



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
Zona Poza Rica-Tuxpan

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DE
MONITOREO EN SITIOS PERMANENTES EN EL
ARRECIFE DE TUXPAN, VERACRUZ, MÉXICO**

TESIS

Que para obtener el título de:
**MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS
MARINOS Y COSTEROS**

P R E S E N T A:

Johanna Calle Triviño

Director:

M. C. A. Francisco Javier Martos Fernández

Tuxpan, Veracruz

2014



Universidad Veracruzana

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, México. Septiembre del 2014

La presente Tesis titulada **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MONITOREO EN SITIOS PERMANENTES EN EL ARRECIFE DE TUXPAN, VERACRUZ, MÉXICO”** realizada por la Bióloga Marina Johanna Calle Triviño, bajo la dirección particular del M.C.A Francisco Javier Martos Fernández, ha sido aprobada y aceptada para poder llevar a cabo la solicitud de fecha del examen para obtener el título de:

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS



M.C.A. Francisco Javier Martos Fernández

DIRECTOR

La presente Tesis titulada “**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DE MONITOREO EN SITIOS PERMANENTES EN EL ARRECIFE DE TUXPAN, VERACRUZ, MÉXICO**” realizada por la Bióloga Marina Johanna Calle Triviño, ha sido aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

COMISIÓN LECTORA:



Dr. Ascención Capistrán Barradas

LECTOR



Mtra. Lilliana Cuervo López

LECTOR



Mtro. Juan Manuel Vargas Hernández

LECTOR

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, México. Septiembre del 2014.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Veracruzana, la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias y en especial al programa de Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros.

Al Maestro Francisco Javier Martos por su dirección, apoyo, confianza, correcciones y dedicación.

A mis evaluadores, el Doctor Ascención Capistrán Barradas y los Maestros Lilitiana Cuervo López y Juan Manuel Vargas Hernández por sus aportes significativos en las diferentes etapas del desarrollo de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT) por las valiosas contribuciones a la investigación y formación profesional.

Al Doctor Giorgio Anfuso Melfi por su confianza y apoyo en mi estancia en la Universidad de Cádiz (España), al personal administrativo del Centro Andaluz de Ciencia y Tecnología Marinas (CACYTMAR) de la UCA, por su amabilidad y dedicación.

A la Fundación Dominicana de Estudios Marinos (FUNDEMAR) en especial a la Maestra Rita Sellares Blasco directora del Centro de Estudios Costero Marinos (CECOMAR) en Bayahíbe, República Dominicana, por brindarme su invaluable amistad y hacerme parte de su equipo de trabajo.

A Camilo por ser mi compañero de vida, disfrutar y aprender de ésta experiencia juntos.

A Maura por su valiosa amistad, por abrirme las puertas de su país y ser el punto de partida para emprender esta etapa que ya culmina.

A mis compañeros de clase, y a mis amigos mexicanos por hacerme sentir como en casa.

DEDICATORIA

A DIOS

El artista que dibuja mis días

A MI MADRE

Quien agarra mi mano en cada paso que doy y es mi maestra de vida

A mis abuelos, mi padre y mi hijo que aun desde la eternidad me siguen enseñando que el amor lo puede todo.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	5
III. OBJETIVOS.....	12
IV. ÁREA DE ESTUDIO	13
V. MATERIAL Y MÉTODOS	18
5.1. Diseño del protocolo de Monitoreo	18
5.1.1. Metodología del Protocolo.....	19
5.2. Aplicación del protocolo de monitoreo diseñado.....	19
5.3. Material y actividades de capacitación.....	22
VI. RESULTADOS	24
6.1. Diseño del protocolo	24
6.1.1. Variables Físico-Químicas.....	24
6.1.1.1. Temperatura ambiental y Precipitación pluvial.....	24
6.1.1.2. Estado del mar.....	25
6.1.1.3. Temperatura superficial del agua.....	26
6.1.1.4. Transparencia de la masa de agua.....	26
6.1.2. Variables Biológicas	27
6.1.2.1. Cobertura de organismos sésiles.....	27
6.1.2.2. Abundancia de organismos móviles	28
6.1.2.3. Abundancia de gorgonáceos	29

6.1.2.4.	Salud coralina	29
6.1.2.5.	Riqueza y abundancia de peces arrecifales.....	30
6.1.3.	Análisis estadístico	31
6.2.	Aplicación del protocolo	33
6.2.1.	Variables Físico-Químicas.....	33
6.2.1.1.	Temperatura ambiental y Precipitación pluvial.....	33
6.2.1.2.	Estado del mar	35
6.2.1.3.	Temperatura superficial del agua.....	36
6.2.1.4.	Salinidad	36
6.2.1.5.	Transparencia de la masa de agua.....	37
6.2.2.	Variables Biológicas	38
6.2.2.1.	Cobertura de organismos sésiles.....	38
6.2.2.2.	Abundancia de invertebrados móviles	42
6.2.2.3.	Riqueza de invertebrados móviles	48
6.2.2.4.	Abundancia de gorgonáceos	49
6.2.2.5.	Salud coralina	50
6.2.2.6.	Riqueza y abundancia de peces arrecifales.....	55
6.3.	Realización de material y actividades de difusión.....	62
6.4.	Presupuesto.....	64
VII.	DISCUSIÓN.....	66
VIII.	CONCLUSIONES.....	79

IX. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL TRABAJO.....	80
X. BIBLIOGRAFÍA.....	83
XI. ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Escala Douglas para clasificar el estado del mar	26
Cuadro 2. Estado del mar según escala Douglas presentado en las parcelas en el momento de realizar el monitoreo	36
Cuadro 3. Temperatura superficial del agua en las parcelas en el momento de realizar el monitoreo.....	36
Cuadro 4. Salinidad registrada para los meses de junio y julio de 2013	37
Cuadro 5. Transparencia de la masa de agua presentado en las parcelas en el momento de realizar el monitoreo.....	37
Cuadro 6. Porcentaje de Cobertura por especie de coral para las parcelas profunda y somera en los años 2013 y 2014.	40
Cuadro 7. Diversidad Ecológica para las comunidades bentónica e íctica estudiadas en la estación del arrecife Tuxpan N (Número total de individuos) S (Número total de especies) Índices ecológicos H' (Shannon-Wiener) D (Simpson) y Equitatividad J' (índice de Pielou).	46
Cuadro 8. Diversidad verdadera, porcentaje de diversidad de las parcelas profunda y somera con respecto a los años 2013 y 2014.....	47
Cuadro 9. Especies de peces arrecifales registradas en los censos de riqueza en la parcela I P= Profunda y la parcela II S= Somera, estación arrecife Tuxpan.....	59
Cuadro 10. Porcentaje de complementariedad de grupos funcionales para la comunidad arrecifal de la estación Tuxpan.....	61
Cuadro 11. Presupuesto de ministraciones por cuatrimestre, costos en pesos mexicanos.....	64

Cuadro 12. Porcentaje de cobertura de corales pétreos para algunas áreas del SALT, SAV y el Caribe.....	69
Cuadro 13. Gastos de inversión (valores en MXN del año 2013) sugeridos para realizar la implementación de las estaciones permanentes y desarrollar el protocolo de monitoreo	103
Cuadro 14. Gastos corrientes (valores en MXN del año 2013).....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Arrecife Tuxpan, Veracruz, México.....	14
Figura 2. Baliza de señalamiento marino del Arrecife Tuxpan.	15
Figura 3. Esquema de la ubicación de los transectos y la trampa de sedimentos en la parcela I (profunda), estación arrecife Tuxpan.	21
Figura 4. Esquema de la ubicación de los transectos y la trampa de sedimentos en la parcela II (somera), estación arrecife Tuxpan.	21
Figura 5. Transecto permanente instalado en la estación arrecifal y posición de la línea guía a lo largo del transecto para estimar la cobertura de organismos sésiles (Tomado y modificado del Manual de Métodos del SIMAC).	28
Figura 6. Forma de estimar la abundancia de invertebrados vágiles y evaluar la salud coralina en los transectos permanentes. (Tomado y modificado del Manual de Métodos del SIMAC).	30
Figura 7. Temperatura ambiente del aire, temperatura máxima y mínima promedio para 20 meses de toma de datos.	34
Figura 8. Precipitación media en mm y precipitación acumulada promedio en mm de cada 24 horas para 20 meses de toma de datos.	35
Figura 9. Porcentajes de cobertura según las diferentes categorías en la parcela I (profunda) y parcela II (somera), estación arrecife Tuxpan para los años 2013 y 2014.....	38
Figura 10. Diagrama de caja de los valores de porcentajes de cobertura de las categorías en la parcela profunda P1 (2013) y P2 (2014) y la parcela somera S1 (2013) y S2 (2014).	39

Figura 11. Porcentajes de cobertura (rangos de error estándar) de las especies de coral en la parcela I (profunda) y parcela II (somera), estación arrecife Tuxpan para los años 2013 y 2014.....	41
Figura 12. Diagrama de caja de los valores de porcentajes de cobertura de corales pétreos en la parcela profunda P1 (2013) y P2 (2014) y la parcela somera S1 (2013) y S2 (2014).....	42
Figura 13. Densidad de invertebrados móviles parcela I (profunda) y parcela II (somera), estación arrecife Tuxpan para los años 2013 y 2014.....	44
Figura 14. Valores de densidad de invertebrados móviles en la parcela profunda P1 (2013) y P2 (2014) y la parcela somera S1 (2013) y S2 (2014). ...	45
Figura 15. Gráfico de Rango / Abundancia para invertebrados móviles en las parcelas profunda y somera en el 2013 y 2014.	48
Figura 16. Diagrama de caja de los valores de riqueza de invertebrados móviles en la parcela profunda (P) y la parcela somera (S).....	49
Figura 17. Colonia de <i>Dichocoenia stokesii</i> (señalada por la flecha negra) en la parcela somera, estación arrecife Tuxpan.	50
Figura 18. Número de colonias de coral sanas en la parcela I (profunda) y parcela II (somera), estación arrecife Tuxpan.....	51
Figura 19. Diagrama de caja de los valores de abundancia de corales pétreos en la parcela profunda (P) y la parcela somera (S).....	52
Figura 20. Gráfico de Rango / Abundancia para corales pétreos en las parcelas profunda y somera en el 2013 y 2014.....	53
Figura 21. Diagrama de caja de los valores de riqueza de corales pétreos en la parcela profunda (P) y la parcela somera (S).....	54
Figura 22. Diagrama de caja de los valores de abundancia de peces arrecifales en la parcela profunda (P) y la parcela somera (S).....	56

Figura 23. Gráfico de Rango / Abundancia para peces arrecifales en las parcelas profunda y somera en el 2013 y 2014.	58
Figura 24. <i>Ophioblennius macclurei</i> (señalado por la flecha negra) en la parcela somera, estación arrecife Tuxpan.....	60
Figura 25. Valores de riqueza de peces arrecifales en la parcela profunda (P) y la parcela somera (S).....	61
Figura 26. Portada Manual de Métodos de Monitoreo en sitios permanentes en arrecifes coralinos del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México.....	62
Figura 27. Participantes del taller de capacitación, protocolo de monitoreo en sitios permanentes.....	63
Figura 28. Segunda sesión del taller de capacitación.....	63

RESUMEN

La conservación de la biodiversidad arrecifal depende de lograr mantener los parámetros y procesos ecosistémicos, y promover o incrementar la resiliencia del ecosistema frente a disturbios y fluctuaciones, por lo cual desarrollar o implementar planes o proyectos de monitoreo ecológico, proporciona herramientas útiles para evaluar la salud y biodiversidad del arrecife. Se ha realizado el diseño de un programa de monitoreo en sitios permanentes en el arrecife Tuxpan, Veracruz, México. Se instalaron dos sitios de monitoreo permanente en el arrecife, una parcela profunda (9 -12 m) y una somera (5 – 7 m). Han sido evaluados según el protocolo propuesto y establecido en este estudio para la zona. Los resultados indican que la cobertura de coral duro es de 64% y la de algas es de 13%. Dentro de los transectos muestreados no se encontraron colonias enfermas o con blanqueamiento. Los invertebrados móviles de importancia comercial y/o ecológica fueron muestreados en un área de 150 m²; la mayor densidad de individuos la presentó la familia Echinometridae, seguida por la familia Diadematidae. Un total de 20 familias, 36 géneros y 63 especies de peces se han censado hasta el momento, destacando la mayor densidad de individuos por la familia Pomacentridae, con un promedio de 271 individuos / 60 m², el género de herbívoros más representativo fue *Acanthurus* sp con 217 individuos / 60 m². Dos especies representan nuevos registros para el arrecife Tuxpan. De manera complementaria se realizaron reuniones informativas, elaborando material didáctico, disponible para todo aquel que se encuentre interesado en él.

Palabras Clave: Monitoreo, protocolo, Tuxpan, salud.

I. INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, los arrecifes coralinos están siendo amenazados por una combinación de impactos naturales y de actividades humanas (Worm *et al.*, 2006; Barnosky *et al.* 2011; Parravacini *et al.*, 2014). La cobertura de coral ha disminuido en un 80% en el Caribe y 50% en todo el Pacífico tropical (Gardner *et al.*, 2003; Dixon *et al.*, 2014). Las actividades antropogénicas no siempre son tan intensas pero a menudo suelen ser crónicas y no le dan oportunidad a los ecosistemas de recuperarse y mantener su función (Rogers *et al.*, 2001; Hughes y Kramer, 2003).

En definitiva, se requiere un enorme esfuerzo de manejo, investigación y monitoreo para mitigar en lo posible esta crítica situación (Almada-Villeda *et al.*, 2003; Horta-Puga, 2009); por esto se están estableciendo programas de monitoreo para evaluar esos impactos, distinguirlos las variaciones temporales naturales e identificar el grado de resiliencia de los ecosistemas marino costeros (Rogers *et al.*, 2001; Hughes *et al.*, 2003; García-Salgado *et al.*, 2007).

Un programa de monitoreo puede proveer información de la biodiversidad del lugar, la condición de hábitats particulares y cambios en el ambiente. Además puede facilitar la predicción de los efectos de las actividades humanas en los procesos ecológicos, causados por amenazas o por impactos ambientales severos (Rogers *et al.*, 1994; Horta-Puga, 2009).

El monitoreo de arrecifes coralinos ha sido empleado a nivel mundial para generar información sobre el estado y las tendencias del ecosistema, convirtiéndose en las últimas décadas en una de las principales herramientas para evaluar su dinámica, salud y conservación; además de su deterioro gradual y generalizado. Mediante la adquisición sistemática de datos, los programas de monitoreo registran datos de forma constante y adecuada para identificar cambios estructurales en el ecosistema, aportando información para comprender las causas de los cambios y fundamentar la toma de decisiones para el manejo del ecosistema (Vega-Sequeda, *et al.*, 2011).

Teniendo en cuenta que los arrecifes coralinos están compuestos por poblaciones espacio-temporalmente dinámicas y conjuntamente se encuentran sujetos a cambios que se forman a escalas ecológicamente relevantes (Veron y Stafford-Smith, 2000; Aronson y Precht, 2001 b), es evidente que diferentes tipos de perturbaciones hacen parte del cambio, que es una condición cada vez más típica en estos ecosistemas (Grigg y Dollar, 1998; Wijgerde, 2009).

Los arrecifes coralinos del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT), pueden ser uno de los ecosistemas arrecifales con mayor grado de impacto ambiental (Tunnell *et al.*, 2002), a consecuencia tanto de disturbios naturales como tormentas tropicales, huracanes, frentes fríos y enfermedades de la biota coralina que alteran las interacciones propias del arrecife, o de actividades humanas tales como las altas descargas fluviales provenientes del río Tuxpan (Cruz-Ferrer, 2012; Tunnell *et al.*, 2002). Estas perturbaciones pueden traer como consecuencia la alteración del paisaje arrecifal, la disminución de la

cobertura coralina, cambios en la estructura de la comunidad e incluso la destrucción de arrecifes completos. Lo cual, potencialmente puede constituirse en un desastre ecológico (Jordán-Dahlgren, 2004) razón por la cual resulta imperativo tomar las siguientes acciones: (1) Conocer la condición actual del medio arrecifal; y (2) desarrollar y ejecutar un Programa de Monitoreo en sitios permanentes del medio arrecifal, que permita detectar en forma y tiempo cambios a los que se ven sometidos los arrecifes y que también sirva para tomar las medidas adecuadas para su atenuación y conservación (Horta-Puga y Barba Santos, 1999).

En el Diario Oficial de la Federación el viernes 5 de junio de 2009 el SALT fue declarado Área Natural Protegida (ANP) como Área de Protección de Flora y Fauna (APFF), por su gran potencial biológico, científico, educativo, económico, histórico, turístico y cultural (DOF, 2009), cabe destacar que en ese decreto en el apartado V del artículo cuarto se plantea que la investigación científica y el monitoreo de los ecosistemas del área se llevará a cabo para la evaluación, recuperación y conservación de los recursos existentes en ésta.

Con este trabajo, se pretende contribuir no solo con el cumplimiento de uno de los apartados del decreto anteriormente mencionado, sino también aportar a uno de los objetivos que es el seguimiento biológico de ecosistemas que debe realizarse en las ANP's, planteado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) dentro del Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación (SIMEC) (SEMARNAT, 2001), mediante el diseño e implementación de este protocolo de monitoreo con el fin de que sea

considerado para el establecimiento de un programa de monitoreo permanente en este sistema arrecifal.

La evaluación de los indicadores ecológicos utilizados en el protocolo del presente monitoreo, permitirá detectar cambios significativos en aquellos componentes críticos del ecosistema (abundancias y distribución de especies), los cuales servirán de base para la conservación de los recursos naturales.

II. ANTECEDENTES

Los arrecifes coralinos son estructuras geológicas sólidas y masivas del relieve submarino, de origen biológico y de variadas formas que se desarrollan sobre algunos fondos de áreas tropicales y subtropicales. Funcionan como estructuras estabilizadoras de playas y se desempeñan como barreras rompeolas frenando los procesos erosivos sobre las franjas costeras expuestas (Garzón-Ferreira, 1997; Prah y Erhardt, 1985). Por otra parte, ofrecen una gran variedad de hábitats para el asentamiento de diversos organismos marinos, además constituyen el área vital de refugio o reproducción de gran cantidad de especies, convirtiéndolo en un poderoso atractivo turístico de gran valor y demanda en el mundo entero (Garzón-Ferreira *et al*, 2001; Alcolado, 2004).

En el medio marino, son considerados los ecosistemas más ricos en especies, lo que los sitúa en segundo lugar mundial después de la selva tropical lluviosa, que tiene un mayor número de especies (por los insectos y plantas con flores), pero los arrecifes albergan una diversidad mayor de reinos y fila, así como de esquemas de organización corporal y de estructuras químicas (Garzón-Ferreira, 1997).

Su estado de salud depende de muchos factores; en el caso de disturbios naturales, existen varios mecanismos que propician la capacidad de recuperación de estos ecosistemas; el problema se da cuando los huracanes se presentan con mayor frecuencia e intensidad, escenario que de hecho se ha comenzado a enfrentar debido al calentamiento global y al consecuente

incremento en la temperatura superficial del mar. El tiempo de recuperación de los ecosistemas podría no ser suficiente. La presencia de ciertos disturbios crónicos como la sobrepesca, que implica la remoción de ciertos organismos del sistema y repercute en la abundancia de otros; la exclusión de peces herbívoros, que afectan el equilibrio entre corales y algas; y la fragmentación en general, provocan severos cambios en la estructura de los ecosistemas, causando que su capacidad de resiliencia disminuya considerablemente (Alvarez-Filip y Bonilla-Mohelo, 2007). Por esto la importancia de contar con programas de monitoreo que ayuden a detectar en tiempo y forma, eventos de riesgo ambiental real o potencial para el ecosistema arrecifal y establecer estrategias de manejo efectivas.

En el mundo existen programas de monitoreo, que complementan valoraciones de impacto como parte de la gestión de ciclos en diferentes proyectos. La teoría de la planificación del desarrollo define el monitoreo como un ejercicio destinado a identificar de manera sistemática la calidad del desempeño de un sistema, subsistema o proceso; a efecto de introducir los ajustes o cambios pertinentes y oportunos para el logro de sus resultados y efectos en el entorno. Así, el monitoreo permite analizar el avance y proponer acciones a tomar para lograr los objetivos; identificar los éxitos o fracasos reales o potenciales lo antes posible y hacer ajustes oportunos a la ejecución (Valle y Rivera, 2009).

La aplicación de planes de monitoreo se utiliza no solo a nivel marino, sino también como establecimiento de parámetros para el seguimiento de la calidad de los diferentes factores ambientales que podrían afectarse durante la

ejecución de proyectos en la realización de centrales hidroeléctricas, en la implementación de proyectos de optimización de sistemas de agua potable y alcantarillado, o incluso para realizar seguimiento a cualquier organismo, como el caso del monitoreo de anfibios en América Latina (Lips y Reaser, 1999), el monitoreo de peces arrecifales (Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, 2010) o el monitoreo de los arrecifes coralinos (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002), caso de estudio de este proyecto.

Así pues, desarrollar o implementar planes o proyectos de monitoreo ecológico, proporciona datos útiles para evaluar la salud del ambiente (en este caso particular del ambiente donde crecen y se desarrollan los corales); y es el marco a través del cual se administra el cuidado de la biosfera (Odum, 1993).

En forma ideal, el monitoreo ecológico permite delinear las características de una biosfera saludable reconociendo las dinámicas naturales del sistema; además de identificar los límites de condiciones sanas o anormales, y reconocer las causas potenciales de cambios (Lips y Reaser, 1999).

En el contexto particular de este documento, monitoreo ecológico debe ser entendido como *“un proceso de recolección de información usado como herramienta para determinar el estado de salud del ecosistema”*, permite determinar el tamaño, dirección e importancia de los cambios que se dan en indicadores claves. El monitoreo en este caso es una manera de detectar cambios. No es un fin en sí, sino que debe percibirse como parte de una

estrategia de conservación que incluye el control de amenazas claras así como la reducción de impactos (Finegan *et al.*, 2000).

Específicamente para arrecifes de coral se han implementado diferentes programas de monitoreo; el Instituto de Ciencias Marinas de Australia en el 2004 publicó su primera versión de métodos de monitoreo ecológico para arrecifes coralinos (Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs). En el Gran Caribe operan varias iniciativas o programas dedicados a la evaluación y monitoreo del estado de salud de los arrecifes coralinos; estos tienen características y objetivos diferentes y complementarios, algunos de ellos son: Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN), Caribbean Marine and Coastal Community Productivity (CARICOMP), Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA), ReefCheck, Sistema de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (SIMAC), entre otros.

En todos los protocolos mencionados, señalan que el monitoreo es una herramienta necesaria para evaluar la eficiencia de las reservas marinas o Áreas Marinas Protegidas (AMP) (Fernández-Rivera Melo *et al.*, 2012). Ya que teniendo en cuenta atributos ecológicos como lo son la cobertura, abundancia y riqueza de especies, permite ver los cambios en múltiples indicadores que para este caso serían porcentaje de cobertura del sustrato arrecifal, y número de individuos por especie pertenecientes tanto a comunidades bentónicas como nectónicas (Uychiaoco *et al.*, 2010; Franquesa, 2010; Hodgson *et al.*, 2004, Rogers *et al.*, 1994; Almeda-Villela *et al.*, 2003; Garzón-Ferreira *et al.*, 2002).

