EDUCACIÓN	***SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA*** ***TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO***	
	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO	
	Portada del Proyecto de Residencias Profesionales	

Nombre del Proyecto:

Composición y estructura de la comunidad macrobentónica establecida en sustratos artificiales en el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV)

Nombre del Alumno

Eduardo Hernández Ochoa

Numero de Control

15990794

Nombre de la Carrera

Biología

Especialidad

Marina

Dra. Verónica Valadez Rocha

Dr. Horacio Pérez España

EDUCACIÓN

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL MAR

INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y PESQUERIAS
Hidalgo 617 Col. Río Jamapa
C.P. 94290
Boca del Rio, Veracruz.

Boca del Río, Veracruz a 19 de febrero de 2020

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana por brindarme el espacio y equipos necesarios para la realización de esta residencia.

Al Dr. Horacio Pérez España por darme la oportunidad de trabajar en un proyecto que me apasionó desde un inicio, por recibirme en su grupo de trabajo aún sin conocerme, por sus valiosas enseñanzas y por el imprescindible apoyo a lo largo de todo el trabajo.

A la Dra. Verónica Valadez Rocha por su amable disponibilidad en todo momento, por sus sugerencias y valiosas aportaciones que permitieron mejorar este trabajo.

A la M. en C. Angélica Vázquez Machorro quien me aportó datos valiosos para la identificación de las especies y grupos.

A mis maestros, en especial a la Dra. María Cynthia Carmona Islas, a la M. en C. Citlalli Galicia García y a la Ing. Concepción Álvarez de la Cadena y Molerés por toda su confianza, apoyo y conocimientos brindados durante mi formación académica.

A mi familia, en especial a mis padres porque me dieron la oportunidad de vivir esta maravillosa experiencia y por apoyarme incondicionalmente a cada paso sin importar las dificultades.

RESUMEN

Los sustratos artificiales en el ecosistema marino permiten el desarrollo de comunidades bentónicas complejas como las que observamos en los arrecifes. El objetivo de este trabajo fue determinar los cambios en la estructura de las comunidades macrobentónicas establecidas en sustratos artificiales por arrecife y por profundidad en el SAV. Se visitaron 13 sustratos artificiales ubicados en siete arrecifes del SAV, donde se fotografiaron e identificaron 27 especies y 11 grupos taxonómicos de organismos macrobentónicos. Las comunidades establecidas en los sustratos artificiales fueron comparadas con base en la presencia-ausencia de especies-grupos, mediante un análisis de agrupamiento utilizando el índice de Sørensen-Dice, seguido de un análisis no paramétrico de escalamiento multidimensional (nMDS). La composición y estructura varió en los sustratos artificiales, mostrando mayor presencia de especies-grupos en los sustratos ubicados en los arrecifes Enmedio, Blanquilla y Sacrificios. Los sustratos estuvieron dominados por esponjas establecidas generalmente en los tubos de PVC y por algas establecidas regularmente en las bases de concreto. De acuerdo con los análisis, los sustratos más similares fueron los de Enmedio y Blanquilla, lo que podría ser explicado por su riqueza de especies-grupos y por su cercanía a la costa, ya que los sustratos más disímiles de todos y los de menor riqueza de especies-grupos se encuentran en Santiaguillo, el arrecife más alejado de la costa.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1
1. EMPRESA U ORGANIZACIÓN 3
2. PROBLEMAS A RESOLVER 5
3. OBJETIVOS 6
3.1. General 6
3.2. Específicos 6
4. JUSTIFICACIÓN 6
5. MARCO TEÓRICO 7
5.1. Sustratos artificiales 7
5.2. Factores que afectan la cobertura y la diversidad de los organismos bentónicos sésiles 8
5.3. Utilidad de los sustratos artificiales 9
5.4. Generalidades de los grupos que colonizan sustratos artificiales 10
5.4.1. Esponjas 10
5.4.2. Corales escleractinios 11
5.4.3. Moluscos 13
5.4.4. Ascidias 14
5.4.5. Poliquetos 15
5.4.6. Hidroides 16
5.4.7. Algas 17
6. METODOLOGÍA 19
6.1. Área de estudio 19
6.2. Muestreo 20
6.3. Análisis 22
7. RESULTADOS 22
7.1. Análisis de agrupamiento (índice de Sørensen-Dice) 31
7.2. Análisis no paramétrico de escalamiento multidimensional (nMDS) 33
8. CONCLUSIONES 36
9. RECOMENDACIONES 37
10. EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA 37

11. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS 37
12. FUENTES DE INFORMACIÓN 38
ANEXO I......45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio, indicando los arrecifes (color negro) en los que se encuentran los sustratos artificiales (tomado y modificado de Arellano-Méndez et al. 2016). 20
Figura 2. Trampas de sedimento que funcionan actualmente como sustratos artificiales (tomada de Pérez-España & Vargas-Hernández, 2008). 21
Figura 3. Dendograma de similitud por arrecife con base en la comunidad de los sustratos artificiales. 32
Figura 4. Dendograma de similitud por profundidad. 33
Figura 5. Agrupamiento en los ejes 1 y 2 del nMDS por arrecife. 34
Figura 6. Agrupamiento en los ejes 2 y 3 del nMDS por arrecife. 34
Figura 7. Agrupamiento en los ejes 1 y 2 del nMDS por profundidad. 35
Figura 8. Agrupamiento en los ejes 2 y 3 del nMDS por profundidad. 35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especies-grupos presentes en los sustratos artificiales por arrecife (1=presente). 24
Tabla 2. Especies-grupos presentes en los sustratos artificiales en los arrecifes por profundidad (1=presente). 27

INTRODUCCIÓN

El establecimiento de una estructura artificial altera el ecosistema marino, creando un nuevo hábitat que puede cambiar la abundancia y distribución de los organismos e incluso puede realizar funciones ecológicas similares a las del hábitat natural, como el desarrollo de comunidades de invertebrados bentónicos (Broughton, 2012).

Los invertebrados marinos bentónicos se dispersan durante sus primeros años de vida en estado de larva planctónica, lo cual facilita la colonización de nuevos sustratos naturales o artificiales (Krohling & Zalmon, 2008; Lozano-Cortés & Zapata, 2014). Los sustratos artificiales son colonizados cuando: 1) las larvas planctónicas los encuentran como un sustrato apropiado (Krohling & Zalmon, 2008), o 2) los adultos y juveniles migran de hábitats adyacentes (Rule & Smith, 2005). En general, estas estructuras son colonizadas rápidamente por organismos microbianos, algas e invertebrados (Bohnsack & Sutherland, 1985; Lozano-Cortés & Zapata, 2014; Higgins *et al*., 2019), aunque lograr una estructura comunitaria equilibrada puede tomar varios años (Bohnsack & Sutherland, 1985).

Para las comunidades sésiles que viven en sustratos duros, el espacio es el recurso limitante más importante. Como los sustratos primarios desocupados son raros en los arrecifes de coral, la competencia por el espacio entre los organismos sésiles es frecuente y determinante importante para la ecología de la comunidad (Lozano-Cortés & Zapata, 2014). La composición final y la abundancia de los organismos bentónicos generalmente dependen de la orientación y la composición del sustrato, la estación del año en la que se colocó la estructura, la proximidad de las poblaciones de origen, las características fisicoquímicas de las aguas y la hidrodinámica del lugar (Bohnsack &

Sutherland, 1985; Higgins *et al*., 2019). Otros factores importantes que afectan la composición de la comunidad son las interacciones entre los organismos y los regímenes de perturbaciones que pueden ocurrir debido a causas naturales o antropogénicas (Achilleos *et al*., 2018).

Los sustratos artificiales se han utilizado como una herramienta que permite la evaluación de los procesos de colonización, reclutamiento y sucesión comunitaria, ya que son fáciles de manipular y seguir durante un corto o largo período de tiempo (Lozano-Cortés & Zapata, 2014). La identificación y cuantificación de la comunidad es un paso fundamental en la identificación de patrones relacionados con diversos factores ambientales que afectan el asentamiento, el crecimiento y la supervivencia de los organismos (Achilleos *et al*., 2018). La capacidad de los invertebrados bentónicos para colonizar los sustratos artificiales está influenciada principalmente por la composición y la permanencia del sustrato (Saliu & Ovuorie, 2007).

En el año 2006, Pérez-España & Vargas-Hernández (2008), colocaron 16 trampas de sedimentos con el objetivo de obtener las tasas de sedimentación en los principales arrecifes del SAV a dos profundidades (de 3 a 5 y de 10 a 15 m). Las trampas de sedimentos (de aquí en adelante mencionadas como “sustratos artificiales”) fueron construidas e instaladas para cumplir tal propósito hasta el año 2014 (Pérez-España *et al*., 2015), sin embargo, en la actualidad permanecen sumergidas. La permanencia de estas estructuras permitió el asentamiento de larvas de invertebrados bentónicos. Por tanto, el propósito de este trabajo fue determinar los cambios en la comunidad macrobentónica establecida en los sustratos artificiales colocados en 2006 a dos profundidades en siete arrecifes del SAV.

1. EMPRESA U ORGANIZACIÓN

El Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías (ICIMAP) se encuentra ubicado en la ciudad de Boca del Río, Veracruz. Inició sus actividades en mayo del 2000 como la Unidad de Investigación de Ecología de Pesquerías y no fue hasta el 10 de julio de 2009 cuando recibió la categoría de Instituto (ICIMAP-UV, 2020).

La misión del ICIMAP es desarrollar investigación, docencia, vinculación y difusión para generar e integrar conocimientos que contribuyan al uso sustentable de los recursos en áreas de la oceanografía, ecología, pesquería y maricultura; así como el manejo y conservación de ecosistemas marinos y costeros (ICIMAP-UV, 2020). De igual forma, pretende formar recursos humanos especializados, tanto en el nivel técnico, en la toma de decisiones y especialmente de posgrado. Asimismo, a través de la docencia especializada, la tutoría directa y la difusión, pretende facilitar y formalizar la transferencia y comprensión de la información y problemática de los ambientes marinos y costeros (ICIMAP-UV, 2020).

El ICIMAP siempre ha trabajado para mantener importantes indicadores de calidad en las actividades que desarrolla, a pesar de las restricciones de infraestructura y la reducción en el número de personal académico y administrativo que ha tenido (PLADEA-ICMYP, 2018).

Una de las principales fortalezas del ICIMAP es la calidad de sus investigadores académicos, todos cuentan con el grado de doctor y algunos tienen experiencia posdoctoral (PLADEA-ICMYP, 2018). La mayoría de los investigadores son miembros del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT y cuentan con el reconocimiento de perfil deseable de PRODEP. Asimismo, todos los investigadores

pertenecen a uno de los cuatro Cuerpos Académicos registrados ante PRODEP y adscritos al ICIMAP que representan mejor sus enfoques de investigación: Análisis y Síntesis de Zonas Costeras, Manejo y Conservación de Recursos Acuáticos, Arrecifes Coralinos y Oceanografía. De los cuatro Cuerpos Académicos, sólo el primero está consolidado y el resto continúa trabajando para lograr ese objetivo (PLADEA-ICIMAP, 2015; PLADEA-ICMYP, 2018).

Además, los investigadores forman parte del núcleo académico base del Instituto que atiende la formación de personal a través de dos programas de posgrado: la Maestría y Doctorado en Ecología y Pesquerías (PLADEA-ICIMAP, 2015). Desde el inicio de estos programas en 2005 hasta el 2019, se han graduado 9 doctores y 54 maestros en Ecología y Pesquerías. Ambos programas de posgrado cuentan, desde 2008, con el reconocimiento de Padrón Nacional de Posgrados de CONACYT (PLADEA-ICIMAP, 2015; ICIMAP-UV, 2019).

