



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE ANÉLIDOS
POLIQUETOS DE CUATRO AMBIENTES DE LA
LAGUNA DEL ARRECIFE SACRIFICIOS, PARQUE
NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO,
MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

ALEJANDRA ESTRELLA RUIZ



**DIRECTOR DE TESIS:
DRA. NAYELI DEL CARMEN DOMÍNGUEZ
CASTANEDO**

México, D. F. 2014



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.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Estrella
Ruiz
Alejandra
54 85 29 70
Universidad Nacional Autónoma de
México
Facultad de Ciencias
Biología
305323473

2. Datos del tutor

Doctora
Nayeli del Carmen
Domínguez
Castanedo

3. Datos del sinodal 1

Doctora
María Ana
Fernández
Álamo

4. Datos del sinodal 2

Doctor
Francisco Alonso
Solís
Marín

5. Datos del sinodal 3

Doctor
Pablo
Hernández
Alcántara

6. Datos del sinodal 4

Biólogo
Víctor
Ochoa
Rivera

7. Datos del trabajo escrito

Estructura de la comunidad de anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.
79 p
2014

*“En la costa se afirma que los cangrejos son animales hechizados. Son seres
incapaces de volverse para mirar sus pasos” José Emilio Pacheco*

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alejandro Granados Barba por recibirme en el Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la UV, proporcionándome su apoyo y conocimiento incondicional; además de esas pláticas en las que aprendí tanto en lo profesional como en lo personal.

A mi tutora de tesis la Dra. Nayeli Domínguez Castanedo por su ayuda, su tiempo, su constante apoyo y acertados consejos en la realización de esta tesis.

Agradezco al Dr. Pablo Hernández Alcántara por su apoyo y paciencia al introducirme al complejo mundo de los poliquetos, por impulsarme y colaborar en la realización de mi primer artículo, por ser un excelente profesor que no duda en brindar su amistad.

Miembros del jurado de tesis: Dra. María Ana Fernández Álamo, Dr. Francisco Alonso Solís Marín, Dr. Pablo Hernández Alcántara, Biól. Víctor Ochoa Rivera, gracias por sus oportunos comentarios en la revisión del trabajo final.

A mi familia: mi mamá, papá y mi hermana que mediante su sacrificio y esfuerzo me sacaron adelante y me han brindado tanto, además de su cariño, confianza y apoyo en todas mis decisiones. A mis hermanos por compartir la vida conmigo.

A mis amigos: porque simplemente me hicieron más ligero el camino.

A Paco, gracias porque desde que te conozco has estado conmigo en las buenas y en las malas. No hay nadie mejor para mí que tú, sólo espero poder ser mejor para ti.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	7
3. HIPOTESIS	11
4. OBJETIVOS	11
4.1 Objetivo general	11
4.2 Objetivos particulares	11
5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
6. MATERIALES Y MÉTODO	16
6.1 Trabajo de campo	16
6.2 Trabajo de laboratorio	18
6.3 Análisis de datos	19
7. RESULTADOS	25
7.1 Análisis taxonómico	25
7.2 Características ambientales	31
7.3 Densidad	35
7.4 Riqueza específica	36
7.5 Dominancia	36
7.6 Diversidad	37
7.7 Agrupamientos faunísticos	39
7.8 Diversidad beta	42
8. DISCUSIÓN	43
9. CONCLUSIONES	53
10. LITERATURA CITADA	55
11. ANEXOS	65

RESUMEN

Se estudió la estructura comunitaria de los anélidos poliquetos en cuatro ambientes de la laguna del arrecife Sacrificios, el cual forma parte del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). Para ello, el material biológico se recolectó en sustratos blandos mediante buceo SCUBA utilizando un dispositivo de succión subacuático conectado a un tanque de buceo autónomo; y en sustratos duros tomando 3 rocas de coral muerto de forma manual en la estación rocosa de cada transecto. El muestreo tuvo lugar en 20 estaciones localizadas en 5 transectos ubicados en forma radial en la laguna del arrecife; tomando en cuenta la zonación general desde la línea de playa hacia fuera, donde se presentan cuatro zonas principales: rocas de coral muerto, arena al descubierto, pastos marinos (principalmente *Thalassia testudinum*) y arena con la presencia de parches de coral.

El total de organismos recolectados fue de 552, pertenecientes a 20 familias, 39 géneros y 52 especies. Se encontraron 8 especies potencialmente nuevas y se identificaron 19 nuevos registros para el PNSAV. La especie dominante fue *Cirriformia filigera* ya que presentó una densidad y frecuencia elevadas en todos los ambientes. En general, en la laguna arrecifal de Sacrificios los parámetros ambientales registrados (pH, oxígeno disuelto, salinidad y temperatura), aumentaron al noroeste de la laguna en todos los ambientes; sin embargo, no presentaron una relación con la distribución de la densidad de poliquetos, por tanto, los cambios se dieron en un reemplazo de especies en los diferentes ambientes.

En el análisis de ordenación (NMDS) se separaron los mismos grupos obtenidos en el cluster, se agruparon las estaciones de roca de coral muerto y las de pastos marinos; sin embargo, en los ambientes de arena y parches de coral no se presentó una diferencia tan marcada para la fauna. El análisis de la diversidad beta respalda la separación entre ambientes ya que el nivel de recambio de especies reflejó esta heterogeneidad faunística en la laguna.

1. INTRODUCCIÓN

La clase Polychaeta Grube, 1850 pertenece al Phylum Annelida Lamarck, 1802. Esta clase es la más numerosa del phylum y la componen aproximadamente 80 familias, 1000 géneros y más de 9000 especies (Rouse y Pleijel, 2001). Los poliquetos son organismos vermiformes y se caracterizan por su metamerismo, es decir, por tener el cuerpo dividido en partes similares o segmentos arreglados en una serie lineal a lo largo del eje antero-posterior (Blake, 1994).

El cuerpo de los poliquetos se divide en tres regiones básicas: 1) Prostomio (región anterior) que puede presentar órganos sensorios cefálicos como antenas, ojos u órganos nucales; a menudo, el prostomio está fusionado al peristomio y puede presentar cirros tentaculares o cirros peristomiales. A esta región se fusiona un número variable de los primeros segmentos del metastomio, como tendencia a una mayor cefalización (Fernández Álamo, 2007). 2) Metastomio (región troncal o segmentada) que generalmente porta los parápodos los cuales son proyecciones de la pared corporal sostenidos por varillas rígidas denominadas acículas; en los parápodos generalmente se distinguen dos ramas, la dorsal o notopodio y la ventral o neuropodio. Del notopodio y neuropodio emergen las setas, las cuales son estructuras que incrementan la tracción en el sedimento o en la columna de agua y, en algunos casos, realizan funciones defensivas entre otras (Salazar Vallejo *et al.*, 1989), su número, tamaño, forma y función son variables. En general, hay una relación entre el tipo de vida del poliqueto y el desarrollo de sus parápodos, por lo que formas pelágicas (nadadoras) y de la epifauna (se mueven sobre el sedimento) tienen parápodos más desarrollados; en la endofauna (se mueven dentro del sedimento) los parápodos tienden a reducirse y en el caso de los tubícolas (que habitan en tubos) prácticamente desaparecen (Granados Barba, 2011). 3) El pigidio (región posterior) porta el ano, que puede ser terminal o terminodorsal: también pueden presentarse cirros conocidos como anales o pigidiales (Rouse y Fauchald, 1997) (Figura 1).

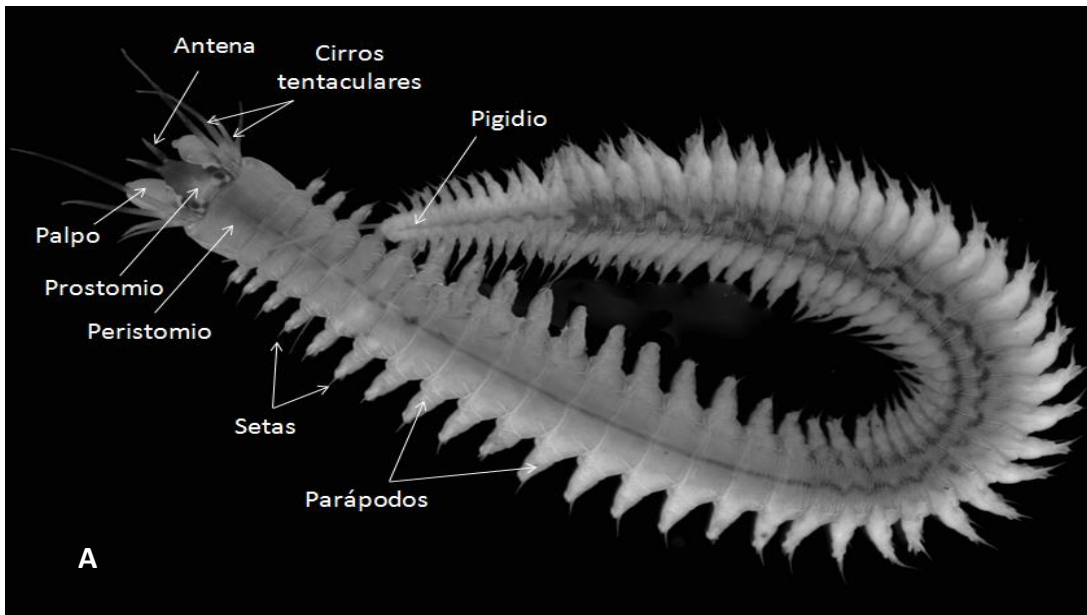


Fig. 1. A) Morfología general de un poliqueto (Nereididae). Representantes de las familias B) Eunicidae. C) Amphinomidae. D) Serpulidae. E) Sabellidae (Tomadas de varias fuentes).

La clase Polychaeta se ha dividido tradicionalmente, y para fines didácticos, en los grandes grupos “Errantia” y “Sedentaria”. Los poliquetos errantes se caracterizan por tener parápodos bien desarrollados y prostomios con órganos sensoriales eficientes; la mayoría son depredadores, con faringe eversible provista de mandíbulas; mientras que, los sedentarios son poco móviles y residen en tubos o madrigueras, con un prostomio y parápodos pequeños, pueden ser depredadores o sedimentívoros (Barnés, 1996; Fauchald y Jumars, 1979).

El incremento en el conocimiento de la morfología y diversidad de los poliquetos y de nuevas herramientas para su sistematización, ha permitido el desarrollo de nuevos esquemas de clasificación. En la actualidad la mayoría de los autores acepta la clasificación elaborada por Rouse y Fauchald (1997) y modificado por Rouse (2000), en la que se jerarquizan las afinidades entre las familias a través de métodos cladísticos (Hernández Alcántara, 2002).

Los poliquetos son un grupo con gran diversidad de especies tanto en sustratos duros como blandos, son frecuentes y abundantes desde la zona intermareal hasta zonas abisales, desde estuarios, hasta arrecifes de coral (Fauchald y Jumars, 1979). Juegan un papel importante en el funcionamiento de las comunidades bentónicas (Hutchings, 1998). Constituyen del 50 al 90% del macrobentos, ocupan diversos lugares en la red trófica y debido a sus hábitos alimenticios y patrones de vida, intervienen en los procesos de remineralización, oxigenación y estabilización del sedimento, así como, en el reciclaje de nutrientes. Su éxito se explica en la gran variedad de formas, patrones de vida y hábitos alimenticios que presentan (Granados Barba *et al.*, 2009).

Los poliquetos han sido vinculados con el concepto de especies “oportunistas” (las que colonizan un área desnuda independientemente de la riqueza de su sustrato) y “oportunistas de crecimiento” (colonizan áreas ricas orgánicamente) (Pearson y Rosenberg, 1978). Se ha observado que algunos cambios en su estructura comunitaria y diversidad pueden reflejar los efectos de la entrada de contaminantes o disturbios ambientales (Lana *et al.*, 1997); por ello, muchas especies han sido utilizadas como bioindicadoras de las alteraciones del medio, además de ser predominantemente bentónicas, con estrategias reproductivas “r” (ciclos de vida cortos, crecimiento rápido, maduración sexual temprana y descendencia abundante (Gray, 1979)) (Pearson y Rosenberg, 1978); y porque a su vez, este taxón contiene especies sensibles y tolerantes en ambientes desde vírgenes hasta altamente perturbados (Pocklington y Wells, 1992).

La importancia de las comunidades de poliquetos presentes en litorales y zonas arrecifales, radica en su utilidad al evaluar su estructura comunitaria, debido a que ésta es un buen indicador de las condiciones ambientales circundantes (Soares Gómes *et al.*, 2002).

Las variables y procesos que crean a las comunidades biológicas marinas pueden ser descritos como un conjunto de relaciones interconectadas. Variables fisicoquímicas como el movimiento del agua y el tipo de sedimento establecen las condiciones que constituyen un nicho fundamental y bajo el cual los organismos bentónicos colonizan un área. Uno de los principales factores abióticos responsables de la variación vertical de las comunidades bentónicas es el tipo de sustrato en función del cual se distinguen dos tipos de fondos: duros (roca, arrecifes de coral, entre otros) y blandos (lodo, arena, grava, guijarros), cuyas comunidades son muy distintas (Gray y Elliott, 2009). Los resultados obtenidos por medio de modelos de variación de la diversidad indican una gran variabilidad en el comportamiento de las comunidades bentónicas, dependiendo de la escala espacial, del grupo taxonómico y de la región marina estudiada (Gray, 2000).

Los poliquetos modifican el entorno que ocupan debido a sus modos de vida y patrones de alimentación (Fauchald y Jumars, 1979); en el caso de los sustratos duros, la modificación es ocasionada por la criptofauna, término que involucra a organismos que viven en su mayoría dentro de los sustratos coralinos y con menor frecuencia sobre su superficie (Solís Weiss, 1998). En particular, los poliquetos pueden constituir hasta dos terceras partes de la macrofauna críptica en un arrecife, sobre todo asociados a rocas de coral muerto (Grassle, 1973). Las cabezas de coral que se desprenden quedan expuestas a una serie de fuerzas erosivas, físicas, químicas y biológicas (Peyrot Clausade *et al.*, 1995). En ellas habita la criptofauna horadora, la cual presenta estructuras especializadas para perforar el coral; en zonas arrecifales, la criptofauna horadora juega un papel significativo en la disolución y degradación *in situ* del arrecife de carbonato y en la producción de sedimentos finos (Perry, 1998). Por otro lado, los poliquetos pertenecientes a la criptofauna oportunista, carecen de estructuras para perforar, pero usan las galerías previamente formadas por los horadores, o las grietas y surcos en el esqueleto del coral (Hutchings, 1978). En el caso de los fondos blandos la modificación se ocasiona cuando los poliquetos forman sus galerías, lo cual causa cambios en las condiciones de oxigenación y consistencia del sedimento por la formación de cápsulas fecales de alta resistencia a la acción mecánica y bacteriológica (Salazar Vallejo *et al.*, 1989).

Por otra parte, el ambiente de pastos marinos se caracteriza por una riqueza de especies de poliquetos (y de otros invertebrados) elevada (Cruz Ábrego *et al.*, 1994). Distintas especies de poliquetos puede ser que migren entre la zona de arrecifes y pastos marinos, ya sea para la reproducción, refugio o alimentación. Esto es debido a que las praderas de pastos marinos son áreas altamente productivas ya que alojan una variada comunidad animal, la cual aprovecha la materia orgánica abundante. Las hojas de los pastos brindan también sustrato para la fijación de una amplia variedad de organismos sésiles que son, a su vez, el alimento de muchos invertebrados y peces, algunos de ellos de importancia comercial. Los estolones y rizomas de los pastos constituyen el microhábitat de una diversa fauna de invertebrados que busca allí refugio y alimento, y el sedimento que sirve de suelo y sustrato de fijación, es el hábitat de una variada comunidad de invertebrados filtradores y detritívoros (Díaz, 2003).

Debido a que las praderas de *Thalassia testudinum* constituyen trampas de sedimentación, se puede esperar que la mayoría de los poliquetos se alimenten preferentemente de las partículas que ahí se depositan (Ibáñez Aguirre y Solís Weiss, 1986). En este tipo de ambientes se registra una mayor variabilidad de hábitos alimenticios (filtradores, de depósitos, herbívoros, omnívoros y carnívoros) (Ibáñez Aguirre y Solís Weiss, 1986; Cruz Ábrego *et al.*, 1994).

Los arrecifes de coral son sitios que demuestran tener gran importancia para que las especies se desarrollen, reproduzcan y completen su ciclo de vida por lo que son etiquetados al igual que los pastos marinos como hábitats críticos y merecen especial atención al diseñar planes de manejo (Fondo Mundial para la Naturaleza, 2006).

Los poliquetos son un grupo abundante y diverso en los fondos del ambiente marino, por ello evaluar la biodiversidad de este grupo representa un objetivo científico básico, que coadyuva a comprender los recursos biológicos costeros, la biodiversidad y los recursos marinos; así como mediante su estudio se obtiene información para el establecimiento de estrategias para su manejo y conservación (Granados Barba, 2011). Por todo lo anterior, el estudio de la estructura comunitaria de anélidos poliquetos resulta ser importante en aspectos de conservación. Para el manejo adecuado y aprovechamiento sustentable de los arrecifes de coral y sus recursos, es necesario conocer las características de sus comunidades, las cuáles podrían verse afectadas en su estructura y función por las diversas actividades antropogénicas que se lleven a cabo en la zona costera.

2. ANTECEDENTES

Los trabajos relacionados con anélidos poliquetos en los arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) son pocos, y menos aún los que son exclusivos al tema de la estructura comunitaria de los anélidos poliquetos en sustratos duros y blandos en estos arrecifes.

Macrofauna bentónica en el PNSAV

Entre los trabajos relacionados con la macrofauna bentónica en el PNSAV se encuentra el de Quintana y Molina (1991), quien estudió los arrecifes situados frente al Puerto de Veracruz (arrecife Verde, La Blanquilla, Sacrificios, Anegada de Adentro y Pájaros), en donde se determinaron los principales rasgos fisiográficos (zona intermareal, laguna arrecifal, barrera, talud, plataforma arenosa profunda e isla) y las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos asociados a ellos. Registró cinco especies de poliquetos: *Spirorbis* spp., *Spirobranchus giganteus*, *Sabellastarte magnifica*, *Hermodice carunculata* y *Cloeia viridis*, asociadas con coral en comunidades de laguna y praderas de *Thalassia*.

Del Castillo Sarabia (2004) estudió la colonización de macroinvertebrados bentónicos en sustratos artificiales en los arrecifes Bajo Mersey y Pájaros. Este autor encontró que el grupo de los poliquetos fue uno de los más representativos, tanto en sustratos artificiales de placas de barro como en placas de llanta; concluyó que ambos sustratos son aptos para ser colonizados por epifauna bentónica propia de ambientes arrecifales. El mismo autor analizó en 2007 la estructura comunitaria de la macrofauna bentónica en fondos blandos del arrecife Hornos, encontró como grupo dominante al de los poliquetos con 24 familias y 61 especies que representaron el 91.25% del total de organismos. Las especies más abundantes fueron: *Fabricinuda trilobata* que predominó en fondos de arenas medianas y gruesas con fragmentos de coral muerto y pastos marinos; *Mediomastus californiensis* que predominó en fondos de arenas finas y *Exogone dispar*, encontrada en fondos de arenas finas y fragmentos de coral muerto. Vera Hidalgo a su vez en 2008 también trabajó en el arrecife Hornos, con la composición y estructura de anélidos poliquetos bentónicos, registró 17 familias.

Domínguez Castanedo (2007) analizó la estructura comunitaria de la macrofauna bentónica asociada a los sustratos blandos de la laguna arrecifal de Sacrificios. Encontró que el grupo

dominante fue el de los anélidos poliquetos con un 77% de densidad. Notó una distribución diferencial de las especies en la laguna, la cual presentó una regionalización faunística en sotavento, barlovento y norte. Los parámetros ambientales analizados variaron de forma homogénea y no presentaron una relación con la distribución de la densidad de la macrofauna bentónica; por lo cual, los cambios de la fauna se dieron en un reemplazo de especies entre los diferentes ambientes y zonas muestreadas. La zona de barlovento fue la más rica en especies y diversidad ecológica; mientras que, la región de sotavento fue más pobre en densidad y riqueza específica. Los poliquetos se distribuyeron en 25 familias y 77 especies. La especie dominante fue *Mediomastus californiensis*, seguida por *Syllis botosaneanui*, *Proscoplos* sp. 1, *Spio pettiboneae* y *Paramphinome jeffreysii*.