Para el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) que es un ecosistema extenso y complejo, con alta biodiversidad, que se extiende entre los países de Belice, Guatemala, Honduras y México, se diseñó un programa de monitoreo (Programa de Monitoreo sinóptico del SAM) que intenta dar cabida a los diferentes niveles de complejidad encontrados en esta región, en términos de sus necesidades técnicas, sociales y culturales; la iniciativa surgió por la necesidad de comparar resultados, ya que no ha sido fácil compararlos entre programas o entre países, debido a que se han llevado a cabo utilizando una diversidad de metodologías. Sin embargo, ninguna estación de muestreo está presente en el Golfo de México.

El desarrollo de los arrecifes en el Golfo de México es extremadamente limitado debido a los grandes aportes de agua dulce cargada de sedimentos del continente. En aguas mexicanas se encuentran grupos aislados de pequeñas formaciones a lo largo del Golfo (Sale *et al.*, 2002); allí se encuentran el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), siendo el sistema arrecifal más extenso; situado frente al Puerto de Veracruz y al poblado de Antón Lizardo en el sur del Golfo; y el Sistema Arrecifal Norveracruzano (SAN) en la costa norte de Veracruz conformado por el complejo Lobos-Tuxpan, ubicado al noreste de la desembocadura del río Tuxpan (Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1993).

En ambos casos a pesar de que estos arrecifes se desarrollan en ambientes de alta sedimentación, provocada por la presencia de los ríos Jamapa, Papaloapan y La Antigua, para el caso del SAV (Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1993; Tunnell *et al.*, 2002), y el río Tuxpan para el caso del SAN; no han disminuido la

capacidad de crecimiento (Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1993; Horta-Puga y Carriquiry, 2005). No obstante, por su posición geográfica en el Golfo, estos arrecifes son un punto estratégico potencialmente importante en las rutas de dispersión de las especies bénticas arrecifales, entre ellos los corales escleractíneos (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003). La conservación de la biodiversidad arrecifal a largo plazo en el Golfo, depende de que las poblaciones en cada uno de los arrecifes se encuentre saludable y en posibilidades de reproducirse, una razón más para desarrollar estudios de campo y programas de monitoreo que contribuyan a la conservación (Horta-Puga y Carriquiry, 2005).

Para el SAV del 2004 al 2009 se llevó a cabo un programa de monitoreo utilizando el protocolo de AGRRA, que permitió considerar al SAV uno de los ecosistemas arrecifales a nivel mundial más amenazados y con mayor cantidad de problemas ambientales. En el caso del SAN aunque en ocasiones se hayan llevado a cabo estimaciones transitorias mediante protocolos como el AGRRA, y un monitoreo que realizó ReefKeeper International con el apoyo del grupo de Ecología Arrecifal de Tuxpan, en el periodo de tiempo comprendido entre marzo y diciembre de 1999, no han habido programas de monitoreo permanente que permitan establecer estrategias para mitigación de impactos. En tan cortos periodos de tiempo sin seguimiento, no hay claridad ni toma de datos homogénea, por lo que los estudios no logran ser comparables posiblemente por la metodología utilizada por cada uno de ellos. Esto demuestra la necesidad de estandarizar metodologías para la toma de datos; además de realizar un

seguimiento continuo a través del tiempo que pueda inferir posibles cambios en los ecosistemas arrecifales del SAN, y así poder implementar eficientemente y de manera interdisciplinaria planes de manejo integrado adecuados para la zona costera de Tuxpan.

III. OBJETIVOS

Objetivo general

Implementar un protocolo de monitoreo durante dos ciclos anuales en sitios permanentes en el arrecife Tuxpan, Veracruz, México.

Objetivos particulares

- Diseñar un protocolo de monitoreo para determinar el estado de salud del arrecife Tuxpan.
- Aplicar el protocolo diseñado en el arrecife.
- Elaborar material y realizar actividades de difusión para la aplicación práctica del trabajo.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

La implementación del sistema de monitoreo en sitios permanentes, tendrá lugar en el arrecife Tuxpan. Este se localiza frente a las playas del mismo municipio. Se ubica al noreste de la desembocadura del río (Figura 1) y para llegar a él se deben recorrer 12.3 km con rumbo 60°; es de tipo plataforma tiene una longitud de 1,500 m y 800 m de ancho, y se delimita por los paralelos de 20°59'37" hasta 21°00'19" de latitud norte, y los meridianos 97°11'16" hasta 97°12'03" de longitud oeste. La llanura arrecifal tiene una superficie aproximada de 110 has y es la zona más amplia del arrecife (Martos, 2004).

Pertenece al Sistema Arrecifal Lobos – Tuxpan, allí se localizan 6 arrecifes de tipo emergente; frente a la Laguna de Tamiahua los arrecifes Blanquilla, Medio y Lobos y frente al puerto de Tuxpan Tanhuijo, Enmedio y Tuxpan (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993); así como un arrecife de tipo no emergente, recientemente incluido en el SALT, denominado Pantepec (DOF, 2014)

El río Tuxpan constituye la fuente pluvial más importante, y la cantidad de sedimentos que transporta, produce cambios dramáticos en la transparencia de las aguas del arrecife, en donde la visibilidad varía entre los doce o quince hasta los dos o tres metros, especialmente en época de lluvias. Obviamente, todas las sustancias disueltas en el agua del río pueden llegar con facilidad al área del arrecife Tuxpan (Martos, 2004).

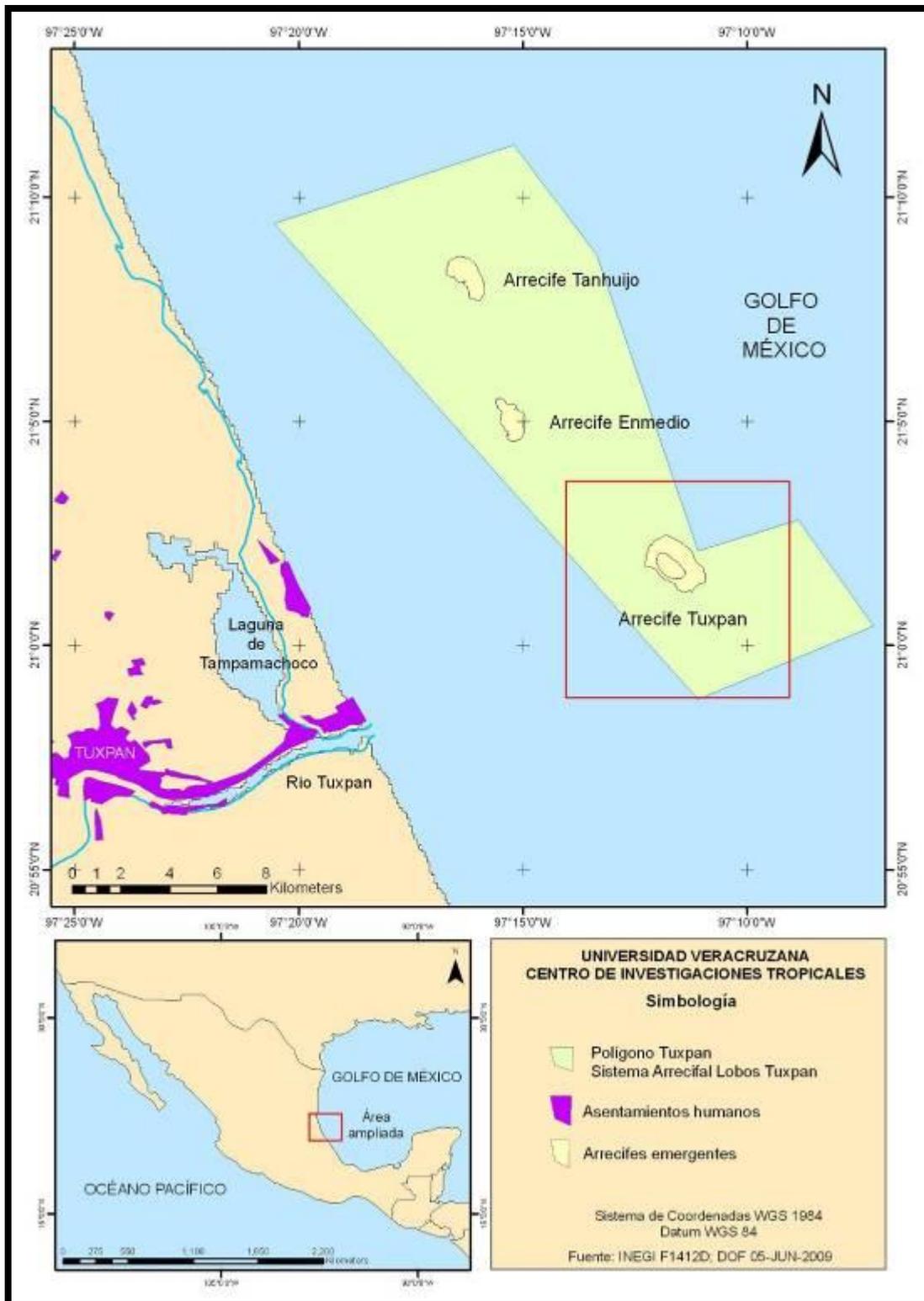


Figura 1. Localización del Arrecife Tuxpan, Veracruz, México.

La estructura arrecifal de tipo plataforma, se destaca sobre el fondo del mar, el cual en la zona alcanza una profundidad máxima de 30 m. Posee una baliza de señalamiento marítimo (Figura 2).



Figura 2. Baliza de señalamiento marino del Arrecife Tuxpan.

La morfología del arrecife Tuxpan incluye tres zonas básicas: llanura, pendientes y antearrecife. La llanura tiene una extensión de 1200 m en su eje norte-sur y 900 m en su eje este-oeste, con una profundidad menor a 1 m y menor aún en la zona de *Thalassia testudinum* donde apenas es de 0.2 m. En el borde entre la llanura y las pendientes, se presenta la cresta del arrecife, formada por *Halimeda opuntia* y *Lithotamnium* sp, con una considerable presencia de *Echinometra lucunter*. Las pendientes arrecifales caen desde el

borde exterior de la cresta. El relieve y longitud de las pendientes cambia en cada sector del arrecife y están bordeadas por el antearrecife, el cual es de naturaleza arenosa y en algunos sectores se localiza hasta casi 30 m de profundidad (Martos, 1993).

El clima del área de estudio está determinado por las variaciones estacionales que se presentan en el Golfo de México, aunque hay precipitación pluvial durante todas las estaciones, verano es la estación más lluviosa presentándose durante los meses de junio a octubre con una precipitación máxima en septiembre de 104.2 mm, primavera es la estación seca y abril es el mes más seco con una precipitación media de 12.8 mm. La dirección de los vientos en el Golfo de México responde a la posición estacional de los sistemas de alta presión, se calcula que el promedio de velocidad de los vientos en los arrecifes es de $\sim 5.97 \text{ ms}^{-1}$, sin embargo en el Banco de Campeche la velocidad de los vientos es 6.2 ms^{-1} y en los arrecifes de Tuxpan y Veracruz es de 5.5 ms^{-1} (Carrillo *et al.*, 2007).

La comunidad coralina está dominada por unas cuantas especies de coral (Jordán, 1993), entre las que se destaca la presencia de especies masivas como *Colpophyllia natans*, *Orbicella annularis*, *Pseudodiploria strigosa* y *Pseudodiploria clivosa*. Además de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*, catalogadas en riesgo por la NOM- 059-SEMARNAT-2001. Entre la fauna asociada al coral están las estrellas *Linckia guildingui*, *Copidaster liman*, los erizos *Diadema antillarum*, *Echinometra viridis* y *Echinometra lucunter*, esponjas como *Cliona delitrix*. La ictiofauna representada principalmente por: *Stegastes*

dorsopunicans y *Chromis multilineata* (González-Gándara y González-Sansón, 1997; González-Gándara, 2003; Universidad Veracruzana, 2003; González-Gándara *et al.*, 2006).

Algunas de las actividades que tienen lugar en ésta zona, son la pesca comercial y deportiva usando diferentes artes, pesca con línea y anzuelos, con arpón, con redes; además el buceo deportivo y turístico, la extracción de hidrocarburos, el abastecimiento de una planta de generación termoeléctrica, así como las relativas al tránsito (DOF, 2009).

A menos de 10 Km al sur del arrecife Tuxpan se realiza transporte naviero de embarcaciones mayores, además del transporte de combustibles ya que a 5 Km al oeste del arrecife se ubican 4 boyas universales para descarga de combustible (combustóleo, gasolina y otros hidrocarburos refinados) (Martos, 2004).

Cabe mencionar que en 2002, el barco de transporte Paula Kay encalló en el arrecife afectando el área de la llanura arrecifal (Martos, 2004) y en el 2014 el buque mercante norcoreano Mu Du Bong, encalló en la zona barlovento del arrecife afectando más de 3.500 m² (PROFEPA, 2014).

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Diseño del protocolo de Monitoreo

Se realizó una revisión bibliográfica de los protocolos de monitoreo utilizados en diversas partes del mundo con especial atención a los utilizados en el Caribe y el Golfo de México, así como artículos, estudios de caso, tesis, documentos en prensa que contribuyeran al conocimiento de aspectos físicos, biológicos y ecológicos del arrecife Tuxpan; además de consultas con especialistas del área como complemento de la información.

También se hicieron premuestras de reconocimiento de la zona de estudio, para observar y hacer un primer acercamiento con las comunidades arrecifales allí presentes y conocer que actividades se efectúan en el área.

El diseño del protocolo adopta y modifica algunas características del Manual de Métodos CARICOM (1994), Protocolo de AGRRA (2000), Manual de Métodos del SIMAC Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (2002) y del Manual de Métodos del Programa de Monitoreo Sinóptico del SAM Sistema Arrecifal Mesoamericano (2003).

Con base en las características de los diferentes sistemas de monitoreo de arrecifes mencionados anteriormente, se eligieron las variables teniendo en cuenta los siguientes criterios:

a) Importancia de la variable al favorecer o limitar el desarrollo normal de los arrecifes.

b) Costos y requerimientos técnicos y logísticos para medir la variable.

5.1.1. Metodología del Protocolo

La metodología utilizada en el protocolo se elaboró considerando que fuera adaptada a la zona de estudio, ya que los arrecifes del SALT presentan características morfológicas, de distribución, y de composición, diferentes a los del Caribe e incluso a los arrecifes del SAV.

Comprende la medición de dos tipos de variables: Físico-Químicas y Biológicas. Se utilizaron los atributos ecológicos de cobertura, abundancia y riqueza, e indicadores para comunidades coralinas tales como: porcentaje de cobertura del sustrato arrecifal, número de individuos por especie, tanto de las comunidades bentónicas como nectónicas.

5.2. Aplicación del protocolo de monitoreo diseñado

Selección de sitios para el monitoreo

La selección de los sitios de muestreo se realizó teniendo en cuenta las propuestas de los diferentes protocolos de monitoreo (CARICOMP, AGRRA, SIMAC, REEFCHECK, CORAL REEF MONITORING FOR MANAGEMENT,

etc.), que sugieren elegir inicialmente localidades protegidas y con buen desarrollo coralino para el establecimiento de las estaciones y los transectos permanentes. Teniendo en cuenta información recopilada del área coralina escogida, en este caso del arrecife Tuxpan, los lugares elegidos para establecer las parcelas fueron seleccionados por su representatividad del ambiente local y por estar en buenas condiciones de conservación.

Mediante buceos exploratorios en el área se escogieron dos sitios que están separadas por aproximadamente 50 m, pero que pertenecen a la misma expresión de la comunidad arrecifal. En cada sitio se estableció una estación en donde se distribuyeron los transectos o unidades muestrales en cada una de las parcelas. La longitud de los transectos se determinó mediante una curva de diversidad acumulada.

Se instalaron 2 parcelas en donde se llevó a cabo el desarrollo del protocolo durante dos ciclos anuales; cada una con 3 transectos de 25 m cada uno, la parcela I profunda (Figura 3) corresponde a un nivel medio de profundidad entre 9 y 12 m; y la parcela II somera (Figura 4) pertenece a un nivel somero entre los 2 y 5 m de profundidad. Se optó por estas profundidades para facilitar el trabajo subacuático y evitar limitaciones por tiempo de buceo.

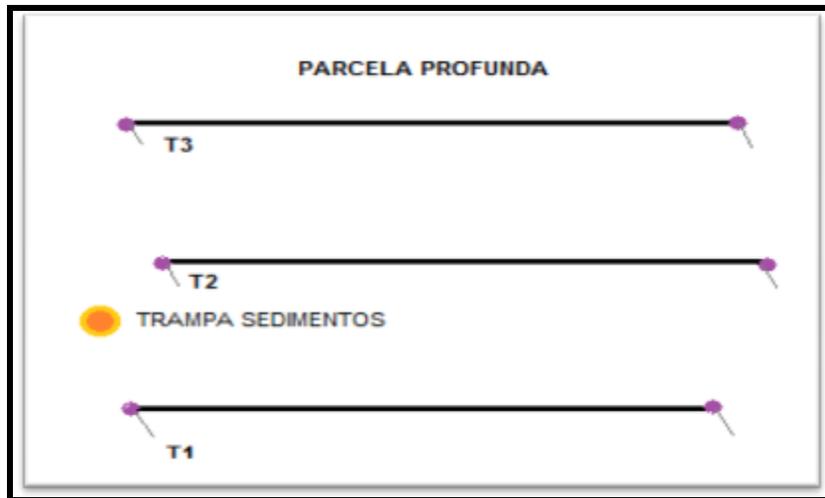


Figura 3. Esquema de la ubicación de los transectos y la trampa de sedimentos en la parcela I (profunda), estación arrecife Tuxpan.

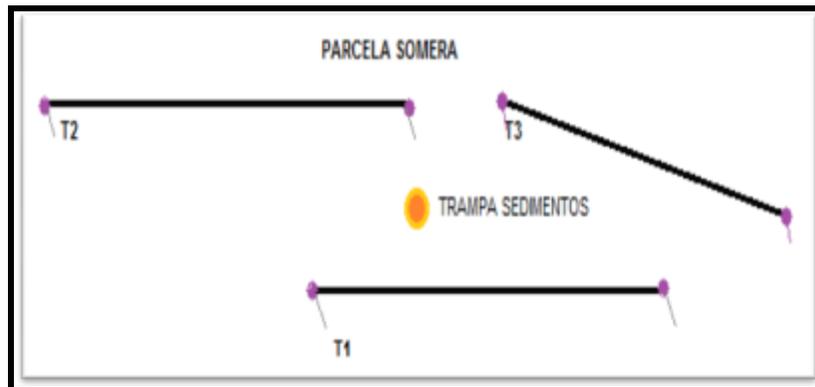


Figura 4. Esquema de la ubicación de los transectos y la trampa de sedimentos en la parcela II (somera), estación arrecife Tuxpan.

5.3. Material y actividades de capacitación

Se elaboró un Manual de Métodos de Monitoreo en sitios permanentes en arrecifes coralinos del Sistema arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México. Además de 7 paquetes de diapositivas con el objeto de informar entre estudiantes o interesados en el tema de los arrecifes de coral, para realizar actividades de monitoreo, en las estaciones permanentes ubicadas en el arrecife Tuxpan.

Como parte del proceso de implementación de este manual, se llevaron a cabo reuniones informativas que constaron de 3 sesiones (24 horas) de teoría y una salida al arrecife Tuxpan (6 horas), para un total de 30 horas.

Cada participante fue evaluado antes, durante y después de las sesiones mediante exámenes de conocimientos generales. Los contenidos abordados fueron:

- Corales y arrecifes coralinos
- Salud coralina
- Invertebrados móviles
- Gorgonáceos
- Peces arrecifales
- Protocolo propuesto

Durante esta experiencia y con la finalidad de retroalimentar los conocimientos impartidos, se realizaron actividades de enseñanza-aprendizaje tanto en el formato escrito como oral, proporcionando a cada uno de ellos el material que está disponible en los anexos del presente trabajo; 7 paquetes de diapositivas y un manual de métodos de monitoreo.

Como parte práctica, cada participante desarrolló el protocolo completo en las estaciones permanentes ubicadas en el arrecife Tuxpan.

VI. RESULTADOS

6.1. Diseño del protocolo

El diseño del protocolo constituye un resultado, dado que se planteó un método para evaluar cada una de las variables buscando cumplir los siguientes objetivos:

- Determinar la cobertura de corales pétreos, corales blandos, algas, esponjas y sustrato inerte.
- Establecer presencia o ausencia de invertebrados móviles de importancia comercial y/o ecológica.
- Evaluar las enfermedades y los signos de deterioro en los corales.
- Evaluar riqueza y abundancia de peces arrecifales.

6.1.1. Variables Físico-Químicas

6.1.1.1. Temperatura ambiental y Precipitación pluvial

La temperatura ambiental y la precipitación pluvial se tomaron del registro suministrado por la página oficial de internet de la Comisión Nacional del Agua <http://www.conagua.gob.mx> inscrito por la Dirección Técnica de la Jefatura del Proyecto de Hidrometeorología del Organismo de Cuenca Golfo Centro del Observatorio Meteorológico de Tuxpan; cuyo observatorio meteorológico está ubicado en latitud 20°57'35" N y longitud 97°25'0,81" W.

Las variables consultadas fueron: temperatura ambiente del aire, temperatura máxima y mínima, precipitación media en mm y precipitación acumulada de cada 24 h y fueron registradas diariamente.

Normalmente por facilidades logísticas no es posible registrarlas directamente en el arrecife. Lo primordial es que las mediciones reflejen las mismas condiciones meteorológicas de la localidad del arrecife, para así apoyar en la identificación e interpretación de fenómenos que se presenten.

6.1.1.2. Estado del mar

Se registró a partir de la escala propuesta por Percy Douglas (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002), observando la superficie del mar y anotando su estado bajo la categoría apropiada (Cuadro 1). Ésta variable se midió directamente en la estación arrecifal, los días en que se realizaron los muestreos en los transectos permanentes.

Cuadro 1. Escala Douglas para clasificar el estado del mar

Denominación	Altura de las olas (m)
0 Calma	
1 Rizada	0 - 0.1
2 Marejadilla	0.1 – 0.5
3 Marejada	0.5 – 1.25
4 Marejada Fuerte	1.25 – 2.5
5 Mar gruesa	2.5 – 4.0
6 Mar muy gruesa	4.0 – 6.0
7 Arbolada	6.0 – 9.0
8 Montañosa	9.0 – 14.0
9 Enorme	> 14.0

6.1.1.3. Temperatura superficial del agua

Se registró a 0,5 m de profundidad y en el fondo al iniciar el muestreo, con una computadora de buceo, directamente en la estación arrecifal, los días en que se realizaron los muestreos en los transectos permanentes.

6.1.1.4. Transparencia de la masa de agua

Se refiere a la distancia máxima de visibilidad vertical (profundidad) a la que el disco secchi se observa desde la superficie de la lancha. Esta variable se midió

directamente en la estación arrecifal, los días en que se realizaron los muestreos en los transectos permanentes.