Otra de las grandes fortalezas del ICIMAP son las líneas de generación y aplicación del conocimiento (LGAC) que desarrollan los investigadores, los Cuerpos Académicos y los programas educativos de posgrado (PLADEA-ICMYP, 2018). La relevancia de las LGAC, hacen que el ICIMAP sea considerado cada vez más como un participante importante en procesos de toma de decisiones para la gestión y conservación de recursos costeros y marinos a nivel estatal, regional y nacional. Esto contribuyó a que la capacidad de vincularse con la sociedad, entidades gubernamentales en todos los niveles y con otras instituciones educativas y de investigación haya incrementado en los últimos años. Asimismo, los investigadores se han relacionado con redes de investigación de la UV y a escala nacional, lo que les ha permitido mejorar la movilidad de sus académicos y estudiantes (PLADEA-ICMYP, 2018).

2. PROBLEMAS A RESOLVER

El estudio de las comunidades bentónicas en el SAV se ha centrado en los corales escleractinios y los pocos estudios sobre el resto de invertebrados bentónicos se han enfocado a un solo arrecife, de modo que se carece de información que dé a conocer los cambios que ocurren en sus comunidades (Carmona-Islas *et al*., 2019).

Con respecto a las comunidades que se establecen en sustratos artificiales, sólo existe una investigación científica y un artículo científico derivado de esa investigación acerca de la dinámica temporal de la comunidad macrobentónica asociada a un sustrato artificial, en este caso el pecio Ana Elena (Vázquez-Machorro *et al*., 2016; Vázquez-Machorro, 2016). Por ello, el presente trabajo pretende determinar si existen variaciones en la composición de la comunidad macrobentónica en sustratos artificiales establecidos a dos profundidades en siete arrecifes. Por otra parte, aporta conocimientos básicos sobre las comunidades que se establecen en sustratos artificiales, de las cuales existe escaso conocimiento. Además, a partir de estos conocimientos se podrán realizar diferentes interpretaciones sobre las interacciones entre los sustratos y los organismos que se establecen en ellos, así como sus interacciones con el medio.

3. OBJETIVOS

3.1. General

Determinar los cambios en la estructura de las comunidades macrobentónicas establecidas en sustratos artificiales por arrecife y por profundidad en el SAV.

3.2. Específicos

1. Determinar hasta el mínimo nivel taxonómico posible las comunidades macrobentónicas establecidas en los sustratos artificiales en el SAV.
2. Determinar la similitud de las comunidades macrobentónicas establecidas en sustratos artificiales en el SAV mediante la aplicación del índice de Sørensen-Dice.
3. Comparar la estructura de las comunidades macrobentónicas establecida en sustratos artificiales en siete arrecifes del SAV.

4. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de las comunidades bentónicas presentes en los arrecifes es fundamental al momento de diseñar planes de manejo y sirve de línea base en los monitoreos y evaluaciones de impactos en zonas de gran influencia antropogénica y donde se realizan proyectos de desarrollo como lo es el puerto de Veracruz (Valadez-Rocha & Ortiz-Lozano, 2013; Jiménez-Badillo *et al*., 2014; Ortiz-Lozano *et al*., 2015). Debido a la escasez de información taxonómica y ecológica sobre comunidades bentónicas en los arrecifes y en estructuras artificiales en el SAV, se hace necesario evaluar estas comunidades, para que sirva de referencia en futuros monitoreos biológicos y en la profundización de estudios sobre estos grupos biológicos.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Sustratos artificiales

Los sustratos artificiales han sido construidos con diversos materiales tanto artificiales como naturales, tratando de imitar las propiedades de un sustrato natural. Estos sustratos se han utilizado para estudiar la colonización por invertebrados sésiles, incluido los corales y algas en un determinado tiempo de exposición y en un determinado lugar bajo el agua (Fitzhardinge & Bailey-Brock, 1989; Saliu & Ovuorie, 2007).

La colonización ocurre como en cualquier sustrato natural, a través de la dispersión y asentamiento de larvas o esporas (Walker *et al*., 2007). Cabe destacar que larvas de invertebrados utilizan señales quimiosensoriales para localizar e identificar los posibles sitios de asentamiento y pueden no asentarse en un material en particular si carece de las señales correctas (Fitzhardinge & Bailey-Brock, 1989; Lozano-Cortés & Zapata, 2014).

Los tapetes microbianos pueden provocar el asentamiento de algunos invertebrados marinos (Fitzhardinge & Bailey-Brock, 1989), y el asentamiento y crecimiento de algas en un sustrato artificial puede determinar la secuencia de reclutamiento bentónico (Bailey-Brock, 1989). A manera de explicación, las algas proporcionan alimento para algunos peces e invertebrados, el pastoreo crea espacio para estos organismos y en un periodo prolongado de tiempo la cobertura y diversidad de especies aumenta (Bailey-Brock, 1989). Las superficies de los sustratos artificiales se vuelven cada vez más complejas, debido a la acumulación de tubos, conchas y esqueletos de

invertebrados unidos, hasta que se forma estructura tridimensional parecida a las que observamos en la naturaleza (Bailey-Brock, 1989; Fitzhardinge & Bailey-Brock, 1989). Por lo tanto, la composición de los conjuntos bentónicos puede estar influenciada por la variación espacial en el asentamiento inicial y el reclutamiento de individuos (Rule & Smith, 2005), el cual depende de la producción de larvas, las corrientes que las dispersan, la mortalidad durante los procesos de dispersión y del comportamiento larvario (Krohling & Zalmon, 2008).

5.2. Factores que afectan la cobertura y la diversidad de los organismos bentónicos sésiles

Se ha sugerido que las corrientes y la fuerza de las olas influyen en la configuración estructural de las comunidades establecidas en sustratos artificiales (Baynes & Szmant, 1989). En particular, las corrientes son importantes para el transporte de nutrientes y partículas suspendidas, así como para el transporte de larvas planctónicas a sustratos para su colonización (Baynes & Szmant, 1989).

Además, se ha demostrado que la circulación del agua y la sedimentación afectan a la abundancia y distribución de los invertebrados bentónicos (Baynes & Szmant, 1989; Nicoletti *et al*., 2007). La sedimentación está inversamente relacionada con la circulación del agua y se ha observado que una alta tasa de sedimentación afecta a los organismos bentónicos sésiles al obstruir sus estructuras de alimentación e intercambio de gases (Baynes & Szmant, 1989; Krohling & Zalmon, 2008). En general, donde hay mayor velocidad de flujo y disminución de la sedimentación, la cobertura y diversidad de especies es mayor; mientras que donde hay menor velocidad de flujo y mayor sedimentación la cobertura y diversidad de especies es menor (Baynes & Szmant, 1989; Gabriele *et al*., 1999).

Por lo tanto, la orientación de la superficie es un atributo físico importante de una superficie de asentamiento que puede influir en el desarrollo de las comunidades bentónicas (Beserra-Azevedo *et al*., 2006; Walker *et al*., 2007).

Otros factores que afectan los procesos de colonización de un sustrato artificial y la diversificación de las comunidades son la profundidad, disponibilidad de luz (Walker *et al*., 2007) y salinidad del agua (Achilleos *et al*., 2018), así como la composición, textura (Fitzhardinge & Bailey-Brock, 1989; Beserra-Azevedo *et al*., 2006; Saliu & Ovuorie, 2007), forma y dimensión del sustrato (Spagnolo *et al*., 2014).

5.3. Utilidad de los sustratos artificiales

Debido a su hábito sésil, la fauna bentónica facilita la evaluación de la calidad ambiental, ya que el cambio en estas comunidades puede atribuirse directamente a variaciones ambientales naturales o antropogénicas (Nicoletti *et al*., 2007).

La principal ventaja de usar sustratos artificiales para el asentamiento de invertebrados bentónicos y algas es que los efectos de la variación física entre los sitios de estudio (como el tipo de sustrato, la profundidad y la penetración de la luz) se minimizan, por lo que es más probable que las diferencias en las comunidades se deban a la calidad del agua del lugar. También permiten el muestreo de invertebrados bentónicos en lugares que no pueden ser muestreados de manera efectiva por otros medios (Saliu & Ovuorie, 2007).

Se ha recomendado el uso de sustratos artificiales en estudios de impacto ambiental, ya que son económicos, proporcionan un hábitat idéntico y replicable y, en general, proporcionan un alto nivel de precisión en comparación con los hábitats naturales (Rule & Smith, 2005). Otra utilidad de los sustratos artificiales en los programas de monitoreo

es la variación en la estructura de la comunidad a lo largo del tiempo (Rule & Smith, 2005).

La comprensión del desarrollo de comunidades bentónicas en materiales artificiales es relevante para evaluar los sustratos artificiales como herramientas de mejora de estas comunidades (Bailey-Brock, 1989; Walker *et al*., 2007).

5.4. Generalidades de los grupos que colonizan sustratos artificiales

5.4.1. Esponjas

Los animales comúnmente conocidos como esponjas forman el phylum Porifera (Brusca & Brusca, 2005). El phylum Porifera es el grupo más primitivo y simple de los metazoos, con la historia geológica más antigua, que todavía existe en nuestro planeta (Van Soest *et al*., 2012; Hooper, 2019). El phylum Porifera se divide actualmente en cuatro clases distintas. Tres clases con representantes actuales: Hexactinellida, Demospongiae y Calcarea; y una clase extinta: Archaeocyatha (Hooper *et al*., 2002; Van Soest *et al*., 2012).

Las esponjas son animales sésiles exclusivamente acuáticos, que tienen la capacidad de extraer agua, filtrarla y absorber de ella las partículas de materia orgánica disuelta (Van Soest *et al*., 2012). Las esponjas carecen de tejidos u órganos y su cuerpo está constituido por células capaces de cambiar de forma y función según lo necesite el organismo. Además, tiene un sistema de canales con poros externos, estos canales están provistos de células flageladas denominadas coanocitos que hacen circular el agua a través de todo el cuerpo (Ruppert & Barnes, 1996; Spalding *et al*., 2001; Hooper *et al*., 2002; Brusca & Brusca, 2005; Van Soest *et al*., 2012).

Aunque no forman cuerpos verdaderos con órganos diferenciados, la mayoría de las esponjas crecen en formas bien estructuradas (Spalding *et al*., 2001). La firmeza del cuerpo de la esponja es proporcionada por fibras de soporte y estructuras inorgánicas del esqueleto depositadas por células especializadas (Hooper *et al*., 2002; Van Soest *et al*., 2012). Los esqueletos se forman a partir de numerosos elementos más pequeños llamados espículas hechas de sílice o de carbonato de calcio, mientras que en otros se forman a partir de espículas o fibras más largas hechas de colágeno (Ruppert & Barnes, 1996; Spalding *et al*., 2001; Hooper *et al*., 2002). Dependiendo de la naturaleza de estos componentes y de factores ambientales, las especies de esponjas pueden ser de formas, tamaños y consistencias distintas (Van Soest *et al*., 2012).

La supervivencia de este phylum en mares y en hábitats de agua dulce está relacionada con su aparente adaptabilidad a cambios ambientales drásticos y cambios en la biota competitiva (Van Soest *et al*., 2012).

5.4.2. Corales escleractinios

Coral es un término no taxonómico que incluye aquellos cnidarios que producen un esqueleto de carbonato de calcio (en forma de aragonita o calcita) continuo o formado por numerosas espículas microscópicas. Bajo esta definición, el grupo se compone de siete grupos taxonómicos: Scleractinia, Antipatharia, Octocorallia, Stylasteridae, y Milleporidae, dos zoantidos, y tres hidractínidos calcificados; que constituyen alrededor de 5080 especies (Cairns, 2007).

La unidad viviente del coral es el pólipo, animal simple con el cuerpo en forma de saco cuya pared corporal forma una estructura en forma de tubo, esta estructura rodea una

cavidad gástrica con una abertura que funciona como boca y ano, rodeada de tentáculos (Cifuentes-Lemus *et al*., 1995; Spalding *et al*., 2001; Cairns *et al*., 2009).

La etapa de natación libre de los corales está representada por su forma larval llamada “plánula”. Las plánulas se desarrollan durante varios días y pasan por varias etapas de crecimiento, mientras son transportadas por las corrientes superficiales antes de ser aptas para establecerse. Cuando las larvas están completamente desarrolladas puede asentarse en el sustrato y cambiar casi de inmediato hasta convertirse en pólipo (Veron *et al*., 2016).

