



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
Campus - Tuxpan

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

**HERRAMIENTAS PARA INCLUIR TRES ARRECIFES NO
EMERGENTES EN EL
ÁREA DE PROTECCIÓN DE FAUNA Y FLORA – SISTEMA
ARRECIFAL LOBOS TUXPAN**

TESIS

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

P R E S E N T A:

Camilo Andrés Cortés Useche

Director:

M.C.A. Francisco Javier Martos Fernández

Tuxpan, Veracruz

2014

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

La presente Tesis titulada “**HERRAMIENTAS PARA INCLUIR TRES ARRECIFES NO EMERGENTES EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FAUNA Y FLORA – SISTEMA ARRECIFAL LOBOS TUXPAN**” realizada por el Biólogo Marino Camilo Andrés Cortés Useche, 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

A handwritten signature in purple ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the name of the director.

M.C.A. Francisco Javier Martos Fernández

DIRECTOR

La presente Tesis titulada “**HERRAMIENTAS PARA INCLUIR TRES ARRECIFES NO EMERGENTES EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FAUNA Y FLORA – SISTEMA ARRECIFAL LOBOS TUXPAN**” realizada por el Biólogo Marino Camilo Andrés Cortés Useche, ha sido aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

COMISIÓN LECTORA:



Dr. José Luis Alanís Méndez

LECTOR



Mtro. Agustín de Jesús Basáñez Muñoz

LECTOR



Mtra. Rita Sellares Blasco

LECTOR

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

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Universidad Veracruzana, en especial a la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, por el apoyo recibido en el desarrollo del trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT), por su incondicional y valiosa contribución, promoviendo el desarrollo de la investigación científica y el fortalecimiento académico.

Este trabajo ha sido el resultado de la colaboración del grupo de Buceo UV, en especial Johanna Calle Triviño, que con su dedicación y conocimiento generaron aportes significativos a lo largo de este ciclo. A Francisco Javier Martos Fernández por la oportunidad de pertenecer al grupo y por su orientación en beneficio de mi formación académica. También a los miembros de la comisión lectora Dr. José Luis Alanís Méndez, Mtro. Agustín de Jesús Basáñez Muñoz y Mtra. Rita Sellares Blasco, por sus acertadas sugerencias y aportes.

No olvidar a las personas que colaboraron de una u otra forma en este proceso de formación; al Dr. Giorgio Anfuso Melfi por su oportuna y agradable colaboración en la Universidad de Cádiz (España), al personal del Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEIMAR) y la Fundación Dominicana de Estudios Marinos y Costeros (FUNDEMAR) por su amabilidad y compromiso, a Maura Maruri en México, así como, otros buenos amigos alrededor del mundo que saben que con su respaldo y buena vibra hacen de este proyecto de vida algo inolvidable.

DEDICATORIA

Por que nunca estoy solo, con todas mis fuerzas para Fresa, Bizcocho, Peki y
mi hermano. Muchas Gracias.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	4
III. OBJETIVOS.....	13
IV. ÁREA DE ESTUDIO.....	14
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
5.1. Componente Físico.....	19
5.2. Componente Biológico.....	20
5.2.1. Atributos ecológicos.....	23
5.3. Análisis de actividades.....	25
VI. RESULTADOS.....	28
6.1. Componente Físico.....	28
6.2. Componente Biológico.....	29
6.3. Análisis de actividades.....	58
6.4. Modificación de la superficie del APFF - SALT.....	67
VII. DISCUSIÓN.....	71
7.1. Sistema Arrecifal Norveracruzano.....	71

7.2. Biodiversidad presente en los arrecifes no emergentes del norte de Veracruz	74
7.3. Análisis de las actividades.....	82
7.3.1. Problemática alrededor del APFF - SALT	82
7.4. Propuesta de modificación de la Declaratoria	95
VIII. CONCLUSIONES.....	98
IX. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL TRABAJO.....	100
9.1. Justificación para realizar la aplicación del trabajo.....	100
X. BIBLIOGRAFÍA	102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Localización, profundidad máxima y mínima (m) de los arrecifes no emergentes Blake, Oro Verde y Pantepec en el Estado de Veracruz.	28
Cuadro 2. Listado de especies observadas correspondientes al Phylum Cnidaria, basado en el orden sistemático de Beltrán-Torres y Carricart-Ganivet (1999).....	31
Cuadro 3. Listado de especies observadas correspondientes al macrobentos móvil. El orden sistemático de Annelida sigue a Rouse y Fauchald (1998), Arthropoda a Martin y Davis (2001), Mollusca a Rosenberg (2005) y Echinodermata a Duran-González <i>et al.</i> (2005).	33
Cuadro 4. Listado de especies observadas correspondientes a la comunidad íctica, basado en el orden sistemático de Nelson (1994).	35
Cuadro 5. Abundancia de los corales (Scleractinia) para los sitios de muestreo. Las (X) indican que solo fueron observadas.....	49
Cuadro 6. Agricultura, Industria y Desarrollo Urbano.	60
Cuadro 7. Especies invasoras	61
Cuadro 8. Sobrepesca y Pesca ilegal.....	62
Cuadro 9. Operaciones marítimas	63
Cuadro 10. Vientos, Huracanes, Tormentas tropicales y Cambio climático.	65

Cuadro 11. . Turismo	66
Cuadro 12. Modificación de la superficie en el Área de Protección de Flora y Fauna, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT).	67
Cuadro 13. Modificación de las coordenadas de los vértices del polígono Tuxpan en el Área de Protección de Flora y Fauna, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT).....	68
Cuadro 14. Modificación de la longitud de los vértices en el polígono Tuxpan en el Área de Protección de Flora y Fauna, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT)...	69
Cuadro 15. Coordenadas propuestas de los vértices del polígono Blake.	69
Cuadro 16. Longitud de los vértices propuestos en el polígono Blake.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema Arrecifal Norveracruzano.	15
Figura 2. Aplicación de técnicas de muestreo en el Sistema Arrecifal Norveracruzano.	21
Figura 3. Método de transecto de punto interceptado.	21
Figura 4. Número de especies por Phylum registradas en los arrecifes no emergentes del norte de Veracruz.	29
Figura 5. . Riqueza específica por grupos biológicos para los arrecifes no emergentes.	30
Figura 6. Características del fondo en el arrecife Pantepec.	40
Figura 7. Cobertura del fondo en el arrecife Pantepec.	40
Figura 8. Características del fondo en el arrecife Blake.	41
Figure 9. Cobertura del fondo en el arrecife Blake.	41
Figura 10. Características del fondo en el arrecife Oro Verde.	42
Figura 11. Cobertura del fondo en el arrecife Oro Verde.	42
Figura 12. Milepórido (<i>Millepora alcicornis</i>) presente en el arrecife Pantepec.	43
Figura 13. Cobertura relativa de corales pétreos para el arrecife Pantepec.	44

Figura 14. Cobertura coralina para el arrecife Blake.	45
Figura 15. Cobertura relativa de corales pétreos para el arrecife Blake.....	45
Figura 16. <i>Montastraea cavernosa</i> presente en el arrecife Oro Verde.....	46
Figura 17. Cobertura relativa de corales pétreos en el arrecife Oro Verde.	47
Figura 18. Especies observadas para el área de estudio; (A) <i>Orbicella faveolata</i> , (B) <i>O. annularis</i> , (C) <i>Agaricia</i> sp. (D) <i>Mycetophyllia</i> sp.	47
Figura 19. Número de colonias de coral para cada una de las estructuras arrecifales.	48
Figura 20. Número de colonias de corales pétreos (>10) observadas.	51
Figura 21. (A) <i>Echinometra viridis</i> , (B) <i>Diadema antillarum</i> , (C) Abundancia relativa del macrobentos móvil.	52
Figura 22. Número de individuos / 600 m ² del macrobentos móvil.....	53
Figura 23. <i>Kyphosus sectatrix</i> presente en el arrecife Blake.....	54
Figura 24. Abundancia relativa de las especies de peces representativas.	55
Figura 25. Abundancia relativa de las familias de peces representativas.	55
Figura 26. Índices ecológicos para los corales de los arrecifes no emergentes....	56
Figura 27. Índices ecológicos para los invertebrados móviles de los arrecifes no emergentes.	57

Figura 28. Índices ecológicos para los peces de los arrecifes no emergentes.....	58
Figura 29. Ejemplos de algunos agentes de cambio presentes en el área de estudio; (A) Procesos Naturales , (B) Contaminación, (C) Especies Invasoras y (D) Degradación del hábitat.	59
Figura 30. Actividades de desarrollo industrial para el área de estudio. (A) Montaje de plataformas, (B) Plataforma instalada en el área de influencia.	61
Figura 31. (A) Especie invasora Pterois volitans, (B) Eventos de competencia con algas.	63
Figura 32. Accidentalidad el área de los arrecifes no emergentes.	65
Figura 33. Fragmentación de colonias coralinas en el área de estudio.....	66
Figura 34. Poligonal propuesta para el Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan.	70
Figura 35. Plano de localización y subzonificación del área de protección de flora y fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (CONANP, 2013b).	73

RESUMEN

El Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT) está ubicada en la zona occidental del Golfo de México en el norte del estado de Veracruz, está integrado por seis arrecifes emergentes. Sin embargo también existen otras estructuras arrecifales de tipo no emergentes, denominadas Blake, Pantepec y Oro Verde, que no han sido incluidos en el Área Natural Protegida (ANP). El presente trabajo brinda las herramientas para su inclusión dentro del ANP. Se determinaron las características geomorfológicas generales, se caracterizaron las comunidades bentónicas e ícticas y se realizó un análisis de las actividades que actúan como agentes de cambio y el impacto en el área de estudio. Posteriormente se planteó la modificación de la poligonal del APFF-SALT. Los resultados evidencian que los arrecifes (Pantepec, Blake y Oro Verde) son estructuras de tipo plataforma no emergente, con un modelo morfológico similar a los otros arrecifes de la región. El total de registros fue de 91 especies, 56 géneros y 40 familias. De estas, 20 especies pertenecen al Phylum Cnidaria, 6 a Echinodermata, 2 a Mollusca y Arthropoda, 1 a Annelida, y 60 a Chordata, de los cuales 2 especies constituyen nuevos registros para el SALT. Existen algunas actividades que actúan como agentes de cambio para el ecosistema; agricultura, industria, desarrollo urbano, especies invasoras, sobrepesca, pesca ilegal, operaciones marítimas y el turismo, así como eventos naturales (vientos, huracanes, tormentas tropicales y cambio climático). Se propone la modificación a la declaratoria del año 2009, incluyendo a los tres arrecifes de estudio dentro del APFF-SALT, modificando el polígono Tuxpan ya existente (aumento de 3,926 hectáreas) e incluyendo la formulación de un polígono nuevo, denominado Blake (2,987 hectáreas) para un aumento total de la superficie de 6,912 hectáreas.

Palabras Clave: arrecifes, Norveracruzanos, biodiversidad, conservación, modificación.

I. INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos, constituyen un ecosistema de importancia debido a su alta productividad y biodiversidad, siendo biológicamente complejos y al mismo tiempo delicados (Verón, 2000). Estos ecosistemas son económicamente importantes debido a sus múltiples funciones; como fuentes de recursos alimenticios y productos medicinales, además de proteger las costas de los daños ocasionados por fenómenos naturales como las tormentas y la erosión (Moberg y Folke, 1999; Hoegh-Guldberg, 1999; Spalding *et al.*, 2001). Los arrecifes coralinos son un recurso de valor cultural y de gran belleza natural, capaces de proveer ingresos económicos y consolidarse como primordiales en el rubro turístico de la sociedad (Tunnell *et al.*, 2007; CCO, 2011).

No obstante, los arrecifes de coral están siendo perturbados a un ritmo alarmante como consecuencia de actividades humanas tales como; el desarrollo urbano e industrial de las zonas costeras, la contaminación, la sobrepesca y la degradación del hábitat, al igual que procesos naturales como; los huracanes, las tormentas y los cambios en la temperatura y salinidad (Díaz *et al.*, 2000; Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003; Buddemeier *et al.*, 2004). Al punto de ser probablemente, el ecosistema marino en mayor peligro de extinción del planeta (Wilkinson, 2008).

La conservación de los ecosistemas entre ellos los arrecifes coralinos, se ha formalizado mediante la creación de áreas naturales protegidas, denominadas ANP's, (Christie *et al.*, 2002; Mascia, 2003; McClanahan *et al.*, 2006; Mora *et al.*, 2006), en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas o restauradas. Es evidente que existe una preocupación generalizada a nivel mundial sobre las amenazas que poseen los arrecifes coralinos producto de impactos naturales y de actividades humanas (Hughes, 1992; Spalding *et al.*, 2001), así como, el bajo porcentaje que representan las ANP's marinas (<10%) (IMPAC, 2013). Sin embargo, los esfuerzos de conservación han permitido evidenciar actualmente que la creación y aplicación de ANP's marinas sin importar el tamaño han mostrado múltiples beneficios, considerando la protección de comunidades marinas enteras (Roberts y Hawkins, 2000; Roberts *et al.*, 2003a).

Para el estado de Veracruz los arrecifes coralinos protegidos, se encuentran representados por el Parque Marino Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT) (Rodríguez - Luna *et al.*, 2011). Éste último está integrado por seis sistemas emergentes arrecifales de tipo plataforma: Tuxpan, Enmedio y Tanhuijo, localizados frente a Tuxpan, y Lobos, Medio y Blanquilla en Cabo Rojo, en el estado de Veracruz (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003).

Ahora bien, para el Sistema Arrecifal Norveracruzano se ha mencionado y comprobado la presencia de estructuras del mismo tipo morfológico que son

llamados arrecifes no emergentes (Jordán-Dahlgren, 2004), de los cuales la información es incipiente y se desconoce la biodiversidad presente y su estado (Martos, 2010). De ahí el interés y la importancia de este trabajo por conocer las características físicas y biológicas de manera general de los arrecifes no emergentes (Blake, Pantepec y Oro Verde), así como los aspectos relevantes desde el punto ambiental de la zona, con el fin de generar herramientas para una modificación del área natural protegida existente (Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan), que incluya los arrecifes antes mencionados, para que así el APFF - SALT gane el valor económico y social que merece, siendo un área efectiva biológicamente y estable a largo plazo.

II. ANTECEDENTES

Los estudios científicos constituyen la base para la conservación de los ecosistemas marinos y costeros. Específicamente existen trabajos que se enfocan a evaluar la estructura y composición de la comunidad en ambientes arrecifales tanto a nivel local como mundial (Chávez e Hidalgo, 1988, Padilla *et al.*, 1992, López-Victoria y Díaz *et al.*, 2000; Alcolado *et al.*, 2001; McCook *et al.*, 2001; Rogers, 1990; Ostrander, 2000; Bula, 2002; Crain *et al.*, 2008). Los estudios en el Golfo de México, incluyen el reporte de unas 40 especies de corales para el Golfo de México (Carricart-Ganivet y Horta- Puga,1993; Beltrán-Torres y Carricart-Ganivet, 1999; Horta- Puga *et al.*, 2007), así como su descripción (Gutiérrez *et al.*, 1993; Vargas-Hernández y Román-Vives, 2002; Tunnell *et al.*, 2007).

Para el norte del estado de Veracruz los primeros trabajos radican en Moore (1958), en el arrecife Blanquilla en donde enlistó 44 especies e incluyó 11 corales pétreos, 3 corales gorgonáceos, 17 gasterópodos, 7 bivalvos, 3 equinoideos, 1 asteroideo y 1 holoturoideo. Rigby y McIntire (1966) estudiaron el arrecife Lobos, su topografía y la comunidad biótica. Describieron las principales comunidades bióticas del arrecife, destacando las comunidades ubicadas en la llanura arrecifal, tales como los promontorios de *Pseudodiploria clivosa*, *Porites* sp., y *Pseudodiploria* sp., así como las bien desarrolladas barreras de *Acropora palmata* en las zonas de rompiente. Señalaron que las secciones más profundas del arrecife, estuvieron ocupadas por comunidades de *Colpophyllia natans* y *Siderastrea siderea*. Para ese mismo arrecife Chamberlain (1966) reportó 8

especies de octocorales. Chávez (1970) y Chávez e Hidalgo (1973) abordan de nuevo a las comunidades bióticas de Lobos, con un énfasis especial en los corales pétreos. Tunnell (1988) hace una detallada descripción de las comunidades bióticas del arrecife Lobos, señalando que la mayor cobertura por corales se presentaba en las pendientes arrecifales de la localidad.

Los arrecifes coralinos de la zona norte del estado de Veracruz han sido objeto de estudio a partir de caracterizaciones, descripciones, atributos de la comunidad y evaluaciones ecológicas. Martos (1993) menciona la presencia de 19 especies de corales pétreos y destacó la contribución de los corales masivos como *Colpophyllia natans* y *Orbicella annularis* en el arrecife Tuxpan. Martos y Cuervo (1995) incrementaron el número de especies reportadas para el mismo arrecife con 22 de escleractíneos y dos hidrozoarios, destacando la baja cobertura por corales en barlovento. Los esfuerzos de investigación continuaron y es así como, Martos y Santiago (1997) hicieron un análisis mediante la evaluación del impacto ambiental en el Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan y señalaron que las actividades más negativas para las comunidades biológicas son la pesca y potencialmente los derrames de hidrocarburo. Recomendaron la creación de un área natural protegida que incluya al arrecife Lobos.

De igual forma Malpica (2000), en el arrecife Lobos, registro 24 especies de corales escleractíneos y un hidrozoario (*Millepora alcicornis*). Las especies de mayor distribución fueron *Millepora alcicornis*, *Pseudodiploria clivosa*, *Colpophyllia natans*, *Montastraea cavernosa*, *Orbicella annularis* y *Porites astreoides*. Chicatto,

2001, señala la dominancia de *Montastraea cavernosa* y *Siderastrea siderea* en la misma zona. Por su parte, Chávez *et al.*, 2007, señalan que los arrecifes veracruzanos se caracterizan por una comunidad coralina diversa y abundante, en la que los corales escleractíneos tienen una alta riqueza específica con patrones de zonación (principalmente oleaje y profundidad) pronunciadamente marcados a barlovento y a sotavento del arrecife. Para ese mismo año, como parte del proyecto “Localización de arrecifes no emergentes en la costa norte de Veracruz” Martos (2007) reportó el hallazgo de dos arrecifes no emergentes, y a su vez mencionó la posible existencia de otras estructuras arrecifales de tipo coralino en la misma costa. Lo que refuerza Tunnell *et al.*, (2007) donde señalaron la existencia de “numerosos arrecifes de bancos sumergidos pequeños y poco conocidos” en los Bancos Orientales, así como arrecifes sumergidos poco conocidos en la costa veracruzana. Aguilar-Pérez y Zavala-Zapata (2008) en el arrecife Tuxpan, observaron un mayor número de especies de corales en la zona sur del arrecife (25 especies) que en la zona norte (19 especies) destacando que la cobertura por corales presentó diferencias significativas con respecto a la profundidad. Antonio-Cruz, en el 2009 realizó la evaluación del estado de condición del arrecife Enmedio, reportando 18 especies de coral, de las cuales, cuatro son nuevos registros. A su vez, Maruri (2009) evaluó el estado de la población de *Acropora palmata* en el arrecife Enmedio. Mientras que Dueñes (2010) reportó la presencia de 15 especies de coral en el arrecife Lobos. Las especies más abundantes fueron *Pseudodiploria clivosa* y *Siderastrea siderea* seguidas de *Colpophyllia natans* y *Montastraea cavernosa*. Mencionando también,

que sotavento presentó la mayor cobertura coralina. Martos en 2010 para el arrecife no emergente Blake, determinó las características de la comunidad de corales pétreos y reportó 22 especies de constructores primarios. *Colpophyllia natans* fue la especie más abundante en los sitios de muestreo. La cobertura promedio fue del 16%, aunque alcanzó hasta el 28% y el 38% en algunos sitios.

Por su parte González-Cobos (2010) elaboró un estudio sobre la localización y caracterización de los arrecifes no emergentes en la costa de Tuxpan. Confirmó la presencia de una estructura coralina que alcanza una altura de 15 m sobre el fondo en una zona con 21 m de profundidad. A esta estructura se le denomina, arrecife Pantepec. Registró 13 especies de coral. La especie con mayor distribución fue *Siderastrea siderea* además de ser una de las especies más dominante junto con *Colpophyllia natans*. La cobertura promedio de los corales fue de un 22%, oscilando de 10 a 38% por sitio.

La comunidad de corales en el arrecife Tanhuijo fue caracterizada por Jacovo-Montiel (2011) donde reportó 20 especies. Se destaca que la cobertura coralina sigue el mismo patrón observado en los arrecifes de la región, con una mayor riqueza de especies en sotavento (13 especies). Takemura-Horita (2012) reportó 22 especies de corales pétreos en el arrecife Blanquilla. Las especies más abundantes fueron *Colpophyllia natans* y *Montastraea cavernosa*, la especie con mayor distribución fue *Siderastrea radians*. Morales-Barragán (2012), determinó las diferencias en la morfometría de los corales escleractíneos, en las zonas arrecifales del Arrecife Lobos, registrando un total de 33 especies de corales

escleractíneos, con una cobertura promedio de 28.8%. Las colonias dominantes fueron *Orbicella annularis*, *Montastraea cavernosa*, *Colpophyllia natans*, *Pseudodiploria clivosa*, *Pseudodiploria strigosa*, *Siderastrea siderea* y *Porites porites*. Maruri (2012), evaluó la condición de la comunidad de los corales pétreos en el arrecife no emergente Oro Verde, registró un total de 19 especies de corales, de las cuales las más conspicuas fueron los corales masivos *Montastraea cavernosa*, *Siderastrea siderea* y *Colpophyllia natans*. Recientemente De la Cruz (2013) en el arrecife Lobos realizó una evaluación de las comunidades macrobentónicas e ícticas asociadas a los sustratos rocosos coralinos, registrando 125 especies, además destaca que el grupo más diverso son los peces, seguido de los corales y esponjas.

Del mismo modo existen estudios enfocados en conocer la biodiversidad presente, destacando la estructura y composición de grupos como las macroalgas (González-Gándara *et al.*, 2007; Tunnell *et al.*, 2007; Amador, 2008), las esponjas (Asís, 2006; Patiño, 2006; Mateo, 2008; González-Gándara *et al.*, 2009; Cruz-Ferrer, 2010), los moluscos (Chávez *et al.*, 1970; Guadarrama, 1973; Sevilla *et al.*, 1983; Sevilla, 1998; De la Cruz y González-Gándara, 2006), artrópodos (Chávez *et al.*, 1970; Tunnell *et al.*, 2007), equinodermos (Barón, 2007; Cárdenas, 2010) y la fauna íctica (González-Gándara, 1996; 2003a; 2003b; González-Gándara y González-Sansón, 1997; Rosas-Sánchez, 2008; Argüelles- Jiménez, 2008; Zaragoza-Villela, 2008; Muñoz-Bautista, 2010 y Argüelles- Jiménez, 2010).

Para el área también existen datos e información de contexto demográfico, económico y social; la zona arrecifal está prácticamente deshabitada (con excepción de Isla Lobos en la que habitan una partida de doce marinos, el farero y una persona que da mantenimiento a la casa de Petróleos Mexicanos), por lo que se consideran en esta descripción del contexto demográfico económico y social a los dos municipios aledaños (Tuxpan y Tamiahua) en el Estado de Veracruz (CONANP, 2013b). Con base al censo de población y vivienda realizado por el Instituto Nacional de Geografía e Informática (SIM, 2013) en el municipio de Tuxpan había un total de 143,362 habitantes, de los cuales eran 69,764 hombres y 73,598 mujeres, mientras que en el Municipio de Tamiahua se registra la presencia de 23,588 habitantes, de los cuales 11,841 eran hombres y 11,747 mujeres (SIM, 2014). En cuanto a la información económica, la Comisión Nacional de Salarios Mínimos considera que los municipios aledaños al Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan se encuentran desde el punto de vista económico, en el área geográfica B, con un salario mínimo vigente de \$37.95 pesos y el salario mínimo integrado de \$39.67 pesos (INEGI, 2000), las principales actividades productivas de la región son la agricultura (naranja, maíz, mandarina, tangerina), la ganadería, la pesca y las actividades relacionadas a la industria (SIAP, 2012). Para el año 2010 en el municipio de Tuxpan la población económicamente activa (PEA) registró 58,479 personas, de las cuales la mayor parte de la población 60.3 % se empleaba en el sector terciario, es decir el comercio y los servicios, mientras que el sector primario y secundario ocupaban al 13.6 % y 24 % respectivamente, en el caso de Tamiahua, la (PEA) se vio

representada por 8,189 personas, distribuidas en el sector primario 59.9 %, secundario 11.1 % y terciario 28.7 % (SIM, 2013 ; 2014). Para el caso de la información social en materia de educación la tasa de analfabetismo es de 5.5 % y 12.7 % para Tuxpan y Tamiahua, para la región se tienen un total de 528 escuelas y 47,089 alumnos distribuidos en todos los niveles educativos (CONANP, 2013b). Los servicios básicos en el municipio de Tuxpan incluyen energía eléctrica en la mayor parte de las comunidades, calles pavimentadas, drenaje y alcantarillado en la cabecera y en Santiago de la Peña. El municipio de Tamiahua cuenta con un solo sistema de drenaje y alcantarillado, se destaca la ausencia de una planta potabilizadora de agua para la región (SIM, 2013; 2014). Los resultados de la población en situación de pobreza para Tuxpan registran un 47.5% y 76,397 personas en esta condición, mientras que para Tamiahua 78.7% y 20,174 personas (CONEVAL, 2012).

Gracias al aporte de las investigaciones realizadas para el área y la documentación presentada ante tomadores de decisiones, es como en el año 2009 se establece el decreto que declara área natural protegida (ANP) con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna al Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SEMARNAT, 2009). Es decir, los estudios de las características físicas, biológicas, ambientales y sociales en los arrecifes coralinos, son fundamentales para su conservación, y su inclusión dentro de las ANP's.

Cabe mencionar la existencia de estudios que sugieren la modificación y ampliación de ciertas áreas naturales protegidas en México; como el Parque

Nacional Huatulco, decretado Parque Nacional el 24 de julio de 1998, el cual cuenta con un programa de manejo desde el 2003 y un Estudio Previo Justificativo (EPJ) para su modificación y extensión en el año 2008 (CONANP, 2008), la Reserva de Biosfera volcán Tacaná cuenta con antecedentes de protección desde el 11 de octubre de 2000, año en el cual el periódico oficial del Gobierno del Estado de Chiapas (Publicación No. 354-A-2000 Tomo I, No. 049) declara el establecimiento del ANP con el carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, posteriormente el 28 de enero de 2003 en el Diario Oficial de la Federación (DOF) se declara ANP con carácter de Reserva de la Biosfera y en el 2011 se presenta el EPJ para la modificación a su declaratoria (CONANP, 2011a), el Parque Nacional nevado de Toluca, decretado Parque Nacional el 25 de enero de 1936 por el presidente Lázaro Cárdenas y con una serie de modificaciones a partir del 19 de enero de 1937, progresivamente aparecieron el 29 de marzo de 1947, el 16 de diciembre de 1966 y el 3 de noviembre de 1995 otras modificaciones, todas publicadas en el DOF y enfocadas a la restauración, conservación, desarrollo y vigilancia del área, por ultimo el año 2003 se presenta el EPJ planteando el cambio de la categoría de Parque Nacional a Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) (CONANP, 2013c) y el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano que registra sus primeros intentos de protección en 1975 al considerar el arrecife Blanquilla como zona de refugio para la protección de flora y fauna marina, posteriormente, en 1991 la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), en coordinación con las de Marina (SEDEMAR), de Pesca (SEPESCA) y de Comunicaciones y Transportes (SCT), presentaron la propuesta

ante el Ejecutivo Federal, para que el área que comprende los 23 arrecifes coralinos que conformaban el Sistema Arrecifal Veracruzano fuera declarada como un ANP, resultado de ello, el 24 de agosto de 1992 se publicó en el DOF, el Decreto Presidencial en el que se declaró con el carácter de Parque Marino Nacional, el 7 de junio de 2000, la entonces Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) publicó en el DOF una categoría acorde con la legislación vigente y se declara el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, el 2 de febrero de 2004, el parque es declarado como sitio RAMSAR y en el año 2011 se presenta el EPJ con tres fines principales: ampliar la superficie actual, proteger sus componentes estructurales dando continuidad de los procesos ecológicos que permiten su existencia y brindar mayor certeza jurídica al corregir la actual poligonal (CONANP, 2011b).