6.1.2. Variables Biológicas

La realización del protocolo en los transectos permanentes se realizó anualmente, para un total de dos recolectas de datos correspondientes a los años 2013 y 2014, ambos se realizaron en la misma época climática (mayo y junio en el 2013 y junio en el 2014).

6.1.2.1. Cobertura de organismos sésiles

Consistió en establecer para cada transecto la secuencia de los componentes del sustrato y su cobertura mediante el método de punto intercepto utilizando una cinta métrica (Ohlhorst *et al.*, 1988). Los componentes del sustrato se clasificaron en diferentes categorías, las cuales son recomendadas para la caracterización del sustrato arrecifal.

Categorías

- Corales pétreos
- Algas
- Gorgonáceos
- Esponjas
- Otros (en esta categoría se incluye sustrato inerte como roca, cascajo, arena, coral muerto).

Labores previas al muestreo

Asegurar la línea guía lo más extendida posible entre las estacas para delimitar el transecto. La línea guía debe sujetarse del extremo superior de las estacas (ya que a partir de ese punto será medida la longitud de cada transecto) y allí se iniciará el registro de datos. A continuación se debe desplegar la cinta métrica lo más unido posible a la línea guía (Figura 5).

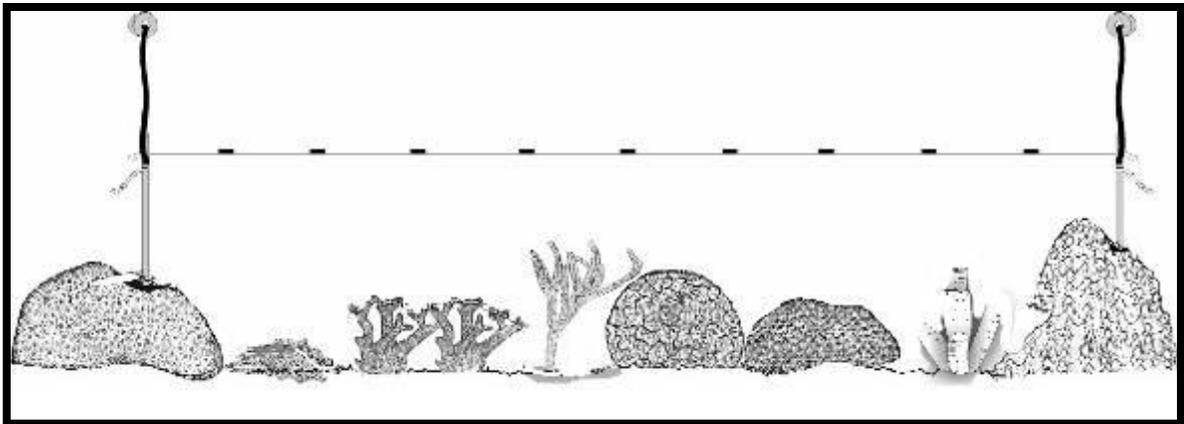


Figura 5. Transecto permanente instalado en la estación arrecifal y posición de la línea guía a lo largo del transecto para estimar la cobertura de organismos sésiles (Tomado y modificado del Manual de Métodos del SIMAC).

6.1.2.2. Abundancia de organismos móviles

La unidad de muestreo corresponde a un corredor del largo del transecto (25 m) por 2 m, cuyo eje central es la línea guía entre las dos estacas que formarán el transecto permanente para el monitoreo de organismos sésiles.

Se ubica un extremo de una vara de PVC (de un metro de largo), a partir de la línea guía para obtener la amplitud del sustrato (un metro) que debe ser

inspeccionado. Se Inician las observaciones detalladas por alguno de los costados de la línea guía, continuando luego por el otro costado. Debe buscarse cuidadosamente en todas las cuevas y grietas presentes en el sustrato arrecifal abarcado por el corredor de un metro de ancho.

6.1.2.3. Abundancia de gorgonáceos

La metodología consiste en estimar el número de gorgonáceos presentes, con la ayuda del tubo de PVC, nadando por encima del transecto, sobre la línea guía contando las bases de los mismos 0.5 m hacia un lado y 0.5 m hacia el otro.

6.1.2.4. Salud coralina

Para evaluar las enfermedades y signos de deterioro se utilizaron los mismos transectos permanentes para el monitoreo de organismos sésiles. La evaluación se realizó en un corredor del largo del transecto (25 m) por 2 m, cuyo eje central es la línea guía entre las dos estacas.

Se ubica un extremo de una vara de PVC (de un metro de largo), a partir de la línea guía para obtener la amplitud del sustrato (un metro) que debe ser inspeccionado. Se Inician las observaciones detalladas por alguno de los costados de la línea guía, continuando luego por el otro costado (Figura 6).

El método consistió en examinar todas las colonias de corales pétreos mayores a 5 cm presentes en el corredor y registrar la presencia de enfermedades y de algunos signos de deterioro. Deben registrarse hasta el nivel de especie todas las colonias mayores de 5 cm de diámetro que se encuentren dentro de la banda, reconociendo el estado de salud de cada colonia como “sana”, o con algún signo de deterioro o enfermedad.

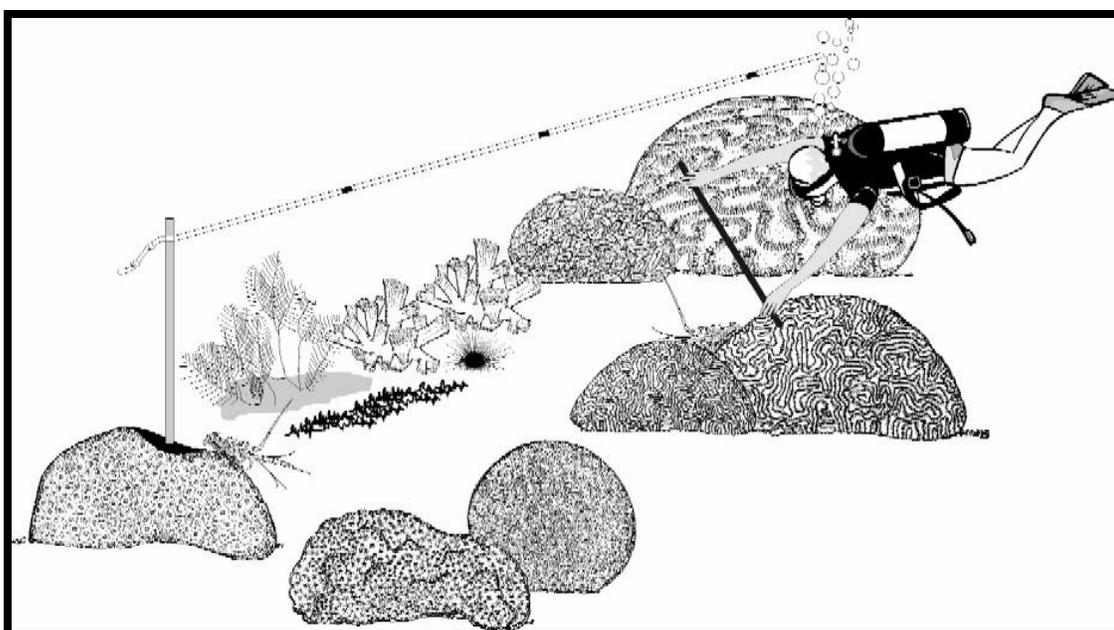


Figura 6. Forma de estimar la abundancia de invertebrados vágiles y evaluar la salud coralina en los transectos permanentes. (Tomado y modificado del Manual de Métodos del SIMAC).

6.1.2.5. Riqueza y abundancia de peces arrecifales

Consistió en la aplicación de dos métodos de censos visuales, el primero de los cuales (buceo errante) permitió obtener estimaciones de la riqueza de especies

y el segundo (transecto de banda) proporcionó información sobre la abundancia de grupos de peces de importancia ecológica y/o económica.

Censo de riqueza: Es en un buceo errante de 30 minutos de duración. Se realizaron dos censos por parcela. A partir del punto medio de la parcela en cada nivel de profundidad los observadores se desplazaron libremente en direcciones opuestas, empleando 15 minutos en esta dirección y otros 15 minutos para retornar al punto de partida.

El primer desplazamiento se realizó nadando erráticamente por el límite inferior de profundidad y el retorno por el límite superior. Durante los desplazamientos se debe procurar permanecer dentro del ambiente arrecifal donde está instalada la parcela.

Censo de abundancia: Consistió en el conteo de los individuos de especies de importancia comercial y/o ecológica (algunos géneros pertenecientes a las familias Acanthuridae, Scaridae, Sphyraenidae, Scorpaenidae, Serranidae, Haemulidae, Labridae, Lutjanidae, Pomacentridae, Chaetodontidae, Pomacanthidae) presentes en una banda de 30 m x 2 m.

6.1.3. Análisis estadístico

El análisis se realizó mediante estadística descriptiva, teniendo en cuenta los parámetros específicos (parámetros físico- químicos), atributos ecológicos (cobertura, abundancias y riqueza) e indicadores para comunidades coralinas

(porcentaje de cobertura del sustrato arrecifal, número de individuos por especie, tanto de las comunidades bentónicas como nectónicas).

El porcentaje de cobertura de algas y porcentaje de cobertura de corales, que corresponden al porcentaje de cobertura absoluta (con respecto al total del fondo) de cada categoría (coral vivo, esponjas, gorgonáceos, algas y sustrato inerte) se comparó entre temporadas para cada una de las parcelas, de esta manera cada una de ellas quedó caracterizada en términos de estructura; al igual que algunos análisis descriptivos de las abundancias relativas de invertebrados móviles y la comunidad íctica permitieron establecer diferencias o similitudes entre parcelas a través del tiempo. Para cada transecto de cada una de las parcelas se calculó la densidad de invertebrados móviles al igual que la prevalencia general de enfermedades, tipo de enfermedad, y la prevalencia general de enfermedades por especie de coral, la cual se expresó como el porcentaje de colonias que presentan alguna enfermedad o signo de blanqueamiento del total de colonias examinadas en la banda (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2005).

Se realizaron algunas pruebas de estadística paramétrica y no paramétrica con el programa R, para determinar normalidad en los datos con la prueba Shapiro-Wilk, y aplicando el test de Kruskal-Wallis o de Kolmogorov-Smirnov según el caso.

Cada estación se caracterizó teniendo en cuenta también la estimación de los índices de diversidad de Shannon-Wiener, Simpson y equitatividad.

En algunos casos se realizaron gráficos de rango / abundancia, se aplicó el concepto de diversidad verdadera (Jost, 2006) y el principio de complementariedad de especies.

6.2. Aplicación del protocolo

Instalación de transectos permanentes

La instalación de los transectos en cada una de las parcelas se realizó en el mes de mayo del año 2013.

6.2.1. Variables Físico-Químicas

6.2.1.1. Temperatura ambiental y Precipitación pluvial

La temperatura ambiente del aire se mantuvo entre los 20 y 25°C durante noviembre de 2012 hasta abril de 2013 y desde noviembre de 2013 hasta abril de 2014 exceptuando enero que presentó valores de temperatura ambiente por debajo de los 20°C; a partir de mayo y hasta agosto de 2013 permaneció entre 25°C y 30°C, presentando un descenso en septiembre de 2013. La temperatura máxima promedio más alta se presentó en agosto de 2013 con 35.1°C y la temperatura mínima promedio más baja en diciembre de 2013 con 14.7°C (Figura 7).

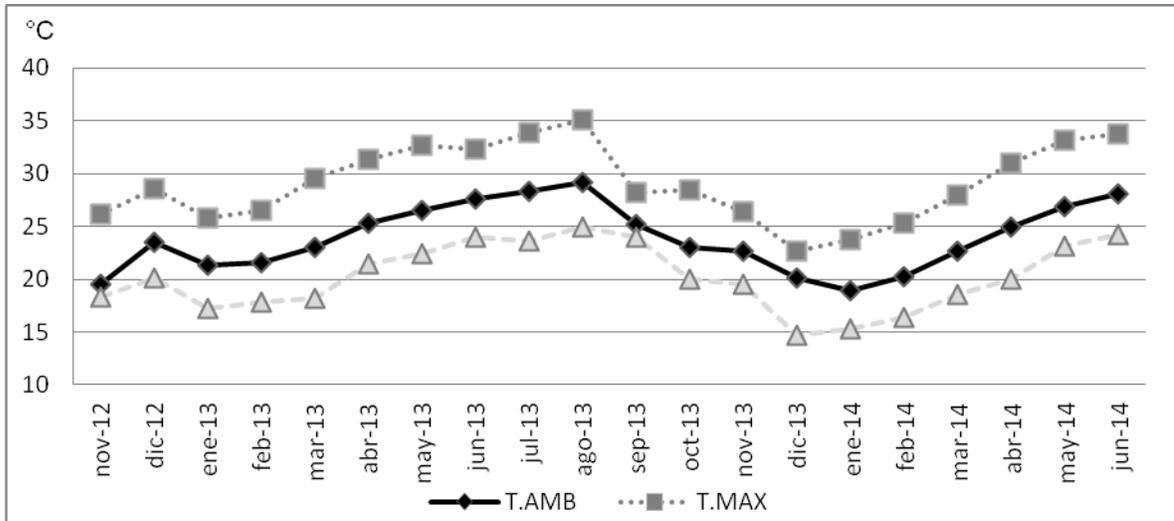


Figura 7. Temperatura ambiente del aire, temperatura máxima y mínima promedio para 20 meses de toma de datos.

La precipitación media promedio (mm) en noviembre de 2012 tuvo un valor de 89.3 mm, disminuyendo de diciembre a mayo de 2013 manteniendo valores entre 20 y 40 mm, en junio de 2013 el valor fue de 181.40 mm iniciando la época de lluvias que se interrumpió en julio de 2013 disminuyendo a 8.68 mm siendo el mes con el valor de precipitación media más bajo. El valor de precipitación media más alto fue 341.30 mm en septiembre de 2013, volviendo al promedio de 88.5 mm en noviembre de 2013.

La precipitación acumulada promedio de cada 24 horas (mm) durante noviembre a agosto de 2013 se mantuvo en valores cercanos a 0 mm, aumentando a 128.9 mm en septiembre siendo el mes más lluvioso del año (Figura 8).

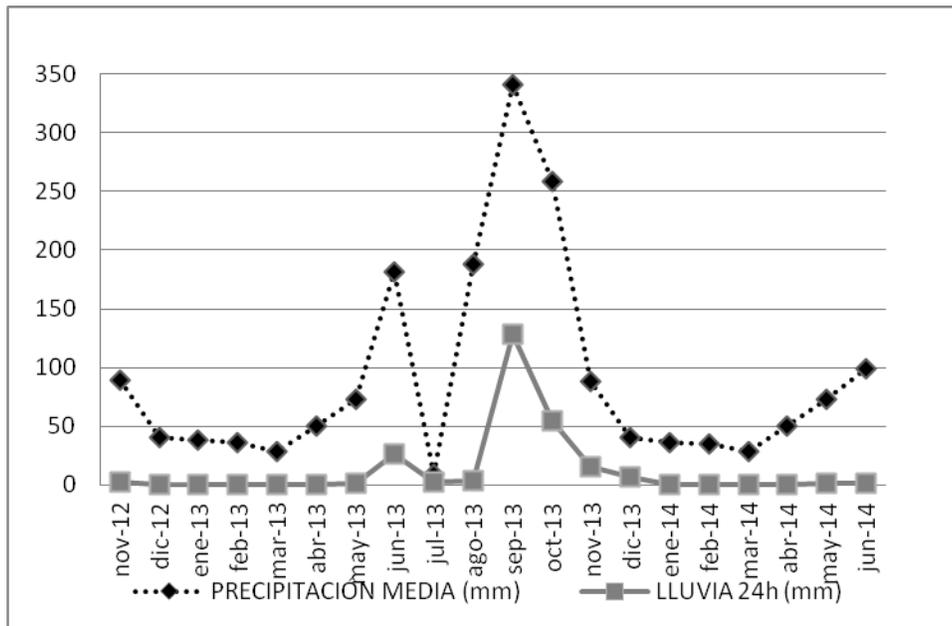


Figura 8. Precipitación media en mm y precipitación acumulada promedio en mm de cada 24 horas para 20 meses de toma de datos.

6.2.1.2. Estado del mar

Para el día 7 de junio y 20 de julio de 2013 en el momento de llevar a cabo los protocolos en la parcela I (profunda) y en parcela II (somera), de la estación del arrecife Tuxpan, el estado del mar se registró según la Escala Douglas como 0 calma y 1 rizada respectivamente, el día 14 de junio de 2014 fecha del último muestreo en las dos parcelas de la estación, el estado del mar estaba en 0 calma. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estado del mar según escala Douglas presentado en las parcelas en el momento de realizar el monitoreo

PARCELA	FECHA	CLASIFICACIÓN
I PROFUNDA	7 de junio 2013	0 Calma
II SOMERA	20 de julio de 2013	1 Rizada
I PROFUNDA - II SOMERA	14 de junio 2014	0 calma

6.2.1.3. Temperatura superficial del agua

Para el día 7 de junio y 20 de julio de 2013 en el momento de llevar a cabo los protocolos en la parcela I (profunda) y en parcela II (somera), de la estación del arrecife Tuxpan, el registro de temperatura superficial del agua fue de 26°C y 27°C respectivamente, el día 14 de junio de 2014 se registró en 26.1°C (Cuadro 3).

Cuadro 3. Temperatura superficial del agua en las parcelas en el momento de realizar el monitoreo

PARCELA	FECHA	TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA (°C)
I PROFUNDA	7 de junio 2013	26
II SOMERA	20 de julio de 2013	27
I PROFUNDA - II SOMERA	14 de junio 2014	26.1

6.2.1.4. Salinidad

En promedio para los meses de junio de 2013 y 2014 y julio de 2013, meses en los que se realizaron los protocolos, la CONABIO registró valores de salinidad

de 33 ± 2.0 UPS, para los sistemas arrecifales ubicados en el norte del Golfo de México (Cuadro 4).

Cuadro 4. Salinidad registrada para los meses de junio y julio de 2013

PARCELA	MES	SALINIDAD (UPS)
I PROFUNDA	junio 2013	33 ± 2.0
II SOMERA	julio de 2013	33 ± 2.0
I PROFUNDA - II SOMERA	jun-14	33 ± 2.0

6.2.1.5. Transparencia de la masa de agua

Para el día 7 de junio y 20 de julio de 2013 en el momento de llevar a cabo los protocolos en la parcela I (profunda) y en parcela II (somera), de la estación del arrecife Tuxpan, el registro de transparencia de la masa de agua fue de 35 m y 7.5 m respectivamente, el día 14 de junio de 2014 registró 25 m (Cuadro 5).

Cuadro 5. Transparencia de la masa de agua presentado en las parcelas en el momento de realizar el monitoreo

PARCELA	FECHA	TRANSPARENCIA DE LA MASA DE AGUA (m)
I PROFUNDA	7 de junio 2013	35
II SOMERA	20 de julio de 2013	10.5
I PROFUNDA - II SOMERA	14 de junio 2014	25

6.2.2. Variables Biológicas

6.2.2.1. Cobertura de organismos sésiles

La cobertura del sustrato de las dos parcelas (I profunda y II somera) estudiadas en el arrecife Tuxpan para los años 2013 y 2014, estuvo dominada por la categoría coral duro con un porcentaje de cobertura de 66.33 % y 59.33% respectivamente para el año 2013; para el año 2014 la cobertura de coral duro aumentó para la parcela profunda con 72%, manteniéndose igual (59.33%) en la parcela somera. El porcentaje de algas para el caso de la parcela profunda fue de 19 % en el 2013, disminuyendo a 13% en el 2014. El sustrato inerte presentó en la parcela somera 29% de cobertura para el año 2013 y 2014. En las dos parcelas y para ambos años el porcentaje de esponjas fue inferior a 1% (Figura 9).

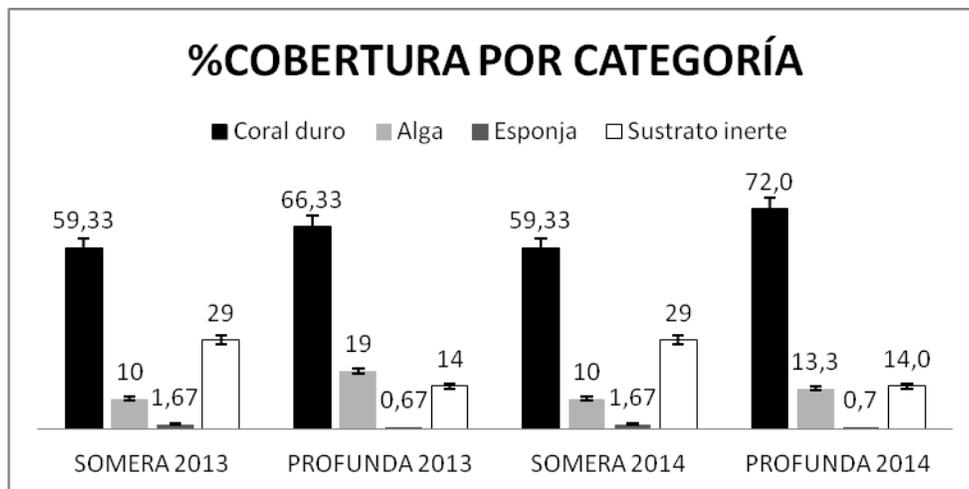


Figura 9. Porcentajes de cobertura según las diferentes categorías en la parcela I (profunda) y parcela II (somera), estación arrecife Tuxpan para los años 2013 y 2014.

Al realizar el análisis estadístico de los datos se realizó un test de normalidad aplicando la prueba de Shapiro-Wilk obteniendo un valor de $P= 1.163e^{-07}$, indicando que no hay normalidad en los datos con un nivel de confianza de 95%.

Como los datos no presentaron normalidad se procedió a utilizar una prueba de estadística no paramétrica, la prueba Kruskal-Wallis (Figura 10), con un nivel de confianza del 95% presentó un valor de $P= 0.8749$, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes de cobertura en las categorías, presentados a lo largo del tiempo en las parcelas profunda y somera.

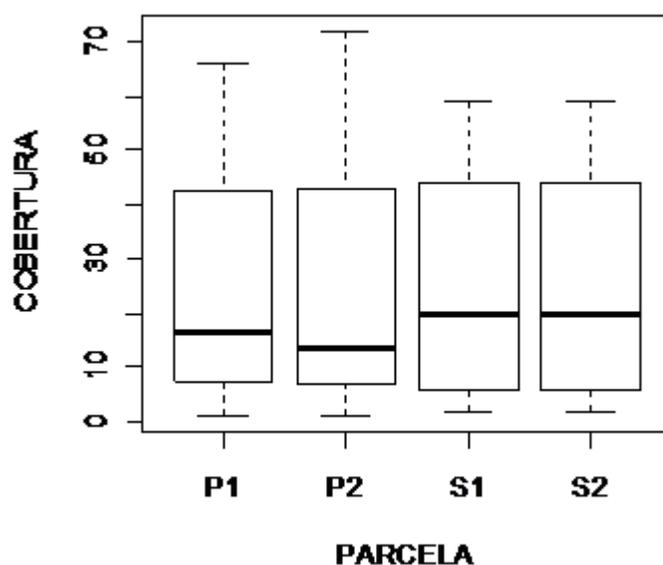


Figura 10. Diagrama de caja de los valores de porcentajes de cobertura de las categorías en la parcela profunda P1 (2013) y P2 (2014) y la parcela somera S1 (2013) y S2 (2014).

