Tabla 4). Es conocido que el nitrito es reducido a amoníaco (compuesto de excreción) y luego amonio por bacterias denitrificantes para así poderse asimilar en el circuito bacteriano y producir proteínas para su supervivencia (Libes, 1992); sin embargo, no se puede desvincular a los compuestos nitrogenados y discutirlos por separado ya que estos engloban en conjunto al ciclo del nitrógeno, el cual representa un papel esencial en la remineralización de ambientes costeros y arrecifales.

En los párrafos siguientes se discuten las diferentes proporciones de los nutrientes registrados para el Arrecife Hornos. El Índice de Redfield-Richards indica que la proporción de C:N:P en el fitoplancton oceánico es de 106:16:1 en condiciones óptimas de luz y temperatura en la columna de agua. Sin embargo, dicho caso no se apega a lo registrado, ya que las proporciones de N:P son de alrededor de 3:1. Siendo lo anterior un ideal, parece ser que las constantes fluctuaciones de la temperatura, el ángulo de incidencia de la luz y la concentración de oxígeno disuelto en el Arrecife Hornos afectan dichas proporciones debido al dinamismo existente en el arrecife.

#### 7.1.2.1 Proporción amonio-nitrato.

En la estación H1 se presentó una proporción semejante en la concentración de amonio-nitrato (1:1), lo cual puede deberse al aporte de agua pluvial proveniente de la descarga pluvial que aporta alrededor de  $5 \text{ L s}^{-1}$  (SAS, 2004), ubicado entre la estación H1 y H2 que promueve la reducción del  $\text{NO}_2$  a amonio debido al metabolismo fitoplanctónico y bacteriano existente; sin embargo, la concentración de amonio debería ser mayor que el nitrato como lo citan Alongi *et al.* (2004), ya que la asimilación de

amonio no requiere de gasto de energía para generar proteínas en el metabolismo fitoplanctónico y bacteriano (Libes, 1992), caso que no se apega a dicho criterio con base a las concentraciones registradas en la estación H1 (Tabla 4).

En las estaciones H2, H3, H4 y H5 la concentración de amonio con respecto a la de nitrato tiene los valores más altos. Esto puede deberse al aporte de material orgánico producto de la presencia de praderas de pastos marinos ya que, de acuerdo con Lapointe (1989), la proporción de amonio-nitrato es alrededor de 2:1 en varios arrecifes de Florida con similares condiciones a las del Arrecife Hornos. En el caso particular de las estaciones H2 y H3, aunado a la presencia de pastos marinos, puede existir mayor aporte de materia orgánica (3:1) debido a las descargas de agua provenientes del drenaje pluvial que vierte cerca de dichas estaciones (Tabla 4). La concentración de amonio ( $1.52 \mu\text{M L}^{-1}$ ) con respecto a los nitratos ( $0.87 \mu\text{M L}^{-1}$ ) en la estación H5 fue alta, pero en menor magnitud (~2:1) si se compara con las estaciones antes mencionadas. Esto puede deberse a que existe un menor aporte de materia orgánica debido a la ausencia de praderas de pastos marinos, aunado a que el aporte de drenaje pluvial está alejado de la estación H5 (Tabla 4).

Proporciones semejantes en la concentración de amonio-nitrato han sido reportadas en otras zonas: ( $0.25 \mu\text{M L}^{-1} - 0.19 \mu\text{M L}^{-1}$ ) en la barrera arrecifal del Caribe (Lapointe *et al.*, 1987); ( $0.18 \mu\text{M L}^{-1} - 0.28 \mu\text{M L}^{-1}$ ) en ambientes estuarinos y ( $0.31 \mu\text{M L}^{-1} - 0.19 \mu\text{M L}^{-1}$ ) en bahías de Florida (Lapointe, 1989); en Kaneohe en Hawai (Lapointe *et al.*, 1992), y en el PNSAV en agua de fondo de la laguna arrecifal de Isla Sacrificios (Domínguez Castanedo, 2007), quien reportó proporciones de ~2:1 ( $1.73 \mu\text{M L}^{-1} - 0.51 \mu\text{M L}^{-1}$ ), donde se indica que las concentraciones de amonio son superiores a las de nitrato en columna de agua y más en la interface agua-sedimento debido a la precipitación de dichos nutrientes. Las proporciones se presentan así debido a que en estas zonas el enriquecimiento es producto del aporte de compuestos húmicos de origen antrópico y de escorrentías de ríos cercanos que promueven al aumento en la tasa de asimilación de nitrógeno en forma de amonio para la síntesis de proteínas requeridas por los microbios y productores primarios

### 7.1.2.2 Proporción de compuestos nitrogenados-fosfatos

La proporción en la concentración de compuestos nitrogenados en las estaciones H2, H3, H4 y H5 fue más alta en comparación con la concentración de fosfatos. En particular, la estación H1 presentó mayor concentración de fosfatos y esto puede deberse a la eutroficación de fosfatos por detergentes que son vertidos al arrecife vía los derrames de la drenaje pluvial prevaleciente (Alongi *et al.*, 2004). De acuerdo con Delgado y Lapointe (1994) y Littler *et al.* (1991) la proporción de nitrógeno-fósforo en ambientes arrecifales es de aproximadamente 3:1 siendo similar con lo reportado por Domínguez Castanedo (2007), quien registró proporciones de ~3:1 (N-NO<sub>2</sub>: 0.10 μM L<sup>-1</sup>; N-NO<sub>3</sub>: 0.51 μM L<sup>-1</sup>; N-NH<sub>4</sub>: 1.73 μM L<sup>-1</sup> y P-PO<sub>4</sub>: 0.62 μM L<sup>-1</sup>) en agua de fondo de la laguna arrecifal de Isla Sacrificios.

En otros estudios de distribución espaciotemporal de compuestos nitrogenados-fosfatos (Devlin *et al.*, 2001; Alongi *et al.*, 2004) se menciona que en temporadas de secas, la concentración de nutrientes disueltos es típicamente de aguas oligotróficas tropicales, pero las concentraciones pueden incrementarse en un orden de magnitud durante las temporadas de vientos sostenidos debido a la resuspensión de los sedimentos. Así mismo, en la temporada de lluvias, las concentraciones se incrementan debido a la intrusión de las plumas de agua dulce al medio marino.

### 7.1.2.3 Silicatos

En las estaciones H1 y H2 se registraron altos valores de silicatos. Es sabido que la fuente principal de sílice en forma de silicatos deriva de las microalgas diatomeas, algunas crisofitas, radiolarios y esponjas. El sílice proviene mayormente de la erosión de rocas de origen continental producido por el paso de ríos que desembocan al mar (Riley y Chester, 1989). En el caso particular del arrecife Hornos, la posible fuente de este nutriente es el aporte de sedimento rico en sílice que es acarreado por el viento desde el continente al medio marino, desde la provincia de Jalapa (Teziutlan) y mediante escorrentía del Río Jamapa que corre desde las cercanías del Citlaltépetl (Krutak, 1997) Estos aportes pueden promover la proliferación de diatomeas, siendo

éstas, la fuente principal de silicatos en el Arrecife Hornos; no obstante, otra posible fuente podría ser la erosión de las escolleras debido al oleaje.

En comparación con los reportes de silicatos registrados por Domínguez Castanedo (2007), el promedio fue de  $8.08 \mu\text{M L}^{-1}$ , el cual fue mayor en comparación con las concentraciones registradas en el presente estudio (Tabla 3). Esto puede deberse al inminente aporte de sedimentos ricos en sílice acarreados y vertidos al interior del PNSAV (Krutak, 1997) y transportados al norte del PNSAV gracias a la corriente que viaja de sur a norte aportando sedimentos finos a los arrecifes situados al norte del PNSAV (Vázquez de la Cerda, 1983).

### 7.1.3 Tipo de sedimento

Emery (1963) mencionó que para la mayoría de los arrecifes del PNSAV existe poco material más fino que la arena y, de acuerdo con Krutak (1997), la fuente principal del sedimento fino en la costa, es el acarreo del viento y el aporte de sedimento transportado por el Río Jamapa (estaciones H1 y H2); no obstante, la descarga pluvial también pueden estar aportándolos, principalmente en la temporada de lluvias. La fuente de materiales gruesos en los sedimentos (estaciones H3, H4 y H5) es producto de la erosión y muerte de los corales del PNSAV (Emery, 1963; Hernández Rosario y Tinoco Blanco, 1988; Krutak *et al.*, 1990; Krutak, 1997). En el caso del Arrecife Hornos, se encontró que las estaciones próximas al litoral (H1 y H2) existe sedimento fino, en la estación H3, sedimento mediano y las estaciones alejadas al litoral situadas al interior de la cresta arrecifal, sedimentos medianos y gruesos, cuya fuente principal es la fragmentación y erosión natural del arrecife producto del oleaje (Caballero Rosas, 1990).

## **7.2 Análisis faunístico**

Los anélidos, representados por los poliquetos, fueron el grupo dominante en términos de densidad, lo cual es un comportamiento común en el estudio de la fauna bentónica en general, donde se han documentado a los poliquetos, como el grupo macroinfaunístico dominante en la mayoría de los fondos marinos (duros y blandos),

desde la zona litoral hasta profundidades abisales (Day 1967, Fauchald y Jumars 1979, Amaral y Nonato 1981; Alongi, 1989 y Mackie y Oliver 1996) incluyendo ambientes arrecifales del Caribe (Ibarzábal, 1987) y del Golfo de México (Ochoa Rivera, 2000; Granados Barba *et al.*, 2003 y Domínguez Castanedo, 2007). Llegan a representar entre el 36 y el 70% del total de la abundancia, así como entre el 25 y 65% de la riqueza de especies. Por ello, se considera que sus patrones de distribución frecuentemente reflejan los de la totalidad de la fauna bentónica (Knox 1977, Mackie *et al.* 1997) y su éxito se puede explicar por la gran diversidad de formas, hábitos alimenticios y patrones de vida (Glasby y Read, 1998).

Los trabajos realizados anteriormente en el PNSAV, en su mayoría son reportes de especies que han sido encontradas de manera aislada, debido a que son organismos recolectados en muestreos prospectivos, salidas de campo aisladas (Rioja, 1959 y 1961), especies pertenecientes a colecciones de institutos y centros de investigación (Carrera Parra, 2001), especies reportadas en congresos (Hernández Aguilera *et al.* 2000), especies asociadas a esponjas (Carrera Parra, 1996-1997); estudios de criptofauna en rocas de coral vivo (Sánchez Wall, 1992) y estudios que ponen de manifiesto la importancia del tamaño de grano del sedimento en la distribución de los organismos bentónicos (Méndez Ubach, 1986). Con lo anterior, es evidente que, aunque existe un gran número de especies reportadas para el PNSAV en varios trabajos, estos no cubren un estudio de la estructura comunitaria propia de fondos blandos en el PNSAV y en particular en el Arrecife Hornos, para todos los taxones (Tabla 5), siendo Domínguez Castanedo (2007) y el presente, los primeros trabajos que realizan el estudio de estructura comunitaria en ambientes arrecifales del PNSAV.

### **7.3 Importancia de las especies en la comunidad**

De las tres especies más importantes (Zoanthidae sp., *Fabricinuda trilobata* y *Clibanarius antillensis*), ninguna de éstas especies ha sido reportada con anterioridad como especie importante para el arrecife Hornos, sin embargo, para Isla de Sacrificios, Domínguez Castanedo (2007) reportó a *Mediomastus californiensis*, *Syllis botosaneanui*, *Proscoloplos* sp. 1, *Spio Pettiboneae*, *Paramphinome jeffreysi*, siendo S.

*botosaneanui* una especie considerada también *dominante* e importante en el presente estudio. Asimismo Vittor (2001a-b) reportó a *Fabricinuda trilobata* como organismo *dominante* en términos de densidad en los fondos blandos de la Bahía de Florida y el Arrecife Gray al noreste de la Península de Florida. Sánchez García (1995), menciona que la comunidad bentónica en el Banco de Campeche es diversa y diferente entre sí, ya que en esta zona, la comunidad es dominada por pocas especies: la especie importante registró un 5.8%, mientras que las 20 primeras un 55.2% en su estudio. Granados Barba (2001) para la Sonda de Campeche encontró 12 especies *dominantes* en términos de densidad y biomasa que representan el 9% del total considerado y está respaldado por los resultados del IVI donde su especie más importante alcanza valores de 54 (equivalente al 18%). Domínguez Castanedo (2004), para la misma zona reportó cuatro especies importantes en los que incluye a *Fabricinuda trilobata*, que obtuvo un valor del Índice de Valor Biológico (IVB= 244). Rojas López (2004) encontró en la Bahía de Campeche, 25 especies *ocasionales*, y otras 64 (65%) *raras*, siendo que los porcentajes de especies *dominantes* fueron bajos en comparación de las especies *ocasionales* y la ausencia de especies *comunes*. Según Rojas López (2004), el bajo porcentaje de especies *dominantes* y ausencia de comunes pudiese deberse a la presencia de “nortes” debido a que su estudio fue realizado en la temporada de invierno. Asimismo, el valor del Índice de Valor Biológico (IVB) que es un indicador de la dominancia global de las especies, consideró a nueve especies *dominantes* que acumularon el 45% del total de poliquetos estudiados.

En términos generales, los porcentajes de especies *dominantes* categorizadas en el presente estudio (ambiente costero-arrecifal) son similares a los ambientes de plataforma continental del Suroeste del Golfo de México y de la laguna arrecifal de Isla Sacrificios. El mayor porcentaje de especies *raras* encontrado (59%), pudiese responder a un disturbio natural y/o inducido que tiende a incrementar el número de especies “oportunistas” (Hernández Arana *et al.*, 2003) debido a que la mayoría de las especies *raras* poseen una estrategia “K” caracterizada por organismos cuyos ciclos de vida son largos con tasa de reproducción y natalidad baja, en muchas de las ocasiones de talla grande que dependen de recursos específicos que controlan la tasa poblacional

de los mismos, lo que se expresa en su baja abundancia, pero gran diversidad debido a su especialización como es el caso de las especies encontradas en las estaciones H4 y H5, situadas al interior de la cresta arrecifal, donde existen praderas de pastos marinos con fondos carbonatados y presencia de fragmentos de coral muerto que propician diversidad de formas y hábitos alimenticios en las especies existentes (Gray, 1974). Con respecto a las especies “oportunistas”, éstas presentan una estrategia “r” caracterizada por tener altas tasas de reproducción y natalidad, ciclos de vida cortos y de pequeña talla, debido a que el enriquecimiento en el ambiente marino permite que éstas especies se vean favorecidas por ser las únicas en poder aprovechar condiciones de perturbación. Sin embargo, estas especies al tener un ciclo de vida corto, la tasa de recambio poblacional es rápida y se ve declinada en lapsos de tiempo corto debido a la competencia inter e intraespecífica por el recurso, caso que es observable en las estaciones H1 y H2 donde las familias Cirratulidae y Capitellidae pueden verse beneficiadas por los aportes de compuestos nitrogenados-fosfatos (Paiva, 2001).

#### **7.4 Aspectos ecológicos**

La presencia de diferentes tipos de fondos como son los de arenas finas cercanos al litoral (H1 y H2); praderas de pastos marinos cercanos al litoral (H3); praderas de pasto marinos con fragmentos de coral muerto (H4) y fragmentos de coral muerto (H5), ambas más alejados y sobre la cresta arrecifal, es un factor que determinó la riqueza que se presentó en el arrecife debido a la heterogeneidad ambiental existente (Alongi, 1989) que permite que al interior de un ambiente arrecifal exista diferente composición, distribución y abundancia de organismos debido a la diversidad de nichos ecológicos, disponibilidad y variedad de sustratos y fondos. Lo anterior se puede ver reflejado en el estudio realizado por Granados Barba *et al.* (2003), quienes señalan 45 especies de sílidos con 31 especies propias de sustratos blandos (69%) y 38 especies en sustratos duros (85%). En cuanto a las especies de sustratos blandos, la mayor riqueza de especies (27) fue encontrada en ambientes carbonatados en comparación con los ambientes terrígenos en que se presentaron sólo siete especies; el Índice de Diversidad de Shannon Wiener en sustratos blandos fue en promedio de 3.8, siendo para el ambiente terrígeno el valor más bajo (2.4 bits ind.) y el más alto para el ambiente

carbonatado (4.3 bits ind). Esto no se cumple en el presente trabajo, debido a los valores más elevados de riqueza y diversidad están dados en fondos con arenas finas (Estación H1), la que está caracterizada por estar cercana al litoral y recibe mayor influencia urbana (Tabla 7).