Todos estos ejemplos tienen como soporte la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), que en materia de áreas naturales protegidas señala en el CAPÍTULO (III), el procedimiento para la modificación de las declaratorias en áreas naturales protegidas (Artículos: 62-65) (LGEEPA, 2004).

III. OBJETIVOS

Objetivo General

Generar herramientas que justifiquen la necesidad de modificar el Área de Protección de Fauna y Flora Sistema Arrecifal Lobos – Tuxpan, para la inclusión de los arrecifes Blake, Pantepec y Oro Verde.

Objetivos Particulares

- Determinar las características geomorfológicas generales de los arrecifes no emergentes (Blake, Pantepec y Oro Verde).
- Caracterizar la comunidad bentónica e íctica del área de estudio.
- Realizar un análisis de las actividades que actúan como agentes de cambio y su impacto en el área de estudio.
- Plantear la modificación de la poligonal del área de protección de fauna y flora Sistema Arrecifal Lobos – Tuxpan.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

El sistema de arrecifes Norveracruzanos se ubica en la zona occidental del Golfo de México, en la costa norte del estado de Veracruz (Tunnell *et al.*, 2007) donde esta el APFF - SALT (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003) (Figura 1). Esta área fue declarada (Universidad Veracruzana, 2003), como se menciona anteriormente mediante el Decreto Federal publicado el 05 de junio de 2009 (CONANP, 2013b). Cabe destacar que para el 06 de enero de 2014 según el Diario Oficial de la Federación (DOF), se incluye al arrecife Pantepec (no emergente) en la porción sur oriente del Polígono Tuxpan (SEMARNAT, 2014).

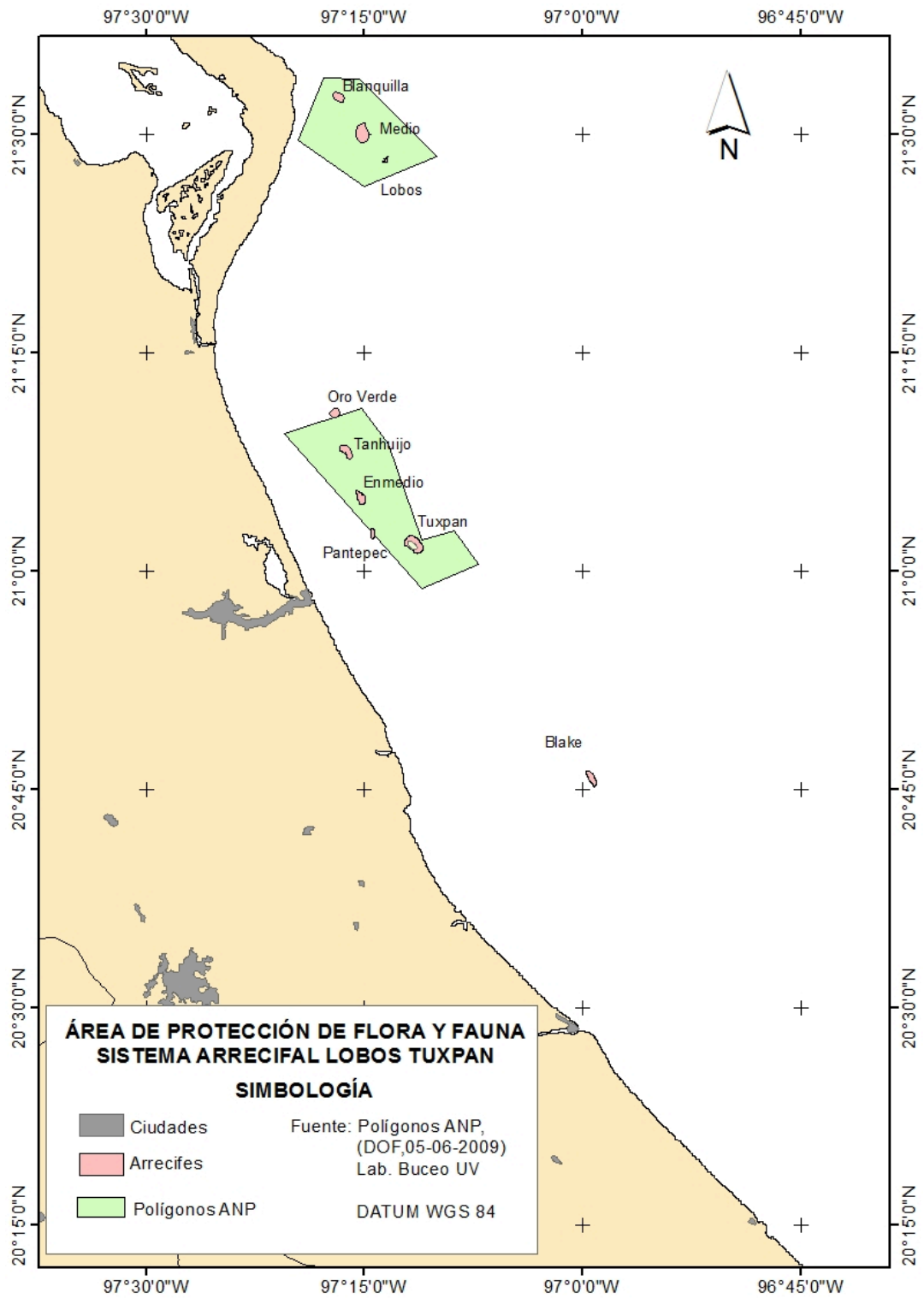


Figura 1. Sistema Arrecifal Norveracruzano.

El área en la cual se ubican los arrecifes del Norte del estado de Veracruz tiene un origen geológico del período cuaternario y está en su mayor parte cubierta por sedimentos de origen marino (Mann *et al.*, 1984). El lecho marino al norte y sur del arrecife está compuesto predominantemente por arena calcárea derivada del propio arrecife, mientras que al oeste del mismo se observa una mezcla de materiales terrígenos y derivados del arrecife (Liddell, 2007). Los primeros incluyen cuarzo, minerales de hierro-magnesio, fragmentos de roca volcánica y obsidiana, mismos que probablemente fueron transportados por los ríos Tuxpan y/o Pánuco (Rigby y McIntire, 1966).

Los movimientos del nivel del mar fueron de suma importancia para la formación y permanencia de los arrecifes actuales, ya que se considera que éstos iniciaron su crecimiento sobre dunas consolidadas y que alcanzaron su nivel actual desde hace unos 5 a 10 mil años (Morelock y Koenig, 1967).

La configuración general de los arrecifes en la costa norte de Veracruz es de un contorno en forma de llama, hacia la parte sureste se encuentra expuesta a los vientos dominantes y presentan una base estructural compuesta de corales pétreos (Chávez *et al.*, 2007).

La estacionalidad climática-meteorológica del área está determinada por los procesos que se presentan en el Golfo de México, se caracteriza por un periodo de secas de febrero a mayo; uno de lluvias de junio a octubre con presencia de depresiones tropicales, y uno de frentes fríos anticiclónicos (nortes) de octubre a

febrero (Wiseman y Sturges, 1999). Estos tres periodos son constantes pero se traslapan de manera relativa, y su intensidad está variando por efectos del cambio climático global (Monreal-Gómez *et al.*, 2004a). Presenta un promedio anual en temperatura de 26.4 °C, con una máxima de 29.7 °C y una mínima de 21.9 °C; un promedio anual en temperatura del aire en la superficie (TAS) de 25.5 °C con máxima de 29.4 °C y mínima de 19.8 °C; una salinidad anual promedio de 35.93 ups (Tunnell *et al.*, 2007). Los vientos dominantes en la zona proceden del noreste, mientras que las corrientes marinas van hacia el noroeste. Entre los fenómenos atmosféricos más importantes destacan los frentes fríos, que produce vientos que soplan de norte a sur, conocidos localmente como Nortes, y pueden alcanzar los 30 m s-1. El frente frío genera vientos intensos y descenso de temperatura del aire que al encontrarse con las masas de aire cálido y húmedo forman nubes que pueden provocar lluvias invernales (Caso *et al.*, 2004). La circulación marina en la región está determinada por los giros ciclónicos y anticiclónicos que se forman en el interior del Golfo de México (Monreal-Gómez *et al.*, 2004a; Monreal-Gómez *et al.*, 2004b). La Corriente del Lazo es una de las más importantes en la región, y es un flujo de agua con alta salinidad (36.7 ‰) y temperaturas superficiales durante el verano de 28 a 29 °C que disminuyen en el invierno entre 24 y 26 °C (Zavala- Hidalgo *et al.*, 2003). Esta corriente presenta una intrusión dentro del Golfo, la cual varía estacionalmente. Durante los meses de abril, mayo, junio y agosto, la intrusión puede alcanzar los 27° de latitud Norte. La corriente pierde fuerza durante los meses de julio, octubre y noviembre alcanzando solamente los 25° N, generando giros anticiclónicos (De la Lanza y

Gómez, 2004).

La fauna y flora predominantes en la región son pertenecientes a la Provincia Arrecifal Caribeña. Provincia que abarca desde el extremo sur de la Florida y hasta las Antillas, e incluye a los arrecifes mexicanos de la Península de Yucatán, los Arrecifes de la sonda de Campeche y los arrecifes Veracruzanos (Universidad Veracruzana, 2003). La base estructural de los arrecifes del área de estudio está constituida por los corales pétreos. Se reconoce la presencia de 31 especies de escleractíneos y dos hidrocorales *Millepora alcicornis* y *Stylaster roseus* (Horta-Puga *et al.*, 2007).

Dentro de la fauna asociada se destacan grupos como los crustáceos con 60 especies (Tejeda y Ortega, 1997), 77 especies de moluscos gasterópodos (De la Cruz y González -Gándara, 2006), así como la presencia de los equinodermos *Davidaster rubiginosa*, las estrellas *Linckia guildingui*, *Copidaster liman*, los erizos *Diadema antillarum*, *Astropyga magnifica* y los más abundantes *Echinometra viridis* y *E. lucunter* (Cárdenas, 2010). Las algas están presentes en los diferentes ambientes de los arrecifes y se considera que puede haber más de un centenar de especies, destacándose *Halimeda opuntia*, *Penicillus pyriformis*, *Dyctyota* sp., *Caulerpa racemosa*, *C. cupressoides*, *Ventricaria ventricosa*, *Microdictyon* sp., y *Galaxaura* sp. (Universidad Veracruzana, 2203). Mientras la íctiofauna se encuentra representada por más de 200 especies de peces (González-Gándara, 2003b).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo está enmarcado dentro del proyecto integral “Localización y caracterización de arrecifes coralinos no emergentes en la costa Veracruzana”, de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana y el Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO). Fue realizado en el periodo correspondiente entre agosto de 2012 y agosto de 2014. Involucra una fase de revisión bibliográfica (cartográfica, documental) sobre algunos aspectos físicos, biológicos y ecológicos de los arrecifes de la zona de estudio y actividades que se efectúan en ellos, sumada a consultas con especialistas del área y salidas de campo para la validación y obtención de información.

5.1. Componente Físico

Una vez revisada la información cartográfica y documental, se efectuó la fase de campo, la cual involucro la utilización de una embarcación de fibra de vidrio con dos motores fuera de borda, equipada con un receptor de Sistema de Posicionamiento Global por Satélite (GPS). En primer lugar se diseño una rejilla de puntos batimétricos, con la rejilla se procedió a realizar recorridos en la embarcación, mediante el método de arrastre, de esta forma se determinaron las características geomorfológicas y se validó la información batimétrica de las estructuras no emergentes (Martos, 2010). Con la estructura arrecifal detectada se procedió a verificar el sitio, realizando inmersiones con aire comprimido, determinando el tipo de sustrato en el fondo, verificando la profundidad y características generales del paisaje (González-Cobos, 2010; Martos, 2010).

Los puntos de sondeo fueron referenciados empleando un receptor del (GPS) por satélite con un error de posicionamiento estándar de 1 m (+/- 0.2 m). Los datos obtenidos fueron descargados del receptor mediante el software Humminbird PC® y convertidos a formato Shapefile con el Software DNR Garmin®. Posteriormente los archivos se procesaron con el software de Sistema de Información Geográfica (SIG) Arc Map® (Maruri, 2012).

5.2. Componente Biológico

Se realizaron inmersiones por medio de buceo SCUBA, para determinar tipo de sustrato y características generales de la comunidad bentónica e íctica de los arrecifes no emergentes (Figura 2). Se establecieron 3 sitios de muestreo en cada uno de los arrecifes no emergentes (Blake, Pantepec y Oro Verde). Para ello se empleó el método de transecto de punto interceptado (Figura 3)(Ohlhorst, 1988). Cada uno midió 25 m de longitud, la cual fue determinada de acuerdo a la curva que resulta de graficar la longitud del transecto contra el número acumulativo de especies, considerando que el punto donde la curva tiende a la asíntota señala el largo adecuado (Gleason, 1922; Loya, 1972; Jordán, 1980), y con puntos de intercepción cada 0.25 m, con tres repeticiones, separados 5 m uno de otro. Cabe mencionar que los puntos de muestreo fueron elegidos al azar y georeferenciados con el Sistema de Posicionamiento por Satélite.

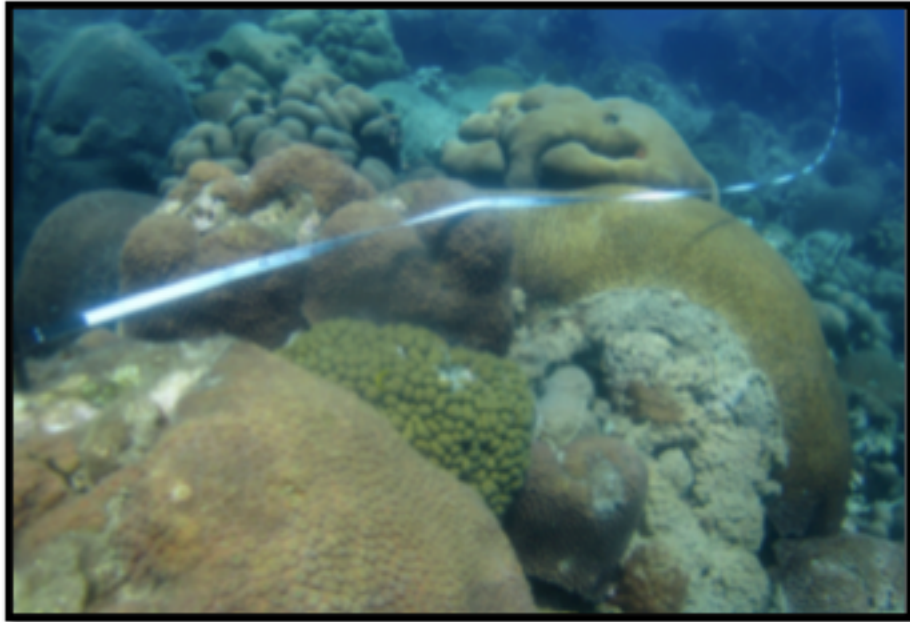


Figura 2. Aplicación de técnicas de muestreo en el Sistema Arrecifal Norveracruzano.



Figura 3. Método de transecto de punto interceptado.

Se tuvo en cuenta los grupos biológicos para la determinación de la comunidad bentónica; ocupando algunos de los criterios empleados por el Protocolo de Monitoreo Sinóptico para el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) (Almada-Villela et al., 2004), que adopta y modifica algunas características del Protocolo AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment 2000, actualizado en 2010):

- 1) Corales.
- 2) Corales blandos.
- 3) Algas.
- 4) Esponjas.
- 5) Substrato abiótico (piedra calizas expuestas, grava y arena).

Así mismo, se efectuaron registros en un transecto de banda de 25 x 2m para la estimación de la abundancia relativa del macrobentos móvil. Se tuvo en cuenta la revisión minuciosa del sustrato arrecifal, considerando las cuevas, grietas y espacios presentes. Para hacer la evaluación de la comunidad íctica, se utilizó el método de buceo errante, en donde se realizó una inmersión de 30 minutos, nadando libremente en el sitio de muestreo en cada una de las estaciones de los 3 arrecifes no emergentes de la costa norte de Veracruz (Schmitt y Sullivan, 1996).

Los organismos observados fueron identificados mediante características morfológicas y de coloración empleando las guías de identificación de Cervigón (1992), Littler y Littler (2000), Humann y Deloach (2002a,b) y Collin *et al.* (2005),

los cuales incluyen varios grupos arrecifales, así como el método de consulta directa (entrevista dirigida) a expertos de identificación del bentos y peces.

5.2.1. Atributos ecológicos

La condición de la comunidad bentónica e íctica de los arrecifes no emergentes fue estimada con los siguientes indicadores:

- Riqueza: La riqueza de la comunidad se determino con la riqueza específica, la cual consiste en el número total de especies que componen la comunidad (Moreno 2001).
- Cobertura por atributo morfo funcional (grupo biológico): se utilizó la información que se colectó en las lecturas de los transectos siguiendo los criterios de Bradbury (en: Jordán-Dahlgren,1987) mediante la siguiente fórmula:

$$CAM= (N^{\circ} \text{ de puntos interceptado } i / N^{\circ} \text{ total de puntos interceptados}) * 100$$

Donde i = Es el N° de punto interceptados del atributo morfo funcional.

- Cobertura relativa por especie de coral: se presenta el porcentaje del atributo coralino que corresponde a la especie i (Rogers *et al.*, 1994):

$$CRE= (N^{\circ} \text{ de puntos interceptado de especie } i / N^{\circ} \text{ total de puntos interceptados coral}) * 100$$

Donde i = es el número de punto interceptados de cada especie

- Abundancia relativa: La frecuencia de detección de cada especie es utilizada como índice de abundancia relativa, su objetivo es definir qué especies son las que tienen mayor presencia en el arrecife. Se determinó con el conteo de especies dentro de cada unidad de muestreo (Moreno 2001).

$$AR = Aa * 100 / A$$

Aa = número de individuos de la especie a

Donde: A = número de total de individuos

- Diversidad: La diversidad se estimó por medio del Índice de Shannon-Wiener (H'). Este expresa los valores de importancia teniendo en cuenta todas las especies dentro de la muestra (Moreno 2001).

$$H' = -\sum (ni/N) \ln (ni/N)$$

Donde ni es el porcentaje de cobertura de la especie i y N es la cobertura total de todas las especies.

- Dominancia: Para estimar la dominancia se empleó el Índice de Simpson el cual mide la probabilidad de que dos individuos de una misma especie sean tomados al azar (Moreno 2001).

$$\Lambda = \sum (ni/N)^2$$

Donde ni es el porcentaje de cobertura de la especie i y N es la cobertura total

de todas las especies.

- Equitabilidad: Para determinar la equitabilidad se utilizó el Índice de Pielou (J') el cual mide la proporción de la diversidad observada en relación a la diversidad máxima esperada (Moreno 2001).

$$J' = H' / H' \text{ max}$$

Donde H' es el índice de diversidad de Shannon-Wiener y H' max es el ln

(S).

5.3. Análisis de actividades

El manejo de áreas naturales está basado en el diseño e implementación de estrategias para un sitio natural determinado con un enfoque científico-técnico basado en biología de la conservación (Delgado, 2005; Alvarado *et al.*, 2011). Con los arrecifes no emergentes como objeto de conservación, se tuvo en cuenta una exhaustiva revisión documental, proveniente de los centros de documentación de la Universidad Veracruzana, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (CONANP, CONABIO CONAGUA), Secretaría de Marina (Armada de México), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (CONAPESCA, INAPESCA), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (Puerto de Tuxpan), Secretaría de Turismo (SECTUR) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

También se realizaron recorridos en campo para la observación de las actividades y amenazas a las que está sometida la zona (existentes y potenciales) (Suarez, 2005), así como para el registro fotográfico.

Este análisis está basado en la revisión de documentación disponible, el reconocimiento del área y la información obtenida con investigadores y dependencias que han desarrollado trabajos y tienen influencia en la zona, es decir, involucra la participación del comité de trabajo de la CONANP (Armada de México, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, APITUX, PEMEX Exploración y Producción, PEMEX Refinación), así como de la colaboración de los prestadores de servicios turísticos, quienes fueron consultados directamente de manera tal que se detectaron; agentes de cambio e impactos, teniendo como base algunas lecciones y herramientas de la Planificación para la Conservación de Áreas ó PCA (TNC, 2000; Granizo *et al.*, 2006).

Para el análisis de la información se empleó una adaptación de la red de impactos propuesta por Sorensen (1972), que consiste en la identificación de las actividades que se desarrollan, los agentes de cambio y los impactos directos e indirectos que son generados. Como actividades de desarrollo se considera a la industria, la pesca, la agricultura, el desarrollo turístico, la ganadería, las actividades portuarias, mineras, el desarrollo de los centros urbanos, etc., además se tendrán en cuenta los procesos naturales (huracanes, tormentas, vientos, etc.). Sin embargo estas actividades actúan en ciertas ocasiones como agentes de cambio

sobre los ecosistemas, generando un impacto ambiental (Sorensen, 1971; Martos, 2004).

El análisis de impactos ambientales es importante para la identificación de la problemática ambiental, dadas las características del área de estudio para este caso se empleó el uso de criterios estimativos (Magrini, 1990; Sanz, 1991), en base a las actividades de desarrollo se elaboró una lista con los agentes de cambio e impactos, siguiendo la incorporación de enfoques ecosistémicos que involucran esfuerzos de monitoreo y evaluación de actividades de conservación, y la efectividad de las áreas naturales protegidas (Gutowski, 2008).

VI. RESULTADOS

6.1. Componente Físico

Con base en la información bibliográfica y cartográfica, sumado a la realización de salidas de campo a cada uno de los arrecifes, se identificaron y localizaron las estructuras arrecifales no emergentes.

El arrecife Blake, se ubica a 24 km al este de la desembocadura del río Cazones, en una zona cuya profundidad máxima se aproxima a los 30 m y la mínima a los 9 m (Martos, 2010); el arrecife Oro Verde se encuentra en la costa norte del estado de Veracruz a 23.5 km al norte del río Tuxpan y unos 10 km de la costa, con un intervalo de profundidad de 10 a 21 metros (Maruri, 2012), y finalmente, el arrecife Pantepec, que se localiza a una distancia de 11.5 km de la desembocadura del río Tuxpan, entre los 25 y 15 m de profundidad (González - Cobos, 2010) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Localización, profundidad máxima y mínima (m) de los arrecifes no emergentes Blake, Oro Verde y Pantepec en el Estado de Veracruz.

ARRECIFE	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	PROFUNDIDAD MAX (M)	PROFUNDIDAD MIN (M)
Blake	20°45'30"	96°59'35"	30	9
Oro Verde	21°11'38"	97°16'57"	21	10
Pantepec	21° 02' 43"	97°14' 34"	25	15

6.2. Componente Biológico

Riqueza

Las comunidades macrobentónicas e ícticas de los arrecifes no emergentes del norte de Veracruz están representadas por 91 especies, 56 géneros y 40 familias. De estas, 20 especies pertenecen al Phylum Cnidaria, 6 a Echinodermata, 2 a Mollusca y Arthropoda, 1 a Annelida, y 60 a Chordata (Figura 4).

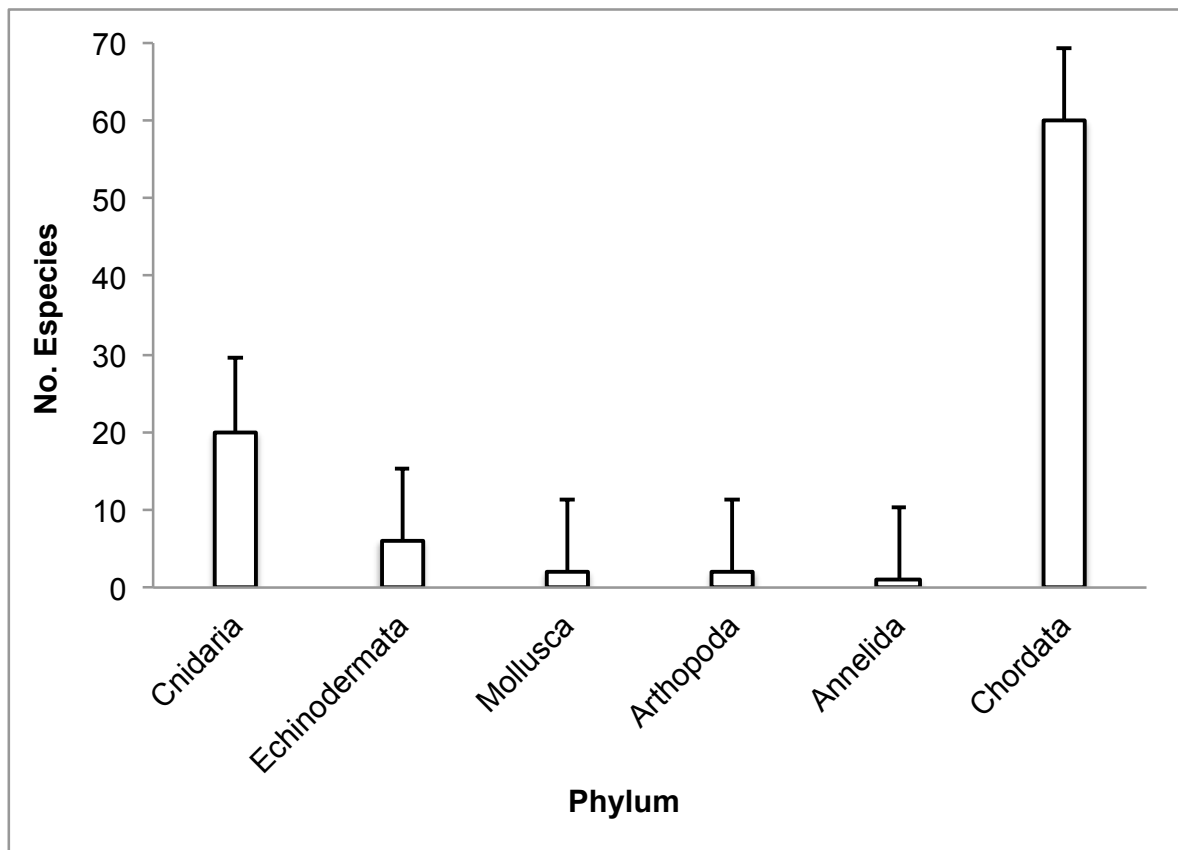


Figura 4. Número de especies por Phylum registradas en los arrecifes no emergentes del norte de Veracruz.

A nivel de estructura arrecifal, el Blake presenta la mayor riqueza específica con 75 especies, seguido del Oro Verde con 69 y por último el Pantepec con 62 (Figura 5). Estadísticamente no existen diferencias significativas entre las estructuras arrecifales, a nivel de la comunidad macrobentónica e íctica poseen P-Value = 0.3979 y 0.2019 (ANOVA) respectivamente, sin embargo para los invertebrados móviles, sí existen diferencias entre el arrecife Pantepec y Oro Verde (Tukey HSD) P-Value = 0.042.