El orden Scleractinia o Madreporaria, también conocidos como corales pétreos, corales verdaderos y corales duros, está representado por Antozoos Hexacoralarios en su mayoría coloniales (con múltiples pólipos) cuyos pólipos se desarrollan sobre un exoesqueleto de carbonato de calcio (aragonita), masivo y complejo, denominado coralo (Brusca & Brusca, 2005; Cairns *et al*., 2009). Los escleractinios se puede dividir en dos grupos: los que contienen zooxantelas en sus tejidos (zooxantelados) y los que carecen de ellas (azooxantelados; Cairns *et al*., 2009). En todo el mundo, el orden Scleractinia consiste en aproximadamente 1445 especies, de las cuales 756 corresponden a corales zooxantelados y 689 a corales azooxantelados (Cairns *et al*., 2009).

Aunque los corales se encuentran en todo el mundo, alcanzan su mayor extensión y abundancia en aguas tropicales donde la mayoría de las especies son coloniales y establecen grandes estructuras esqueléticas que construyen los arrecifes (Spalding *et al*., 2001).

Los corales zooxantelados a veces se denominan corales hermatípicos porque construyen arrecifes en aguas poco profundas donde hay suficiente luz para que sus

zooxantelas simbiontes realicen la fotosíntesis, mientras que los corales azooxantelados, a veces denominados ahermatípicos, suelen ser solitarios, vivir en aguas más frías y profundas y no construir arrecifes (Cairns *et al*., 2009).

La morfología de los corales zooxantelados incluye estructuras esqueléticas ramificadas, columnares, incrustantes, foliáceas, masivas, incrustantes, arborescentes, laminares, entre otras (Spalding *et al*., 2001; Cairns *et al*., 2009; Veron *et al*., 2016). Dentro de una especie de coral zooxantelado, la morfología tiene una gran variabilidad, reflejo de las condiciones ambientales locales, muchas de las cuales varían con la profundidad; por ejemplo, la exposición a las olas, intensidad luminosa, circulación del agua, sedimentación, temperatura y salinidad (Spalding *et al*., 2001; Cairns *et al*., 2009).

5.4.3. Moluscos

Los moluscos incluyen algunos de los invertebrados más conocidos como las almejas, caracoles, babosas, calamares y pulpos, pero también formas menos conocidas como como los quitones, conchas de colmillos, poliplacóforos y monoplacóforos (Moretzsohn *et al*., 2009; Brusca *et al*., 2016). Se han descrito aproximadamente 80,000 especies de moluscos vivos y aproximadamente el mismo número de especies fósiles. Sin embargo, solo se ha descrito aproximadamente la mitad o quizás menos de moluscos vivos (Moretzsohn *et al*., 2009; Brusca *et al*., 2016). En el océano habitan más de la mitad de todas las especies de moluscos vivos desde las zonas intermareales hasta las fosas oceánicas (Moretzsohn *et al*., 2009).

Existen ocho clases de moluscos: Bivalvia (almejas), Gastropoda (caracoles y babosas), Cephalopoda (calamares y pulpos), Polyplacophora (quitones),

Scaphopoda (conchas de colmillos), Monoplacophora (*Neopilina* y afines), Caudofoveata (caudofoveados o quetodermos) y Solenogastres (solenogastros o neomeniomorfos). Aunque hay grandes diferencias en apariencia superficial entre los representantes de estas ocho clases, hay un conjunto de caracteres que diagnostican su plan corporal, fundamental de un molusco (Brusca *et al*., 2016).

En los hábitats arrecifales coralinos se encuentran cuatro de las ocho clases: Bivalvia, Gastropoda, Cephalopoda y Polyplacophora, desde la columna de agua por arriba del arrecife hasta los sustratos duros y blandos (Whiters & Tunnell, 2010).

Casi todos los moluscos asociados con los arrecifes de coral comparten varios caracteres, por ejemplo, un manto con glándulas que secretan espículas calcáreas en forma de concha o placa y un pie musculoso que en los cefalópodos se modifica en tentáculos. Además, una rádula está presente en herbívoros y moluscos carnívoros (Spalding *et al*., 2001; Glynn & Enochs, 2011).

5.4.4. Ascidias

Las ascidias (Ascidiacea), son la clase más grande y diversa del subphylum Tunicata (también conocido como tunicados o urocordados). El nombre tunicado se debe a que presentan una cubierta externa llamada túnica que protege al organismo de la depredación y el daño físico (Cole & Lambert, 2009). Se han descrito aproximadamente 3,000 especies de ascidias que se encuentran en una gran variedad de hábitats marinos, desde aguas someras hasta grandes profundidades, como sustratos blandos, sustratos rocosos (Shenkar & Swalla, 2011) y arrecifes de coral, donde generalmente son diversos y abundantes (Glynn & Enochs, 2011).

Son organismos solitarios o coloniales que se alimentan filtrando nutrientes de las corrientes de agua (Cole & Lambert, 2009). Generalmente, tienen una estructura en forma de tubo con una gran abertura (sifón inhalante) con el que se extrae el agua, esta pasa a través de poros estrechos o hendiduras branquiales antes de ser exhalado a través de una abertura (sifón exhalante) ligeramente más pequeña (Spalding *et al*., 2001). En formas coloniales, los individuos (zooides) comparten una túnica común (Cole & Lambert, 2009).

Son organismos sésiles que en su etapa larval se adhieren a sustratos duros como rocas, corales muertos y conchas de moluscos; así como a cascos de barcos, muelles y otros sustratos artificiales (Cole & Lambert, 2009). Por esta razón, son dominantes en las comunidades incrustantes con gran potencial de invasión y capacidad de prosperar en ambientes ricos en nutrientes (Shenkar & Swalla, 2011; Palomino-Alvarez *et al*., 2019).

5.4.5. Poliquetos

Los poliquetos son una clase del phylum Annelida o gusanos segmentados, este phylum también incluye a los oligoquetos (lombrices de tierra) y a los hirudíneos (sanguijuelas; Fauchald *et al*., 2009). Los poliquetos son en su mayoría marinos y están presentes en todos los ambientes, desde zonas intermareales hasta grandes profundidades de los océanos. Se agrupan en aproximadamente 80 familias, de las cuales la mayoría son bentónicas y algunas son exclusivamente pelágicas (Fauchald *et al*., 2009). Con alrededor del 70% de la riqueza y abundancia, pueden llegar a conformar el mayor componente de la fauna bentónica, tanto en las costas como en las grandes profundidades (Miranda-Salinas *et al*., 2016). Se considera la clase más

diversa de los anélidos con más de 16,000 especies conocidas (Tovar-Hernández *et al*., 2014; Miranda-Salinas *et al*., 2016). En las costas de México, se han reconocido poco más de 1,500 especies, incluidas en 63 familias y 460 géneros (Miranda-Salinas *et al*., 2016).

Los anélidos tienen cerdas o quetas, generalmente dos o cuatro paquetes en cada segmento. Las cerdas están formadas generalmente por varillas largas y delgadas de proteínas fibrosas pegadas entre sí (Fauchald *et al*., 2009). Los poliquetos son más complejos que las sanguijuelas y oligoquetos, ya que generalmente tienen apéndices, antenas y palpos. Las cerdas o quetas generalmente se presentan en parapodios emparejados a cada lado del cuerpo, y el parapodio se puede subdividir en una parte superior, el notopodio, y una parte ventral inferior, el neuropodio. Las cerdas de los poliquetos son a menudo más complejas que las de los oligoquetos (Fauchald *et al*., 2009).

En los arrecifes de coral se encuentran casi 30 familias de poliquetos y usualmente son miembros abundantes de la fauna bentónica. Algunos de los más llamativos son las especies tubícolas de las familias Serpulidae y Sabellidae que se alimentan en suspensión (Glynn & Enochs, 2011).

5.4.6. Hidroides

Los hidroides (Hydroidolina) pertenecen a la clase Hydrozoa del phylum Cnidaria. La subclase Hydroidolina incluye a los órdenes Leptothecata y Anthoathecata, este último comprende los subórdenes Aplanulata, Capitata y Filifera (Wedler, 2017).

Los hidroides tienen diferentes tipos de propagación: mediante larvas plánulas y actínulas con rápido asentamiento (sexual) y brotes, frústulas, fragmentos de colonias

con rápido crecimiento (asexual). Esto asegura la mayor distribución y colonización de sustratos (Mendoza-Becerril *et al*., 2018).

Los hidroides presentan dos fases en su ciclo de vida: 1) la fase pólipo, la cual se fija a un sustrato y 2) la fase medusa, responsable de la reproducción y dispersión. Para mayor distribución y colonización de nuevos sustratos, los hidroides liberan larvas plánulas y en algunos casos actínulas (Wedler, 2017).

Los hidroides desempeñan un papel importante en la transferencia de energía del plancton a los bentos. Prosperan en una gran variedad de hábitats y diversidad de sustratos y son componentes importantes de las comunidades incrustantes y las comunidades de arrecifes de coral (Mendoza-Becerril *et al*., 2018). Dependiendo de su amplia variedad de formas y tamaños, los hidroides forman bosques tridimensionales a diferentes escalas, estableciendo relaciones con otros organismos bentónicos (Di Camillo *et al*., 2017).

Los hidroides comparten patrones de crecimiento comparables con las plantas superiores debido a su organización corporal y su alto potencial de reproducción asexual. Estas características, junto con la capacidad de entrar en latencia para superar condiciones desfavorables, hacen que los hidroides sean organismos exitosos que se adaptan a una amplia variedad de escenarios ambientales (Di Camillo *et al*., 2017), incluidos los sustratos artificiales, tal como cascos y boyas de barcos (Mendoza-Becerril *et al*., 2018).

5.4.7. Algas

Las algas son organismos talófitos, es decir, que carecen de raíces, tallos y hojas; contienen clorofila *a* como pigmento fotosintético primario y no poseen una cubierta

estéril de células alrededor de las células reproductoras. Esta definición incluye aquellas formas que no están estrechamente relacionadas con las algas como las cianobacterias, que están más relacionadas a las bacterias que al resto de las algas (Lee, 2008).

Las algas habitan en ambientes acuáticos de agua dulce, marina o salobre. Aunque también se pueden encontrar en casi cualquier otro entorno de la tierra (Lee, 2008).

Las algas marinas o macroalgas incluyen a las algas verdes multicelulares (Chlorophyta), las algas rojas (Rhodophyta) y las algas pardas (Phaeophyceae) (Fredericq *et al*., 2009). Algunas especies prosperan en aguas relativamente tranquilas, mientras que otras predominan en lugares más turbulentos. El movimiento moderado del agua es beneficioso para las algas marinas, ya que a través de este movimiento se transportan los nutrientes y gases a las plantas, eliminan los productos de desecho y evita la sedimentación (Fredericq *et al*., 2009).

La mayoría de las algas se adhieren a rocas, caparazones y conchas de animales sésiles, con sustratos más ásperos que mejoran el asentamiento y la fijación de las esporas (Fredericq *et al*., 2009). Las tasas de crecimiento y la morfología están influenciadas en gran medida por la temperatura, siendo este el principal factor de control existente en el comportamiento y distribución geográfica de las algas (Fredericq *et al*., 2009).

En los arrecifes de coral, las macroalgas frondosas son generalmente raras debido al intenso pastoreo causado por peces herbívoros, moluscos, crustáceos y erizos de mar (Fredericq *et al*., 2009). Las comunidades de algas arrecifales incluyen a las zooxantelas (algas simbiontes en la gastrodermis de los corales hermatípicos), algas coralinas incrustantes de vida libre, fitoplancton, algas microfilamentosas perforadoras

y formadoras de tapetes y, macroalgas calcificadas, carnosas y tipo césped (Lehman, 2010). La alta productividad primaria en los arrecifes de coral se debe principalmente a las algas filamentosas de rápido crecimiento y a las algas tipo césped (Fredericq *et al*., 2009). Por tanto, las algas contribuyen enormemente a la productividad y crecimiento del arrecife (González-Gandara *et al*., 2007).