Para la parcela profunda las especies de coral que presentaron mayor porcentaje de cobertura fueron *Orbicella annularis* con 24.33% para el año 2013 y 24.67% en 2014, *Colpophyllia natans* con 12.67% en 2013 y 15.33% en 2014, *Montastraea cavernosa* con 9.67% en 2013 y 12.33% en 2014. Las especies *Pseudodiploria strigosa* (7.67 %), *O. franksi* (3.33%), *Porites astreoides* y *Siderastrea siderea* (2.33%) no presentaron cambios en el tiempo (Cuadro 6). El porcentaje de cobertura más bajo lo tuvo la especie *Pseudodiploria clivosa* con 1 %.

Cuadro 6. Porcentaje de Cobertura por especie de coral para las parcelas profunda y somera en los años 2013 y 2014.

Porcentaje de Cobertura por especie de coral				
ESPECIE	PROFUNDA 2013	SOMERA 2013	PROFUNDA 2014	SOMERA 2014
<i>Montastrea franksi</i>	3.00	2.33	3.00	2.33
<i>Montastrea faveolata</i>	2.33	0.00	2.33	0.00
<i>Montastrea cavernosa</i>	9.67	8.00	12.33	8.00
<i>Orbicella annularis</i>	12.67	28.33	15.33	28.33
<i>Porites astreoides</i>	3.33	1.00	3.33	1.00
<i>Colpophyllia natans</i>	24.33	11.67	24.67	11.67
<i>Pseudodiploria strigosa</i>	7.67	5.33	7.67	5.33
<i>Pseudodiploria clivosa</i>	1.00	0.00	1.00	0.00
<i>Stephanocoenia intercepta</i>	2.33	0.67	2.33	0.67
<i>Siderastrea siderea</i>	0.00	0.67	0.00	0.67
<i>Millepora squarosa</i>	0.00	2.00	0.00	2.00

En el caso de la parcela somera tanto en 2013 como 2014 las especies que sobresalieron fueron *O. annularis* (28.33%) y *C. natans* (11.67%), el porcentaje de cobertura mas bajo lo presentó *Siderastrea siderea* (0.67%), y no se registró la presencia de *P. clivosa*, *Stephanocoenia intercepta* y *O. faveolata* en los transectos (Figura 11).

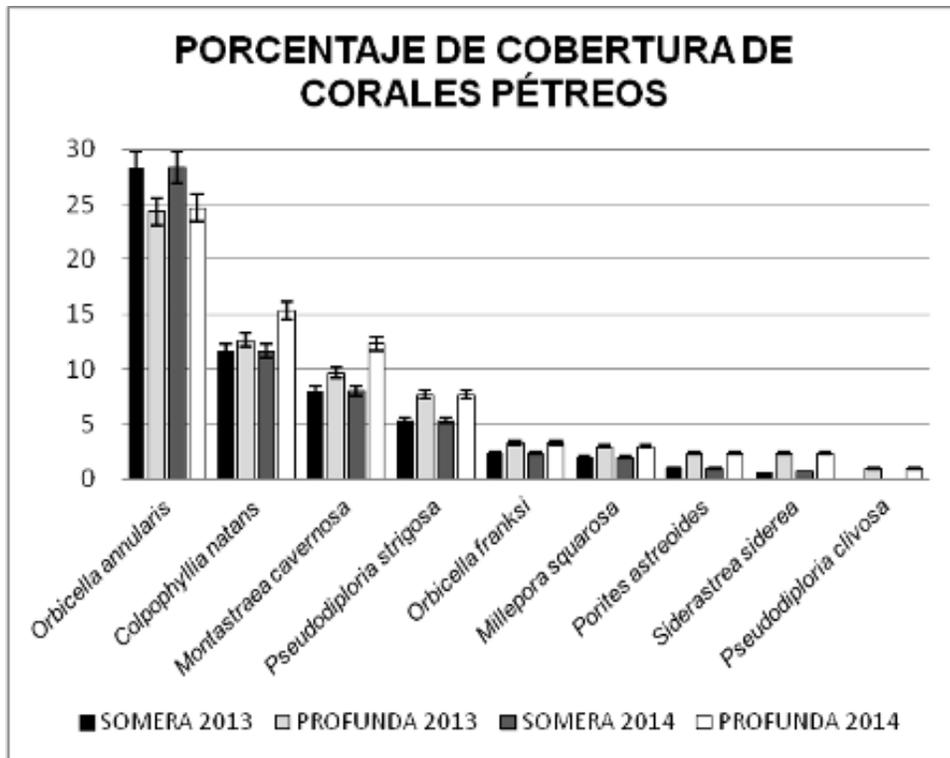


Figura 11. Porcentajes de cobertura (rangos de error estándar) de las especies de coral en la parcela I (profunda) y parcela II (somera), estación arrecife Tuxpan para los años 2013 y 2014.

Al realizar el análisis estadístico de los datos se realizó un test de normalidad aplicando la prueba de Shapiro-Wilk obteniendo un valor de $P= 0.006141$, indicando que no hay normalidad en los datos con un nivel de confianza de 95%.

Como los datos no presentaron normalidad se procedió a utilizar una prueba de estadística no paramétrica, la prueba Kruskal-Wallis (Figura 12), con un nivel de confianza del 95% presentó un valor de $P= 0.9991$, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes de cobertura de

las especies de corales pétreos presentados en las parcelas profunda y somera a lo largo del tiempo.

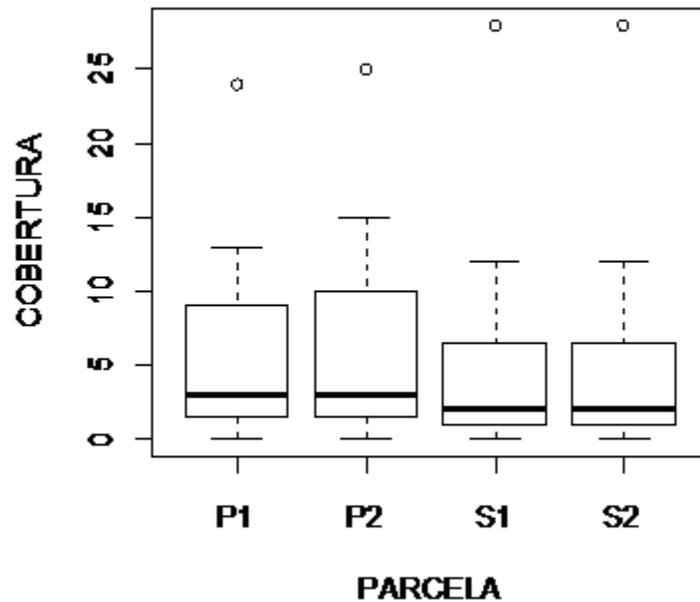


Figura 12. Diagrama de caja de los valores de porcentajes de cobertura de corales pétreos en la parcela profunda P1 (2013) y P2 (2014) y la parcela somera S1 (2013) y S2 (2014).

6.2.2.2. Abundancia de invertebrados móviles

En ambas parcelas la mayor densidad de individuos la presentó la familia Echinometridae, para la parcela profunda en 2013 se registraron 34 individuos /150 m² y 136 individuos /150 m² en 2014; para la parcela somera 255 individuos /150 m² en 2013 y 264 individuos /150 m² en 2014. En el caso de la parcela profunda en el 2013 la familia Diademantidae ocupó el segundo lugar con 25 individuos/ 150 m² reduciendo el número de registros para el 2014 a 13

individuos /150 m²; mientras que la familia Cidaridae pasó de tener 13 individuos /150 m² a 50 individuos /150 m² en el 2014.

En el 2013 las especies de erizos más representativas para la parcela profunda fueron *Diadema antillarum* con un promedio de 25 individuos/150 m², *Echinometra viridis* y *E. lucunter* ambas con un promedio de 17 individuos/ 150 m² y en el 2014 fueron las especies *E. viridis* con 110 individuos/ 150 m² y *Eucidaris tribuloides* con 50 individuos/ 150 m².

En la parcela somera en el 2013 y 2014 *D. antillarum* fue la especie más representativa con 252 y 425 individuos/ 150 m² respectivamente. En el 2013 en la parcela somera dentro del transecto se registró la presencia de un pulpo de la especie *Octopus vulgaris* y 3 langostas de la especie *Panulirus argus* (Figura 13).

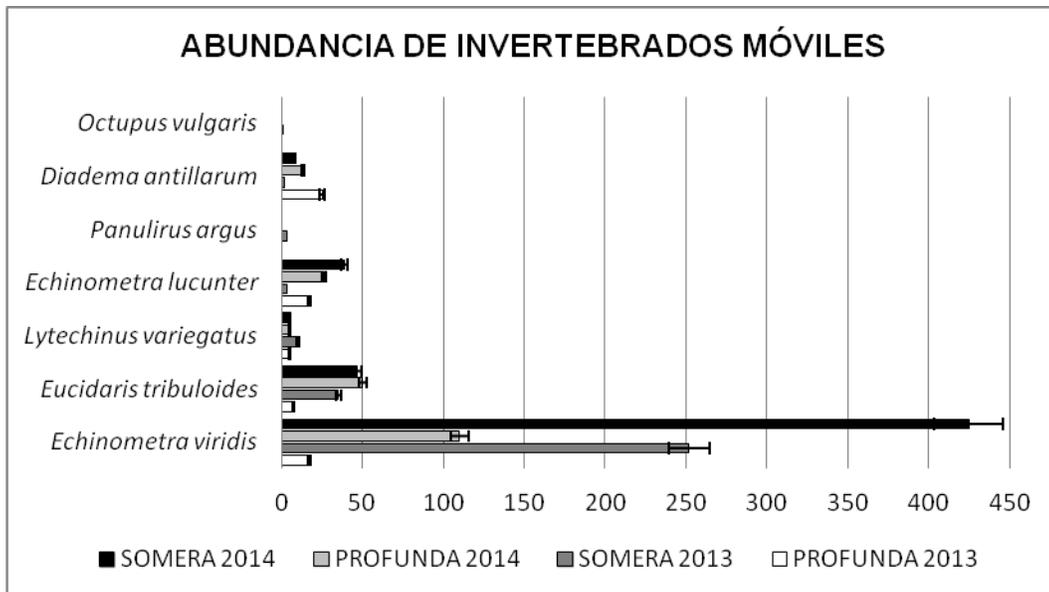


Figura 13. Densidad de invertebrados móviles parcela I (profunda) y parcela II (somera), estación arrecife Tuxpan para los años 2013 y 2014.

Al realizar el análisis estadístico de los datos se realizó un test de normalidad aplicando la prueba de Shapiro-Wilk obteniendo con un nivel de confianza de 95% un valor de $P= 5.935e^{-08}$, indicando que los datos no poseen normalidad.

Como los datos no presentaron normalidad se procedió a utilizar una prueba de estadística no paramétrica, el test de Kruskal-Wallis (Figura 14), con un nivel de confianza del 95% presentó un valor de $P= 0.5552$, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las densidades de invertebrados móviles en las parcelas profunda y somera.

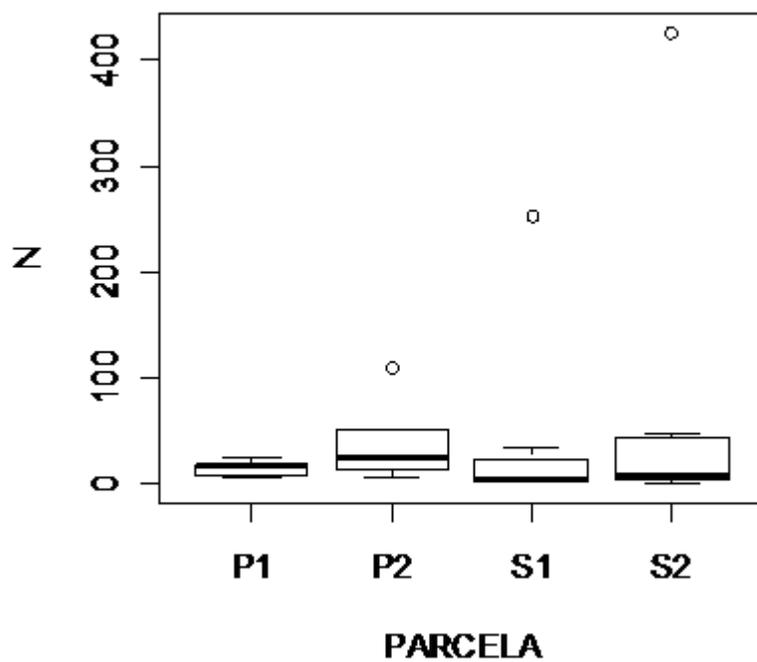


Figura 14. Valores de densidad de invertebrados móviles en la parcela profunda P1 (2013) y P2 (2014) y la parcela somera S1 (2013) y S2 (2014).

Se utilizó el índice de Shannon Wiener H' (Cuadro 7), mostrando que la parcela profunda presenta una mayor diversidad que la parcela somera tanto en el 2013 como en el 2014.

Cuadro 7. Diversidad Ecológica para las comunidades bentónica e íctica estudiadas en la estación del arrecife Tuxpan N (Número total de individuos) S (Número total de especies) Índices ecológicos H' (Shannon-Wiener) D (Simpson) y Equitatividad J' (índice de Pielou).

	PARCELA	GRUPO	N	S	H'	J'	D
	ESTACIÓN TUXPAN AÑO 2013	PROFUNDA	Invertebrados	71	5	1.467	0.9117
Corales			471	13	2.198	0.8567	7.306
Peces			766	52	2.789	0.7058	6.846
SOMERA		Invertebrados	306	7	0.662	0.3402	1.446
		Corales	460	14	1.778	0.6736	4.534
		Peces	757	48	2.335	0.6032	4.236
<hr/>							
	PARCELA	GRUPO	N	S	H'	J	D
	ESTACIÓN TUXPAN AÑO 2014	PROFUNDA	Invertebrados	204	5	1.207	0.7497
Corales			471	13	2.198	0.8567	7.306
Peces			1465	59	3.058	0.7499	12.42
SOMERA		Invertebrados	525	5	0.6951	0.4319	1.496
		Corales	460	14	1.778	0.6736	4.534
		Peces	827	48	2.615	0.6756	6.37

Según el concepto de diversidad verdadera el grupo de peces ganó en la parcela profunda 30.86% de diversidad del 2013 al 2014, el mismo grupo ganó 32.31% de diversidad en la parcela somera. El grupo de los invertebrados presentó una ganancia en la parcela somera y una pérdida de diversidad en la parcela profunda, el grupo de los corales se mantuvo igual. (Cuadro 8).

Cuadro 8. Diversidad verdadera, porcentaje de diversidad de las parcelas profunda y somera con respecto a los años 2013 y 2014.

PARCELAS	GRUPO	% GANANCIA DE DIVERSIDAD DE 2013 A 2014
PROFUNDA	Peces	30.86
	Corales	0
	Invertebrados	-22.89
SOMERA	Peces	32.31
	Corales	0
	Invertebrados	3.36

Al realizar la gráfica de rango abundancia (Figura 15), la curva que expresa la parcela profunda es más compacta lo que representa una mayor diversidad, mientras que la curva de la parcela somera al ser mas alargada muestra un concepto de dominancia, para comprobar que existen diferencias significativas entre las curvas se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras; con un nivel de la confianza del 95% se obtuvo un valor de $P= 0.0004807$, indicando que si existen diferencias estadísticamente significativas entre las curvas de rango abundancia entre la parcelas profunda y somera en el 2013 y 2014. De igual forma se realizó la misma prueba (Kolmogorov-Smirnov de dos muestras) para comparar las parcelas entre años, con un nivel de la confianza del 95% se obtuvo un valor de $P= 0.4807$ y 0.8601 , indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las curvas de rango abundancia de la parcela profunda en 2013 y 2014 y la parcela somera en 2013 y 2014 respectivamente.

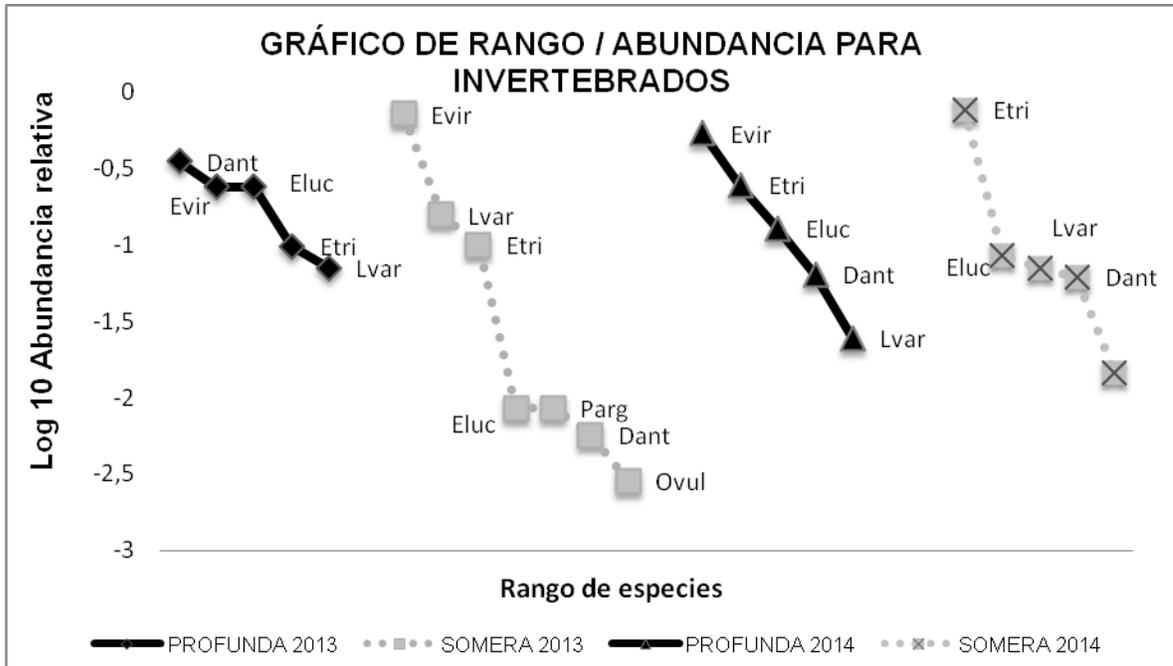


Figura 15. Gráfico de Rango / Abundancia para invertebrados móviles en las parcelas profunda y somera en el 2013 y 2014.

6.2.2.3. Riqueza de invertebrados móviles

Al realizar el análisis estadístico para encontrar diferencias en la riqueza de invertebrados móviles se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk obteniendo con un nivel de confianza de 95% un valor de $P= 5.447e^{-11}$, indicando que los datos no poseen normalidad.

Como los datos no presentaron normalidad se procedió a utilizar una prueba de estadística no paramétrica, el test de Kruskal-Wallis, con un nivel de confianza del 95% presentó un valor de $P= 0.7756$, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la riqueza de invertebrados móviles en las parcelas profunda y somera. En el Box-Plot (Figura 16) se observan algunos

outliers o datos atípicos que representan la dominancia de algunas especies en la parcela somera.

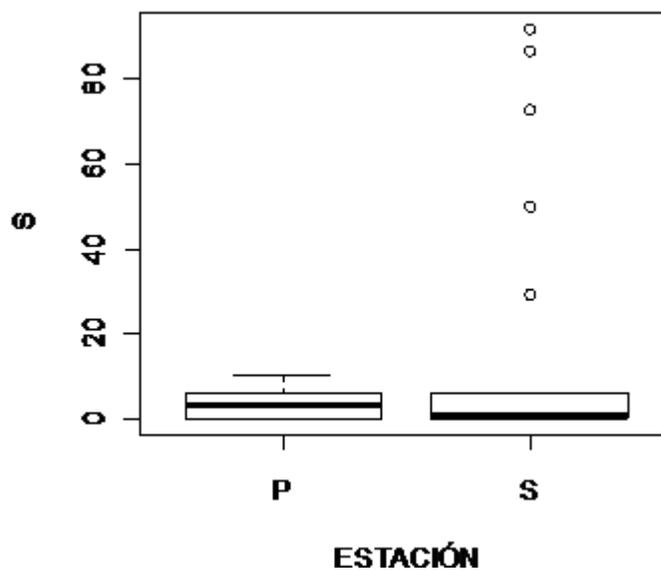


Figura 16. Diagrama de caja de los valores de riqueza de invertebrados móviles en la parcela profunda (P) y la parcela somera (S).

Para establecer si hubo diferencias estadísticamente significativas entre años se realizó la misma prueba de Kruskal-Wallis, con un nivel de confianza del 95% presentaron valores de $P= 0.7756$ y 0.7443 , indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la riqueza de invertebrados móviles entre parcelas a través del tiempo.

6.2.2.4. Abundancia de gorgonáceos

Se encontró 1 individuo/150 m², en la parcela I (profunda) con forma de crecimiento tipo vara. En la parcela II (somera) no se encontraron gorgonáceos.

6.2.2.5. Salud coralina

En la parcela profunda en total se muestrearon 471 colonias de coral y en la parcela somera 460 colonias entre las cuales se registró la especie de coral *Dichocoenia stokesii* que constituye un nuevo registro para el arrecife Tuxpan (Figura 17).

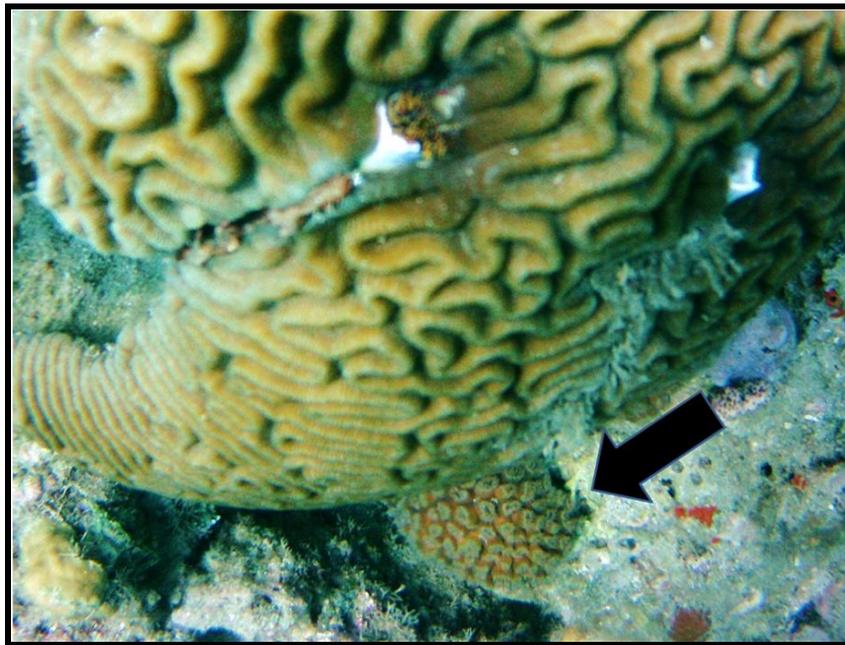


Figura 17. Colonia de *Dichocoenia stokesii* (señalada por la flecha negra) en la parcela somera, estación arrecife Tuxpan.