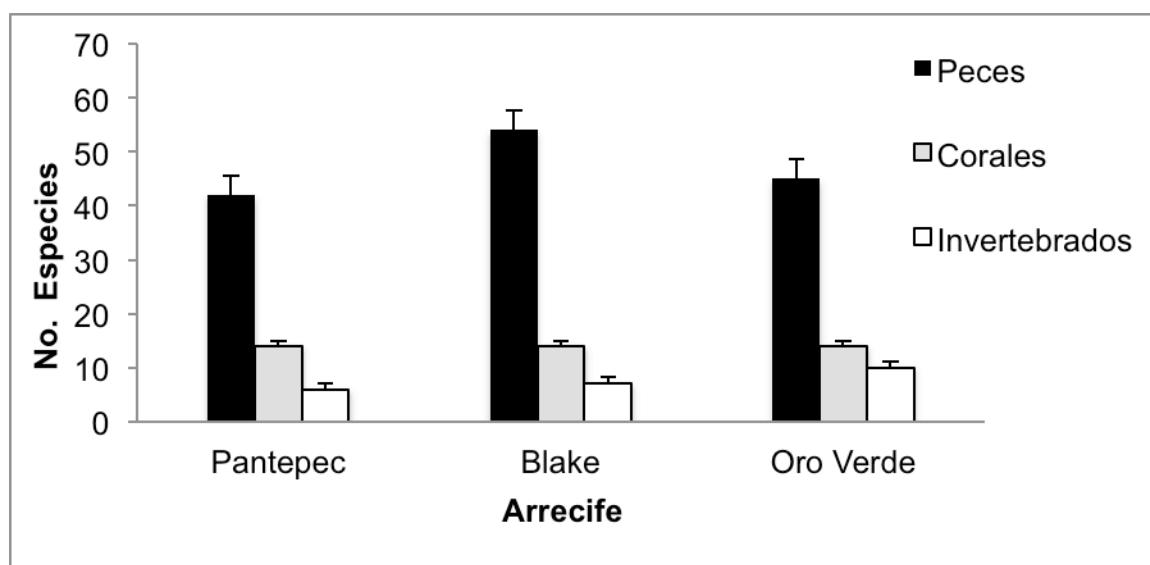


Figura 5. . Riqueza específica por grupos biológicos para los arrecifes no emergentes.

Características de la comunidad bentónica

Se ha registrado la presencia de 18 especies de corales pétreos pertenecientes al orden Scleractinia, además se han observado 2 especies de Mílepóridos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Listado de especies observadas correspondientes al Phylum Cnidaria, basado en el orden sistemático de Beltrán-Torres y Carricart-Ganivet (1999).

PHYLUM CNIDARA			
CLASE	ODEN	FAMILIA	ESPECIE
Hydrozoa	Milleporina	Milleporidae	<i>Millepora alcicornis</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Stylaster roseus</i> (Pallas, 1766)
Anthozoa	Scleractinia	Pocilloporidae	<i>Madracis decactis</i> (Lyman, 1859)
		Acroporidae	<i>Acropora palmata</i> (Lamarck, 1816)
		Poritidae	<i>Porites astreoides</i> (Lamarck, 1816)
		Siderastreidae	<i>Siderastrea siderea</i> (Ellis y Solander, 1786)
		Agariciidae	<i>Agaricia agaricites</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Agaricia humilis</i> (Verrill, 1901)
Mussidae	<i>Mussa angulosa</i> (Oken, 1815)		

			<i>Mycetophyllia lamarckiana</i> (Milne Edwards 1848)
			<i>Scolymia lacera</i> (Pallas, 1766)
			<i>Colpophyllia natans</i> (Houttuyn, 1772)
			<i>Pseudodiploria clivosa</i> (Ellis y Solander, 1786)
		Faviidae	<i>Pseudodiploria strigosa</i> (Dana, 1846)
			<i>Montastraea cavernosa</i> (Linnaeus, 1767)
			<i>Orbicella annularis</i> (Dana, 1846)
			<i>Orbicella faveolata</i> (Ellis, 1786)
			<i>Orbicella franksi</i> (Gregory, 1895)
		Meandrinidae	<i>Dichocoenia stokesi</i> (Milne Edwards y Haime, 1848)

		Astrocoeniidae	<i>Stephanocoenia intersepta</i> (Lamarck, 1816)
--	--	----------------	---

Para el caso del macrobentos móvil se han registrado 11 especies, 10 géneros y familias, pertenecientes a 4 Phylum, el mas representativo es el Echinodermata con 6 especies, seguido de Mollusca y Artrophoda con 2 y Annelida 1 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Listado de especies observadas correspondientes al macrobentos móvil. El orden sistemático de Annelida sigue a Rouse y Fauchald (1998), Arthropoda a Martin y Davis (2001), Mollusca a Rosenberg (2005) y Echinodermata a Duran-González *et al.* (2005).

PHYLUM ANNELIDA			
CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Polychaeta	Sabellida	Amphinomidae	<i>Hermodice carunculata</i> (Pallas, 1766)
Phylum Arthropoda			
Malacostraca	Decapoda	Alpheidae	<i>Alpheus</i> sp. (Fabricius, 1798)
		Portunidae	<i>Callinectes sapidus</i> (Rathbun, 1896)
Phylum Mollusca			
Gastropoda	Neotaenioglossa	Strombidae	<i>Strombus</i> sp. (Linnaeus, 1758)

Bivalvia	Nuculoida	Mytilidae	<i>Mytilus</i> sp. (Linnaeus, 1758)
Phylum Echinodermata			
Asteroidea	Valvatida	Ophidiasteridae	<i>Ophidiaster guildingi</i> (Gray, 1840)
Echinoidea	Cidaroida	Cidaridae	<i>Eucidaris tribuloides</i> (Lamarck, 1816)
	Diadematoida	Diadematidae	<i>Diadema antillarum</i> (Philippi, 1845)
	Temnopleuroidea	Toxopneustidae	<i>Lytechinus variegatus</i> (Lamarck, 1816)
	Echinoida	Echinometridae	<i>Echinometra lucunter</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Echinometra viridis</i> (Agassiz, 1863)

Características de la comunidad íctica

La comunidad íctica en este trabajo esta representada por 60 especies, 32 géneros y 18 familias, siendo el grupo mas diverso. Las especies *Melichthys niger* y *Ophioblennius macclurei* constituyen nuevos registros para el área de influencia del (SALT) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Listado de especies observadas correspondientes a la comunidad íctica, basado en el orden sistemático de Nelson (1994).

PHYLUM CHORDATA			
CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Actinopterygii	Gasterosteiformes	Aulostomidae	<i>Aulostomus maculatus</i> (Valenciennes, 1837)
	Perciformes	Acanthuridae	<i>Acanthurus bahianus</i> (Castelnau, 1855)
			<i>Acanthurus chirurgus</i> (Bloch, 1787)
			<i>Acanthurus coeruleus</i> (Bloch y Schneider, 1801)
		Bleeniidae	<i>Ophioblennius macclurei</i> (Silvester, 1915)
		Carangidae	<i>Caranx latus</i> (Spix y Agassiz, 1831)
		Chaetodontidae	<i>Chaetodon capistratus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Chaetodon ocellatus</i> (Bloch, 1787)
		Haemulidae	<i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch, 1791)
			<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Haemulon aeorlineatum</i> (Cuvier y Valenciennes, 1830)
	<i>Haemulon boschmae</i> (Metzelaar, 1919)		

		<i>Haemulon carbonarium</i> (Poey, 1860)
		<i>Haemulon chrysargyreum</i> (Günther, 1859)
		<i>Haemulon flavolineatum</i> (Desmarest, 1823)
		<i>Haemulon macrostomum</i> (Günther, 1859)
		<i>Haemulon plumieri</i> (Desmarest, 1823)
		<i>Haemulon striatum</i> (Linnaeus, 1758)
	Holocentridae	<i>Holocentrus adscencionis</i> (Osbeck, 1765)
	Kyphosidae	<i>Kyphosus sectatrix</i> (Linnaeus, 1758)
	Labridae	<i>Bodianus rufus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Halichoeres bivittatus</i> (Bloch, 1791)
		<i>Halichoeres maculipinna</i> (Müller y Troschel , 1848)
		<i>Thalassoma bifasciatum</i> (Bloch, 1791)
	Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier y Valenciennes, 1828)
		<i>Lutjanus apodus</i> (Walbaum, 1792)
		<i>Lutjanus jocu</i> (Bloch y Schneider, 1801)

			<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)
		Pomacanthidae	<i>Holacanthus ciliaris</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Holacanthus tricolor</i> (Bloch, 1795)
			<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1787)
		Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Chromis cyanea</i> (Poey, 1860)
			<i>Chromis insolata</i> (Cuvier y Valenciennes, 1830)
			<i>Chromis multilineata</i> (Guichenot, 1853)
			<i>Microspathodon chrysurus</i> (Cuvier y Valenciennes, 1830)
			<i>Stegastes dorsopunicans</i> (Poey, 1868)
			<i>Stegastes leucostictus</i> (Müller y Troschel, 1848)
			<i>Stegastes partitus</i> (Poey, 1868)
			<i>Stegastes planifrons</i> (Cuvier y Valenciennes, 1830)
			<i>Stegastes variabilis</i> (Castelnau, 1855)
		Scaridae	<i>Scarus coeruleus</i> (Bloch, 1786)
			<i>Scarus iseri</i> (Bloch, 1789)
			<i>Scarus taeniopterus</i> (Desmarest, 1831)

		<i>Scarus vetula</i> (Bloch y Schneider, 1801)
		<i>Sparisoma aurofrenatum</i> (Valenciennes, 1840)
		<i>Sparisoma chrysopterum</i> (Bloch y Schneider, 1801)
		<i>Sparisoma rubripinne</i> (Valenciennes, 1840)
		<i>Sparisoma viride</i> (Bonnaterre, 1788)
	Scombridae	<i>Sphyræna barracuda</i> (Walbaum, 1792)
	Serranidae	<i>Epinephelus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)
		<i>Epinephelus guttatus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Hypoplectrus puella</i> (Cuvier, 1828)
		<i>Mycteroperca tigris</i> (Cuvier y Valenciennes, 1833)
		<i>Cephalopholis cruentata</i> (Lacepède, 1802)
	Balistidae	<i>Balistes capriscus</i> (Gmelin, 1789)
		<i>Canthidermis sufflamen</i> (Mitchill, 1815)
		<i>Melichtys niger</i> (Bloch, 1786)

		Ostraciidae	<i>Lactophrys triqueter</i> (Linnaeus, 1758)
	Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Canthigaster rostrata</i> (Bloch, 1786)

Cobertura por atributo morfo funcional

La cobertura por atributo morfo funcional estadísticamente no evidencia diferencias significativas entre las estructuras arrecifales (P-Value= 0.916), a nivel de grupo las algas, el sustrato abiótico y la cobertura coralina no exhibe diferencias a escala de arrecife, sin embargo la cobertura de esponjas es estadísticamente diferente (P-Value= 0.048), evidenciando mayor cobertura en el arrecife Blake.

Los resultados de la cobertura del fondo en el arrecife Pantepec, permiten evidenciar que las algas dominan con 44 %, seguido los corales con un 33 % y el sustrato abiótico con presentan un 21 % mientras que las esponjas ocupan un 2 % de la cobertura del fondo (Figura 6 y 7).

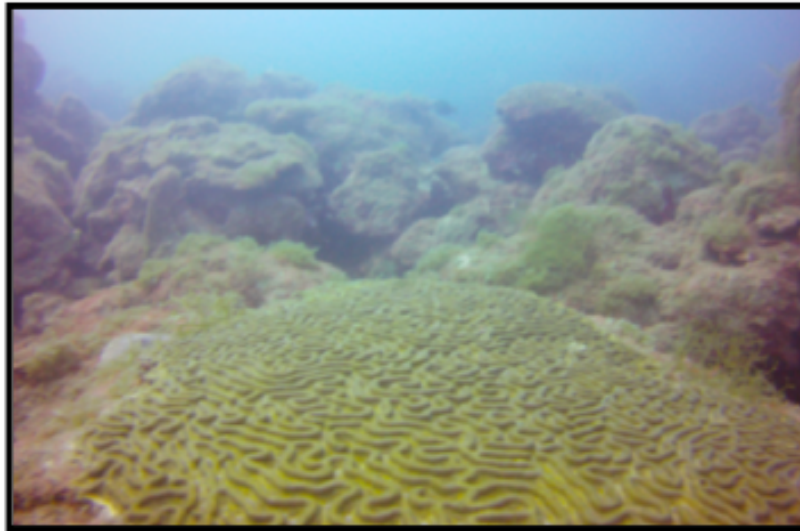


Figura 6. Características del fondo en el arrecife Pantepec.

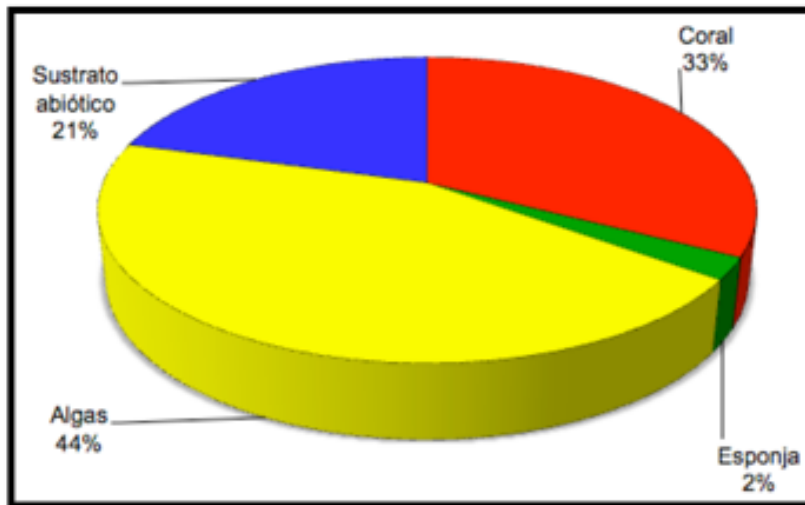


Figura 7. Cobertura del fondo en el arrecife Pantepec.

Para el caso del arrecife Blake se puede evidenciar de manera general una cobertura coralina del 36 %, sin embargo , el sustrato abiótico y las algas dominan con 29 y 26 % respectivamente, por último las esponjas se ven representadas por un 9 % (Figura 8 y 9).

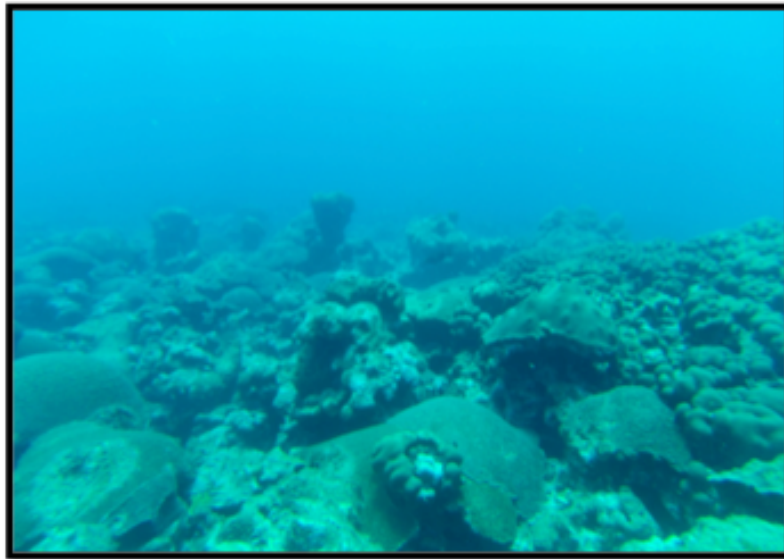


Figura 8. Características del fondo en el arrecife Blake.

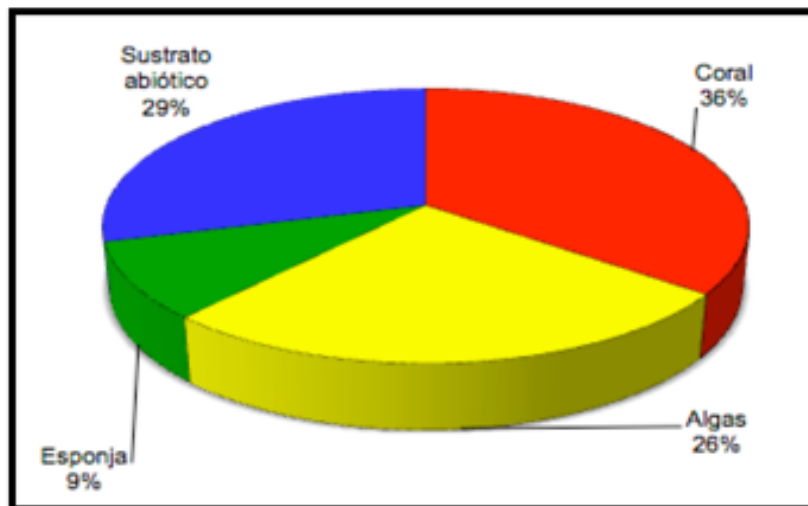


Figure 9. Cobertura del fondo en el arrecife Blake.

En el caso de Oro Verde, se observa una dominancia de algas con 63 %, el 28 % de cobertura es de coral duro, mientras que el sustrato abiótico y las esponjas

representan el 6 y 2 % respectivamente, se incluye el 1% de coral blando (Gorgonáceos) (Figura 10 y 11).

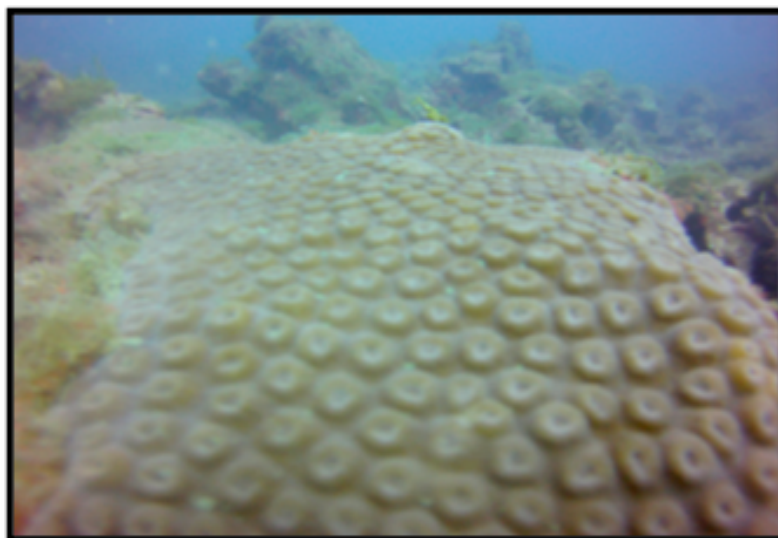


Figura 10. Características del fondo en el arrecife Oro Verde.

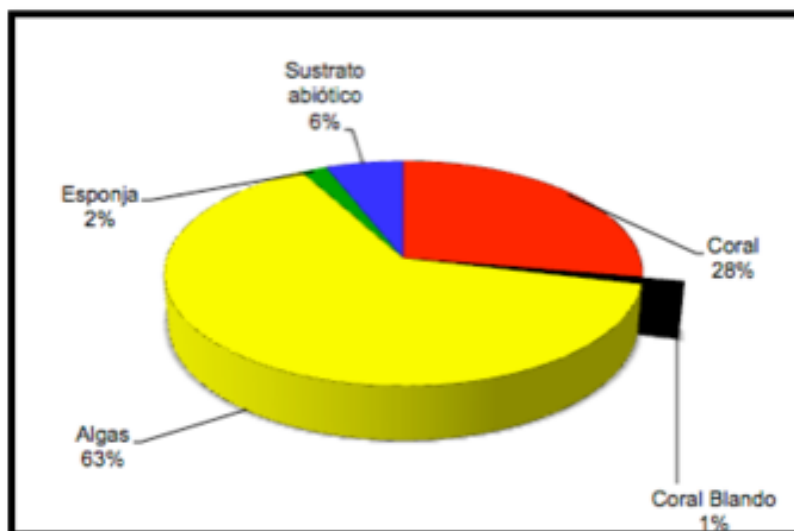


Figura 11. Cobertura del fondo en el arrecife Oro Verde.

Cobertura por especie de coral

Las especies de corales pétreos para el arrecife Pantepec, se ven representadas por 13 además de un Milepórido (*Millepora alcicornis*) (Figura 12), la especie con mayor cobertura esta representada por *Colpophyllia natans* 23 %, seguida de *Siderastrea siderea* 21 % y *Montastraea cavernosa* 19 %, las de menos cobertura fueron *Dichocoenia stokesi* y *Mussa angulosa* < 1 % (Figura 13).

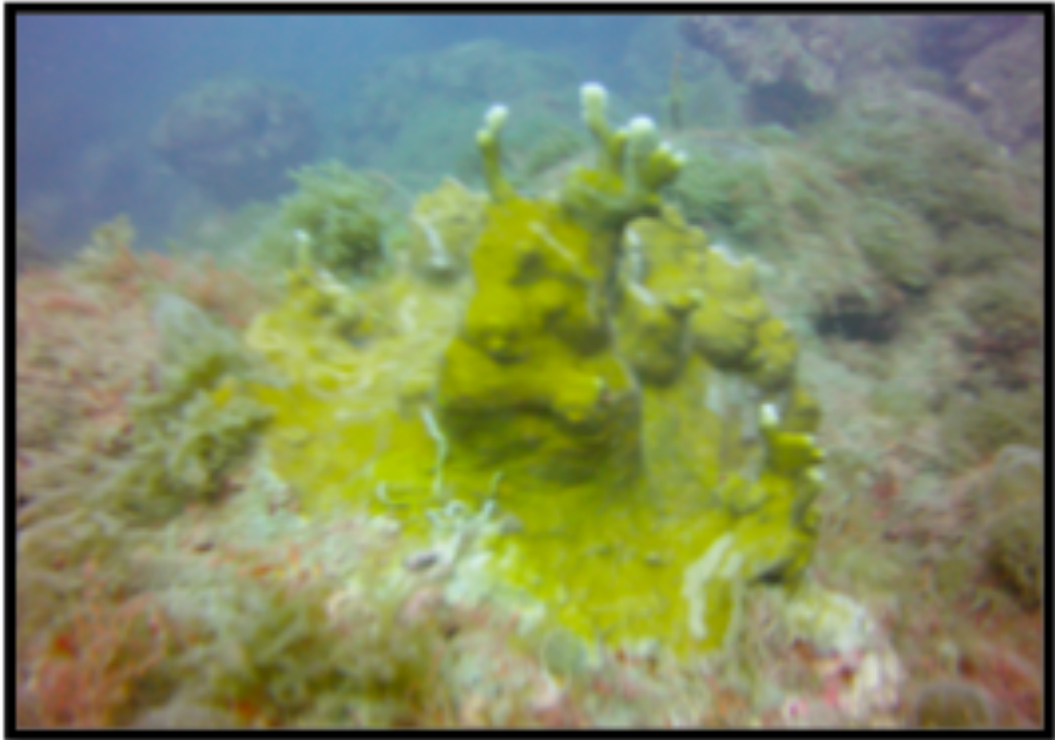


Figura 12. Milepórido (*Millepora alcicornis*) presente en el arrecife Pantepec.

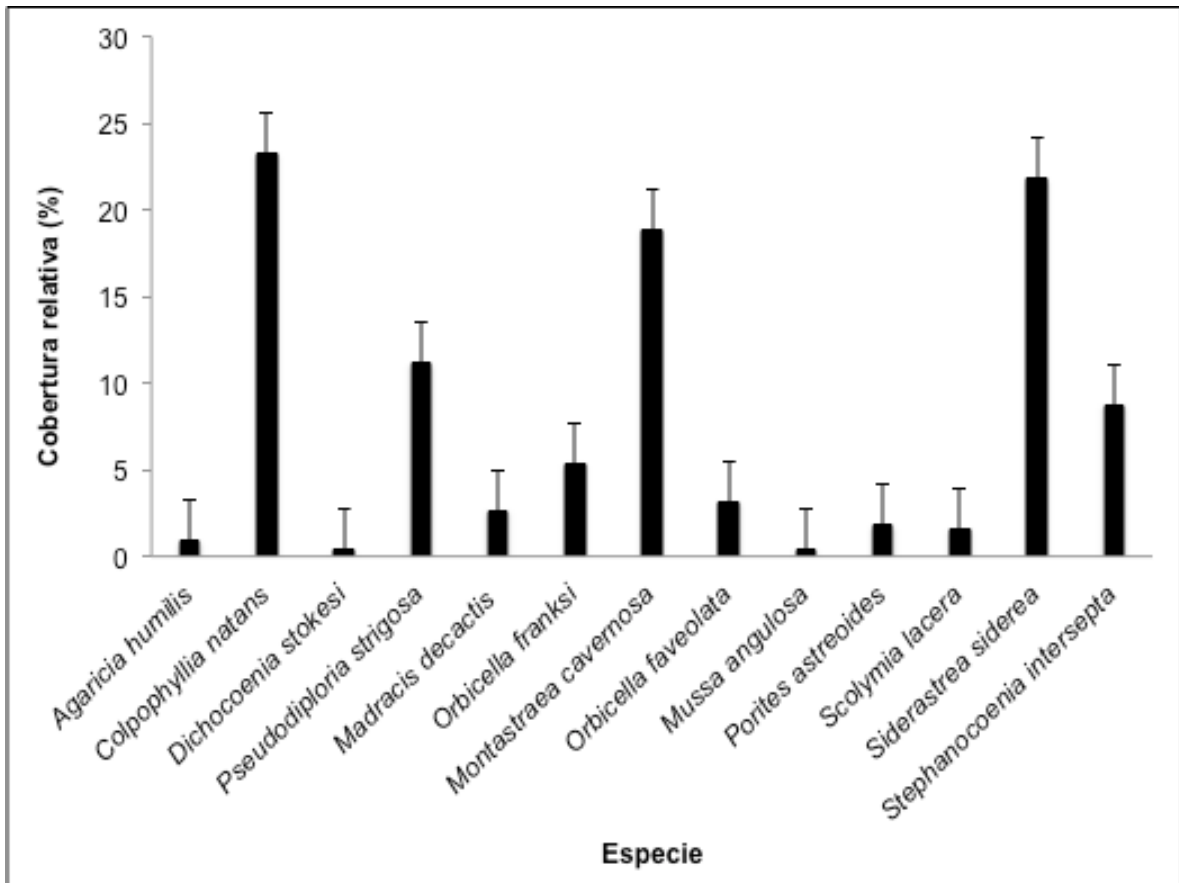


Figura 13. Cobertura relativa de corales pétreos para el arrecife Pantepec.

Para el arrecife Blake se observaron también 13 especies de corales pétreos, *Pseudodiploria strigosa* obtuvo la mayor cobertura relativa con un 31 %, seguido de *Colpophyllia natans* que posee 19 %. Las especies con menor cobertura fueron *Madracis decactis* y *Mycetophyllia lamarckiana* con < 1 % cada una (Figura 14) (Figura 15). Además se observó en los sitios de muestreo la presencia de *Acropora palmata*.

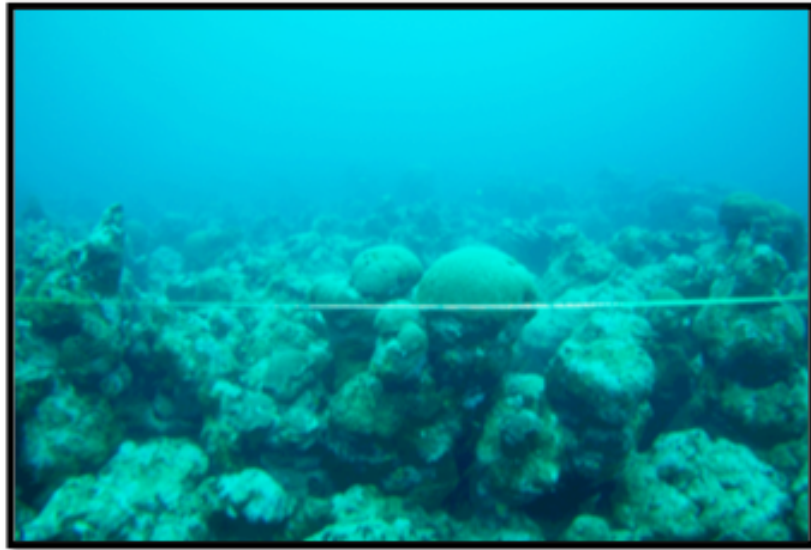


Figura 14. Cobertura coralina para el arrecife Blake.