Asimismo, Ochoa Rivera *et al.* (2000) encontraron que la mayor riqueza de especies está dada por las familias Eunicidae y Syllidae en rocas de coral muerto en la Isla de Cozumel, siendo *Eunice cariboea* la especie dominante en términos de densidad. Sin embargo, en el presente estudio, *Fabricinuda trilobata* fue la especie *dominante* sobre la cresta del arrecife, en la parte alejada del litoral y las familias con mayor riqueza de especies fueron las familias Capitellidae y Cirratulidae, presentes en fondos de arenas finas en estaciones cercanas al litoral. Otro trabajo sobre criptofauna es el de Yáñez Rivera (2004), quien encontró valores de riqueza de especies que oscilan entre 28 y 49 especies y valores de diversidad que oscilan entre 3.16 bits ind. y 4.57 bits ind. a lo largo de siete estaciones de muestreo en las que, contrastado con el presente estudio, se observan valores de riqueza de especies con mayor oscilación y valores de diversidad más bajos sin que se denotara algún patrón que nos pueda estar mostrando la probable diferencia entre ambientes cercanos al litoral con fondos de arenas finas y ambientes alejados al litoral con fondos de fragmentos de coral muerto y pastos marinos.

## **7.5 Relación entre la comunidad y las variables ambientales**

### *7.5.1 Datos de densidad*

La conformación del Grupo A caracterizado por ligar a las estaciones con tipos de fondos semejantes donde prevalecen arenas medianas y gruesas con presencia de praderas de pastos marinos y/o fragmentos de coral muerto (H4 y H5) o el caso de la estación H3, en donde se presentan además, escombros de construcción. En esta agrupación contribuyeron de manera importante: *Fabricinuda trilobata* (35.25%) la cual tuvo alta densidad en la estación H4; *Nereis grayi* (13.65%) presente en las estaciones H3 y H5, *Syllis botosaneanui* (11.91%) presente en las estaciones H4 y H5, *Capitella* spp. (11.46%) en las estaciones H3 y H4, *Scoletoma verrilli* (9.15%) presente en la



estación H3, *Eurythoe complanata* (8.42%) presente en las estaciones H4 y H5 y *Mediomastus californiensis* (5.12%) en las estaciones H3 y H4 (Anexo Tabla 3).

En el B quedan las estaciones H1 y H2 (Anexo Tabla 3) que se caracterizaron por ser fondos de arenas finas. Las especies que contribuyeron a la agrupación fueron *Caulleriella cf. alata* (25.53%) que tuvo alta densidad en la estación H2 y baja en la H1, *Chaetozone sp. A.* (22.97%) y *Caulleriella zetlandica* (17.62%) que prevalecieron en la estaciones H1 y H2, *Clibanarius antillensis* (11.14%), *Exogone dispar* (9.42%) y *Chaetozone spp.* (6.66%).

### 7.5.2 Datos de biomasa

La conformación del Grupo A (PS: 11.26%) se ligó debido a la contribución de *Scoletoma verrilli* (56.37%), *Nereis grayi* (28.19%) y *Fabricinuda trilobata* (15.44%) presentes en las estaciones H3 y H5 caracterizadas por ser fondos de arenas gruesas con praderas de pasto marino y/o fragmentos de pastos marinos (Anexo, Tabla 4).

El grupo B (PS: 8.71%) ligó a las estaciones H1, H2 y H4. La agrupación se basó en la presencia por *Capitella spp.* (14.28%) y *Pista quadrilobata* (10.09%) presentes en fondos de arenas finas y arenas medianas con presencia de pastos marinos y fragmentos de coral muerto; también contribuyeron *Chaetozone sp. A.*, *Clibanarius antillensis* y *Caulleriella cf. alata* (8.75%) presentes en fondos de arenas finas, *Ophiactis savigny* (8.74%), Capitellidae spp. y *Leptochelia dubia* (6.18%) existentes en las estaciones H1 y H4, *Owenia sp. A* (5.05%) y *Aricidea (Acmira) simplex* (4.79%) evidentes en las estaciones H2 y H4, *Exogone dispar* (4.68%), presentes en las tres estaciones que conforman el grupo; *Polydora socialis* (4.37%) presente en las estaciones H1 y H4 (Anexo, Tabla 4).

Se observó en el presente estudio al sabélido *F. trilobata* en fondos de arenas medianas y gruesas en el interior de la cresta arrecifal con presencia de praderas de pasto marino y ha sido reportada dicha especie en ambientes carbonatados del Banco de Campeche (Domínguez Castanedo, 2004) asimismo los poliquetos *F. trilobata* y *S.*

*botosaneanui*, *Capitella* spp., *S. verrilli*, *M. Californiensis*, *C. cf. alata*, *C. zetlandica* y *E. dispar* y el equinodermo *O. savigny* en la laguna arrecifal de Isla Sacrificios (Domínguez Castanedo, 2007), siendo evidente la dominancia de *F. trilobata* en términos de densidad en ambientes carbonatados del Golfo de México y en particular del PNSAV, en la laguna arrecifal de Isla Sacrificios y el Arrecife Hornos.

### **7.6 Análisis de los resultados del NMDS con base en las variables ambientales**

Es evidente la importancia del tamaño de grano del sedimento como variable ambiental que representa y determina la estructura comunitaria de los organismos estudiados del bentos (Gray, 1974; Bone, 1991 y Paiva, 2001). Siendo lo anterior, se puede categorizar al bentos del Arrecife Hornos con base en su heterogeneidad ambiental en tres tipos:

Fondos con arenas finas (Estaciones H1 y H2) que afectan la estructura comunitaria al favorecer valores de densidad altos (48.56 y 46.67 ind dm<sup>-3</sup>). El valor del índice de diversidad en la estación H1, fue el valor más alto registrado. La conformación de este grupo fue dada primordialmente por la dominancia de poliquetos pertenecientes a las familias Cirratulidae y Capitellidae propias de ambientes de arenas finas, fangosos y/o limosos.

Fondos con arenas medianas y gruesas en ambientes arrecifales con o sin presencia de pastos marinos (Estaciones H4 y H5), mismos que favorecieron los valores más altos de densidad y biomasa en la estación H4. En la misma, los valores de diversidad y de equidad fueron bajos debido a la dominancia de *Fabricinuda trilobata*, especie propia de sedimentos carbonatados y praderas de pastos marinos. En la estación H5, los valores de densidad y biomasa fueron bajos, debido a que existen solo 2 especies dominantes en términos de densidad: *F. trilobata* y *Syllis botosaneanui*.

Fondos con arenas gruesas en ambiente no arrecifal con presencia de pastos marinos (estación H3), cuyos valores de densidad y biomasa fueron los más bajos de todas las estaciones, debido a que solo seis especies fueron registradas. Por tanto, los valores de diversidad y de equidad fueron superiores comparados con las estaciones H2 y H4,

debido a que la distribución del número de organismos entre las especies fue semejante.

Asimismo, de manera general, se puede mencionar que las estaciones H1 y H2 (datos de densidad) están asociadas de algún modo con las concentraciones de nitritos y estas se caracterizan por estar cercanas al litoral, donde pudiese existir una mayor influencia por las descargas de agua pluvial. En cambio las estaciones más alejadas del litoral (H4 y H5) hacia el interior de la laguna arrecifal mostraron una asociación con la concentración de nitratos. Lo anterior puede ser un reflejo de la influencia de las variables ambientales sobre la comunidad bentónica, sin embargo, no se puede afirmar esto ya que para ello es necesario llevar a cabo muestreos adicionales enfocados a ello. El presente estudio representa un panorama general lo que sucede en la laguna del arrecife Hornos, siendo un estudio base que debe ser complementado con estudios futuros que le den continuidad en el tiempo (Anexos, tabla 9).

## VIII. CONCLUSIONES

1. La laguna arrecifal de Hornos es un ambiente somero (hasta 2 m), heterogéneo, con un sedimento constituido por arenas finas hacia el litoral y arenas medianas a gruesas hacia la cresta arrecifal, con valores promedio de 26.91 °C de temperatura, 35.20 ups de salinidad, 7.09 mg L<sup>-1</sup> de oxígeno disuelto y proporciones de compuestos nitrogenados-fosfatos 3:1 en el agua de fondo.
2. Los fondos blandos de la laguna arrecifal de Hornos ya no son una zona taxonómicamente desconocida; con esta investigación se identificaron seis filos, 42 familias y 89 especies (de las cuales ocho son potencialmente nuevas para la ciencia), incluyendo 57 nuevos registros de especies para el PNSAV.
3. En la laguna del Arrecife Hornos, existen 17 especies *dominantes* destacándose el poliqueto *Fabricinuda trilobata* que es importante en ambientes de pastos marinos con fragmentos de coral muerto en zonas alejadas del litoral. En zonas cercanas al litoral las especies *dominantes* fueron poliquetos oportunistas: *Mediomastus californiensis*, *Exogone dispar*, *Caulleriella cf. alata* y *C. zetlandica*, así como el crustáceo *Clibanarius antillensis*.
4. La heterogeneidad ambiental determinó la estructura comunitaria, siendo el tamaño de grano del sedimento la variable que está representando el papel más importante.
5. Se considera que los nitritos-nitratos están correlacionados significativamente con la presencia importante de especies oportunistas. De igual forma es de considerarse que la laguna arrecifal de Hornos está influenciada por los aportes de aguas urbanas a través del drenaje pluvial que vierte directamente sus descargas en la zona. No obstante, es necesario realizar estudios enfocados a determinar su influencia sobre el ecosistema.

## IX. LITERATURA CITADA

1. Aldeco Ramírez, J. y M. Sánchez Juárez, 2002. Ambiente marino y estuarino. Pp. 1-11. In: Guzmán, P., C. Quiroga, C. Díaz, D. Fuentes, C. Contreras y G. Contreras (eds.), *La Pesca en Veracruz y sus Perspectivas de Desarrollo*. SAGARPA-Universidad Veracruzana. México. 434 pp.
2. Alongi, D.M. and A.D. McKinnon, 2004. The cycling and fate of terrestrially derived sediments and nutrients in the coastal zone of the Great Barrier Reef shelf. *Marine Pollution Bulletin*, 51(1-4):239–252.
3. Alongi, D.M., 1989. Ecology of Tropical Soft-bottom Benthos: a review with emphasis on emerging concepts. *Revista de Biología Tropical*, 37(1):85-100.
4. Amaral, A.C.Z. & Nonato, E.F. 1981. Série manuais de identificação da fauna brasileira; V.2. Anélideos poliquetos da costa brasileira: Características e chave para famílias/Glossário. Brasília. 47 pp.
5. Barba Santos, M.G., 1998, Estructura poblacional de *Diploria* spp. (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia) en la planicie del Arrecife Isla Verde, Veracruz, Méx. *Tesis Profesional, Escuela de Estudios Superiores, Iztacala*. UNAM. México. 80 pp.
6. Beltrán Torres, A. U. and J. P. Carricart-Ganivet, 1993. Skeletal morphologic variation in *Montastrea cavernosa* (Cnidaria: Scleractinia) at Isla Verde Coral Reef, Veracruz, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 41(3):559-562.
7. Bitter Soto, R., 1999. Benthic communities associated to *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) at three localities of Morrocoy National Park, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 47(3): 443-452.
8. Bone, D. and G. San Martín, 2003. Ecological Aspects of Syllids (Annelida: Polychaeta: Syllidae) on *Thalassia testudinum* beds in Venezuela. *Hydrobiologia*, 496(3):289-298.
9. Bone, D., 1991. Comparación de características y eficiencia del muestreador entre estudios sobre macrobentos asociado a praderas de *Thalassia testudinum*. *Ecotrópicos*, (4):68–76.
10. Borzone, C.A., E.T. Paes e A. G. Soares, 1990. Um novo amostrador de succáo para o estudo quantitativo da fauna bentónica infralitoral em sustratos inconsolidados. *Nerítica*, (5): 15–25
11. Caballero Rosas, A. 1990. Modelación hidrodinámica numérica de la circulación por viento en la zona costera del Puerto de Veracruz y sus proximidades. Tesis de Maestría en Ingeniería Oceánica, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, México, 70 pp.
12. Carrera Parra, L., 2001. Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) from the Grand Caribbean region with description of six species. *Journal of Marine Biological Assessment*, (81):599-621.

13. Carrera Parra, L.F. y J.M. Vargas Hernández, 1996-1997. Comunidad críptica de esponjas del arrecife de Isla de Enmedio, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 44(3)/45(1):311-321.
14. Carricart Ganivet, J.P., 1985, Descripción de las especies de corales scleractinios de Isla de Enmedio, Ver. *Tesis Profesional. Escuela de Estudios Superiores, Iztacala*. UNAM. México. 80 pp.
15. Carricart Ganivet, J.P., 1993, Estudios ecológicos y fisiológicos sobre los corales petreos del Sistema Arrecifal Veracruzano (EECP). Informe Técnico. *IIOGYMC*. DGON, Secretaría de Marina, México. 61 pp.
16. Chávez, E.A. y E. Hidalgo, 1988 Los arrecifes coralinos del Caribe noroccidental y Golfo de México en contexto socioeconómico. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. México. 15(1): 167-176.
17. Chávez, E.A., 1973. Observaciones generales sobre las comunidades del arrecife de Lobos, Veracruz. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, México. 20:13-21.
18. Day, J.H., 1967. A monograph on the Polychaeta of southern Africa. Part I. Errantia; Part II. Sedentaria. Trustees of the British Museum of Natural History, London, United Kingdom. 878 pp.
19. Del Castillo Sarabia, L.E., 2004. Comparación de colonización béntica por invertebrados en sustratos artificiales: arrecifes Bajo Mersey y Pájaros, Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Tesis Profesional. Facultad de Biología*. Universidad Veracruzana. México. 70 pp.
20. Delgado O. and B.E. Lapointe, 1994. Nutrient-limited productivity of calcareous versus fleshy macroalgae in a eutrophic, carbonate rich tropical marine environment. *Coral Reefs*, (13): 151-159
21. Devlin, M., J. Waterhouse., J. Taylor and J. Brodie, 2001. Flood plumes in the Great Barrier Reef: spatial and temporal patterns in composition and distribution. Great Barrier Reef Marine Park. Authority *Research Publication No. 68*. GBRMPA, Townsville. Australia. 78 pp.
22. Diario Oficial de la Federación (D.O.F.), 1992. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter de Parque Marino al Sistema Arrecifal Veracruzano. Martes 25 de Agosto. Tomo CDLXVII, No. 17.
23. Domínguez Castanedo, N.C., 2004. Estructura comunitaria de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) asociados a sustratos blandos en el Banco de Campeche, México. *Tesis Profesional, Facultad de Ciencias*, UNAM. México. 89 pp.
24. Domínguez Castanedo, N.C., *en proceso*. Estudio de la Macrofauna de la laguna arrecifal de Isla Sacrificios, Veracruz., México. *Tesis de Maestría, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. México.
25. Eleftheriou, A. and N.A. Holme, 1984. Macrofauna techniques. Pp 140-216. *In*: N.A. Holme and A.D. McIntyre (eds.), *Methods for the Study of Marine Benthos, IBP Handbook 16*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK. 452 pp.