Domínguez Castanedo (2012) evaluó el estado de calidad ambiental bentónico de la plataforma interna del PNSAV, mediante el análisis de la estructura comunitaria de la macrofauna y la aplicación del Índice Biótico Marino Multivariado de AZTI (M-AMBI). El 87.86% de la densidad total de los organismos recolectados fueron poliquetos y de estos, encontró 41 especies potencialmente nuevas para la ciencia. Las especies dominantes fueron *Mediomastus californiensis*, *Aricidea* (A.) *rubra*, *Prionospio* (P.) *crystata*, *Protodorvillea kefersteini*, *Spio pettiboneae*, *Paramphinome* sp. B y *Syllis botosaneanui*, las últimas tres se encontraron en la laguna arrecifal de Sacrificios y Enmedio. En cuanto al índice de perturbación AMBI, se observó que los valores registrados para el arrecife Sacrificios fueron más elevados que en el 2004 (Domínguez Castanedo, 2007), tanto para los niveles de familia como para los de especie. En este último nivel taxonómico, hubo estaciones no perturbadas y los valores en general estuvieron más cerca del límite inferior (no perturbado) con el valor de AMBI más alto registrado (2.39) al este de la laguna arrecifal. En este estudio, los valores en el arrecife Sacrificios están más cerca del límite superior (moderada perturbación) y el valor más bajo registrado fue de 2.93 que está por encima del valor más alto mencionado para el 2004. Considerando los resultados obtenidos al calcular el AMBI a nivel de familia, incluso dos estaciones de Sacrificios presentaron moderada perturbación, por lo que asumió que el impacto en este arrecife se ha incrementado a través del tiempo.

Trabajos enfocados a poliquetos

En cuanto a trabajos exclusivos de anélidos poliquetos se encuentran los estudios de índole taxonómica de Rioja (1946, 1947, 1959 y 1961), quien realizó identificaciones y descripciones de poliquetos en diferentes arrecifes y playas de Veracruz.

Con respecto a la estructura comunitaria de poliquetos en sustratos blandos se encuentra el trabajo de Horta Puga (1982), en el cual realizó un estudio descriptivo, de algunas especies de poliquetos bentónicos en el arrecife Verde, elaboró una clave taxonómica para 16 familias y registró 13 especies en el arrecife. La mayoría de las especies se encontraron en sustrato coralino, seguido del sustrato arenoso, mientras que, el menor número de especies se recolectó entre la fanerógama marina *Thalassia testudinum*. Las familias Syllidae y Eunicidae fueron las más abundantes.

Poliquetofauna en sustratos duros

En cuanto a la estructura comunitaria en fondos duros está el trabajo de Sánchez Wall (1992) quien trabajó con comunidades de poliquetos asociados a sustrato duro en el arrecife de Enmedio. Las familias Sabellidae, Eunicidae y Terebellidae fueron las más abundantes y Nereididae la más rica en especies. El sustrato rocoso fue el preferencial para los poliquetos, siendo *Eunice cariboea* la más común. Asimismo, ocurrieron especies selectivas en un solo tipo de sustrato como: *Spirobranchus giganteus* y *S. tetraceros* para coral vivo; *Branchiomma bairdi*, *Anaitides madeirensis* y *Hesiocaeca bermudensis* para coral muerto y; *Podarke obscura*, *Paramarphysa longula* y *Eunice filamentosa* para sustrato rocoso. Por otra parte, Carrera Parra y Vargas Hernández (1996-1997), también en el arrecife de Enmedio, estudiaron la comunidad críptica asociada a ocho especies de esponjas, recolectaron un total de 15 695 individuos de 94 especies en su mayoría de crustáceos, poliquetos, equinodermos y moluscos. Los poliquetos estuvieron presentes en siete especies de esponjas, la familia Syllidae fue la más frecuente y abundante, con 14 603 individuos de los cuales 14 562 pertenecen a la especie *Haplosyllis spongicola*.

Tovar (2000) determinó la criptofauna poliquetológica del orden Phyllococida asociada a sustrato de coral muerto del arrecife Lobos, revisó 811 individuos de 7 familias, pertenecientes a 19 géneros y 39 especies, con 6 nuevos registros para México, 18 para el arrecife Lobos y 2 especies potencialmente nuevas; la familia Syllidae fue la más abundante y diversa en sustrato de coral muerto del arrecife Lobos.

Granados Barba *et al.* (2003) estudiaron la distribución y diversidad de la familia Syllidae en sustratos duros y blandos del Golfo de México y el Caribe mexicano, incluyeron zonas arrecifales de Cozumel, del Banco de Campeche y de Veracruz, incluyendo la Anegada de Adentro y la Anegada de Afuera del PNSAV. Encontraron que la densidad y diversidad más elevadas se registraron en sustratos duros de las zonas arrecifales de Veracruz.

Otros estudios sobre poliquetos en el PNSAV

En cuanto a trabajos referentes a otros temas está el de Sánchez Hernández (2010) que integró la información taxonómica de las familias de poliquetos registradas y recolectadas en el PNSAV, incluyó una lista de 32 familias con un apartado de generalidades taxonómicas y biológicas.

Álvarez Aguilar (2011) analizó los cambios en la composición y estructura comunitaria de los poliquetos a lo largo de los gradientes ambientales ocasionados por las descargas de los ríos La Antigua, Jamapa y Papaloapan, que delimitan al PNSAV. En las desembocaduras de los ríos se observaron cambios en la composición de especies y un incremento en la diversidad, hacia mar adentro. Los parámetros estructurales de la comunidad de poliquetos estuvieron relacionados con la heterogeneidad sedimentaria presente en las desembocaduras de los ríos.

Granados Barba (2011) en su capítulo de “Gusanos anillados marinos” integra la información acerca de la riqueza de los poliquetos del estado de Veracruz. Reconoce 52 trabajos en los que se registran especies de poliquetos en el estado en más de 70 sitios de ambientes estuarinos, lagunares, playas, litoral rocoso, arrecifes coralinos y plataforma continental. Reconoce registros que corresponden a 44 familias y 306 especies, lo que representa cerca de un 18% de las especies de poliquetos registradas para México, 91% del total de las familias y un 55% de las especies registradas para el Golfo de México.

3. HIPOTESIS

Si la estructura comunitaria de los anélidos poliquetos refleja las condiciones que lo circundan, entonces la estructura comunitaria presentará diferencias cualitativas y cuantitativas y se dará un recambio de especies entre los cuatro ambientes analizados.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar y comparar la estructura comunitaria de los anélidos poliquetos en cuatro ambientes de la laguna del arrecife Sacrificios, PNSAV.

4.2 Objetivos particulares

- I. Elaborar un inventario faunístico con los anélidos poliquetos identificados.
- II. Describir los parámetros ambientales (salinidad, temperatura, pH y oxígeno disuelto) de la zona de estudio.
- III. Caracterizar y comparar la estructura comunitaria en términos de densidad, dominancia, riqueza específica y diversidad entre los ambientes estudiados.
- IV. Establecer las afinidades faunísticas existentes entre los ambientes muestreados.
- V. Evaluar el nivel de cambio en la composición faunística entre los ambientes estudiados.

5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) se caracteriza por tener complejos arrecifales de alta importancia ecológica, los cuales funcionan como reservorio, puente y puntos de diseminación de especies entre las áreas arrecifales caribeñas y las de Florida (Vargas Hernández *et al.*, 1993). Fue declarado como Área Natural Protegida el 24 de agosto de 1992 (Diario Oficial de la Federación, 1992a), denominada Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). Es la zona coralina junto a la ciudad costera más grande de México (INEGI, 2005). Por el parque atraviesan los barcos del que es también el puerto más grande del país, con un tráfico anual de entre 1505 y 1809 buques (APIVER, 2005). La creación del área protegida obedeció primordialmente a la necesidad de proteger y conservar un sistema arrecifal único en el Golfo de México, el cual cuenta con un importante potencial científico, económico, educativo, turístico y cultural, pero que se encuentra bajo una intensa presión antropogénica debido al desarrollo aledaño de la zona conurbada Veracruz, Boca del Río (Diario Oficial de la Federación, 1992a) y a las actividades propias de un puerto marítimo.

El PNSAV se localiza frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (19°00'00" y 19°16'00" N y los 95° 45'00" y 96°12'00" W) (Figura. 2), incluye 28 formaciones arrecifales (Diario Oficial de la Federación, 2012). Está dividido por el río Jamapa y limitado, al norte por La Antigua y al sur por el río Papaloapan; los cuales, contribuyen con sedimentos terrígenos desde las llanuras costeras y las montañas (Salas Pérez y Granados Barba, 2008).

Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.

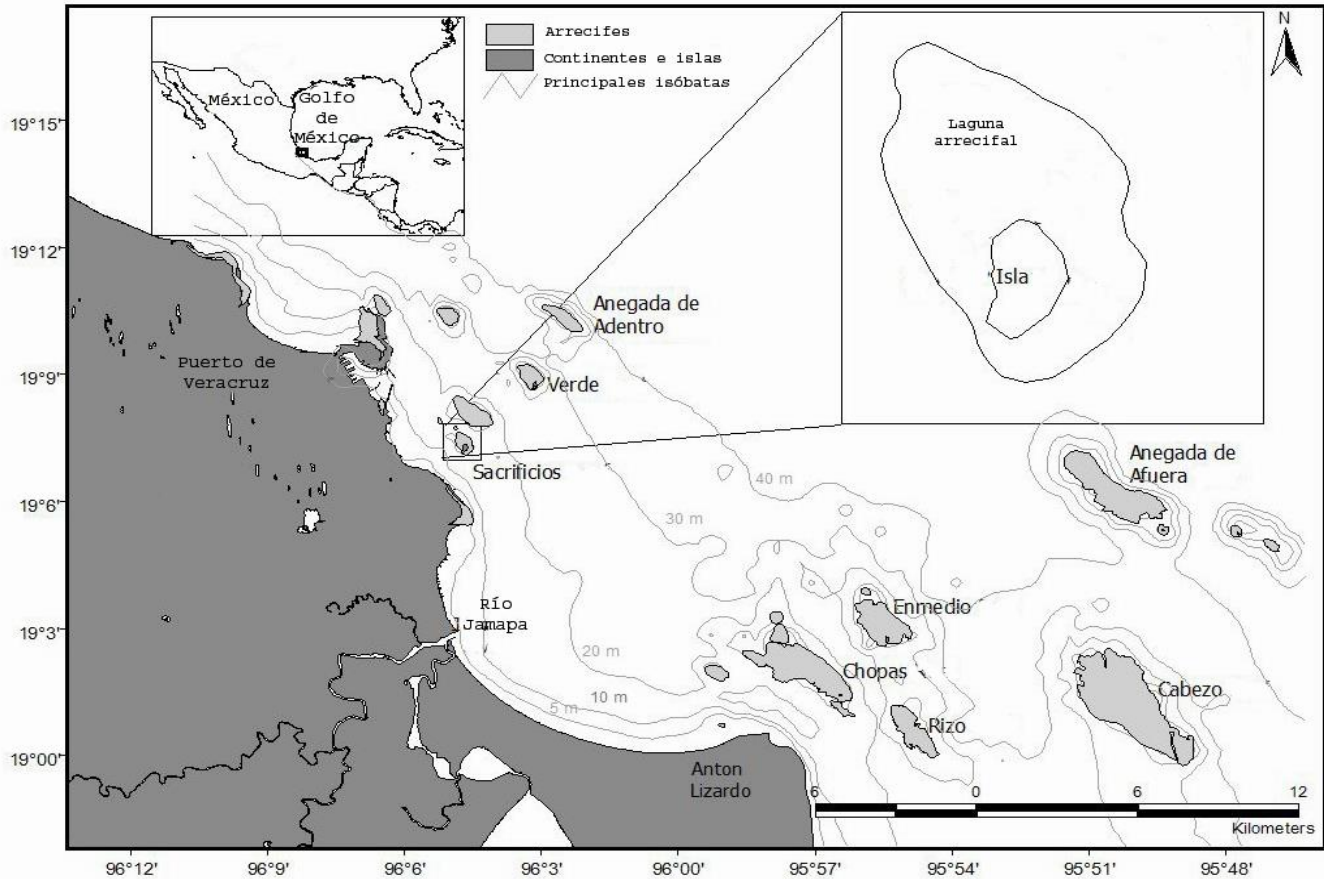


Fig. 2 Mapa de ubicación de la zona de estudio.

Presenta un clima predominante de tipo A (w2) cálido subhúmedo con abundantes lluvias en el verano y parte de otoño. La temperatura anual promedio es de 26 °C con una mínima de 18 °C en Enero-Febrero (García, 1987). De acuerdo con el INEGI (2001) el esquema climático del área de Veracruz se puede resumir en dos temporadas del año. La temporada de “Nortes” (septiembre-abril) caracterizada por escasa precipitación, temperaturas bajas y frecuentes invasiones de masas de aire frío del norte. La temporada de “lluvias” (mayo-agosto) que es un periodo cálido, caracterizado por temperaturas elevadas, alta precipitación entre julio y agosto y vientos débiles del este. Sin embargo, se puede considerar un periodo transicional entre nortes y lluvias (abril-junio) en el que existe mínima descarga de aguas continentales a la zona de estudio, pudiéndose considerar como “secas”.

Se ha documentado al PNSAV como un área de evaporación alta, con salinidades por arriba de 32. Asimismo, se propone un flujo neto de circulación superficial en dirección norte-noroeste, con la presencia de un giro ciclónico (productividad alta) y otro anticiclónico (productividad baja) frente a la desembocadura del río Jamapa (Salas Monreal *et al.* 2009).

Las elevaciones de marea dentro del PNSAV son generadas por la combinación de los armónicos diurnos (K_1 , O_1), semidiurnos (M_2) y quincenal. Las corrientes de marea también deben de estar influenciadas por las depresiones locales de la batimetría en forma de canales y arrecifes coralinos, las cuales deben de tener un importante efecto sobre el intercambio de agua entre los arrecifes y sus aguas adyacentes, modificando el intercambio de nutrientes, materia orgánica y contaminantes (Salas Pérez y Granados Barba, 2008).

El arrecife Sacrificios es especialmente vulnerable, pues es el arrecife más cercano a la zona conurbada; fue una isla comúnmente visitada por ser un sitio turístico de fácil acceso con atracciones naturales y arqueológicas. El acceso a la misma está restringido al público desde hace más de dos décadas para intentar disminuir su deterioro ambiental provocado por las actividades recreativas y turísticas. Esta isla está considerada desde 1976 por el Departamento de Registro Público de Zonas y Monumentos del INAH como zona arqueológica e histórica (Diario Oficial de la Federación, 1992b).

El arrecife Sacrificios se localiza entre los $19^{\circ}00'00''$ y $19^{\circ}16'00''$ N y los $95^{\circ}45'00''$ y $96^{\circ}12'00''$ O, a 2.4 km de la costa, frente a la ciudad y puerto de Veracruz. Presenta una forma alargada elipsoidal, su eje mayor mide 750 m y está orientado en dirección NO-SE; su parte más ancha mide 450 m; con un área de 397.630 m^2 y un perímetro de 2,745 m. Representa el 6.11% del área arrecifal de la parte norte del parque (Arenas Fuentes y Vargas Hernández, 2002). Alrededor de la isla se encuentra una laguna arrecifal con una profundidad máxima de 1.5 m bordeada por una cresta arrecifal que la convierte en un cuerpo semicerrado con movimientos de agua lentos y con presencia de pastos marinos.

Como ocurre en la mayoría de los arrecifes del PNSAV, existe una zonación general desde la línea de playa hacia afuera, donde se presentan cuatro zonas principales: 1) una con arena, la cual presenta rocas de coral muerto, 2) una segunda con pastos marinos (principalmente *Thalassia testudinum*), 3) una con arena, que presenta parches de coral y 4) una zona compuesta por coral (Horta Puga, 1982; Quintana y Molina, 1991).

Los tipos de fondo varían desde sustratos duros a sedimentos gruesos y finos y las comunidades y microhábitats bentónicos representan muchos estadios de desarrollo: arena desnuda, parches o pináculos coralinos, algas coralinas, algas calcáreas verdes y/o praderas de *Thalassia testudinum* (Chávez *et al.*, 2010).

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

En el arrecife Sacrificios se presenta una regionalización faunística en barlovento (más rica en especies y diversidad ecológica y una mayor cobertura coralina) y sotavento (más pobre en densidad y riqueza específica) (Domínguez Castanedo, 2007; Martínez Caballero, 2007).

6. MATERIALES Y MÉTODO

6.1 Trabajo de campo

El muestreo se realizó en el marco del proyecto interinstitucional “*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 Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV)*” en una colaboración entre el Instituto de Biología, el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM y el Centro de Ecología y Pesquerías de la Universidad Veracruzana, a cargo del Dr. Pedro Ramírez (Instituto de Biología, UNAM).

El muestreo tuvo lugar en 20 estaciones localizadas en 5 transectos (el punto cardinal Este es abreviado como E, Suroeste (SO), Oeste (O), Noroeste (NO) y Noreste (NE)) ubicados en forma radial en la laguna del arrecife Sacrificios del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano en su campaña SAC-I en junio del 2003 (Figura 3).

De acuerdo con la zonación general de los arrecifes mencionada previamente, desde la línea de playa hacia afuera, las estaciones que pertenecieron a un ambiente de rocas de coral muerto que se han desprendido por procesos erosivos físicos, químicos, o por efectos de origen antropogénico (Moreno *et al.*, 1998) y se encuentran dispersas cerca de la línea de playa de la isla se nombraron como RCM; las estaciones del ambiente de arena al descubierto se abreviaron Are, mientras que, las estaciones correspondientes a ambientes con pastos marinos se nombraron PasM y, por último, las estaciones del ambiente arenoso con la presencia de parches de coral se abreviaron como PC.

En cada estación, se midió el pH, la temperatura (°C), el oxígeno disuelto (mg L^{-1}) y la salinidad en la columna de agua empleando una sonda multiparamétrica Hydrolab.

El material biológico, en sustratos blandos, se recolectó mediante buceo SCUBA utilizando un dispositivo de succión subacuático (0.88 m^2 ; 13.22 dm^3) conectado a un tanque de buceo autónomo según el modelo propuesto por Knudsen (1927 en Eleftheriou y Holme, 1984) y modificado por Ibarzábal (1987). Este método ha sido usado, entre otros, por Borzone *et al.* (1990), Bone (1991) y Bone y San Martín (2001). El sedimento se tamizó a través de una malla de 0.5 mm para retener a la macrofauna. Una vez tamizada se fijó con formol al 10%.