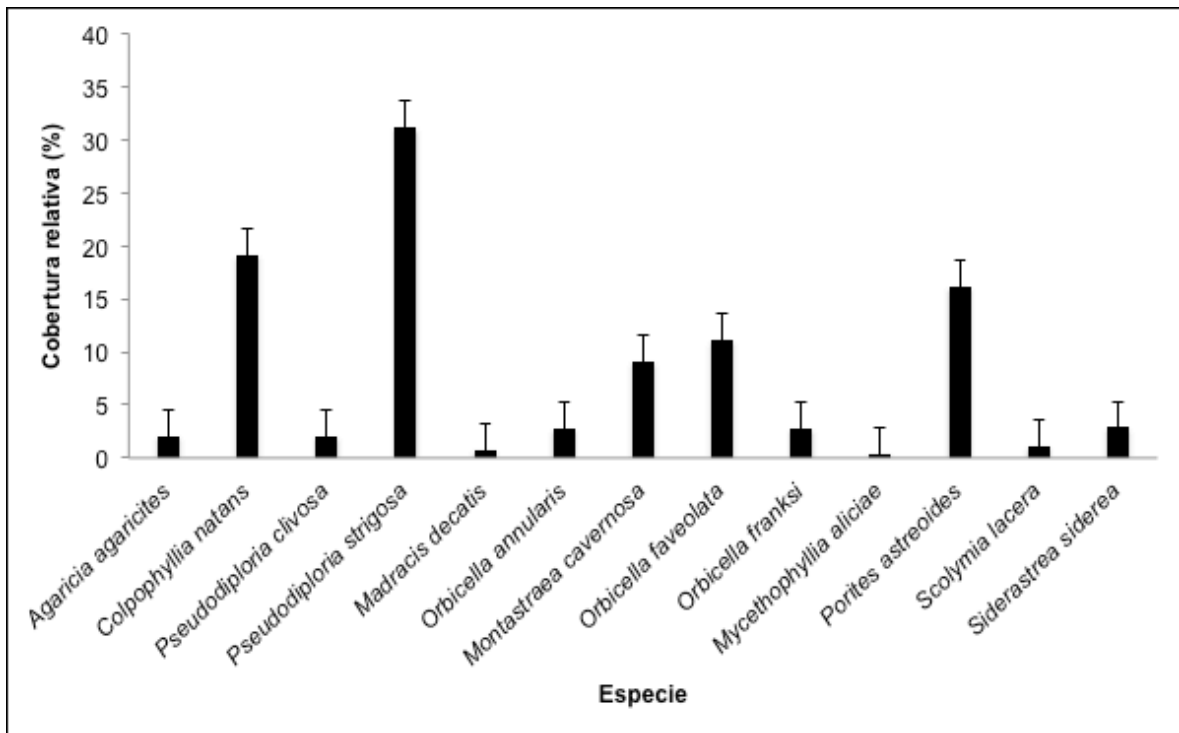


Figura 15. Cobertura relativa de corales pétreos para el arrecife Blake.

En el caso del arrecife Oro Verde, se registró 1 especie de Milepórido (*Millepora alcicornis*) y 9 de corales pétreos, en donde se destaca la cobertura de *Montastraea cavernosa* 54 % y de *Siderastrea siderea* 16 % en contraste con *Porites astreoides* y *Agaricia agaricites* con valores de 1 % (Figura 16 y 17). También se incluyen otras especies observadas para el área de estudio; *O. franksi*, *O. annularis*, *Mussa angulosa* y *Scolymia lacera*, (Figura 18).

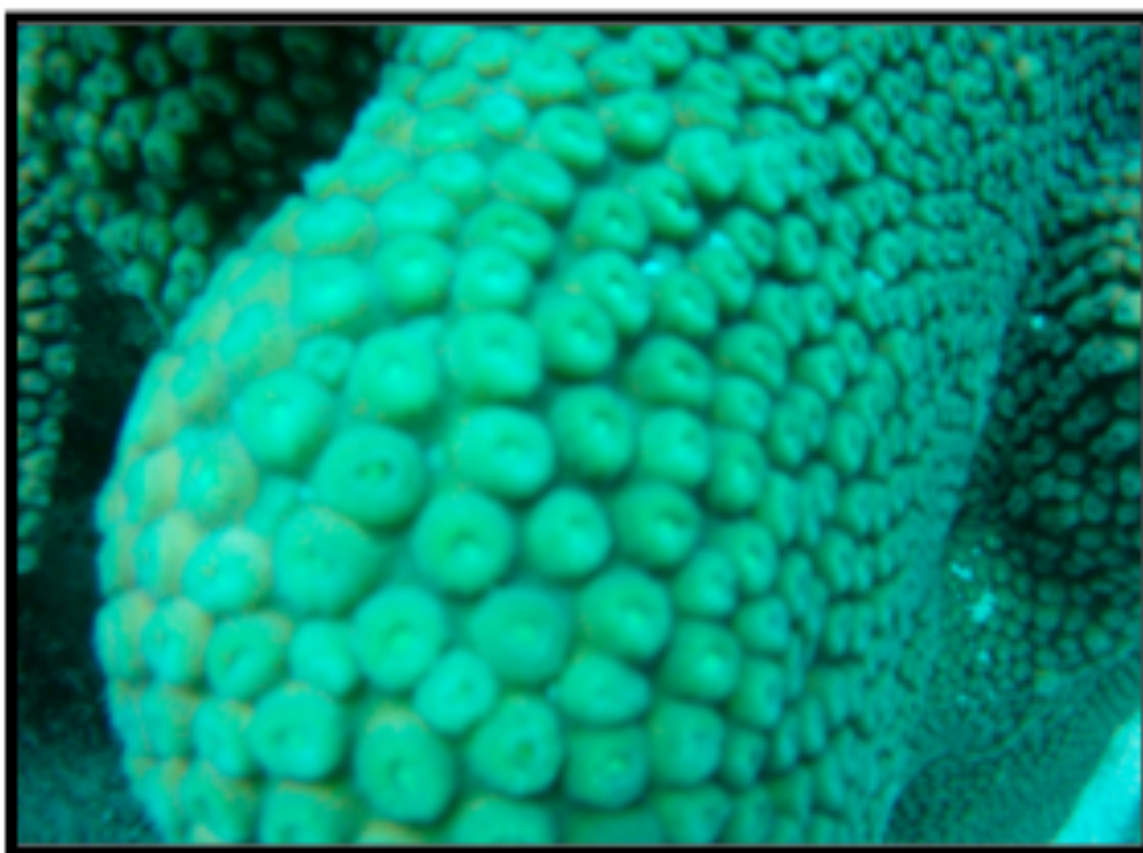


Figura 16. *Montastraea cavernosa* presente en el arrecife Oro Verde.

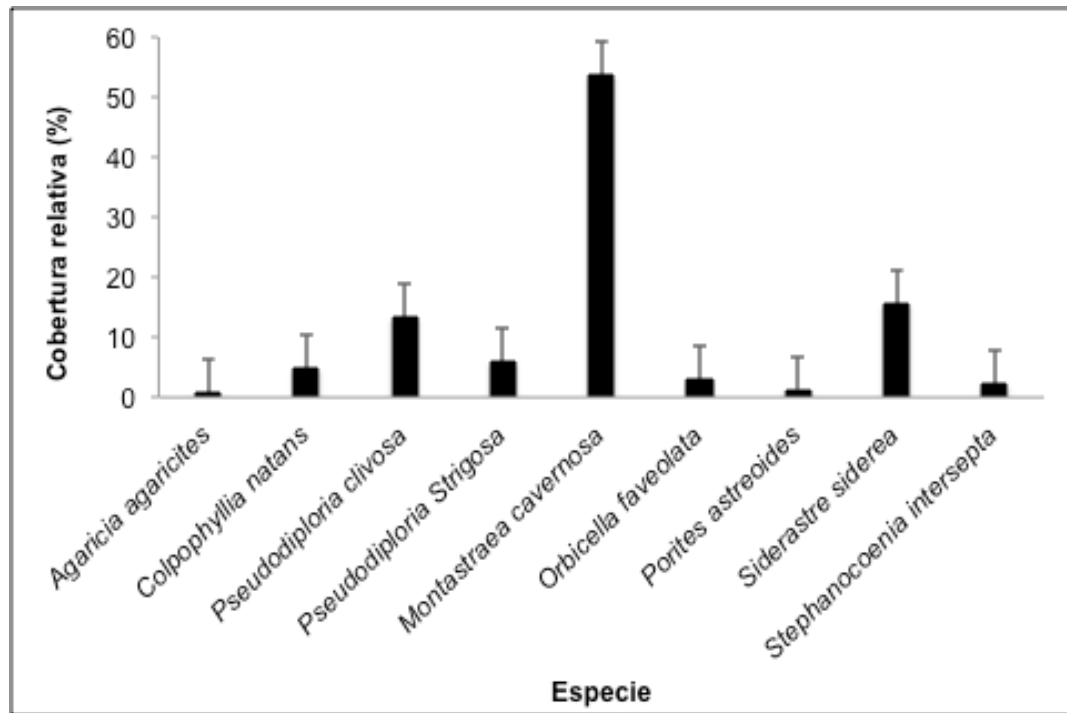


Figura 17. Cobertura relativa de corales pétreos en el arrecife Oro Verde.

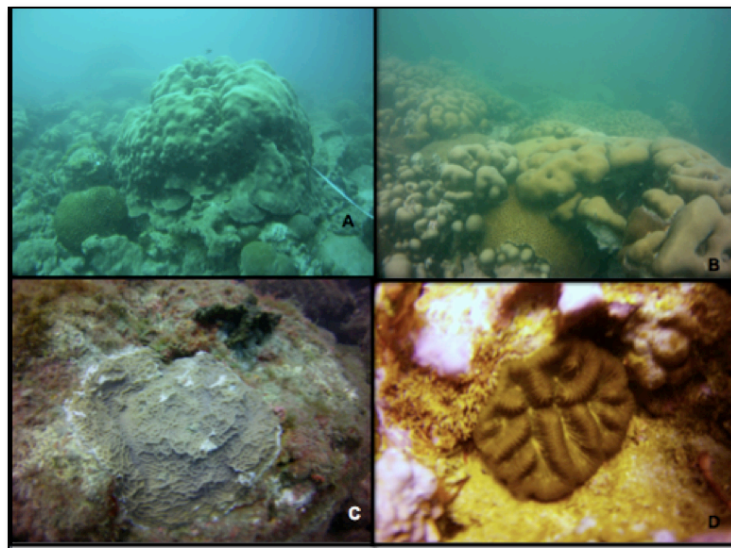


Figura 18. Especies observadas para el área de estudio; (A) *Orbicella faveolata*, (B) *O. annularis*, (C) *Agaricia* sp. (D) *Mycetophyllia* sp.

Las especies de coral que están mejor representadas en términos de cobertura para los arrecifes de estudio, son similares a las reportadas por González-Cobos (2010) quien reportó a *S. siderea* y *C. natans*, para el Blake Martos (2010) reporta también a *C. natans* y *P. astreoides* y Maruri (2012) para el Oro Verde agrega que la cobertura coralina está compuesta principalmente por *M. cavernosa* y *S. siderea*

Abundancia de la comunidad bentónica

La abundancia de corales en los arrecifes no emergentes (Figura 19), estadísticamente no exhibe diferencias significativas (P-Value= 0.9067).

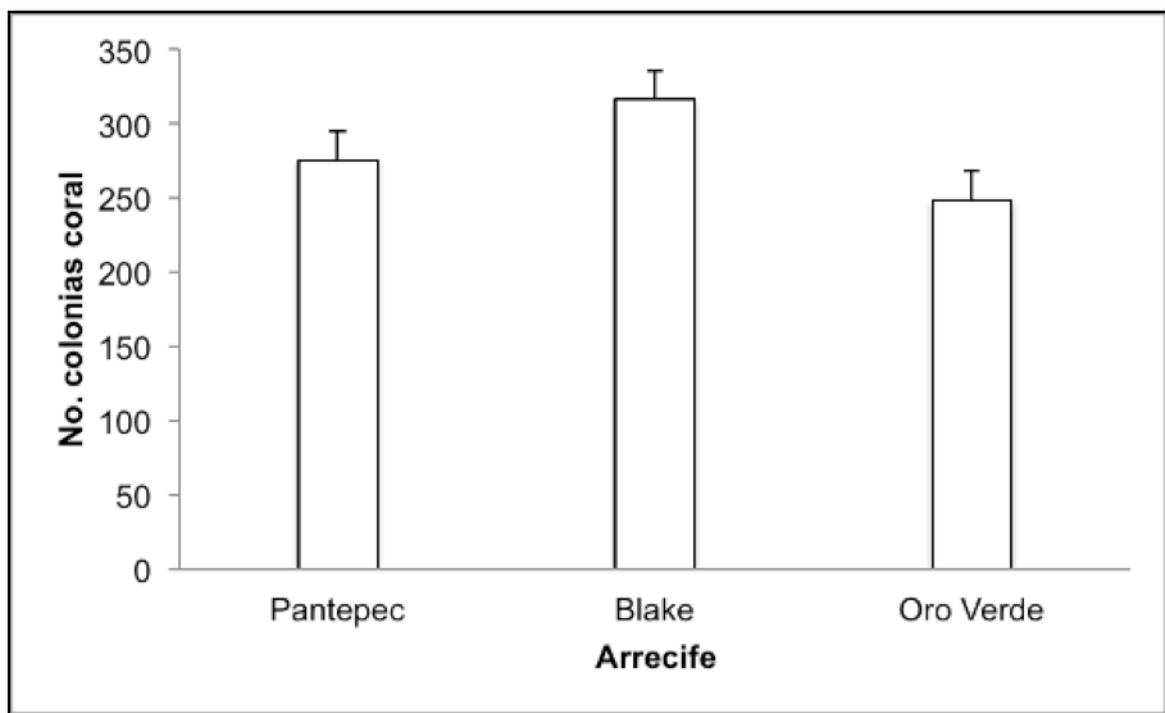


Figura 19. Número de colonias de coral para cada una de las estructuras arrecifales.

Se registraron 839 colonias de coral, en el arrecife Blake 316 colonias, seguido del Pantepec con 275, mientras que para el arrecife Oro Verde el número de colonias es el más bajo 248, se destaca las especies con una distribución restringida, ya que no se observaron en todos los sitios de muestreo, se ven representadas por *Agaricia humillis*, *Dichocoenia stokesi* y *Mycetophyllia lamarckiana* (Cuadro 5).

Cuadro 5. Abundancia de los corales (Scleractinia) para los sitios de muestreo. Las (X) indican que solo fueron observadas.

ESPECIE	PANTEPEC	BLAKE	ORO VERDE
<i>Agaricia agaricites</i>	0	4	2
<i>Agaricia humilis</i>	1	0	0
<i>Colpophyllia natans</i>	69	65	12
<i>Pseudodiploria clivosa</i>	0	4	31
<i>Pseudodiploria strigosa</i>	31	87	16
<i>Madracis decactis</i>	5	3	0
<i>Orbicella annularis</i>	0	11	X
<i>Montastraea cavernosa</i>	47	26	133
<i>Orbicella faveolata</i>	11	36	8
<i>Orbicella franksi</i>	20	7	X
<i>Porites astreoides</i>	5	58	3

<i>Scolymia lacera</i>	3	2	X
<i>Dichocoenia stokesi</i>	1	0	0
<i>Mussa angulosa</i>	1	0	X
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	35	1	0
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>	0	0	6
<i>Siderastrea siderea</i>	46	12	37
<i>Millepora alcicornis</i>	X	X	X
<i>Stylaster roseus</i>	X	X	X
<i>Acropora palmata</i>	0	X	0

Para el arrecife Pantepec las especies mas abundantes son *C. natans* y *M. cavernosa* con 69 y 47 colonias respectivamente, las menos abundantes corresponden a *A. humillis*, *M. angulosa* y *D. stokesi* con una colonia observada para cada especie.

En el arrecife Blake, se destaca *P. strigosa* con 85 colonias y *C. natans* con 65, 2 colonias mientras que *S. lacera* registró 2 y *S. intersepta* 1 colonia.

Del arrecife Oro Verde se observa que la especie abundante es *M. cavernosa* con 133 colonias, mientras que *A. Agaricites* y *P. Astreoides* presentan < 3 colonias.

La especie con el mayor número de colonias observadas para los arrecifes de tipo no emergente, corresponde a *M. cavernosa* con 206 colonias, le siguen *C. Natans* con 146, *P. strigosa* y *S. Siderea* con 134 y 95 colonias respectivamente. Mientras que *A. humillis*, *S. intersepta*, *M. angulosa* y *D. stokesi* con 1 colonia observada son las especies menos abundantes (Figura 20).

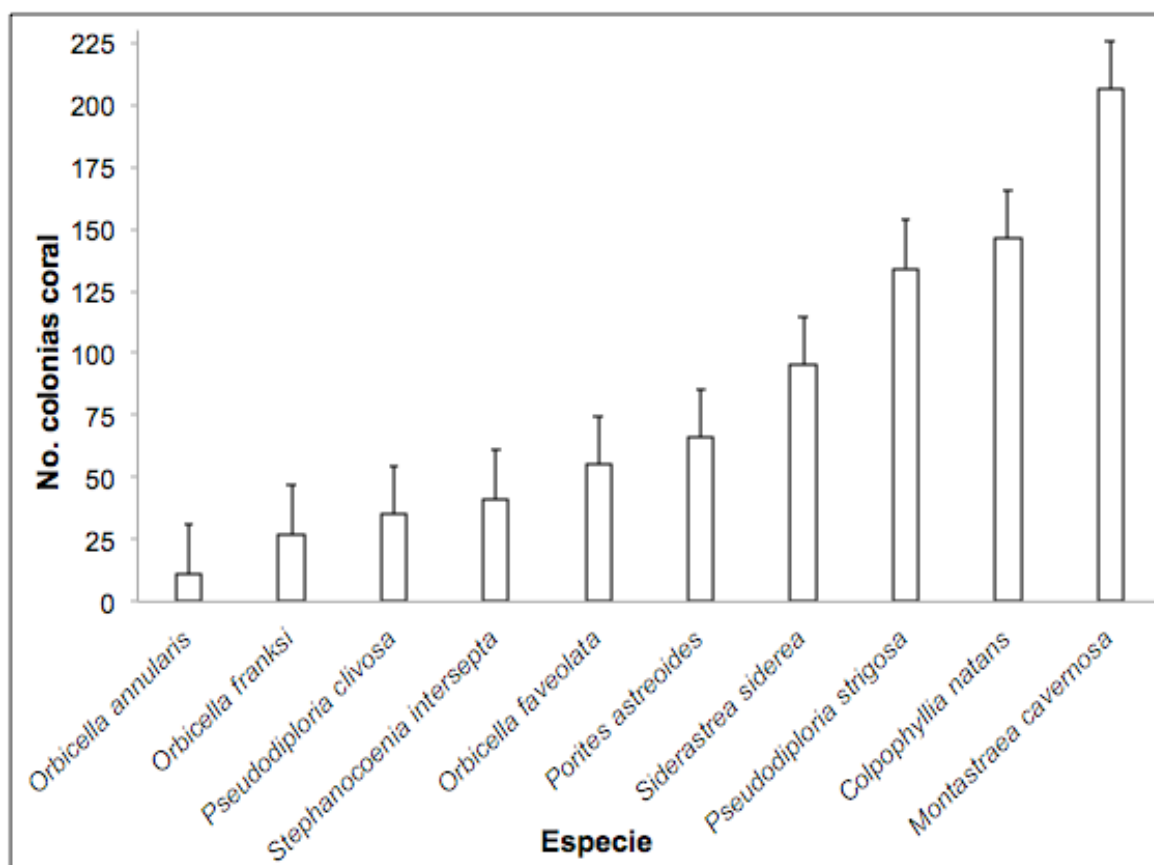


Figura 20. Número de colonias de corales pétreos (>10) observadas.

Los equinodermos son los miembros del macrobentos móvil con una abundancia representativa (84%), *Echinometra viridis* es la especie más abundante en todos los sitios de muestreo con 53%, seguida de *Diadema antillarum* con 12%. Los

moluscos se ven constituidos con un 13% y con valores mas bajos están los anélidos y crustáceos < 2 % (Figura 21). Estadísticamente no existen diferencias significativas entre los arrecifes (V-Pluue= 0.7614).

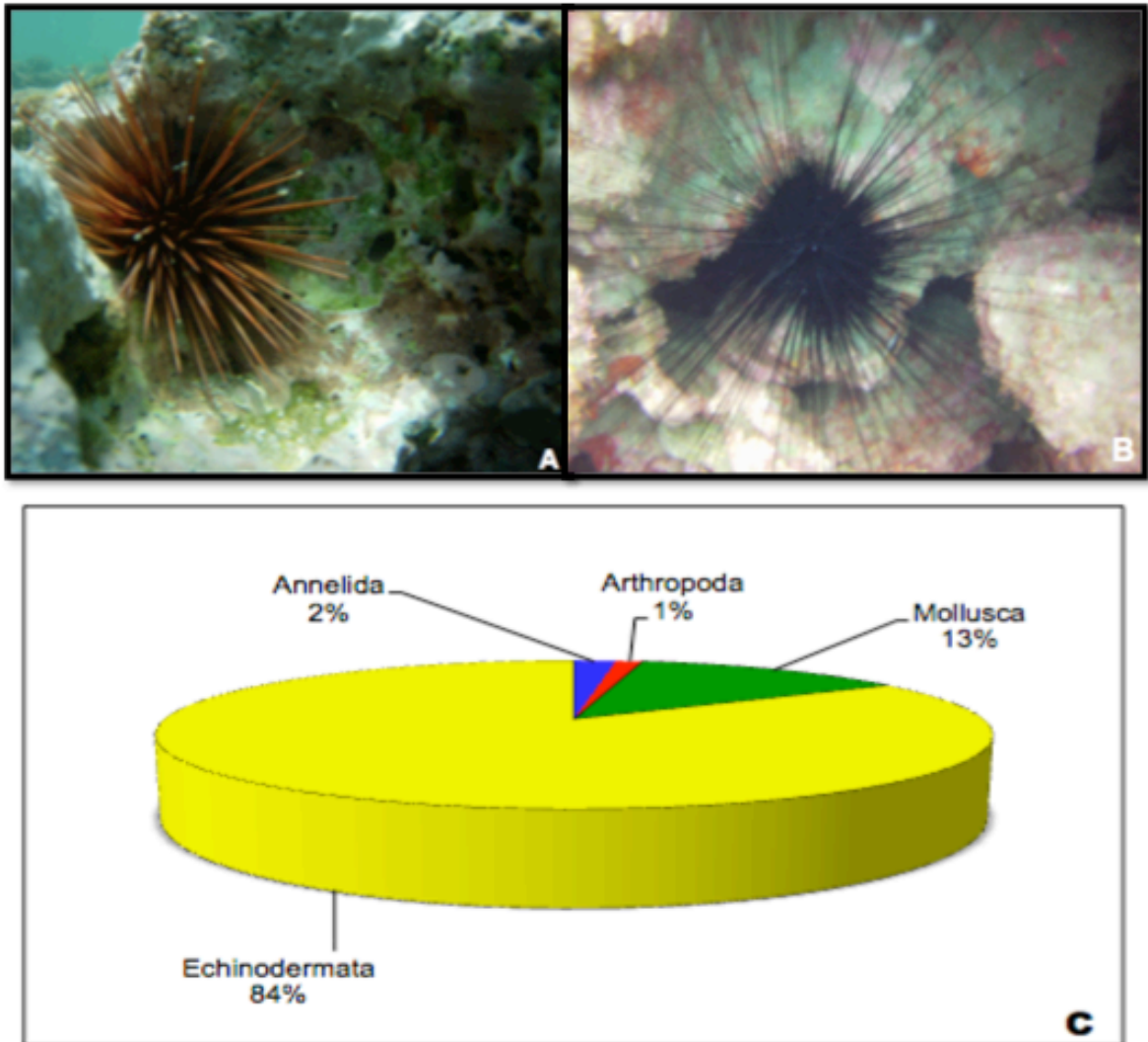


Figura 21. (A) *Echinometra viridis*, (B) *Diadema antillarum*, (C) Abundancia relativa del macrobentos móvil.

Los equinodermos figuran con 131 individuos/600m², seguidos de los moluscos con 26 y los anélidos y crustáceos con 5 y 4 respectivamente. *Echinometra viridis* es hasta el momento la especie más importante en los sitios de muestreo, ya que se presenta en todos los transectos y en mayor número de individuos (79 ind/600m²) (Figura 22).

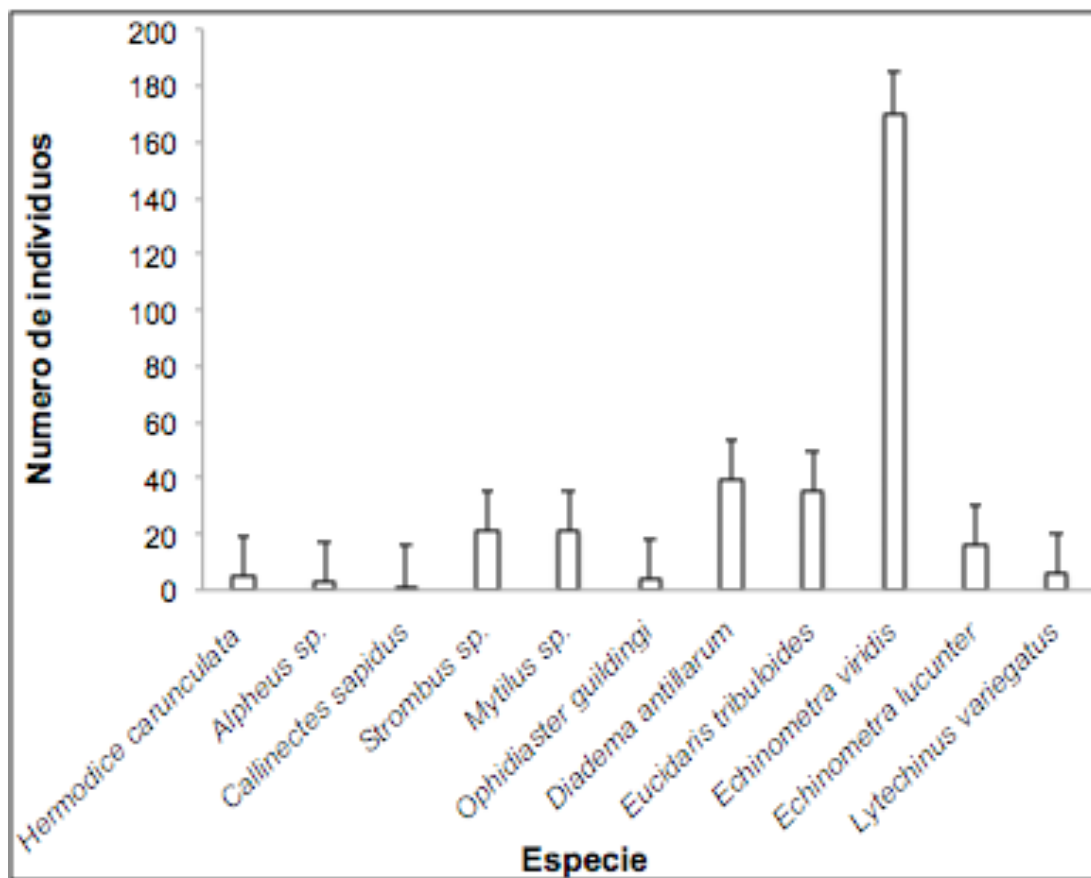


Figura 22. Número de individuos / 600 m² del macrobentos móvil.

Abundancia de la comunidad íctica

Un total de 3017 organismos fueron censados. Las especies que presentan mayor porcentaje de abundancia son: *Chromis multilineata* (20 %), *Kyphosus sectatrix* (7,8 %) y *Thalassoma bifasciatum* (6,5 %) (Figura 23 y 24). A nivel de familias, las mas importantes en términos de abundancia relativa son: Pomacentridae (43%), Scaridae (12 %) y Labridae (11 %) (Figura 25).