6. METODOLOGÍA

6.1. Área de estudio

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) está formado por 28 arrecifes que se dividen en dos grupos por la desembocadura del río Jamapa (Fig. 1). El grupo norte incluye 13 arrecifes relativamente pequeños ubicados frente a la costa de la ciudad de Veracruz y el grupo sur 15 arrecifes ubicados frente a las costas de Antón Lizardo, que son en su mayoría más grandes (Tunnell, 2010).

El SAV se caracteriza por presentar aguas demasiado turbias a causa de la gran cantidad de sedimentos que son transportados por los ríos Papaloapan, La Antigua y Jamapa, siendo este último el de mayor influencia por su ubicación (Salas-Pérez & Granados-Barba, 2008; Horta-Puga *et al*., 2015).

La temporalidad atmosférica del golfo de México influye en la climatología del SAV (Salas-Monreal *et al*., 2015). Existen tres temporadas conocidas localmente como “Secas”, “Lluvias” y “Nortes”. La temporada de “Secas” se presenta de marzo a junio, la de “Lluvias” de agosto a octubre con algunas tormentas tropicales y huracanes, y la de “Nortes” de noviembre a marzo con ráfagas mayores a 120 km h-1 (Salas-Monreal *et al*., 2015).

La temperatura y la salinidad varían con la temporalidad: durante “Secas” oscila entre 19 y 30°C y entre 34 y 37 ups, durante “Lluvias” oscila entre 21 a 32°C y 28.5 a 37 ups y durante “Nortes” oscila entre 22 a 26.2°C y 34.5 a 36.8 ups (Salas-Monreal *et al*., 2015).

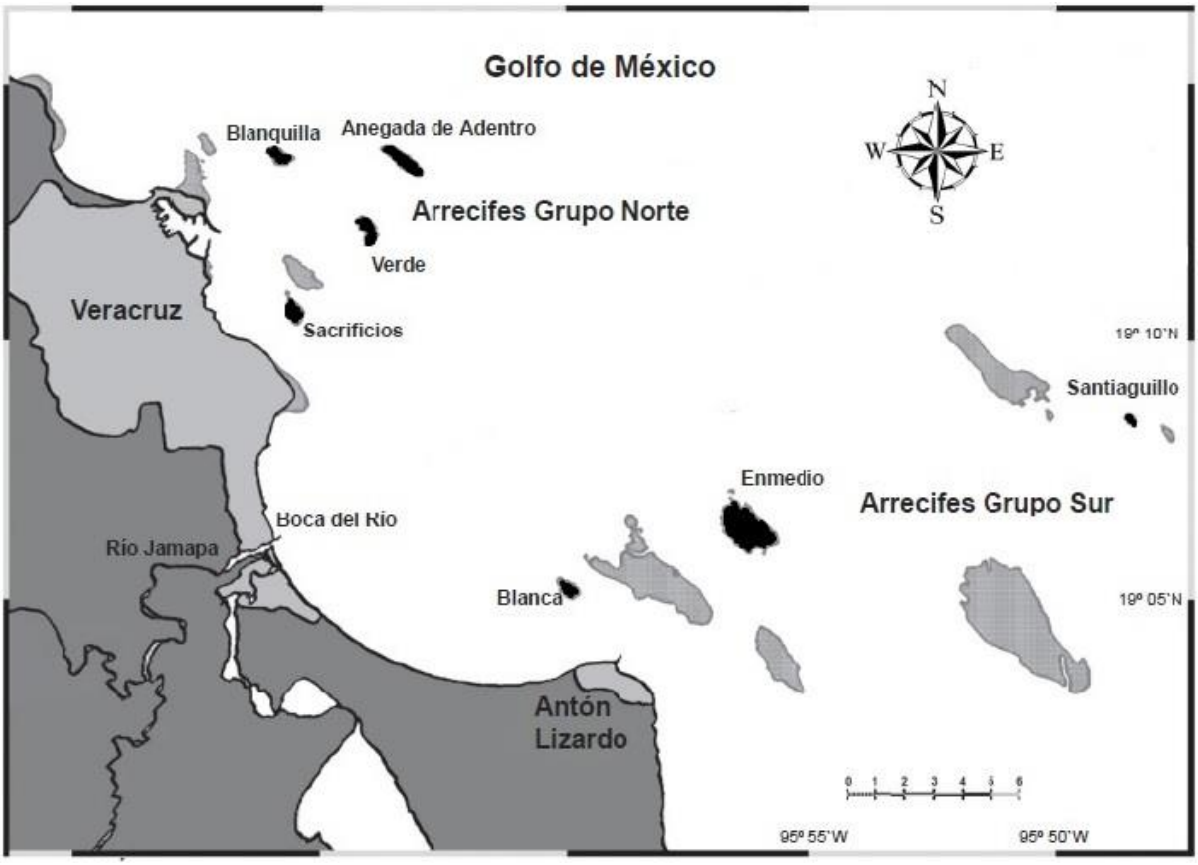

Figura 1. Área de estudio, indicando los arrecifes (color negro) en los que se encuentran los sustratos artificiales (tomado y modificado de Arellano-Méndez *et al*. 2016).

6.2. Muestreo

En agosto de 2019, se visitaron los sustratos artificiales (Fig. 2) ubicados en los arrecifes Santiaguillo, Blanca y Enmedio de la parte sur del SAV y en septiembre los sustratos artificiales ubicados en los arrecifes Anegada de Adentro, Verde, Sacrificios y Blanquilla de la parte norte (Fig. 1). En cada sustrato se fotografiaron los organismos establecidos mediante buceo autónomo SCUBA a una profundidad mínima de 3 m y

máxima de 15 m. No se pudo obtener datos del sustrato somero del arrecife Blanca debido a que fue destruido por las fuertes corrientes durante el monitoreo en el que se ocuparon (Pérez-España & Vargas-Hernández, 2008; Pérez-España *et al*., 2015), por lo anterior, de aquí en adelante no se considerará.

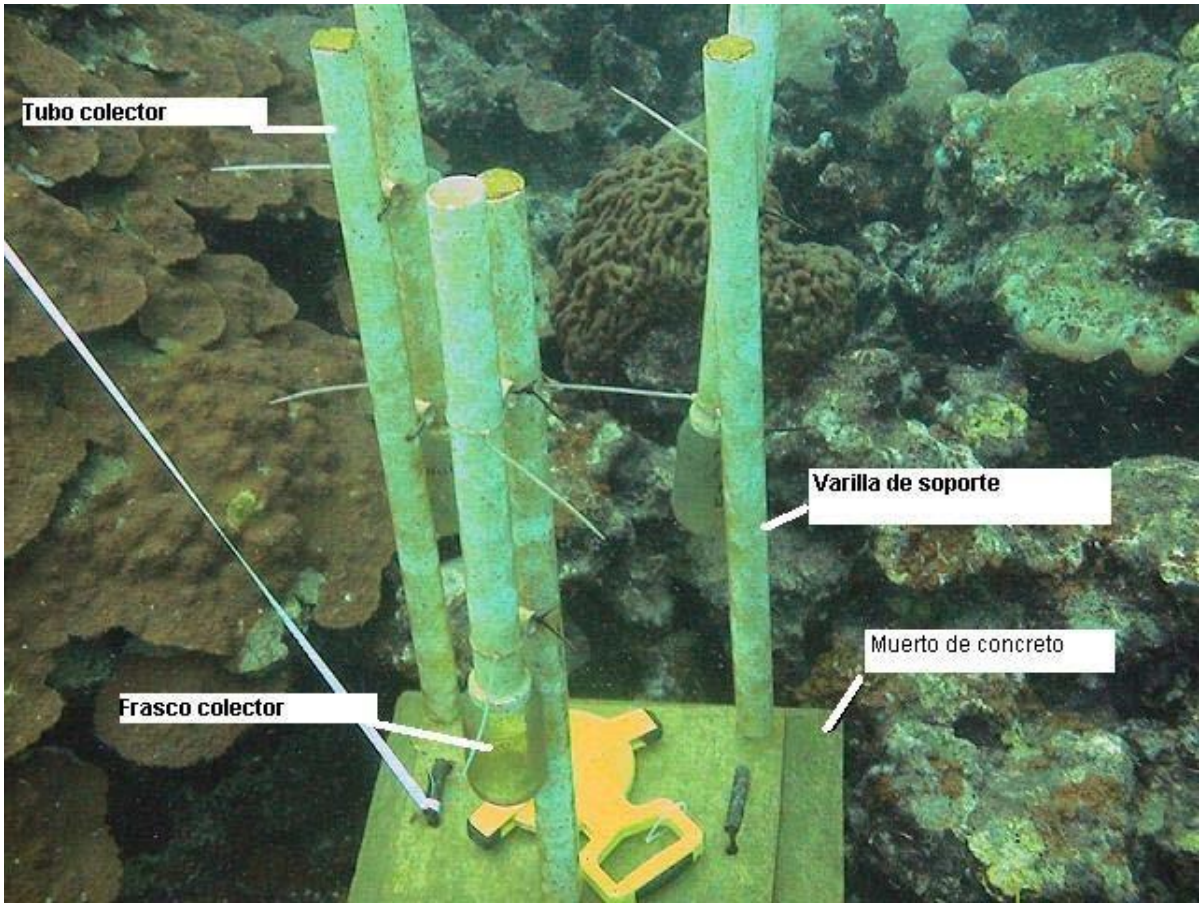

Figura 2. Trampas de sedimento que funcionan actualmente como sustratos artificiales (tomada de Pérez-España & Vargas-Hernández, 2008).

Se fotografiaron a los organismos utilizando dos cámaras fotográficas digitales Canon PowerShot G16 y Canon PowerShot G7X cada una montada dentro de un Housing. Posteriormente, se identificaron los organismos presentes en los sustratos artificiales considerando sus características morfológicas que los distinguen de acuerdo a las guías especializadas (Gosner, 1978; Collin *et al*., 2005; De León-González *et al*., 2009; Rocha *et al*., 2012; Humann & DeLoach, 2013; Humann *et al*., 2013; Zea *et al*., 2014;

Veron *et al*., 2016; STRI, 2020); en algunos casos no fue posible determinar los organismos hasta un nivel taxonómico y se registraron bajo grupos morfo-funcionales. Finalmente, los nombres científicos fueron corroborados consultando la base de datos de WoRMS (2020).

6.3. Análisis

Una vez que las especies y grupos fueron identificados, se elaboró una tabla de presencia-ausencia para cada arrecife donde se ubicaron los sustratos y para cada profundidad, a partir de la cual se realizó un análisis de agrupamiento utilizando el índice de Sørensen-Dice y UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages) como método de agrupamiento, seguido de un análisis no paramétrico de escalamiento multidimensional (nMDS) en tres dimensiones empleando variables ambientales (distancia a la costa y profundidad). Se utilizó el programa PAST versión 3.25 (Hammer *et al*., 2001) para realizar el análisis de agrupamiento y el nMDS.

7. RESULTADOS

Se encontraron siete grupos taxonómicos distribuidos en los sustratos artificiales: esponjas, corales, hidroides, poliquetos, moluscos, ascidias y algas (Tablas 1 y 2). Entre estos grupos se identificaron 27 especies: 12 esponjas, 6 corales escleractinios, 1 hidrocoral, 2 poliquetos, 2 moluscos, 2 ascidias y 2 algas; en 11 organismos no se pudo llegar a especie, por lo que fueron considerados como grupos morfofuncionales: esponjas incrustantes, esponja globular, corales escleractinios, hidroides, gasterópodos, bivalvos, ascidias incrustantes, ascidia globular, macroalgas, algas incrustantes y algas filamentosas.