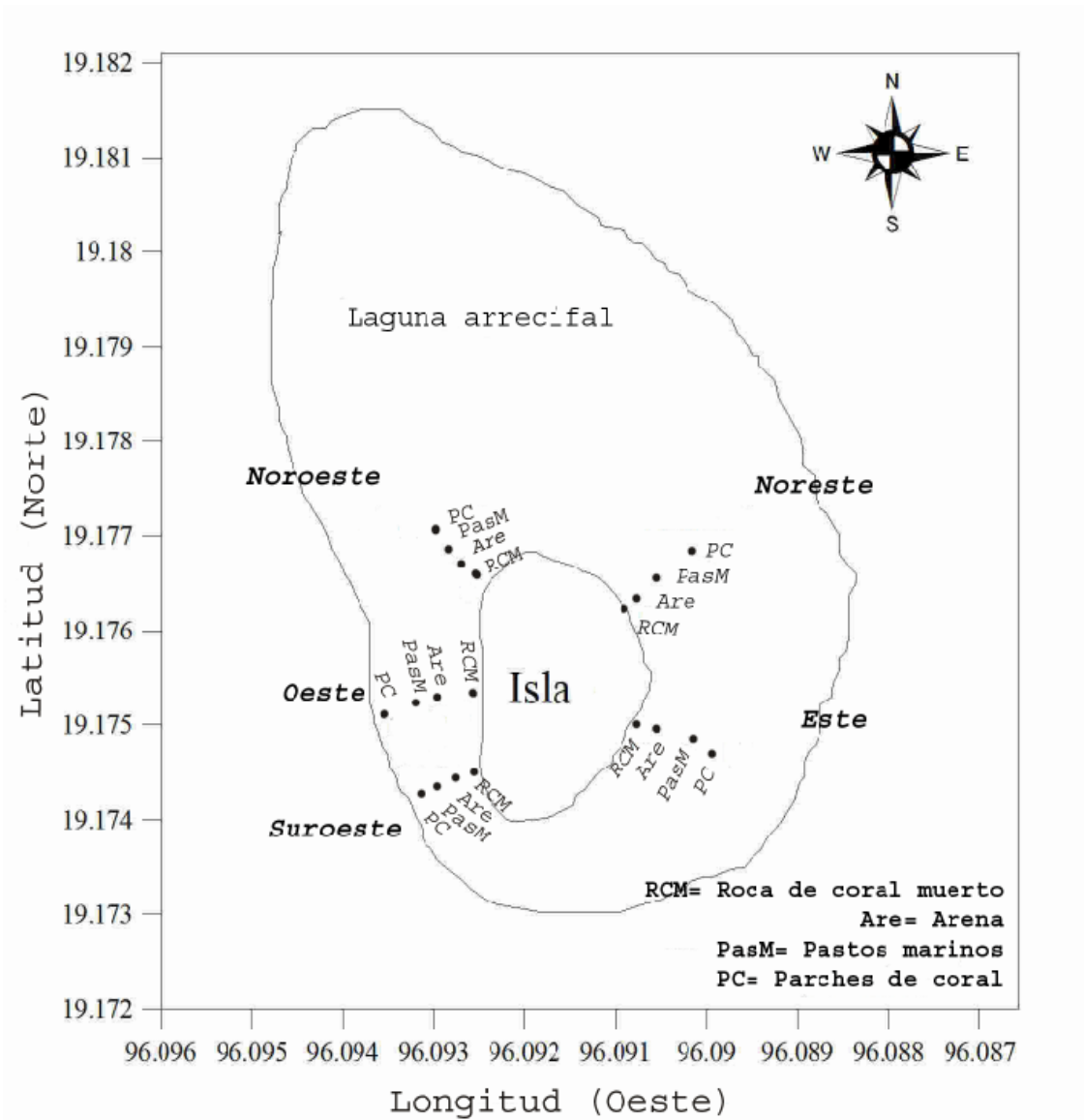


Fig. 3 Ubicación de las 20 estaciones del muestreo en la laguna del Arrecife Sacrificios.

El material biológico, en sustratos duros, se recolectó tomando 3 rocas de coral muerto de forma manual en la estación de rocas de coral muerto de cada uno de los transectos. La fauna de rocas de coral muerto fue extraída mediante un choque osmótico, sumergiendo las rocas en agua dulce para inducir la salida de los organismos de sus galerías; los que no salieron de las rocas fueron retirados manualmente mediante cincel y martillo. Las muestras se lavaron y filtraron a través de un tamiz de luz de malla de 0.5 mm para retener los organismos. Los poliquetos recolectados fueron fijados con formol al 10%, las muestras se volvieron a lavar para eliminar el exceso de formol y se preservaron los organismos en alcohol al 70%.

Para cada muestra de roca se procedió a hacer la medición de su volumen, lo cual se llevó a cabo por el método de desplazamiento de agua. Esto se realizó utilizando una cubeta para los fragmentos de mayor tamaño y un vaso de precipitado para fragmentos de coral pequeños.

6.2 Trabajo de laboratorio

Los poliquetos se identificaron al microscopio hasta el nivel taxonómico de especie con claves especializadas para cada una de las familias y géneros.

Se realizó un listado faunístico de las especies identificadas siguiendo el arreglo filogenético de Rouse y Fauchald (1997), modificado por Rouse (2000), el cual utilizó métodos cladísticos para jerarquizar las afinidades existentes entre las familias.

En el listado faunístico las especies se enlistan alfabéticamente dentro de cada familia. En el caso de enlistar especies con letras mayúsculas (sp. A, B) se trata de aquellas que están descritas en la guía taxonómica de Uebelacker y Johnson (1984) pero aún no han sido formalmente nombradas. Asimismo, las especies cuyas características diagnósticas no corresponden totalmente con la descripción de la especie asignada (en algunos casos por ser ejemplares maltratados o únicos) se antepuso el prefijo “cf.” (conferido a) al nombre de la especie. En el caso de los géneros que aparecen acompañados de “sp. 1”, “sp. 2”, etc., se trata de especies consideradas potencialmente nuevas. Los géneros que vienen acompañados de la notación “sp.” se trata de ejemplares que no se

podieron determinar al nivel de especie por carecer de las estructuras necesarias para ello (mal preservados, o bien, organismos con pocos segmentos).

6.3 Análisis de datos

En el presente trabajo se estudiaron a los anélidos poliquetos presentes en cuatro ambientes en la laguna del arrecife Sacrificios. Para fines de este estudio el término “ambiente” se define de acuerdo con Begon (1987) como: “el medio de un organismo que consiste en todos aquellos factores y fenómenos externos al organismo y que influyen sobre él, ya se trate de factores físicos o químicos (abióticos) o bien de otros organismos (bióticos)” y que constituye el hábitat inmediato de un organismo (Lincoln *et al.*, 2009). Sin embargo, cabe mencionar que no se estudiaron interacciones biológicas. Se establecieron cuatro ambientes que se encuentran presentes en la laguna arrecifal, estos ambientes se definieron con base en la característica predominante: presencia de rocas de coral muerto, arena al descubierto, la presencia de pastos marinos o parches de coral, dichas características les confieren diferentes propiedades de alimentación, refugio, modificación de la energía o sedimentación a los anélidos poliquetos presentes en cada uno.

I. Características ambientales

Se realizó una descripción de los parámetros ambientales (salinidad, temperatura, pH y oxígeno disuelto) tomados durante el muestreo. Asimismo, se realizaron gráficas de la variación de los mismos entre las estaciones y los ambientes.

II. Densidad

Con la finalidad de homogeneizar el volumen muestreado para todas las estaciones, permitiendo hacer comparaciones directas entre ellas se utilizó la densidad como medida de abundancia, expresada en ind. dm^{-3} .

III. Coeficiente Simple de Dominancia

La selección de las especies representativas en cada estación de muestreo fue realizada mediante el Coeficiente Simple de Dominancia (CSD), que estima la densidad de cada especie con respecto a la densidad total, expresada en porcentaje (Brower y Zar, 1977; Krebs, 1985).

Este índice se calculó con la siguiente ecuación:

$$CSD = \frac{di}{dt} * 100$$

Donde:

di = densidad de la especie i

dt = densidad total en la localidad

IV. Índice de Valor Biológico

La selección de las especies más representativas a nivel regional se hizo tomando en cuenta la densidad y frecuencia de aparición, por medio del índice de valor biológico (IVB), también conocido como el índice biológico de Sanders (1960), el cual considera la asignación de rangos a las especies para equiparar la importancia de cada muestra dentro de la comunidad. Se asigna un valor de importancia a cada especie en función de su abundancia en cada muestra, y es expresada a manera de puntaje. Primero se realiza una jerarquización de las especies en cada muestra con base en la magnitud de su abundancia; p. ej., la especie con más abundancia en la muestra ocupa el primer lugar y le es dado un valor de 10 puntos; a la especie que ocupa el lugar 2 en el orden de jerarquía se le asignan 9 puntos; la posición 3 equivale a 8 puntos; la especie que queda en el lugar 10 tiene un puntaje de 1. En este estudio se utilizó un nivel jerárquico de 8 para las muestras de roca de coral muerto y uno de 6 para las de arena, pastos marinos y parches de coral, ya que este número de especies representó al menos el 70% del total de la densidad de la fauna en cada sitio de muestreo, con lo que se aseguró que las especies más importantes quedaran incluidas en el análisis. Mediante este criterio se reduce la presencia de información redundante, por lo general, la eliminación de especies raras en el análisis (Loya y Escofet, 1990).

Como parte del uso del IVB (Loya y Escofet, 1990) primero se agruparon las muestras que corresponden a distintos hábitats (estaciones de ambiente de roca de coral muerto, arena, pastos

marinos y parches de coral) dentro del área de estudio y se calculó el IVB por separado para las muestras agrupadas, debido a que cada hábitat tendrá especies dominantes características de ese hábitat. La heterogeneidad del sustrato produce un cambio en la comunidad, por lo que las muestras deben tener una homogeneidad o semejanza estructural en sus características físicas y bióticas (Loya y Escofet, 1990).

V. Agrupamientos faunísticos

Las afinidades entre las estaciones de muestreo, de acuerdo con su composición faunística, y las variaciones de la densidad de las especies, se determinaron por medio de la técnica de clasificación aglomerativa (cluster). Cuando las matrices a analizar tienen pocos datos, es decir, cuando muchas de las especies están ausentes en alguna de las muestras en las que se compara su similitud, las correlaciones resultantes suelen ser insatisfactorias (Hernández Alcántara, 2002). Uno de los coeficientes que evita este problema es el índice de Bray-Curtis, el cual se define como la similitud absoluta entre las especies presentes en dos muestras, al tomar en cuenta a todas las especies y dividir las entre el número total de ambas muestras (Clark y Green, 1988). Cuando el valor se aproxima a uno implica que existe una mayor similitud entre las estaciones comparadas; de este modo estaciones de la misma clase son similares entre sí y diferentes a las de otras clases (Goodall, 1970; Gordon, 1987).

Para realizar los análisis los datos fueron transformados a raíz cuarta para reducir la importancia de las especies más abundantes entre las estaciones.

La matriz de similitud generada se clasificó por medio de la técnica de “unión completa” o del vecino más lejano, la cual selecciona la máxima disimilitud de todos los pares de estaciones entre los grupos (Clake y Gorley, 2001).

El cluster fue obtenido utilizando el programa PRIMER (6.0) y el índice de Bray-Curtis fue calculado por medio de la siguiente fórmula:

$$b_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^S (X_{ij} - X_{ik})}{\sum_{i=1}^Z (X_{ij} + X_{ik})}$$

Donde:

b_{jk} = índice de similitud de Bray-Curtis entre localidades.

j, k = localidad j y k que se compararon.

i = i -ésima especie.

s = número total de especies.

X_{ij} = densidad de la especie i en la localidad j .

X_{ik} = densidad de la especie i en la localidad k .

Después de haber realizado el cluster se hizo un análisis de porcentajes de similitud “Simper”, por medio del programa Primer (v. 6.0). Se obtuvieron los valores de similitud promedio de cada grupo del cluster con el porcentaje con el cual cada especie contribuyó a la similitud total de cada grupo. De esta manera se detectaron las especies que definieron cada agrupamiento.

Se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NDMS) para detectar posibles gradientes ambientales. Este análisis ordena las muestras a lo largo de un conjunto de ejes de coordenadas, haciendo una representación geométrica de los datos en el espacio lo más parecido a las distancias en los datos originales. Los datos fueron representados en una gráfica por medio del programa PRIMER (v. 6.0). En ésta, se muestra el nivel o índice de estrés, que es una medida que valora la distancia estimada: donde un valor de estrés bajo (cercano 0) indica que las relaciones entre las muestras se encuentran bien representadas en la dimensión específica, es decir que son confiables, si el valor de estrés es alto (tiende a 1) el ajuste de las disimilitudes es pobre (Field *et al.*, 1982).

VI. Diversidad

La diversidad de especies, que incluye tanto el número de especies (riqueza de especies) como sus abundancias relativas, define la estructura biológica de una comunidad (Gray, 2000) permitiendo caracterizarla, compararla y diferenciarla. Una comunidad que posee unos pocos individuos de muchas especies es más diversa que una comunidad en la cual pocas especies concentran la mayor parte de la abundancia.

Para cuantificar la diversidad de especies presentes en la comunidad y sus abundancias relativas se han propuesto diversos índices, el de Shannon-Wiener es uno de los más utilizados en los estudios ecológicos marinos. Este índice que proviene de la teoría de la información, supone que los

individuos son muestreados al azar de una comunidad inmensamente grande (Pielou, 1975) y que todas las especies están representadas en la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo de una colección escogido al azar (Magurran, 1988). Se calculó con el programa PRIMER (Versión 6.0) (Clarke y Gorley, 2001) utilizando la expresión matemática:

S

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

i=1

donde H' = índice de Shannon-Wiener

p_i = proporción de la abundancia de la especie i (n_i/N),

S = número total de especies,

n_i = abundancia de la especie i,

$$N = \text{abundancia total} = \sum_{i=1}^S n_i$$

Cuando el valor del índice es igual a 0, todos los individuos pertenecen a una misma especie; mientras que el valor máximo ($\log_2 S$) implica que cada una de las especies tiene un número igual de individuos. El índice es sensible a los cambios en la composición faunística (predominio de especies raras) y es por ello que se hace necesario utilizar como medida complementaria un índice de equidad que determine cómo se encuentra distribuida la abundancia entre las especies (Gray, 2000). Se calculó con la expresión: $J' = H'/H_{\text{máx}}$, el cual tiene valor de 1, cuando la diversidad en un área ha alcanzado su valor máximo ($H_{\text{máx}}$) y entonces los individuos se encuentran repartidos en forma equitativa entre las especies, y un valor de 0 si la abundancia de la comunidad es debida a una sola especie. La diversidad máxima se evaluó mediante la expresión $H_{\text{máx}} = \log_2 S$, (Pielou, 1969, 1975).

Con el fin de evaluar el cambio de especies de poliquetos entre los ambientes muestreados se evaluó la diversidad beta. La diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje (Whittaker, 1972).

En este caso se empleó el índice de Wilson y Schmida (1984) que es uno de los más robustos estadísticamente hablando (Hernández Alcántara, 2002). Se basa en datos cualitativos (presencia-ausencia de las especies) a lo largo de un transecto. Cuando la composición faunística entre dos áreas es muy distinta, el índice presenta valores cercanos a 1, al contrario, cuando la similitud de especies se incrementa, los valores del índice tienden a cero. La diversidad beta fue calculada con la fórmula:

$$\beta T = [g(H) + I(H)]/2\bar{\alpha}$$

Donde:

βT = diversidad beta (medida del cambio en la composición de especies entre dos localidades)

$\bar{\alpha}$ = promedio del número de especies en el par de localidades comparadas

$g(H)$ = ganancia de especies (número de especies que se “incorporan” en la composición faunística del par de localidades comparadas).

$I(H)$ = pérdida de especies (número de especies que “desaparecen” en la composición faunística del par de localidades comparadas).

7. RESULTADOS

7.1 Análisis taxonómico

Se identificaron 552 organismos pertenecientes a 20 familias, 39 géneros y 52 especies. Se encontraron cinco especies potencialmente nuevas, ya que por sus caracteres morfológicos no fue posible asignarlas a ninguna especie descrita hasta ahora; cuatro de éstas: *Lysidice* sp. 1, *Lysidice* sp. 2, *Marphysa* sp. 1 y *Phyllochaetopterus* sp. 2 se encontraron únicamente en RCM; mientras que, *Phyllochaetopterus* sp. 1 además de estar en RCM se encontró en PasM. Así, también se registraron tres especies potencialmente nuevas (*Ophiodromus* sp. A, *Owenia* sp. A y *Thalenessa* sp. A), registradas previamente por Uebelacker y Jonson (1984), pero no descritas formalmente, en el norte del Golfo de México.

Las especies exclusivas del ambiente de RCM fueron 19; 7 fueron exclusivas de Are, 1 de PasM y 5 especies de PC (Anexo I Tabla 1).

La mayoría de las especies se han registrado en el Golfo de México (44 especies) y específicamente en el PNSAV (26), sólo *Euthelepus kritzleri* y *Pseudopolydora floridensis* no han sido registradas para el Golfo de México pero sí en el Caribe mexicano, mientras que *Leitoscoloplos panamensis* ha sido registrada en el Golfo de California y el Sur del Pacífico Mexicano. Se identificaron 21 nuevos registros para el PNSAV.

A continuación se presenta la lista sistemática de las especies registradas en la laguna arrecifal de Sacrificios. Se utilizó el arreglo filogenético de Rouse y Fauchald (1997), modificado por Rouse (2000). Las especies marcadas con * ya han sido registradas en el Golfo de México. ** Especies que ya han sido registradas en el PNSAV. ■ Nuevos registros para el PNSAV.+ Especies potencialmente nuevas para la ciencia. ++ Especies potencialmente nuevas registradas por Uebelacker y Johnson (1984).

Phylum, **Annelida** Lamarck, 1802

Clase, **Polychaeta** Grube, 1850

Clado, **SCOLECIDA**

Familia Capitellidae Grube, 1862

Mediomastus cf. *californiensis* Hartman, 1944 **

Familia Opheliidae Malmgren, 1867

Armandia maculata (Webster, 1884) **

Familia Orbiniidae Hartman, 1942

Leitoscoloplos fragilis (Verrill, 1873) *■

Leitoscoloplos panamensis (Monro, 1933) ■

Naineris bicornis Hartman, 1951**

Naineris dendritica (Kinberg, 1867)* ■

Clado, **PALPATA, Aciculata, Phyllodocida**

Familia Sigalionidae Malmgren, 1867

Sthenelais sp. A Wolf, 1984 **

Thalenessa sp. A Uebelacker y Johnson 1984 ++ **

Familia Hesionidae Grube, 1850

Ophiodromus sp. A Uebelacker y Johnson 1984 ++*■

Familia Nereididae Blainville, 1818

Neanthes acuminata Ehlers, 1868 **

Nereis riisei Grube, 1857 **

Rullierinereis mexicana (Treadwell, 1942) **

Familia Syllidae Grube, 1850

Syllis beneliahuae (Campoy y Alquézar, 1982) **

Syllis gerlachi (Hartmann Schröder, 1960)* ■

Trypanosyllis parvidentata Perkins, 1981*■

Trypanosyllis zebra (Grube, 1860) **

Clado, **PALPATA, Aciculata, Amphinomida**

Familia Amphinomidae Savigny en Lamarck, 1818

Eurythoe complanata (Pallas, 1766) **

Paramphinome sp. B Gathof, 1984 **

Clado, **PALPATA, Aciculata, Eunicida**

Familia Eunicidae Berthold, 1827

Eunice sp.

Eunice cf. *brevis* (Ehlers, 1887)* ■

Eunice gagzoi Augener, 1922*■

Eunice goodie Fauchald, 1992*■

Lysidice sp. 1 +

Lysidice sp. 2 +

Marphysa longula (Ehlers, 1887)* ■

Marphysa orenzanzi Carrera Parra y Salazar Vallejo, 1998*■

Marphysa posterobranchia Day, 1962*■

Marphysa sp. 1 +

Nematonereis unicornis Grube, 1840*■

Familia Lumbrineridae Schmarda, 1861

Lumbrineris cf. *coccinea* (Renier, 1804) **

Familia Onuphidae Kinberg, 1865

Kinbergonuphis cedroensis (Fauchald, 1968) **

Mooreonuphis cirrata (Hartman, 1944)* ■

Mooreonuphis dangrigae (Fauchald, 1980) **

Onuphis texana Fauchald, 1982*■

Clado, **PALPATA, Canalipalpata, Sabellida**

Familia Oweniidae Rioja, 1917

Owenia sp. A Uebelacker y Johnson 1984 ++ **

Familia Sabellidae Latreille, 1825

Bispira melanostigma (Schmarda, 1861) **

Potamilla cf. *torelli* Malmgren, 1865 **

Clado, **PALPATA, Canalipalpata, Terebellida**

Familia Cirratulidae Carus, 1863

Caulleriella cf. *alata* (Southern, 1914) **

Cirriformia filigera (delle Chiaje, 1841) **

Cirriformia punctata (Grube, 1859) **

Dodecaceria fistulicola Ehlers, 1901*■

Familia Ampharetidae Malmgren, 1866

Amphicteis gunneri (Sars, 1835) **

Familia Pectinariidae Quatrefages, 1866

Pectinaria gouldii (Verrill, 1873) **

Familia Terebellidae Malmgren, 1867

Amaeana trilobata (Sars, 1863) *■

Euthelepus kritzleri Londoño Mesa, 2009 ■

Hauchiella sp. A Kritzler, 1984*■

Polycirrus cf. *denticulatus* de Saint Joseph, 1894 **

Familia Trichobranchidae Malmgren, 1866

Terebellides parvus Solís Weiss, Fauchald y Blankensteyn, 1991 **

Clado, **PALPATA, Canalipalpata, Spionida**

Familia Chaetopteridae Audouin y Milne Edwards, 1833

Phyllochaetopterus sp. 1 +

Phyllochaetopterus sp. 2 +

Familia Spionidae Grube, 1850

Microspio pigmentata (Reish, 1959) **

Paraprionospio yokoyamai Delgado Blas, 2004 *■

Pseudopolydora floridensis Delgado Blas, 2008 ■

7.2 Características ambientales

El oxígeno disuelto osciló entre un valor mínimo de 7.58 mg/L en el ambiente de RCM y uno máximo de 10.78 mg/L en Are. Los ambientes con los valores promedio más elevados fueron RCM (9.28 mg/L) y Are (9.14 mg/L) (Anexo II Tabla 1). En todos los ambientes se observó un incremento de los valores de oxígeno disuelto al noroeste de la laguna (Fig. 4).