No se observó ningún tipo de enfermedad ni blanqueamiento, por lo tanto todas las colonias observadas se denominaron como sanas. Dentro de las colonias muestreadas en la parcela profunda se destacaron las especies *Colpophyllia natans* con 127 colonias/150 m², *O. annularis* con 61 colonias/150 m², *P. strigosa* con 60 colonias/150 m² y *M. cavernosa* con 47 colonias/150 m²; en la

parcela somera dominaron las especies *O. annularis* con 152 colonias/150 m², *C. natans* con 131 colonias/150 m², *M. cavernosa* y *Porites astreoides* con 47 colonias/150 m² cada una y *P. strigosa* con 46 colonias/150 m² (Figura 18).

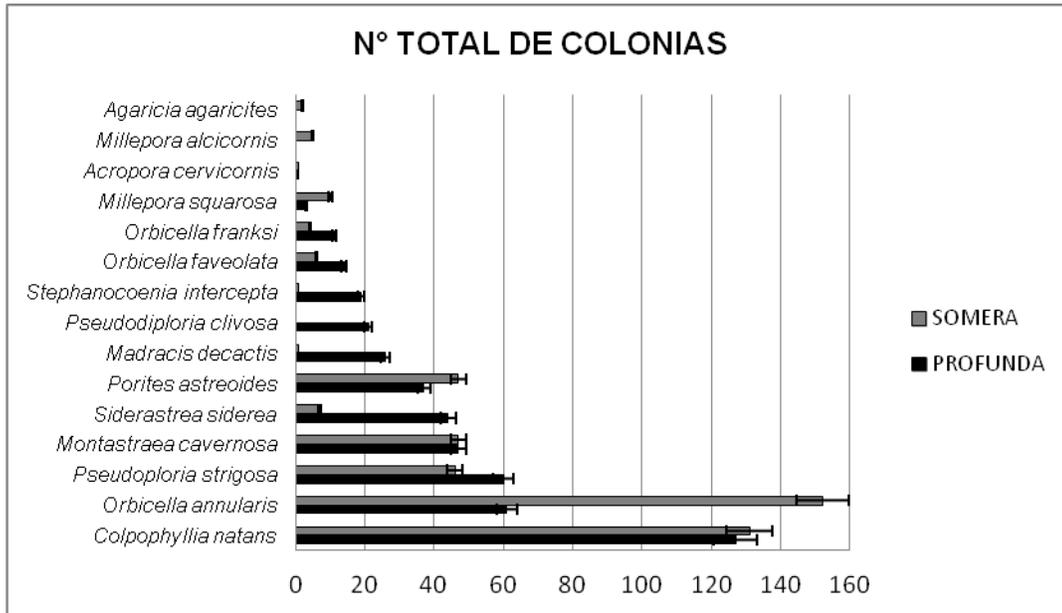


Figura 18. Número de colonias de coral sanas en la parcela I (profunda) y parcela II (somera), estación arrecife Tuxpan.

Al realizar el análisis estadístico de los datos se realizó un test de normalidad aplicando la prueba de Shapiro-Wilk obteniendo con un nivel de confianza de 95% un valor de $P= 2.587e^{-07}$, indicando que los datos no poseen normalidad.

Como los datos no presentaron normalidad se procedió a utilizar una prueba de estadística no paramétrica, el test de Kruskal-Wallis (Figura 19), con un nivel de confianza del 95% presentó un valor de $P= 0.9834$, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las abundancias de corales pétreos en las parcelas profunda y somera.

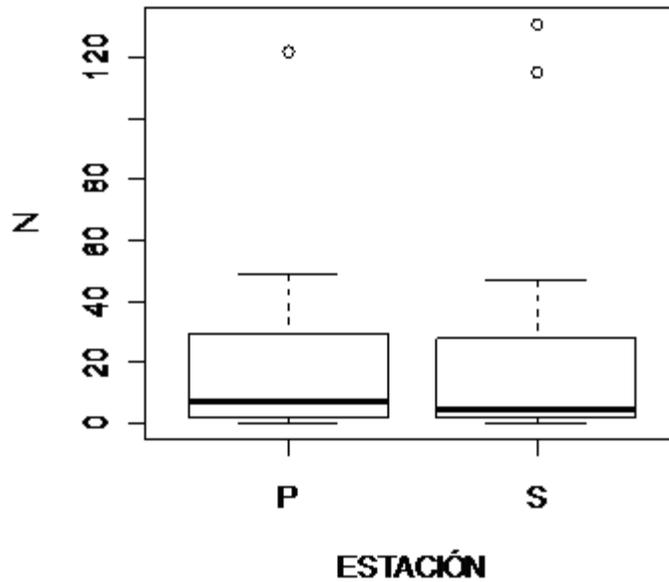


Figura 19. Diagrama de caja de los valores de abundancia de corales pétreos en la parcela profunda (P) y la parcela somera (S).

Para establecer si hubo diferencias estadísticamente significativas entre años se realizó la misma prueba el test de Kruskal-Wallis, con un nivel de confianza del 95% presentaron valores de $P= 0.4216$ y 0.3806 , indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las abundancias de corales pétreos entre parcelas a través del tiempo.

Se utilizó el índice de Shannon Wiener H' (Cuadro 7), mostrando que la parcela profunda presenta una mayor diversidad que la parcela somera.

Según el concepto de biodiversidad verdadera se está perdiendo 34.29 % de diversidad de la parcela profunda a la somera (Cuadro 8).

Al realizar la gráfica de rango abundancia (Figura 20), la curva que expresa la parcela profunda es más compacta, lo que representa una mayor diversidad,

mientras que la curva de la parcela somera al ser mas alargada muestra un concepto de dominancia. Para comprobar que existen diferencias significativas entre las curvas se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras; con un nivel de confianza del 95% se obtuvo un valor de $P= 8.258e^{-07}$, indicando que si existen diferencias estadísticamente significativas entre las curvas de rango abundancia entre la parcelas profunda y somera.

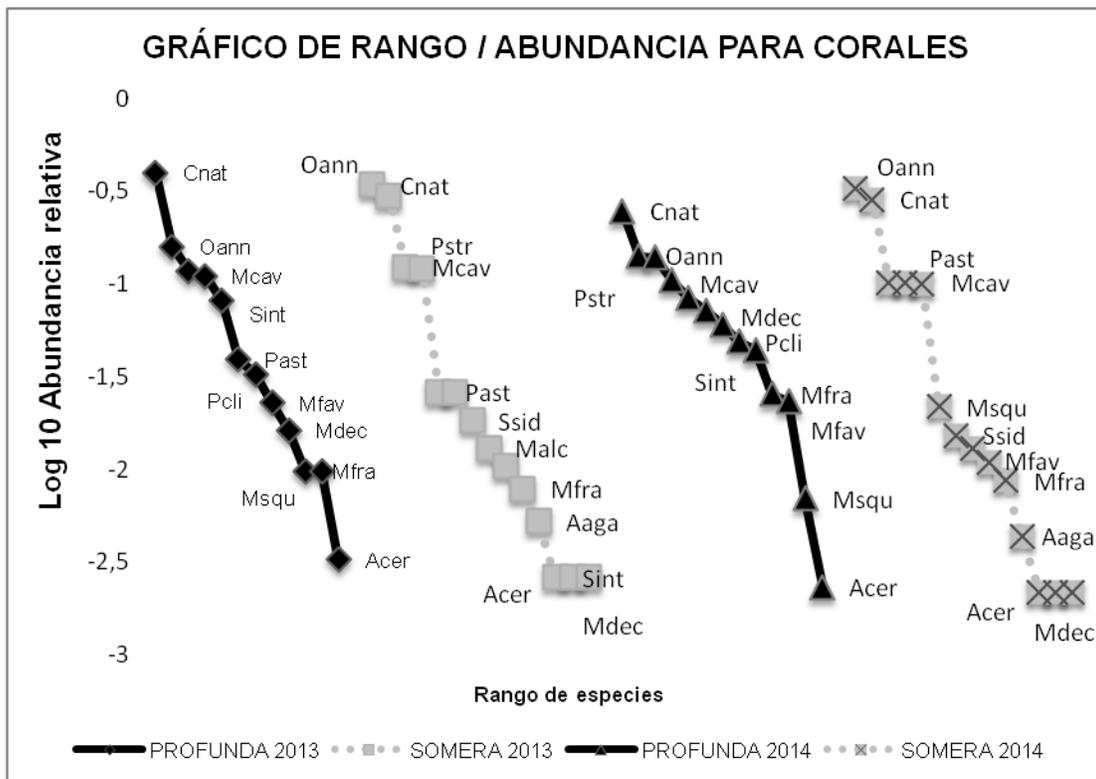


Figura 20. Gráfico de Rango / Abundancia para corales pétreos en las parcelas profunda y somera en el 2013 y 2014.

Al realizar el análisis estadístico para encontrar diferencias en la riqueza de corales pétreos se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk obteniendo con un nivel de

confianza de 95% un valor de $P= 2.960e^{-13}$, indicando que los datos no poseen normalidad.

Como los datos no presentaron normalidad se procedió a utilizar una prueba de estadística no paramétrica, el test de Kruskal-Wallis, con un nivel de confianza del 95% presentó un valor de $P= 0.8984$, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la riqueza de corales pétreos en las parcelas profunda y somera. En el diagrama de cajas (Figura 21) se observan algunos datos atípicos que representan la dominancia de algunas especies tanto en la parcela profunda como en la parcela somera.

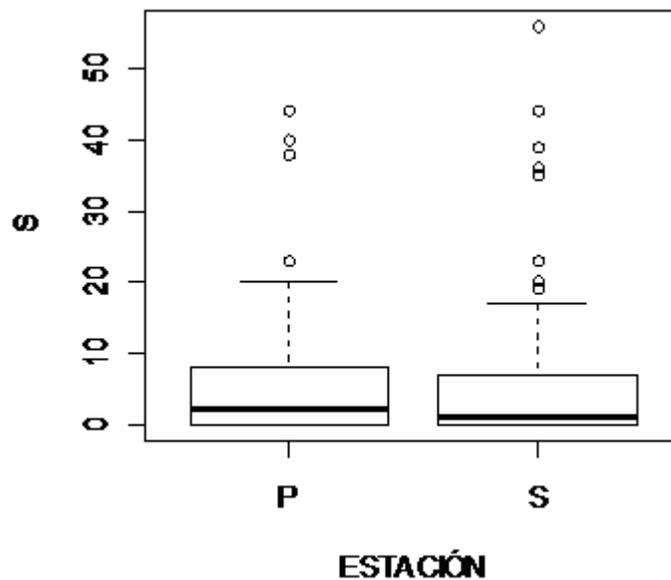


Figura 21. Diagrama de caja de los valores de riqueza de corales pétreos en la parcela profunda (P) y la parcela somera (S).

6.2.2.6. Riqueza y abundancia de peces arrecifales

Para la parcela I profunda la mayor densidad de individuos la presentó la familia Pomacentridae, con un promedio de 271 individuos / 60 m², para la parcela II somera la presentó la familia Labridae con 115 individuos / 60 m².

En la parcela profunda las densidades promedio más bajas la presentaron las familias Scorpaenidae y Serranidae con 4 individuos / 60 m² cada una, y Carangidae con 3 individuos / 60 m². En la parcela somera las densidades promedio más bajas la presentaron las familias Pomacanthidae con 5 individuos / 60 m², Sphyraenidae con 4 individuos / 60 m² y Scorpaenidae con 1 individuo / 60 m².

El género de herbívoros más representativos para la parcela I profunda fue *Acanthurus* sp con 217 individuos / 60 m² y para la parcela II somera fue *Scarus* sp con 82 individuos / 60 m².

Dentro de las especies de peces carnívoros se destacó *Sphyraena barracuda* con 12 individuos / 60 m², en la parcela profunda. La parcela somera tubo promedios de estas especies muy bajos (< 10 individuos / 60 m²).

Hubo escasa presencia de especies objetivo de captura de los géneros *Lutjanus* (45 individuos / 60 m²), *Epinephelus* (4 individuo / 60 m²) y *Mycteroperca* (2 individuos / 60 m²) en ambas parcelas.

Al realizar el análisis estadístico de los datos se realizó un test de normalidad aplicando la prueba de Shapiro-Wilk obteniendo con un nivel de confianza de 95% un valor de $P= 2.2e^{-16}$, indicando que los datos no poseen normalidad.

Como los datos no presentaron normalidad se procedió a utilizar una prueba de estadística no paramétrica, el test de Kruskal-Wallis (Figura 22), con un nivel de confianza del 95% presentó un valor de $P= 0.381$, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las abundancias de peces arrecifales en las parcelas profunda y somera.

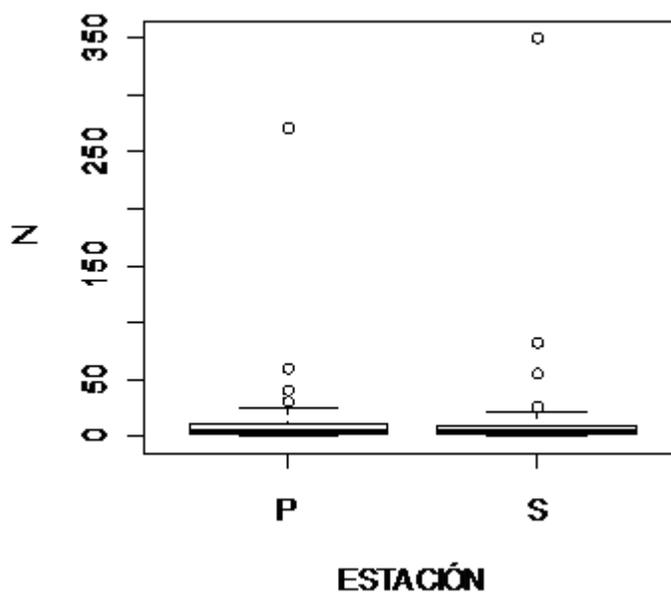


Figura 22. Diagrama de caja de los valores de abundancia de peces arrecifales en la parcela profunda (P) y la parcela somera (S)

Para establecer si hubo diferencias estadísticamente significativas entre años se realizó la misma prueba el test de Kruskal-Wallis, con un nivel de confianza del 95% presentaron valores de $P= 0.8375$ y 0.8421 , indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las abundancias de peces arrecifales entre parcelas a través del tiempo.

Se utilizó el índice de Shannon Wiener H' (Cuadro 7), mostrando que la parcela profunda presenta una mayor diversidad que la parcela somera.

Al realizar la gráfica de rango abundancia (Figura 23), la curva que expresa la parcela profunda es más compacta, lo que representa una mayor diversidad, mientras que la curva de la parcela somera al ser más alargada y con presencia de más saltos entre especies, muestra un concepto de dominancia. Para comprobar que existen diferencias significativas entre las curvas se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras; con un nivel de confianza del 95% se obtuvo un valor de $P= 4.108e^{-15}$, indicando que si existen diferencias estadísticamente significativas entre las curvas de rango abundancia entre la parcelas profunda y somera.

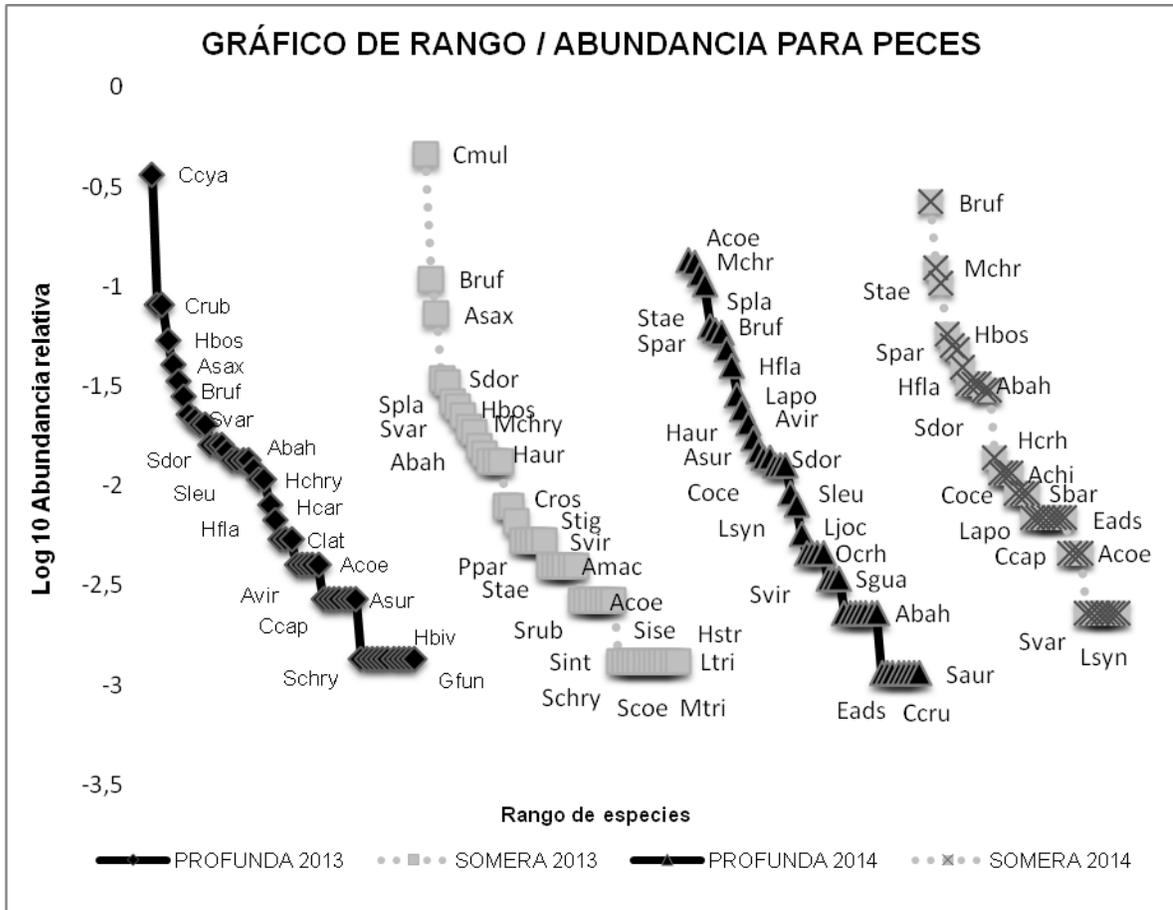


Figura 23. Gráfico de Rango / Abundancia para peces arrecifales en las parcelas profunda y somera en el 2013 y 2014.

En cuanto a la riqueza de peces arrecifales; se elaboró un listado de especies y se encontró en el área de estudio 20 familias, 36 géneros y 63 especies (Cuadro 9). La especie *Ophioblennius macclurei* representa un registro nuevo para el arrecife Tuxpan (Figura 24).

Cuadro 9. Especies de peces arrecifales registradas en los censos de riqueza en la parcela I P= Profunda y la parcela II S= Somera, estación arrecife Tuxpan.

ESPECIE	P	S	ESPECIE	P	S
<i>Abudefduf saxatilis</i>	X	X	<i>Kyphosus sectatrix</i>	X	
<i>Acanthostracion quadricornis</i>	X		<i>Lactophrys triqueter</i>	X	X
<i>Acanthurus bahianus</i>	X	X	<i>Lutjanus analis</i>	X	X
<i>Acanthurus chirurgus</i>	X	X	<i>Lutjanus apodus</i>		X
<i>Acanthurus coeruleus</i>	X	X	<i>Lutjanus jocu</i>	X	
<i>Anisotremus surinamensis</i>	X		<i>Lutjanus synagris</i>	X	X
<i>Anisotremus virginicus</i>	X	X	<i>Malacoctenus triangulatus</i>		X
<i>Aulostomus maculatus</i>	X	X	<i>Mycteroperca tigris</i>	X	
<i>Bodianus rufus</i>	X	X	<i>Microspathodon chrysurus</i>	X	X
<i>Canthigaster rostrata</i>	X	X	<i>Ocyurus chrysurus</i>	X	X
<i>Caranx ruber</i>	X		<i>Ophioblennius macclurei</i>		X
<i>Caranx latus</i>	X		<i>Pomacanthus paru</i>	X	X
<i>Cephalopholis cruentata</i>	X		<i>Pterois volitans</i>	X	X
<i>Chaetodon capistratus</i>	X	X	<i>Scarus coeruleus</i>	X	X
<i>Chaetodon ocellatus</i>	X	X	<i>Scarus iseri</i>	X	X
<i>Chromis cyanea</i>	X		<i>Scarus guacamaia</i>	X	
<i>Chromis multilineata</i>	X	X	<i>Scarus taeniopterus</i>	X	X
<i>Diodon histrix</i>	X	X	<i>Scarus vetula</i>	X	X
<i>Epinephelus adscensionis</i>	X	X	<i>Serranus tigrinus</i>	X	X
<i>Gymnotorax funebris</i>	X		<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	X	X
<i>Gobiosoma oceanops</i>	X		<i>Sparisoma chrysopterus</i>	X	X
<i>Haemulon aurolineatum</i>	X	X	<i>Sparisoma rubripinne</i>	X	X
<i>Haemulon boschmae</i>	X	X	<i>Sparisoma viride</i>	X	X
<i>Haemulon carbonarium</i>	X	X	<i>Stegastes dorsopunicans</i>	X	X
<i>Haemulon chrysargyreum</i>	X	X	<i>Stegastes leucostictus</i>	X	X
<i>Haemulon flavolineatum</i>	X	X	<i>Stegastes partitus</i>	X	X
<i>Haemulon plumieri</i>	X	X	<i>Stegastes planifrons</i>	X	X
<i>Haemulon striatum</i>	X	X	<i>Stegastes variabilis</i>	X	X
<i>Halichoeres bivittatus</i>	X	X	<i>Synodus intermedius</i>	X	X
<i>Holacanthus bermudensis</i>	X		<i>Sphyraena barracuda</i>	X	X
<i>Holacanthus ciliaris</i>		X	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	X	X
<i>Holocentrus adscencionis</i>	X				



Figura 24. *Ophioblennius macclurei* (señalado por la flecha negra) en la parcela somera, estación arrecife Tuxpan.

Al realizar el análisis estadístico para encontrar diferencias en la riqueza de peces arrecifales se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk obteniendo con un nivel de confianza de 95% un valor de $P= 2.2e^{-16}$, indicando que los datos no poseen normalidad.

Como los datos no presentaron normalidad se procedió a utilizar una prueba de estadística no paramétrica, el test de Kruskal-Wallis, con un nivel de confianza del 95% presentó un valor de $P= 0.2829$, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la riqueza de peces arrecifales en las parcelas profunda y somera. En el gráfico de cajas (Figura 25) se observan algunos datos atípicos que representan la dominancia de algunas especies tanto en la parcela profunda como en la parcela somera.