En general, la comunidad de los sustratos artificiales fue diversa, aunque en algunos sustratos gran parte de la cobertura estuvo compuesta por esponjas. Los sustratos que presentaron mayor riqueza fueron los establecidos en los arrecifes de Sacrificios, Blanquilla y Enmedio con 22, 21 y 19 especies-grupos, respectivamente.

De manera general, la cobertura fue mayor en los tubos de PVC que en las bases de concreto. Los sustratos de mayor cobertura fueron los de Enmedio, Sacrificios y Blanquilla, mientras que los de menor cobertura fueron los de Santiaguillo, Verde y A. Adentro.

Los grupos con mayor presencia en los sustratos artificiales fueron las algas filamentosas, algas incrustantes, macroalgas, esponjas y hidroides. Las especies presentes en casi todos los sustratos fueron las esponjas *Clathria* sp. y *Desmapsamma anchorata.* Los sustratos estaban dominados prácticamente por esponjas en los tubos de PVC y algas en las bases de concreto.

Tabla 1. Especies-grupos presentes en los sustratos artificiales por arrecife (1=presente).

Especies-Grupos	Sacrificios	Verde	Blanquilla	A. Adentro	Blanca	En medio	Santiaguillo
Phylum Porifera							
Clase Demospongiae							
Familia Niphatidae							
Amphimedon compressa						1	
Niphates erecta	1						
Familia Crambeidae							
Monanchora arbuscula	1	1	1		1	1	
Familia Scopalinidae							
Scopalina ruetzleri					1		
Familia Clionaidae							
Cliona delitrix						1	
Familia Desmacididae							
Desmapsamma anchorata	1	1	1	1		1	
Familia Irciniidae							
Ircinia felix	1					1	
Ircinia strobilina					1		
***Ircinia* sp.**				1			
Familia Dysideidae							
Dysidea etheria			1			1	
Familia Aplysinidae							
***Aplysina* sp.**	1		1			1	
Familia Microcionidae							
***Clathria* sp.**	1	1	1	1	1	1	
Phylum Porifera							
Clase Demospongiae							
Esponjas incrustantes	1		1			1	
Esponja globular			1		1		

Continuación

Phylum Cnidaria							
Clase Anthozoa							
subclase Hexacorallia							
Orden Scleractinia							
Familia Poritidae							
***Porites* sp.**	1		1			1	
Familia Siderastreidae							
***Siderastrea* sp.**	1		1	1		1	
Familia Agariciidae							
***Agaricia* sp.**		1	1				1
Familia Faviidae							
***Colpophyllia* sp.**			1				
***Pseudiploria* sp.**			1				
Familia Astrocoeniidae							
Stephanocoenia intersepta				1			
Escleractinios	1		1				
Phylum Cnidaria							
Clase Hydrozoa							
Subclase Hydroidolina							
Orden Anthoathecata							
Familia Milleporidae							
Millepora alcicornis			1			1	
Phylum Cnidaria							
Clase Hydrozoa							
Subclase Hydroidolina							
Hidroides	1	1	1	1	1	1	
Phylum Annelida							
Clase Polychaeta							
Familia Sabellidae							
***Sabellastarte* sp.**	1						
Familia Serpulidae							

Continuación

Spirobranchus giganteus			1				
Phylum Mollusca							
Clase Gastropoda							
Familia Vermetidae							
***Thylacodes* sp.**	1		1		1		
Familia Cerithiidae							
***Cerithium* sp.**				1			
Gasterópodos	1		1		1		
Phylum Mollusca							
Clase Bivalvia							
Bivalvos	1				1	1	
Phylum Chordata							
Subphylum Tunicata							
Clase Ascidiacea							
Familia Ascidiidae							
Phallusia nigra	1						
Familia Pyuridae							
***Pyura* sp.**	1						
Ascidias incrustantes	1	1		1			
Ascidia globular	1						
Phylum Ochrophyta							
Clase Phaeophyceae							
Subclase Dictyotophycidae							
Familia Dictyotaceae							
***Dictyota* sp.**				1		1	
Phylum Rhodophyta							
Subphylum Eurhodophytina							
Clase Florideophyceae							
Familia Peyssonneliaceae							
***Peyssonnelia* sp.**				1	1	1	
Macroalgas	1		1	1	1		

Continuación

Algas incrustantes	1	1	1	1	1	1	1
Algas filamentosas	1	1	1	1	1	1	1
Total	22	8	21	11	12	19	6

Tabla 2. Especies-grupos presentes en los sustratos artificiales en los arrecifes por profundidad (1=presente).

Arrecifes	**Sacrificios**		**Verde**		**Blanquilla**		**A. Adentro**		**Blanca**	**Enmedio**		**Santiaguillo**	
Especies-Grupos/Profundidad	3-5 m	10-15 m	3-5 m	10-15 m	3-5 m	10-15 m	3-5 m	10-15 m	10-15 m	3-5 m	10-15 m	3-5 m	10-15 m
Phylum Porifera													
Clase Demospongiae													
Familia Niphatidae													
Amphimedon compressa										1			
Niphates erecta	1												
Familia Crambeidae													
Monanchora arbuscula		1		1		1			1		1		
Familia Scopalinidae													
Scopalina ruetzleri									1				
Familia Clionaidae													
Cliona delitrix										1			
Familia Desmacididae													
Desmapsamma anchorata	1	1		1	1	1		1		1	1		
Familia Irciniidae													
Ircinia felix	1									1			
Ircinia strobilina									1				
***Ircinia* sp.**								1					
Familia Dysideidae													
Dysidea etheria						1					1		
Familia Aplysinidae													
***Aplysina* sp.**	1					1				1			
Familia Microcionidae													

Continuación

***Clathria* sp.**	1	1		1	1	1		1	1		1	
Phylum Porifera												
Clase Demospongiae												
Esponjas incrustantes	1	1			1	1				1	1	
Esponja globular						1			1			
Phylum Cnidaria												
Clase Anthozoa												
subclase Hexacorallia												
Orden Scleractinia												
Familia Poritidae												
***Porites* sp.**		1			1					1		
Familia Siderastreidae												
***Siderastrea* sp.**	1				1			1		1		
Familia Agariciidae												
***Agaricia* sp.**			1		1							1
Familia Faviidae												
***Colpophyllia* sp.**					1							
***Pseudiploria* sp.**					1							
Familia Astrocoeniidae												
Stephanocoenia intersepta								1				
Escleractinios		1			1							
Phylum Cnidaria												
Clase Hydrozoa												
Subclase Hydroidolina												
Orden Anthoathecata												
Familia Milleporidae												
Millepora alcicornis					1					1		
Phylum Cnidaria												
Clase Hydrozoa												
Subclase Hydroidolina												
Hidroides	1	1		1		1		1	1	1	1	

Continuación

Phylum Annelida												
Clase Polychaeta												
Familia Sabellidae												
***Sabellastarte* sp.**	1	1										
Familia Serpulidae												
Spirobranchus giganteus				1								
Phylum Mollusca												
Clase Gastropoda												
Familia Vermetidae												
***Thylacodes* sp.**	1	1		1	1			1	1			
Familia Cerithiidae												
***Cerithium* sp.**						1						
Gasterópodos	1			1				1				
Phylum Mollusca												
Clase Bivalvia												
Bivalvos		1							1	1		
Phylum Chordata												
Subphylum Tunicata												
Clase Ascidiacea												
Familia Ascidiidae												
Phallusia nigra	1	1										
Familia Pyuridae												
***Pyura* sp.**	1											
Ascidias incrustantes	1		1			1						
Ascidia globular	1	1										
Phylum Ochrophyta												
Clase Phaeophyceae												
Subclase Dictyotophycidae												
Familia Dictyotaceae												
***Dictyota* sp.**							1					1
Phylum Rhodophyta												

Continuación

Subphylum Eurhodophytina													
Clase Florideophyceae													
Familia Peyssonneliaceae													
***Peyssonnelia* sp.**								1	1				1
Macroalgas	1				1			1	1	1			
Algas incrustantes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Algas filamentosas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	18	14	4	6	16	11	2	11	12	15	9	3	5

7.1. Análisis de agrupamiento (índice de Sørensen-Dice)

Del análisis de agrupamiento basado en la presencia-ausencia de las especies y grupos en los sustratos artificiales establecidos en los siete arrecifes (Fig. 3), se pudieron distinguir dos grupos principales. El primer grupo con un nivel de similitud de aproximadamente 68% incluye a los sustratos de Sacrificios, Blanquilla y Enmedio donde la mayor presencia de especies-grupos parece ser determinante para esta conformación (22, 21 y 19, respectivamente), los sustratos de estos dos últimos arrecifes se separan a un nivel de similitud de aproximadamente el 75%. El segundo grupo con aproximadamente 52% de similitud está formado por los sustratos de A. Adentro, Blanca y Verde, pero de igual manera, los sustratos de estos dos últimos arrecifes se separan a un nivel de similitud de 60%. Finalmente, los sustratos de Santiaguillo quedaron separados por registrar la menor presencia de especies-grupos y quizás por ser el arrecife más alejado de la costa con 20 km de distancia (Tunnell, 2010). Cabe mencionar, que agrupaciones formadas a partir de datos y análisis parecidos han sido atribuidas a la distancia a la costa y lo que esto conlleva (Carmona-Islas *et al*., 2019).

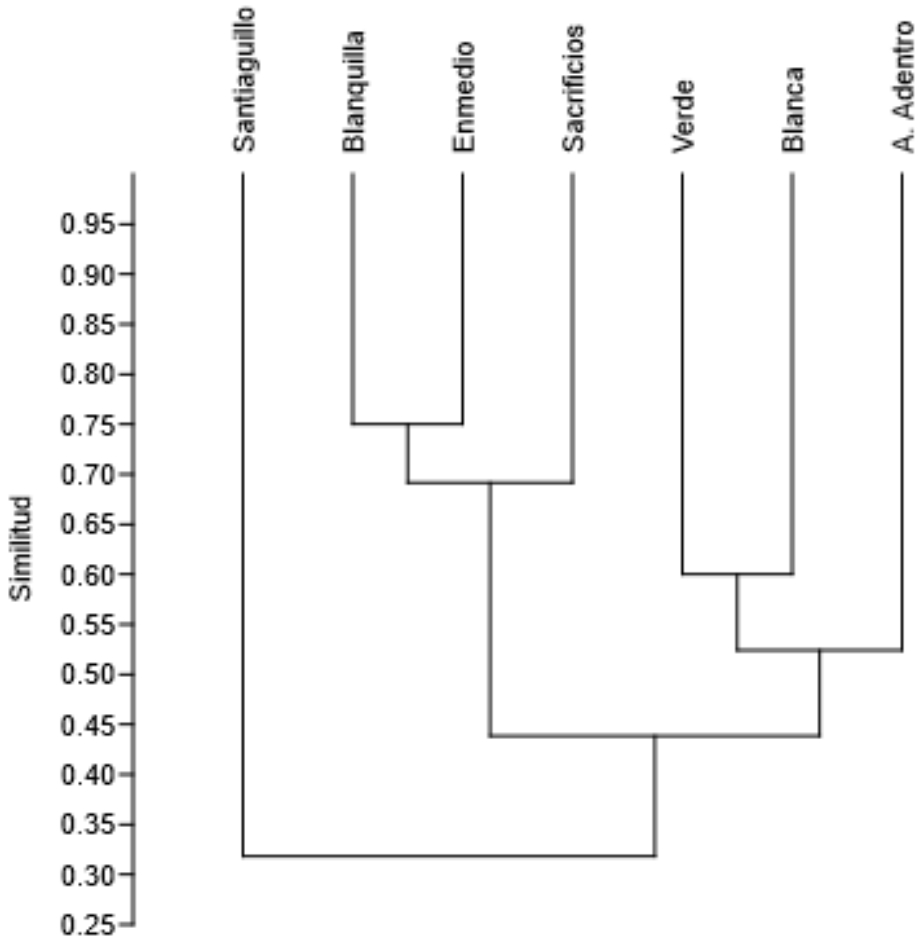

Figura 3. Dendograma de similitud por arrecife con base en la comunidad de los sustratos artificiales.