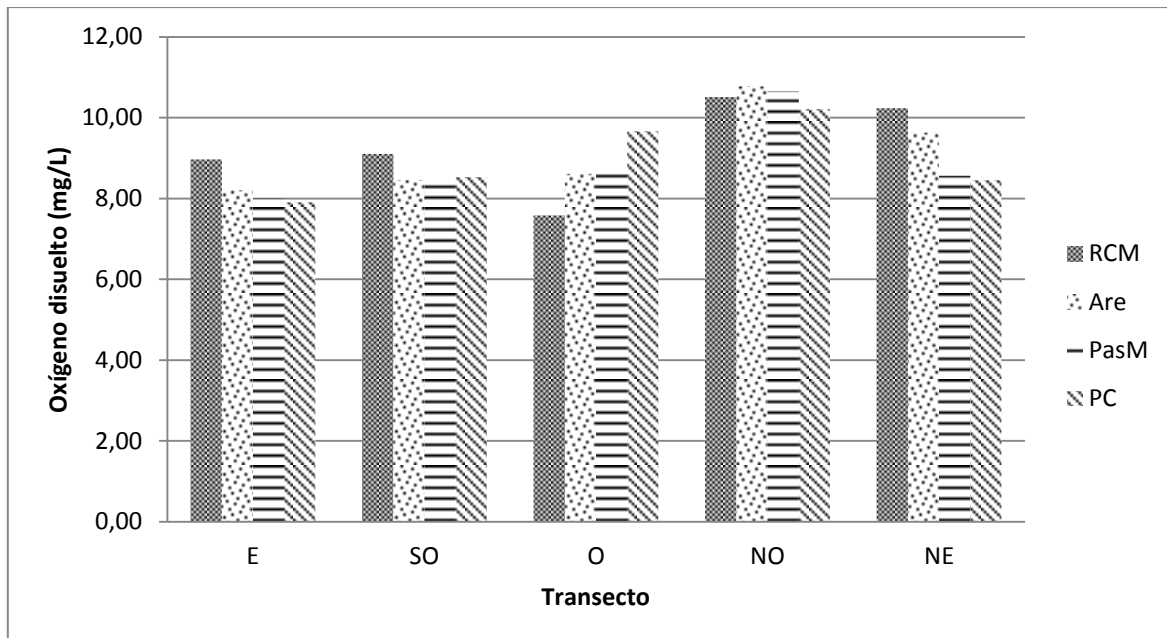


Fig.4 Variación del oxígeno disuelto (mg/L) por ambiente y por transecto, en la laguna arrecifal de Sacrificios. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.

Los valores de temperatura fluctuaron entre un valor mínimo de 24.4 °C en PasM y uno máximo de 26.6 °C en RCM, en este último ambiente se registró el valor promedio más alto de todos los ambientes (25.72 °C) (Anexo II Tabla 2). En general, la temperatura presentó un valor similar en toda la laguna, ésta disminuyó al alejarse de la línea de playa; aunque no se observó un patrón tan marcado. Las temperaturas más elevadas se alcanzaron al norte (Fig. 5).

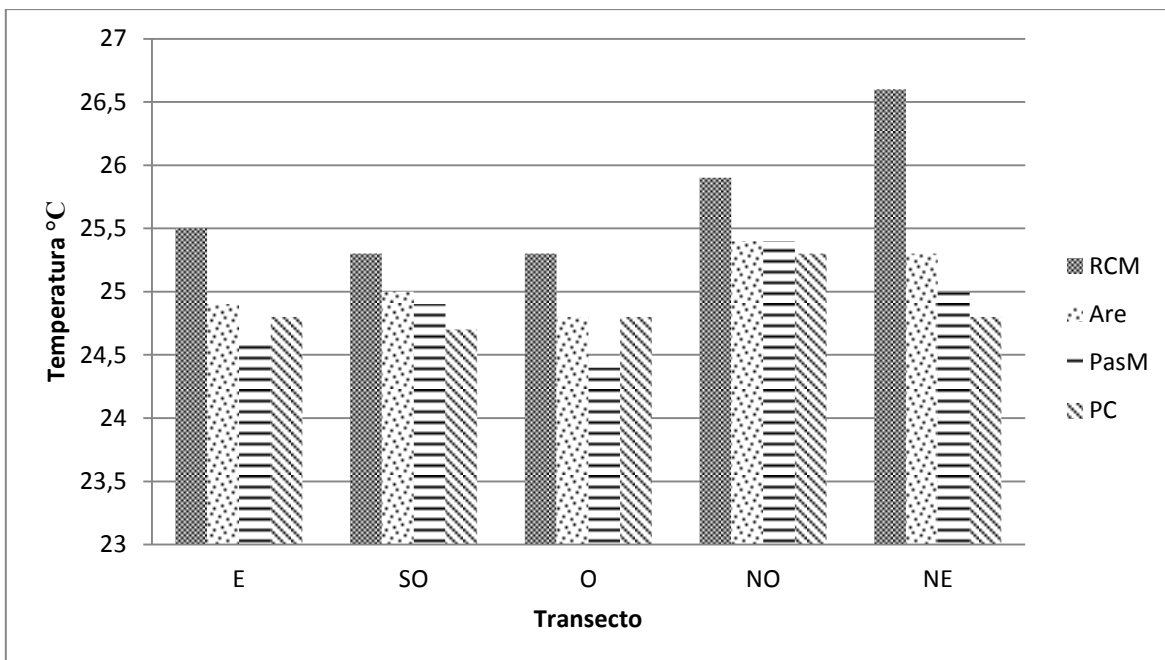


Fig. 5 Variación de la temperatura (°C) por ambiente y por transecto, en la laguna arrecifal de Sacrificios. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

Los valores de salinidad oscilaron entre un valor mínimo de 35 en el ambiente de RCM y un máximo de 40 en Are. El valor promedio más elevado se encontró en Are (37.9) (Anexo II Tabla 3). Los valores de salinidad más elevados de todos los ambientes se alcanzaron al norte, mientras que, los más bajos se registraron al oeste (Fig. 6).

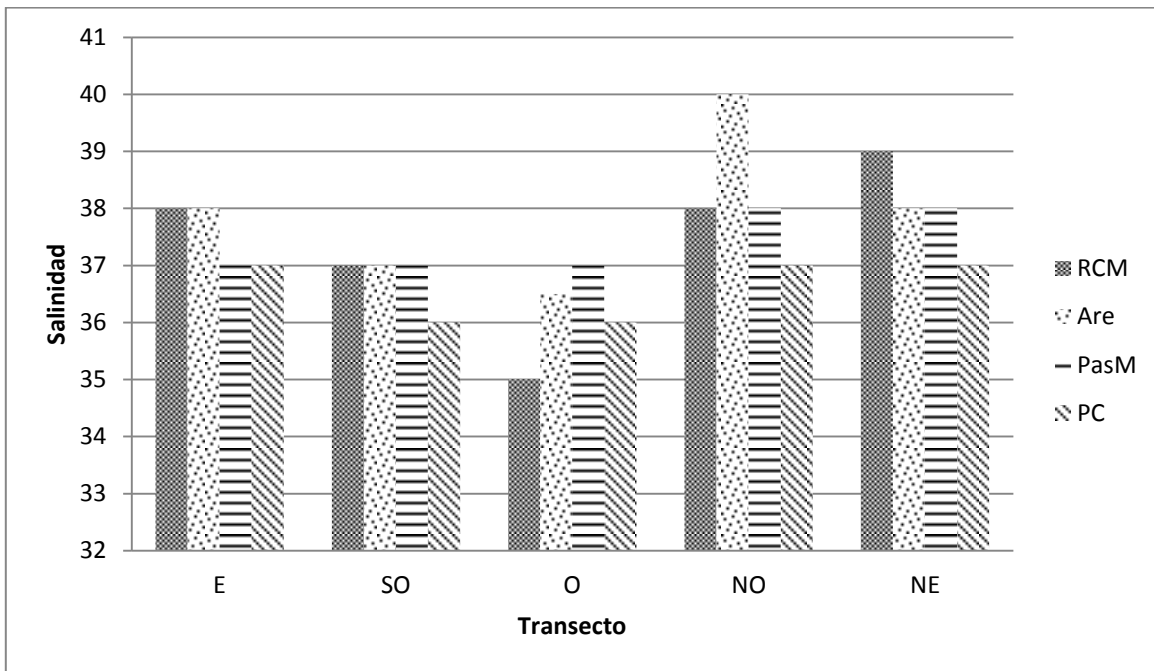


Fig. 6 Variación de la salinidad por ambiente y por transecto, en la laguna arrecifal de Sacrificios.
RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

Los valores de pH fluctuaron entre un valor mínimo de 8.1 en PC y un máximo de 8.6 en los ambientes de Are y PC. El valor promedio más elevado se encontró en RCM (8.38) (Anexo II Tabla 4). Los valores de pH más altos en todos los ambientes se presentaron en el noroeste de la laguna.

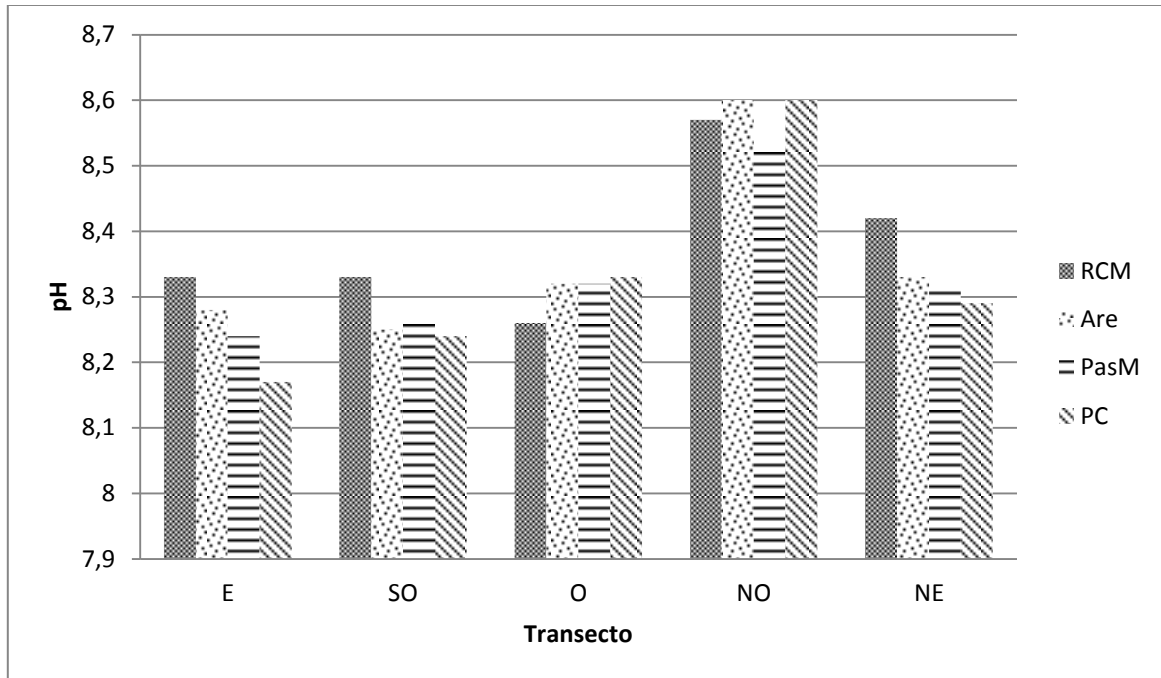


Fig. 7 Variación del pH por ambiente y por transecto, en la laguna arrecifal de Sacrificios. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

Se observó que, en general, en la laguna arrecifal de Sacrificios los parámetros ambientales registrados, aumentaron al noroeste de la laguna en todos los ambientes, volviendo a disminuir al noreste, en el caso de la temperatura y salinidad los valores del ambiente de RCM siguieron aumentando al noreste. Los valores más bajos se registraron al oeste. Los parámetros más homogéneos entre los ambientes y entre los transectos fueron la temperatura y el pH; mientras que, el oxígeno disuelto y la salinidad presentaron varianzas más elevadas (Anexo II, tablas 1-4).

7.3 Densidad

La densidad de poliquetos en la laguna arrecifal de Sacrificios fue de 59.75 ind. dm^{-3} . Las estaciones que presentaron la densidad más elevada fueron O (17 ind. dm^{-3}), NO (11.86 ind. dm^{-3}) y NE (7.69 ind. dm^{-3}), las tres de RCM, con densidades relativas de 28.45%, 19.86% y 12.87% respectivamente (Anexo III Tabla 1); seguidas por la estación O-PC (6.80 ind. dm^{-3} ; 11.39%). Estas cuatro estaciones, incluida O-PC, agruparon el 72.58% del total de los organismos. La estación con menos densidad fue NO-PC (0.10 ind. dm^{-3} ; 0.17%); mientras que, la estación O-PasM, no presentó ningún organismo (Fig. 8).

En cuatro transectos (E, O, NO y NE) el ambiente de RCM presentó las densidades más elevadas entre los ambientes. En los ambientes de Are y PasM las densidades más elevadas pertenecieron a los transectos E y NE; mientras que, en PC las densidades más altas se registraron en los transectos SO y O.

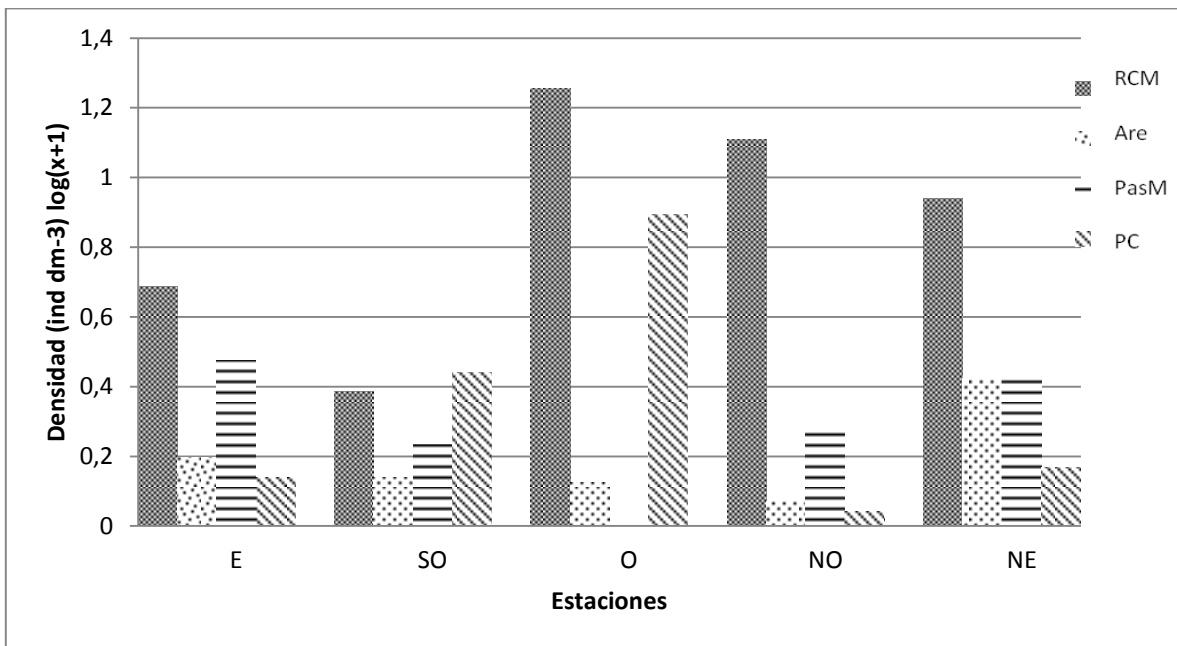


Fig. 8 Densidad de organismos por ambiente y por transecto, en la laguna arrecifal de Sacrificios. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

7.4 Riqueza específica

La estación con la riqueza de especies más elevada fue NO-RCM (18 especies), del mismo ambiente las estaciones E (11 especies) y O (10 especies) también presentaron valores de riqueza específica elevados. La estación NE-PasM presentó 12 especies: mientras que, SO y O en PC, presentaron 9 especies. Las estaciones con densidad más baja fueron NO-Are (1 especie), NO-PC (1 especie) y O-PasM la cual no tuvo ningún organismo (Fig. 9).

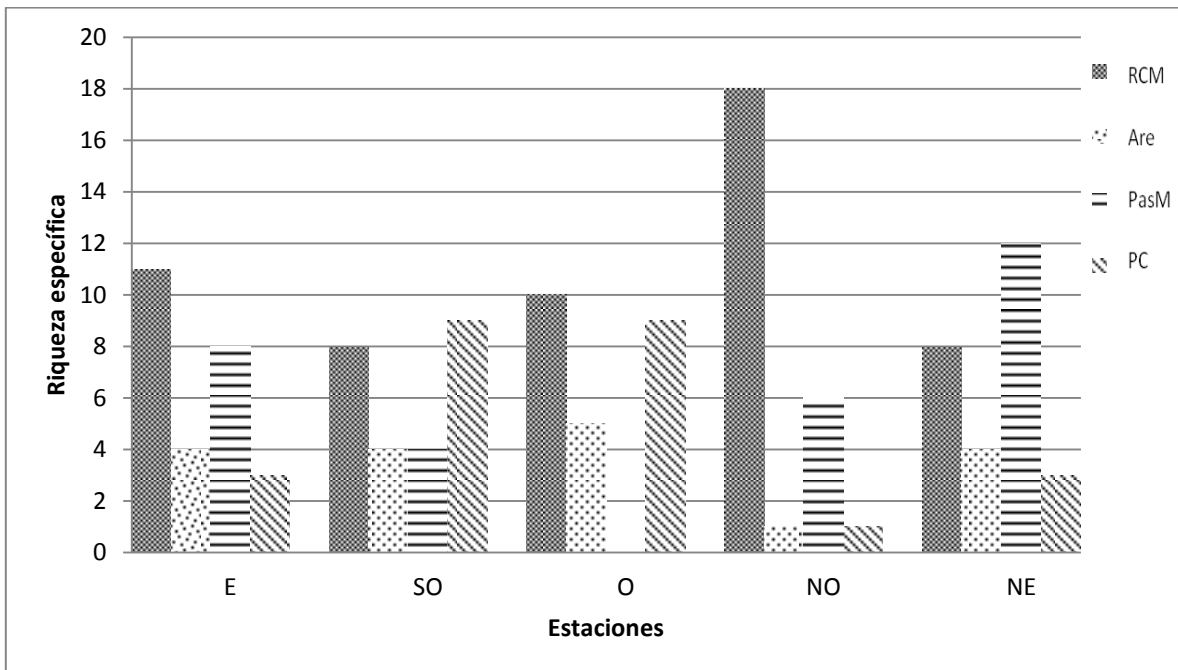


Fig. 9 Riqueza de especies por ambiente y por transecto, en la laguna arrecifal de Sacrificios.

RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

7.5 Dominancia

Las especies dominantes en términos de densidad y frecuencia en el ambiente de RCM fueron: *Cirriiformia filigera* (IVB 30), *Eurythoe complanata* (19), *Paramphinome* sp. B (17), *Dodecaceria*

fistulicola (12) y *Lumbrineris* cf. *coccinea* (9) (Anexo IV Tabla 1). Las especies dominantes en Are fueron: *Cirriformia filigera* (18), *Paramphinome* sp. B (10) y *Leitoscoloplos fragilis* (6) (Anexo IV Tabla 2). En el ambiente de PasM: *Cirriformia filigera* (17), *Mooreonuphis dangrigae* (15) y *Terebellides parvus* (10) fueron las especies dominantes (Anexo IV Tabla 3); mientras que, en PC: *Cirriformia filigera* (13), *Caulleriella* cf. *alata* (11) y *Terebellides parvus* (9) fueron dominantes (Anexo IV Tabla 4).

La especie dominante en toda la zona de estudio fue *Cirriformia filigera* ya que ésta presentó una densidad y frecuencia elevadas en todos los ambientes.

7.6 Diversidad

Los valores de diversidad fluctuaron entre 1.37 en la estación NE-PC y 3.29 en las estaciones NO-RCM y NE-PasM. Los valores más altos se encontraron en el ambiente de RCM; mientras que, los más bajos se encontraron en PC (Anexo V Tabla 1). Las estaciones NO-Are y NO-PC presentaron sólo una especie (*Cirriformia filigera* y *Mooreonuphis dangrigae* respectivamente).

En las estaciones NO-RCM y NE-PasM se registraron los valores más elevados de riqueza específica y diversidad, además de una alta equidad (Fig. 10). En general, los valores de equidad fueron altos, con un valor promedio de 0.81, excepto en las estaciones NE-RCM (0.53) y O-PC (0.46) donde *Marphysa orenzansi* y *Bispira melanostigma* respectivamente, presentaron densidades elevadas.

Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.

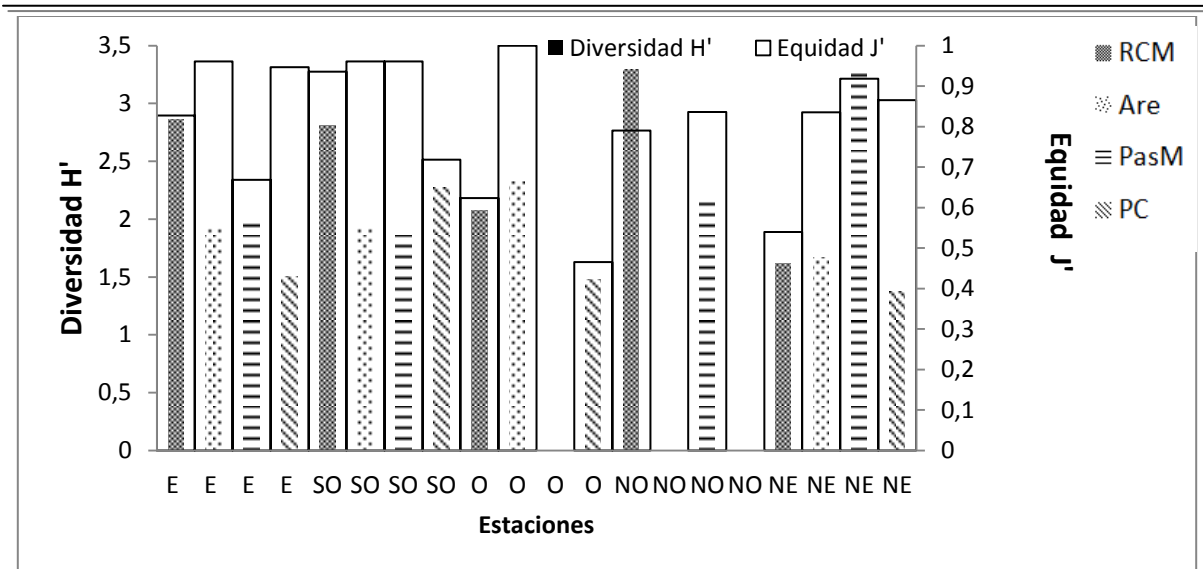


Fig. 10 Diversidad (H') y equidad (J') de especies por ambiente y por estación, en la laguna arrecifal de Sacrificios. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

En general, los valores de diversidad fueron cercanos a los de diversidad máxima (Anexo V Tabla 1), ya que en la mayoría de las estaciones la equidad tuvo valores elevados; exceptuando algunas estaciones, las cuales presentaron densidades altas de ciertas especies; así como, NO-Are y NO-PC con sólo una especie y O-PasM sin ningún organismo. (Fig. 11).

En el ambiente de RCM en la estación O se registró una densidad elevada de dos especies: *Cirriformia filigera* y *Pseudopolydora floridensis*; la estación NE tuvo densidad alta de la especie *Marphysa orenzansi*; mientras que, en PasM la estación E tuvo una densidad alta de la especie *Mooreonuphis dangrigae*. En PC en las estaciones SO y O se presentaron densidades elevadas, en la primera estación, de la especie *Paraprionospio yokoyamai* y en la segunda de *Bispira melanostigma*. Por lo que todas estas estaciones presentaron una baja equidad.

En general, en el transecto O se registraron dos estaciones con diversidad máxima alta y equidad baja, además de, una estación sin organismos; mientras que, en el transecto NO se registraron dos estaciones con solo una especie por estación.

Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.

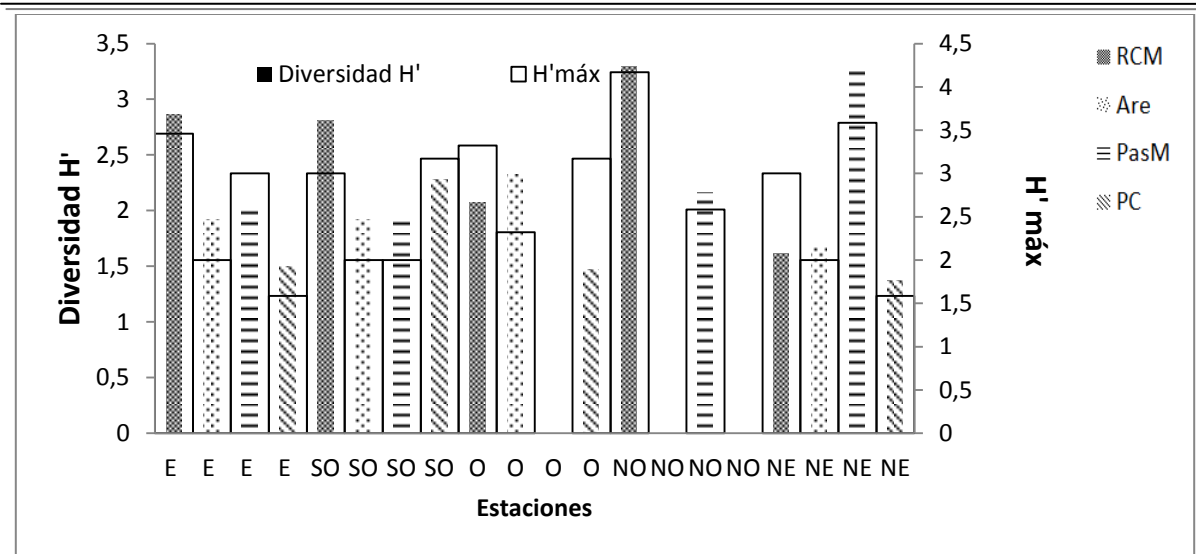


Fig. 11 Diversidad (H') (bits/ind.) y diversidad máxima (H' máx) de especies por ambiente y por estación, en la laguna arrecifal de Sacrificios. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

7.7 Agrupamientos faunísticos

En el análisis de agrupamiento se obtuvieron cuatro grupos faunísticos (Fig. 12): El grupo **A** conformado por O-PC y NE-Are; el grupo **B** de RCM formado por las estaciones E, SO, O y NO; el grupo **C** con las estaciones E-PC, SO-Are y NO-Are y el grupo **D** conformado por E, NO, NE, SO de PasM, SO y NE de PC.

Las estaciones E-Are, O-Are, NO-PC y NE-RCM se encontraron separadas del resto, sin formar grupos; estas estaciones son las únicas en las que no se presentó la especie *Cirriformia filigera*.

Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.

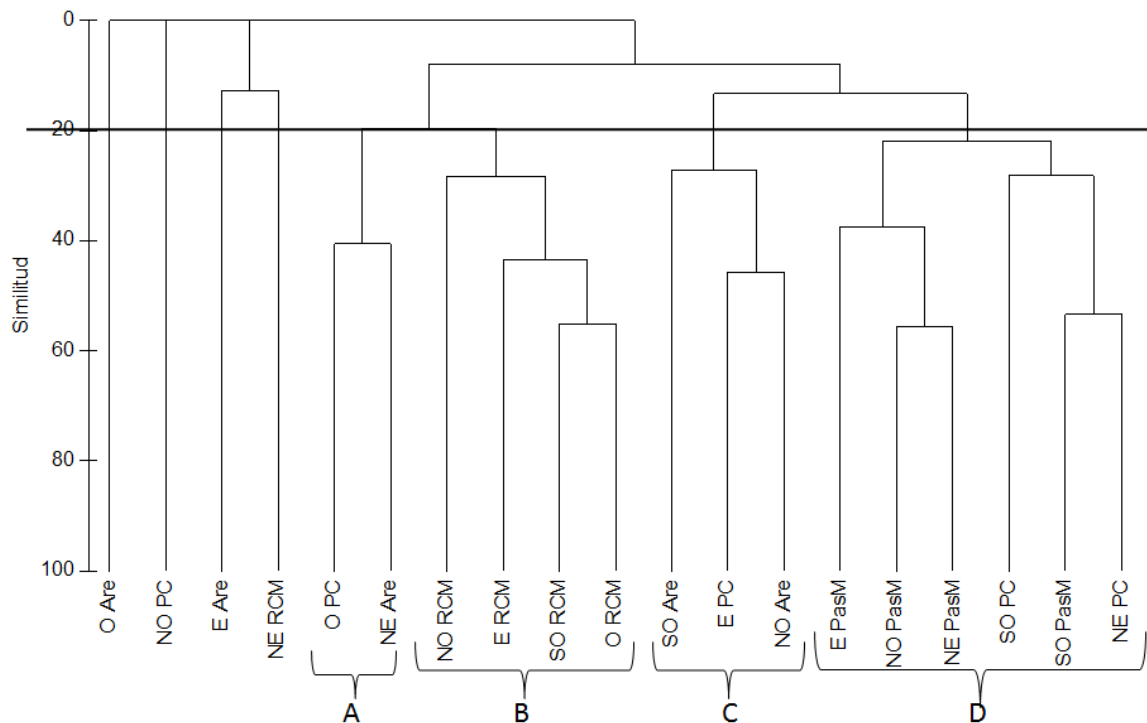


Fig. 12 Análisis de agrupamiento cluster de las estaciones de muestreo de la laguna arrecifal de Sacrificios con base en la densidad de organismos.

Con el análisis SIMPER se obtuvo que el grupo **A** (O-PC y NE-Are) tuvo una similitud del 40.56% y las especies que contribuyeron a su formación fueron: *Cirriformia filigera* (42.63%) y *Naireris dentritica* (31.17%), que juntas contribuyeron con el 73.8% a la formación del grupo. El grupo **B** (E, SO, O y NO, todas de RCM) presentó una similitud del 42.30% y las especies que en conjunto contribuyeron con el 61.08% a su formación fueron: *Cirriformia filigera* (25.10%), *Paramphinome* sp. B (19.36%), y *Eurythoe complanata* (16.62%). El grupo **C** (E-PC, SO y NO de Are) tuvo una similitud del 39%, la única especie que contribuyó a la similitud del grupo fue *Cirriformia filigera*. Por último en el grupo **D** (E, SO, NO y NE de PasM; SO y NE de PC), con una similitud del 35.74%, las especies que contribuyeron con el 66.21% a su formación fueron: *Cirriformia filigera* (41.89%) y *Terebellides parvus* (24.32%).

En el análisis de ordenación (NMDS) se separaron los mismos grupos obtenidos en el cluster (Fig. 13), a pesar de que el valor de estrés fue un poco elevado (considerando que 0.1 corresponde a una buena ordenación sin perder información al reducir a dos dimensiones y 0.2 es una ordenación poco confiable, (Clarke y Gorley, 2001)). En la figura se observó que el ambiente de RCM fue diferente faunísticamente al resto; así como, el ambiente de PasM.

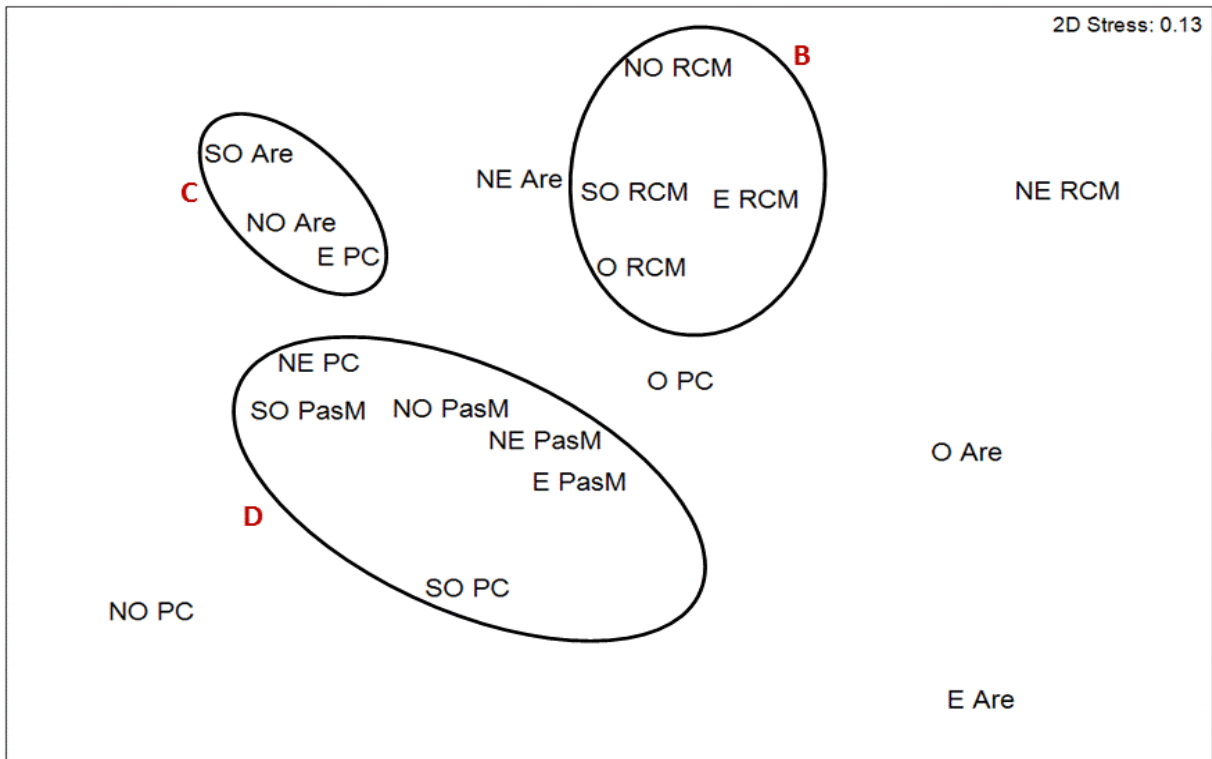


Fig. 13 NMDS de las estaciones de muestreo de la laguna arrecifal de Sacrificios con base en la densidad de especies.

7.8 Diversidad beta

En el análisis de diversidad beta se obtuvieron valores superiores a 0.6, lo que refleja la heterogeneidad faunística de la zona (Fig. 14). Los cambios más marcados en la composición faunística se observaron al pasar del ambiente de RCM al de Are; el recambio de especies entre estos dos ambientes fue mayor al 80% (diversidad beta entre 0.83 y 1). Entre Are y PasM el recambio fue mayor al 60% (diversidad beta entre 0.62 y 1) y entre PasM y PC fue también mayor al 60% (diversidad beta entre 0.63 y 1).

El recambio de especies más elevado entre Are-PasM y PasM-PC se observó en el transecto oeste, lo que quiere decir que el 100% de las especies cambió de un ambiente a otro; mientras que, el de RCM-Are se ubicó en el transecto noreste.

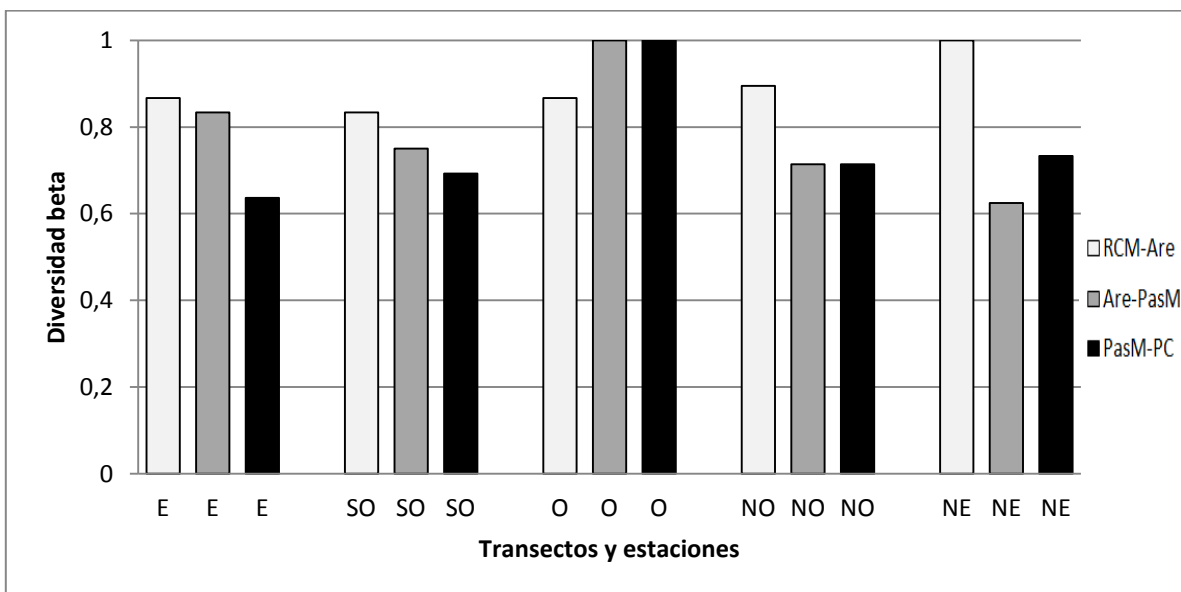


Fig. 14 Diversidad beta de los ambientes de la laguna arrecifal de Sacrificios, con base en datos de presencia-ausencia de especies. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

8. DISCUSIÓN

Características ambientales

Los valores de oxígeno registrados previamente en la laguna de Sacrificios se encuentran entre 4.5 y 8.49 mg/L con los valores más elevados en la zona sur y suroeste. Estos valores se atribuyeron al oleaje de esta región del arrecife (Domínguez Castanedo, 2007); sin embargo, en el presente estudio, los valores promedio registrados fueron mayores y los valores más elevados de la laguna se registraron al noroeste. Los valores elevados de oxígeno disuelto se pueden dar como resultado de la influencia del oleaje que incrementa su concentración, si se considera lo somero de las estaciones. Las concentraciones de oxígeno son usualmente elevadas en los niveles superiores de la columna de agua. Esta condición se ve acentuada por el intercambio continuo de gases entre el mar y la atmosfera (Hernández Alcántara, 2002), como es el caso del ambiente de RCM, el cual no se había estudiado previamente en este arrecife. El incremento en la concentración de oxígeno disuelto en la zona norte de la laguna puede atribuirse al aumento en la fotosíntesis (Sepúlveda Lozada, 2004), dado que es aquí, en la zona de barlovento, donde se han encontrado los valores más elevados de abundancia y biomasa de *Thalassia testudinum* durante la temporada de secas en la laguna del arrecife Sacrificios (Ibarra Morales y Abarca Arenas, 2007). El transecto noroeste, presenta tamaños de grano más grandes (Domínguez Castanedo, 2007), *T. testudinum* tiende a extenderse y a colonizar zonas donde el sedimento es grueso, lo cual puede determinar su distribución (Ibarra Morales y Abarca Arenas, 2007); asimismo, debido a que su crecimiento es principalmente clonal o vegetativo, la planta posiblemente busque zonas que sean más “permeables” para así poder desplazarse y dar un nuevo brote; al haber una mayor cantidad de pastos marinos en la zona norte, mayor será la fotosíntesis y por lo tanto la concentración de oxígeno de la columna de agua.