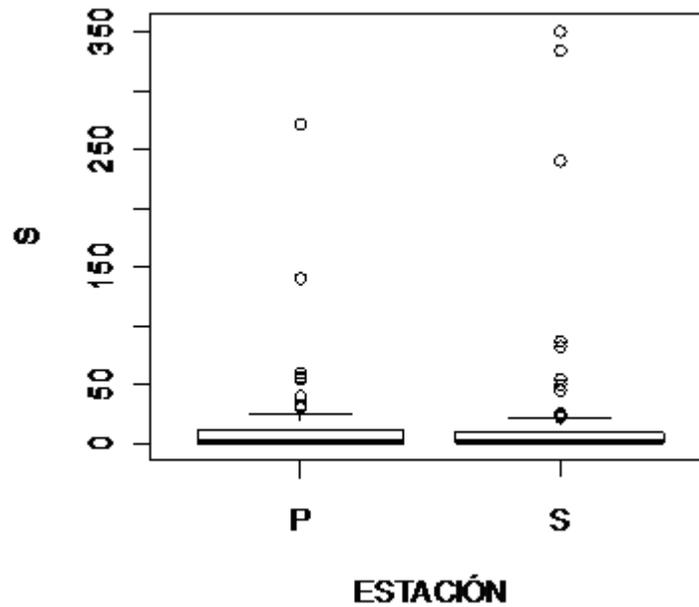


Figura 25. Valores de riqueza de peces arrecifales en la parcela profunda (P) y la parcela somera (S).

Se obtuvo el porcentaje de complementariedad de grupos funcionales (Cuadro 10), el porcentaje más alto de complementariedad lo obtuvo el grupo de los invertebrados 28.57% y el más bajo el grupo de los corales 13.33%.

Cuadro 10. Porcentaje de complementariedad de grupos funcionales para la comunidad arrecifal de la estación Tuxpan.

Grupo Funcional	% Complementariedad
Corales	13.33
Invertebrados	28.57
Peces	21.81

6.3. Realización de material y actividades de difusión

Se elaboró un manual que describe la instalación de los sitios permanentes y la metodología detallada para el adecuado desarrollo del protocolo de monitoreo, teniendo en cuenta categorías, índices, escalas y formatos que se utilizarán en fase de campo y gabinete (Figura 26). Conjuntamente se diseñó material didáctico para las reuniones informativas.



Figura 26. Portada Manual de Métodos de Monitoreo en sitios permanentes en arrecifes coralinos del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México.

Se realizaron 4 reuniones informativas para un total de 24 horas teóricas y 6 horas prácticas, en las cuales participaron 14 personas entre biólogos, estudiantes, buzos y aficionados al mar (Figura 27 y 28). Las sesiones informativas se llevaron a cabo (18, 19, 20 y 21 de junio de 2014) en las instalaciones de la Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias del Campus Tuxpan, realizándose una práctica en campo en el arrecife Tuxpan.



Figura 27. Participantes del taller de capacitación, protocolo de monitoreo en sitios permanentes.

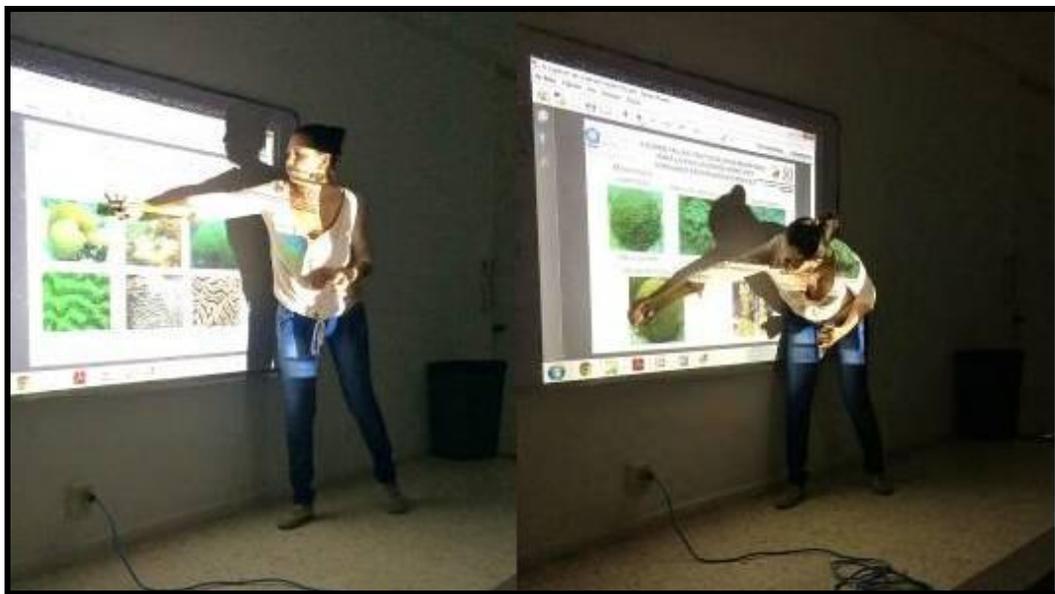


Figura 28. Segunda sesión del taller de capacitación.

Al inicio de las sesiones a cada participante se le entregó el material completo que consta de un manual y 7 paquetes de diapositivas, que están disponibles como anexos de este documento.

Los participantes desarrollaron en campo la metodología del protocolo propuesto fortaleciendo las habilidades y conocimientos impartidos en las reuniones.

6.4. Presupuesto

Desarrollar este tipo de trabajos requiere contar con gastos de inversión como los equipos de campo y de computo, y gastos corrientes para llevar a cabo el monitoreo en campo, las capacitaciones, los reportes, etc.

Se realizó el presupuesto de gastos totales por cuatrimestre a lo largo de los 2 años de duración del trabajo (Cuadro 11).

Cuadro 11. Presupuesto de ministraciones por cuatrimestre, costos en pesos mexicanos

Gastos	Concepto/ Cuatrimestre	Ministración 1			Ministración 2			Total
		1	2	3	4	5	6	
Gastos de Inversión	Equipo de Campo	1.150.760	0	0	0	0	0	1.150.760
	Equipo de Computo	8.432	0	0	0	0	0	8.432
Gastos Corrientes	Viáticos	4.800	4.800	0	2.400	0	0	12.000
	Pago de jornales	4.000	4.000	0	2.000	0	0	10.000
	Becas	34.960	34.960	34.960	34.960	34.960	34.960	209.760
Total		1.202.952	43.760	34.960	39.360	34.960	34.960	1.390.952

Dentro de los gastos de inversión se encuentra el equipo de campo que incluye materiales requeridos para bucear (tanques, chalecos, reguladores, computador de buceo, visores, aletas, trajes de buceo, pastillas de plomo, cinturones de lastre), elementos indispensables de seguridad en buceo (boya de superficie, boyas salchicha, linternas, entre otros), y objetos necesarios para instalar las estaciones y realizar el monitoreo (lancha, cámara subacuática, martillo, disco secchi, cintas métricas, tubos de PVC, varillas de acero corrugado, puntillas de acero inoxidable, tablas acrílicas, lápices de grafito, etc).

Estos gastos también incluyen el equipo de cómputo necesario para la elaboración de reportes y documentos, además de la inclusión de datos tomados en campo.

Los gastos corrientes incluyen pago de jornales por servicios de conducción de la lancha hasta el lugar de muestreo, viáticos por combustible, reuniones informativas, una beca para el apoyo en la realización del diseño, aplicación del protocolo del monitoreo y el procesamiento analítico de los datos recopilados.
(Anexos)

VII. DISCUSIÓN

En primer lugar es importante mencionar que para la presente propuesta de implementación de un protocolo de monitoreo en el arrecife Tuxpan, se pensó en utilizar métodos sencillos, mas económicos que los que se desarrollan actualmente en el Caribe (Horta-Puga, 2009) pero sobre todo confiables; que con la información y entrenamiento adecuados puedan ser aplicados por estudiantes de licenciaturas en áreas biológicas, buzos aficionados o voluntarios de la comunidad que cumplan con los requisitos básicos para participar (ser buzo, tener la capacitación y entrenamiento del protocolo). Además que no requiera una excesiva inversión en equipo y material. Esto es importante señalarlo ya que el aspecto económico habitualmente es una limitante para el desarrollo e implementación de planes y programas de evaluación, monitoreo, vigilancia, conservación y manejo de las áreas naturales protegidas (Horta-Puga, 2009).

Afortunadamente en esta etapa se lograron cumplir los objetivos propuestos en el presente trabajo; sin embargo es necesario continuar con los esfuerzos de conservación y ojalá poder extenderlo al Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan.

Los datos presentados en este trabajo para comparar con trabajos similares realizados a nivel local, regional o mundial, han sido tomados en la zona correspondiente al sotavento del arrecife, debido a que ésta área cumple con las exigencias planteadas en los diferentes protocolos de monitoreo (CARICOMP, AGRRA, SIMAC, REEFCHECK, CORAL REEF MONITORING

FOR MANAGEMENT, etc.) que sugieren elegir inicialmente localidades protegidas y con buen desarrollo coralino para el establecimiento de las estaciones y los transectos permanentes; aspecto que es importante tener en cuenta en la discusión y análisis de resultados que se expone a continuación.

Si bien es cierto que la cobertura de corales pétreos en gran parte del Caribe y el Golfo de México ha disminuido desde hace 20 años hasta la fecha, debido en gran parte al efecto de actividades humanas, calentamiento global, altas descargas fluviales, tormentas tropicales, huracanes, frentes fríos, enfermedades, entre otros (Hughes, 1992; Spalding *et al.*, 2001; Rogers *et al.*, 2001; Hughes y Kramer, 2003, Jordán-Dahlgren, 2004), en este reporte se cambia el panorama para la comunidad coralina, al menos de la zona de estudio.

La cobertura de coral, expresada como la cantidad de tejido vivo, se considera un buen indicador de la salud general del arrecife (McField y Kramer, 2007). La cobertura de coral duro registrada para este trabajo promedió 64% para la estación del arrecife Tuxpan, en comparación con trabajos realizados en el mismo arrecife los valores obtenidos son similares. Martos (1993) reportó 42%, ReefKeeper International y el Grupo de Ecología Arrecifal de Tuxpan (1999, 2000) reportaron 48% y 47,9% respectivamente, Aguilar y Zapata (2008) registraron en promedio para el 2004 73,6%, y en el 2007 reportaron una cobertura de coral duro de 64%; lo cual podría considerar que la cobertura se ha incrementado, sin embargo, es más factible atribuir este hecho a la heterogeneidad espacial en el arrecife en base a que los sitios de muestreo se

ubicaron en zonas protegidas, cumpliendo las sugerencias de diferentes programas de monitoreo para el establecimiento de transectos permanentes.

Estos valores promedio de cobertura coralina encontrados para las formaciones monitoreadas en el arrecife Tuxpan, sugieren que éstas se encuentran en mejor estado que otras localidades del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, e inclusive del Golfo de México y el Caribe (Cuadro 12) (Bone *et al.*, 2001; Guzmán *et al.*, 2005; Tunnell *et al.*, 2002; Horta-Puga, 2009; Antonio-Cruz, 2009; Martos, 2010; Takemura-Horita, 2010; Dueñes, 2010; González-Cobos, 2010; Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, 2010; Vega-Sequeda, 2011; Jacovo-Montiel, 2011; Maruri-Cruz, 2012; Escobar-Vázquez y Chávez, 2012; De la Cruz, 2013). Esto indica que éste arrecife tiende al crecimiento y por lo tanto es un arrecife más sano (Jordán 1993; Bythel *et al.*, 1993; Bak y Meesters, 1998; Connell, 1978). Sin embargo, las variaciones ambientales (temperatura, pH, turbidez, entre otros) dentro de cada arrecife pueden producir alteraciones en la cobertura sin alterar el estado de su salud (Connell, 1978). No obstante, es necesario destacar la drástica caída en la cobertura en todo el Atlántico Tropical Occidental, durante los últimos 30 años (Gardner *et al.*, 2003), que también se ha presentado en el SAV, es decir, en toda la región del Golfo de México y Mar Caribe la comunidad coralina se encuentra en un proceso de declive (Horta-Puga, 2009). A pesar de este deterioro gradual y generalizado la comunidad arrecifal del arrecife Tuxpan se está desarrollando mejor de lo esperado.

Cuadro 12. Porcentaje de cobertura de corales pétreos para algunas áreas del SALT, SAV y el Caribe.

ARRECIFE	% COBERTURA
TUXPAN	64
LOBOS	31
BLANQUILLA	35
ORO VERDE	18
TANHUIJO	15
BLAKE	18
PANTEPEC	19
ENMEDIO	20
SAV	19
CARIBE MEXICANO COZUMEL	10
CARIBE MEXICANO XCALAC	16
CARIBE VENEZOLANO	17
CARIBE COLOMBIANO	30
CARIBE PANAMEÑO	35
ATLANTICO TROPICAL OCCIDENTAL	20

En comparación con las otras áreas del SALT el arrecife Tuxpan se destaca por su menor cobertura algal 13%, en Lobos es de 40,2% (De La Cruz, 2013), Enmedio 31% (Antonio-Cruz, 2009) y Oro Verde 16% (Maruri-Cruz, 2012); aunque se debe considerar que estos trabajos fueron estimados para todo el complejo del arrecife, con otras metodologías, mientras que en el monitoreo se determinaron en zonas con buen estado.

La cobertura del fondo estuvo dominada en las 2 parcelas (profunda y somera) por corales masivos, en la parcela profunda dominó la especie *C.natans*,

seguida por *O. annularis*, *P. strigosa*, *M. cavernosa* y *S. siderea*. Mientras que en la parcela somera dominó *O. annularis*, seguida por *C. natans*, *M. cavernosa*, *P. astreoides* y *P. strigosa*. Aunque no existieron diferencias estadísticamente significativas en la cobertura del fondo entre las parcelas ($p=0.9991$) ambas presentan una diversidad alta (profunda $H'=2,198$; somera $H'=1,778$) siendo la parcela profunda más diversa que la somera a pesar de que esta última presenta un mayor número de especies; esto se explica con la gráfica de rango/ abundancia, donde la diferencia de las curvas muestra que la de la parcela profunda es una curva compacta lo que representa una mayor diversidad, mientras que la curva de la parcela somera al ser mas alargada muestra un concepto de dominancia. Demostrando que efectivamente si hay diferencias estadísticamente significativas entre las curvas de rango abundancia entre la parcelas profunda y somera ($p= 8.258e^{-07}$).

La dominancia en este caso se ve restringida a unas cuantas especies, lo que es particular en la zona de sotavento ya que presenta características intermedias entre el barlovento y la planicie, además de presentar las condiciones ambientales más propicias para el desarrollo coralino, principalmente por presentar menor turbulencia y corrientes más débiles, lo que incide en tasas erosivas más bajas (Gutiérrez *et al.*, 1993).

Al comparar estos resultados con otros trabajos se observa que la cobertura del fondo es muy similar en el SALT, SAV y Atlántico Tropical Occidental. En Lobos dominan *C. natans*, *M. cavernosa*, *P. strigosa* y *S. siderea* (De la Cruz, 2013), en Blanquilla y Tanhuijo *M. cavernosa* y *P. clivosa* (Takemura-Horita, 2010;

Jacovo-Montiel, 2011), en Oro Verde *M. cavernosa* y *S. siderea* (Maruri-Cruz, 2012), en Pantepec *C. natans* y *S. siderea* (González-Cobos, 2010) y en Blake *C. natans* y *P. astreoides* (Martos, 2010). Por su parte la especie más dominante en todo el SAV es *C. natans*, seguida de *O. faveolata*, *M. cavernosa*, *Pseudodiploria* spp. y *S. siderea* (Horta-Puga, 2009). En el Atlántico Tropical Occidental son las especies *O. annularis*, *P. astreoides*, *P. porites*, *M. cavernosa*, *S. siderea*, *P. clivosa*, *P. strigosa* (McField y Kramer, 2007). En todos los casos el patrón de dominancia es el típico de áreas arrecifales influenciadas por descarga fluvial, ya que son especies que se caracterizan por tener una gran capacidad para deshacerse de las partículas sedimentarias que caen sobre ellos (Horta-Puga, 2009).

En términos generales se puede considerar que la estación en el arrecife Tuxpan, presenta una comunidad coralina rica y bien conservada. Es importante señalar que la especie *Dichocoenia stokesii*, fue observada en uno de los transectos de la parcela somera, constituyendo un nuevo registro para éste arrecife. Ésta especie en el caso del SAV no se ha observado desde hace más de 20 años (Tunnell, 1988), por esto los autores infieren que al menos localmente para el SAV posiblemente, ésta se ha extinguido (Horta-Puga, 2009).

La escasa presencia de *Acropora cervicornis* y *A. palmata* y en los muestreos puede deberse a que sus poblaciones aun no se recuperan luego de la mortandad masiva que sufrieron hace décadas (Tunnell *et al.*, 2007).

En la parcela somera en 2013 y 2014 se mantuvieron los valores de cobertura para cada categoría y para cada especie de coral pétreo en particular. Mientras que en la parcela profunda se presentaron cambios, ya que hubo un aumento en la cobertura de coral, pasando de 66% en 2013 a 72% en el 2014, siendo *O. annularis* y *M. cavernosa* con 2,67% cada una y *C. natans* con 0,33% las especies que aumentaron su porcentaje de cobertura (Cuadro 6); esto puede ser posible gracias a la organización modular de las colonias de corales (principalmente las pertenecientes al complejo *Orbicella* al género *Montastraea* sp.), así pueden recuperar el tejido dañado, o colonizar espacio por competencia (Meesters *et al.*, 1997; Oren *et al.*, 1997; Lirman, 2000; Alvarado y Acosta, 2009). La tasa de recuperación es mayor cuando las colonias están saludables (Mascarelli y Bunkley-Williams 1999; Alvarado y Acosta, 2009) como en este caso de estudio.

Ninguna colonia presentó ningún tipo de enfermedad ni blanqueamiento, por lo tanto todas las colonias observadas en los transectos de cada una de las parcelas se denominaron como sanas. Así, se considera que una colonia se encuentra saludable si ésta no presenta síntomas de alguna de las enfermedades o afecciones hasta ahora conocidas. En consecuencia, se considera que una población se encuentra en buenas condiciones, sana o saludable, mientras sea menor la proporción de individuos afectados por alguna enfermedad (Horta-Puga, 2009).

Si se considera que el promedio general de colonias afectadas por alguna enfermedad es de 5.4% para los arrecifes del Atlántico tropical que se

evaluaron durante la Campaña AGRRA (Hughes y Kramer, 2003), para el SAV (4.2%) (Horta-Puga, 2009), Tanhuijo 23.10% (Jacovo-Montiel, 2011), Oro Verde 34.1% (Maruri-Cruz, 2012), para Enmedio, Pantepec y Blake < 5% (González-Cobos, 2010; Martos, 2010), se puede considerar que la comunidad de corales hermatípicos presentes en la estación, es una comunidad relativamente sana en términos de que presentó nula incidencia de enfermedades durante la época de estudio.

De igual modo se redujo la cobertura en la categoría alga, pasó de 19% en 2013 a 13% en 2014, las demás categorías (esponja y sustrato inerte) se mantuvieron en el tiempo. Además de la capacidad de recuperación de tejido que presentaron las colonias de coral mencionadas anteriormente, el hecho de presentarse mayor cobertura de los corales sobre las algas puede atribuirse a la presencia de peces herbívoros de las familias Pomacentridae (271 individuos/60 m²), Acanthuridae (217 individuos/60 m²) y Scaridae (145 individuos/60 m²), además de la abundancia de erizos *E. viridis* que también presentaron un cambio, pasando de 17 individuos/150 m² en 2013 a 110 individuos/150 m² en 2014.

Es posible que el aumento de la densidad de erizos se deba a la falta de depredadores, como los peces: *Anisotremus surinamensis*, *Diodon hystrix* y *Balistes vetula* que son los principales consumidores de erizos (Randall, 1970), en este estudio su presencia fue de 13 individuos/ 60 m², 4 individuos/ 60 m² y 0 individuos/ 60 m², respectivamente, lo que ratifica que en estas áreas su

presencia y abundancia es limitada (Argüelles, 2008; Chávez, 2009; González-Gándara, 2010).

Aunque se presentaron cambios en las abundancias de invertebrados de importancia comercial y/o ecológica aumentando sus densidades a lo largo de un año, siguen siendo abundancias bajas en el caso de *E. viridis* (110 individuos / 150 m²), si se comparan con las obtenidas por Horta- Puga (2009) en el SAV (420 individuos / 150 m²). Cabe anotar que para la parcela somera en 2013 se observó 1 individuo / 150 m² de la especie *Octopus vulgaris* y 3 individuos / 150 m² de la especie de langosta *Panulirus argus*, no se observaron individuos del caracol *Lobatus gigas*. En ninguna de las dos parcelas se observó en el 2014 langostas, pulpos o caracoles, lo cual puede ser consecuencia de la sobreexplotación del recurso en la zona, por lo que se deben adoptar medidas de manejo que permitan el mantenimiento de las poblaciones. En este sentido, primero debe conocerse el estado de las poblaciones y a partir de eso, restringir la captura, establecer tallas mínimas de captura así como monitorearlas para evitar ponerlas el riesgo de extinción (De la Cruz, 2013).

En general el estado de las comunidades de peces estuvo relacionado con tres factores: la profundidad, la disponibilidad de refugios y la explotación pesquera. La disponibilidad de los refugios está relacionada directamente con el relieve coralino y la cantidad de oquedades existentes.

Las familias mejor representadas por su número de especies fueron: Scaridae y Haemulidae con 9 especies cada una; Pomacentridae con 7 y Lutjanidae con 5 especies. En la parcela profunda entre las especies que mostraron mayor abundancia numérica se destacan: *Chromis multilineata* (318), *Microspathodon chrysurus* (118), *Acanthurus chirurgus* (115), *A. coeruleus* (100), *Abudefduf saxatilis* (89) y *Thalassoma bifasciatum* (58). Para la parcela somera fueron: *Chromis multilineata* (290), *Bodianus rufus* (115), *Microspathodon chrysurus* (54) y *Thalassoma bifasciatum* (46). Entre las dos parcelas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p= 0.381$). Esta información es similar a la presentada por Claro *et al.* (1990) quienes registran estas especies de peces como los más frecuentes y abundantes en los arrecifes coralinos. Además coincide de manera general con las observaciones de González-Gándara y González-Sansón (1997) para este arrecife.

El género de herbívoros más representativos para la parcela I profunda fue *Acanthurus* sp con 217 individuos / 60 m² y para la parcela II somera fue *Scarus* sp con 82 individuos / 60 m².

Dentro de las especies de peces carnívoros se destacó *Sphyraena barracuda* con 12 individuos / 60 m², en la parcela profunda. La parcela somera tuvo promedios de estas especies muy bajos (< 10 individuos / 60 m²).

Hubo escasa presencia de especies objetivo de captura de los géneros *Lutjanus* sp (45 individuos / 60 m²), *Epinephelus* sp (4 individuo / 60 m²) y *Mycteroperca* sp (2 individuos / 60 m²) en ambas parcelas.