Se realizó nuevamente el análisis de agrupamiento, pero esta vez separando los sustratos por profundidad para ilustrar aún más las principales diferencias entre los sustratos establecidos en los siete arrecifes (Fig. 4). Se reconocieron cuatro grupos (1) Blanquilla2, Enmedio2, Verde2 y Sacrificios2 (el número después de cada nombre corresponde a la profundidad, 1 somero y 2 profundo) con aproximadamente 64% de similitud, siendo los primero dos sustratos los de mayor similitud (2) Blanquilla1, Enmedio1 y Sacrificios1 con aproximadamente 59% de similitud (3) A. Adentro1, Santiaguillo1, Santiaguillo2 y Verde1 con aproximadamente 57% de similitud y (4) A. Adentro2 y Blanca2 con aproximadamente 53% de similitud.

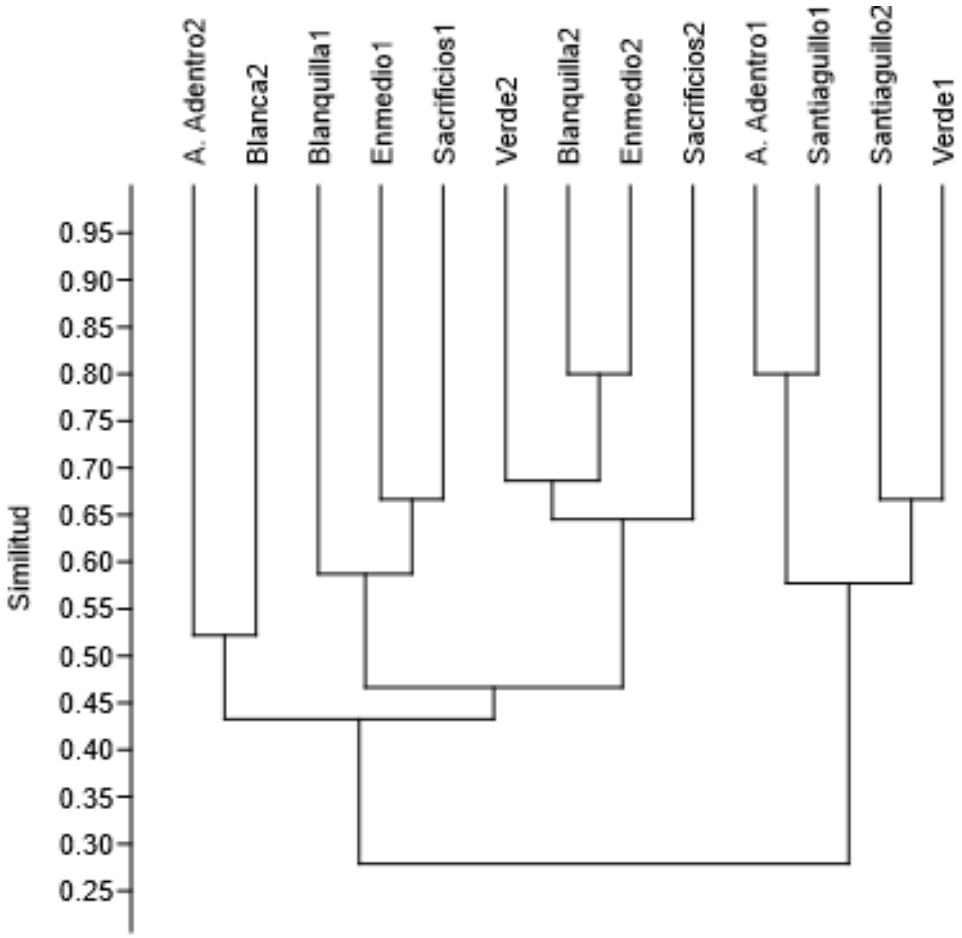

Figura 4. Dendograma de similitud por profundidad.

7.2. Análisis no paramétrico de escalamiento multidimensional (nMDS)

En los gráficos nMDS de las figuras 5,6,7 y 8 se observan de manera más clara las agrupaciones anteriores. Al realizar el análisis de escalamiento multidimensional por arrecifes (Figs. 5 y 6), se obtuvo un Stress de 0.04, mientras que al realizarlo por profundidades (Figs. 7 y 8) el Stress fue de 0.11, lo cual aún es bueno para ver la formación de los grupos.

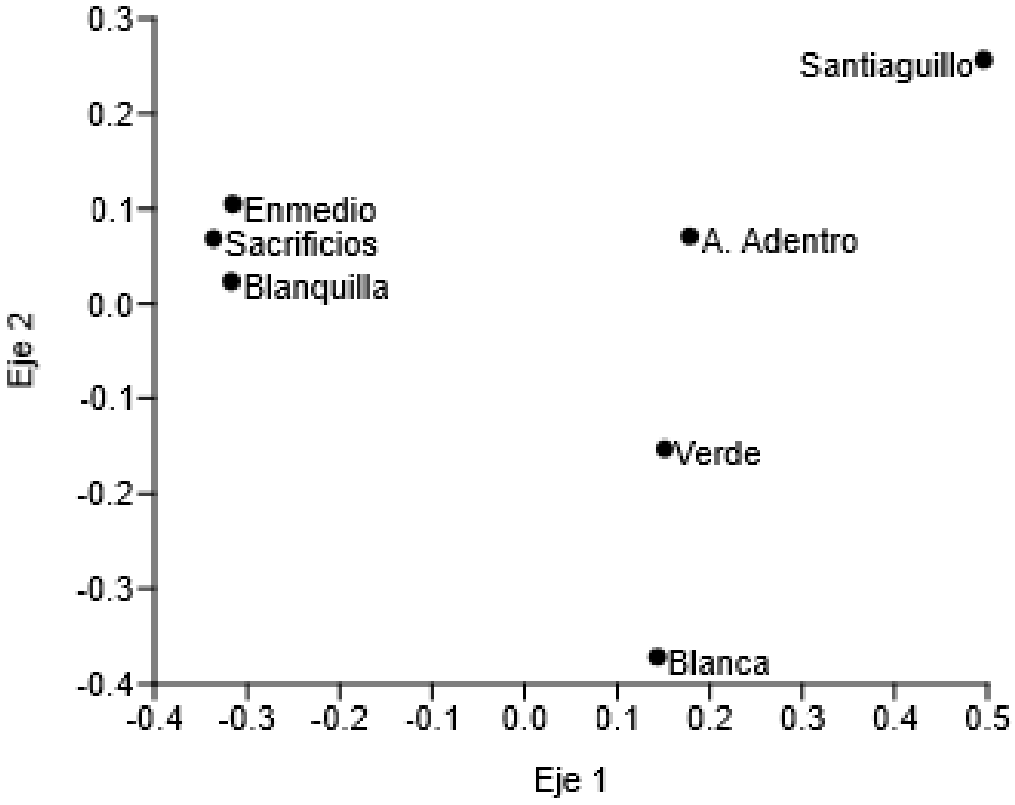

Figura 5. Agrupamiento en los ejes 1 y 2 del nMDS por arrecife.

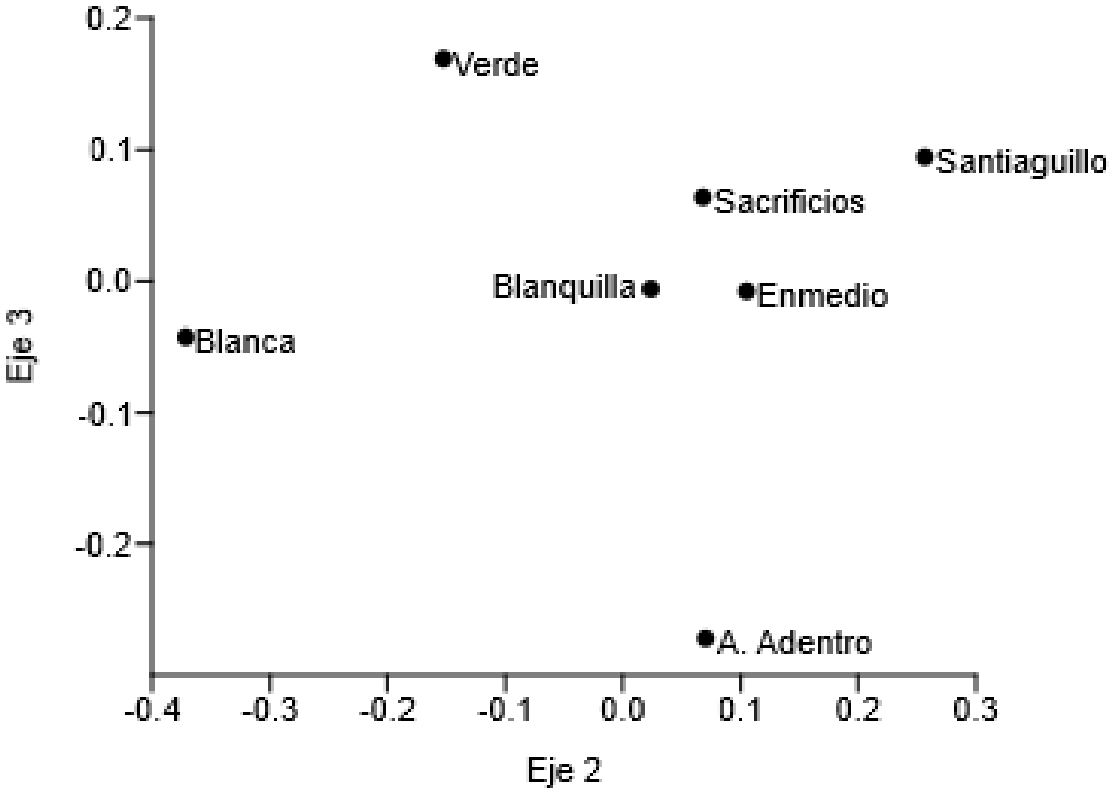

Figura 6. Agrupamiento en los ejes 2 y 3 del nMDS por arrecife.

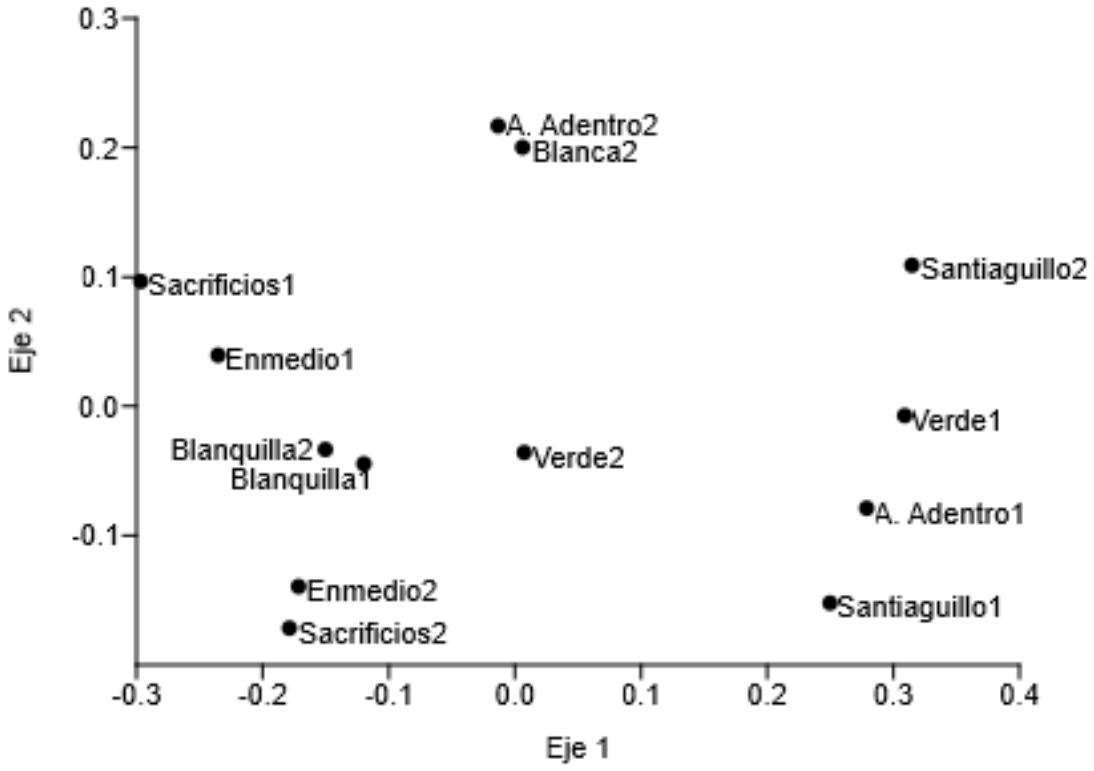

Figura 7. Agrupamiento en los ejes 1 y 2 del nMDS por profundidad.