Se observó que la temperatura disminuyó al alejarse de la línea de playa hacia afuera. Al ser una zona somera, la irradiación solar es mayor en la superficie y por ello se nota este gradiente de temperatura (Domínguez Castanedo, 2007). Por lo que, los valores más elevados se registraron en las estaciones de RCM, seguido de Are, PasM y PC, aunque no con un patrón tan marcado. El aumento que se registró al norte puede atribuirse a que el agua se mantiene sin tanto cambio en esa zona, debido al grado de protección de ese sitio creado por su desarrollada barrera arrecifal que

disminuye la exposición a las corrientes. Domínguez Castanedo (2007) registró, en el mes de junio, valores de temperatura entre 26.86 y 28.18°C, en este caso los valores registrados fueron menores.

Dado lo somero de las estaciones (la profundidad de las estaciones de muestreo fluctuó de 0.22 m a 4 m) se han encontrado valores altos de salinidad en la laguna de Sacrificios. Los valores de salinidad caen dentro del intervalo de valores registrados por Domínguez Castanedo para el área de estudio (2007, 2012). Los valores por encima de 35 se deben a la evaporación y a la poca profundidad, con lo cual se concentran las sales del agua (Domínguez Castanedo, 2007).

Los valores de pH se encuentran dentro del intervalo normal registrado para el agua de mar (7.5 a 8.5), es ligeramente básico debido al sedimento carbonatado presente en la laguna arrecifal. En la zona noreste hay más desarrollo de las formaciones coralinas y restos de las mismas, lo cual puede contribuir a la formación de los sedimentos carbonatados (Domínguez Castanedo, 2007).

En general, en el transecto oeste, se registraron valores relativamente bajos de todos los parámetros. Esta zona presenta una plataforma estrecha y un cambio en la profundidad de 1 a 4 metros, es el más profundo de la laguna arrecifal; aunque la mayoría de las estaciones presentan profundidades semejantes, principalmente del lado oeste la longitud de la laguna es más reducida, por lo que el cambio en la profundidad es más abrupto (Domínguez Castanedo, 2007). Del lado oeste prevalecen tamaños de grano grandes, lo que refleja energía alta (Syms y Jones, 2004). En esta zona no hay un desarrollo tan marcado de la barrera arrecifal, los procesos físicos tales como la intensidad de las olas y las mareas dominan (Domínguez Castanedo *et al.*, en revisión), lo que la hace una zona expuesta.

Caracterización y comparación de la estructura comunitaria

En general, se observó que las estaciones no se agruparon en transectos, pero si en ambientes. Esto se hizo más notorio en el NMDS en el que se separan las estaciones de RCM y las de PasM de las de Are y PC; lo que nos separa tres ambientes diferentes faunísticamente. El análisis de la diversidad beta respalda esta separación entre ambientes ya que el grado de recambio de especies entre ambientes reflejó esta heterogeneidad faunística en la laguna. En particular, los valores más

elevados de diversidad beta se observaron al pasar del ambiente de RCM al de Are; se registraron de 43 especies 4 en común, lo cual señala que el ambiente de RCM es diferente faunísticamente al resto. Entre el ambiente de Are y PasM el recambio de especies también fue elevado; de 28 especies hubo 5 en común. De igual manera, al pasar del ambiente de PasM al de PC el recambio de especies fue alto; de 25 especies 13 fueron comunes. Por lo cual se puede caracterizar a cada uno de estos ambientes por separado.

Ambiente de roca de coral muerto

Este ambiente presentó una densidad y riqueza específica de poliquetos elevada, dado que tan solo tres estaciones (O, NO y NE) agruparon el 61% del total de los organismos. Su densidad y riqueza de especies elevada se debe a que el grupo de los poliquetos, generalmente, constituye hasta dos terceras partes de la macrofauna críptica de un arrecife (Hutchings, 1981; Moreno *et al.*, 1998). En estos ambientes, en el Golfo de México, este grupo ha llegado a constituir hasta un 60% de la criptofauna (Ochoa Rivera, 1996). Diecinueve especies fueron exclusivas a dicho ambiente, entre éstas, cuatro son especies potencialmente nuevas y 10 pertenecen a la familia Eunicidae.

Las especies dominantes del ambiente de RCM coincidieron con las que definieron el agrupamiento de este ambiente. De acuerdo con el IVB las especies dominantes de RCM fueron: *Cirriformia filigera*, *Eurythoe complanata*, *Paramphinome* sp. B, *Dodecaceria fistulicola* y *Lumbrineris* cf. *coccinea*. De acuerdo con el análisis SIMPER: *Cirriformia filigera*, *Paramphinome* sp. B, y *Eurythoe complanata* definieron al grupo de RCM, ya que contribuyeron con el 61 % a la formación de éste.

La especie *Cirriformia filigera* no se registró en la estación E por lo que esta estación de RCM no se agrupó con las demás de este ambiente en los análisis multivariados; a pesar de que, 6 de sus 8 especies registradas se encontraron como exclusivas a este ambiente.

Los cirratúlidos son en su mayoría organismos de vida libre y tubícolas, algunas especies perforan el coral, además de ser habitantes comunes de zonas someras (Fauchald y Jumars, 1979; Wolf, 1984). Son animales excavadores que permanecen debajo del sedimento superficial, de las piedras y se mezclan con conchas (Bestwick *et al.*, 1989; Blake, 1996) o están asociados con algas (Blake, 1996). Algunas especies pueden esconderse en los corales y sustratos calcáreos, o incluso construir

tubos calcáreos (Fauchald y Jumars, 1979). *Cirriiformia filigera* fue la especie dominante en este estudio, en los cuatro ambientes analizados. Este organismo ya ha sido registrado en Veracruz (De León González, 2002). La especie *C. filigera* se encontró en sustratos de arena y roca, de todos los arrecifes estudiados por Ochoa Rivera (1996) en su estudio sobre criptofauna de los principales arrecifes del sur del Golfo de México, afirma que la familia Cirratulidae es característica de estos ambientes coralinos. Cabe mencionar que en estudios previos sobre la macrofauna en la laguna del arrecife Sacrificios esta especie no fue registrada. *C. filigera* es común en las playas de arena fina a gruesa mezclada con rocas (Rizzo, 2000). Como otros de sus congéneres, *C. filigera* normalmente se encuentra en ambientes anóxicos, (Warren, 1981; Bestwick *et al.*, 1989); aunque esto no necesariamente se cumple, ya que en este estudio los niveles de oxígeno disuelto fueron elevados. Observaciones en laboratorio indican que *C. filigera* se alimenta selectivamente de depósitos superficiales y utiliza sus palpos acanalados para capturar su comida, sin embargo, también fueron observados succionando e ingiriendo algunos granos de arena directamente con la boca (Pardo y Amaral, 2004), gracias a que poseen una lengua prensil (Dales, 1970). Estas características le confieren cierta facilidad para habitar sustratos duros o blandos y ser una especie dominante adaptable y tolerante a cambios ambientales. La especie *Dodecaceria fistulicola* ha sido registrada en el Golfo de México pero es un nuevo registro para el PNSAV y se encontró exclusivamente en el ambiente de roca de coral muerto.

Los anfinómidos están bien representados en aguas someras de zonas arrecifales arenosas; se pueden encontrar bajo las rocas. Su boca tiene un labio inferior reversible usado para raspar y posiblemente para apretar la comida. La especie *Eurythoe complanata* está usualmente oculta durante las horas del día. Parece ser más carroñera que carnívora, al menos cuando está enclavado en las rocas (Fauchald y Jumars, 1979). *Paramphinome* sp. B es carnívoro, puede alimentarse de otros poliquetos, corales, anémonas o de carroña; de este modo, los anfinómidos presentan diversas estrategias de alimentación características de fondos arenosos y con corales (Gray, 1981). Estas especies ya se han registrado en el PNSAV, en el arrecife Sacrificios (Domínguez Castanedo, 2007; 2012) y asociadas a rocas de coral muerto en Isla Cozumel, Quintana Roo (Yáñez Rivera, 2004).

Los lumbrinéridos son excavadores en arena o lodo, carnívoros y sedimentívoros no selectivos. *Lumbrineris coccinea* ha sido registrado en el arrecife Hornos (del Castillo Sarabia, 2007) en fondos blandos y se registró un organismo en roca en el arrecife Triángulos Oeste, del sur del Golfo

de México (Ochoa Rivera, 1996). En este estudio se encontró sólo en las estaciones del ambiente de RCM.

La familia Eunicidae es característica de ambientes coralinos. Los eunícidos ocupan diversos hábitats, muchas veces están asociados con fondos duros y aguas someras, se pueden caracterizar como excavadores que forman galerías en fragmentos de coral muerto con paredes cubiertas de mucus; o bien, fijos en fisuras o intersticios de rocas, esponjas y corales. Forman parte de la criptofauna horadora en el arrecife (Hutchings, 1978; Fauchald, 1992; Ochoa Rivera, 1996); por lo que se presentaron únicamente en las estaciones de RCM; sin embargo, no fueron especies dominantes en este estudio debido a su baja frecuencia. La especie *Marphysa orenzansi*, la cual es nuevo registro para el PNSAV, tuvo una densidad elevada al noreste. Los eunícidos son errantes o tubícolas, habitantes frecuentes de arrecifes de coral, arenas y ocasionalmente sustratos lodosos. Muchas especies son fundamentales en la descomposición de la roca coralina ya que sus mandíbulas y maxilas complejas son utilizadas para raspar dicha roca. El género *Marphysa* es herbívoro, omnívoro y detritívoro (Uebelacker y Johnson, 1984), por lo que es común encontrarlo con una densidad alta en sustratos duros.

En el ambiente de RCM se encontraron los valores de diversidad más elevados. En las comunidades faunísticas los valores de diversidad fluctúan entre 1.5 y 3.5 y ocasionalmente rebasan los 4.5 (Bravo, 1991) ya que, valores superiores indicarían un sesgo sobre la estimación del número de especies. Al noroeste se registraron los valores de diversidad y equidad más elevados, dicha zona también tuvo el valor de riqueza específica más alto. Tal resultado puede estar dado por el grado de protección de este sitio creado por una barrera arrecifal desarrollada que disminuye la exposición a corrientes, viento y oleaje o por la heterogeneidad física que presenta la porosidad de los corales muertos. Del lado oeste y noreste se presentó una diversidad máxima alta y equidad baja debido a densidades elevadas de las especies *C. filigera* y *Pseudopolydora floridensis* al oeste y *Marphysa orenzansi* al noreste. La especie *P. floridensis* es un nuevo registro para el PNSAV. Delgado Blas menciona que *P. floridensis* habita en tubos de arena-lodosa en fondos blandos, sin embargo, aquí fueron abundantes en RCM. Algunas especies del género *Polydora* están especialmente adaptadas para perforar dentro de los sustratos duros o del coral muerto, usando sus espinas fuertes o su quinto setígero modificado para este propósito (Hartman, 1941; Day, 1967). Ciertas especies de *Polydora* habitan sustratos duros arriba de la superficie del sedimento y han sido observadas usando sus

palpos peristomiales para atrapar plancton y partículas de detritos suspendidas (Fauchald y Jumars, 1979).

La mayoría de las especies presentes en estas estaciones son típicas de este tipo de ambientes, de fondos duros y aguas someras, algunos forman galerías en fragmentos de coral muerto, otros aprovechan los surcos y fisuras del sustrato para resguardarse. Estas características morfológicas y etológicas son el resultado de adaptaciones para habitar este tipo de ambientes, formando parte de la criptofauna horadora u oportunista en el arrecife (Ochoa Rivera, 1996).

Ambiente de pastos marinos

El ambiente de PasM presentó una densidad y riqueza específica más elevada que el de Are y PC, específicamente en el norte y este. En esta zona se registró la diversidad más alta del ambiente de PasM. Dicha zona presenta abundancia elevada de *Thalassia testudinum*, debido al grado de protección de este sitio creado por una desarrollada barrera arrecifal que disminuye la exposición a corrientes. Al oeste no se encontró ningún organismo en este ambiente, de este lado de la laguna hay más desarrollo coralino, lo que implica que la mayor parte del sustrato es duro y solo quedan parches arenosos entre las formaciones de coral; “entre la *Thalassia* también había fragmentos de coral vivo y muerto por lo que el sustrato era predominantemente duro” (Domínguez Castanedo, 2007). La especie *Mediomastus* cf. *californiensis* fue exclusiva a este ambiente, con una densidad baja.

La especie *M. californiensis* fue dominante en el arrecife Sacrificios en el estudio de Domínguez Castanedo (2007), en tal estudio, esta especie se encontró en zonas de pastos marinos y arena rodeada de arrecifes de coral, donde al parecer buscan refugio de la depredación, la luz y la desecación. Granados Barba (2001) categorizó a *M. californiensis* como especie rara ocasional de distribución restringida en temporada de lluvias en la sonda de Campeche. En general, se considera que los capitélidos son sedimentívoros móviles no selectivos, con lo cual se pueden adaptar a casi cualquier tipo de condiciones (Fauchald y Jumars, 1979).

Las especies dominantes del ambiente de PasM coincidieron con las que definieron el agrupamiento de este ambiente. *Cirriiformia filigera*, *Mooreonuphis dangrigae* y *Terebellides parvus* fueron las

dominantes. De acuerdo con el análisis SIMPER *C. filigera* y *T. parvus* definieron al grupo de PasM, ya que contribuyeron con el 66 % a la formación de éste.

Todos los onúfidos son tubícolas, pero son capaces de moverse durante periodos de estrés (recursos limitados de alimento, agotamiento del oxígeno disuelto o cambios en la salinidad) y construir nuevos tubos o llevarlos con ellos (Uebelacker y Johnson, 1984). Los onúfidos se han repostado en todo el mundo, en todos los océanos y profundidades (Glèmarec, 1991). Desde sus tubos pueden formar densas agregaciones, estos poliquetos pueden ser bastante importantes en la estabilización de sedimentos marinos (Carrera Parra, 2009). Son considerados omnívoros excavadores, probablemente oportunistas y pueden llegar a ser especialistas con una fuente de alimento abundante (Fauchald y Jumars, 1979). La especie *Mooreonuphis dangrigae* se ha recolectado en Tabasco, Campeche y Yucatán en la zona intermareal a 101 m, en lodo arenoso con hidrocarburos, arena lodosa con grava y arena mezclada con restos de coral (Solís Weiss, 1998). *M. dangrigae* ya se ha registrado en el arrecife Sacrificios (Domínguez Castanedo, 2007). En este estudio no fue exclusiva a este ambiente pero si frecuente en todas sus estaciones. En la zona este se registró una densidad elevada de la especie *M. dangrigae*.

Los tricobránquidos viven en su mayoría en tubos lodosos, generalmente no muy bien consolidados, en especial en sedimentos someros donde llegan a ser abundantes. Son consumidores de depósito no selectivos o detritívoros, principalmente se alimentan de bacterias y depósitos de algas que cubren las partículas sedimentarias que ingieren (de León Gonzales *et al.*, 2009). Regularmente se encuentran en pastos marinos (Uebelacker y Johnson, 1984) por lo que, no es raro encontrar a *Terebellides parvus* como una de las especies dominantes en pastos marinos.

La densidad y diversidad de especies está relacionada directamente con la presencia de *Thalassia testudinum*. Los pastos marinos juegan un papel muy importante en el reciclado de nutrientes en la costa, acelerando la fijación de nitrógeno e incrementando el flujo de nutrientes difusos hacia aguas locales (Short y McRoy, 1984). Estos ecosistemas anclan y filtran el sedimento, contribuyendo a la claridad del agua, la depositación del sedimento y la estabilidad de la línea de costa. (Solana Arellano, 2001). Son productores primarios altamente eficientes que constituyen una fuente de alimentación para numerosos organismos (Kikuchi y Perés, 1977), un hábitat para un gran número de especies que los utilizan como áreas de crianza, reproducción, protección y alimentación (Ibarra Obando y Ríos, 1993; Cruz Ábrego, *et al.*, 1994).

Ambiente de arena y arena rodeada por parches de coral

Los ambientes de Are y PC no se agruparon faunísticamente con otros, pero tampoco se separaron completamente entre ellos; ambos no fueron ambientes por sí mismos. Se encontró que el ambiente de Are no representó una diferencia para la fauna cuando presenta parches de coral que estando al descubierto.

La arena al descubierto está expuesta y sin sustrato para la fijación de los organismos o alguna protección para los mismos. El efecto de las mareas es más evidente en esta zona ya que, durante la marea baja la arena queda expuesta por lo que la densidad y la riqueza de especies en este ambiente fueron las más bajas de la laguna; de estas densidades, las más elevadas se encontraron en el noreste y este como en el resto de los ambientes.

En el ambiente de PC las densidades más elevadas se registraron al oeste y suroeste; a pesar de ser una zona expuesta por la intensidad de las olas y las mareas dado por un desarrollo menor de su barrera arrecifal, los organismos pueden encontrar refugio de la depredación y la desecación cerca de los parches de coral. Los poliquetos con escasa movilidad pueden encontrar protección y alimentación, así como sitios de fijación, en los parches de coral (Drew y Eggleston, 2006).

La presencia de pastos marinos, así como de parches de coral tiene consecuencias importantes para la comunidad bentónica, donde se ha demostrado que la fauna asociada a este tipo de hábitats es de dos a 25 veces más diversa y abundante que la de los fondos de arena circundantes (Díaz *et al.*, 2003).

De acuerdo con los análisis multivariados se obtuvieron dos grupos formados por ambientes de Are y PC y de acuerdo con el análisis SIMPER se obtuvo que las especies que contribuyeron a la formación del grupo A (O-PC y NE-Are) fueron *Cirriformia filigera*, *Naireris dentritica* y *Paramphinome* sp. B; mientras que, en el grupo C (E-PC, SO y NO de Are), la única especie que contribuyó a la similitud del grupo fue *Cirriformia filigera*, este grupo además de compartir solo dicha especie, presentó abundancias bajas. Estos dos grupos son diferentes entre sí por su diversidad y abundancia.

De acuerdo con el IVB las especies dominantes en Are fueron: *Cirriformia filigera*, *Paramphinome* sp. B y *Leitoscoloplos fragilis*. Los orbínidos se encuentran en numerosos ambientes, tanto costeros, como en bahías y fondos blandos areno lodosos, o con vegetación sumergida. Se entierran en sedimentos blandos de tipo lodoso o arenoso pero sin llegar a hacer tubos de ningún tipo (de León Gonzales *et al.*, 2009). La especie *Leitoscoloplos fragilis* habita en lodo, arena fina a media y fragmentos de conchas; ha sido registrada en la laguna de Tamiahua y Tampamachoco en Veracruz y Términos en Campeche (Solís Weiss, 1998).

Las especies dominantes en PC fueron: *Cirriformia filigera*, *Caulleriella* cf. *alata* y *Terebellides parvus*. El cirratulido *Caulleriella* cf. *alata* ya ha sido registrado en el arrecife Sacrificios por Domínguez Castanedo (2007) sin preferencia por algún tipo de ambiente.

En la estación suroeste del ambiente de PC se registró una densidad alta de *Paraprionospio yokoyamai* y en el oeste una densidad elevada de *Bispira melanostigma*; mientras que, en el noroeste sólo se registró una especie (*Mooreonuphis dangrigae*). La especie *P. yokoyamai* habita en arena lodosa, desde los 16 hasta los 100 m de profundidad, de 22 a 28 °C y en salinidades desde los 36 a los 37 (Delgado Blas, 2004). En este caso se encontró a escasa profundidad (la profundidad en las estaciones de muestreo fluctuó desde los 0.22 m hasta los 4 m), y fue una especie exclusiva del ambiente de PC.

Los espiónidos se han considerado como una de las familias abundantes y de riqueza específica elevada de las comunidades bénticas en aguas poco profundas (Blake y Kudenov, 1978), tanto en el Golfo de México y Mar Caribe (Foster, 1971); así como en los mares mexicanos (Hernández Alcántara *et al.*, 1994). *Paraprionospio yokoyamai* es abundante y ampliamente distribuida en las aguas mexicanas, ha sido frecuentemente dominante y conspicua en las comunidades marinas bénticas, por lo que es considerada como cosmopolita (Hernández Alcántara *et al.*, (1994); de León González (1994) y Granados Barba (1994)). *P. yokoyamai* fue una especie con densidad y frecuencia elevadas en las descargas de los ríos que delimitan el SAV en temporada de nortes (Álvarez Aguilar, 2011).