26. Emery, K. O., 1963. Estudios Regionales. Arrecifes Coralinos en Veracruz, México. *Geofísica Internacional*, 3(1):11-17.
27. Fauchald, K. & R.A. Jumars, 1979. The diet of worms: A study of polychaete feeding guide. *Oceanography and Marine Biology, Annual Review*, 17:193-284.
28. Field, J.G., K.R. Clarke and R.M. Warwick, 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, (8):37-52.
29. Folk, R., 1969. Petrología de las rocas sedimentarias. *Instituto de Geología*. UNAM. México. 405 pp.
30. Gallagher, E.D. and J.F. Grassle, 1997. Virginian province macroinfaunal community structure: PCA-H analyses and assessment of pollution degradation indices. *Final Report Submitted to the US EPA-AED*. USA. 111 pp.
31. García Cubas, A., M. Reguero y L. Jácome, 1994. Moluscos Arrecifales de Veracruz, México. *Guía de Campo*. México. 98 pp.
32. García, E., 1987. Apuntes de climatología. 3a ed. Larios e hijos impresores. México. 153 pp.
33. Giangrande, A., 1997. Polychaete reproductive patterns, life cycles and life histories: an overview. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 72(1):1-128.
34. Glasby, C.J. and G. Read., 1998. Polychaete worms: a diverse yet poorly known group. *Water Atmospheric*, 6(4):7-9.
35. Glynn, P., 1997. Bioerosion and coral reef growth: a dynamic balance. Pp. 68-94. *In: C. Birkeland (eds.) Life and Death of Coral Reef*. \*.\* pp.
36. Granados Barba, A., 2001. Ecología de los Poliquetos Bénticos de la Región Petrolera del Suroeste del Golfo de México: Estructura Comunitaria e Impacto Ambiental. *Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias*, UNAM. México. 149 pp.
37. Granados Barba, A., V., Solís Weiss., M. A., Tovar Hernández and V. Ochoa Rivera, 2003. Distribution and diversity of the Syllidae (Annelida: Polychaeta) from Mexican Gulf of Mexico and Caribbean. *Hydrobiologia*, 496(1-3):337-345.
38. Gray, J. S., 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanography and Marine Biology. Annual Review*, 12:223-261.
39. Green, G., 1986. Contribución al conocimiento de la sistemática y ecología de las esponjas del arrecife "La Blanquilla", Veracruz, Ver. *Tesis Profesional*. UNAM. México 102 pp.
40. Hair, J. F., R. E. Anderson, R.L. Tatham and W. C. Black, 1995. *Multivariate Data Analysis*. 4<sup>th</sup> edition. Prentice Hall Inc. New Jersey. USA. 745 pp.
41. Hermoso Salazar, A.M. y L. A. Martínez Guzmán, 1991. Estudio Taxonómico de ocho familias de Camarones (Crustacea: Decapoda) en cinco arrecifes del Golfo de México. *Tesis Profesional, Facultad de Ciencias*, UNAM. México. 72 pp.
42. Hernández Aguilera, J.L., R.E. Toral Almazán y J.A. Ruiz Nuño, 2000. Crustáceos estomatópodos y decápodos en dos arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal

- Veracruzano. Resumen del 1er. Congreso Nacional de Arrecifes Coralinos, México. 3 pp.
43. Hernández Arana, H.A., 1995. El concepto de suficiencia taxonómica aplicado a comunidades bénticas tropicales. *Tesis de Maestría*. CINVESTAV-IPN. México. 204 pp.
44. Aldeco Ramírez, J. y M. Sánchez Juárez, 2002. Ambiente marino y estuarino. Pp. 1-11. *In*: Guzmán, P., C. Quiroga, C. Díaz, D. Fuentes, C. Contreras y G. Contreras (eds.), *La Pesca en Veracruz y sus Perspectivas de Desarrollo*. SAGARPA-Universidad Veracruzana. México. 434 pp.
45. Alongi, D.M., 1989. Ecology of Tropical Soft-bottom Benthos: a review with emphasis on emerging concepts. *Revista de Biología Tropical*, 37(1):85-100.
46. Alongi, D.M. and A.D. McKinnon, 2004. The cycling and fate of terrestrially derived sediments and nutrients in the coastal zone of the Great Barrier Reef shelf. *Marine Pollution Bulletin*, 51(1-4):239–252.
47. Amaral, A.C.Z. & Nonato, E.F. 1981. Série manuais de identificação da fauna brasileira; V.2. Anélideos poliquetos da costa brasileira: Características e chave para famílias/Glossário. Brasília. 47 pp.
48. Barba Santos, M.G., 1998, Estructura poblacional de *Diploria* spp. (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia) en la planicie del Arrecife Isla Verde, Veracruz, Méx. *Tesis Profesional, Escuela de Estudios Superiores, Iztacala*. UNAM. México. 80 pp.
49. Beltrán Torres, A. U. and J. P. Carricart-Ganivet, 1993. Skeletal morphologic variation in *Montastrea cavernosa* (Cnidaria: Scleractinia) at Isla Verde Coral Reef, Veracruz, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 41(3):559-562.
50. Bone, D., 1991. Comparación de características y eficiencia del muestreador entre estudios sobre macrobentos asociado a praderas de *Thalassia testudinum*. *Ecotrópicos*, (4):68–76.
51. Bone, D. and G. San Martín, 2003. Ecological Aspects of Syllids (Annelida: Polychaeta: Syllidae) on *Thalassia testudinum* beds in Venezuela. *Hydrobiologia*, 496(3):289-298.
52. Borzone, C.A., E.T. Paes e A. G. Soares, 1990. Um novo amostrador de succáo para o estudo quantitativo da fauna bentónica infralitoral em sustratos inconsolidados. *Nerítica*, (5): 15–25
53. Bitter Soto, R., 1999. Benthic communities associated to *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) at three localities of Morrocoy National Park, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 47(3): 443-452.
54. Caballero Rosas, A. 1990. Modelación hidrodinámica numérica de la circulación por viento en la zona costera del Puerto de Veracruz y sus proximidades. Tesis de Maestría en Ingeniería Oceánica, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, México, 70 pp.



55. Carrera Parra, L.F. y J.M. Vargas Hernández, 1996-1997. Comunidad críptica de esponjas del arrecife de Isla de Enmedio, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 44(3)/45(1):311-321.
56. Carrera Parra, L., 2001. Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) from the Grand Caribbean region with description of six species. *Journal of Marine Biological Assessment*, (81):599-621.
57. Carricart Ganivet, J.P., 1985, Descripción de las especies de corales scleractinios de Isla de Enmedio, Ver. *Tesis Profesional. Escuela de Estudios Superiores, Iztacala*. UNAM. México. 80 pp.
58. Carricart Ganivet, J.P., 1993, Estudios ecológicos y fisiológicos sobre los corales petreos del Sistema Arrecifal Veracruzano (EECP). Informe Técnico. *IIOGyMC*. DGON, Secretaría de Marina, México. 61 pp.
59. Chávez, E.A., 1973. Observaciones generales sobre las comunidades del arrecife de Lobos, Veracruz. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*. 20:13-21.
60. Chávez, E.A. y E. Hidalgo, 1988 Los arrecifes coralinos del Caribe noroccidental y Golfo de México en contexto socioeconómico. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. México. 15(1): 167-176.
61. Day, J.H., 1967. A monograph on the Polychaeta of southern Africa. Part I. Errantia; Part II. Sedentaria. Trustees of the British Museum of Natural History, London, United Kingdom. 878 pp.
62. Del Castillo Sarabia, L.E., 2004. Comparación de colonización béntica por invertebrados en sustratos artificiales: arrecifes Bajo Mersey y Pájaros, Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Tesis Profesional. Facultad de Biología*. Universidad Veracruzana. México. 70 pp.
63. Delgado O. and B.E. Lapointe, 1994. Nutrient-limited productivity of calcareous versus fleshy macroalgae in a eutrophic, carbonate rich tropical marine environment. *Coral Reefs*, (13): 151-159
64. Devlin, M., J. Waterhouse., J. Taylor and J. Brodie, 2001. Flood plumes in the Great Barrier Reef: spatial and temporal patterns in composition and distribution. Great Barrier Reef Marine Park. Authority *Research Publication No. 68*. GBRMPA, Townsville. Australia. 78 pp.
65. Diario Oficial de la Federación (D.O.F.), 1992. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter de Parque Marino al Sistema Arrecifal Veracruzano. Martes 25 de Agosto. Tomo CDLXVII, No. 17.
66. Domínguez Castanedo, N.C., 2004. Estructura comunitaria de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) asociados a sustratos blandos en el Banco de Campeche, México. *Tesis Profesional, Facultad de Ciencias*, UNAM. México. 89 pp.
67. Domínguez Castanedo, N.C., *en proceso*. Estudio de la Macrofauna de la laguna arrecifal de Isla Sacrificios, Veracruz., México. *Tesis de Maestría, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. México.

68. Eleftheriou, A. and N.A. Holme, 1984. Macrofauna techniques. Pp 140-216. In: N.A. Holme and A.D. McIntyre (eds.), *Methods for the Study of Marine Benthos, IBP Handbook 16, Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.* 452 pp.
69. Emery, K. O., 1963. Estudios Regionales. Arrecifes Coralinos en Veracruz, México. *Geofísica Internacional*, 3(1):11-17.
70. Fauchald, K. & R.A. Jumars, 1979. The diet of worms: A study of polychaete feeding guide. *Oceanography and Marine Biology, Annual Review*, 17:193-284.
71. Field, J.G., K.R. Clarke and R.M. Warwick, 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, (8):37-52.
72. Folk, R., 1969. Petrología de las rocas sedimentarias. *Instituto de Geología. UNAM. México.* 405 pp.
73. García, E., 1987. Apuntes de climatología. 3a ed. Larios e hijos impresores. México. 153 pp.
74. García Cubas, A., M. Reguero y L. Jácome, 1994. Moluscos Arrecifales de Veracruz, México. *Guía de Campo.* México. 98 pp.
75. Gallagher, E.D. and J.F. Grassle, 1997. Virginian province macroinfaunal community structure: PCA-H analyses and assessment of pollution degradation indices. *Final Report Submitted to the US EPA-AED.* USA. 111 pp.
76. Giangrande, A., 1997. Polychaete reproductive patterns, life cycles and life histories: an overview. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 72(1):1-128.
77. Glasby, C.J. and G. Read., 1998. Polychaete worms: a diverse yet poorly known group. *Water Atmospheric*, 6(4):7-9.
78. Glynn, P., 1997. Bioerosion and coral reef growth: a dynamic balance. Pp. 68-94. In: C. Birkeland (eds.) *Life and Death of Coral Reef.* \*.\* pp.
79. Granados Barba, A., 2001. Ecología de los Poliquetos Bénticos de la Región Petrolera del Suroeste del Golfo de México: Estructura Comunitaria e Impacto Ambiental. *Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM.* México. 149 pp.
80. Granados Barba, A., V., Solís Weiss., M. A., Tovar Hernández and V. Ochoa Rivera, 2003. Distribution and diversity of the Syllidae (Annelida: Polychaeta) from Mexican Gulf of Mexico and Caribbean. *Hydrobiologia*, 496(1-3):337-345.
81. Gray, J. S., 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanography and Marine Biology. Annual Review*, 12:223-261.
82. Green, G., 1986. Contribución al conocimiento de la sistemática y ecología de las esponjas del arrecife "La Blanquilla", Veracruz, Ver. *Tesis Profesional.* UNAM. México 102 pp.
83. Hair, J. F., R. E. Anderson, R.L. Tatham and W. C. Black, 1995. *Multivariate Data Analysis.* 4<sup>th</sup> edition. Prentice Hall Inc. New Jersey. USA. 745 pp.
84. Hernández Aguilera, J.L., R.E. Toral Almazán y J.A. Ruiz Nuño, 2000. Crustáceos estomatópodos y decápodos en dos arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal

- Veracruzano. Resumen del 1er. Congreso Nacional de Arrecifes Coralinos, México. 3 pp.
85. Hermoso Salazar, A.M. y L. A. Martínez Guzmán, 1991. Estudio Taxonómico de ocho familias de Camarones (Crustacea: Decapoda) en cinco arrecifes del Golfo de México. *Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM*. México. 72 pp.
86. Hernández Arana, H.A., 1995. El concepto de suficiencia taxonómica aplicado a comunidades bénticas tropicales. *Tesis de Maestría*. CINVESTAV-IPN. México. 204 pp.
87. Hernández Arana, H.A., A.A. Rouden, M.J. Attrill, R. Warwick and G. Gold Bouchot, 2003. Large Scale Environmental Influences on the Benthic Macroinfauna of the Southern Gulf of México. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 58(1-2):825-841.
88. Hernández Rosario, C. y D. Tinoco Blanco, 1988. Sedimentos del Sistema Arrecifal Veracruzano (Primera Parte: Caracterización). Depto. de Geología Marina de la Est. de Invest. Oceanogr. de Veracruz. D.G.O.M., Secretaría de Marina. México, 53 pp.
89. Hernández Rosario, C., 1990. Determinación del transporte litoral por medio de las variaciones de la distribución del tamaño del grano de los sedimentos en Veracruz. Depto. de Geología Marina de la Est. de Invest. Oceanogr. de Veracruz. D.G.O.M., Secretaría de Marina. México, 29 pp.
90. Hernández Téllez, J. y J. Salgado Rivero. 1996. Masas de agua en la costa de la Ciudad de Veracruz, Ver. (MACCV), Enero 1995 a Febrero 1996. Informe Técnico, Depto. de Ocean. Geológica y Física. Inst. Oceanogr. del Golfo y Mar Caribe, D.G.O.M. Secretaría de Marina. México, 39 pp.
91. Horta Puga, G., 1982. Descripción de Algunas especies de poliquetos bentónicos de Isla Verde, Ver. *Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala*. UNAM. México. 142 pp.
92. Ibarra Morales, N., 2005. Distribución, Abundancia y Biomasa de *Thalassia testudinum* Banks et Solander ex König: Hydrocharitaceae (1805) en la laguna arrecifal de Isla Sacrificios, Veracruz. *Tesis Profesional*. Universidad Veracruzana. México. 50 pp.
93. Ibarzábal, D., 1987. Mejoras en el Muestreo de Macrobentos con el Equipo de Succión. Reporte de Investigación. *Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba*. pp: 6-8.
94. INEGI, 2001. Cuaderno Estadístico Municipal. Veracruz-Llave. *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*. México. 3-4 pp.
95. Jordán Dahlgren, E., 1992. Recolonization patterns of *Acropora palmata* in a marginal environment. *Bulletin of Marine Science*, 51(1):104-117.
96. Keen, M. A., 1971. Sea shells of tropical west America. Marine mollusks from Baja California. Mexico to Peru. Stanford University Press, California. 1064 pp.
97. Kirkwood, D.S., 1994. Practical notes on the determination of nutrients in seawater. *In: The Sanplus Segment Flow Analyzer: Seawater analysis*. Skalar Analytical B.V, Publications No. 0102009A. US.