En este arrecife los indicadores bentónicos son favorables, pero las comunidades de peces están disminuidas, especialmente los carnívoros, por su importancia en el control de los depredadores o raspadores de corales es importante que su pesca sea sostenible (Dixon, *et al.*, 2014; Parravacini, *et al.*, 2014), lo cual merece especial atención en el manejo y el monitoreo.

En cuanto a la complementariedad de grupos funcionales (Cuadro 10), puede decirse que existe un alto porcentaje de similitud entre ellos ya que en los tres casos los porcentajes están por debajo del 30%. Lo que indica que la comunidad arrecifal es complementaria entre sí para el caso de la estación del arrecife Tuxpan.

Con respecto a la implementación del protocolo de monitoreo, éste debe ser a largo plazo, de ahí la importancia de seleccionar los indicadores más factibles de medir en la zona. Para los indicadores físicos y químicos del agua de mar, el registro debe de ser continuo y muy frecuente a lo largo del año. Para ello sería importante formar una base de datos común en donde los buzos, académicos, estudiantes y usuarios puedan reportar algunas variables como temperatura y transparencia del agua. Incluso podría proponerse para este tipo de trabajos ubicar boyas oceanográficas o hobs que recopilen información como conductividad, salinidad, temperatura, etc. Los indicadores biológicos se recomienda monitorearlos por lo menos una vez al año.

Aunque llevar a cabo este tipo de trabajos requiere de un presupuesto alto (Cuadro 11), sobre todo en los gastos de inversión referentes a equipo de

campo y equipos de buceo, contar como en este caso con el medio de transporte (lancha), tanques, equipos, elementos de seguridad, la beca otorgada por CONACyT, etc, facilitó el trabajo. En este caso no se efectuaron gastos de inversión, sino que se aportó con gastos corrientes (gasolina, materiales de instalación de las estaciones, etc).

El presupuesto dependió de la frecuencia con la que se tomaron los datos y el equipo que se utilizó, no es sencillo conseguir los fondos para esta actividad, ya que se realiza con aplicación de técnicas de buceo SCUBA, por lo tanto todo el personal participante debe contar con una certificación de buceo expedida por una agencia autorizada y tener la capacitación para desarrollar el protocolo de monitoreo. Además se deben tomar en cuenta los reglamentos de buceo durante todo el trabajo de campo para evitar accidentes.

Este trabajo sirve como modelo para ser implementado en los demás arrecifes del SALT, ya que es labor indispensable como está establecido por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental (LGEEPA) para el control y vigilancia dentro del Área Natural Protegida.

Lo ideal es proporcionar información clave para conservar esta APFF, y así establecer una red de estaciones fijas de monitoreo en sitios claves para avanzar en la implementación de la red de monitoreo que involucre a los estudiantes, centros de buceo, centros de investigación y aficionados al mar.

Para llevar a cabo dicha red la información base está disponible, pero es indispensable contar con capacitadores, un espacio físico para dar las sesiones

de capacitación, que en este caso fue proporcionado por la Universidad. Medio de transporte, gasolina, equipos de buceo y demás materiales necesarios para desarrollar el protocolo. Lo importante es seguir trabajando en conseguir que las autoridades ambientales competentes a nivel municipal consideren dentro de sus agendas extender e implementar un programa de monitoreo para todos los arrecifes pertenecientes al ANP del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, y por supuesto lograr que se siga desarrollando el protocolo en el arrecife Tuxpan, donde ya están instalados los transectos permanentes y está la información obtenida y analizada de dos ciclos anuales en dicha estación.

VIII. CONCLUSIONES

- ◆ El protocolo de monitoreo diseñado proporciona herramientas para determinar los cambios que están ocurriendo en el arrecife.
- ◆ La aplicación de este protocolo puede suministrar evidencia para sustentar la necesidad de estudios más detallados o de programas de manejo.
- ◆ La cobertura de corales pétreos fue de 64% y de algas de 13%, las abundancias de erizos *D. antillarum* se mantienen bajas, hubo escasa presencia de especies de importancia comercial como pulpos, cangrejos, caracoles y langostas; las comunidades de peces están disminuidas, especialmente los carnívoros.
- ◆ En términos generales se puede considerar que la estación en el arrecife Tuxpan, presenta una comunidad coralina rica y bien conservada.
- ◆ Las sesiones informativas para usuarios locales y su participación en el monitoreo, permitirá que evalúen por si mismos las amenazas del ecosistema y tendrán elementos para participar en las decisiones de manejo.
- ◆ Contar con los gastos de inversión del presupuesto, facilitó el desarrollo del trabajo, los gastos corrientes dependieron de la frecuencia de la toma de datos, los materiales y el equipo que se utilizó.

IX. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL TRABAJO

La aplicación práctica de este trabajo destaca la disponibilidad de la información para fortalecer la capacitación de estudiantes, buzos, voluntarios y aficionados al mar, que quieran involucrarse en el programa para monitorear los aspectos ecológicos de los arrecifes de coral apoyando la gestión y la conservación de este ecosistema.

Este protocolo brinda las herramientas para:

- Educar a la comunidad acerca de los arrecifes coralinos.
- Crear una red de equipos voluntarios, los cuales regularmente monitoreen y reporten sobre la salud del arrecife.
- Registrar información útil en procesos de investigación científica de los ecosistemas de arrecifes coralinos.
- Facilitar la colaboración entre academias, ONGs, el sector privado y autoridades ambientales pertenecientes al gobierno.
- Estimular la acción de la comunidad local para proteger los arrecifes y rehabilitar los arrecifes dañados, utilizando soluciones sustentables ecológica y económicamente.
- Ayudar con la gestión eficaz del ANP a través de la evaluación de recursos, la estimación de tendencias a largo plazo, la valoración de impactos de perturbaciones de gran escala e impactos de las actividades

humanas, la evaluación de desempeño y manejo adaptativo, la educación y sensibilización, la apreciación del desarrollo de resiliencia en el ANP, la contribución a redes regionales y mundiales.

Esta información ayudará a los encargados de la administración, vigilancia y control del ANP en la comprensión de la situación de sus recursos, y la interpretación de los efectos de gran escala sobre los arrecifes cuando ocurren perturbaciones naturales como tormentas tropicales, huracanes, blanqueamiento coralino, o impactos humanos como sobrepesca, desarrollo costero, problemas en la calidad del agua (aumento en la carga de sedimentos, nutrientes y contaminantes), entre otros.

Por ejemplo hace 20 años por iniciativa del ICRI (International Coral Reef Initiative) que es una asociación informal entre naciones y organizaciones que trabaja para conservar los arrecifes de coral y ecosistemas asociados en todo el mundo, se implementó un programa de monitoreo GCRMN (Global Coral Reef Monitoring Network) que en sus inicios fue un programa de voluntarios, en el que la comunidad hacía un seguimiento del protocolo diseñado para evaluar la salud de los arrecifes de coral. Hoy en día funciona como una unidad operativa de la ICRI, está asociado con ReefBase, Reef Check, AGRRA, CARICOMP Y CORDIO (Coral Reef Degradation in the Indian Ocean) y se compone de personas, gobiernos, institutos y organizaciones no gubernamentales dedicados al monitoreo de arrecifes de coral en 80 países. Busca fomentar y coordinar la comunidad, la gestión y la investigación; y funciona como una red de nodos regionales independientes que coordinan la capacitación, el seguimiento y las

bases de datos dentro países e instituciones que participan en las regiones con base en el Programa de Mares Regionales del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

En Cuba en el Rincón del Guanabo desde 1999, se realizó la implementación de un programa de monitoreo siendo una materialización de los primeros pasos de manejo dentro del área protegida con la participación de voluntarios en la investigación y el monitoreo de los arrecifes coralinos involucrando a la comunidad. De igual forma en el Parque Nacional Arrecifes Xcalak en Quintana Roo (2002) se pasa una propuesta para implementar un programa de monitoreo en un ANP; como en Cozumel la CONANP ha estado haciendo el monitoreo de arrecifes en el Parque Nacional para que usuarios locales (guías de buceo, pescadores y otros miembros de la comunidad) participen en el monitoreo y evalúen por si mismos las amenazas y efectividad del establecimiento del ANP, y así tengan elementos para seguir participando en las decisiones de manejo.

X. BIBLIOGRAFÍA

- AGRRA. 2010. AGRRA protocols version 5.4. www.agrra.org/method/AGRRA-V5.4_2010.pdf.
- Aguilar-Pérez, F. y L. F. Zapata-Zavala. 2008. Monitoreo de salud de los constructores primarios en el Arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México. 60 pp.
- Alcolado, P. 2004. Manual de Capacitación para el Monitoreo Voluntario de Alerta Temprana en Arrecifes Coralinos. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Proyecto (Agencia de Medio Ambiente), PNUD/GEF Sabana-Camagüey, Instituto de Oceanología y MINTUR. La Habana, Cuba. 80 pp.
- Almada-Villela, P. C., P. F. Sale, G. Gold-Bouchot y B. Kjerfve. 2003. Manual de métodos para el programa de monitoreo sinóptico del SAM. Coastal Resources Multi-complex Building. Belice. 158 pp.
- Alvarado, E. y A. Acosta. 2009. Lesiones naturales y regeneración de tejido en *ramets* del coral *Montastraea annularis* (Scleractinia: Faviidae) en un arrecife degradado del Caribe Colombiano. Rev. Biol. Trop. Vol. 57 (4): 939-954.
- Álvarez-Filip, L. y M. Bonilla-Mohelo. 2007. Arrecifes coralinos, selvas tropicales. Rev. Ciencias 85 (1): 14-17.

- Antonio-Cruz., A. R. 2009. Evaluación del estado de condición de la comunidad coralina del arrecife Enmedio, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Tuxpan. 46 p.
- Argüelles, J. 2008. Variación espacial de las asociaciones de peces del arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Tuxpan. 84 pp.
- Aronson, R.B. y W.F. Precht. 2001b. Evolutionary paleoecology of Caribbean reef corals En: Allmon W.D. y D.J. Bottjer (Eds). Evolutionary Paleocology: the ecological context of macroevolutionary change. Columbia University Press, New York. pp. 171-233.
- Bak, R. y M. Engel. 1979. Distribution, abundance and survival of juvenile hermatypic corals (Scleractinia) and the importance of life history strategies in the parent coral communities. Mar. Biol, 54:341-352.
- Bak, R.P.M. y Y. Steward-Van. 1980. Regeneration of superficial damage in the scleractinian corals *Agaricia agaricites*, *F. purpurea* and *Porites astreoides*. Bull. Mar. Sci. 30: 883-887.
- Bak, R. P. M. y E. H. Meesters. 1998. Coral population structure: the hidden information of colony size-frequency distributions. Mar. Ecol. Prog. Ser. 162: 301-306.
- Bell, J.D., G.J.S. Craik, D.A. Pollard y B. C. Russell. 1985. "Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater". Coral Reefs 4:41-44.

- Birkeland, C. 1997. Life and Death of Coral Reefs. Chapman & Hall. United States of America. 577 pp.
- Bone, D., A. Cróquer, E. Klein, D. Pérez, F. Losada, A. Martín, C. Bastidas, M. Rada, L. Galindo y P. Penchaszadeh. 2001. Programa CARICOM: Monitoreo a largo plazo de los Ecosistemas Marinos del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. *Interciencia* 26 (10): 457- 462
- Bythell, J.C., E.H. Gladfelter y M. Bythell. 1993. Chronic and catastrophic natural mortality of 3 common Caribbean reef corals. *Coral Reefs* 12: 143-152.
- Cantera, J., F. Zapata, P. Forero, V. Francisco, J.M. Jiménez, E. Londoño, K. Narváez, R. Neira, C.A. Orozco y G. Toro-Farmer. 2001. Organismos Bioerosionadores en Arrecifes de la Isla Gorgona. Santa Marta, Colombia. 14 pp.
- CARICOMP. Caribbean Coastal Marine Productivity. 2001. A Cooperative Research and Monitoring Network of Marine Laboratories, Parks, and Reserves. Manual of Methods for Mapping and Monitoring of Physical and Biological Parameters in the Coastal Zone of the Caribbean. Data Management Center Centre for Marine Sciences University of the West Indies Mona, Kingston Jamaica and Florida Institute of Oceanography University of South Florida St. Petersburg Florida U.S.A. 91 pp.
- Carricart, G. J. P., y G. Horta-Puga. 1993. Arrecifes de coral de México. pp 81-92 En: Biodiversidad Marina y Costera de México. S. I. Salazar-

Vallejo y N. E. González (eds). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, 856 pp.

- Carrillo, L., G. Horta-Puga y J.P. Carricart-Ganivet. 2007. "Oceanography and Climatology" En: Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico. J. W. Tunnell Jr., E. A. Chavez y K. Withers (Eds.). Capitulo 4. Harte Institute y Universidad Texas & A.M. 1–22 pp.
- Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra. 2004. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Instituto de Ecología, A.C. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. 626 pp.
- Castellanos, S., A. Lopeztegui y E. De la Guardia. 2004. Monitoreo Reef Check en el Arrecife Coralino "Rincón de Guanabo", Cuba. Rev. Invest. Mar. 25 (3): 219-230.
- Chávez, M., V. M. 2009. Las comunidades de peces y su relación con la complejidad estructural en dos zonas del arrecife Lobos, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México. 40 pp.
- Claro, R., J.P. García-Arteaga, E. Valdés-Muñoz y L.M. Sierra. 1990. Características de las comunidades de peces en los arrecifes del Golfo de Batabanó. En: Asociaciones de peces en el Golfo de Batabanó, Ed. Academia, La Habana, pp: 1-49.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2012. [actualizado al 3 de diciembre]. Página electrónica (<http://www.conagua.gob.mx>).

- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales y Protegidas). 2012. [actualizado 17 de septiembre]. (<http://www.conanp.gob.mx>)
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Crosby, M. P. y Reese, E. S. 1996. A Manual for Monitoring Coral Reefs with Indicator Species: Butterflyfishes as Indicators of Change on Indo-Pacific Reefs. Office of Ocean and Coastal Resource Management, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD. 45 pp.
- Cruz-Ferrer, M.I. 2012. Distribución y Abundancia de *Ircinia strobilina* e *Ircinia fistularis* (Demospongiae: Irciniidae) y su fauna asociada en el arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de Grado para obtener el título de Maestra en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Zona: Poza Rica- Tuxpan. 45 pp.
- De la Cruz, 2013. Estructura de las comunidades macrobentónicas y nectónicas asociadas a los sustratos rocosos coralinos del arrecife Lobos, Veracruz, México. Tesis de Grado para obtener el título de Maestro en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Zona: Poza Rica- Tuxpan. 97 pp.

- Dixon, D., D. Abrego y M. Hay. 2014. Chemically mediated behavior of recruiting corals and fishes: A tipping pint that may limit may recovery. *Science* 345, 892.
- D.O.F. 2009. DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna, la región conocida como Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, localizada frente a las costas de los municipios de Tamiahua y Tuxpan. Estado de Veracruz. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Sección. 6 pp.
- D.O.F. 2014. DECRETO por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna. Estado de Veracruz. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Tercera Sección. 31 pp.
- Dueñes, E. 2010. Cobertura de grupos morfofuncionales en el arrecife Lobos, Veracruz, México. Tesis de Grado para obtener el título de Licenciado en Biología. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Zona: Poza Rica- Tuxpan. 34 pp.
- Emery, K.O. 1963. Arrecifes coralinos en Veracruz, México. *Geofísica Inter.* 3: 11-17.
- Escobar-Vásquez, C. y E. A. Chávez. 2012. Coral community at Isla Lobos reef, Gulf of Mexico. Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, Australia, pp: 9-13.

- Fernández-Rivera Melo, F.J., A. Hernández-Velasco, M. Luna, A. Lejbowicz y A. Sáenz-Arroyo. 2012. Protocolo de monitoreo para reservas marinas del Golfo de California. Comunidad y Biodiversidad A.C. Programa Península de Baja California. La paz BCS, México. 56 pp.
- Finegan, B., D. Delgado, J. Hayes y S. Gretzinger. 2000. El monitoreo ecológico como herramienta de manejo forestal sostenible Consideraciones básicas y propuesta metodológica con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación certificados bajo el marco del FSC. *Rev. Recursos Naturales y Ambiente* 42: 30-42.
- Fonseca, A., E. Salas y J. Cortés. 2006. Monitoreo del arrecife coralino Meager Shoal, Parque Nacional Cahuita, Costa Rica (sitio CARICOMP). *Rev. Biol. Trop.* 54 (3): 755-763.
- Franquesa, A., 2010. Programa de Monitoreo. Proyecto: “Caracterización y Monitoreo de la Condición Arrecifal en cinco Áreas Naturales Protegidas y un Área de influencia, Quintana Roo, México: primera etapa”. Amigos de Sian Ka’ an, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONABIO, The Nature Conservancy. 7 pp.
- García-Salgado, M., L.T. Camarena, B.G. Gold, M. Vásquez, G. Galland, M.G. Nava, D.G. Alarcón y V. Ceja. 2006. Línea Base del estado del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Proyecto para la conservación y uso sostenible del Sistema Arrecifal Mesoamericano. 167 pp.

- García- Salgado, M. A. y G. Nava- Martínez. 2007. Programa de Monitoreo de las Comunidades Arrecifales de Yum Balam. OCEANUS A.C. 24 pp.
- Gardner, T.A., I.M. Côté, J.A. Gill, A. Grant y A.R. Watkinson. 2003. Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Science* 301: 958-960.
- Garzón-Ferreira, J. 1997. Arrecifes coralinos: situación y perspectivas en la entrada al nuevo milenio. Colombia: Ciencia y tecnología, en prensa.
- Garzón-Ferreira, J., A. Rodríguez-Ramírez., S. Bejarano-Chavarro., R. Navas-Camacho., y C. Reyes-Nivia. 2001. Caracterización de los Ambientes Marinos y Costeros de Colombia. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia. INVEMAR. 19–28.
- Garzón-Ferreira, J., A. Rodríguez-Ramírez y C. Reyes-Nivia. 2002. Manual de Métodos del SIMAC. Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes en Colombia. INVEMAR. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” Vinculado al Ministerio de Medio Ambiente de Colombia. 106 pp.
- GCRMN (Global Coral Reef Monitoring Network). 2014. [actualizado al 3 de septiembre]. Página electrónica (<http://gcrmn.org>)
- González-Cobos, J. M. 2010. Localización y caracterización de los arrecifes no emergentes en la costa de Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México. 47 pp.

- González-Gándara, C. y G. González-Sansón. 1997. "Composición y Abundancia de la Ictiofauna del Arrecife Tuxpan, Ver.México". Rev. Invest. Mar. 18 (3): 1-11 pp.
- González-Gándara, C. 2003. "Ictiofauna de los Arrecifes Coralinos del Norte de Veracruz". Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Zoología 74(2): 163-177 pp.
- González-Gándara, S., C. Trinidad Martínez y V.M. Chávez Morales. 2006. "Peces Ligados a *Thalassia testudinum* en el Arrecife Lobos, Veracruz, México: diversidad y abundancia". Rev. Biol. Trop. (Int. j. Trop. Biol. issn-0034-7744). 54 (1): 189-194. 1-6 pp.
- González-Gándara, C. 2010. Peces asociados a los arrecifes coralinos del norte de Veracruz. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. EJ002, México D. F. 64 pp.
- Grigg, R.W. y S.J. Dollar. 1998. Natural and anthropogenic disturbance on coral reefs. 439-450. En: Dubinsky, Z. (Ed) 1998. Ecosystems of the world 25: Coral reefs. Ed. Elsevier Science. Amsterdam. 550 pp.
- Gutiérrez, D., C. García-Sáenz, M. Lara y C. Padilla. 1993. Comparación de Arrecifes Coralinos: Veracruz y Quintana Roo. En: Biodiversidad Marina y Costera de México. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, 856: 787-806pp.
- Guzmán, H. y C. Guevara. 2000. Arrecifes coralinos de Bocas del Toro, Panamá: IV. Distribución, estructura y estado de conservación de los

arrecifes continentales de Península Valiente. *Rev. Biol. Trop.* 49 (1): 18 pp.

- Guzmán, H., P. Barnes, C. Lovelock y I. Feller. 2005. A Site Description of the CARICOMP Mangrove, Seagrass and Coral Reef Sites in Bocas del Toro, Panama. *Caribbean Journal of Science* 41 (3) 430-440.
- Herweg, K., y K. Steiner. 2002. Monitoreo y valoración del impacto Instrumentos a usar en proyectos de desarrollo rural con un enfoque en el manejo sostenible de la tierra. © CDMA & GTZ. 48 pp.
- Hill J. y C. Wilkinson. 2002. *Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs*. Australian Institute of Marine Science. 118 pp.
- Horta-Puga, G., J.P. Carricart-Ganivet. 1993. Corales pétreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México. Salazar-Vallejo S.I. y N.E. González. (eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO/CIQRO, México, DF. 64-78.
- Horta-Puga, G., G. Barba-Santos. 1999. Veracruz Reef System, Gulf of México. *AGRRA Field Reports*. [septiembre de 2003]. Página electrónica (<http://www.coral.noaa.gov/agra/reports/Veracruz.html>)
- Horta-Puga, G. y J.D. Carriquiry. 2005. Coral growth in the southern Gulf of Mexico in the context of global warming. *PAGES 2nd Open Sciences Meeting*. Beijing, China. 6 pp.
- Horta-Puga, G. 2009. Informe final del Proyecto DM005 Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: Primera Etapa. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de

Estudios Superiores Iztacala. División de Investigación y Posgrado
Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos. 126 pp.

- Hodgson, G., W. Kiene, J. Mihaly, J. Liebeler, C. Shuman y L. Maun. 2004. Manual de Instrucción Reef Check: Una guía para el monitoreo de arrecifes de corales/ReefCheck. Publicado por Reef Check, Instituto de Medio Ambiente, Universidad de California en Los Ángeles. 53 pp.
- Hughes, T.P. 1992. "Monitoring of coral reefs: a bandwagon?" *Reef Encounter* 11: 9-12.
- Hughes, T.P. y P.A. Kramer. 2003. "Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs." *Science* 301: 929-933.
- ICRI (International Coral Reef Initiative). 2011. [actualizado al 5 de noviembre]. Página electrónica (<http://www.icriforum.org>)
- Jacovo-Montiel, Y. A. 2011. Corales Pétreos en el Arrecife Tanhuijo Tuxpan Veracruz, México. Tesis de Grado para obtener el título de Licenciado en Biología. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Zona: Poza Rica- Tuxpan. 51 pp.
- Jordán-Dahlgren, E. 1988. Arrecifes profundos en la isla de Cozumel, México. *An. Cienc. del Mar y Limnol.* UNAM. México. 15(2): 195-208.
- Jordán-Dahlgren, E. 1992. Recolonization patterns of *Acropora palmata* in a marginal environment. *Bulletin of Marine Science* 51(1): 104-117.
- Jordán-Dahlgren, E. 1993. El ecosistema arrecifal coralino del atlántico mexicano. Vol. Esp. (XLIV) *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 157-175pp.