Bispira melanostigma es habitante de sustratos blandos, formadora de tubos (Fauchald *ed al.*, 2009) ya ha sido registrada en el PNSAV. (Domínguez Castanedo, 2012). Algunos sabélidos son endobiontes de esponjas, moluscos, ascidias, algas y coral. Las especies que usan estos últimos como sustrato, habitan en recovecos y fracturas del coral, donde suelen ser muy diversos. La

mayoría de las especies viven permanentemente en sus tubos. En *Bispira* el tubo está construido con arena fina, es más o menos blando y la abertura se cierra como espanta suegras si el gusano se retrae (de León Gonzales *et al.*, 2009). La especie ha sido registrada en el golfo de México en sustratos blandos, formadora de tubos (Fauchald *et al.*, 2009).

9. CONCLUSIONES

Se registraron 552 organismos pertenecientes a 52 especies, de las cuales cinco son potencialmente nuevas para la ciencia. Se identificaron diecinueve nuevos registros para el PNSAV.

La estructura comunitaria de los anélidos poliquetos en la laguna del arrecife Sacrificios presentó diferencias cualitativas y cuantitativas y se observó un recambio de especies elevado entre ambientes.

Los parámetros ambientales analizados en el arrecife Sacrificios tienden a aumentar en la zona noroeste; sin embargo, no presentan una relación con la distribución de la densidad de poliquetos, por lo tanto los cambios en la fauna se dan como un reemplazo de especies entre los diferentes ambientes.

Cirriformia filigera fue dominante en toda la zona de estudio ya que presentó una densidad y frecuencia elevada en todos los ambientes; esta especie tiene características que le confieren cierta facilidad para habitar sustratos duros o blandos y ser una especie dominante, adaptable y tolerante a cambios ambientales.

En general se registró que las estaciones no se agruparon en transectos, sino más bien en ambientes. Esto se hizo más notorio en el NMDS en el que se separan las estaciones de roca de coral muerto y las de pastos marinos; sin embargo, en los ambientes de arena y parches de coral no se presentó una diferencia tan marcada para la fauna. El análisis de la diversidad beta respalda la separación entre ambientes, ya que el grado de recambio de especies reflejó esta heterogeneidad faunística en la laguna, presentándose tres ambientes principales: Roca de coral muerto, pastos marinos y arenas.

El ambiente de roca de coral muerto, el cual no se había estudiado previamente en este arrecife, se caracterizó por una densidad y riqueza específica de poliquetos elevada. Diecinueve especies fueron exclusivas a dicho ambiente, entre éstas, cuatro son potencialmente nuevas. La mayoría de las especies presentes en estas estaciones son típicas de este tipo de ambientes, formando parte de la criptofauna horadora u oportunista en el arrecife.

En el ambiente de pastos marinos la densidad y riqueza específica más elevada se encontró en el noreste y este de la laguna, al igual que en el ambiente de arena. Dicha zona presenta abundancia elevada de pastos marinos, debido al grado de protección de este sitio creado por una barrera arrecifal desarrollada que disminuye la exposición a corrientes.

El ambiente de arena no presentó una diferencia para la fauna cuando presenta parches de coral que estando al descubierto. La arena al descubierto está expuesta y sin sustrato para la fijación de los organismos o alguna protección para los mismos. En el ambiente de parches de coral las densidades más elevadas se registraron al oeste y suroeste, ya que a pesar de ser una zona expuesta por la intensidad de las olas y las mareas dado por un desarrollo menor de su barrera arrecifal, los organismos pueden encontrar refugio de la depredación y la desecación cerca de los parches de coral.

Se encontraron tres ambientes bien diferenciados (roca de coral muerto, pastos marinos y arenas), los cuales pudieron caracterizarse por una composición faunística específica para cada uno, donde el ambiente de rocas de coral muerto provee de alimento y refugio a ciertas especies, la mayoría de las cuales son típicas de este tipo de ambientes, de fondos duros y aguas someras, con características morfológicas y etológicas resultado de adaptaciones para habitar este tipo de ambientes. Los pastos marinos así como también los arrecifes de coral son sitios de gran importancia para que las especies se refugien, se alimenten, desarrollen, reproduzcan y completen su ciclo de vida, por lo que, su presencia provee de ambientes ideales a juveniles y adultos característicos de dichos ambientes o especies que pueden migrar entre la zona de arrecifes y pastos marinos. El ambiente de arena representa un sitio más adverso para los poliquetos por ser una zona expuesta al sol y la desecación, sin sustrato para la fijación de los organismos, por lo que la densidad y la riqueza de especies en este ambiente fueron las más bajas de la laguna.

10. LITERATURA CITADA

- Álvarez Aguilar, A., 2011. *Estructura comunitaria de los anélidos poliquetos bentónicos en las descargas de los ríos que delimitan el Sistema Arrecifal Veracruzano, en temporada de nortes, Golfo de México*. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 85 pp.
- APIVER, 2005. *Resumen de movimientos de buques y carga*. Administración Portuaria Integral de Veracruz. En Línea: <http://148.223.221.118/apiwww/op-movimiento2.htm>
- Barnes, R. D., 1996. *Zoología de invertebrados*. Sexta edición. McGraw Hill. México, D. F., 1114 pp.
- Bestwick, B. W., I. J. Robbins y L. M. Warren, 1989. *Metabolic adaptations of the intertidal polychaete Cirriformia tentaculata to life in an oxygen sink environment*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 125: 193-202.
- Blake, J. A., 1994. *Introduction to the Polichaeta*. En Blake, J. A. y B., Hilbig (Eds.) *Taxonomic atlas of the benthic fauna of the Santa Maria Basin and the Western Santa Barbara Channel. The Annelida Part I. Vol. 4*. Santa Barbara Museum of Natural History, California. Pp. 39-68.
- Blake, J. A., 1996. *Family Cirratulidae Ryckholdt, 1851. Including a revision of the genera and species from the Eastern North Pacific*, pp. 263-384. En: J. A. Blake, B. Hilbig y P. H. Scott (eds.). *The Annelida Part 3 Polychaeta: Orbiniidaeto Cossuridae*. Vol. 6. Series: Taxonomic Atlas of the Benthic Fauna of the Santa Maria Basin and the Western Santa Barbara Channel. Santa Barbara Museum of Natural History, California.
- Blake, J. A. y J. D. Kudenov. 1978. *The Spionidae (Polychaeta) from Southeastern Australia and adjacent areas with a revision of the genera*. Memoirs of the National Museum of Victoria. 39: 171-280.
- Bravo Nuñez, E., 1991. *Sobre la cuantificación de la diversidad Ecológica*. Hidrobiología. 1: 87-93
- Brower, J. E. y J. H. Zar, 1977. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa. 194 pp.
- Carrera Parra, L. F., 2001. *Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) from the Grand Caribbean region with description of six species*. Journal of Marine Biological Assessment, (81): 599-621.
- 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.

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

- Chávez, E. A., J. W. Tunnell JR. y K. Withers. 2010. *Zonación y ecología de los Arrecifes: Plataforma Veracruzana y Banco de Campeche*. Pp. 60-100. En Tunnell JR., J. W., E. A. Chávez y K. Withers (Eds). 2010. Arrecifes Coralinos del Sur del Golfo de México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, Baja California Sur, México. 216 pp.
- Clarke, K. R. y R. H. Green, 1988. *Statistical design and analysis for a "biological effects" study*. Marine Ecology Progress Series. 46: 213-226.
- Clarke, K. R. y K. N. Gorley, 2001. *Primer v. 5.0: User Manual/ Tutorial*. United Kingdom. 91 pp.
- Cruz Ábrego F. M., P. Hernández Alcántara y V. Solís Weiss, 1994. *Estudio de la fauna de poliquetos (Annelida) y moluscos (Gastropoda y Bivaldia) asociada con ambientes de pastos marinos (Thalassia testudinum) y manglares (Rhizophora mangle) en la laguna de Términos, Campeche, México*. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, 21 (1-2): 1-13.
- Dales, R. P., 1970, *Annelids*. Hutchinson University Library. London 198 pp.
- De León González, J. A., 2002. *Poliquetos litorales de la región norte y centro del estado de Veracruz*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. S035. México D. F. 11 pp.
- De León Gonzales, J. A., J. R. Bastida Zavala, L. F. Carrera Parra, M. E. García Garza, A. Peña Rivera, S. I. Salazar Vallejo y V. Solis Weiss (eds.) 2009. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. 737 pp.
- 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.
- Del Castillo Sarabia, L. E., 2007. *Macrofauna bentónica en fondos blandos del arrecife Hornos, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México*. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F. 82 pp.
- Delgado Blas, V. H., 2004. *Two new species of Paraprionospio (Polychaeta: Spionidae) from the Grand Caribbean region and comments of the genus status*. Hydrobiologia 520: 189–198
- Delgado Blas, V. H., 2008. *Polydora and related genera (Polychaeta: Spionidae) from the Grand Caribbean region*. Journal of Natural History, 42:1, 1-19

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

- Diario Oficial de la Federación, 1992a. Tomo CDLXVII No. 16. México, D. F., a lunes 24 de Agosto de 1992. Pp. 6-16.
- Diario Oficial de la Federación, 1992b. Tomo CDLXVII. No. 17. México, D. F., Martes 25 de Agosto de 1992. Pp. 4-13.
- Diario Oficial de la Federación, 2012. México, D. F., a jueves 29 de Noviembre de 2012. En línea http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5280548&fecha=29/11/2012
- Díaz J. M., 2003. Introducción. Pp. 9-11. En Díaz, J. M., L. M. Barrios y D. I. Gómez López (Eds.) 2003. Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 10, Santa Marta, Colombia. 159 pp.
- Domínguez Castanedo, N. C., 2004. *Estructura comunitaria de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) asociados a sustratos blandos en el Banco de Campeche. México*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. D. F. 89 pp.
- Domínguez Castanedo, N. C., 2007. *Estudio de la macrofauna de la laguna arrecifal de Isla Sacrificios. Veracruz., México*. Tesis de maestría, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F. 97 pp.
- Domínguez Castanedo, N. C., 2012. *Evaluación de la calidad ambiental bentónica de la plataforma interna del parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. Tesis de doctorado, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F. 113 pp.
- Domínguez Castanedo, N. C., A. Granados Barba, y V. Solís Weiss, 2007. *Estudio preliminar de la macrofauna bentónica presente en la laguna del arrecife Sacrificios*, pp. 113-126. En: A. Granados Barba, L. G. Abarca Arenas y J. M. Vargas Hernández (Eds.) Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. ISBN 968-5722-53-6. 304 pp.
- Fauchald, K. y P. A. Jumars., 1979. The diet of worms: A study of polychaeta feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology. Annual Review.* 17: 193-284.
- Fauchald, K., A. Granados Barba, y V. Solís Weiss, 2009. *Polychaeta (Annelida) of the Gulf of Mexico*. Cap. 37. En: Felder, D. F. y D. K. Camp. *Gulf of Mexico –Its Origins, Waters and Biota-*. Vol. Biota. Texas A & M. University Press, College Station, Texas. ISBN 9781603440943. 1312 pp.
- Fernández Álamo, M. A. 2007. Phylum Annelida. Pp. 184-205. En Fernández Álamo M. A. y Rivas G. (Eds.) 2007. Niveles de Organización en animales. Las prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F. 332 pp.

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

- Foster, N. M., 1971. *Spionidae (Polychaeta) of the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea*. Studies on the Fauna of Curacao and Other Caribbean Islands 36:1-183.
- García E., 1987. *Apuntes de climatología*. Larios e hijos impresores. México, D. F., 153 pp.
- Giangrande, A., M., Licciano y L., Musco., 2005. *Polychaeta as environmental indicators revisited*. Marine Pollution Bulletin 50 (2005) 1153-1162.
- Granados Barba, A., 1994. *Estudio sistemático de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la región de plataformas petroleras del sur del Golfo de México*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México. 247 pp.
- Granados Barba, A., 2001. *Los poliquetos bénticos de la región petrolera del suroeste del Golfo de México: estructura comunitaria e impacto ambiental*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 149 pp.
- Granados Barba, A., 2011. *Gusanos Anillados Marinos (Annelida: Polychaeta)*. Pp. 569-579. En *Sección Diversidad de Especies, Invertebrados*. En: Cruz Angón, A. (Coord.) *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO. Gob. Edo. Veracruz. Universidad Veracruzana. Instituto de Ecología, A. C., México. 679 pp.
- Granados Barba, A., V., Solís Weiss, M. A., Tovar Hernández y V. Ochoa Rivera, 2003. *Distribution and diversity of the Syllidae (Annelida: Polychaeta) from Mexican Gulf of Mexico and Caribbean*. Hidrobiología, 496 (1-3): 337-345.
- Granados Barba, A., N. Domínguez Castanedo, R. Rojas López y V. Solís Weiss, 2009. *El estudio ecológico de los anélidos poliquetos de la Bahía de Campeche*. Cap. 56, Pp 715-730. En: De León González, J. A., R. Bastida Zavala, L. F. Carrera Parra, M. E. García Garza, A. Peña Rivera, S. I. Salazar Vallejo y V. Solís Weiss (eds.). *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical*. PROMEP-UANL. Monterrey, México. ISBN 978-607-433-235-3. 731 pp.
- Grassle, J.F., 1973. *Variety in Coral reef communities*. Biology and Geology of Coral Reefs. 2: 247-270.
- Gray, J. S., 1979. *Pollution-induced changes in populations*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B. 286: 545-561.
- Gray, J. S., 1981. *The Ecology of Marine Sediments. (An introduction to the structure and function of benthic communities)*. Cambridge. University Press. New York. 185 pp.

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

- Gray, J. S. 2000. *The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 250: 23-49.
- Gray, J. S. y M. Elliott, 2009. *Ecology of Marine Sediments: From Science to Management*. Oxford University Press, USA; 2 edition. Pp.256.
- Gutiérrez de Velasco G. y C. D. Winant, 1996. *Seasonal patterns of wind stress and wind stress curl over the Gulf of México*. Journal of Geophysical Research. 101, 18127-18140.
- Hernández Alcántara, P. 2002. Composición y estructura de las comunidades de poliquetos (Annelida: Polychaeta) bénticos de la plataforma continental del Golfo de California. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 196 pp.
- Hernández Alcántara, P., L. González Ortiz y V. Solís Weiss, 1994. *Los espionidos (Polychaeta: Spionidae) del Golfo de California y Golfo de Tehuantepec, México*. Revista de Biología Tropical. 42: 567-577.
- Horta Puga, G., 1982. *Descripción de algunas especies de poliquetos bentónicos de Isla Verde, Veracruz*. Tesis profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F. 142 pp.
- Hutchings, P. A., 1978. *Non-Colonial Cryptofauna*. Pp: 251-261. En Stoddart, D. R. y R. E. Johannes (eds.). Coral Reefs: Research Methods. UNESCO. 581pp.
- Hutchings, P. A., 1981. *Polychaeta Recruitment onto Dead Coral Substrates at Lizard Island, Great Barrier Reef, Australia*. Bulletin of Marine Science. 3 (2): 410-423.
- Hutchings, P. A., 1998. *Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments*. Biodiversity and Conservation. 7: 1133-1145.
- Ibáñez Aguirre A. L. y V. Solís Weiss, 1986. *Anélidos poliquetos de las praderas de Thalassia testudinum del Noroeste de la Laguna de Términos, Campeche, México*. Revista de Biología Tropical. 34 (1): 35-47.
- Ibarra Morales, N. y L. G. Abarca Arenas, 2007. *Distribución, Abundancia y Biomasa de Thalassia testudinum en la laguna del arrecife Sacrificios, Veracruz*. Pp. 161-172. En: A. Granados Barba, L. G. Abarca Arenas y J. M. Vargas Hernández (Eds.) *Investigaciones científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. 304 pp. ISBN: 1816-4927

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

- Ibarra Obando S. E. y R. Ríos, 1993. *Ecosistemas de fanerógamas marinas*. Pp. 54-65 En: S. I. Salazar Vallejo y N. E. González (Eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Chetumal, México. 865 pp.
- INEGI, 2001. *Cuaderno estadístico Municipal. Veracruz-Llave*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 3-4 pp.
- INEGI, 2005. *Censo General de Población y Vivienda 2000*. En Línea: http://www.inegi.gob.mx/est/librerias/tabulados.asp?tabulado=tab_po04b&c=708&e=30.
- Kikuchi, T. y J. M. Perés, 1977. *Consumer ecology of seagrasses beds*. Pp. 147-193. En: McRoy C. P. y C. Helfferich (eds.). *Seagrasses ecosystem: A scientific perspective*. Marcel Dekker, Nueva York. 313 pp.
- Krebs, C. J., 1985. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. 3rd ed. Harper and Row. Nueva York. 800 pp.
- Lana, P. C., E. C. G. Couta y M. V. O. Almeida, 1997. *Polychaetes distribution and abundance in intertidal flats of Paranaguá (SE Brazil)*. Bulletin of Marine Science. 60 (2): 433-442.
- Lincoln, R. J., G. A. Boxshall y P. F. Clark. 2007. *Diccionario de ecología, evolución y taxonomía*. Fondo de Cultura Económica. México. 672 pp.
- Loya Salinas, D. H. y A. Escofet Giansone, 1990. *Aportaciones al cálculo del índice de valor biológico (Sanders, 1960)*. Ciencias Marinas. 16, (2): 97-115.
- Martínez Caballero, R. J., 2007. *Geomorfología y caracterización biótica del arrecife Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. México. Tesis profesional. Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz. 88 pp.
- Marrugan, A. E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Croom Helm, Londres, 179 pp.
- Monreal Gómez, M. A. y D. Salas de León, 1997. *Circulación y estructura termohalina del Golfo de México*. En: M. F. Lavín (ed.) *Contribución a la oceanografía física en México*. Monografía 3, Unión Geofísica Mexicana, México, 183-199 pp.
- Moreno Forero, S. K., G. R. Navas y O. D. Solano, 1998. *Cryptobiota associated to dead Acropora palmata (Scleractinea: Acroporidae) coral, Isla Grande, Colombian Caribbean*. Journal of tropical Ecology. 46 pp.

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

- Ochoa Rivera, V., 1996. *La criptofauna poliquetológica de los principales arrecifes del sur del Golfo de México: Cayo Arcas, Triángulos Oeste, Cayo Arenas y Arrecife Alacrán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 101 pp.
- Pardo, E. V. y A. C. Z. Amaral, 2004. *Feeding behavior of the cirratulid Cirriformia filigera (Delle Chiaje, 1825) (Annelida: Polychaeta)*. Brazilian Journal of Biology. 64(2): 283-288.
- Pearson, T. H. y R. Rosenberg, 1978. *Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment*. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review. 16: 229-311.
- PEMEX., 1987. *Evaluación de los corales escleractinios del sistema arrecifal del Puerto de Veracruz*. PEMEX-SEMAR, México. GPTA-E-01/87. 119 pp.
- Perry, C. T., 1998. *Macroborers within coral framework at Discovery Bay, North Jamaica: species distribution and abundance, and effects on coral preservation*. Coral Reefs, 17: 277-287.
- Peyrot Clausade, M., T. Le Campion Alsumard, M. Harmein Vivien, J. C. Romano, V. Chazottes, N. Pari, y J. Le Campion, 1995. *Bioerosion carbonate cycle: Approach of quantification of its processes in French Polynesia*. Bulletin de la Societe Geologique de France. 166: 85- 94
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological Diversity*. Wiley Interscience, Nueva York, 159 pp.
- Pocklington, P. y P.G., Wells, 1992. *Polychaetes: key taxa for marine environmental quality monitoring*. Marine Pollution Bulletin. 24, 593-598.
- Quintana y Molina, J., 1991. *Resultados del programa de Investigación en Arrecifes Veracruzanos del Laboratorio de Sistemas Bentónicos Litorales*. Hidrobiológica. 1(1): 73-86.
- 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.
- Rioja, E., 1947. *Estudios Anelidológicos XIX. Observaciones sobre algunos Nereidos de las costas del Golfo de México*. Anales del Instituto de Biología, UNAM, 38: 527-535.
- Rioja, E., 1959. *Estudios Anelidológicos XXII. Datos para el conocimiento de la fauna de anélidos poliquetos en las costas orientales de México*. Anales del Instituto de Biología, UNAM, 29:0219-299.
- Rioja, E., 1961. *Estudios Anelidológicos XXIV. Adiciones a la fauna de anélidos poliquetos en las costas orientales de México*. Anales del Instituto de Biología, UNAM, 21: 289-316.