98. Knox, G.A., 1977. The role of polychaetes in benthic soft-bottom communities. Pp. 547-604. *In: Reish, D.J. and K. Fauchald (eds.). Essays on the polychaetous annelids on the memory of Dr. Olga Hartman.* Allan Hancock Found. L.A., USA 695 pp.
99. Kruscal B.S. and M. Wish, 1991. Multidimensional scaling. Quantitative applications in the social sciences. Sage Publications, 16<sup>th</sup> Ed. CA. USA. 315 pp.
100. Krutak, P.R., 1997. Petrography and Provenance of Siliciclastic Sediments, Veracruz-Anton Lizardo Reefs, Mexico. *Department of Geosciences, Fort Hays State University. Kansas, USA.* 231-243 pp.
101. Krutak, P.R., C.F. Jordan and R. Gío Argáez, 1990. Holocene Reef Development in a Terrigenous Province: Veracruz Reefs, México and Eocene-Miocene Analogues of the Tampico-Misantla Basin, México. *Geological Society of America. Field Trip #18 Guide Book. USA.* pp:1-43
102. Lapointe B., Littler and D. Littler, 1992. Nutrient availability to marine macroalgae in siliciclastic versus carbonate-rich coastal waters. *Estuaries*, 15:75-82.
103. Lapointe B.E, M.M. Littler and D.S. Littler, 1987. A comparison of nutrient-limited productivity in macroalgae from a Caribbean barrier reef and from a mangrove ecosystem. *Aquatic Botany*, 28(2):243-255.
104. Lapointe B.E., 1989. Macroalgal production and nutrient relations in oligotrophic areas of Florida Bay. *Bulletin of Marine Science*, 44:312-323.
105. Lara Pérez-Soto, M., 1989. Zonación y caracterización de los corales escleractinios en el Arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. *Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM.* México. 91 pp.
106. Lara Pérez-Soto, M., C. Padilla, C. García and J. J. Espejel, 1992, Coral Reef of Veracruz Mexico I. Zonation and Community. *Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam*, 1: 535-544
107. Libes, S., 1992. An introduction to marine biogeochemistry. John Wiley & Sons, Inc. Canada. 734 pp
108. Littler M. M, D. S. Littler and E. A. Titlyanov, 1991. Comparisons of N and P-limited productivity between high granitic islands versus low carbonate atolls in the Seychelles Archipelago: a test of the relative-dominance paradigm. *Coral Reefs*, 10: 199-209
109. López Herrera, M., 1992. Diagnósis taxonómica de las esponjas de las estructuras arrecifales de Antón Lizardo y Puerto de Veracruz. *Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.* México. 88 pp.
110. Lot Helgueras, A., 1971. Estudio sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. Universidad Nacional Autónoma de México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM* 42(3):1-48.
111. Loya Salinas, D. H. and A. Escofet, 1990. Aportaciones al Cálculo del Índice de Valor Biológico (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas*, 16(2):97-115.

112. Mackie, A. S., Y. C. Parmiter and L. K. Tong, 1997. Distribution and diversity of Polychaeta in the Southern Irish Sea. *Bulletin of Marine Science*, 60(2):467-481.
113. Mackie, A.S.Y. & Oliver, P.G. 1996. Marine macrofauna: Polychaetes, Molluscs and Crustaceans. pp. 263-284. *In: Hall, G.S. (Eds.) Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediments.* CAB International, Oxon. 367 pp.
114. Magurran, A., 2004. *Measuring Biological Diversity.* Blackwell Science Ltd. Australia. 256 pp.
115. Martin, J.W. & E. Davis. 2001. An updated classification of the recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles County Science Series. 34. 124 pp.
116. Maya Vilchis, P., 1993. Distribución, Abundancia y Algunos Aspectos de la Biología del Erizo *Lytechinus variegatus* en el Arrecife "Hornos" del Puerto de Veracruz, Ver., México. *Tesis Profesional, Facultad de Ciencias Marinas.* Universidad Autónoma de Baja California. México. 92 pp.
117. Méndez Ubach, M., V. Solís Weiss y A. Carranza Edwards, 1986. La importancia de la granulometría en la distribución de los organismos bentónicos. Estudio de las playas del estado de Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*, 13(3):45-56.
118. Moore, R. C. 1960. *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part I. Mollusca, Vol. 1. Amphineura, Polyplacophora, Scaphopoda, Monoplacophora, Archaeogastropoda.*
119. Morales García, A., 1985. Distribución de decápodos y estomatópodos de Isla Verde, México. *Tesis Profesional Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.* México. 99 pp.
120. Morales García, A., 1986 Estudio de los Crustáceos Estomatópodos y Decápodos de Isla Verde, Veracruz, México. *Secr. Mar. Dir. Gral. Oceanog.* México. 78 pp.
121. Morales García, A., 1987 Estudio de los Crustáceos Estomatópodos y Decápodos de Isla Sacrificios, Veracruz, México. *Secr. Mar. Dir. Gral. Oceanog. Est. Ver./87.* México. 79 pp.
122. Ochoa Rivera, V., A. Granados Barba y Solís Weiss, 2000. The polychaete cryptofauna from Cozumel Island, Mexican Caribbean. *Bulletin of Marine Science*, 67(1):137-146
123. Orduña Medrano, R., 2004. Distribución y Abundancia de la Llanura Arrecifal de Isla de Sacrificios, Veracruz, México (Verano 2002 e Invierno 2003). *Tesis Profesional. Facultad de Biología.* Universidad Veracruzana. México. 124 pp.
124. Paiva, P. C., 2001, Spatial and Temporal Variation of a Nearshore Benthic Community in Southern in Brazil: Implications for the Design of Monitoring Programs. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52(3):423-433.
125. Paulay, G., 1997. Diversity and distribution of reef organisms. Pp. 298-353. *In: C. Birkeland (eds.) Life and Death of Coral Reef*, 403 pp.
126. Pielou, E., 1975. *Mathematical Ecology.* J. Wiley & Sons. N.Y., EUA. 385 pp.

127. Quintana y Molina, J., 1991. Resultados del Programa de Investigaciones en Arrecifes Veracruzanos del Laboratorio de Sistemas Bentónicos Litorales. *Hidrobiologica*, 1:73-86.
128. Ramírez, C., 1987. Evaluación de los corales Escleractinios del Sistema Arrecifal del Puerto de Veracruz, Arrecifes Isla de Enmedio, Anegada de Afuera, Isla Verde, Isla Blanquilla, Isla Sacrificios, Anegada de Adentro. *Petróleos Mexicanos-Dirección General de Oceanografía. Secretaría de Marina*. México. 119 pp.
129. Ramírez, C., 1991. Programa de Manejo del Parque Marino Nacional "Sistema Arrecifal Veracruzano", Arrecifes Isla de Enmedio, Anegada de Afuera, Isla Verde, Isla Blanquilla, Isla Sacrificios, Anegada de Adentro. *PEMEX-DGO Secretaría de Marina*. México. 158 pp.
130. Redfield, A.C., B.H. Ketchum and F.A. Richards, 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. Pp. 26-77. In: M.N. Hill (eds.), *The sea 2*. Wiley-Interscience, Nueva York. USA. 152 pp.
131. Rhoads, C., 1974. Organism-sediment relations on the muddy sea floor. *Oceanography and Marine Review*, 12(1-4):263-300.
132. Riley, J.P. y R. Chester, 1989. Introducción a la Química Marina. 1ª ed. AGT Editor, S. A. México, D.F., México. 459 pp.
133. Rioja, E., 1946. Estudios Anelidológicos XIV. Observaciones sobre algunos poliquetos de las Costas del Golfo de México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM*, 17: 193-203.
134. Rioja, E., 1947. Estudios Anelidológicos XIX. Observaciones sobre algunos Nereidos de las Costas de México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM*, 38:527-535.
135. Rioja, E., 1959. Estudios Anelidológicos XXII. Datos para el conocimiento de la fauna de anélidos poliquetos de las costas Orientales de México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM*, 29:219-299.
136. Rioja, E., 1961. Estudios Anelidológicos XXIV. Adiciones a la fauna de anélidos poliquetos de las Costas Orientales de México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM*, 21:289-316.
137. Robinson, M. K., 1973. Atlas of monthly of the top of the termocline. Gulf of Mexico and Caribbean Sea. *Scripps Institution of Oceanography*, University of California. San Diego, USA. 104 pp.
138. Rojas López, R. 2004. Los anélidos poliquetos asociados a sustratos blandos de la Bahía de Campeche, Golfo de México. *Tesis Profesional. Facultad de Ciencias*. UNAM. México. 94 pp.
139. Rouse, G. 2000. Classification of the Annelida and Polychaeta. pp. 51-52. In: Bessley, P. L., Ross, G. J. B. y C. J. Glasby (eds.) *Polychaetes y Allies: The Southern Synthesis. Fauna of Australia*. Vol. 4A Polychaeta, Myzostomida, Pogohora, Echiura, Sipuncula. CSIRO Publishing: Melbourne xii 465 pp.

140. Rouse, G. W. and K. Fauchald, 1997. Cladistic and polychaetes. *Zoologica Scripta*. 26(2): 139-204.
141. Salgado García, M.A., 1992. Moluscos bentónicos del arrecife coralino Anegada de Adentro. Veracruz, México. *Tesis Profesional, Facultad de Ciencias*. UNAM. México. 65 pp.
142. Brower, J. E. and J. H. Zar, 1977. Field and Laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publishers. Illinois, U.S.A. 194 pp.
143. Sánchez Domínguez, C., 1993. Taxocenosis y estructura comunitaria de la comunidad de equinodermos del arrecife de Isla de Enmedio, Ver., (Stelleroidea, Crinoidea, Echinoidea: Echinodermata) *Tesis Profesional*. Universidad Veracruzana. México. 94 pp.
144. Sánchez García, L., 1995. Efecto de los hidrocarburos del petróleo sobre la taxocenosis béntica dominante del Banco de Campeche, México. *Tesis de Maestría, CINVESTAV-IPN-Mérida*. México. 178 pp.
145. Sánchez Juárez, A. y J. Aldeco Ramírez, 1993. Masas de Agua Costera de la Ciudad de Veracruz (MACCV), Julio a Diciembre 1993. Informe Técnico, Depto. de Ocean. Fís. Geol. IOGyMC, DGOM, Secretaría de Marina. México. 58 pp.
146. Sánchez Wall, M.I., 1992. Comunidad de poliquetos asociados a sustratos duros en el Arrecife de En medio, Mpio. de Antón Lizardo, Ver. México. *Tesis Profesional. Facultad de Biología*. Universidad Veracruzana. México. 95 pp.
147. (SEMAR) Secretaría de Marina, 1992. Carta Batimétrica de Veracruz y Proximidades, Costa Este. 1:25000. Dirección General de Investigación y Desarrollo. *Dirección Adjunta de Hidrografía y Cartografía*. No. 823.
148. Sepúlveda Lozada, A., 2004. Epicoflora Estacional de *Thalassia testudinum* Banks ex König, (Hidrocharitaceae) en la Llanura Arrecifal de la Isla de Sacrificios, Ver. México. *Tesis Profesional, Facultad de Biología*, Universidad Veracruzana. México. 85 pp.
149. (SAS) Servicio de Agua y Saneamiento Metropolitano Veracruz-Boca del Río-Medellín, 2004. Mapa de alcantarillado y drenaje, aportes y descargas de agua. Veracruz, Veracruz, México.
150. Sokal, R. y J. Rohlf, 1995. Biometry: The principles and Practice of Statistics in Biological Research. 3<sup>rd</sup> edition. Freeman & Company, N.Y., USA. 887 pp.
151. Solís, R., 1985. Morfología, Composición y Zonación del Sistema Arrecifal Veracruzano. *Secretaría de Marina, CONACYT*. 2<sup>o</sup>. Informe Técnico Oceanografía. Veracruz, México. 56 pp.
152. Solórzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by phenolhypoclorite method. *Limnology and Oceanography*. 14: 799-801.
153. Somerfield, P.J. & K. R. Clarke. 1997. A comparison of some methods commonly used for the collection of sublitoral sediments and their associated fauna. 43(3):145-156.

154. Strickland, J. H. D. y T. R. Parsons. 1972. A Manual of Sea Water Analysis. *Fisheries Research Board of Canada bulletin* Vol. 167.
155. Sundberg, P. 1983. Multivariate analysis in marine pollution studies. *Marine Pollution Bulletin*, 14(6):208-209.
156. Tello Musi, J. L., 2000, Distribución de biotopos en la zona de la planicie arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. *Tesis Profesional. Escuela de Estudios Superiores, Iztacala*. UNAM, México. 61 pp.
157. Thiele, J., 1935. Handbuch der Systematischen Weichtierkunde. 2 vols. 1154 p., 584 figs
158. Thomassin, B. A., 1969. Les peuplements de deux biotopes de sables coralliens sur le Grand Récif de Tuléar, S.W. de Madagascar. *Recent Travaux de la Station Marine d'Endoume*, Suppl. 9:59-133.
159. Thurman, P., 1988, Introductory Oceanography. Fifth Edition. Merrill Publishing Company. USA. 515 pp.
160. Tunnell, J., 1992. Natural versus Impacts to Southern Gulf of Mexico Coral Reef Resources. *Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam*, 1(1):300-306.
161. Treguer, P. y P. Le Corre. 1974. Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Université de Bretagne Occidentale.
162. Vargas Hernández, J. M., A. Hernández Gutiérrez, y L. F. Carrera Parra, 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. In: S. I. Salazar Vallejo y N. E. González (eds), *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO/CIQRO, México, pp: 559-575.
163. Vázquez de la Cerda, A. 1983. Corrientes marinas en las cercanías al Puerto de Veracruz. Est. de Invest. de Veracruz, D.G.O.M. Secretaría de Marina. México, 20 pp.
164. Vargas Hernández, J. M. y M. A. Román Vives, 1998. Estudios Geomorfológicos y Escenarios Bióticos del Sistema Arrecifal Veracruzano. GEBSAV. *Facultad de Biología*, Universidad Veracruzana. México. 120 pp.
165. Vittor, B., 2001a. Florida Bay Macroinvertebrate Community Assessment. U.S. Dep. of Commerce, Nat. Ocean. and Atmos. Admin., Nat. Oc. Serv., Center for Coast. Monit. and Assess. USA. 59 pp.
166. Vittor, B., 2001b. Gray's Reef benthic macroinvertebrate community assessment, April 2001. U.S. Dep. of Commerce, Nat. Ocean. & Atmos. Admin., Nat. Oc. Serv., Center for Coast. Monit. and Assess. USA. 43 pp.
167. Warwick, R.M. y K.R. Clark, 1993. Comparing the severity of disturbance: a meta-analysis of marine macrobenthic community data. *Marine Ecology Progress Series*, 92(2):221-231.
168. Yáñez Rivera, B., 2004. Estructura Comunitaria de Poliquetos Asociados a Rocas de Coral Muerto en Isla de Cozumel, Quintana Roo, México. *Tesis Profesional. Facultad de Ciencias*. UNAM. México. 67 pp.



ANEXOS

Lista de especies identificadas en Arrecife Hornos

CNIDARIA

- Anthozoa
  - Zoantharia
    - Zoanthidae
    - Zoanthidae sp.