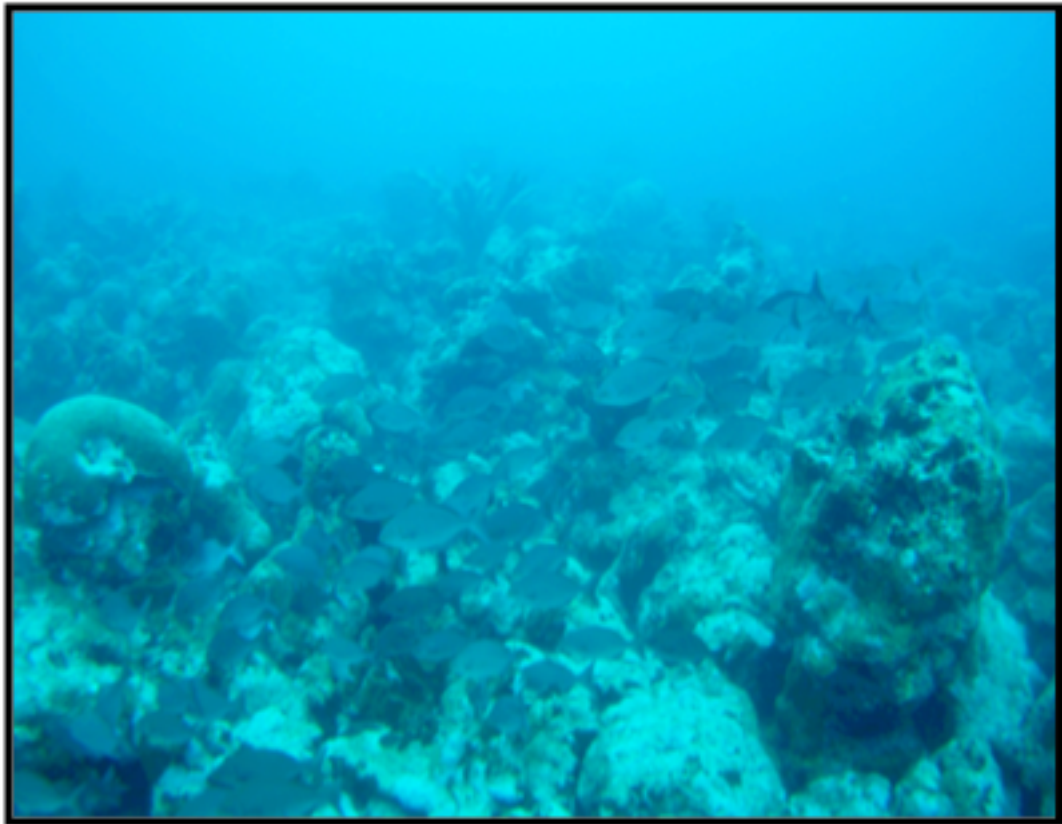


Figura 23. *Kyphosus sectatrix* presente en el arrecife Blake.

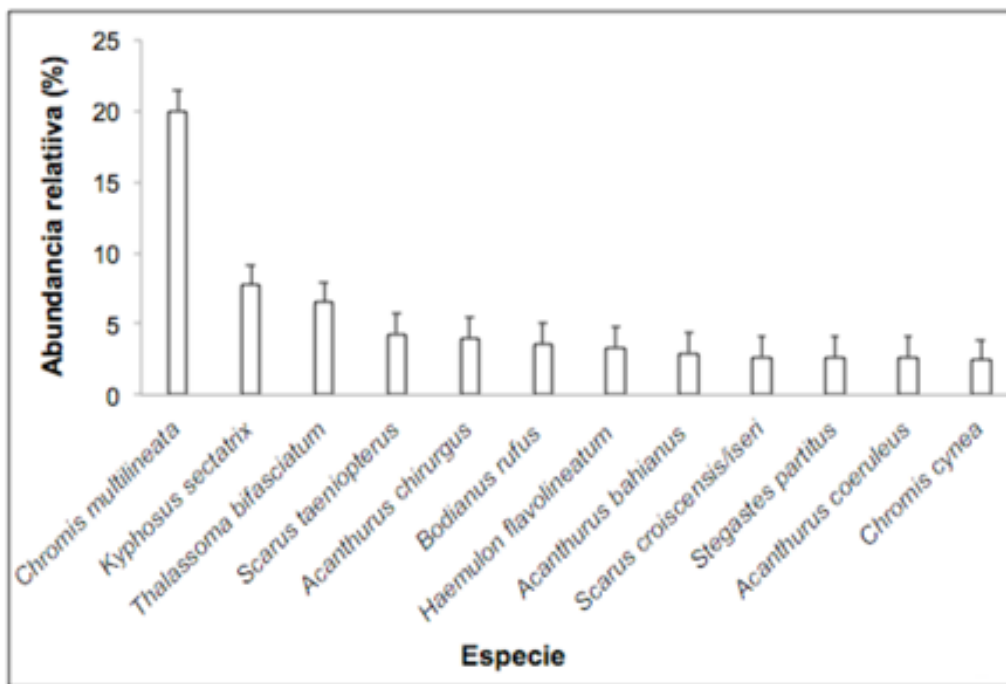


Figura 24. Abundancia relativa de las especies de peces representativas.

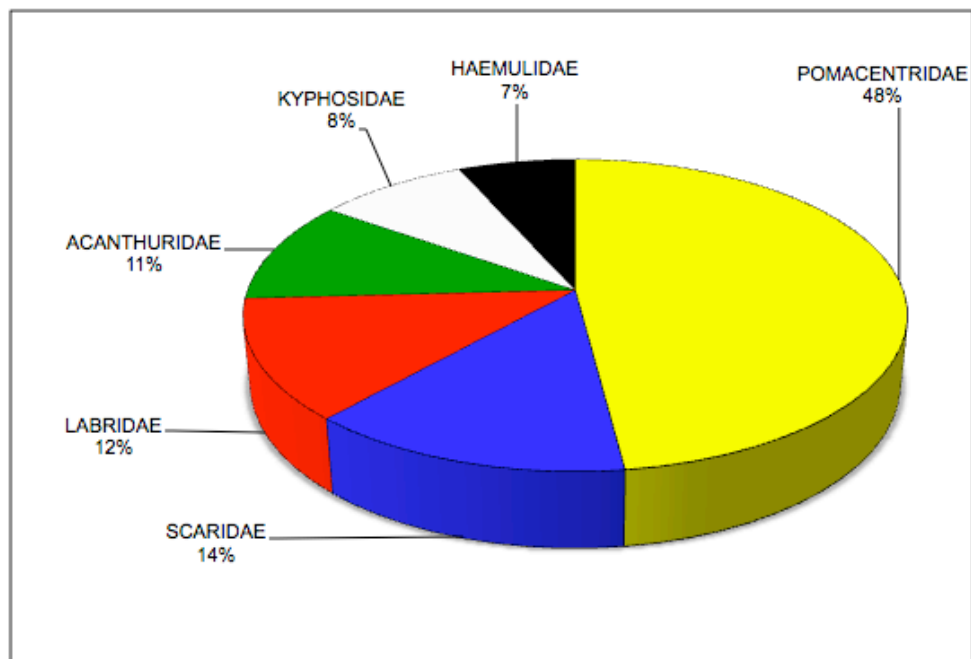


Figura 25. Abundancia relativa de las familias de peces representativas.

La abundancia íctica de las estructuras arrecifales de tipo no emergentes fue mayor en el arrecife Blake (1874 ind), en contraste con el arrecife Pantepec y Oro Verde, 618 y 525 individuos respectivamente. Estadísticamente existen diferencias significativas entre los arrecifes (P-Value= 0.02688).

Índices de diversidad

Para la comunidad bentónica los valores mas altos de diversidad H (Shannon-Wiener = 2.032, equidad J (Pielou = 0.7922) y dominancia λ (Simpson = 6.507), ocurrieron en el arrecife Pantepec (Figura 26). Con un nivel de confianza del 95 % la diversidad del arrecife Pantepec y el Blake es mayor respecto del Oro Verde, mientras que la diversidad del Pantepec es igual a la del Blake.

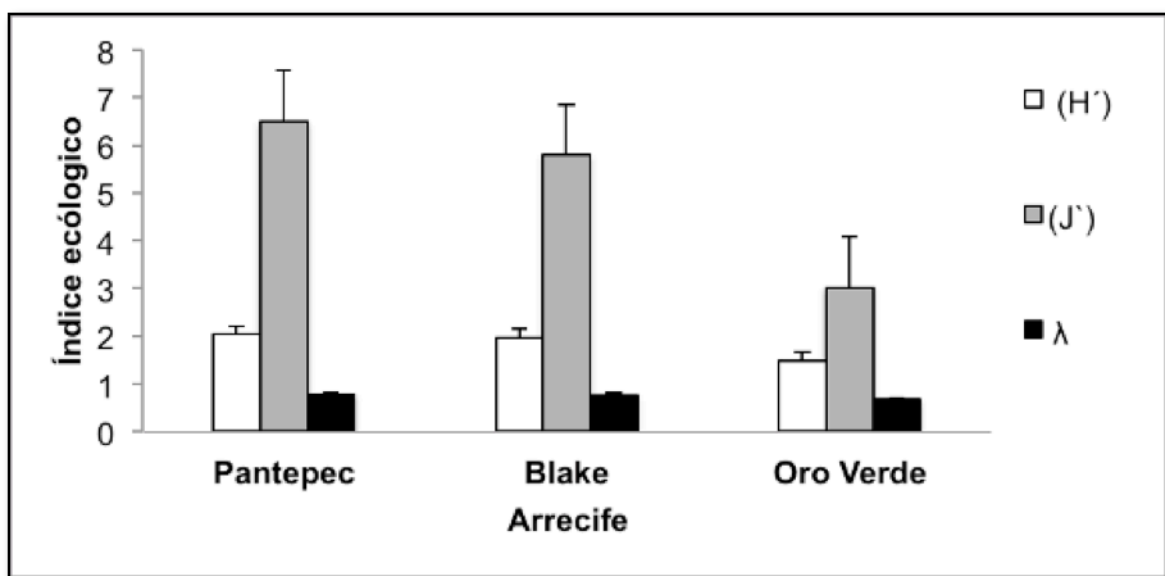


Figura 26. Índices ecológicos para los corales de los arrecifes no emergentes.

Los resultados para los invertebrados móviles evidencian que el máximos valores de H' , J' y dominancia en el arrecife Oro Verde con (1.9) (0.825) y (5.408) (Figura 27). Con un nivel de confianza del 95 % la diversidad del arrecife Oro Verde es mayor respecto del Pantepec y Blake, mientras que la diversidad del Pantepec continua igual a la del Blake.

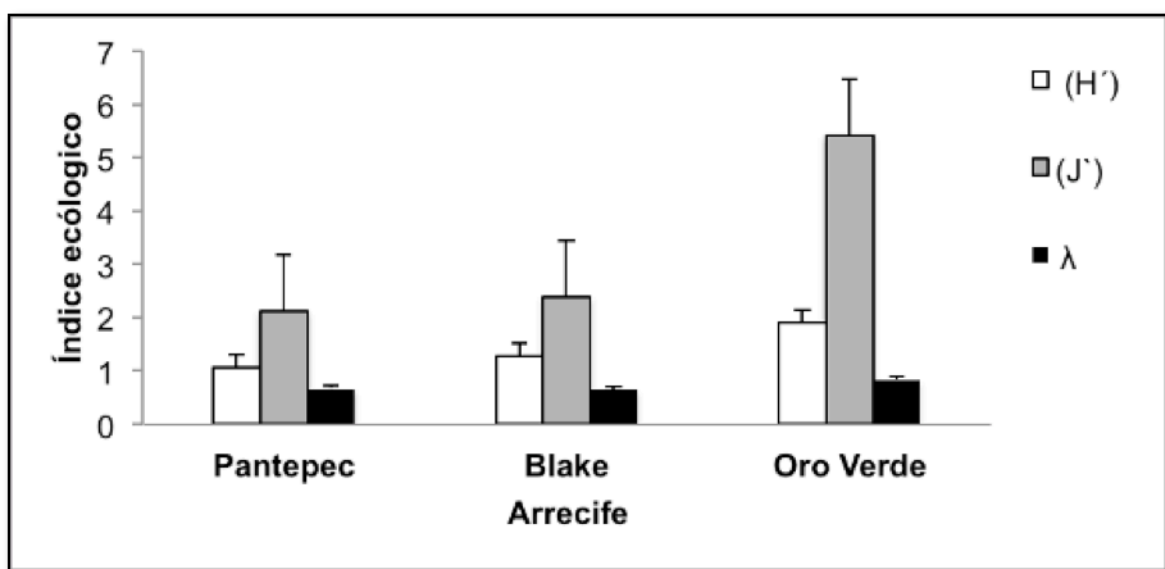


Figura 27. Índices ecológicos para los invertebrados móviles de los arrecifes no emergentes.

Para los peces lo máximos valores de H' , J' y dominancia se presentan en el arrecife Blake (3.141) (0.7671) y (14.34) (Figura 28). Con un nivel de confianza del 95 % la diversidad del arrecife Blake es mayor respecto del Pantepec, mientras que la diversidad del Oro Verde es igual con respecto a Blake y Pantepec.

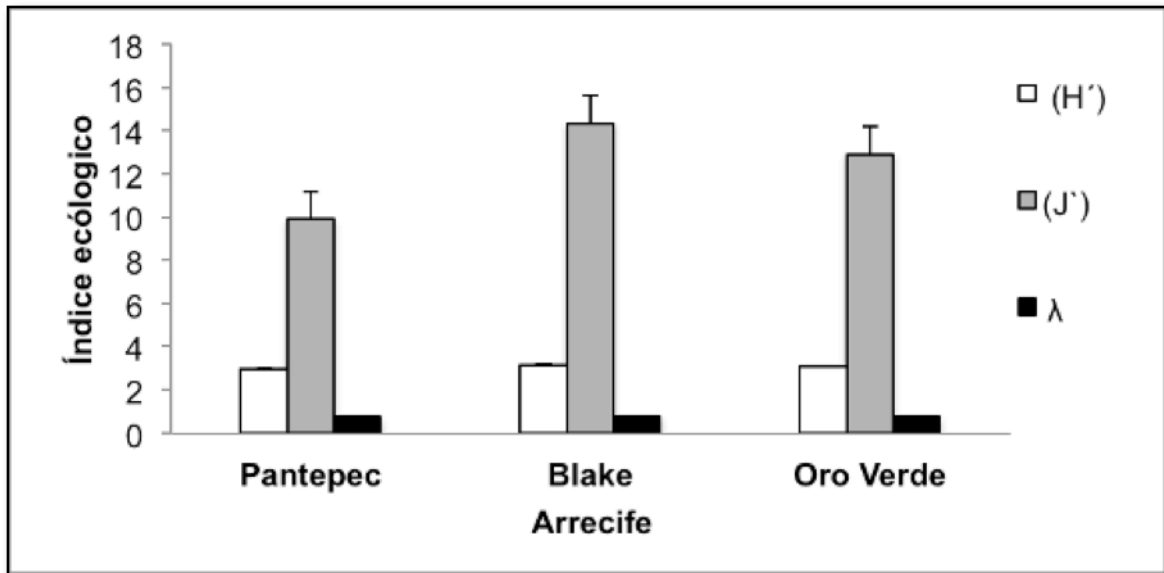


Figura 28. Índices ecológicos para los peces de los arrecifes no emergentes.

6.3. Análisis de actividades

Las actividades que se desarrollan en el área y que actúan como agentes de cambio fueron identificadas (Figura 29).

- Agricultura
- Industria
- Desarrollo urbano
- Especies invasoras
- Sobrepesca
- Pesca ilegal
- Operaciones marítimas
- Fuertes vientos

- Huracanes y tormentas tropicales
- Cambio climático
- Turismo

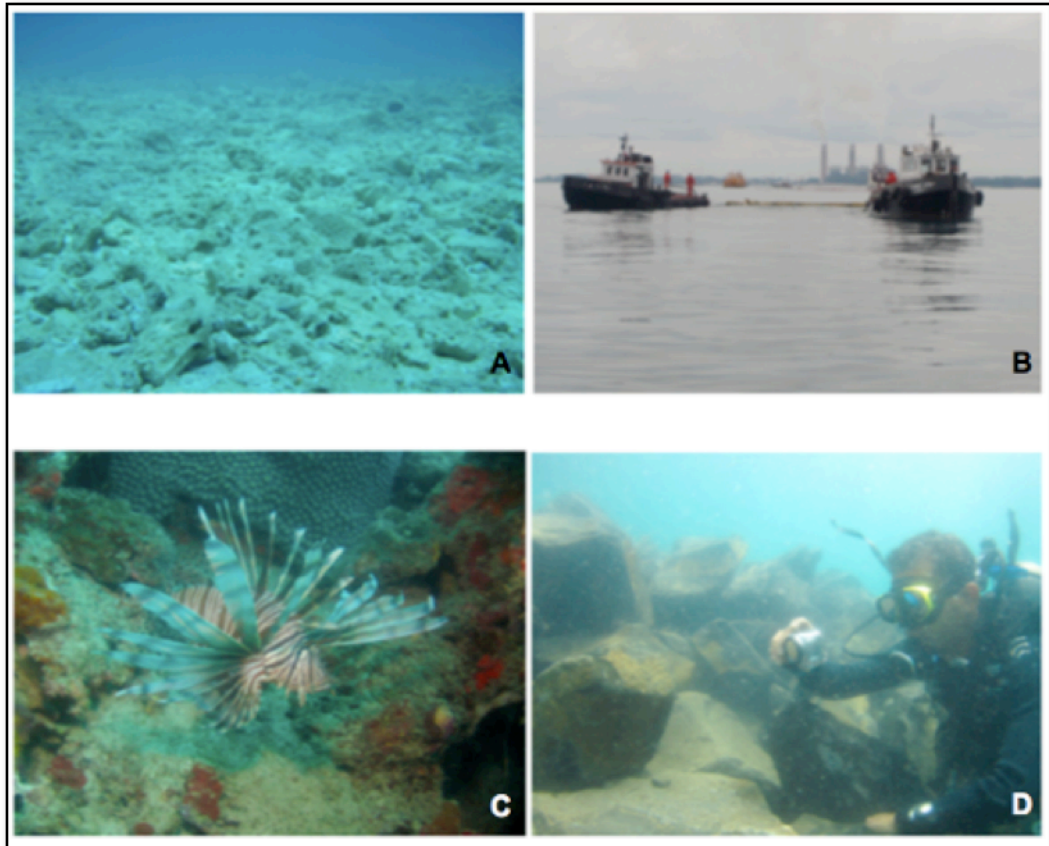


Figura 29. Ejemplos de algunos agentes de cambio presentes en el área de estudio; (A) Procesos Naturales , (B) Contaminación, (C) Especies Invasoras y (D) Degradación del hábitat.

Cuadro 6. Agricultura, Industria y Desarrollo Urbano.

Actividad de desarrollo	Impacto
Agricultura	Erosión
	Eutrofización
Industria	Régimen Hidrológico alterado
Desarrollo Urbano	Erosión
	Sedimentación

La degradación del hábitat (Cuadro 6) es evidente para la zona de estudio, ya que ocurren algunas actividades tales como; la visible vocación agrícola de la región, capaz de alterar la vegetación terrestre de la zona (deforestación) causando erosión y eutrofización, el régimen hidrológico alterado, los aportes de aguas residuales y continentales a los arrecifes de manera excesiva o a destiempo (desarrollo urbano), la desviación, bloqueo y alteración de aguas producto de las escolleras y otras obras de carácter industrial (Universidad Veracruzana, 2003) Figura 30). La sedimentación constituye un agente de cambio, producto de los excesos de aportes de materia orgánica como fuente de nitrógeno (Aoyama 2010).

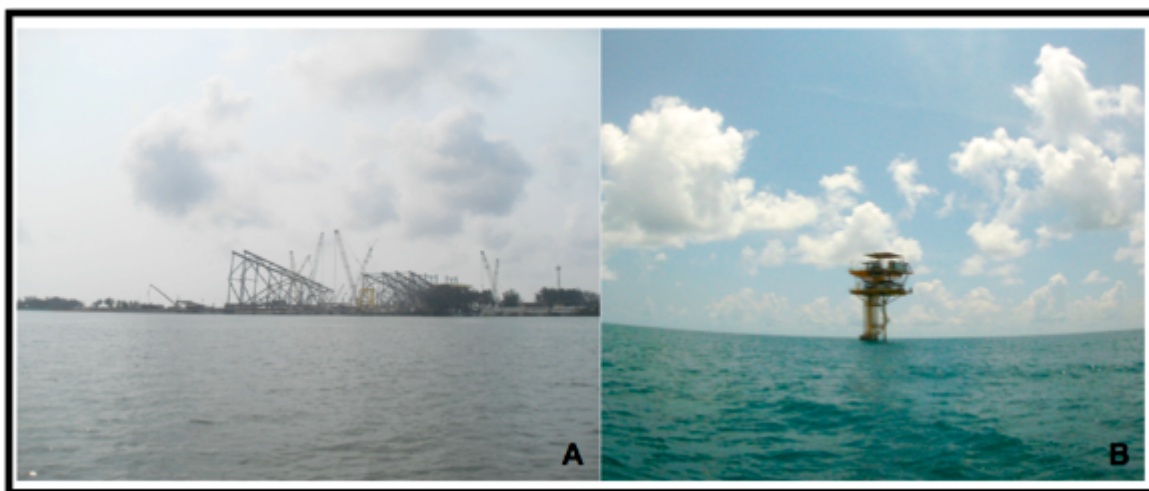


Figura 30. Actividades de desarrollo industrial para el área de estudio. (A) Montaje de plataformas, (B) Plataforma instalada en el área de influencia.

Cuadro 7. Especies invasoras

Actividad de desarrollo	Impacto
Especies Invasoras	Depredación
	Patógenos
	Competencia

Las especies invasoras (Cuadro 7) se ven representadas principalmente por la presencia del pez león depredador *Pterois volitans* (Figura 31), cabe mencionar que la invasión del pez león no ha tenido el impacto reportado para otros lugares (ISSG, 2007, González *et al.*, 2009, Schofield, 2010). A su vez, agentes patógenos son evidentes por causar enfermedades coralinas en baja frecuencia (Martos, 2010), los eventos de competencia con otros grupos también ocurren en la zona, como por ejemplo las algas y esponjas (ReefKeeper, 2001; Aguilar y Zapata, 2008).

Cuadro 8. Sobrepesca y Pesca ilegal.

Actividad de desarrollo	Impacto
Sobrepesca y Pesca ilegal.	Disminución en poblaciones de especies con valor comercial
	Disminución en poblaciones de especies
	Cambio dinámica ecológica
	Extinción de especies

Las actividades de sobreexplotación involucran en primer lugar la sobrepesca, dentro del polígono del APFF Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan se llevan a cabo actividades sin control de pesca comercial, practicas como la pesca ribereña utilizando artes de pesca como chinchorros, redes de enmalle, líneas de mano, palangres, calas y trampas tienen consecuencias sobre la dinámica de las poblaciones de los arrecifes, así como sobre las propias formaciones coralinas por contactos o arrastres (CONANP, 2013a). Además de este tipo de sobreexplotación, se encuentra la extracción de recursos naturales, tales como conchas, esqueletos y ejemplares secos o desecados u ornamentos fabricados con ellos se venden en el mercado de artesanías locales (Vargas-Hernández 1992; Vargas-Hernández *et al.* 1994).

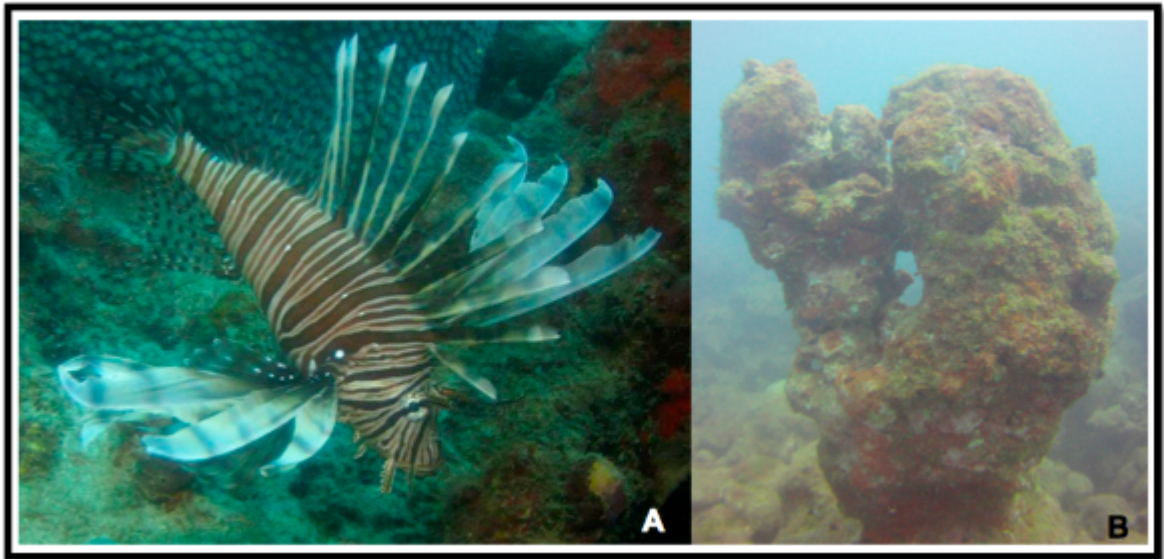


Figura 31. (A) Especie invasora *Pterois volitans*, (B) Eventos de competencia con algas.

Cuadro 9. Operaciones marítimas

Actividad de desarrollo	Impacto
Operaciones marítimas	Encallamiento de embarcaciones
	Derrame de fluidos

Las operaciones marítimas (Cuadro 9) en la zona son evidentes por la presencia el Puerto de Tuxpan, tiene como área de influencia a las regiones Centro, Centro Norte, Bajío y Centro Sur del país, actualmente el puerto comercial más cercano a la capital del país y de su área metropolitana (333 kilómetros), el recinto portuario se ubica sobre ambas riberas, con un canal de navegación de 11 km, en la margen derecha desde el puente de Tuxpan y, en la margen izquierda, a partir del estero de La Calzada hasta la desembocadura del río. En el área del río, el recinto portuario abarca una superficie terrestre de 570,169 m² y de un área de agua de 2,557,740 m². Asimismo, cuenta con una superficie de agua en zona federal

marítima de 57,883,127.00 m², correspondiente al área de boyas y fondeo. Además de una zona marítima en el lugar conocido como Chile Frío, que comprende un área de 2,682,854.116 m², localizada a 14.8 km al sur de las escolleras del río Tuxpan. Y en la Isla de Lobos se cuenta con un área total de 376,265.12 m², incluyendo la zona de fondeo. Así, el puerto comprende 64,070,155 m² de espacios terrestres y de agua (APITUX, 2013). El puerto es multipropósito ya que permite el manejo de diferentes tipos de productos, aunque hasta ahora el tráfico predominante ha sido de combustibles petroleros de importación destinados al centro del país, razón por la cual la mayoría de las terminales e instalaciones del puerto son de uso particular operadas por empresas de combustibles, graneleras, de fluidos y carga general. En ambos márgenes del río se encuentran 16 atracaderos de uso particular, 3 estaciones para el suministro de combustibles, 1 muelle para el atraque de embarcaciones pesqueras y 1 atracadero al servicio de los pilotos de Puerto (INLOG, 2012; APITUX, 2013). Las ventajas que ofrece el Puerto del Valle de México, constituyen la ruta para embarcaciones, sin embargo los eventos de accidentalidad en la zona arrecifal, han sido reportados en 2007, 2009 y el más reciente en julio de 2014 (En prensa), varamientos, anclado de embarcaciones, además de las artes de pesca; redes, palangres, líneas con anzuelo, arpones, ganchos que generan riesgo, sin que su valor sea severo (Martos, 2013) (Figura 32). En el caso de los derrames de fluidos (hidrocarburos), para el área de estudio son inferiores y no rebasan los límites de concentración hidrocarburos aromáticos policíclicos HAPs (Viveros, 2010), siendo más frecuentes los pequeños vertimientos originados por las embarcaciones

menores, debido a los accidentes en el trasvasado (cambio de gasolina de un recipiente a otro) y a la ineficiencia de los motores fuera de borda de dos tiempos, sin que se descarte un derrame producto de embarcaciones mayores (Martos, 2004).