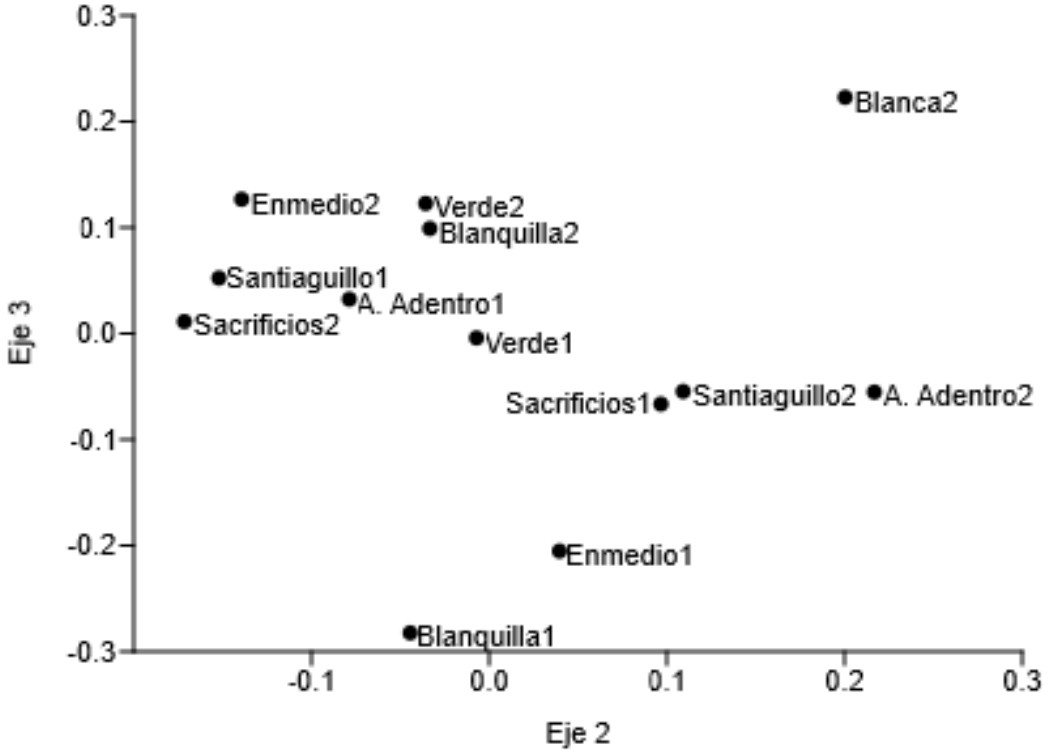

Figura 8. Agrupamiento en los ejes 2 y 3 del nMDS por profundidad.

8. CONCLUSIONES

- La comunidad macrobentónica establecida en los sustratos artificiales estuvo compuesta por 27 especies y 11 grupos, siendo las esponjas y algas los grupos dominantes.
- Las especies *Desmapsamma anchorata* y *Clathria* sp. son las de mayor presencia en los sustratos artificiales.
- Por arrecife, los sustratos artificiales de Enmedio y Blanquilla son los más similares.
- Por profundidad, los sustratos artificiales de Enmedio2 y Blanquilla2 son los más similares, al igual que A. Adentro1 y Santiaguillo1.
- Existe mayor similitud entre los sustratos artificiales que se ubican en los arrecifes más cercanos a la costa.
- La composición biótica en los tubos de PVC fue distinta a las de las bases de concreto, siendo los tubos de PVC los de mayor cobertura.
- Los sustratos de mayor riqueza y cobertura en cuanto a especies-grupos son los que se encuentran en Sacrificios, Blanquilla y Enmedio.

9. RECOMENDACIONES

Para entender los factores que determinan el desarrollo de las comunidades bentónicas en los sustratos artificiales estudiados se requiere mayor esfuerzo y tiempo para efectuar comparaciones entre los diferentes sustratos. Además, una investigación a largo plazo podría dar respuesta a que parámetros ambientales determinan estas comunidades. Para lograr esto, lo ideal sería determinar los porcentajes de cobertura y abundancia de las especies para saber si están igualmente representadas en los sustratos y entender cómo se comportan.

10. EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA

Adquirí un poco de experiencia en la investigación a nivel profesional, lo cual me permitirá en algún momento abordar diferentes líneas de investigación relacionadas con la evaluación de las poblaciones y comunidades biológicas en ecosistemas naturales y modificados, así como con otras áreas de mi especialidad.

11. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

- Trabajo en equipo, aplicada al apoyar en actividades de campo de proyectos paralelos.
- Aplicación de conocimientos en el área de mi especialidad aplicada a lo largo de toda la residencia profesional.
- Capacidad de análisis y síntesis aplicada al realizar la investigación y elaboración de este trabajo.

12. FUENTES DE INFORMACIÓN

Achilleos, K., Patsalidou, M., Jimenez, C., Kamidis, N., Georgiou, A., Petrou, A., & Kallianiotis, A. (2018). Epibenthic communities on artificial reefs in Greece, Mediterranean Sea. *Water (*Switzerland), 10(4), 347, 1–15.

Arellano-Méndez, L. U., Bello-Pineda, J., Aké-Castillo, J. A., Pérez-España, H., & Martínez-Cardenas, L. (2016). Distribución espacial y estructura morfométrica de las praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) en dos arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México. Revista de Biología Tropical, 64(2), 427–448.

Bailey-Brock, J. H. (1989). Fouling community development on an artificial reef in Hawaiian waters. *Bulletin of Marine Science*, 44(2), 580–591.

Baynes, T. W., & Szmant, A. M. (1989). Effect of current on the sessile benthic community structure of an artificial reef. *Bulletin of Marine Science*, 44(2), 545–566.

Beserra-Azevedo, F. B., Carloni, G. G., & Carvalheira, L. V. (2006). Colonization of benthic organisms on different artificial substratum in Ilha Grande Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(2), 263–275.

Bohnsack, J. A., & Sutherland, D. L. (1985). Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bulletin of Marine Science*, 37(1), 11–39.

Broughton, K. (2012). Office of National Marine Sanctuaries Science Review of Artificial Reefs. Marine Sanctuaries Conservation Series ONMS-12-05. Silver Spring, MD: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of National Marine Sanctuaries. 42 pp.

Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2005). Invertebrados, 2ª ed. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana.1005 pp.

Brusca, R. C., Moore, W., & Shuster, S. M. (2016). Invertebrates, 3rd ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.1104 pp.

Cairns, S. D. (2007). Deep-water corals: An overview with special reference to diversity and distribution of deep-water scleractinian corals. *Bulletin of Marine Science*, 81(3), 311–322.

Cairns, S. D., Jaap, W. C., & Lang, J. C. (2009). Scleractinia (Cnidaria) of the Gulf of Mexico (pp. 333–347). In: D. L. Felder, & D. K. Camp (Eds.). Gulf of Mexico, Origins, Waters, and Biota. Volume 1, Biodiversity. College Station, Texas: Texas A&M University Press. 1385 pp.

Carmona-Islas, C., Morales-García, A., Hernández-Mendiola, J. A., Gama-Villasana, H., Colmenares-Campos, C., & Cruz-Gutiérrez, R. (2019). Invertebrados bentónicos

en diez arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90.

Cifuentes-Lemus, J. L., Torres-García, M. P., & Frías, M. M. (1995). El océano y sus recursos, VI. Bentos y Necton. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V. 206 pp.

Cole, L., & Lambert, G. (2009). Tunicata (Urochordata) of the Gulf of Mexico (pp. 1209–1216). In: D. L. Felder, & D. K. Camp (Eds.). Gulf of Mexico, Origins, Waters, and Biota. Volume 1, Biodiversity. College Station, Texas: Texas A&M University Press. 1385 pp.

Collin, R., Díaz, M. C., Norenburg, J., Rocha, R. M., Sánchez, J. A., Schulze, A., Schwartz, M., & Valdés, A. (2005). Photographic identification guide to some common marine invertebrates of Bocas del Toro, Panama. *Caribbean Journal of Science*, 41(3), 638–707.

De León-González, J. A., Bastida-Zavala, J. R., Carrera-Parra, L. F., García-Garza, M. E., Peña-Rivera, A., Salazar-Vallejo, S. I., & Solís-Weiss, V. (2009). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América tropical. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León.

Di Camillo, C. G., Bavestrello, G., Cerrano, C., Gravili, C., Piraino, S., Puce, S., & Boero, F. (2017). Hydroids (Cnidaria, Hydrozoa): A Neglected Component of Animal Forests (pp. 1-31). In: S. Rossi, L. Bramanti, A. Gori, & C. Orejas (Eds.). Marine Animal Forests. Springer International Publishing AG.

Fauchald, K., Granados-Barba, A., & Solís-Weiss, V. (2009). Polychaeta (Annelida) of the Gulf of Mexico (pp. 751-788). In: D. L. Felder, & D. K. Camp (Eds.). Gulf of Mexico, Origins, Waters, and Biota. Volume 1, Biodiversity. College Station, Texas: Texas A&M University Press. 1385 pp.

Fitzhardinge, R. C., & Bailey-Brock, J. H. (1989). Colonization of artificial reef materials by corals and other sessile organisms. *Bulletin of Marine Science* 44(2), 567–579.

Fredericq, S., Cho, T. O., Earle, S. A., Gurgel, C. F., Krayesky, D. M., Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C., Norris, J. N., & Suárez, A. M. (2009). Seaweeds of the Gulf of Mexico (pp. 187-259). In: D. L. Felder, & D. K. Camp (Eds.). Gulf of Mexico, Origins, Waters, and Biota. Volume 1, Biodiversity. College Station, Texas: Texas A&M University Press. 1385 pp.

Gabriele, M., Bellot, A., Gallotti, D., & Brunetti, R. (1999). Sublittoral hard substrate communities of the northern Adriatic Sea. *Cahiers de Biologie Marine*, 40(1), 65–76.

Glynn, P. W., & Enochs, I. C. (2011). Invertebrates and Their Roles in Coral Reef Ecosystems (pp. 273-325). In: Z. Dubinsky, & N. Stambler (Eds.). Coral Reefs: An Ecosystem in Transition. Springer Netherlands.

González-Gándara, C., Cruz-Arellano, M., Domínguez-Barradas, C., Serrano-Solís, A., & Basañez-Muñoz, A. D. J. (2007). Macroalgas asociadas a cuatro hábitats del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista UDO Agrícola*, 7(1), 252–257.

Gosner, K. L. (1978). Peterson field guides: Atlantic seashore. Boston: Houton Mifflin Company. 276 pp.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1), 9 pp.

Higgins, E., Scheibling, R. E., Desilets, K. M., & Metaxas, A. (2019). Benthic community succession on artificial and natural coral reefs in the northern Gulf of Aqaba, Red Sea. *PLoS ONE*, 14(2), 1–24.

Hooper, J. N. A., Van Soest, R. W. M., & Debrenne, F. (2002). Phylum Porifera Grant, 1836 (pp. 9-13). In: J. N. A. Hooper, & R. W. M. Van Soest (Eds.). Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges. Springer US. 1707 pp.