ANNELIDA

- Oligochaeta spp.
- Polychaeta
  - Scolecida
    - Capitellidae
      - Capitella* spp.
      - Decamastus gracilis* Hartman, 1963
      - Dasybranchus lunulatus* Ehlers, 1887
      - Leiochrides* sp. 1
      - Leiocapitella* sp. A
      - Mediomastus californiensis* Hartman, 1944
      - Notomastus lineatus* Claparède, 1870
      - Notomastus daueri* Ewing, 1982
    - Orbiniidae
      - Naineris grubei* Grube, 1850
    - Paraonidae
      - Aricidea (Acmira) simplex* Day, 1963
      - Aricidea (Acmira) cf. lopezi* Berkeley 1956
    - Opheliidae
      - Armandia agilis* Malmgren, 1867
  - Palpata
    - Canalipalpata
      - Sabellida
        - Oweniidae
          - Owenia* sp. A
        - Sabellidae
          - Fabricinuda trilobata* Johnston, 1846
          - Megalomma bioculatum* (Ehlers, 1887)
          - Pseudopotamilla fitzhughi* Tovar Hernández y Salazar Vallejo, 2006
          - Potamilla torelli* Malmgren, 1865
          - Sabella melanostigma* Schmarda, 1861
        - Serpulidae
          - Potamoceros americanus* Johnston, 1865
          - Potamoceros* spp.
      - Spionida
        - Chaetopteridae
          - Phyllochaetopterus* spp.
        - Poecilochaetidae
          - Poecilochaetus johnsoni* Hartman, 1939
        - Spionidae
          - Dipolydora armata* Langerhans, 1880
          - Laonice cirrata* (Sars, 1951)
          - Polydora socialis* (Schmarda, 1861)
          - Spio pettiboneae* Foster, 1971
          - Dispio uncinata* Hartman, 1951
      - Terebellida

- Cirratulidae
  - Caulleriella cf. alata* Southern, 1914
  - Caulleriella alata* Southern, 1914
  - Caulleriella* sp. B
  - Caulleriella* spp.
  - Caulleriella zetlandica* McIntosh, 1911
  - Caulleriella cf. zetlandica* McIntosh, 1911
  - Chaetozone* sp. A
  - Chaetozone* sp. C
  - Chaetozone* spp.
  - Aphelochaeta* sp. 1
  - Aphelochaeta* spp.
  - Cirriformia* sp. B
- Terebellidae
  - Lanice* spp.
  - Pista quadrilobata* Augener, 1918
- Aciculata
  - Eunicida
    - Amphinomidae
      - Eurythoe complanata* Pallas, 1766
    - Dorvilleidae
      - Meiodorvillea* sp. A
    - Eunicidae
      - Nematonereis hebes* Verrill, 1900
    - Lumbrineridae
      - Lumbrineris cingulata* (Ehlers, 1897)
      - Lumbrineris coccinea* Renier, 1804
      - Lumbrineris inflata* Moore, 1911
      - Lumbrineris salazari* (Carrera Parra, 2001)
      - Scoletoma verrilli* (Perkins, 1979)
    - Oeononida
      - Arabella multidentata* (Ehlers, 1887)
      - Drilonereis spatula* (Treadwell, 1911)
  - Phyllodocida
    - Chaetopteridae
      - Phylochaetopterus* spp.
    - Glyceridae
      - Glycera brevicirris* Grube, 1870
    - Hesionidae
      - Podarkeopsis levifuscina* Perkins, 1984
    - Nereididae
      - Nereis grayi* Pettibone, 1956
      - Ceratonereis falsa* Quatrefages, 1805
      - Ceratonereis mirabilis* (Kinberg, 1866)
    - Phyllodocidae spp.
    - Sigalionidae
      - Fimbriosthenelais hobbsi* Pettibone, 1970
    - Syllidae
      - Exogone dispar* (Webster, 1879)
      - Syllis botosaneanui* (Hartmann-Schröder, 1973)
- CRUSTACEA
  - Eumalacostraca
    - Peracarida
      - Isopoda
        - Anthuridea

- Anthuridae
  - Amakusanthura signata* Menzies y Glynn, 1968
- Hyssuridae
  - Xenanthura brevitelson* Barnard, 1925
- Tanaidacea
  - Tanaidomorpha
  - Paratanaoidea
    - Leptocheliidae
      - Leptochelia dubia* (Kroyer, 1842)
    - Eucarida
    - Pleocyemata
- Anomura
  - Paguroidea
    - Diogenidae
      - Clibanarius antillensis* Stimpson, 1862
- Brachyura
  - Eubrachyura
    - Heterotremata
      - Leucosiidae
        - Speleophorus pontifer* (Stimpson, 1871)
      - Majoidea
        - Majidae
          - Pitho acuelata* (Gibbes, 1850)
        - Mithracidae
          - Mithrax (Mithraculus) ruber* (Stimpson, 1871)
      - Portunoidea
        - Portunidae
          - Callinectes sapidus* Rathbun, 1896
      - Xanthoidea
        - Panopeidae
          - Eurypanopeus abbreviatus* (Stimpson, 1860)
          - Panopeus bermudensis* Benedict y Rathbun, 1891
          - Panopeus occidentalis* Saussure, 1857
- MOLLUSCA
  - Bivalvia
    - Arcoida
      - Arcidae
        - Barbatia candida* (Chemnitz, 1700)
  - Gastropoda
    - Cephalaspidea
      - Bullidae
        - Bulla striata* Bruguière, 1792
  - Gastropoda
    - Neogastropoda
      - Columbellidae
        - Anachis* spp.
  - Gastropoda
    - Neogastropoda
      - Marginellidae
        - Marginella* spp.
- ECHINODERMATA
  - Ophiuroidea
    - Ophiurida
      - Ophiactidae
        - Ophiactis savigny* (Müller & Troschel, 1842)
  - Holoturoidea

Dendrochirotida  
  Sclerodactylidae  
    *Pseudothyone belli* (Ludwig, 1886)  
Aspirochidotida  
  Holothuriidae  
    *Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (Forskaal, 1775)

CHORDATA

  Cephalochordata  
    Branchiostomidae  
      *Branchiostoma lanceolatum* (Pallas, 1774)

**Tabla 1. Densidad de especies (ind. dm<sup>-3</sup>) en el arrecife Hornos.**

Género y especie	H1	H2	H3	H4	H5	PROMEDIO
<i>Fabricinuda trilobata</i>	0.00	0.00	0.15	60.81	1.94	<b>12.58</b>
<i>Mediomastus californiensis</i>	15.20	0.00	0.05	0.23	0.00	<b>3.10</b>
<i>Exogone dispar</i>	7.26	0.32	0.00	0.00	0.16	<b>1.55</b>
<i>Capitella</i> spp.	0.00	1.78	0.26	3.86	0.00	<b>1.18</b>
<i>Caulleriella zetlandica</i>	3.74	1.13	0.00	0.00	0.16	<b>1.01</b>
<i>Chaetozone</i> spp.	0.91	0.16	0.00	0.00	0.32	<b>0.28</b>
Capitellidae spp.	0.23	0.16	0.00	0.45	0.00	<b>0.17</b>
<i>Caulleriella</i> cf. <i>alata</i>	2.38	29.01	0.00	0.00	0.00	<b>2.28</b>
<i>Nereis grayi</i>	0.00	0.00	0.36	0.00	11.02	<b>6.28</b>
<i>Poecilochaetus johnsoni</i>	0.00	0.16	0.00	0.00	5.02	<b>1.72</b>
<i>Chaetozone</i> sp. A	1.93	2.27	0.00	0.00	0.00	<b>1.04</b>
<i>Syllis botosaneanui</i>	0.00	0.00	0.00	0.91	2.43	<b>0.94</b>
<i>Ophiactis savignyi</i>	2.27	0.00	0.00	0.23	0.00	<b>0.84</b>
<i>Eurythoe complanata</i>	0.00	0.00	0.00	0.45	0.81	<b>0.67</b>
<i>Armandia agilis</i>	0.00	0.97	0.00	0.00	0.16	<b>0.50</b>
Spionidae spp.	0.11	0.00	0.00	0.91	0.00	<b>0.42</b>
<i>Clibanarius antillensis</i>	0.45	0.49	0.00	0.00	0.00	<b>0.39</b>
<i>Lumbrineris cingulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.45	0.16	<b>0.39</b>
<i>Owenia</i> sp. A.	0.00	0.16	0.00	0.45	0.00	<b>0.36</b>
<i>Pista cuadrilobata</i>	0.00	0.32	0.00	0.23	0.00	<b>0.32</b>
<i>Megalomma bioculatum</i>	0.34	0.00	0.00	0.00	0.16	<b>0.32</b>
<i>Laonice cirrata</i>	0.23	0.00	0.00	0.00	0.16	<b>0.25</b>
<i>Scoletoma verrilli</i>	0.00	0.00	0.21	0.00	0.16	<b>0.23</b>
<i>Polydora socialis</i>	0.11	0.00	0.00	0.23	0.00	<b>0.23</b>
<i>Aricidea (Acmira) simplex</i>	0.11	0.00	0.00	0.23	0.00	<b>0.23</b>
<i>Leptochelia dubia</i>	0.11	0.00	0.00	0.23	0.00	<b>0.20</b>
<i>Oligochaeta</i> spp.	0.00	8.59	0.00	0.00	0.00	<b>0.19</b>
<i>Aricidea (Acmira) cf. lopezi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70	<b>0.18</b>
<i>Naineris grubei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	2.11	<b>0.16</b>
<i>Nematonereis hebes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.94	<b>0.16</b>
<i>Caulleriella</i> spp.	1.93	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.14</b>
<i>Xenanthura brevitelson</i>	0.00	0.00	0.00	1.82	0.00	<b>0.12</b>
Juveniles-Cirratulidae	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.12</b>
Zoanthidae sp.	0.00	0.00	0.00	1.59	0.00	<b>0.11</b>
<i>Cirriformia</i> sp. B	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.11</b>
Syllidae spp.	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.10</b>
<i>Lumbrineris salazari</i>	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.10</b>
<i>Barbatia candida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	<b>0.10</b>
<i>Caulleriella</i> sp. B	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.10</b>
<i>Pseudothyone belli</i>	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.09</b>
Cirratulidae spp.	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.09</b>
<i>Drilonereis spatula</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	<b>0.08</b>
<i>Dispio uncinata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	<b>0.07</b>
<i>Amakusanthura signata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	<b>0.07</b>
<i>Aphelochaeta</i> spp.	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.07</b>
<i>Glycera brevicirris</i>	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.07</b>
<i>Notomastus lineatus</i>	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.07</b>

<i>Pomatoceros americanus</i>	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	<b>0.06</b>
<i>Panopeus bermudensis</i>	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	<b>0.06</b>
<i>Bulla striata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	<b>0.06</b>
<i>Arabella multidentata</i>	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	<b>0.05</b>
<i>Chaetozone</i> sp. C	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.05</b>
<i>Spio pettiboneae</i>	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.05</b>
<i>Paraonidae</i> spp.	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	<b>0.05</b>
<i>Glyceridae</i> spp.	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.05</b>
<i>Fimbriosthenelais hobbsi</i>	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	<b>0.05</b>
<i>Callinectes sapidus</i>	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	<b>0.05</b>
<i>Eurypanopeus abbreviatus</i>	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.05</b>
<i>Speleophorus pontifer</i>	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	<b>0.05</b>
<i>Marginella</i> spp.	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	<b>0.05</b>
<i>Holothuria (Thymiosyca) impatiens</i>	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	<b>0.05</b>
<i>Meiodorvillea</i> sp. A.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	<b>0.03</b>
<i>Lumbrineris coccinea</i>	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	<b>0.03</b>
<i>Ceratonereis mirabilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	<b>0.03</b>
<i>Sabella melanostigma</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	<b>0.03</b>
<i>Panopeus occidentalis</i>	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	<b>0.03</b>
<i>Pitho acuelata</i>	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	<b>0.03</b>
<i>Anachis</i> spp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	<b>0.03</b>
<i>Lumbrineris inflata</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Ceratonereis falsa</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Pseudopotamilla fitzhughii</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Potamilla torelli</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Pomatoceros</i> spp.	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Caulleriella alata</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Caulleriella</i> cf. <i>zetlandica</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Aphelochaeta</i> sp. 1	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Decamastus gracilis</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Dasybranchus lunulatus</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Leiochrides</i> sp. 1	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Leiocapitella</i> sp. A	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Notomastus daueri</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Lanice</i> spp.	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Dipolydora armata</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Phyllocididae</i> spp.	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Phyllochaetopterus</i> spp.	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Podarkeopsis levifuscina</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Hesionidae</i> spp.	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Mithrax (Mithraculus) ruber</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	<b>0.01</b>
<b>SUMA</b>	<b>48.56</b>	<b>46.68</b>	<b>1.08</b>	<b>74.65</b>	<b>34.68</b>	<b>41.13</b>

**Tabla 2. Biomasa de especies (gr phf dm<sup>-3</sup>) en el arrecife Hornos.**

<b>Género y especie</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>	<b>H4</b>	<b>H5</b>	<b>PROMEDIO</b>
<i>Capitella</i> spp.	0.000	0.006	0.001	0.014	0.000	<b>0.004</b>
<i>Clibanarius antillensis</i>	0.001	0.486	0.000	0.000	0.000	<b>0.097</b>
<i>Leptochelia dubia</i>	0.001	0.000	0.000	0.227	0.000	<b>0.046</b>
Capitellidae spp.	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	<b>0.001</b>
<i>Fabricinuda trilobata</i>	0.000	0.000	0.000	0.009	0.001	<b>0.002</b>
<i>Chaetozone</i> spp.	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Exogone dispar</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Lumbrineris cingulata</i>	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	<b>0.000</b>
<i>Scoletoma verrilli</i>	0.000	0.000	0.002	0.000	0.003	<b>0.001</b>
<i>Nereis grayi</i>	0.000	0.000	0.001	0.000	0.008	<b>0.002</b>
<i>Owenia</i> sp. A.	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	<b>0.000</b>
<i>Caulleriella</i> cf. <i>alata</i>	0.001	0.011	0.000	0.000	0.000	<b>0.002</b>
<i>Chaetozone</i> sp. A	0.001	0.016	0.000	0.000	0.000	<b>0.003</b>
<i>Pista cuadrilobata</i>	0.000	0.003	0.000	0.005	0.000	<b>0.002</b>
<i>Polydora socialis</i>	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	<b>0.000</b>
<i>Laonice cirrata</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
Spionidae spp.	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	<b>0.000</b>
<i>Aricidea (Acmira) simplex</i>	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	<b>0.000</b>
<i>Armandia agilis</i>	0.000	0.010	0.000	0.000	0.002	<b>0.002</b>
<i>Poecilochaetus johnsoni</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	<b>0.003</b>
<i>Eurythoe complanata</i>	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	<b>0.001</b>
<i>Syllis botosaneanui</i>	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	<b>0.000</b>
<i>Ophiactis savignyi</i>	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	<b>0.001</b>
Zoanthidae sp.	0.000	0.000	0.000	0.624	0.000	<b>0.125</b>
<i>Barbatia candida</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	<b>0.019</b>
<i>Marginella</i> spp.	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	<b>0.004</b>
<i>Holothuria (Thymiosyca) impatiens</i>	0.000	0.000	0.000	0.177	0.000	<b>0.035</b>
<i>Meiodorvillea</i> sp. A.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	<b>0.000</b>
<i>Nematonereis hebes</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	<b>0.000</b>
<i>Lumbrineris coccinea</i>	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Lumbrineris salazari</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Lumbrineris inflata</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Ceratonereis mirabilis</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	<b>0.000</b>
<i>Ceratonereis falsa</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Arabella multidentata</i>	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	<b>0.000</b>
<i>Drilonereis spatula</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	<b>0.000</b>
<i>Naineris grubei</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	<b>0.000</b>
<i>Sabella melanostigma</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	<b>0.000</b>
<i>Megalomma bioculatum</i>	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Pseudopotamilla fitzhughii</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Potamilla torelli</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Pomatoceros americanus</i>	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Pomatoceros</i> spp.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Caulleriella alata</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Caulleriella</i> sp. B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Caulleriella</i> spp.	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Caulleriella zetlandica</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>

<i>Caulleriella cf. zetlandica</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Chaetozone sp. C</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Aphelochaeta sp. 1</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Aphelochaeta spp.</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Cirriiformia sp. B</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
Cirratulidae spp.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
Cirratulidae juveniles	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Decamastus gracilis</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Dasybranchus lunulatus</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Leiochrides sp. 1</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Leiocapitella sp. A</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Mediomastus californiensis</i>	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.001</b>
<i>Notomastus lineatus</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Notomastus daueri</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Lanice spp.</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Dispia uncinata</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	<b>0.000</b>
<i>Dipolydora armata</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Spio pettiboneae</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
Phyllococidae spp.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Phyllochaetopterus spp.</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Aricidea (Acmira) cf. lopezi</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	<b>0.000</b>
Paraonidae spp.	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	<b>0.000</b>
<i>Glycera brevicirris</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
Glyceridae spp.	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.001</b>
<i>Fimbriosthenelais hobbsi</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Podarkeopsis levifuscina</i>	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
Hesionidae spp.	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
Syllidae spp.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Callinectes sapidus</i>	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	<b>0.001</b>
<i>Eurypanopeus abbreviatus</i>	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.001</b>
<i>Panopeus bermudensis</i>	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	<b>0.001</b>
<i>Panopeus occidentalis</i>	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<i>Mithrax (Mithraculus) ruber</i>	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.001</b>
<i>Pitho acuelata</i>	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	<b>0.001</b>
<i>Speleophorus pontifer</i>	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	<b>0.001</b>
<i>Amakusanthura signata</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	<b>0.001</b>
<i>Xenanthura brevitelson</i>	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	<b>0.001</b>
<i>Bulla striata</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	<b>0.003</b>
<i>Anachis spp.</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	<b>0.000</b>
<i>Pseudothyone belli</i>	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.001</b>
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	<b>0.000</b>
Oligochaeta spp.	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
<b>SUMA</b>	<b>0.053</b>	<b>0.552</b>	<b>0.004</b>	<b>1.110</b>	<b>0.160</b>	<b>0.376</b>