Figura 32. Accidentalidad el área de los arrecifes no emergentes.

Cuadro 10. Vientos, Huracanes, Tormentas tropicales y Cambio climático.

Actividad de desarrollo	Impacto
Procesos Naturales	Fragmentación coralina
	Erosión
	Calcificación
	Enfermedades

Los procesos naturales evidencian cambios en la zona costera, la fragmentación de colonias coralinas, producto de eventos climáticos (Figura 33). Otras amenazas perceptibles en menor grado de impacto son la erosión, periodos de sequia,

tormentas (vientos, huracanes, tormentas, cambio climático) capaces de generar calcificación en las zonas arrecifales y cambios de temperatura asociados a las enfermedades coralinas (Cuadro 10).

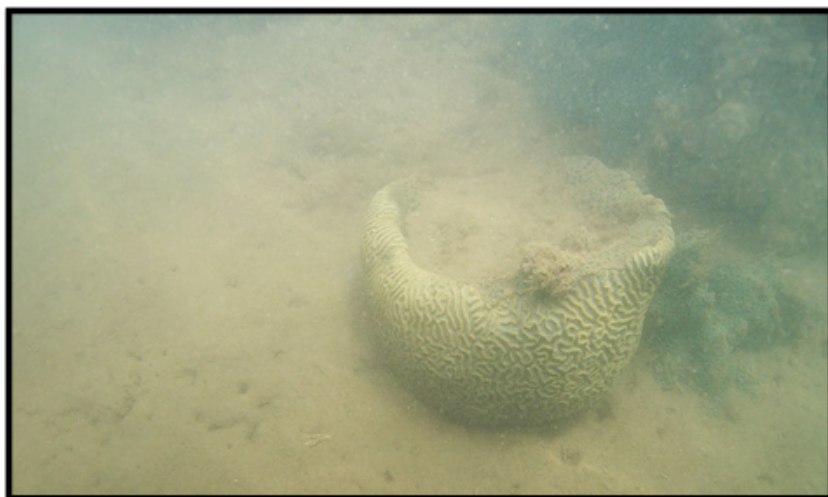


Figura 33. Fragmentación de colonias coralinas en el área de estudio.

Cuadro 11. . Turismo

Actividad de desarrollo	Impacto
Turismo	Residuos sólidos
	Mortalidad de organismos
	Extinción de especies

Las actividades recreativas o turísticas se desarrollan en un nivel bajo (Cuadro 11). La presencia de navegantes, observadores de vida silvestre y buzos es poco frecuente, es decir, el turismo es una actividad económica poco desarrollada, que cuenta con prestadores de servicios con 5 embarcaciones dispuestas para el traslado de los turistas, semanalmente realizan ~ 7 salidas con ~ 4 personas, de preferencia diurnas y con los registros más altos de afluencia en los meses de

agosto y diciembre. Sin embargo, se tiene en cuenta el impacto potencial de los residuos sólidos, así como la mortalidad de especies producto de la extracción, manipulación y daño a especies arrecifales, que suponen riesgo para especies en peligro de extinción.

6.4. Modificación de la superficie del APFF - SALT

Se propone la inclusión de superficie marina a la poligonal, dentro de la cual se incorporan las estructuras arrecifales no emergentes, que no fueron incluidas en el decreto de 2009, por tanto, en procura de proteger la comunidad ecológica, la totalidad de sus componentes físicos y biológicos para mantener sus interacciones y funcionalidad, así como la continuidad de los procesos que permiten su existencia (Cuadro 12).

Cuadro 12. Modificación de la superficie en el Área de Protección de Flora y Fauna, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT).

FUENTE	SUPERFICIE (Hectáreas)
DECRETO DOF (2009)	30,571
Superficie que se incorpora (2014)	6,912
Superficie Total	37,483

Esa inclusión considera en primera medida la modificación de la poligonal existente, para el caso de los arrecifes Pantepec y Oro Verde, del polígono Tuxpan, integrado por siete vértices (Cuadro 13), con un aumento de 3,926

hectáreas. La modificación involucra el cambio de distancia e metros entre vértices (Cuadro 14), teniendo presente los criterios de subzonificación utilizados en la declaratoria del 2009, que tienen en cuenta: los objetos de conservación del área natural protegida, la vocación del territorio, el estado de conservación de los ecosistemas, la localización de la infraestructura petrolera y de navegación marítima, el acuerdo de destino de la zona federal marítimo terrestre que modifica la delimitación y determinación del recinto portuario del Puerto de Tuxpan, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 12 de abril del 2004 y los sitios afectados por el encallamiento o varado de barcos y obras de navegación marítima (SEMARNAT, 2014) y los criterios de delimitación y zonificación propuestos por Roberts *et al.* (2003). Para el arrecife Blake, se propone la inclusión de una nueva poligonal integrada por 4 vértices (Cuadro 15), es decir un área nueva de 2,987 hectáreas (Cuadro 16) (Figura 34).

Cuadro 13. Modificación de las coordenadas de los vértices del polígono Tuxpan en el Área de Protección de Flora y Fauna, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT).

VÉRTICE	COORDENADAS			
	Latitud (DOF 2009)	Latitud (2014)	Longitud (DOF 2009)	Longitud (2014)
1	21°09'25"	21°10'26"	97°20'33"	97°22'08"
2	21°11'10"	21°12' 22"	97°15'12"	97°16'01"
3	21°08'43"	21°08'43"	97°13'22"	97°13'22"
4	21°02'07"	21°02'07"	97°11'06"	97°11'06"
5	21°02'46"	21°02'46"	97°08'56"	97°08'56"
6	21°00'26"	21°00'26"	97°07'12"	97°07'12"
7	20°58'48"	20°58'12"	97°11'06"	97° 12' 18"

Cuadro 14. Modificación de la longitud de los vértices en el polígono Tuxpan en el Área de Protección de Flora y Fauna, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT).

VÉRTICE	RUMBO	DISTANCIA (metros)	
		DOF (2009)	(2014)
1_2	NE	9,806.94	10,731.37
2_3	SE	5,523.50	7,450.75
3_4	SE	12,795.80	12,795.80
4_5	NE	3,940.68	3,940.68
5_6	SE	5,249.68	5,249.68
6_7	SW	7,400.41	9,155.66
7_1	NW	25,528.10	26,214.34

Cuadro 15. Coordenadas propuestas de los vértices del polígono Blake.

VÉRTICE	COORDENADAS	
	Latitud (2014)	Longitud (2014)
1	20° 46' 55"	97° 01' 41"
2	20° 47' 56"	96° 58' 59"
3	20° 44' 42"	96° 57' 11"
4	20° 43' 37"	96° 59' 56"

Cuadro 16. Longitud de los vértices propuestos en el polígono Blake.

VÉRTICE	RUMBO	DISTANCIA (metros)
		(2014)
1_2	NE	4,764.83
2_3	SE	6,199.98
3_4	SW	4,932.49
4_1	NW	6,163.78

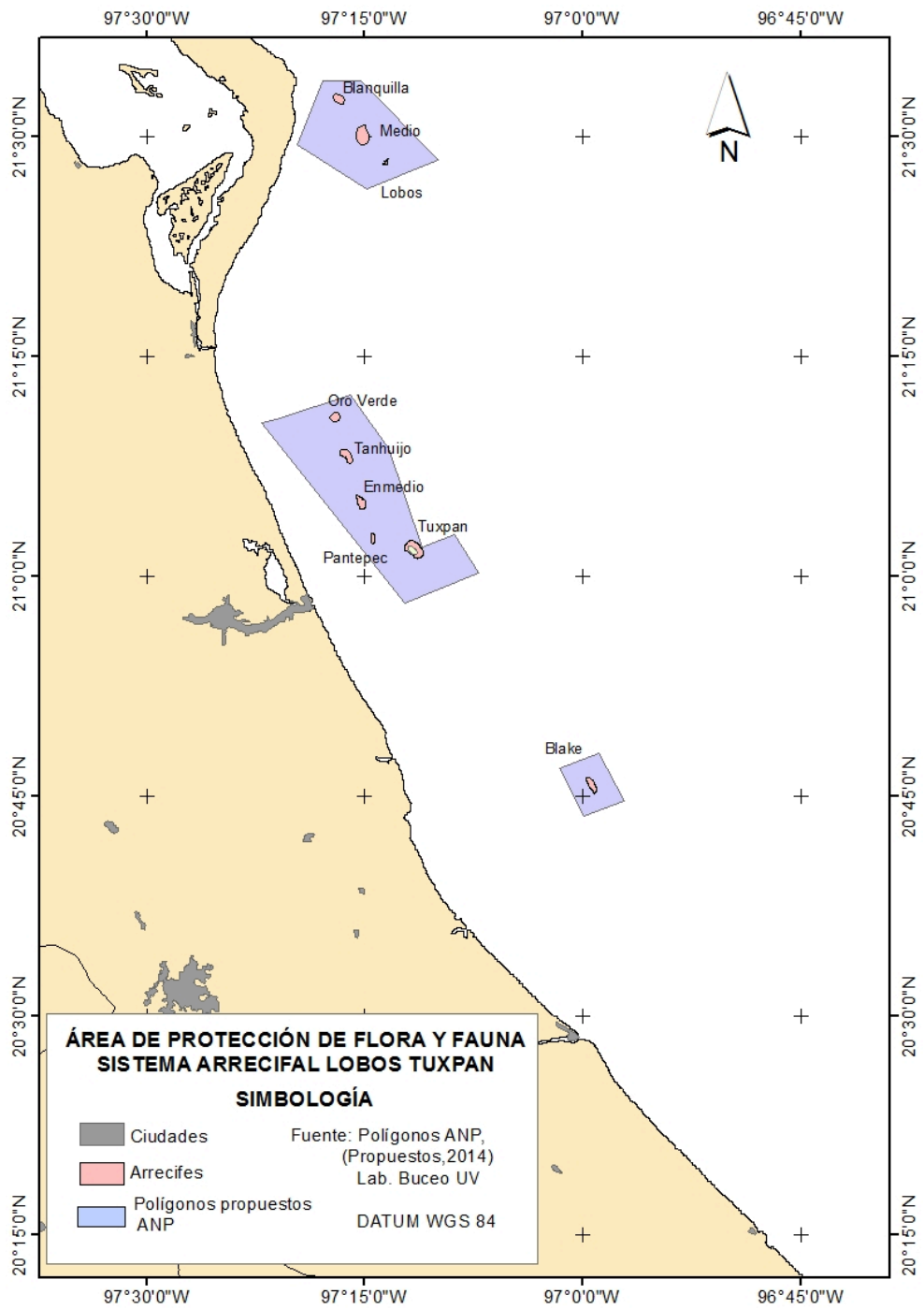


Figura 34. Poligonal propuesta para el Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan.

VII. DISCUSIÓN

7.1. Sistema Arrecifal Norveracruzano

El Sistema Arrecifal Norveracruzano es un complejo arrecifal con geomorfología de gran potencial biológico, científico, económico, educativo, histórico, turístico y cultural (SEMARNAT, 2009). Además es el segundo ecosistema arrecifal más importante en el Sur del Golfo de México (SGM), está compuesto por seis arrecifes de tipo plataforma y al menos un arrecife no emergente (Figura 35), que se han desarrollado en los últimos 9000-10000 años, por lo cual su formación corresponde exclusivamente al Holoceno (Lindel, 2007), y representa el límite occidental de distribución de los arrecifes coralinos en el Atlántico Tropical (Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993; Tunnell *et al.*, 2007).

Si bien los arrecifes no emergentes ya han sido señalados (Jordán-Dahlgren, 2004) y mencionados en otros estudios, como el de Martos (2010) que destaca las dimensiones del arrecife Blake como similares a las de otros en la región, como las de los arrecifes Tuxpan y Tanhuijo, menores a las del Arrecife Lobos y mayores que las de los arrecifes Pantepec, Medio, Enmedio y La Blanquilla (UV 2003). El de González-Cobos (2010), quien ubicó la presencia de una formación con alto relieve y presencia de corales pétreos de varias especies y tamaños (arrecife Pantepec), el cual cuenta con una longitud aproximada de 600 m y una anchura de unos 400 m, siendo menor que los arrecifes emergentes (Rygby y McIntire, 1966; Martos, 1993; Malpica, 2000; Chicatto, 2001) y no emergentes que se localizan en la región (Martos, 2010). Y finalmente el estudio de Maruri (2012),

quien confirmó el hallazgo de una tercera estructura de tipo no emergente (Oro Verde) con características similares a los del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (Rigby y McIntire, 1966; Martos, 1993; Martos, 2010; Jacovo-Montiel, 2011). Algunos de ellos (Blake y Oro Verde) aun no hacen parte del de la superficie del Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (APFF-SALT), el cual esta conformada por un total de 30,571-15-03.44 hectáreas (Treinta mil quinientos setenta y uno hectáreas, quince áreas, cero tres punto cuarenta y cuatro centiáreas) integrada por dos polígonos: el polígono Lobos que incluye tres formaciones arrecifales denominadas: Lobos, Medio y Blanquilla, con una superficie total de 12,586-45-38.63 hectáreas (Doce mil quinientas ochenta y seis hectáreas, cuarenta y cinco áreas, treinta y ocho punto sesenta y tres centiáreas), localizados a 1.89 millas náuticas de dicho Estado; y el polígono Tuxpan, que incluye tres formaciones arrecifales conocidas como: Tuxpan, Enmedio, y Tanhuijo, con una superficie de 17,984-69-64.81 (Diez y siete mil novecientas ochenta y cuatro hectáreas, sesenta y nueve áreas, sesenta y cuatro punto ochenta y uno centiáreas), localizadas a una distancia de 2.92 millas náuticas de dicha entidad federativa (CONANP, 2013a).

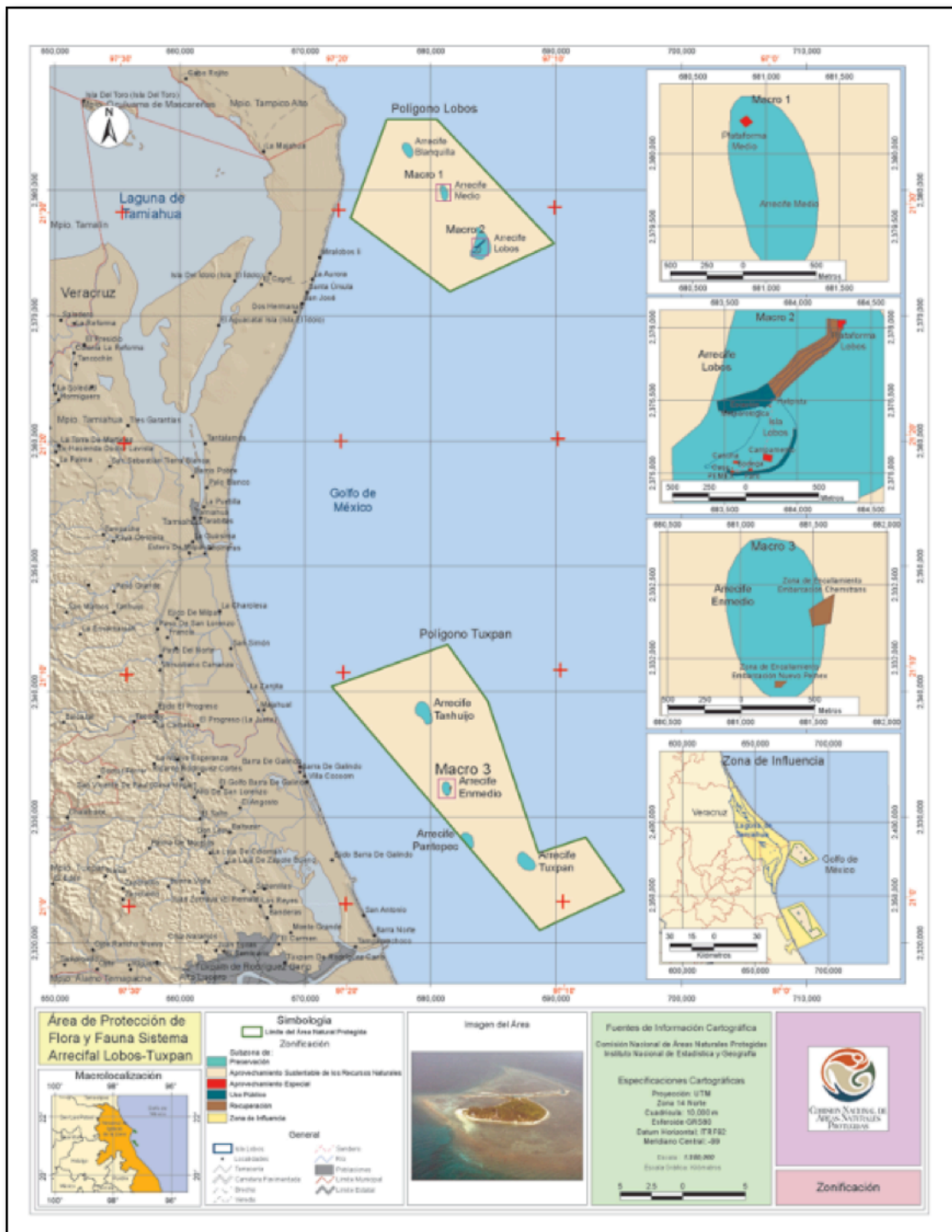


Figura 35. Plano de localización y subzonificación del área de protección de flora y fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (CONANP, 2013b).

La identificación y localización de estas estructuras arrecifales permite establecer los límites ecológicos y el tamaño de área adecuado para su inclusión dentro del APPF -SALT, si bien no existe una regla general para el diseño óptimo y el tamaño de las áreas naturales protegidas (Roberts y Hawkins, 2000; Salm *et al.*, 2000), actualmente sin importar el tamaño, las Áreas Marinas Protegidas han mostrado múltiples beneficios; no obstante, deberán ser lo suficientemente grandes como para incluir hábitats que sean viables a largo plazo (Roberts y Hawkins, 2000; Roberts *et al.*, 2003). Evidente en casos como el de Gutiérrez - Moreno *et al.* (2008) en el Caribe colombiano, FAO (2012) para el Caribe Hispano y Centroamérica y Rivera (2011) en el caso de México para las AMP: Parque Nacional Cabo Pulmo, Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de Espíritu Santo, Reserva de la Biosfera el Vizcaíno, Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del río Colorado, Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro y Reserva de la Biosfera Tiburón Ballena.

7.2. Biodiversidad presente en los arrecifes no emergentes del norte de

Veracruz

Riqueza

Si bien el registro de la biodiversidad asociada a los arrecifes no emergentes es un asunto reciente, los resultados de este trabajo permiten continuar con la investigación de la diversidad biológica que posee la región, se observó la presencia de 91 especies.

Los corales pétreos, representados por 18 especies, constituyen un número relativamente bajo en contraste con el reporte de 28 especies para el área de influencia SALT (Horta-Puga *et al.*, 2007), la diferencia radica posiblemente a la intensidad de muestreo que ha permitido incrementar el número de especies en esas investigaciones (Chávez-Hidalgo, 2009). Especies como *Scolymia lacera* observada en los tres arrecifes y *Dichocoenia stokesi* en el Pantepec, establecen nuevos registros para el área (Tunnell *et al.*, 2007). La riqueza específica de corales coincide con el reporte de 13 especies para el arrecife Pantepec por González-Cobos (2010), y está cercano a los reportes de 21 especies en el Blake (Martos, 2010) y 19 especies en el Oro Verde (Maruri, 2012). El arrecife Pantepec presenta la riqueza más baja (13), sus características permiten pensar que está influenciado directamente por las actividades de la zona costera, como sólidos suspendidos, materia orgánica y nutrientes, además de su cercanía a la desembocadura del río Tuxpan (9 km), limitando así, la presencia de especies (Morelock y Koenig, 1967; Tunnell, 1992). El arrecife Blake presenta una riqueza de 14 especies, al igual que el Oro Verde, sin embargo se observa la presencia de *Acropora palmata*, indicador de aguas de elevada transparencia y oleaje de alta energía (Martos, 2010), que a su vez posee estatus de protección por la Norma Mexicana 059 SEMARNAT 2001 y la norma internacional (UICN) en peligro crítico.

Los invertebrados móviles asociados a los sustratos rocosos coralinos de los arrecifes, presentaron poca diversidad (11 especies) producto de sus

requerimientos propios como la presencia de pastos marinos y macroalgas (De la Cruz, 2006; García-Ríos *et al.*, 2008), así como la formación de espacios a través de esponjas para su hábitat (Carrera-Parra y Vargas-Hernández, 1996), es decir, estos grupos de invertebrados móviles, están asociados a ambientes como zonas arenosas o praderas de pastos marinos (De la Cruz, 2013).

Las 60 especies de peces registradas en el presente trabajo, evidencian una similitud con las reportadas en el (SALT) (González-Gándara 1996; 2003a; 2003b; 2010; González- Gándara y González-Sansón ,1997; Terán y Macías, 2005; de la Cruz, 2006; González- Gándara *et al.*, 2006; Bautista, 2008; Manuel, 2008; Reyes, 2008; Rosas, 2008; Zaragoza - Villela, 2008 y Muñoz, 2010), si bien el número es menor a las 300 especies listadas, si se destaca el hecho que 58 especies están reportadas, sin embargo, 2 especies *Melichthys niger* y *Ophioblennius macclurei* constituyen nuevos registros para el área de influencia del (SALT).

Cobertura

La cobertura coralina estimada en este trabajo para el arrecife Pantepec (33%), Blake (36%) y Oro Verde (28%) es superior a lo reportada por (González-Cobos, 2010, Martos, 2010 y Maruri, 2012) quienes para estos mismos arrecifes reportaron 19%, 18% y 17% respectivamente. Los valores tuvieron una variación entre 19% y 47%. Si bien la cobertura coralina se ha reducido considerablemente en los últimos 20 años (Chadwick y Morrow, 2011), y las estimaciones realizadas

en arrecifes del Golfo de México y el Caribe muestran valores < 30% (Tunnell *et al.*, 2007), en el presente trabajo esos valores podrían estar sustentados en el hecho de la capacidad constructora de los corales y su desarrollo (Almada-Villela *et al.*, 2003), es decir, que poseen sitios en mejores condiciones, siendo los factores abióticos tales como la geomorfología, el relieve, la profundidad, la dirección e intensidad de las corrientes y del oleaje, la sedimentación, la iluminación, así como las características de las especies presentes y especialmente de las especies dominantes, parecen ser los determinantes de las características de la cobertura coralina (Martos, 2010; Maruri, 2012; Freeman *et al.*, 2013). En arrecifes profundos o no emergentes de aguas caribeñas con gran transparencia, se ha reportado que la cobertura por corales alcanzaba valores entre el 40 y 15 %, (Jordán-Dahlgren, 1987). Incluso en las zonas someras y protegidas fuera de la llanura de los arrecifes emergentes, es posible observar una elevada cobertura por corales que puede alcanzar hasta el 65 %, mientras que la cobertura por corales disminuye de manera significativa hasta un 15 o 20 %, por efecto del gradiente luminoso en las zonas más profundas (Martos, 1993; Chicatto, 2001).

La cobertura del fondo en los arrecifes coralinos no emergentes del norte de Veracruz, están dominados por las algas, con valores que superan el 40 % en el arrecife Pantepec y Oro Verde y 26 % para el Blake, este último dominado por el sustrato abiótico 29 %, dado las características complejas que posee con un fondo entramado de rocas calcáreas elevadas, restos muy antiguos de frondas de A.

palmata con hasta 2 m de diámetro, así como formaciones elevadas hasta 3 m de altura y de horadaciones de 1 m de diámetro que se entrelazan formando laberínticos pasajes, que sirven de refugio y multiplican el espacio. Ahora bien, la dominancia de las algas en estos sustratos es consecuencia del sometimiento a disturbios tales como, eutrofización, altas tasas de sedimentación y sobrepesca, que hacen que la composición y estructura de las comunidades arrecifales sea modificada. Cuando esa presión ejercida por un disturbio constante conlleva a la disminución prolongada de la cobertura coralina, acompañado del incremento de la cobertura de algún tipo de organismo béntico, se dice que la comunidad está experimentando una fase de cambio (Norström *et al.*, 2009).

Las especies de corales mejor representadas en los arrecifes coralinos no emergentes de la costa norte de Veracruz son: *S. siderea*, *C. natans*, *M. cavernosa* y *P. strigosa*, siendo corales masivos e incrustantes las especies que más colonias aportan a la estructura comunitaria del área de estudio. Esto se asocia teniendo en cuenta que profundidades medias son los corales rocosos masivos o incrustantes quienes dominan (Tunnell, 1988). Esta situación se presenta en los arrecifes veracruzanos presumiblemente como estrategia de adaptación y resistencia, debido a los factores ambientales quienes modelan la estructura del arrecife (Chávez *et al.*, 1985).

Abundancia

Las especies de coral que predominaron en los sitios de muestreo, fueron para el arrecife Pantepec *C. natans*, *M. cavernosa* y *S. siderea*, en el caso del Blake *C. natans*, *P. strigosa* y *P. astreoides* y en el Oro Verde *M. cavernosa* y *S. siderea*, datos que contrastan con estudios en los mismos arrecifes por (Martos, 2010; González-Cobos, 2010; Maruri, 2012). La especie *Montastraea cavernosa* fue la especie con mayor número de colonias con 206 colonias de coral, seguida de *Colpophyllia natans* con 146, Horta-Puga (2008) señala que estas son las especies más sobresalientes en algunos arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano (Galleguilla, Isla Sacrificios e Isla Verde), presentando una abundante y amplia distribución batimétrica, producto de la capacidad que tienen para actuar frente a los sedimentos, de tal manera que dedican sus recursos energéticos a rechazar los sedimentos y no a otros procesos fisiológicos tales como el crecimiento (Maruri, 2012). *Siderastrea siderea* con 95 colonias en los sitios de muestreo, pertenece a un género que presenta especies bisexuales vivíparas con estrategias reproductivas que producen altos reclutamientos aún en ambientes perturbados (Sorokin, 1991). *P. astreoides* es una especie que se ha adaptado a los cambios en la estructura comunitaria de los arrecifes debido a un proceso no bien conocido, pero que ha generado un incremento en su abundancia. Green *et al.* (2008) demostraron que en arrecifes que van desde Belice hasta Jamaica y Saint Croix, *P. astreoides* ha aumentado su importancia alcanzando valores que van hasta el 72.5 %. Además ha sido señalado como

especie sensible a la contaminación orgánica pero resistentes a la turbulencia y a la sedimentación y con capacidad de soportar con mayor éxito la acción de marejadas y tempestades (Botello *et al.*, 1992; González-Díaz *et al.*, 2008), razones por las cuales tiende a colonizar sitios con una amplio rango de condiciones, de modo tal que sus 66 colonias se destacan en el área de estudio. *P. strigosa* presente en todos los arrecifes, constituye una especie dominante para el área de Veracruz (Tunnell, 1988), gracias a su desarrollo hemisférico capaz de dominar entre los 8 y 17 metros (Tunnell *et al.*, 2007) y la capacidad para actuar como base para que otras especies prosperen (Carpenter, 2012). Cabe mencionar que especies sensibles a las alteraciones ambientales como *Mussa angulosa*, *Scolymia lacera*, *Dichocoenia stokesi*, *Mycetophyllia lamarckiana* y las del género *Agaricia*, se registraron en menor número de colonias (< 5) para el área de estudio.

Los hidrocorales presentes en el área de estudio, se vieron representados por *Millepora alcicornis* y *Stylaster roseus*, sus características morfológicas los hacen capaces de soportar altas tasas de sedimentación, fuerte acción del oleaje y una intensa iluminación (Lara *et al.*, 1992).