Hooper, J. N. A. (2019). Sponges (pp. 229-246). In: P. Hutchings, M. Kingsford & O. Hoegh-Guldberg (Eds.). The Great Barrier Reef: Biology, Environment and Management, 2ª ed. CSIRO Publishing. 488 pp.

Horta-Puga, G., Tello-Musi, J. L., Beltrán-Torres, A., Carricart-Ganivet, J. P., Carriquiry, J. D., & Villaescusa-Celaya, J. (2015). Veracruz Reef System: a hermatypic coral community thriving in a sedimentary terrigenous environment (pp. 181-208). En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal & C. González-Gándara (Eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche. 366 pp.

Humann, P., & DeLoach, N. (2013). Reef coral identification 3rd ed. Florida Caribbean Bahamas. Jacksonville, Florida: New World Publications, Inc. 270 pp.

Humann, P., DeLoach, N., & Wilk, L. (2013). Reef creature identification 3rd ed. Florida Caribbean Bahamas. Jacksonville, Florida: New World Publications, Inc. 270 pp.

ICIMAP-UV. (2020). Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana. Recuperado de: https://www.uv.mx/veracruz/icmp/introduccion/

ICIMAP-UV. (2019). Informe de actividades 2018-2019. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías-Universidad Veracruzana. Recuperado de: https://www.uv.mx/veracruz/icmp/files/2019/10/Informe-2018-2019ICIMAP.pdf

Jiménez-Badillo, M. L., Cruz-Rodas, S., Lozano-Aburto, M. A., & Rodríguez-Quiroz, G. (2014). Problemática ambiental y socioeconómica del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 60, 58-64.

Krohling, W., & Zalmon, I. R. (2008). Epibenthic colonization on an artificial reef in a stressed environment off the north coast of the Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(1), 213–221.

Lee, R. E. (2008). Phycology, 4th ed. Cambridge, USA: Cambridge University Press. 560 pp.

Lehman, L. R. (2010). Algas de los arrecifes (pp. 129-140). En: J. W. Tunnell, E. A. Chávez, & K. Withers (Eds.). Arrecifes coralinos del Sur del Golfo de México. México D.F.: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I.P.N.

Lozano-Cortés, D. F., & Zapata, F. A. (2014). Invertebrate colonization on artificial substrates in a coral reef at Gorgona Island, Colombian Pacific Ocean. *Revista de Biología Tropical*, 62(Suppl.1), 161–168.

Mendoza-Becerril, M. A., Simões, N., & Genzano, G. (2018). Benthic hydroids (Cnidaria, Hydrozoa) from Alacranes Reef, Gulf of Mexico, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 94(1), 1–18.

Miranda-Salinas, A. V., García-Garza, M. E., & León-González, J. A. (2016). Registros nuevos de poliquetos (Annelida) de la zona costera de isla del Carmen, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 1212-1224.

Moretzsohn, F., Tunnell, J. W., Lyons, W. G., Baqueiro, C. E., Barrera, N., Espinosa, J., García, F. E., Ortea, J., & Reguero, M. (2009). Mollusca: Introduction (pp. 559-564). In: D. L. Felder, & D. K. Camp (Eds.). Gulf of Mexico, Origins, Waters, and Biota. Volume 1, Biodiversity. College Station, Texas: Texas A&M University Press. 1385 pp.

Nicoletti, L., Marzialetti, S., Paganelli, D., & Ardizzone, G. D. (2007). Long-term changes in a benthic assemblage associated with artificial reefs. *Hydrobiologia*, 580, 233-240.

Ortiz-Lozano, L., Valadez-Rocha, V., & Hayasaka-Ramírez, S. (2015). Influencia histórica de la ciudad y puerto de Veracruz sobre el Sistema Arrecifal Veracruzano (pp. 1-18). En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal & C. González-Gándara (Eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche. 366 pp.

Palomino-Alvarez, L. A., Rocha, R. M., & Simões, N. (2019). Checklist of ascidians (Chordata, Tunicata) from the southern Gulf of Mexico. *ZooKeys*, 832, 1–33.

Pérez-España, H., & Vargas-Hernández, J. M. (2008). Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: Primera Etapa. Universidad Veracruzana. Centro de Ecología y Pesquerías. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No.DM002. México D. F.

Pérez-España, H., Bello-Pineda, J., Ávila-Santiago, P. Berumen-Solorzano, P., Melo-Merino, S., Flores-Arévalo, R. R., Santander-Monsalvo, J., Gómez-Villada, R. S., Román-Vives, M. A., Ruiz-Lozano, C., Alvardo-Tejeda, M., Roldán-Ubando, A. A. & Cabrera-Valenzuela, A. (2015). Monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal

Veracruzano: Segunda Etapa. Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto GM004, México D.F.

PLADEA-ICIMAP. (2015). Plan de Desarrollo de la Entidades Académicas (PlaDEA)-Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías 2014-2017. Universidad Veracruzana (UV). Recuperado de: https://www.uv.mx/veracruz/icmp/files/2016/10/PLADEA-ICIMAP-2014-2017-15-enero-20151.pdf

PLADEA-ICMYP. (2018). Plan de Desarrollo de las Entidades Académicas-Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías 2017-2021. Universidad Veracruzana (UV). Recuperado de: https://www.uv.mx/planeacioninstitucional/files/2019/07/PLADEA_Inst_Pesquerias_Ver-R.pdf

Rocha, R. M., Zanata, B. T., & Moreno, T. R. (2012). Keys for identification of families and genera of Atlantic shallow water ascidians. *Biota Neotropica* 12(1), 1–35.

Rule, M. J., & Smith, S. D. A. (2005). Spatial variation in the recruitment of benthic assemblages to artificial substrata*. Marine Ecology Progress* Series, 290, 67–78.

Ruppert, E. E., & Barnes, R. D. (1996). Zoología de los Invertebrados 6ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana. 1114 pp.

Salas-Monreal, D., Salas-Pérez, J. J., Marín-Hernández, M., Chacón-Gómez, I. C., & Avendaño-Álvarez, J. O. (2015). Dinámica marina del Sistema Arrecifal Veracruzano (pp. 19-34). En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal & C. González-Gándara (Eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche. 366 pp.

Salas-Pérez, J. J., & Granados-Barba, A. (2008). Oceanographic characterization of the Veracruz reefs system. *Atmósfera*, 21(3), 281–301.

Saliu, J. K., & Ovuorie, U. R. (2007). The artificial substrate preference of invertebrates in Ogbe Creek, Lagos, Nigeria. *Life Science Journal*, 4(3), 77–81.

Shenkar, N., & Swalla, B. J. (2011). Global diversity of Ascidiacea. *PLoS ONE*, 6(6).

Spagnolo, A., Cuicchi, C., Punzo, E., Santelli, A., Scarcella, G., & Fabi, G. (2014). Patterns of colonization and succession of benthic assemblages in two artificial substrates. *Journal of Sea Research*, 88, 78–86.

Spalding, M. D., Ravilious, C., & Green, E. P. (2001). World Atlas of Coral Reefs. Prepared at the UNEP World Conservation Monitoring Centre. Berkeley, USA: University of California Press. 425 pp.

STRI. (2020). Digital image database. Smithsonian Tropical Research Institute. Recuperado de: https://biogeodb.stri.si.edu/biodiversity/

Tovar-Hernández, M. A., Salazar-Silva, P., De León-González, J. A., Carrera-Parra, L. F., & Salazar-Vallejo, S. I. (2014). Biodiversidad de Polychaeta (Annelida) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85, S190-S196.

Tunnell, J. W. (2010). Distribución de los arrecifes (pp. 17-29). En: J. W. Tunnell, E. A. Chávez & K. Withers (Eds.). Arrecifes coralinos del sur del Golfo de México. México D.F.: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I.P.N.

Valadez-Rocha, V. & Ortiz-Lozano, L. (2013). Spatial and temporal effects of port facilities expansion on the surface area of shallow coral reefs. Environmental Management, 52(1), 250-260.

Van Soest, R. W. M., Boury-Esnault, N., Vacelet, J., Dohrmann, M., Erpenbeck, D., De Voogd, N. J., Santodomingo, N., Vanhoorne, B., Kelly, M., & Hooper, J. N. A. (2012). Global diversity of sponges (Porifera). *PLoS ONE*, 7(4).

Vázquez-Machorro, A. (2016). Dinámica temporal macrobentónica en el pecio Ana Elena, Sistema Arrecifal Veracruzano, golfo de México. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM. CD.MX. 79 pp.

Vázquez-Machorro, A., Godínez-Ortega, J. L., Granados-Barba, A., & Ramírez-García, P. (2016). Estructura y composición de la macroflora dominante del pecio Ana Elena, Sistema Arrecifal Veracruzano, Golfo de México. *Hidrobiológica*, 26(2), 259–267.

Veron, J. E. N., Stafford-Smith, M. G., Turak, E., & DeVantier, L. M. (2016). Corals of the World. Recuperado de: http://www.coralsoftheworld.org/page/home/

Walker, S. J., Schlacher, T. A., & Schlacher-Hoenlinger, M. A. (2007). Spatial heterogeneity of epibenthos on artificial reefs: fouling communities in the early stages of colonization on an East Australian shipwreck. *Marine Ecology*, 28(4), 435–445.

Wedler, E. (2017). Hidroides del Mar Caribe con énfasis en la región de Santa Marta, Colombia. Colombia: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. Serie de Publicaciones generales del INVEMAR. 200 pp.

Withers, K., & Tunnell, J. W. (2010). Biodiversidad de los arrecifes (pp. 101-128). En: J. W. Tunnell, E. A. Chávez, & K. Withers (Eds.). Arrecifes coralinos del Sur del Golfo de México. México D.F.: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I.P.N.

WoRMS. (2020). World Register of Marine Species. WoRMS Editorial Board. Recuperado de: http://www.marinespecies.org at VLIZ.

Zea, S., Henkel, T. P., & Pawlik, J. R. (2014). The Sponge Guide: a picture guide to Caribbean sponges. 3rd ed. Recuperado de: www.spongeguide.org.

ANEXO I. Carta de terminación de Residencia Profesional

Universidad Veracruzana
Dirección General de Investigaciones
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías

Boca del Río, Ver., a 20 de febrero de 2020

OF. No. DIR ICIMAP/24/2020

ASUNTO: Carta de terminación de Residencia Profesional

CAMPUS VERACRUZ

Calle Hidalgo No. 617
Colonia Río Jamapa,
C P 94290,
Boca del Río,
Veracruz,
México

Teléfonos
(229) 956 70 70
956 72 27

Calle Independencia
No. 30 (antes 38)
Piso 1 y 2
Colonia Centro,
CP 94290,
Boca del Río,
Veracruz,
México

Teléfono
(229) 202 28 28

Ing. Jaime de Jesús Cañas Ortega
Director del Instituto Tecnológico de Boca del Río
Presente:

At'n. M. en C. Olivia Sánchez Hernández
Jefa del departamento de Gestión
Tecnológica y Vinculación

Por medio del presente me permito informarle que el **C. Eduardo Hernández Ochoa**, estudiante de la carrera de **Lic. en Biología** del Instituto Tecnológico de Boca del Rio, con número de control: **15990794**, realizó su **Residencia Profesional** en este Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana, en el proyecto: "*Composición y estructura de la comunidad macrobentónica establecida en sustratos artificiales en el sistema arrecifal veracruzano (SAV)*", con el Dr. Horacio Pérez España, investigador adscrito al ICIMAP, durante el periodo comprendido **del 19 de agosto de 2019 al 18 de diciembre de 2019**, cubriendo un total de **500 horas.**

Sin más por el momento, nos ponemos a sus órdenes y reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz"

INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS
Y PESQUERIAS
Hidalgo 617 Col. Rio Jamapa
C.P. 94290
Boca del Rio, Veracruz.

Dr. Javier Bello Pineda
Director

Ccp. Dr. Horacio Pérez España.- Investigador del ICIMAP
Lic. Miguel Ángel Salazar Rodríguez.- Administrador del ICIMAP
Archivo