**Tabla 3. Porcentajes de Similitud – Contribución de la densidad de las especies (Transformación Raíz Cuadrada, nivel de corte de bajas contribuciones 90%).**

Promedio de Similitud (PS) del Grupo B: 21.88%

Especies	Abu.Prom.	Pr.Si	Sim/DE	Contrib%	Cum.%
<i>Caulleriella cf. alata</i>	15.70	5.59	#####	25.53	25.53
<i>Chaetozone sp. A</i>	2.10	5.03	#####	22.97	48.50
<i>Caulleriella zetlandica</i>	2.44	3.86	#####	17.62	66.12
<i>Clibanarius antillensis</i>	0.47	2.44	#####	11.14	77.26
<i>Exogone dispar</i>	3.79	2.06	#####	9.42	86.68
<i>Chaetozone spp.</i>	0.53	1.46	#####	6.66	93.34

Promedio de Similitud (PS) del Grupo A: 11.55%

Especies	Abu.Prom.	Pr.Si	Sim/DE	Contrib%	Cum.%
<i>Fabricinuda trilobata</i>	20.97	4.07	2.39	35.25	35.25
<i>Nereis grayi</i>	3.79	1.58	0.58	13.65	48.90
<i>Syllis botosaneanui</i>	1.11	1.38	0.58	11.91	60.81
<i>Capitella spp.</i>	1.37	1.32	0.58	11.46	72.27
<i>Scoletoma verrilli</i>	0.12	1.06	0.58	9.15	81.42
<i>Eurythoe complanata</i>	0.42	0.97	0.58	8.42	89.84
<i>Mediomastus californiensis</i>	0.09	0.59	0.58	5.12	94.97

Coefficiente del Promedio de disimilitud (CPD): 92.56%

Grupos A y Grupo B

Especies	Abu.Prom.	Abu.Prom.	Pr.Disi.	Dis/DE	Contrib%	Cum.%
<i>Caulleriella cf. alata</i>	15.70	0.00	9.99	1.13	10.79	10.79
<i>Fabricinuda trilobata</i>	0.00	20.97	6.69	0.92	7.23	18.02
<i>Oligochaeta spp.</i>	4.30	0.00	4.60	0.82	4.97	23.00
<i>Mediomastus californiensis</i>	7.60	0.09	4.01	1.05	4.33	27.32
<i>Chaetozone sp. A</i>	2.10	0.00	3.74	2.17	4.05	31.37
<i>Caulleriella zetlandica</i>	2.44	0.05	3.32	2.37	3.59	34.96
<i>Exogone dispar</i>	3.79	0.05	3.30	1.39	3.56	38.52
<i>Nereis grayi</i>	0.00	3.79	2.98	0.93	3.22	41.74
<i>Capitella spp.</i>	0.89	1.37	2.19	1.47	2.37	44.10
<i>Poecilochaetus johnsoni</i>	0.08	1.67	1.83	0.97	1.98	46.09
<i>Clibanarius antillensis</i>	0.47	0.00	1.76	2.26	1.91	47.99
<i>Syllis botosaneanui</i>	0.00	1.11	1.70	1.15	1.84	49.83
<i>Ophiactis savignyi</i>	1.13	0.08	1.55	1.02	1.67	51.50
<i>Armandia agilis</i>	0.49	0.05	1.50	0.85	1.62	53.13
<i>Aricidea (Acmira) cf. lopezi</i>	0.00	1.57	1.47	0.63	1.59	54.72
<i>Caulleriella spp.</i>	0.96	0.00	1.38	0.87	1.49	56.21
<i>Chaetozone spp.</i>	0.53	0.11	1.32	1.67	1.43	57.64
<i>Juveniles-Cirratulidae</i>	0.79	0.00	1.25	0.87	1.35	58.99
<i>Eurythoe complanata</i>	0.00	0.42	1.07	1.20	1.15	60.14
<i>Cirriformia sp. B</i>	0.57	0.00	1.06	0.87	1.14	61.28
<i>Syllidae spp.</i>	0.57	0.00	1.06	0.87	1.14	62.42
<i>Naineris grubei</i>	0.00	0.70	0.98	0.63	1.06	63.49
<i>Capitellidae spp.</i>	0.19	0.15	0.98	1.82	1.05	64.54
<i>Lumbrineris salazari</i>	0.45	0.00	0.95	0.87	1.02	65.56
<i>Nematonereis hebes</i>	0.00	0.65	0.95	0.63	1.02	66.59
<i>Xenanthura brevitelson</i>	0.00	0.61	0.91	0.63	0.98	67.57
<i>Pomatoceros americanus</i>	0.16	0.00	0.89	0.82	0.97	68.54
<i>Panopeus bermudensis</i>	0.16	0.00	0.89	0.82	0.97	69.50
<i>Caulleriella sp. B</i>	0.40	0.00	0.88	0.87	0.96	70.46
<i>Zoanthidea spp.</i>	0.00	0.53	0.85	0.63	0.92	71.38
<i>Pista cuadrilobata</i>	0.16	0.08	0.84	0.81	0.91	72.28
<i>Scoletoma verrilli</i>	0.00	0.12	0.82	1.03	0.89	73.17
<i>Pseudothyone belli</i>	0.34	0.00	0.82	0.87	0.89	74.06
<i>Spionidae spp.</i>	0.06	0.30	0.79	0.94	0.85	74.91
<i>Owenia sp A..</i>	0.08	0.15	0.77	1.07	0.83	75.74
<i>Cirratulidae spp.</i>	0.28	0.00	0.75	0.87	0.81	76.55
<i>Lumbrineris cingulata</i>	0.00	0.21	0.73	1.14	0.79	77.34
<i>Glycera brevicirris</i>	0.23	0.00	0.67	0.87	0.72	78.06
<i>Aphelochaeta spp.</i>	0.23	0.00	0.67	0.87	0.72	78.78
<i>Lumbrineris coccinea</i>	0.08	0.00	0.63	0.82	0.68	79.46
<i>Panopeus occidentalis</i>	0.08	0.00	0.63	0.82	0.68	80.15
<i>Pitho acuelata</i>	0.08	0.00	0.63	0.82	0.68	80.83
<i>Megalomma bioculatum</i>	0.17	0.05	0.63	1.01	0.68	81.51
<i>Barbatia candida</i>	0.00	0.27	0.61	0.63	0.66	82.17
<i>Notomastus lineatus</i>	0.17	0.00	0.58	0.87	0.63	82.79
<i>Laonice cirrata</i>	0.11	0.05	0.52	0.96	0.56	83.35
<i>Eurypanopeus abbreviatus</i>	0.11	0.00	0.47	0.87	0.51	83.86
<i>Chaetozone sp. C</i>	0.11	0.00	0.47	0.87	0.51	84.38
<i>Spio pettiboneae</i>	0.11	0.00	0.47	0.87	0.51	84.89
<i>Glyceridae spp.</i>	0.11	0.00	0.47	0.87	0.51	85.40
<i>Drilonereis spatula</i>	0.00	0.16	0.47	0.63	0.51	85.91
<i>Dispio uncinata</i>	0.00	0.16	0.47	0.63	0.51	86.42
<i>Amakusanthura signata</i>	0.00	0.16	0.47	0.63	0.51	86.93
<i>Polydora socialis</i>	0.06	0.08	0.47	1.00	0.50	87.44
<i>Aricidea (Acmira) simplex</i>	0.06	0.08	0.47	1.00	0.50	87.94
<i>Leptocheilia dubia</i>	0.06	0.08	0.47	1.00	0.50	88.45
<i>Bulla striata</i>	0.00	0.11	0.39	0.63	0.42	88.86
<i>Lelochrides sp. 1</i>	0.06	0.00	0.33	0.87	0.36	89.22
<i>Leiocapitella sp. A</i>	0.06	0.00	0.33	0.87	0.36	89.59
<i>Notomastus daueri</i>	0.06	0.00	0.33	0.87	0.36	89.95
<i>Lanice spp.</i>	0.06	0.00	0.33	0.87	0.36	90.31

**Tabla 4. Porcentajes de Similitud – Contribución de la biomasa de las especies (Transformación Raíz Cuadrada, nivel de corte de bajas contribuciones 90%).**

Promedio de Similitud (PS) del Grupo A: 8.71%

Especies	Abu.Prom.	Pr.Si	Sim/DE	Contrib%	Cum.%
Capitella spp.	0.01	1.24	0.58	14.28	14.28
Pista cuadrilobata	0.00	0.88	0.58	10.09	24.37
Chaetozone sp. A	0.01	0.76	0.58	8.75	33.12
Clibanarius antillensis	0.16	0.76	0.58	8.75	41.88
Caulerliella cf. alata	0.00	0.76	0.58	8.75	50.63
Ophiactis savignyi	0.00	0.76	0.58	8.74	59.38
Capitellidae spp.	0.00	0.73	5.28	8.33	67.71
Leptocheilia dubia	0.08	0.54	0.58	6.18	73.89
Owenia sp A..	0.00	0.44	0.58	5.05	78.94
Aricidea (Acmira) simplex	0.00	0.42	0.58	4.79	83.73
Exogone dispar	0.00	0.41	0.58	4.68	88.41
Polydora socialis	0.00	0.38	0.58	4.37	92.78

Promedio de Similitud (PS) del Grupo B: 11.26%

Especies	Abu.Prom.	Pr.Si	Sim/DE	Contrib%	Cum.%
Scoletoma verrilli	0.00	6.35	#####	56.37	56.37
Nereis grayi	0.00	3.18	#####	28.19	84.56
Fabricinuda trilobata	0.00	1.74	#####	15.44	100.00

Coficiente del Promedio de disimilitud (CPD): 96.65%

Grupos A y Grupo B

Especies	Abu.Prom.	Abu.Prom.	Pr.Disi.	Dis/DE	Contrib%	Cum.%
Clibanarius antillensis	0.16	0.00	11.60	0.66	12.00	12.00
Zoanthidae sp.	0.21	0.00	7.77	0.63	8.04	20.04
Leptocheilia dubia	0.08	0.00	5.26	0.75	5.45	25.49
Barbatia candida	0.00	0.05	4.98	0.89	5.15	30.64
Holothuria (Thymiosyca) impatiens	0.06	0.00	4.14	0.63	4.28	34.92
Chaetozone sp. A	0.01	0.00	2.59	0.87	2.68	37.60
Capitella spp.	0.01	0.00	2.31	1.75	2.39	40.00
Caulerliella cf. alata	0.00	0.00	2.26	0.92	2.34	42.33
Scoletoma verrilli	0.00	0.00	2.13	3.42	2.20	44.53
Poecilochaetus johnsoni	0.00	0.01	2.10	1.00	2.17	46.71
Nereis grayi	0.00	0.00	2.05	2.00	2.13	48.83
Bulla striata	0.00	0.01	1.83	0.89	1.90	50.73
Armandia agilis	0.00	0.00	1.74	0.79	1.80	52.53
Pista cuadrilobata	0.00	0.00	1.56	1.16	1.62	54.14
Mithrax (Mithraculus) ruber	0.00	0.00	1.43	0.61	1.48	55.63
Marginella spp.	0.01	0.00	1.41	0.63	1.46	57.08
Fabricinuda trilobata	0.00	0.00	1.35	1.68	1.40	58.48
Amakusanthura signata	0.00	0.00	1.30	0.89	1.34	59.82
Ophiactis savignyi	0.00	0.00	1.28	1.08	1.33	61.15
Pitho acuelata	0.00	0.00	1.27	0.61	1.32	62.47
Panopeus bermudensis	0.00	0.00	1.16	0.61	1.20	63.66
Pseudothyone belli	0.00	0.00	1.15	0.61	1.19	64.85
Glyceridae spp.	0.00	0.00	1.15	0.61	1.19	66.05
Mediomastus californiensis	0.00	0.00	1.15	0.61	1.19	67.24
Capitellidae spp.	0.00	0.00	0.93	2.10	0.96	68.20
Eurypanopeus abbreviatus	0.00	0.00	0.91	0.61	0.94	69.14
Owenia sp A..	0.00	0.00	0.84	1.19	0.87	70.01
Megalomma bioculatum	0.00	0.00	0.81	0.61	0.84	70.85
Xenanthura brevitelson	0.00	0.00	0.81	0.63	0.84	71.69
Callinectes sapidus	0.00	0.00	0.81	0.63	0.84	72.53
Aricidea (Acmira) simplex	0.00	0.00	0.78	1.15	0.80	73.34
Exogone dispar	0.00	0.00	0.76	0.93	0.79	74.12
Spionidae spp.	0.00	0.00	0.76	1.20	0.78	74.91
Polydora socialis	0.00	0.00	0.74	1.17	0.76	75.67
Panopeus occidentalis	0.00	0.00	0.70	0.61	0.72	76.39
Eurythoe complanata	0.00	0.00	0.69	0.93	0.72	77.11
Speleophorus pontifer	0.00	0.00	0.66	0.63	0.69	77.80
Anachis spp.	0.00	0.00	0.65	0.89	0.67	78.47
Aricidea (Acmira) cf. lopezi	0.00	0.00	0.65	0.89	0.67	79.14
Drilonereis spatula	0.00	0.00	0.65	0.89	0.67	79.81
Naineris grubei	0.00	0.00	0.65	0.89	0.67	80.48
Nematonereis hebes	0.00	0.00	0.65	0.89	0.67	81.15
Oligochaeta spp.	0.00	0.00	0.64	0.61	0.66	81.81
Branchiostoma lanceolatum	0.00	0.00	0.61	0.86	0.63	82.43
Podarkeopsis levifuscina	0.00	0.00	0.58	0.61	0.60	83.03
Hesionidae spp.	0.00	0.00	0.58	0.61	0.60	83.63
Lanice spp.	0.00	0.00	0.58	0.61	0.60	84.22
Lumbrineris salazari	0.00	0.00	0.58	0.61	0.60	84.82
Ceratonereis falsa	0.00	0.00	0.58	0.61	0.60	85.41
Chaetozone spp.	0.00	0.00	0.57	0.92	0.59	86.00
Lumbrineris cingulata	0.00	0.00	0.56	0.98	0.58	86.57
Glycera brevicirris	0.00	0.00	0.55	0.61	0.57	87.14
Ceratonereis mirabilis	0.00	0.00	0.54	0.89	0.56	87.70
Cirriiformia sp. B	0.00	0.00	0.51	0.61	0.53	88.23
Laonice cirrata	0.00	0.00	0.49	0.80	0.51	88.74
Phyllochaetopterus spp.	0.00	0.00	0.48	0.61	0.50	89.24
Arabella multidentata	0.00	0.00	0.47	0.63	0.49	89.72
Dispio uncinata	0.00	0.00	0.46	0.89	0.47	90.20

**Tabla 5. Coeficiente de correlación de Pearson entre el porcentaje de frecuencia y la densidad.**

	Media	Desv. Est.	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N
Densidad (log+1)	0.27279	0.33943					
Frecuencia%	27.41573	12.57054	0.610909	0.373210	7.197391	0.000000	89

**Tabla 6. Coeficiente de correlación de Pearson entre el porcentaje de frecuencia y la biomasa.**

	Media	Desv. Est.	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N
Biomasa (log+1)	0.00784	0.03083					
Frecuencia%	26.29213	11.51896	0.074093	0.005490	0.692997	0.490157	89