Los sitios de muestreo de los arrecifes coralinos no emergentes, están caracterizados por los erizos, miembros más conspicuos de la comunidad de invertebrados de los arrecifes coralinos (Tunnell *et al.*, 2007). Son componentes importantes de las redes tróficas de los arrecifes coralinos y constituyen una fuente significativa de alimento para los peces carnívoros (Díaz-Ruiz *et al.*, 1998).

Además su importancia como actores de forrajeo, los hacen capaces de modificar significativamente el sustrato del arrecife (Kornicker y Boyd, 1962a), por lo que pueden considerarse especies clave. El erizo de mar de espinas largas (*Diadema antillarum*) juega un papel vital como herbívoro de algas. La muerte masiva de estos erizos en la década de 1980, es un factor que contribuye a incrementar el crecimiento de algas en los arrecifes en toda la región del Caribe (Hughes *et al.*, 1985; Carpenter, 1990; Edmunds y Carpenter, 2001), Veracruz y el resto de su área de distribución. Tanto *Diadema antillarum* como *Eucidaris tribuloides*, son especies frecuentes en las zonas de corales masivos, sin embargo su abundancia es limitada, en contraste con los erizos del genero *Echinometra*, que se encuentran asociados a sustratos areno-rocosos (Bravo - Tzompantzi *et al.*, 1999) típicos de los arrecifes no emergentes, de ahí la elevada abundancia que poseen, mientras que *Lytechinus variegatus* prefiere áreas de *Thalasia testudinum* y restos de corales conchas, mínimas para este tipo de estructuras arrecifales. En menor cantidad se encuentran otros invertebrados móviles, la cobertura de algas y la significativa presencia de erizos de la familia Echinometridae presume una actividad erosiva para protegerse de la depredación (Monroy-López y Solano, 2005), de modo tal que actúan sobre las algas y proporcionan pocos espacios o refugios para invertebrados móviles.

En cuanto a los peces, las familias Pomacentridae, Scaridae y Labridae sobresalieron por su número de especies y abundancia, lo cual coincide con estudios realizados en el SALT (González-Gándara, 1996; González-Gándara y

González- Sansón, 1997; González-Gándara, 2003a, 2010; Terán y Macías, 2005; Argüelles, 2008)

Las especies mas abundantes en los arrecifes no emergentes (*Chromis multilineata*, *Kyphosus sectatrix*, *Thalassoma bifasciatum*, *Scarus taeniopterus*, *Acanthurus chirurgus*, *Bodianus rufus* y *Haemulon flavolineatum*) coinciden con las referidas por Argüelles (2008) para el arrecife Tuxpan y González-Gándara *et al.* (2006) y Muñoz (2010) para el arrecife Lobos. La presencia de grupos tróficos de tipo generalista y herbívoros son numéricamente importante para los arrecifes no emergentes, así como los valores de abundancia, de manera tal que su estado de salud evidencia una presión por parte de actividades como la sobre pesca, capaz de modificar la estructura trófica del ecosistema, evidenciando un cambio en las redes alimenticias fenómeno conocido como “Fishing down the food webs (FDFW)”, producto de un incremento en las capturas y al cual le sigue una fase de transición asociada con un declive de las capturas. Indicando que la explotación ejercida a ese nivel ya no es sustentable (Pauly *et al.*, 1998; Pauly y Maclean, 2003; Duran y Claro, 2009; Argüelles, 2010).

7.3. Análisis de las actividades

7.3.1. Problemática alrededor del APFF - SALT

La problemática identificada está estrechamente vinculada a la actividades de desarrollo que actúan como agentes de cambio en la zona de Tuxpan, Veracruz. El área mantiene un fuerte movimiento industrial, una creciente expansión urbana, derivada de obras como la autopista México – Tuxpan, que darán vía a la

demanda turística, así como la construcción del Puerto Profundo el cual ampliará y desarrollará nuevas dársenas y áreas de atraque para buques de hasta 50,000 toneladas, con lo que se atenderá la demanda de nuevas terminales para contenedores y autos (González y Azcona, 2008, APITUX, 2013).

El análisis de los impactos ambientales en los ecosistemas arrecifales son de un orden complejo, la estimación de los efectos que tendrán los disturbios o perturbaciones de origen humano y natural, están basados en consecuencias demostradas en otras localidades arrecifales, de ahí el carácter estimativo de los agentes de cambio (Martos, 2004).

La agricultura esta estrechamente relacionada con la deforestación traducida en el incremento de la erosión y el consecuente arrastre de sedimentos hacia las partes bajas de la cuenca, así como el incremento en la turbidez y pérdida de transparencia en los cuerpos de agua reportado en otros países como Brasil, Colombia, Costa Rica, Panamá y Venezuela (Rodríguez – Ramírez *et al.*, 2008: Wilkinson, 2008), así mismo, el uso de agroquímicos, las descargas de tipo industrial y domiciliarias de aguas residuales no tratadas en las cuencas, constituyen una fuente de contaminantes y sedimentos que son transportados por las corrientes marinas a los arrecifes (Burke, 2002), sin embargo el impacto para el área de los arrecifes de estudio parece ser menos preocupante en relación a ciudades de las Antillas Mayores, Caribe Oriental, las Islas de la Bahía (Honduras), a lo largo de los Cayos de la Florida, Yucatán, el Caribe mexicano (Cancún, Cozumel) , Golfo de México (Veracruz) con mayor desarrollo y que se

ubican a pocos cientos de metros de las formaciones arrecifales (Burke y Maidens, 2005), en contraste con la distancia entre la zona costera y los arrecifes de caso de estudio, que pudieran permitir la recuperación gradual ante estos eventos (Martos, 2004). Cabe mencionar el hecho que para la ciudad de Tuxpan no existe una planta de tratamiento para las aguas residuales y las colonias del área periférica no cuentan con servicios de drenaje (Martos, 2004; CEDRSSA, 2012). El escurrimiento de fertilizantes agrícolas y las aguas residuales producto del desarrollo urbano son la causa importante de eutrofización, especialmente en áreas de poco flujo y que puede provocar florecimientos de algas, cambios en la estructura de las comunidades acuáticas y disminución de la diversidad biológica. La presencia de algas sobre el sustrato puede inhibir la colonización por larvas reclutas, iniciando así una disminución de la cobertura de coral vivo y un aumento del recubrimiento de algas o de otras cubiertas vegetales. En casos extremos los elevados niveles de nitrógeno producen zonas muertas debido al agotamiento masivo del oxígeno en las aguas ricas en nutrientes (Burke y Maidens, 2005; CONANP, 2013b). Otro impacto considerado es la alteración del régimen hidrológico, debido a la construcción de obras de ingeniería tales como: escolleras, muelles, rompeolas, etc., responsables de cambiar la dinámica de corrientes y alterar los factores físico-químicos como lo describe TNC (2008) y Müller (2010) para la Bahía de Panamá, Isla del Coco, Costa Rica, y Nicaragua.

Una amenaza potencial es evidente desde el año 2012, año en el cual se detectaron en la zona los primeros ejemplares de pez león (*Pterois volitans*) una especie característica de las aguas tropicales del océano Pacífico (Albins y Hixon, 2008). Este pez es un depredador voraz y oportunista, que ejerce una presión muy fuerte sobre todas las especies de peces de los arrecifes (Morris y Akins, 2009), y al no tener depredador natural en aguas de la región, logra comportarse como una especie invasora potencialmente con un incremento notable de su población, y un gran impacto sobre los peces nativos (Pérez- España y Cabrera- Valenzuela, 2012), sus reportes incluyen el Océano Atlántico, desde América del Sur, el norte del Caribe, el Golfo de México y el sureste de Estados Unidos (ICRI, 2011; Morris, 2013).

Existe para el área la presencia de agentes naturales que impactan a las comunidades arrecifales del sur del Golfo de México como la marea roja. Esta perturbación consiste en una proliferación repentina de varios géneros de dinoflagelados como *Gymnodinium*, *Gonyaulax* y *Karenia* (Tunnell *et al.*, 2007) capaces de liberar una neurotoxina que puede matar los corales escleractíneos, gorgonias, moluscos, equinodermos, anélidos poliquetos y peces (Faust y Gullledge, 2002; Cervantes-Cianca *et al.*, 2002).

Ante los nombrados problemas aparece uno mas complejo, la sobreexplotación de los recursos, la pesca por ejemplo que hoy día en México alcanza su máxima capacidad con un 84 % de explotación (Cisneros *et al.*, 2010), en lugares como la costa central del Pacifico, en el Golfo de México, de Tamaulipas a Tabasco y el

Banco de Campeche (Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón, 2011), esta situación se presenta entre otras por el elevado número de pescadores (irregulares) (Drammeh, 2000), el uso de artes de pesca prohibidos han originado daños irreparables al ecosistema y disminución de las poblaciones de diversas especies (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002; Dyck, 2010; CONANP, 2013b). Para la zona de estudio existen 2.562 pescadores registrados (Roland *et al.*, 2005), agrupados en 5 Cooperativas, 12 permisionarios y los ya mencionados pescadores sin permiso que habitan en la zona costera de los Municipios de Tamiahua, Cazones y Tuxpan (CONANP, 2013a), que se despliegan en sitios específicos de captura de especies como, caracoles marinos, pulpos, entre otros invertebrados, las cuales son capturadas generalmente en embarcaciones pequeñas y entre 2 y 4 pescadores (SEPESCA 1990b, 1992), las técnicas de pesca utilizadas son habitualmente destructivas causantes de daño en el fondo arrecifal, dado que voltean las cabezas de coral (vivas o muertas) y exponen organismos de la infauna del fondo a los depredadores naturales (Tunnell, 1992). La evidente ausencia de invertebrados móviles de interés comercial en este trabajo, como el pulpo, la langosta y el caracol canelo, sugieren una fuerte presión de pesca a la que están sujetas las especies, lo que traduce una disminución de las poblaciones de especies de valor comercial, el pulpo (*Octopus vulgaris*), se pesca utilizando un gancho y buscándolos entre los corales (Solís- Ramírez, 1998). La langosta es capturada por medio de buceo a pulmón, no obstante, se capturan ejemplares incluidos juveniles y hembras ovigeras, situación que va en deterioro de los reclutamientos futuros, siendo un claro ejemplo del proceso de sobreexplotación

en que se encuentra el recurso en el área de estudio (Saucedo-Ruiz y Tovar-Ávila, 2000), algunos reportes en el SAV consideran esta especie como rara a consecuencia de su extracción para consumo y comercialización (Horta-Puga, 2009). Para el caso de los peces, los capturados con más frecuencia en los arrecifes del área son la cojinúa (*Caranx crysos*), el pargo (*Lutjanus* spp.), el robalo (*Centropomus* spp.), el sargo (*Archosargus* spp.), la trucha (*Cynoscion nebulosus*), la cabrilla (*Cephalopholis* sp. y *Epinephelus* sp.), la sierra (*Scomberomorus maculatus*), el cazón de ley (*Rhizoprionodon terraenovae*), el pargo biajaiba (*Lutjanus synagris*), la rabirrubia (*Ocyurus chrysurus*), la mojarra (*Diapterus* sp. y *Eugerres* sp.), el jurel (*Caranx* sp.), el agujón (*Strongylura marina*) y la barracuda (*Sphyraena barracuda*) (INEGI 1997b). La pesca comercial del camarón en altamar se lleva a cabo en 47 embarcaciones con base en los diferentes estados del Golfo de México, en términos generales la flota camaronera que opera en la zona se encuentra vieja y obsoleta, también es evidente la pesca deportiva que se practica a bordo de embarcaciones deportivas privadas y en pangas dedicadas a la pesca comercial que proceden de Veracruz y otros Estados del País, la limitada vigilancia ocasiona que los pescadores deportivos capturen más ejemplares de los autorizados, eliminando selectivamente los organismos más grandes los cuales tienen un mayor rendimiento productivo, provocando esta sobrepesca una disminución en su capacidad natural de reposición y un cambio en la dinámica ecológica (CONANP, 2013a). Dichas actividades impactan de múltiples maneras el sector pesquero, debido al incremento en la tasa de mortalidad de las especies por el esfuerzo no contabilizado, la sensibilidad que

posee el ecosistema, la pesca en zonas restringidas, con artes de pesca prohibidas, la captura de especies prohibidas o en etapas de vida vulnerables como las anteriormente mencionadas, que incluso sugieren la extinción de ciertas especies, (Agnew, *et al.*, 2009). Ante la ausencia de control y vigilancia el área se ve expuesta como en todo el territorio nacional a la actividad irregular, producto de la combinación de bajos ingresos, falta de alternativas económicas y una política pública que incentive la producción (Cisneros *et al.*, 2010). Sin embargo, considerando las implicaciones que tiene la formulación y ampliación de ANP's, para el sector pesquero representa una oportunidad interesante de alcanzar beneficios sociales y económicos directos como; el otorgamiento de subsidios del programa de conservación para el desarrollo sostenible (PROCOCODES), la autorización de pesca en zonas exclusivas de preservación, así como el fomento y el respeto del uso de métodos y artes de pesca permitidos para el aprovechamiento sostenible de los productos pesqueros, permitiendo dar continuidad en los ingresos generados por esta actividad, dentro del polígono del área protegida (CONANP, 2013b).

Algunas de las operaciones marítimas que se realizan en el área involucran la carga y descarga de mercancías transportadas por barcos mercantes, derivado de estas operaciones es usual evidenciar impactos claros como los derrames de detergentes, líquidos abrasivos, aceites, pinturas y otros compuestos sobre la superficie del mar (Tunnell *et al.*, 2007), algunos casos reportados para el Golfo de México incluyen Tamaulipas (Jiménez-Hernández, 2011), el puerto de Veracruz,

Tabasco y Campeche (Ibarra, 2003), de modo tal que pueden estar sujetos los arrecifes cercanos a metales pesados, contaminantes e hidrocarburos, con relación a arrecifes distantes (Horta-Puga 1993). Se tiene también para la zona de influencia del APFF (SALT) la presencia de mono boyas marinas sujetas con anclas al lecho marino, que abastecen de combustibles el Complejo Termoeléctrico Presidente Adolfo López Mateos que se ubica en el Kilómetro 6 al norte de la desembocadura del río Tuxpan, así como a la Terminal Marítima Tuxpan de Petróleos Mexicanos. Los reportes de accidentes en las mono boyas del Complejo Termoeléctrico se registraron en los años 1991 y 1999 y derramaron al mar aproximadamente 550 litros de combustóleo que fue casi totalmente recuperado, pero impacto considerablemente a los arrecifes y modificó la calidad del agua, por su parte en a Terminal Marítima de Petróleos Mexicanos se han presentado dos incidentes en los años 1996 y 1998 que derramaron al mar 50 barriles de gasolina (Sheets,, 1980; McNeill, 1992; CONANP, 2013b). Esos derrames incluyen diferentes especies de sustancias químicas, tales como hidrocarburos alifáticos y aromáticos, naftalenos, fenantrenos y dibenzotiofenos, entre otros (Van Vleet *et al.*, 1984), que una vez sobre el coral forman una nata de hasta 20 cm sobre el sustrato en la zona intermareal (Tunnell, 1992). Esta nata es mortal para invertebrados típicos de los arrecifes como moluscos y equinodermos (Tunnell y Dokken 1980), también previenen la fijación y el desarrollo de organismos bentónicos, causando una disminución de la cobertura y diversidad bentónicas (Tunnell 1992; Chávez y Tunnell, 1993). El Puerto de Tuxpan es un puerto fluvio-marítimo de altura situado en el Municipio de Tuxpan de Rodríguez

Cano, Estado de Veracruz, sobre el litoral del Golfo de México. El recinto portuario cuenta con una superficie de 6,138-73-01 hectáreas, integrada por 58- 64-34 hectáreas de terrenos de dominio público de la Federación y 6,080-08-67 hectáreas de agua de mar territorial. Tal superficie se encuentra dividida en tres poligonales conformadas por la poligonal del río Tuxpan, la poligonal del área de fondeo, las monoboyas y la Isla de Lobos (CONANP, 2013b). En la actualidad la zona de influencia del APFF Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan enfrenta un elevado tránsito de buques cisterna o de otro tipo de embarcaciones que transportan diferentes cargas o combustibles y utilizan el Puerto de Tuxpan, las monoboyas de la Terminal Marítima de Petróleos Mexicanos y las monoboyas del Complejo Termoeléctrico Presidente Adolfo López Mateos (CONANP, 2013b). La amenaza sobre los arrecifes radica en que estas embarcaciones, al no respetar las rutas de navegación establecidas, encallan o varan en los arrecifes causándoles daño físico a sus estructuras, incrementando la erosión y la degradación arrecifal y afectando organismos marinos residentes (CONANP, 2013b). El daño directo por encallamiento se documenta después de realizadas las maniobras para movilizar la embarcación y retirarla del arrecife. En el 2003, el barco Paula Kay encalló en el Arrecife Tuxpan (SALT), dañando ~177 m² de la planicie arrecifal y afectando principalmente poblaciones de los corales *Pseudodiploria clivosa* y *Millepora alcicornis* (Vargas-Hernández *et al.*, 2003), también se reporta en el año 2009 el accidente del buque Nuevo Pemex I cargado con 69 mil 889 barriles de gasolina Premium y que al pasar por la zona de arrecifes del bajo Tuxpan, encalló a unas 6 millas al norte de la desembocadura del río, para el 2010 el Chemstran Alster de

bandera liberiana y cargado con 3 mil 144 toneladas de sosa cáustica impactó el arrecife de Enmedio, quedando varado y afectando aproximadamente 3000 m² (En prensa), el último incidente se reporta el 14 de julio de 2014 el carguero de origen Norcoreano Mu Du Bong impactó el arrecife Tuxpan en la zona de barlovento afectando ~3000 m² y poblaciones de varias especies de corales entre ellas *Acropora palmata* considerada como especie en peligro crítico de extinción en el libro rojo de Especies Amenazadas elaborado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN por sus siglas en inglés) y con un estatus de protección especial por la norma Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001) (En prensa). Así mismo estos buques descargan aguas de sentina o de lastre, liberando al mar una mezcla nociva de petróleo, aguas aceitosas, nutrientes, especies exóticas y otros contaminantes que son transportados por las mareas o corrientes, afectando a los arrecifes y las comunidades residentes (CONANP, 2013b).

Algunas amenazas naturales son perceptibles para la zona, un ejemplo es la actividad derivada de los intensos vientos del norte generando una mayor arremetida del oleaje, con olas de < 6 metros de altura que pueden mover rocas y cabezas de coral, aumentando de esta manera la acción erosiva del agua sobre los corales vivos y muertos (Herrera, 1990). Las fuerzas mecánicas asociadas al oleaje pueden fragmentar colonias de coral (Wilkinson y Buddemeier, 1994). Los huracanes y las tormentas tropicales constituyen otras perturbaciones atmosféricas comunes en el sur del Golfo de México (Gardner *et al.*, 2005;

Wilkinson y Souter, 2008) , esas tormentas o huracanes generan olas de gran fuerza que impactan los corales y desprenden fragmentos de colonias (Hoegh-Guldberg, 2009) como en el Caribe mexicano, donde Blanchon *et al.* (2008), reportan la vulnerabilidad de los arrecifes de coral en el estado de Quintana Roo, en la Riviera Maya, Márquez – García *et al.* (2012) evidencian los cambios en los ecosistemas marinos debido a los fenómenos meteorológicos extremos y en el Golfo de México, Ortiz - Pérez (2012) señalan los efectos de los huracanes sobre los arrecifes, que genera un desbalance en el ecosistema, ese desbalance crea el proceso de erosión-calcificación, y se observan zonas arrecifales con crestas degradadas convertidas en bajos rocosos con corales aislados y arrecifes frontales con mortalidad parcial y alta cobertura algal (González-Ferrer *et al.*, 2004). Durante el periodo de 1951-2007 han sido 11 los huracanes de diferentes categorías que han impactado directamente en el norte del Estado de Veracruz y el Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (CONANP, 2013a). Las zonas costeras y en especial los arrecifes coralinos son ecosistemas muy vulnerables a una de las primeras manifestaciones del cambio climático, el calentamiento del océano (Burke y Maidens, 2005; Sarukhán, 2009), a través de la absorción de una cantidad cada vez mayor de radiación solar y de la limitación del intercambio de calor de las capas superficiales del mar, con las capas más bajas, y cada vez más calientes de la atmósfera (FUNDEMAR, 2013). La temperatura del mar es uno de los factores determinantes que actúa como regulador de los procesos fisicoquímicos y oceanográficos en el océano (Davis, 2007), y con ello, responsables de la distribución de la vida marina, y

especialmente de la distribución de la gran mayoría de las especies marinas que tienen alguna fase de su ciclo de vida libres en la columna de agua, y cuya distribución depende de las corrientes marinas (Hoegh-Guldberg, 1999, 2004; Eakin *et al.*, 2008; Schutte *et al.*, 2010; Hughes *et al.*, 2010; Eakin *et al.*, 2010) . La elevación constante de la temperatura del mar por encima de los 30 °C durante un período prolongado de tiempo, lleva al blanqueamiento de las colonias de corales por pérdida de las zooxantelas que son simbiosis a los mismos, y con ello, si el estrés térmico persiste, a la muerte de la colonia (UNEP, 2006; Loya, 2004; Meléndez *et al.*, 2013).

Los arrecifes de coral atraen a turistas de todas partes y los arrecifes de coral del sur del Golfo de México no son una excepción. Los arrecifes generan mucho más allá de la belleza y la cultura; benefician a la sociedad y la naturaleza proporcionando servicios ecosistémicos (UNEP, 2006), servicios culturales como el turismo, la recreación o el deleite estético (AIDA, 2012). Debido a que la zona arrecifal del SALT se ubican lejos de la costa y de asentamientos humanos muy poblados, estos arrecifes son visitados con poca frecuencia, por lo que los impactos derivados de actividades turísticas son mínimos, sin embargo la futura expansión turística de la región teniendo en cuenta la apertura de la autopista México – Tuxpan y la ampliación del Puerto, el turismo representa una amenaza ambiental para tener en cuenta. Actividades de desarrollo costero mal administrado tales como desarrollo turístico pueden causar erosión e involucrar el dragado de ríos o áreas marinas (Robles-Zavala, 2012), así como, incremento en

el número de visitantes, maltrato, quebrantamiento, sedimentación, incremento en la basura, contaminación por químicos y extracción de organismos (Arin y Kramer 2002; Ablan *et al.*, 2004; Barker y Roberts 2004; Andersson, 2007; Diedrich, 2007; Fitzpatrick y Donaldson, 2007; Asafu-Adjaye y Tapsuwan 2008; Hasler y Ott, 2008; Somerfield *et al.*, 2008).

Este turismo no regulado perjudica a los ecosistemas pues se han documentado casos para el Caribe mexicano y Golfo de México (SEMARNAT, 2007) donde es evidente:

- Descarga de residuos sólidos en exceso.
- Extracción de organismos marinos y otros materiales como arena, conchas, esqueletos de coral e incluso peces vivos.
- Ruptura de corales por buzos inexpertos.
- Pisoteo de los corales, pastos marinos y organismos bentónicos (Cortés y Jiménez, 2003).
- Embarcaciones que anclan incorrectamente y destruyen los arrecifes de coral.

La problemática ambiental está asociada a la presión potencial de desarrollo industrial inmobiliario y turístico, lo cual requiere de la formulación de estrictas medidas regulatorias que permitan minimizar los impactos ambientales provocados por el aprovechamiento de los servicios ambientales además de la

implementación de un esquema de conservación (Domínguez-Licona *et al.*, 2003). Acciones que supondrán un beneficio económico para el sector turístico, derivado del ordenamiento de las actividades dentro del ANP, manteniendo de esta manera la fuente de ingresos que resultan de las actividades de visitación a los arrecifes, principalmente buceo autónomo, buceo con esnorquel y recorridos guiados (CONANP, 2013b).

Por tanto, las contribuciones del presente trabajo se orientan a continuar con los esfuerzos de conservación de la biodiversidad presente en los ecosistemas marinos y costeros. La información que se ha obtenido a permitido conocer las características geomorfológicas, biológicas y ambientales, además de las actividades que se desarrollan en el área de los arrecifes no emergentes, hasta ahora poco conocidos, los cuales poseen características particulares y los hacen diferentes, convirtiéndolos en protagonistas claves en la dinámica del Sistema Arrecifal Norveracruzano. De modo tal que se incluya a estas estructuras arrecifales únicas para la zona del Golfo de México dentro de los polígonos existentes. Tal y como se ha promovido por los gobiernos del mundo, que ante la problemática ambiental generalizada han reafirmado de manera contundente la importancia de las Áreas Marinas Protegidas en el esquema global de conservación mundial basado, entre otros principios, en la declaración de espacios protegidos y su gestión efectiva (IMPAC, 2013).

7.4. Propuesta de modificación de la Declaratoria

Con base a la problemática antes descrita el presente estudio tiene por objeto

brindar las herramientas/bases para la modificación de la declaratoria del Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT) establecido mediante Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 05 de junio de 2009. Tal y como en otros casos antes mencionados: Parque Nacional Huatulco (CONANP, 2008), la Reserva de Biosfera volcán Tacaná (CONANP, 2011a), el Parque Nacional nevado de Toluca (CONANP, 2013c) y el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (CONANP, 2011b), A fin de incorporar y proteger las estructuras arrecifales de tipo no emergente (Blake, Pantepec y Oro Verde) de manera integral al sistema arrecifal.

Ahora bien, según la LGEEPA, se debe dar continuidad a las condiciones que propicien la evolución y dinámica de los ecosistemas y hábitats naturales, condición que se refiere a estas áreas naturales protegidas que albergan ecosistemas que presentan una alta integridad ecológica o funcional (CONANP, 2011b).

La modificación al decreto que ocupa este estudio se argumenta con base en las fracciones I, II y III del artículo 62 del Reglamento de la LGEEPA en materia de ANP's, que señala que la modificación de las declaratorias de áreas naturales protegidas, se considera cuando han variado las condiciones que dieron origen a su establecimiento a consecuencia de, entre otras, las siguientes circunstancias:

- I. El desplazamiento de las poblaciones de vida silvestre que se encuentren bajo un régimen de protección;

- II. Contingencias ambientales, tales como incendios, huracanes, terremotos y demás fenómenos naturales que puedan alterar o modificar los ecosistemas existentes en el área

- III. Por cualquier otra situación grave, que haga imposible el cumplimiento de los objetivos de su establecimiento.

Es importante resaltar que el área que se pretende incorporar es en su totalidad, propiedad la Nación en el régimen federal. No existe propiedad privada ni social en ninguno de los arrecifes, por lo que no se anticipan problemas jurídicos derivados de la incorporación de los arrecifes de tipo no emergente. La incorporación de los arrecifes no emergentes Pantepec, Blake y Oro Verde, permitirá garantizar la funcionalidad del ecosistema y del Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan, preservando las especies de vida silvestre a largo plazo. Los objetivos planteados en el Decreto de área natural protegida se mantienen y refuerzan con esta propuesta.

VIII. CONCLUSIONES

- Los arrecifes Pantepec, Blake y Oro Verde son estructuras de tipo plataforma no emergente, con un modelo morfológico similar a los arrecifes emergentes de la región y que pertenecen al Área de Protección de Fauna y Flora “Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan”. Se destaca el hecho que el arrecife Blake presenta la mayor superficie (1.3 km²), seguido del Oro Verde (1.1 km²) , en tanto que el Pantepec representa el de menor superficie (0.9 km²).
- La comunidad coralina de los arrecifes no emergentes se ve representada por 18 especies de corales pétreos. Es dominada por *Montastraea cavernosa*, *Colpophyllia natans* y *Pseudodiploria strigosa*. El mayor número de especies y colonias se registró en el arrecife Blake. Se destaca la presencia de *Acropora palmata* en el arrecife Blake.
- Los invertebrados móviles registran 11 especies, pertenecientes a 10 géneros y familias, prevalece la presencia de equinodermos (*Echinometra viridis*). El arrecife Blake presenta la mayor abundancia de individuos, mientras que el Oro Verde el mayor número de especies.
- Se registraron 60 especies de peces pertenecientes a 32 y 18, géneros y familias respectivamente, las especies mas representativas son *Chromis multilineata*, *Kyphosus sectatrix*, *Thalassoma bifasciatum*, *Microspathodon*

chrysurus y *Stegastes adustus*. El mayor número de especies e individuos se registró en el arrecife Blake.