- Jordán-Dahlgren, E. 2002. Gorgonian distribution patterns in coral reef environments of the Gulf of Mexico: evidence of sporadic ecological connectivity? *Coral Reefs* 21: 205-215.
- Jordán-Dahlgren, E. 2003. Status of Acroporids in the Mexican Atlantic. En: *Proceedings of the Caribbean Acropora workshop: potential application of the U.S. endangered species act as a conservation Strategy*. Bruckner, A.W. (ed). Miami, Florida. 156- 159.
- Jordán-Dahlgren, E. y R.E. Rodríguez-Martínez. 2003. The Atlantic coral reefs of México. En: *Latin American Coral Reefs*. Cortés, J. (Ed.). Elsevier. 508 pp.
- Jordán-Dahlgren, E. 2004. Los arrecifes coralinos del Golfo de México: Caracterización y diagnóstico. pp. 555-570. En: Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurrea. (Ed). "Diagnostico Ambiental del Golfo de Mexico". INE-SEMARNAT. México, D.F.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*. 113: 363-375.
- Kenchington, R.A. y B. Hudson. 1984. Coral Reef Management Handbook. UNESCO Regional Office for Science and Technology for Southeast Asia. 281 pp.
- Lara-Lara, J.R., V. Arenas, C. Bazán, V. Díaz, E. Escobar, M. García, G. Gaxiola, G. Robles, R. Sosa, L.A. Soto, M. Tapia y J.E. Valdéz-Holguín. 2008. Los Ecosistemas Marinos. pp. 135-159. En: Capital Natural de México. Vol. 1: Conocimiento Actual de la Biodiversidad. CONABIO. México D.F.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 2014. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Última Reforma DOF 16-01-2014. Diario Oficial de la Federación. Estados Unidos Mexicanos.
- Lips, K. y J. Reaser. 1999. El Monitoreo de Anfibios en América Latina. The Nature Conservancy. 42 pp.
- Lirman, D. 2000. Lesion regeneration in the branching coral *Acropora palmata*: effects of colonization, colony size, lesion size, and lesion shape. Mar. Ecol. Prog. Ser. 197: 209-215.
- Loreto-Viruel, R.M. 2002. Propuesta para el Programa de Monitoreo del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México. 25 pp.
- Macintyre, I.G., R.B. Burke y R. Stuckenrath. 1977. Thickest recorded Holocene reef section, Isla Perez core hole, Alacran Reef, Mexico. *Geology* 5: 749-754.
- Mascarelli, P. y L. Bunkley-Williams. 1999. Damaged, unbleached and artificially bleached star coral, *Montastraea annularis*. Bull. Mar. Sci. 65: 577-586.
- McField, M. y P. Kramer. 2007. Healthy Reefs People: A Guide to Indicators of Reef Health and Social Wellbeing in the Mesoamerican Reef Region. 208 pp.
- Martos, F. J. 1993. "Estudio sobre los Corales Escleractineos (Cnidaria; Anthozoa, Scleractinea) del Arrecife Tuxpan". Tesis De Licenciatura. Fac. Biología. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz. 54 pp.

- Martos, F. J. 2004. "Medidas para el control de los Impactos Ambientales Antropogénicos en el Arrecife Tuxpam, Veracruz, México". Tesis de Especialidad. Fac. de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana. Poza Rica, Veracruz. 56 pp.
- Martos F., F. J. 2010. Evaluación de la salud de los corales del arrecife Blake, Cazonas, Veracruz. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Veracruzana, Xalapa. 81 p.
- Maruri-Cruz, M. 2012. Evaluación de la comunidad de los corales pétreos del arrecife no emergente Oro Verde, Tuxpan, Veracruz. Tesis de Grado para obtener el título de Maestra en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Zona: Poza Rica- Tuxpan. 80 pp.
- Meesters, E.H., W. Pauchli y R.P.M. Bak. 1997. Predicting regeneration of physical damage on a reef-building coral by regeneration capacity and lesion shape. Mar. Ecol. Prog. Ser. 146: 91-99.
- Odum, E. 1993. Ecology and our endangered life-support systems. Sinauer Associates. Sunderland, Mass. 301 pp.
- Ohlhorst, S.L., W.D. Liddell, R.J. Taylor y J.M. Taylor. 1988. "Evaluation of reef census techniques". Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium. 2: 319-324.
- Oren, U., Y. Benayahu y Y. Loya. 1997. Colony integration during regeneration in the stony coral *Favia fava*. Ecology 82: 802-813.
- Parsons, T.R., Y. Maita y C.M. Lalli. 1984. A Manual of Chemical and

Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press. New York.
173 pp.

- Parravacini, V., S. Villéger, T. McClanahan, J.E. Arias-González, D. Bellwood, J. Belmaker, P. Chabanet, S. Floeter, A. Friedlander, F. Guilhaumon, L. Vigliola, M. Kulbicki y D. Mouillot. 2014. Global mismatch between species richness and vulnerability of reef fish assemblages. *Ecology Letters*. 17: 1101–1110
- Parsons, T.R., Y. Maita, y C.M., Lalli. 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press. New York. 173 pp.
- Parque Nacional Arrecifes de Cozumel. 2011. Monitoreo de Corales en el Parque Nacional Arrecifes de Cozumel. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en internet desde: <http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/cozumel/info/info.pdf>
[Consulta: 16 de febrero de 2011]
- Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. 2010. Monitoreo de peces arrecifales, con énfasis en el pez góbio (*Elacatinus jarocho*), en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. [23 de agosto de 2012]. Página de Internet: (<http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/SAV/info/inf>)
- Prah, H.V. y H. Erhardt. 1985. Colombia, Corales y Arrecifes coralinos. Fondo FEN Colombia, Bogotá, 295 pp.

- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). 2014. [13 agosto de 2014] Comunicado en Página de Internet: (http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/6146/1/mx.wap/presenta_profepa_denuncia_penal_contra_capitan_y_empresa_propietaria_del_barco_mu_du_bong.html)
- Quintana A. y J. Molina. 1991. Resultados del Programa de Investigaciones en Arrecifes Veracruzanos del Laboratorio de Sistemas Bentónicos Litorales. Depto Hidrobiología, C.B.S., México D.F. 14 pp.
- REEFKEEPER INTERNATIONAL. 1999. Coral Reef Monitoring: Quarterly Data Report, Veracruz, México. Reefkeeper Update. Miami, Florida. U. S. A. [1 de septiembre de 2012]. Página de Internet: (<http://reefguardian.org/CRM/DownloadSite/VERACRUZ/VeracruzRMU/QRveracruz9908.pdf>)
- REEFKEEPER INTERNATIONAL. 2000. Veracruz Reef Sites in Good Condition. Veracruz Reef Monitor Update. A joint effort of Reefkeeper International and Grupo de Ecología Arrecifal de Tuxpan to monitor Veracruz`s Coral Reefs. Miami, Florida. U. S. A. [1 de septiembre de 2012].
Página de Internet: (<http://reefguardian.org/CRM/DownloadSite/VERACRUZ/VeracruzRMU/RMUVeracruz0004.pdf>)
- Rodríguez-Ramírez, A., J. Garzón-Ferreira, M. Reyes-Nivia, R. Navas-Camacho, S. Bejarano, G. Duque y F. Zapata. 2005. Estudio de caso

Sistema nacional de monitoreo de arrecifes coralinos en Colombia
SIMAC: logros y resultados 1998-2004. *En*: Informe Nacional sobre el
Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998 –
2004. INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 16 pp.

- Rogers, C.S., G. Garrison, R. Grober, Z. Hillis y M.A. Franke. 1994. Coral reef monitoring manual for the Caribbean and western Atlantic. U.S. National Park Service - Virgin Islands National Park. 114 pp.
- Rogers, C.S., G. Garrison, R. Grober, Z. Hillis y M.A. Franke. 2001. Manual para el monitoreo de arrecifes de coral en el Caribe y el Atlántico occidental. Parque Nacional de Islas Vírgenes. 123 pp.
- Sale, P.F., J.P. Kritzer y G. Arias. 2002. Conservación y Uso Sostenible del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) en México, Belice, Guatemala y Honduras. Segundo Reporte Regional en Ecología de Arrecifes coralinos al PCU SAM/MBRS. 51 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Programa de Trabajo, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2001-2006, México, 2001. [10 de septiembre de 2014]. Página de Internet: (<https://simec.conanp.gob.mx/indexG.php>)
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). 2007. Programa de monitoreo ecológico de las Áreas Protegidas y corredores biológicos de Costa Rica (PROMEC-CR) Etapa I (2007-2001): Resumen Ejecutivo. San José, Costa Rica. 22 pp.

- Spalding, M. D., A. Ravillious y A. M. Green. 2001. Coral Reefs World Atlas. UNEP. 445 p.
- St. John, J., G.R. Russ y W. Gladstone. 1990. "Accuracy and bias of visual estimates of numbers, size structure and biomass of a coral reef fish". Marine Ecology Progress Series. 64:253-262.
- Takemura-Horita, K. H. 2012. Caracterización de la Comunidad de Corales Pétreos del Arrecife Blanquilla, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.
- Taller "Especies invasoras y otros generadores de cambio de la biodiversidad en México". Evaluación y Manejo Integral del Gran Ecosistema del Golfo de México. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). México D.F. 22 pp.
- Tunnell, J.W., Jr. 1988. Regional comparison of Southwestern Gulf of Mexico to Caribbean Sea coral reefs. Proc. 6th Int. Coral Reef Symp., Australia 3: 303-308.
- Tunnell, J. W., E.A. Chávez y K. Withers. 2002. Arrecifes coralinos del sur del Golfo de México. A&M University Press, College Station. 293 pp.
- Tunnell, J. W., E.A. Chávez y K. Withers. 2007. Coral Reefs of the Southern Gulf of the México. Texas A&M University Press. College Station. 194 pp.
- Tunnell, J. W., Jr., N. Barrera, C.R. Beaver, J. Davison, J.E. Gourley, F. Moretzshon, S. Nañez-James, J.J. Pearce y M. E. Vega. 2007. Checklist

of the Biota Associated with Southern Gulf of Mexico Coral Reefs and Coral Reef Islands. GulfBase (online database at www.gulfbase.org). Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A&M University – Corpus Christi. Corpus Christi, Texas.

- Universidad Veracruzana. 2003. Documento Técnico Justificativo para la Creación del Área Natural Protegida Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. Universidad Veracruzana, Tuxpan ver., México. 39pp.
- Usseglio, P. 2004. Caracterización Biofísica de las Estaciones CARICOMP de Monitoreo de Arrecifes y Pastos Marinos en la Isla de Old Providence. Coralina, Gestión Ambiental. San Andrés, Colombia.
- Uychiaoco, J., H.O. Arceo, S.J. Green, M.T. De la Cruz M, P.A. Gaité y P.M. Aliño. 2005. Monitoring and evaluation of reef protected areas by local fishers in the Philippines: tightening the adaptive management cycle. *Biodiversity and Conservation*. 14: 2775–2794.
- Uychiaoco, J., S.J. Green, M.T. De la Cruz, P.A. Gaité, H.O. Arceo, P.M. Aliño y A.T. White. 2010. Coral Reef Monitoring for Management.. University of the Philippines Marine Science Institute. United Nations Development Programme Global Environment Facility-Small Grants Program, Guiuan Development Foundation, Inc., Voluntary Service Overseas, University of the Philippines Center for Integration and Development Studies, Coastal Resource Management Project, Philippine Environmental Governance Project 2, and Fisheries Resource Management Project. 122 pp.

- Valle, O., y O. Rivera. 2009. Monitoreo e indicadores. Texto de apoyo al proceso de construcción de un Sistema Regional de Indicadores sobre Atención y Educación Inicial. Organización de Estados Iberoamericanos. Oficina Nacional en Guatemala. 20 pp.
- Vega-Sequeda, J., R. Navas-Camacho, K. Gómez-Campo y T. López-Londoño. 2011. Instalación y Evaluación de dos nuevas estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos en el Caribe colombiano. Bolt. Inves. Mar. Cost. Santa Marta, Colombia. 40(1): 203-211.
- Veron, J. y M. Stafford-Smith. 2000. Corals of the world. 3: 10-23.
- Weinberg, S. 1981. "A comparison of coral reef survey methods". Bijdragen tot de Dierkunde 51(2): 199-218.
- Westmacott, S., K. Teleki, S. Wells y J.M. West. 2000. Manejo de arrecifes de coral blanqueados o severamente dañados. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 36 pp.
- Wijgerde, T. 2009. Coral calcification found to be declining. Coral Science, Coral Publications. [21 de septiembre de 2014]. Página de Internet: (<https://www.coralscience.org>)
- Wilkinson, C., A. Green, J. Almany y S. Dionne. 2003. Monitoring Coral Reef Marine Protected Areas. A Practical Guide on How Monitoring Can Support Effective Management of MPAs. Townsville, Australia, Australian Institute of Marine Science and the IUCN Marine Program. 68 pp.

XI. ANEXOS

El Manual de Métodos de Monitoreo en sitios permanentes en arrecifes coralinos del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, y siete paquetes de diapositivas donde se explica claramente la manera de llevar a cabo las reuniones informativas (1. Introducción, 2. Corales y arrecifes coralinos, 3. Salud coralina, 4. Invertebrados Móviles, 5. Gorgonáceos, 6. Peces (abundancia) y 7. Protocolo).

Están disponibles en archivos de pdf.

Cuadro 13. Gastos de inversión (valores en MXN del año 2013) sugeridos para realizar la implementación de las estaciones permanentes y desarrollar el protocolo de monitoreo

Gastos de Inversión	Características	Justificación	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Reguladores (1ra y segunda etapa integrados)	1ª etapa a pistón simple AC2, un "mulo" de trabajo económico, simple, fiable y robusto idónea para utilización intensiva. Segunda etapa ultra simplificada monocasco en ABS + elastómero, de tamaño muy reducido (6cms de diámetro), muy ligera (145 gramos)	Requerido para bucear	3	3.254	9.762
Chalecos	Nailon 420 deniers, 2 grandes bolsillos portaobjetos con cremallera, Bolsillos externos porta-lastre de desenganche rápido y cremallera de seguridad de 40 mm, Espaldera rígida forrada - 3 válvulas de descarga de aire, 2 anillas porta-accesorios inox, 2 anillas porta-accesorios de tecnopolímero, 2 anillas porta-mosque tones, Tallas: M, Empuje de flotación en Newton 105 (M), Empuje de flotación en Kg.:10.7 (M).	Elemento de seguridad imprescindible	3	3.640	10.920

Linternas	Un foco de tamaño mediano con LED de alta intensidad para una autonomía increíblemente prolongada: de 14 a 18 horas. Carcasa robusta de aluminio. Alimentado con tres pilas alcalinas C sustituibles por el usuario, Potencia nominal: 230 lúmenes, Potencia (vatios): Hi-LED, Dimensiones: L : 250 mm ; P : 15 mm ; Peso en el agua (baterías incl.) : 410 gr. Peso: 450 gr. Profundidad máxima operativa: 120 m.	Elemento de seguridad	3	2.050	6.150
Computadores de buceo	Que reúna en un único instrumento programas completos para tres tipologías de inmersión distintas: 1- inmersiones con autorespirador (aire nitrox), 2 – inmersiones técnicas (profundidad y timer hasta 200 metros), 3 - inmersiones apnea.	Programar la inmersión con software para descomprimidos y efectuar la inmersión mediante tablas, como se exige en una inmersión técnica.	1	3.741	3.741
Tanques de buceo	Tanque de buceo Scuba. Material: Aluminio, Capacidad: 80 ft3, Presión de trabajo: 3000 psi. Color: Aluminio natural Valvula K incluida.	Requerido para bucear	9	3.600	32.400
Compresor	Compresor para llenar tanques de buceo de 3.5CFM movido con motor Honda. Que tenga manual.	Llenado de tanques	1	49.300	49.300
Cámara Digital	140° de visión para capturar toda la acción en calidad FULL HD (1080p a 30fps). Pequeña, compacta y robusta, sumergible hasta 60 metros y con flotabilidad positiva. La carcasa hecha de policarbonato inyectado con UV, La lente está reforzada para evitar los arañazos y los reflejos, pantalla LCD, Sensor CMOS 5.0mp 1/2.3", Obturador: 1/12s. – 1/1000s. Zoom digital, archivo de salida extensión MP4, 6 ajustes de Batería recargable de 1500mAh, Ráfaga de 3, 5 ó 10 fotogramas por segundo, que soporte Micro SD hasta 32gb, Salida para conexión a TV y USB, Medidas 7cm x 8,4cm x 6cm, Peso 180g.	Necesaria para guardar evidencia y tener respaldo visual de especies y su estado actual	2	3.299	6.598

Lancha	Lancha de buceo, casco: fibra de vidrio, motor a bordo	Transporte hasta los sitios de muestreo en el mar	1	1.000.000	1.000.000
GPS	Flotabilidad si cae en el agua, 1.7 Gb en RAM, 2000 Waypoints, 200 Rutas, Inalambrico, brújula electrónica, altímetro graficador, barómetro, Antena sensible, Pantalla color real TFT, Hasta 20 horas con 1 jgo de Baterias AA, Calculo de Areas, Conexion USB Alta Velocidad Expandible por Tarjetas micro SD	Geoposicionamiento de esatciones y sitios de muestreo	1	5.977	5.977
Visores	Montura de reducido espesor en una sola pieza, sin cercos, dividida en dos partes que se unen mediante un clip, rodea al cristal a modo de abrazadera, ligero (125gr) reducción del volumen interno hasta 85cm ³ . El montaje radial (no axial). Cristales inclinados que se prolongan mediante suaves líneas curvas por encima de los pómulos, mejorando la visibilidad inferior. Las hebillas, ancladas en la montura para una óptima estabilidad de la máscara.	Requerido para bucear	3	523	1.569
Tubos respiradores	El material del tubo es poliuretano especialmente flexible y con una memoria elástica del 100% tras ser sometido a flexión, plegado o incluso anudado sobre sí mismo incluso durante días. La sección de las paredes del tubo mantenga la necesaria rigidez en la zona de presión de la tira de la máscara para no perjudicar la circulación del aire en esta zona.	Requerido para estar en superficie, antes o después de las inmersiones	3	246	738

Pares de aletas	Elaboradas con los siguientes materiales elastómero flexible – termocaucho-(color gris): se aplica al calzante y las zonas que requieren flexibilidad y elasticidad, ya que influyen en el confort del buceador. Puntera del calzante, interior de la suela y zona del empeine en contacto con el tobillo. Elastómero compacto (color negro): flexible pero no elástico. Se aplica a las zonas que requiere una composición gomosa, antideslizante pero firme y de gran resistencia: Polipropileno: un material que tiene como principal característica la rapidísima transmisión de la energía aplicada.	Requerido para bucear	3	185	555
Trajes de Buceo	Uno para mujer (talla M) y dos para hombre (talla L) prendas mono con mangas y piernas largas. Neopreno Ultraspán de 2.5 Mm. Totalmente encolada y cosida con costuras no pasantes. Piernas preformadas. Cremallera dorsal YKK con bajocremallera. Puños Aquastop de neopreno liso en las muñecas y en los tobillos. Refuerzos de neopreno monocapa en el cuello.	Protección contra el frío o posibles animales o plantas urticantes	3	1.574	4.722
pastillas de plomo de 3kg	Pastillas de plomo para bucear	Requerido para bucear	10	350	3.500
pastillas de plomo de 2kg	Pastillas de plomo para bucear	Requerido para bucear	6	300	1.800
Cinturones de lastre	Cinturón de lastre con hebilla nylon	Requerido para bucear	4	155	620
Frascos de aceite de silicona multiusos	Pequeño envase de 40ml con dosificador tipo gotero de aceite de silicona multiuso. Para el engrase de elementos que lo precisen como juntas tóricas, cursores, elementos metálicos, cuchillos, etc.	Mantenimiento de cuchillos, elementos metálicos en general	3	110	330
Frascos de líquido limpiador para cremalleras	Frasco de líquido limpiador, desatascador y lubricante para cremalleras. No tóxico, biodegradable.60 g.	Mantenimiento de cremalleras	3	90	270

Seguros de muñeca	Dragonera universal para focos y linternas	Sujeción de seguridad para los instrumentos.	3	68	204
Clip Sujeción Octopus	Clip para la sujeción del octopus. Fabricado en plástico y látex	Sujeción con seguridad para el octopus	3	153	459
Luces de posición	Lazer stick color amarillo	En caso de extravío la luz indica la posición del buzo	3	289	867
Boyas salchicha	Boya de señalización. Con carrete 15m de hilo, boya de señalización, funda y clip.	Elemento de seguridad imprescindible	3	500	1.500
Boya de superficie	Boya de siluro, de forma larga, concebida a propósito para oponer resistencia al viento. Realizada en robusto PVC termo-soldado, dispone de dos cámaras de aire independientes, una superior y una inferior. Longitud: 85 cm, Diámetro: 20 cm, peso: 650 gr.	Elemento de seguridad imprescindible, indica que en esa zona estan buzos bajo el agua, señal para embarcaciones	1	570	570
kids de orings	Pack de juntas tóricas dentro de un estuche. Incluye: - 10 juntas para la botella. 10 juntas para salidas de alta presión (HP). 10 juntas para salidas de baja presión (LP). 10 juntas giratorias.	Repuestos para tanques y mangueras de los reguladores	3	148	444
Cuchillos de buceo	Cuchillo compacto. 1 perfil cortante y un perfil de sierra. Correas de fijación de la funda equipadas de hebillas de apertura rápida	Necesario para cortar amarres bajo el agua en el momento de la instalación de las trampas de sedimento	3	694	2.082
Bolsas secas	Bolsas de material estanco, suelo reforzado con enganches y solapa de estanqueidad, de 25 ltrs con tirantes acolchados tipo mochila y reforzada con nylon. Tamaño 33 x 98 cm.	Indispensables para guardar celulares, gps, documentos y demás artículos que no puedan mojarse	3	418	1.254
Disco secchi	Diámetro de 20 cm, posee cuadrantes blancos y negros y una argolla metálica	Toma de datos de transparencia del agua	1	1.725	1.725

Tuvo PVC	de 4,5 cm de diámetro 1,5 m de(4Tapas)	Elaboracion trampas de sedimentos	1,5	40	60
Tuvo PVC	1/” pulgada 4 m	Protocolo de monitoreo	4	20	80
Martillo	Necesario en la implementación de las estaciones	Implementación transectos y trampas de sedimentos	1	146	146
Cintas métricas de 30m	de 30m	Protocolo de monitoreo	3	195	585
Varillas de acero corrugado	17m cortadas de 1 m y mdeio	Implementación transectos y trampas de sedimentos	17	70	1.190
Puntillas acero inoxidable	Necesario en la implementación de las estaciones	Protocolo de monitoreo	60	3	150
Tablas acrílicas	De 20 x 20 cm	Toma de datos bajo el agua	10	28	280
Lapices de grafito	Grafito	Toma de datos bajo el agua	4	53	212

Cuadro 14. Gastos corrientes (valores en MXN del año 2013)

Gastos Corrientes	Características	Justificación	Valor Total
Becas	Becario de Maestría	Apoyo en la realización del protocolo y en el procesamiento analítico de los datos recopilados	209.760
Jornal	Lanchero	Pago por servicios de conducción de lancha hasta el lugar de muestreo	10.000
Viáticos	Gasolina	Combustible	12.000