**Tabla 7. Prueba de “t” de Student para datos de densidad entre las estaciones**

	Media	Media	valor-t	gl	p	N	N	Desv. Est.	Desv. Est.	Rango de F	p
H1 vs. H1	0.545599	0.545599	0.00000	176	1.000000	89	89	1.844112	1.844112	1.00	1.000000
H1 vs. H2	0.545599	0.524474	0.05393	176	0.957052	89	89	1.844112	3.202259	3.02	0.000000
H1 vs. H3	0.545599	0.012168	2.72772	176	0.007024	89	89	1.844112	0.053876	1171.63	0.000000
H1 vs. H4	0.545599	0.838794	-0.41241	176	0.680541	89	89	1.844112	6.448427	12.23	0.000000
H1 vs. H5	0.545599	0.389713	0.63299	176	0.527560	89	89	1.844112	1.413107	1.70	0.013296
H2 vs. H1	0.524474	0.545599	-0.05393	176	0.957052	89	89	3.202259	1.844112	3.02	0.000000
H2 vs. H2	0.524474	0.524474	0.00000	176	1.000000	89	89	3.202259	3.202259	1.00	1.000000
H2 vs. H3	0.524474	0.012168	1.50906	176	0.133077	89	89	3.202259	0.053876	3532.87	0.000000
H2 vs. H4	0.524474	0.838794	-0.41186	176	0.680944	89	89	3.202259	6.448427	4.06	0.000000
H2 vs. H5	0.524474	0.389713	0.36322	176	0.716878	89	89	3.202259	1.413107	5.14	0.000000
H3 vs. H1	0.012168	0.545599	-2.72772	176	0.007024	89	89	0.053876	1.844112	1171.63	0.000000
H3 vs. H2	0.012168	0.524474	-1.50906	176	0.133077	89	89	0.053876	3.202259	3532.87	0.000000
H3 vs. H3	0.012168	0.012168	0.00000	176	1.000000	89	89	0.053876	0.053876	1.00	1.000000
H3 vs. H4	0.012168	0.838794	-1.20930	176	0.228168	89	89	0.053876	6.448427	14325.91	0.000000
H3 vs. H5	0.012168	0.389713	-2.51868	176	0.012671	89	89	0.053876	1.413107	687.96	0.000000
H4 vs. H1	0.838794	0.545599	0.41241	176	0.680541	89	89	6.448427	1.844112	12.23	0.000000
H4 vs. H2	0.838794	0.524474	0.41186	176	0.680944	89	89	6.448427	3.202259	4.06	0.000000
H4 vs. H3	0.838794	0.012168	1.20930	176	0.228168	89	89	6.448427	0.053876	14325.91	0.000000
H4 vs. H4	0.838794	0.838794	0.00000	176	1.000000	89	89	6.448427	6.448427	1.00	1.000000
H4 vs. H5	0.838794	0.389713	0.64177	176	0.521856	89	89	6.448427	1.413107	20.82	0.000000
H5 vs. H1	0.389713	0.545599	-0.63299	176	0.527560	89	89	1.413107	1.844112	1.70	0.013296
H5 vs. H2	0.389713	0.524474	-0.36322	176	0.716878	89	89	1.413107	3.202259	5.14	0.000000
H5 vs. H3	0.389713	0.012168	2.51868	176	0.012671	89	89	1.413107	0.053876	687.96	0.000000
H5 vs. H4	0.389713	0.838794	-0.64177	176	0.521856	89	89	1.413107	6.448427	20.82	0.000000
H5 vs. H5	0.389713	0.389713	0.00000	176	1.000000	89	89	1.413107	1.413107	1.00	1.000000

**Tabla 8. Prueba de “t” de Student para datos de biomasa entre las estaciones**

	Media	Media	valor-t	gl	p	N	N	Desv. Est.	Desv. Est.	Rango de F	p
H1 vs. H1	0.000590	0.000590	0.00000	176	1.000000	89	89	0.001161	0.001161	1.00	1.000000
H1 vs. H2	0.000590	0.006201	-1.02703	176	0.305815	89	89	0.001161	0.051524	1969.27	0.000000
H1 vs. H3	0.000590	0.000042	4.36246	176	0.000022	89	89	0.001161	0.000236	24.12	0.000000
H1 vs. H4	0.000590	0.012475	-1.55194	176	0.122474	89	89	0.001161	0.072235	3870.66	0.000000
H1 vs. H5	0.000590	0.001801	-1.09676	176	0.274245	89	89	0.001161	0.010350	79.47	0.000000
H2 vs. H1	0.006201	0.000590	1.02703	176	0.305815	89	89	0.051524	0.001161	1969.27	0.000000
H2 vs. H2	0.006201	0.006201	0.00000	176	1.000000	89	89	0.051524	0.051524	1.00	1.000000
H2 vs. H3	0.006201	0.000042	1.12760	176	0.261023	89	89	0.051524	0.000236	47505.47	0.000000
H2 vs. H4	0.006201	0.012475	-0.66708	176	0.505593	89	89	0.051524	0.072235	1.97	0.001740
H2 vs. H5	0.006201	0.001801	0.78981	176	0.430702	89	89	0.051524	0.010350	24.78	0.000000
H3 vs. H1	0.000042	0.000590	-4.36246	176	0.000022	89	89	0.000236	0.001161	24.12	0.000000
H3 vs. H2	0.000042	0.006201	-1.12760	176	0.261023	89	89	0.000236	0.051524	47505.47	0.000000
H3 vs. H3	0.000042	0.000042	0.00000	176	1.000000	89	89	0.000236	0.000236	1.00	1.000000
H3 vs. H4	0.000042	0.012475	-1.62369	176	0.106232	89	89	0.000236	0.072235	93373.44	0.000000
H3 vs. H5	0.000042	0.001801	-1.60262	176	0.110811	89	89	0.000236	0.010350	1917.06	0.000000
H4 vs. H1	0.012475	0.000590	1.55194	176	0.122474	89	89	0.072235	0.001161	3870.66	0.000000
H4 vs. H2	0.012475	0.006201	0.66708	176	0.505593	89	89	0.072235	0.051524	1.97	0.001740
H4 vs. H3	0.012475	0.000042	1.62369	176	0.106232	89	89	0.072235	0.000236	93373.44	0.000000
H4 vs. H4	0.012475	0.012475	0.00000	176	1.000000	89	89	0.072235	0.072235	1.00	1.000000
H4 vs. H5	0.012475	0.001801	1.37991	176	0.169366	89	89	0.072235	0.010350	48.71	0.000000
H5 vs. H1	0.001801	0.000590	1.09676	176	0.274245	89	89	0.010350	0.001161	79.47	0.000000
H5 vs. H2	0.001801	0.006201	-0.78981	176	0.430702	89	89	0.010350	0.051524	24.78	0.000000
H5 vs. H3	0.001801	0.000042	1.60262	176	0.110811	89	89	0.010350	0.000236	1917.06	0.000000
H5 vs. H4	0.001801	0.012475	-1.37991	176	0.169366	89	89	0.010350	0.072235	48.71	0.000000
H5 vs. H5	0.001801	0.001801	0.00000	176	1.000000	89	89	0.010350	0.010350	1.00	1.000000

Tabla 9. Coeficiente de correlación de Pearson entre la densidad y las variables ambientales.

	Media	Desv. Est.	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N
H1	5.24157	6.33435					
Amonio	2.85800	0.93569	0.220715	0.048715	0.39196	0.721275	5
H1	5.24157	6.33435					
Nitritos	0.12000	0.01732	0.953945	0.910011	5.50795	0.011782	5
H1	5.24157	6.33435					
Nitratos	1.23200	0.87930	-0.401187	0.160951	-0.75860	0.503246	5
H1	5.24157	6.33435					
Fosfatos	0.81800	0.24773	-0.235663	0.055537	-0.42001	0.702746	5
H1	5.24157	6.33435					
Silicatos	5.01400	0.73748	0.573382	0.328766	1.21218	0.312201	5
H1	5.24157	6.33435					
Oxígeno disuelto	7.09000	0.00000					
H1	5.24157	6.33435					
Temperatura	26.91000	0.00000					
H1	5.24157	6.33435					
Tamaño de grano	1.57400	1.24416	0.209807	0.044019	0.37167	0.734838	5
H1	5.24157	6.33435					
Salinidad	35.20000	0.00000					
H1	5.24157	6.33435					
Profundidad	1.74000	0.25100	0.434575	0.188855	0.83575	0.464628	5
H2	0.64831	0.78570					
Amonio	2.85800	0.93569	-0.076610	0.005869	-0.13308	0.902552	5
H2	0.64831	0.78570					
Nitritos	0.12000	0.01732	-0.535942	0.287234	-1.09952	0.351861	5
H2	0.64831	0.78570					
Nitratos	1.23200	0.87930	-0.514361	0.264567	-1.03886	0.375244	5
H2	0.64831	0.78570					
Fosfatos	0.81800	0.24773	-0.181112	0.032802	-0.31897	0.770668	5
H2	0.64831	0.78570					
Silicatos	5.01400	0.73748	-0.592994	0.351642	-1.27557	0.291916	5
H2	0.64831	0.78570					
Oxígeno disuelto	7.09000	0.00000					
H2	0.64831	0.78570					
Temperatura	26.91000	0.00000					
H2	0.64831	0.78570					
Tamaño de grano	1.57400	1.24416	-0.615955	0.379401	-1.35427	0.268628	5
H2	0.64831	0.78570					
Salinidad	35.20000	0.00000					
H2	0.64831	0.78570					
Profundidad	1.74000	0.25100	-0.904042	0.817291	-3.66328	0.035165	5
H3	0.09283	0.11180					
Amonio	2.85800	0.93569	0.649238	0.421510	1.47848	0.235813	5
H3	0.09283	0.11180					
Nitritos	0.12000	0.01732	-0.332890	0.110816	-0.61146	0.584115	5
H3	0.09283	0.11180					
Nitratos	1.23200	0.87930	0.254685	0.064864	0.45617	0.679266	5
H3	0.09283	0.11180					
Fosfatos	0.81800	0.24773	0.790407	0.624743	2.23484	0.111494	5
H3	0.09283	0.11180					
Silicatos	5.01400	0.73748	0.182009	0.033127	0.32060	0.769545	5
H3	0.09283	0.11180					
Oxígeno disuelto	7.09000	0.00000					
H3	0.09283	0.11180					
Temperatura	26.91000	0.00000					
H3	0.09283	0.11180					
Tamaño de grano	1.57400	1.24416	0.378531	0.143286	0.70834	0.529810	5
H3	0.09283	0.11180					
Salinidad	35.20000	0.00000					
H3	0.09283	0.11180					
Profundidad	1.74000	0.25100	-0.073509	0.005404	-0.12767	0.906490	5
H4	12.97913	26.78925					
Amonio	2.85800	0.93569	0.095144	0.009052	0.16554	0.879043	5
H4	12.97913	26.78925					
Nitritos	0.12000	0.01732	-0.344760	0.118860	-0.63614	0.569895	5
H4	12.97913	26.78925					
Nitratos	1.23200	0.87930	0.991111	0.982302	12.90375	0.001005	5
H4	12.97913	26.78925					
Fosfatos	0.81800	0.24773	0.625625	0.391407	1.38903	0.258976	5
H4	12.97913	26.78925					

Silicatos	5.01400	0.73748	0.222916	0.049691	0.39607	0.718543	5
H4	12.97913	26.78925					
Oxígeno disuelto	7.09000	0.00000					
H4	12.97913	26.78925					
Temperatura	26.91000	0.00000					
H4	12.97913	26.78925					
Tamaño de grano	1.57400	1.24416	0.609453	0.371434	1.33145	0.275171	5
H4	12.97913	26.78925					
Salinidad	35.20000	0.00000					
H4	12.97913	26.78925					
Profundidad	1.74000	0.25100	0.555623	0.308717	1.15748	0.330864	5
H5	0.45382	0.83749					
Amonio	2.85800	0.93569	-0.030611	0.000937	-0.05304	0.961031	5
H5	0.45382	0.83749					
Nitritos	0.12000	0.01732	-0.363134	0.131866	-0.67505	0.548016	5
H5	0.45382	0.83749					
Nitratos	1.23200	0.87930	0.992731	0.985515	14.28660	0.000743	5
H5	0.45382	0.83749					
Fosfatos	0.81800	0.24773	0.519112	0.269478	1.05197	0.370065	5
H5	0.45382	0.83749					
Silicatos	5.01400	0.73748	0.152465	0.023245	0.26720	0.806631	5
H5	0.45382	0.83749					
Oxígeno disuelto	7.09000	0.00000					
H5	0.45382	0.83749					
Temperatura	26.91000	0.00000					
H5	0.45382	0.83749					
Tamaño de grano	1.57400	1.24416	0.539135	0.290666	1.10875	0.348433	5
H5	0.45382	0.83749					
Salinidad	35.20000	0.00000					
H5	0.45382	0.83749					
Profundidad	1.74000	0.25100	0.547435	0.299685	1.13304	0.339561	5

Tabla 10. Coeficiente de correlación de Pearson entre la densidad y las variables ambientales.

	Media	Desv. Est.	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N
H1	0.00050	0.000587					
Amonio	2.85800	0.935692	0.302645	0.091594	0.54999	0.620626	5
H1	0.00050	0.000587					
Nitritos	0.12000	0.017321	0.780675	0.609453	2.16368	0.119162	5
H1	0.00050	0.000587					
Nitratos	1.23200	0.879301	-0.446175	0.199072	-0.86351	0.451368	5
H1	0.00050	0.000587					
Fosfatos	0.81800	0.247730	-0.081094	0.006576	-0.14092	0.896861	5
H1	0.00050	0.000587					
Silicatos	5.01400	0.737482	0.444753	0.197805	0.86008	0.452989	5
H1	0.00050	0.000587					
Oxígeno disuelto	7.09000	0.000000					
H1	0.00050	0.000587					
Temperatura	26.91000	0.000000					
H1	0.00050	0.000587					
Tamaño de grano	1.57400	1.244158	0.154172	0.023769	0.27027	0.804482	5
H1	0.00050	0.000587					
Salinidad	35.20000	0.000000					
H1	0.00050	0.000587					
Profundidad	1.74000	0.250998	0.330926	0.109512	0.60740	0.586474	5
H2	0.09858	0.216724					
Amonio	2.85800	0.935692	0.541668	0.293405	1.11611	0.345719	5
H2	0.09858	0.216724					
Nitritos	0.12000	0.017321	0.967059	0.935204	6.58021	0.007141	5
H2	0.09858	0.216724					
Nitratos	1.23200	0.879301	-0.179408	0.032187	-0.31587	0.772802	5
H2	0.09858	0.216724					
Fosfatos	0.81800	0.247730	0.125773	0.015819	0.21959	0.840284	5
H2	0.09858	0.216724					
Silicatos	5.01400	0.737482	0.836516	0.699758	2.64423	0.077375	5
H2	0.09858	0.216724					
Oxígeno disuelto	7.09000	0.000000					
H2	0.09858	0.216724					
Temperatura	26.91000	0.000000					
H2	0.09858	0.216724					
Tamaño de grano	1.57400	1.244158	0.533709	0.284845	1.09311	0.354263	5
H2	0.09858	0.216724					