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

- Rizzo, A. E., 2000, *Temporal variation of annelids in the intertidal zone of beaches of São Sebastião Channel, southern Brazil*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 80: 1007-1017.
- Rouse, G. W., 2000. Classification of the Annelida and Polychaeta. Class Polychaeta. En: Beesley, P. L., G. J. B. Ross y C. J. Glasby (eds.). *Polychaetes and allies: the southern synthesis. Fauna of Australia. Vol. 4A. Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula*. CSIRO Publishing, Melbourne. Pp 51-53.
- Rouse, G. W. y K. Fauchald, 1997. *Cladistic and polychaetes*. Zoologica Scripta. 26(2): 139-204.
- Rouse, G. W., y F., Pleijel, 2001. *Introduction (1-7)*. En Rouse G.W., y F., Pleijel. 2001. *Polychaetes*. Oxford University. 354 pp.
- Salas Monreal, D., D. A. Salas de León, A. Monreal Gómez y M. L. Riverón Enzástiga, 2009. *Current rectification in a tropical coral reef system*. Coral Reefs 28 (4): 871-879.
- Salas Pérez J. J. y A. Granados Barba, 2008. *Oceanographic characterization of the Veracruz reefs system*. Atmósfera. 21(3), 281-301.
- Salas Pérez J. J., D. Salas Monreal, V. E. Arenas Fuentes, D. A. Salas de León, M. L. Riveron Enzastiga, 2008. *Características de la marea en un sistema arrecifal coralino del Golfo de México occidental*. Ciencias Marinas, 34(4): 467-478.
- Salazar Vallejo, S. I., J. A. De León González y H. Salaices Polanco, 1989. *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México. Generalidades, claves ilustradas para familias y géneros, bibliografía y lista de especies*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Libros Universitarios. La Paz. BCS. 211 pp.
- Sánchez Hernández, M., 2010. *Sinopsis de las familias de anélidos poliquetos en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). México*. Memoria de residencia profesional. Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz. 87 pp.
- Sánchez Wall, M.I., 1993. *Comunidad de poliquetos asociada a sustrato duro en el arrecife Isla de En medio, Veracruz. México*. Tesis Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. 95 pp.
- Sánchez Wall, M.I. y J.M. Vargas Hernández., 1992. *Hábitats preferenciales de los Poliquetos asociados a sustrato duro en el arrecife de Isla de Enmedio, Mpio. de Antón Lizardo, Ver., México*. IX Congreso Nacional de Oceanografía. 159 pp.

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

- Secretaría de Marina, 2000. *Programa de Manejo del Parque Marino Nacional "Sistema Arrecifal Veracruzano"*. 126 pp.
- Short F. T. y C. P. McRoy, 1984. *Nitrogen uptake by leaves and roots of the seagrass Zostera marina*. *Botanica Marina*. 27:547-555.
- Soares Gomes, A., P. C. Paiva y P. Y. Gomes Sumida, 2002. *Bentos de sedimentos não-consolidados*. En: Crespo Pereira, R., A. Soares Gomes (eds.) *Biología Marina*. Interciencia. Río de Janeiro. 7: 127-146.
- Sokal, R. y F. J. Rohlf, 1981. *Biometry*. Freeman, San Francisco, California. 259 pp.
- Solana Arellano E., 2001. *Utilización de métodos cuantitativos para el estudio de la dinámica de los pastos marinos: Una revisión crítica*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36(2): 165-180.
- Solís Weiss, V., 1998. *Atlas de anélidos poliquetos de la plataforma continental del Golfo de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Informe final. SNIBCONABIO proyecto No. P052. México, D.F. En línea <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfP052%20primera%20parte.pdf>
- Taylor, J. L., 1984. *Family Orbiniidae Hartman, 1942*. En Uebelacker, J. M. y P. G. Johnson (eds.) *Taxonomic Guide to the Polychaetes of the Northern Gulf of Mexico*. Vol.5. Barry A. Vittor and Associates. Inc., Mobile, Alabama, 1-38 pp.
- Tovar Hernández, M. A., 2000. *Criptofauna Poliquetológica del Orden Phyllodocidae (Pettibone, 1982) asociada a sustrato de coral muerto del arrecife Lobos, Veracruz*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Iztacala. 135 pp.
- Vargas Hernández, J. M., A. Hernández Gutiérrez, y L. F. Carrera Parra, 1993. *Sistema Arrecifal Veracruzano*. Pp. 559-573. En: S. I., Salazar Vallejo y N. E. González (eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO Y CIQRO. México. 865 pp.
- Vera Hidalgo, A. D., 2007. *Composición y estructura de las familias de anélidos poliquetos bentónicos en el arrecife de Hornos, Veracruz, México*. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz. 87 pp.
- Warren, L. M., 1981, *Respiratory adaptations to the temporary hypoxia by the polychaete Cirriformia tentaculata*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 69 A: 321-324.
- Whittaker, R. H., 1972. *Evolution and measurement of species diversity*. *Taxon*. 21 (2/3): 213-251.
-

Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.

- Wilson, M. V. y A. Shmida, 1984. *Measuring beta diversity with presencia and adsence data*. Journal of Ecology. 72: 1055-1964.
- Wolf, P. S., 1984. *Family Cirratulidae Carus, 1863*, pp. 12.1- 12.12. En: J. M. Uebelacker y P. J. Johnson (eds.), *Taxonomic Guide to the Polychaetes of the Northern Gulf of Mexico*. Vol. 2, Alabama. 249 pp.
- Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), 2006. *Mejores prácticas de pesca en arrecifes coralinos. Guía para la colecta de información que apoye el Manejo de Pesquerías Basado en Ecosistemas*. WWF México/Centroamérica. 81 pp. En línea [http://www.icran.org/pdf/MAR-Pages/fisheries/Docs/BFP%20in%20Coral%20Reefs%20-%20EBFM%20Manual%20\(Spanish\).pdf](http://www.icran.org/pdf/MAR-Pages/fisheries/Docs/BFP%20in%20Coral%20Reefs%20-%20EBFM%20Manual%20(Spanish).pdf)
- Yáñez Arancibia, A. y P. Sánchez Gil, 1983. *Environment behavior of Campeche Sound ecological system, off Terminos Lagoon, México; preliminary results*. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 10(1): 117-136.

11. ANEXOS

ANEXO I

Tabla 1. Especies de poliquetos en cada uno de los ambientes en que fueron registradas (x), en la laguna arrecifal de Sacrificios. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

Familia	Especie	RCM	Are	PasM	PC
Ampharetidae	<i>Amphicteis gunneri</i>				x
Amphinomidae	<i>Eurythoe complanata</i>	x			
	<i>Paramphinome</i> sp. B	x	x		x
Capitellidae	<i>Mediomastus</i> cf. <i>californiensis</i>			x	
Chaetopteridae	<i>Phyllochaetopterus</i> sp. 1	x		x	
	<i>Phyllochaetopterus</i> sp. 2	x			
Cirratulidae	<i>Caulleriella</i> cf. <i>alata</i>	x		x	x
	<i>Cirriformia filigera</i>	x	x	x	x
	<i>Cirriformia punctata</i>	x		x	x
	<i>Dodecaceria fistulicola</i>	x			
Eunicidae	<i>Eunice</i> cf. <i>brevis</i>	x			
	<i>Eunice gagzoi</i>	x			
	<i>Eunice goodei</i>	x			
	<i>Lysidice</i> sp. 1	x			
	<i>Lysidice</i> sp. 2	x			
	<i>Marphysa longula</i>	x			
	<i>Marphysa orenzansi</i>	x			
	<i>Marphysa posterobranchia</i>	x			

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

	<i>Marphysa</i> sp. 1	x			
	<i>Nematonereis unicornis</i>	x			
Hesionidae	<i>Ophiodromus</i> sp. A		x	x	x
Lumbrineridae	<i>Lumbrineris</i> cf. <i>coccinea</i>	x			
Nereididae	<i>Neanthes acuminata</i>				x
	<i>Nereis riisei</i>	x			
	<i>Rullierinereis mexicana</i>	x		x	x
Onuphidae	<i>Kinbergonuphis cedroensis</i>		x		x
	<i>Mooreonuphis cirrata</i>	x			
	<i>Mooreonuphis dangrigae</i>	x		x	x
	<i>Onuphis texana</i>				x
Opheliidae	<i>Armandia maculata</i>			x	x
Orbiniidae	<i>Leitoscoloplos fragilis</i>		x		
	<i>Leitoscoloplos panamensis</i>		x		
	<i>Naineris bicornis</i>	x		x	x
	<i>Naineris dendritica</i>	x	x	x	x
Oweniidae	<i>Owenia</i> sp. A			x	x
Pectinariidae	<i>Pectinaria gouldii</i>		x		
Sabellidae	<i>Bispira melanostigma</i>	x		x	x
	<i>Potamilla</i> cf. <i>torelli</i>				x
Sigalionidae	<i>Sthenelais</i> sp. A		x		
	<i>Thalenessa</i> sp. A		x		
Spionidae	<i>Microspio pigmentata</i>		x	x	x
	<i>Paraprionospio yokoyamai</i>				x
	<i>Pseudopolydora floridensis</i>	x			
Syllidae	<i>Syllis beneliahuae</i>	x			
	<i>Syllis gerlachi</i>	x		x	
	<i>Trypanosyllis parvidentata</i>	x		x	

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

	<i>Trypanosyllis zebra</i>	<i>x</i>			
Terebellidae	<i>Amaeana trilobata</i>		<i>x</i>	<i>x</i>	
	<i>Euthelepus kritzleri</i>	<i>x</i>	<i>x</i>		
	<i>Hauchiella</i> sp. A		<i>x</i>		
	<i>Polycirrus</i> cf. <i>denticulatus</i>		<i>x</i>		
Trichobranchidae	<i>Terebellides parvus</i>			<i>x</i>	<i>x</i>

ANEXO II

Tabla 1. Valores de oxígeno disuelto (mg/L) en la laguna arrecifal de Sacrificios. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

Oxígeno disuelto (mg/L)				
	Media	Varianza	Mínimo	Máximo
RCM	9.28	1.36	7.58	10.51
Are	9.14	1.13	8.2	10.78
PasM	8.84	1.08	8	10.65
PC	8.95	0.9	7.9	10.21

Tabla 2. Valores de temperatura (°C) en la laguna arrecifal de Sacrificios. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

Temperatura (°C)				
	Media	Varianza	Mínimo	Máximo
RCM	25.72	0.3	25.3	26.6
Are	25.08	0.06	24.8	25.4
PasM	24.86	0.14	24.4	25.4

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

PC	24.88	0.05	24.7	25.3
-----------	-------	------	------	------

Tabla 3. Valores de salinidad en la laguna arrecifal de Sacrificios. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

Salinidad				
	Media	Varianza	Mínimo	Máximo
RCM	37.4	2.3	35	39
Are	37.9	1.8	36.5	40
PasM	37.4	0.3	37	38
PC	36.6	0.3	36	37

Tabla 4. Valores de pH en la laguna arrecifal de Sacrificios. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

pH				
	Media	Varianza	Mínimo	Máximo
RCM	8.38	0.01	8.26	8.57
Are	8.36	0.01	8.25	8.6
PasM	8.33	0.01	8.24	8.53
PC	8.33	0.02	8.17	8.6

Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.

ANEXO III

Tabla 1. Densidad de organismos por estación de muestreo en la laguna arrecifal de Sacrificios. E=este, SO= suroeste, O= oeste, NO= noroeste, NE= noreste. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

	Estación	Densidad (ind. dm⁻³)	Densidad relativa (%)	Densidad relativa acumulada
1	O-RCM	17	28.45	28.45
2	NO-RCM	11.87	19.87	48.31
3	NE-RCM	7.70	12.88	61.19
4	O-PC	6.80	11.39	72.58
5	E-RCM	3.87	6.48	79.06
6	E-PasM	1.99	3.32	82.38
7	SO-PC	1.76	2.94	85.32
8	NE-PasM	1.70	2.85	88.17
9	A-Are	1.65	2.76	90.93
10	SO-RCM	1.43	2.39	93.32
11	NO-PasM	0.88	1.46	94.78
12	SO-PasM	0.71	1.19	95.97
13	E-Are	0.57	0.95	96.92
14	NE-PC	0.47	0.79	97.71
15	SO-Are	0.38	0.63	98.34

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

16	E-PC	0.38	0.63	98.98
17	O-Are	0.33	0.56	99.53
18	NO-Are	0.18	0.29	99.83
19	NO-PC	0.10	0.17	100
20	O-PasM	0	0	

ANEXO IV

Tabla 1. Dominancias calculadas con el Índice de Valor Biológico (IVB) en el ambiente de roca de coral muerto de la laguna del arrecife Sacrificios. Especies en orden de valor biológico.

ROCA DE CORAL MUERTO				
	Especie	IVB	Densidad (ind. dm⁻³)	CSD
1	<i>Cirriformia filigera</i>	30	10.78	112.7
2	<i>Eurythoe complanata</i>	19	1.615	30.29
3	<i>Paramphinome</i> sp. B	17	1.902	46.92
4	<i>Cirriformia punctata</i>	12	1.204	20.17
5	<i>Dodecaceria fistulicola</i>	12	1.231	29.21
6	<i>Lumbrineris</i> cf. <i>coccinea</i>	9	1.659	20.81
7	<i>Pseudopolydora floridensis</i>	9	7.51	44.96
8	<i>Trypanosyllis zebra</i>	9	0.973	10.21
9	<i>Marphysa orenzansi</i>	8	5.495	71.43
10	<i>Syllis beneliahuae</i>	8	0.702	10.67
11	<i>Eunice goodei</i>	7	2.667	22.47

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

12	<i>Eunice gagzoi</i>	6	1.2	10.11
13	<i>Syllis gerlachi</i>	6	0.36	9.302
14	<i>Euthelepus kritzleri</i>	5	0.53	8.04
15	<i>Phyllochaetopterus</i> sp. 1	5	0.51	8.937
16	<i>Lysidice</i> sp. 2	4	0.33	4.286
17	<i>Rullierinereis mexicana</i>	4	0.235	8.266
18	<i>Phyllochaetopterus</i> sp. 2	3	0.27	6.977
19	<i>Mooreonuphis cirrata</i>	2	0.11	1.429
20	<i>Mooreonuphis dangrigae</i>	2	0.4	2.353
21	<i>Nereis riisei</i>	2	0.29	3.502
22	<i>Marphysa longula</i>	1	0.4	3.371

Tabla 2. Dominancias calculadas con el Índice de Valor Biológico (IVB) en el ambiente de arena de la laguna del arrecife Sacrificios. Especies en orden de valor biológico.

ARENA				
	Especies	IVB	Densidad (ind. dm⁻³)	CSD
1	<i>Cirriformia filigera</i>	18	1.25	1.96
2	<i>Paramphinome</i> sp. B	10	0.37	38.75
3	<i>Leitoscoloplos fragilis</i>	6	0.22	40
4	<i>Ophiodromus</i> sp. A	6	0.06	20
5	<i>Leitoscoloplos panamensis</i>	5	0.11	20
6	<i>Sthenelais</i> sp. A	5	0.07	20

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

7	<i>Euthelepus kritzleri</i>	4	0.11	20
8	<i>Kinbergonuphis cedroensis</i>	4	0.06	20
9	<i>Naineris dendritica</i>	4	0.2	12.5
10	<i>Thalenessa</i> sp. A	4	0.07	20
11	<i>Amaeana trilobata</i>	3	0.2	12.5
12	<i>Hauchiella</i> sp. A	3	0.7	20
13	<i>Microspio pigmentata</i>	3	0.11	20
14	<i>Pectinaria gouldii</i>	3	0.06	20
15	<i>Polycirrus</i> cf. <i>denticulatus</i>	2	0.06	20

Tabla 3. Dominancias calculadas con el Índice de Valor Biológico (IVB) en el ambiente de pastos marinos de la laguna del arrecife Sacrificios. Especies en orden de valor biológico.

PASTOS MARINOS				
	Especie	IVB	Densidad (ind. dm⁻³)	CSD
1	<i>Cirriformia filigera</i>	17	1.07	98.57
2	<i>Mooreonuphis dangrigae</i>	15	1.53	96.66
3	<i>Terebellides parvus</i>	10	0.51	33.8
4	<i>Armandia maculata</i>	6	0.16	14.76
5	<i>Rullierinereis mexicana</i>	6	0.28	40
6	<i>Naineris dendritica</i>	5	0.24	14.28
7	<i>Naineris bicornis</i>	4	0.09	4.76
8	<i>Owenia</i> sp. A	4	0.14	20

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

9	<i>Bispira melanostigma</i>	3	0.16	9.52
10	<i>Caulleriella cf. alata</i>	3	0.16	14.76
11	<i>Cirriformia punctata</i>	3	0.18	14.76
12	<i>Ophiodromus sp. A</i>	3	0.09	4.76
13	<i>Mediomastus cf. californiensis</i>	2	0.08	4.76

Tabla 4. Dominancias calculadas con el Índice de Valor Biológico (IVB) en el ambiente de parches de coral de la laguna del arrecife Sacrificios. Especies en orden de valor biológico.

PARCHES DE CORAL				
	Especie	IVB	Densidad (ind. dm⁻³)	CSD
1	<i>Cirriformia filigera</i>	13	1.26	94.05
2	<i>Caulleriella cf. alata</i>	11	0.84	58.33
3	<i>Terebellides parvus</i>	9	0.57	42.58
4	<i>Bispira melanostigma</i>	6	4.99	73.33
5	<i>Mooreonuphis dangrigae</i>	6	0.08	100
6	<i>Paraprionospio yokoyamai</i>	6	0.85	48.38
7	<i>Naineris bicornis</i>	5	0.09	25
8	<i>Owenia sp. A</i>	5	0.09	20
9	<i>Naineris dendritica</i>	4	0.51	7.5
10	<i>Rullierinereis mexicana</i>	4	0.17	9.67
11	<i>Armandia maculata</i>	3	0.14	3.22
12	<i>Kinbergonuphis cedroensis</i>	2	0.05	3.22

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

13	<i>Microspio pigmentata</i>	2	0.11	1.66
14	<i>Onuphis texana</i>	1	0.05	3.22
15	<i>Ophiodromus</i> sp. A	1	0.05	0.83

ANEXO V

Tabla 1. Riqueza específica (S), diversidad ($H'(\log 2)$), diversidad máxima ($H'_{\text{máx}}$) y equidad (J') por estación dentro de la laguna del arrecife Sacrificios. E=este, SO= suroeste, O= oeste, NO= noroeste, NE= noreste. RCM= roca de coral muerto, Are= arena, PasM= pastos marinos, PC= parches de coral.

Estación	S	$H'(\log 2)$	$H'_{\text{máx}}$	J'
NO-RCM	18	3.295	4.169925	0.7902
NE-PasM	12	3.291	3.5849625	0.9181
E-RCM	11	2.862	3.45943162	0.8273
SO-RCM	8	2.807	3	0.9358
O-Are	5	2.322	2.32192809	1
SO-PC	9	2.276	3.169925	0.7181
NO-PasM	6	2.161	2.5849625	0.836
O-RCM	10	2.072	3.32192809	0.6237
E-PasM	8	2.006	3	0.6688
E-Are	4	1.922	2	0.961

**Estructura de la comunidad de los anélidos poliquetos de cuatro ambientes de la laguna del Arrecife
Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.**

SO-Are	4	1.922	2	0.961
SO-PasM	4	1.922	2	0.961
NE-Are	4	1.67	2	0.8349
NE-RCM	8	1.619	3	0.5397
E-PC	3	1.5	1.5849625	0.9464
O-PC	9	1.475	3.169925	0.4653
NE-PC	3	1.371	1.5849625	0.865
NO-Are	1	0	0	****
NO-PC	1	0	0	****