Salinidad	35.20000	0.000000					
H2	0.09858	0.216724					
Profundidad	1.74000	0.250998	0.588571	0.346416	1.26098	0.296460	5
H3	0.00013	0.000224					
Amonio	2.85800	0.935692	-0.184493	0.034038	-0.32513	0.766436	5
H3	0.00013	0.000224					
Nitritos	0.12000	0.017321	-0.432757	0.187278	-0.83145	0.466714	5
H3	0.00013	0.000224					
Nitratos	1.23200	0.879301	0.956969	0.915790	5.71185	0.010646	5
H3	0.00013	0.000224					
Fosfatos	0.81800	0.247730	0.359826	0.129475	0.66798	0.551943	5
H3	0.00013	0.000224					
Silicatos	5.01400	0.737482	0.033462	0.001120	0.05799	0.957403	5
H3	0.00013	0.000224					
Oxígeno disuelto	7.09000	0.000000					
H3	0.00013	0.000224					
Temperatura	26.91000	0.000000					
H3	0.00013	0.000224					
Tamaño de grano	1.57400	1.244158	0.406337	0.165109	0.77025	0.497248	5
H3	0.00013	0.000224					
Salinidad	35.20000	0.000000					
H3	0.00013	0.000224					
Profundidad	1.74000	0.250998	0.431866	0.186508	0.82934	0.467737	5
H4	0.05037	0.098834					
Amonio	2.85800	0.935692	-0.317304	0.100682	-0.57954	0.602881	5
H4	0.05037	0.098834					
Nitritos	0.12000	0.017321	-0.036452	0.001329	-0.06318	0.953599	5
H4	0.05037	0.098834					
Nitratos	1.23200	0.879301	-0.220185	0.048482	-0.39097	0.721934	5
H4	0.05037	0.098834					
Fosfatos	0.81800	0.247730	-0.289333	0.083714	-0.52353	0.636816	5
H4	0.05037	0.098834					
Silicatos	5.01400	0.737482	-0.312586	0.097710	-0.56998	0.608584	5
H4	0.05037	0.098834					
Oxígeno disuelto	7.09000	0.000000					
H4	0.05037	0.098834					
Temperatura	26.91000	0.000000					
H4	0.05037	0.098834					
Tamaño de grano	1.57400	1.244158	-0.326637	0.106692	-0.59858	0.591631	5
H4	0.05037	0.098834					
Salinidad	35.20000	0.000000					
H4	0.05037	0.098834					
Profundidad	1.74000	0.250998	-0.083237	0.006928	-0.14467	0.894142	5
H5	0.00016	0.000362					
Amonio	2.85800	0.935692	-0.799370	0.638993	-2.30436	0.104569	5
H5	0.00016	0.000362					
Nitritos	0.12000	0.017321	-0.322749	0.104167	-0.59062	0.596314	5
H5	0.00016	0.000362					
Nitratos	1.23200	0.879301	-0.230142	0.052965	-0.40961	0.709582	5
H5	0.00016	0.000362					
Fosfatos	0.81800	0.247730	-0.807849	0.652619	-2.37404	0.098145	5
H5	0.00016	0.000362					
Silicatos	5.01400	0.737482	-0.639758	0.409291	-1.44175	0.245041	5
H5	0.00016	0.000362					
Oxígeno disuelto	7.09000	0.000000					
H5	0.00016	0.000362					
Temperatura	26.91000	0.000000					
H5	0.00016	0.000362					
Tamaño de grano	1.57400	1.244158	-0.702726	0.493824	-1.71079	0.185646	5
H5	0.00016	0.000362					
Salinidad	35.20000	0.000000					
H5	0.00016	0.000362					
Profundidad	1.74000	0.250998	-0.534522	0.285714	-1.09545	0.353387	5

Mapas de NMDS con respecto a la densidad para las variables ambientales medidas en el arrecife Hornos.

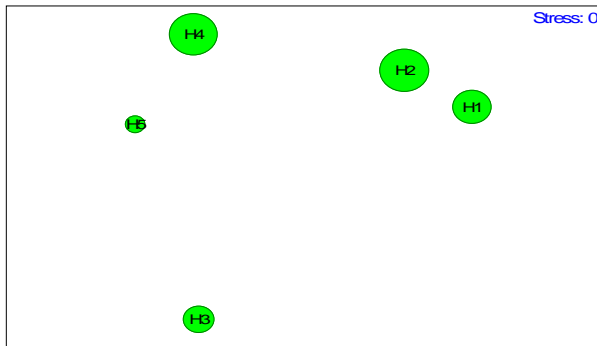


Figura 1. NMDS con datos de densidad (Amonio  $\text{NH}_4$ ).

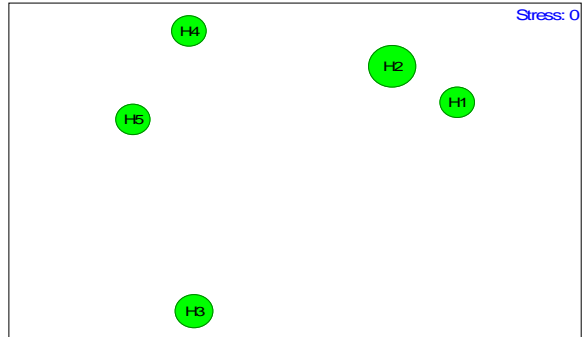


Figura 2. NMDS con datos de densidad (Nitritos  $\text{N-NO}_2$ ).

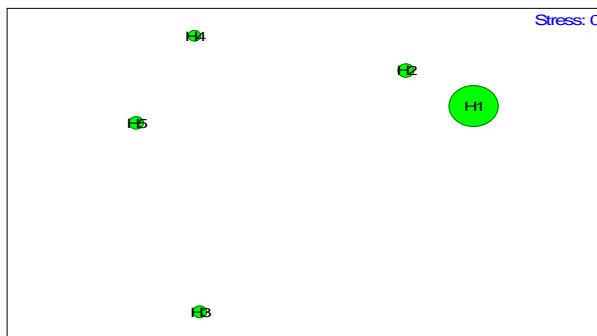


Figura 3 NMDS con datos de densidad (Nitratos  $\text{N-NO}_3$ ).

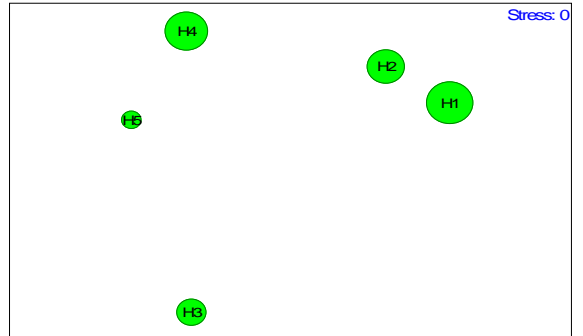


Figura 4 NMDS con datos de densidad (Fosfatos  $\text{P-PO}_4$ ).

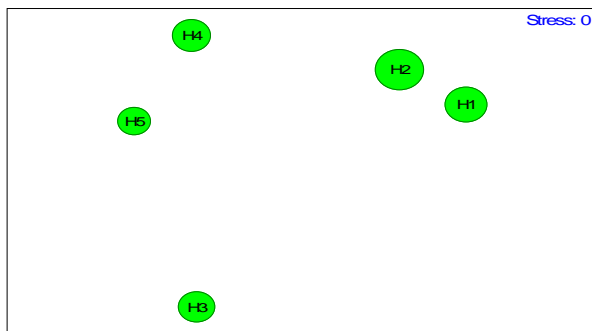


Figura 5. NMDS con datos de densidad (Silicatos  $\text{Si-SiO}_4$ ).

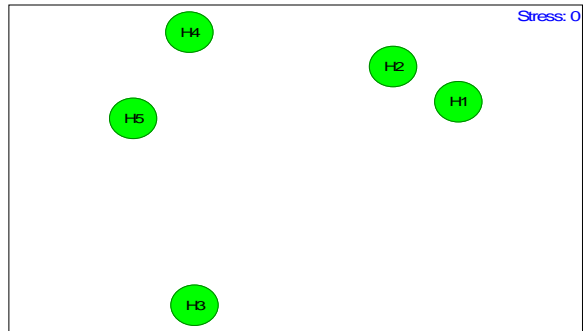


Figura 6. NMDS con datos de densidad (Oxígeno Disuelto  $\text{mg L}^{-1}$ ).



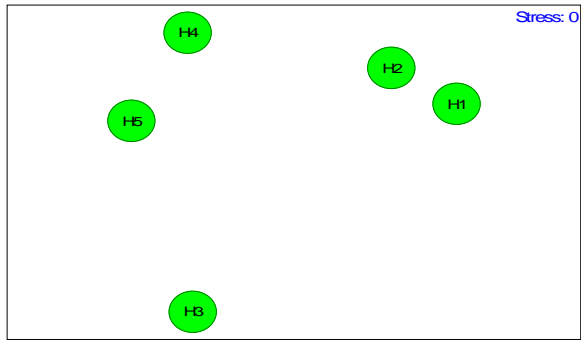


Figura 7. NMDS con datos de densidad (Temperatura °C).

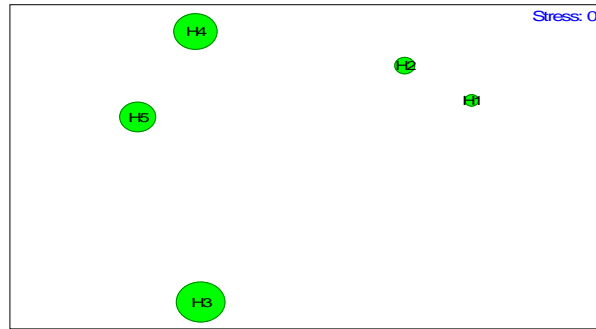


Figura 8. NMDS, datos de densidad (Tamaño de grano MZ).

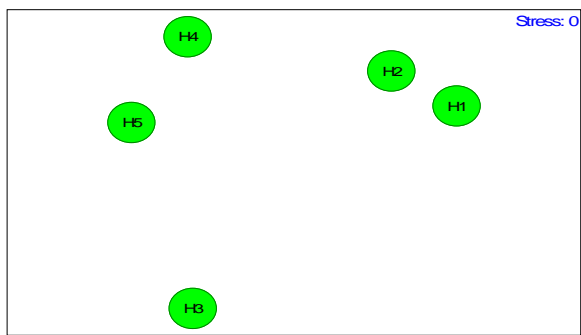


Figura 9 NMDS con datos de densidad (Salinidad ups).

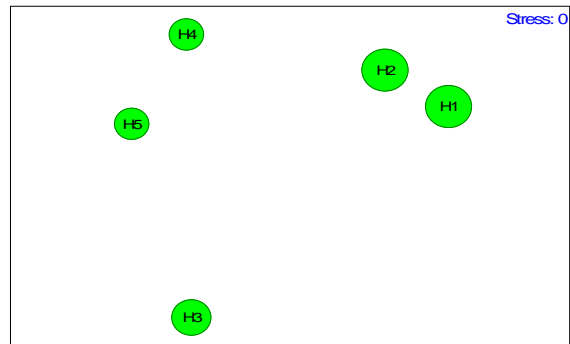


Figura 10 NMDS con datos de densidad (Profundidad m).

Mapas NMDS de biomasa para las variables ambientales medidas en el arrecife Hornos.



Figura 11. NMDS con datos de biomasa (Amonio  $\text{NH}_4$ ).



Figura 12. NMDS con datos de biomasa (Nitritos  $\text{N-NO}_2$ ).

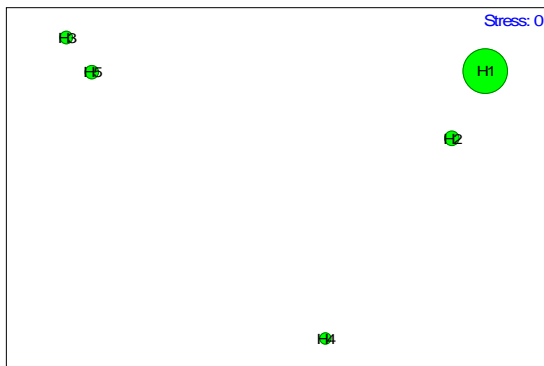


Figura 13. NMDS con datos de biomasa ( $\text{N-NO}_3$ ).

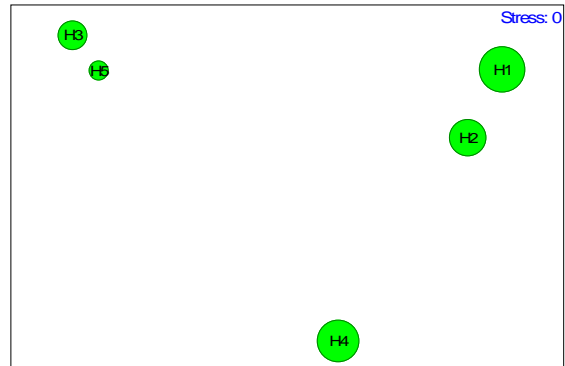


Figura 14. NMDS con datos de biomasa (Fosfatos  $\text{P-PO}_4$ ).



Figura 15. NMDS con datos de biomasa (Silicatos  $\text{Si-SiO}_4$ ).

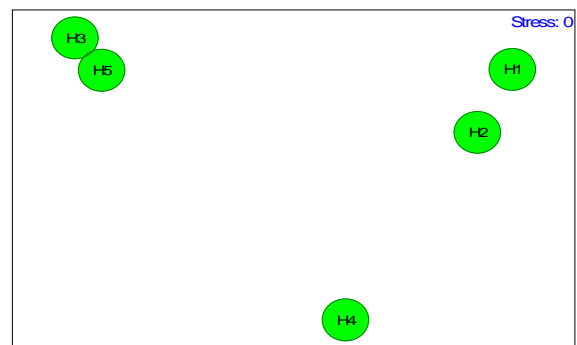


Figura 16. NMDS con datos de biomasa (Oxígeno Disuelto  $\text{mg L}^{-1}$ ).

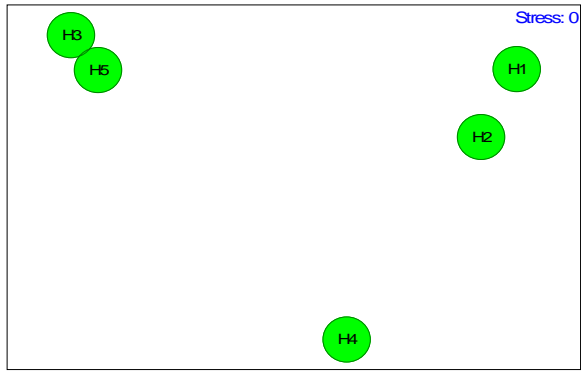


Figura 17. NMDS con datos de biomasa (Temperatura °C).

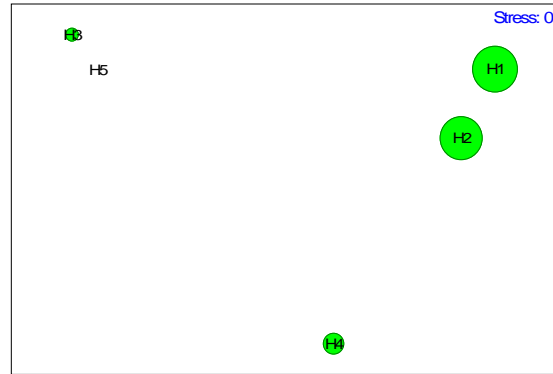


Figura 18. NMDS con datos de biomasa (Tamaño de grano MZ).

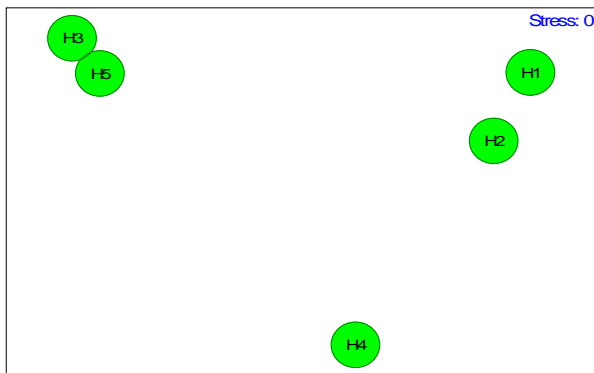


Figura 19. NMDS con datos de biomasa (Salinidad ups).

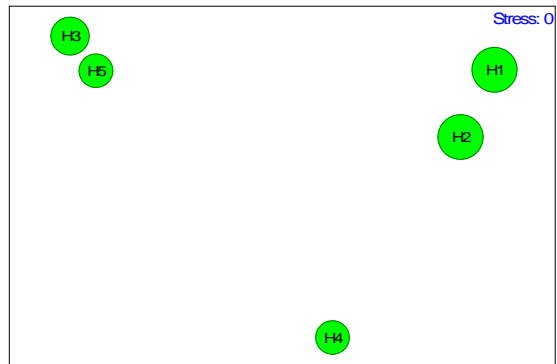


Figura 20. Mapa NMDS con datos de biomasa (profundidad m)..