- La cobertura coralina evidencia valores significativos, el arrecife Blake 36 %, el Pantepec 33 % y el Oro Verde 28%.
- En el área de estudio se desarrollan algunas actividades de origen humano y ocurren eventos naturales (vientos, huracanes, tormentas tropicales y cambio climático) que actúan como agentes de cambio para el ecosistema; agricultura, industria, desarrollo urbano, las especies invasoras, la sobrepesca, pesca ilegal, las operaciones marítimas y el turismo se destacan, considerando el creciente desarrollo industrial, inmobiliario y turístico de la región.
- La propuesta de modificación a la declaratoria del año 2009, involucra un incremento en la superficie total de 6,912 hectáreas, modificando el polígono existente Tuxpan (aumento de 3,926 hectáreas) e incluyendo la formulación de uno nuevo Blake (2,987 hectáreas).

IX. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL TRABAJO

La naturaleza sin duda alguna es un privilegio con el que todavía hoy contamos, la variedad de ecosistemas, entre ellos los arrecifes coralinos, son tesoros de gran valor, que comprenden una biodiversidad significativa y un atractivo paisajístico, económico y cultural. El esfuerzo de este trabajo está orientado a que la información que aquí se aporta constituya una herramienta importante para generar una propuesta de modificación del Área de Protección de Fauna y Flora “Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan”, teniendo en cuenta la evidente vulnerabilidad que tienen los ecosistemas marinos y costeros, mas aún los arrecifes coralinos, sensibles a las actividades humanas y procesos naturales, reforzando los supuestos de las estrategias de conservación efectiva, las cuales se enfocan en mantener los procesos ecológicos y promueven la resiliencia de estos ecosistemas ante las perturbaciones y cambios .

9.1. Justificación para realizar la aplicación del trabajo

- Procurar la integridad funcional de los arrecifes coralinos del área, gracias a las recientes investigaciones (González-Cobos, 2010; Martos, 2010; Maruri, 2012), más este estudio, que resaltan la presencia y valor que tienen los arrecifes no emergentes, únicos para la zona del Golfo de México, sus características físicas y ubicación, los convierten en protagonistas de la ruta de dispersión de biodiversidad en los sistemas arrecifales del Golfo de México (Jordán- Dahlgren, 2002; Paris *et al.*, 2005).

- Salvaguardar la diversidad genética de las especies tales como; corales, invertebrados y peces, de modo tal que se asegure la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad.
- Resguardar la conectividad ecosistémica que existe entre los arrecifes coralinos, los pastos marinos y los bosques de manglar, conectividad presente, a través de nutrientes, sedimentos y agua que permite la conservación de los humedales RAMSAR Tuxpan y Tamiahua, ubicados en el área de influencia del Área Natural Protegida.
- Controlar el aprovechamiento de los recursos marinos y costeros, en pro de minimizar los efectos de la pesquería de especies de importancia comercial y ecológica.
- Prevenir la accidentalidad asociada a colisión o encallamiento de embarcaciones en los arrecifes coralinos.
- Conservar el paisaje, así como sus elementos naturales, para el disfrute, esparcimiento, aprovechamiento y elevación de la calidad de vida de la población.

X. BIBLIOGRAFÍA

Ablan, M.C.A., Mc Manus, J.W. y Viswanathan. K. 2004. Indicators for management of coral reefs and their applications to marine protected areas. NAGA, World Fish Center Quarterly. 27**(1- 2)**:31-39.

Agnew, D.J., Pearce, J., Pramod, G., Peatman, T., Watson, R., Beddington, J.R. y Pitcher. T. 2009. Estimating the worldwide extension of illegal fishing. Vol. 4 **(2)**: 1-8.

Aguilar-Pérez, F. y Zapata-Zavala. L.F. 2008. Monitoreo de la salud de los constructores primarios en el arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Aguilar, V., Kolb, M., Hernández, D., Urquiza, T. y Koleff. P. 2008. Prioridades de conservación de la biodiversidad marina de México. CONABIO. Biodiversitas **(79)**:1-15.

AIDA. 2012. Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente. Los arrecifes de coral en Costa Rica: valor económico, amenazas y compromisos legales internacionales que obligan a protegerlos, Conservation International. San José, Costa Rica. 36 pp.

Albins, M.A. y Hixon M.A. 2008. Invasive Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* reduce recruitment of Atlantic coral-reef fishes. Marine Ecology Progress Series **(367)**: 233-238.

Alcolado, P., Claro-Madruga, R., Martínez-Danaras, B., Parrado-García P., Cantelar, K., Hernández, M. y Del Valle. R. 2001. Evaluación ecológica de los arrecifes coralinos del Oeste de Cayo Largo del Sur, Cuba: 1998-1999. Bol. Inv. Mar. Cost. **(30)**: 109-132 .

Almada-Villela, P. C., Sale, P., Gold-Bouchot G. y Kjerfve. B. 2003. Manual de métodos para el programa de monitoreo sinóptico del SAM —Métodos seleccionados para el monitoreo de parámetros físicos y biológicos para utilizarse en la región mesoamericanall. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. 149 pp.

Alvarado, J.J., Herrera, B., Corrales, L., Asch, J. y Paaby. P. 2011. Identificación de las prioridades de conservación de la biodiversidad marina y costera en Costa Rica. Rev. Biol. Trop. **(59)**: 829-842.

Amador, R. L. 2008. Macroalgas del arrecife Enmedio de Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Andersson, J.E.C. 2007. The recreational cost of coral bleaching- A stated and revealed preference study of international tourists. Ecological Economics. **(62)**:704-715.

Antonio - Cruz, A. R. 2009. Evaluación del estado de condición de la comunidad coralina del arrecife Enmedio, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Aoyama, C. 2010 Concentración de nutrientes en las aguas de los arrecifes Tuxpan. Tesis de Maestría, UNE. México.

APITUX. 2013. Programa maestro de desarrollo portuario del puerto de Tuxpan 2011-2016. Tuxpan, Veracruz, México. 372 pp.

Argüelles – Jiménez, J. 2008. Variación espacial de las asociaciones de peces del arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Argüelles – Jiménez , J. 2010. Biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas arrecifales del norte de Veracruz, México. CINVESTAV. UNIDAD MÉRIDA RECURSOS DEL MAR , Mérida, México.

Arreguín-Sánchez, F. y Arcos-Huitrón, E. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. Hidrobiológica 21 **(3)**: 431-462.

Arin, T. y Kramer. R.A. 2002. Divers willingness to pay to visit marine sanctuaries: an exploratory study. Ocean and Coastal Management. **(45)**:171-183.

Asafu-Adjaye, J. y Tapsuwan. S. 2008. A contingent valuation study of scuba diving benefits: Case study in Mu Ko Similan Marine National Park, Thailand. Tourism Management. **(29)**: 1122-1130.

Asís, A. U. 2006. Estudio comparativo de esponjas marinas en dos arrecifes del Norte de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA). 2010. Protocols Version 5.4. [actualizado al 1 de septiembre]. Página electrónica (<http://www.agrra.org>).

Barker, N.H.L. y Roberts. C.M. 2004. Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biological Conservation* . **(120)**:481-489.

Barón, M. B. I. 2007. Estudio de los equinodermos asociados a la planicie del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Bautista, C. T. 2008. Contribución al conocimiento de los peces del arrecife de Enmedio, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Beltrán-Torres, A. U. y Carricart-Ganivet. J.P. 1999. Lista revisada y clave para los corales pétreos zooxantelados (Hydrozoa: Millepora; Anthozoa: Scleractinia) del Atlántico Mexicano. *Revista de Biología Tropical*. **47(4)**:813-829.

Blanchon, P., Iglesias –Prieto, R., Jordán – Dahlgren, E. y Richards, S. 2008. Arrecifes de coral y cambio climático global: Vulnerabilidad de la zona costera del estado de Quintana Roo. 121 pp.

Botello, A. V., G. P. Vélez, A. Toledo, G. D. González, y Villanueva. S. 1992. Ecología recursos costeros y contaminación en el Golfo de México: Ciencia y desarrollo. *CONACYT* 17. **(102)**: 28-48.

Bravo -Tzompantzi, D., F. A. Solís Marín, A. Laguarda Figueras, M. Abreu Pérez y Duran- González. A. 1999. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Avicennia*, **(10-11)**: 43-72.

Buddemeier, R.W., Kleypas, J. y Aronson. R. 2004. Coral reefs and global climate change: potential contributions of climate change to stresses on coral reef ecosystems. *En*: Change PCoGC (Ed). Pew Center on Global Climate Change. Arlington, Virginia, USA.

Bula, G. 2002. Perturbación biológica extrema en los sistemas coralinos del Caribe. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **26(98)**: 105-110.

Burke, L. 2002. Reefs at Risk in Southeast Asia. World Resources Institute. Washington, D. C. USA.

Burke, L. y Maidens, J. 2005. Arrecifes en Peligro en el Caribe. World Resources Institute. Washington, D. C. USA.

Cárdenas, A. S. I. 2010. Equinodermos en el arrecife Lobos, Ver. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Carpenter, R. C. 1990. Mass mortality of *Diadema antillarum*. Long term effects on sea urchin population dynamics and coral reef algal communities. *Marine Biology*. **(104)**: 67- 77.

Carpenter. S. 2012. High density of *Pseudodiploria strigosa* increases prevalence of black by disease in coral reefs of northern Bermuda. Journal of Marine Ecology. Volume (1): 20 pp.

Carrera-Parra, L. F. y Vargas-Hernández. J.M. 1996. Comunidad criptica de esponjas del arrecife de Isla de En medio, Veracruz, México. Rev. Biol. Trop. **45(1)**:311-321.

Carricart-Ganivet, J. P. y Horta-Puga. G.1993. Arrecifes de coral en México. En: S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). Biodiversidad marina y costera de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Cancún, México.

Carrillo, L.V. 2012. Estudio preliminar de estrategias para la restauración de los arrecifes coralinos del Caribe colombiano. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. Colombia.

Caso, M., Pisanty, I. y Ezcurra E. 2004. Diagnostico 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. México D.F, México. 626 pp.

CCO. 2011. El Océano en las Ciencias Naturales y Sociales. Segunda edición. Comisión Colombiana del Océano. Dígitos y Diseños Industria Gráfica Ltda. Bogotá, Colombia. 298 pp.

CEDRSSA. 2012. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable de la Cámara de Diputados. Reporte Rural De Coyuntura. Suplemento Legislativo Número 34. Mexico. 55 pp.

Cervantes-Cianca, R. C., J. M. Gómez-Barrón, N. Chantiri-Pérez, R. Azamar, R. Méndez, L. Muñoz-Cabrera y Ramírez-Camarena. C. 2002. Marea Roja por *Gymnodinium breve* en la costa de Veracruz, efectos y estrategias de una contingencia. Rev. Hidrobiologica, Mex. 15 (1): 73-78.

Cervigón, F. 1992. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa Septentrional de Sur América. FAO. Roma. (1): 29-49.

Chadwick, N. E. y Morrow. K.M. 2011. Competition among sessile organisms on coral reef. En Z. Dubinsky y N. Stambler (Eds.), Coral Reefs: an ecosystem in transition. (1): 347-371.

Chamberlain, C. K. 1966. "Some octocorallia of Isla Lobos, Veracruz, Mexico". Geology Studies. Brigham Young University. (13):47-54.

Chape, S., S. Blyth, L. Fish, P. Fox y Spalding. M. 2003. United Nations List of Protected Areas. IUCN, Gland - UNEP-WCMC, Cambridge. 45 pp.

Chávez, E. A., Tunnell Jr, J. W. y Withers. K. 2007. Reef Zonation and Ecology: Veracruz Shelf and Campeche Bank. Cap. 5. Pp. 41-67. In: Tunnell Jr. J. W., E. A. Chávez y K. Withers (Ed.). Arrecifes coralinos del Sur del Golfo de México. AyM University Press College Station. Texas. 194 pp.

Chávez, E. A. 1988. Los arrecifes coralinos del Caribe Noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico. *An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. UNAM.* **15(1)**: 167-176.

Chávez-Hidalgo, A. 2009. Conectividad de los arrecifes coralinos del Golfo de México y Caribe Mexicano. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México.

Chávez, E. A. 1973. Observaciones generales sobre las comunidades del Arrecife Lobos, Veracruz. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Mex.* **(20)**:13-21.

Chávez, E. A., y Tunnell. J.W. 1993. Needs for management and conservation of the Southern Gulf of Mexico. In *Coastal Zone '93: Proceedings of the Eighth Symposium on Coastal and Ocean Management (July 19-23, 1993, New Orleans, Louisiana)*, ed. O. T. Magoon, W. S. Wilson, H. Converse, and L. T. Tobin, 2:2040-53. American Society of Civil Engineers. New York, USA.

Chávez, E. A., E. Hidalgo y Sevilla. M.L. 1970. Datos acerca de las comunidades bentónicas del arrecife Lobos, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.* **(30)**:211-281.

Chávez, E. A., E. Hidalgo, y Izaguirre. M.A. 1985. A comparative analysis of Yucatan Coral Reefs. In *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress: Tahiti, 27 May-1 June 1985*, ed. C. Gabrie y V. M. Harmelin, 6:355-61. Antenne Museum-Ephe. Moorea, French Polynesia.

Chicatto, L. M. A. 2001. Comparación de la estructura comunitaria de los corales pétreos en cuatro sectores del arrecife Lobos, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Christie, P., A. White y Deguit. E. 2002. Starting point or solution? Community-based marine protected areas in the Philippines. *J. Environ. Manage.* **(66)**: 441-454.

Cisneros, M.A., P. Guzmán, P. Rojas, G. Morales y Juárez. N. 2010. Programa Nacional de Investigación Científica y Tecnológica en Pesca y Acuicultura. INAPESCA. SAGARPA. México, DF. 71 pp.

Collin, R., Díaz, M. C., Nuremburg, J., Rocha, M. R., Sánchez, J. A., Schulze, A. Schwartz, M. y Valdez. A. 2005. Photographic Identification Guide to Some Common Marine Invertebrates of Boca Del Toro, Panama. *Caribbean Journal of Science.* **41 (3)**: 638-707.

CONABIO. 2009. Capital natural de México, vol. II : Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 35 pp.

CONANP. 2008. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Estudio previo justificativo para la modificación y ampliación de la extensión del Parque Nacional Huatulco, en el municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca. México. 52 pp.

CONANP. 2011a. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria de la Reserva de Biosfera Volcán Tacaná, Chiapas, México. 104 pp.

CONANP. 2011b. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del área natural protegida Parque Nacional Sistema Veracruzano, Veracruz, México. 184 pp.

CONANP. 2013a. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Anteproyecto de Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan. México. 12 pp.

CONANP, 2013b. Programa de manejo Área De Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. Comisión Nacional De Áreas Naturales Protegidas, México. 150 pp.

CONANP. 2013c. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del Parque Nacional Nevado de Toluca, Estado de México, México. 123 pp.

CONEVAL. 2012. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Informe de Evaluación de la Política de Desarrollo Social en México 2012, México. 205 pp.

Cortés, J. y Jiménez. C.E. 2003. Corals and coral reefs of the Pacific of Costa Rica: history, research and status, 385 pp.

Crain, C., Kroeker, K. y Halpern, B. 2008. Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. *Ecology Letters*. **(11)**: 1304–1315.

Cruz – Ferrer, M. I. 2010. Esponjas marinas del arrecife Lobos, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Davis, C. 2007. Monthly Update: Ocean Acidification, the Other Threat of Rising CO(2) Emissions”. World Resources Institute. 321 pp.

De la Cruz, F. V. y González-Gándara. C. 2006. Lista actualizada de los gasterópodos de la planicie arrecifal del Arrecife Lobos, Ver., México. *Revista UDO Agrícola*. **6(1)**:128 – 137.

De la Cruz, F. V. 2013. Estructura de las comunidades macrobentónicas y ícticas asociadas a los sustratos rocosos coralinos del arrecife Lobos, Veracruz, México. Tesis de Maestría . Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

De la Cruz, F. V. y González-Gándara. C. 2006. Lista actualizada de los gasterópodos de la planicie del arrecife Lobos, Veracruz, México. *Revista Científica, UDO Agrícola* **6(1)**:128-137.

De la Lanza, G. y Gómez Rojas. S.C. 2004. Características físicas y químicas del Golfo de México. In: Diagnóstico ambiental del Golfo de México. M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.), INE y el Harte Research Institute. **(1)**:105-136.

Delgado, C. 2005. Plan de conservación reserva costera valdiviana. The Nature Conservancy (TNC). 173 pp.

Díaz-Ruiz, A., A. Aguirre-León, y Arias- González. J.E. 1998. Habitat interdependence in coral reef ecosystems: A case study in a Mexican Caribbean reef. *Aquatic Ecosystem Health and Management* .(1):387-97.

Díaz, J., L. Barrios, M. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López, G. Ospina, G. Parra, J. Pinzón, B. Vargas, F. Zapata y Zea. S. 2000. Áreas coralinas de Colombia. Serie de Publicaciones Especiales. (5): 130-136.

Diedrich, A. 2007. The impacts of tourism on coral reef conservation awareness and support in coastal communities in Belize. *Coral Reefs*. (26):985-996.

Domínguez-Licona, J. M., Hernández Santiago C. y López Guevara, V. M. 2003. Caracterización física y biogeográfica de la Bahía, Isla y micro cuenca del río Cacaluta, Santa María Huatulco, Oaxaca. Universidad del Mar. 20 pp.

Drammeh, O.K.L. 2000. Illegal, unreported and unregulated fishing in smallscale marine and inland capture fisheries. Document AUS: IUU - 2000 - (7): 7 pp.

Dueñas-Meza, E. I. 2010. Cobertura de grupos morfo funcionales en el arrecife Lobos, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Duran, A. y Claro. R. 2009. Actividad alimentaria de los peces herbívoros y su impacto en arrecifes con diferente nivel de degradación antrópica. *Rev. Biol. Trop.* 57 **(3)**: 687-697.

Durán - González, A., A. Laguarda Figueras, F.A. Solís Marín, B. E. Buitrón Sánchez, C. A. Gust, y Torres Vega, J. 2005. Equinodermos (Echinodermata) de la zona marina económica exclusiva del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.*, 53 **(Supl. 3)**: 53-68.

Dyck, A. J., y Sumaila, U. R. 2010. Economic impact of ocean fish populations in the global fishery. *Journal of Bioeconomics.* 12**(3)**: 227-243.

Eakin, C. M., Kleypas, J. y Hoegh-Guldberg, O. 2008. Global Climate Change and Coral Reefs: Rising Temperatures, Acidification and the Need for Resilient Reefs. En C. Wilkinson (Ed.), *Status of the Coral Reefs of the World: 2008* (pp. 29-34). Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre. Townsville, Australia.

Eakin, C., M., Morgan., y Heron. J.H. 2010. Caribbean Corals in Crisis: Record Thermal Stress Bleaching, and Mortality in 2005. *PLoS ONE.* 5**(11)**: 1-9.

Edmunds, P. y Carpenter. R. 2001. Recovery of *Diadema antillarum* reduces macroalgal cover and increases abundance of juvenile corals on a Caribbean reef. *PNAS.* **(98)**:5067- 5071.

FAO. 2012. Estado de las áreas marinas y costeras protegidas en América Latina. Elaborado por Aylem Hernández Ávila. REDPARQUES Cuba. Santiago de Chile, 620 pp.

Faust, A. M. y Gullette. A.R. 2002. Identifying Harmful Marine Dino Flagellates. Contributions Of The United States National Herbarium. **(42)**:1-144.

Fitzpatrick, S.M. y Donaldson. T.J. 2007. Anthropogenic impacts to coral reefs in Palau, Western Micronesia during the Late Holocene. Coral Reefs. **(26)**:915-930.

Freeman, L.A, Kleypas J. A, y Miller. A.J. 2013. Coral Reef Habitat Response to Climate Change Scenarios. Vol. **(8)**: 12 pp.

FUNDEMAR. 2013. El impacto del cambio climático en los arrecifes del sureste del país. Fundación Dominicana De Estudios Marinos. Bayahíbe, Republica Dominicana. 28 pp.

García-Ríos, C. I., Soto-Santiago, F. J. Colon-Rivera, R. J. Medina-Hernández. J.R. 2008. Gasterópodos asociados al alga calcárea *Halimeda opuntia* (Udoteaceae) en Puerto Rico. Rev. Biol. Trop. 56 **(4)**: 1665-1675.

Gardner, T. A., Côté, I. M., Gill, J. A., Grant A. y Watkinson. A.R. 2005. Hurricanes and Caribbean Reefs: Impacts, recovery patterns, and role in long term decline. Ecol. 86**(1)**: 174- 184.

Garzón-Ferreira, J., Reyes-Nivia, M. C. y Rodríguez-Ramírez. A. 2002. Manual de métodos del SIMAC. Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en

Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR. Colombia Santa Martha. 57 pp.

Gladfelter, W.B. y Gladfelter E. H. 1978. Fish community structure as a function of habitat structure on West Indian patch reefs. *Rev. Biol. Trop.* 26 (**supl.1**): 65-84.

Gleason, H.A., *Ecology*. 1922. On the Relationship between species and area. (**3**):158-162.

González, A. y Azcona. A. 2008. Informe Técnico de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes Coordinación General de Puertos y Marina Mercante. México. 38 pp.

González, J. Grijalba-Bendeck, M, Acero, A, y Betancourt. R. 2009 The invasive red lionfish, *Pterois volitans*, in the southwestern Caribbean Sea. *Aquatic Invasions*. (**4**): 507–510.

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.

González-Ferrer, S., Marcos, Z., Cante- lar, K., Hernández-Zanuy, A., Martínez-Daranas, B., Valle, R., Abreu, M., Chávez, M. E., Muñoz, D., Irazábal, D., Capetillo, N., Martínez, J.C. y Espinosa, J. 2004. Corales y organismos asociados en aguas cubanas. En: González-Ferrer (ed.), *Corales pétreos, jardines sumergidos de Cuba*. 229 pp.

González-Gándara, C. 1996. Asociación de peces del arrecife Tuxpan, Veracruz, México y su comparación con un arrecife Cubano. Tesis de maestría. Universidad de la Habana, Ciudad de La Habana, Cuba.

González-Gándara, C. 2003a. Íctiofauna de los arrecifes coralinos del norte de Veracruz. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología. 74(2):163-177.

González-Gándara, C. 2003b. Peces asociados a *Thalassia testudinum* en el arrecife Lobos, Veracruz, México. BioTam Nueva serie. 14(3):63-72.

González-Gándara, C. y González-Sansón. G. 1997. Composición y abundancia de la íctiofauna del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. Revista de Investigaciones Marinas. 18(3):249-259.

González-Gándara, C., M. Cruz-Arellano, C. Domínguez-Barradas, A. Serrano y Basáñez-Muñoz. A.J. 2007. Macroalgas asociadas a cuatro hábitats del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. Revista Científica UDO Agrícola. 7(1):252-257.

González-Gándara, C., S. C. Trinidad-Martínez y Chávez-Morales. V.M. 2006. Peces ligados a *Thalassia testudinum* en el arrecife Lobos, Veracruz, México: diversidad y abundancia. Revista de Biología Tropical. 54(1):189-194

González-Gándara, C., A. Patiño García, U. Asís Anastasio, A. Serrano y Gómez. P. 2009. Lista de esponjas marinas asociadas al arrecife Tuxpan, Veracruz, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 80 (1):15-20.

Granizo, T, Molina, M.A. Secaira, E. Herrera, B. Benítez, S. Maldonado, O. Libby, M. Arroyo, P. Isola, S. y Castro. M. 2006. Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, PCA. TNC y USAID. Quito. 206 pp.

Green, D., P. Edmunds y Carpenter. R. 2008. Increasing relative abundance of *Porites astreoides* on Caribbean reefs mediated by an overall decline in coral cover. Mar. Ecol. Prog. Ser. **(359)**: 1-10.

Guadarrama, G. M. R. 1973. Distribución de las especies del Genero *Caecum* en el arrecife Lobos, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México.

Gutiérrez, D., García-Sáenz, C., Lara M. y Padilla. C. 1993. Comparación de Arrecifes Coralinos: Veracruz y Quintana Roo. PP. 787-806 In Biodiversidad Marina y Costera de México. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México. 856 pp.

Gutiérrez – Moreno, C. Alonso, D. y Segura –Quintero, C. 2008. Diseño de un área marina protegida para Bahía Portete – La Guajira, Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. **37** (2): 189-212.

Gutowski, M. 2008. Herramienta de evaluación para sitios RHRAP, Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras. En: Manomet Center for Conservation Science. Manomet, Massachusetts, USA.

Hasler, H. y Ott. J.A. 2008. Diving down the reefs ? Intensive diving tourism threatens the reefs of the northern Red Sea. *Marine Pollution Bulletin*. **(56)**:1788-1794.

Herrera, A. 1990. Efectos de la contaminación sobre las características de las comunidades bentónicas: El arrecife coralino. Tesis para la obtención del Grado de Candidato a Doctor en Ciencias Biológicas. Instituto de Oceanología de Cuba. Ciudad de La Habana, Cuba.

Hoegh-Guldberg, O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine Freshwater Research*. **(50)**: 839-866.

Hoegh-Guldberg, O. 2004. Coral reefs in a century of rapid environmental change. *Symbiosis*. **(37)**: 1-31.

Hoegh-Guldberg, O. 2009. Climate change and coral reefs: Trojan horse or false prophecy ? *Coral Reefs*. **(28)**: 569-575.

Horta-Puga. C.1993. Corales pétreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México. In *Biodiversidad Marina y Costera de México*, ed. S. 1. Salazar-Vallejo y N. E. González, 66-80. México, D.F.: Comisión Nacional para la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo. México.

Horta-Puga, G., Vargas-Hernández, J. M. y Carricart-Ganivet, J. P. 2007. "Reef corals" En: *Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico*. J.W. Tunnell Jr., E. A. Chávez y K. Withers (eds.) Harte Institute y Universidad Texas y A.M. **(8)**:96–101.

Horta-Puga, G. y Carriquiry. J.D. 2008. Crecimiento del coral hermatípico *Montastraea cavernosa* en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Ciencias Marinas. **34(1)**: 107-112.

Horta-Puga, G. 2009. Impactos ambientales. Cap. 12. Pp. 183-236. En: Tunnell Jr. J. W., E. A. Chávez y K. Withers (Ed.). Arrecifes coralinos del Sur del Golfo de Mexico. Texas A&M University Press College Station. 194 pp.

Hughes, T. P., B. D. Celler, J. B. C. Jackson, y Boyle. M.J. 1985. Mass mortality of the echinoid *Diadema antillarum* Philippi in Jamaica. Bulletin of Marine Science. **(37)**: 77- 84.

Hughes, T.P. 1992. "Monitoring of coral reefs: a bandwagon?" Reef Encounter **(11)**: 9-12.

Hughes, T. P., Graham, N. A. J., Jackson, J. B. C., Mumby, P. J. y Steneck. R.S. 2010. Rising to the challenge of sustaining coral reef resilience. Trends Ecol. Evol. **25(11)**: 633-642 .

Humann, P. y Deloach. N. 2002b. Reef fish identification, Florida, Caribbean, Bahamas. New World Publication, Jacksonville, Florida, USA. 481 pp.

Ibarra, S.R. 2003. Explotación petrolera mexicana frente a la conservación de la biodiversidad en el régimen jurídico. Instituto De Investigaciones Jurídicas UNAM. México. 251 pp.

- ICRI. 2011. Global Coral Reef Monitoring Network e International Coral Reef Initiative. Climate Change and Coral Reefs. Australia. 120 pp.
- IMPAC. 2013. International Marine Protected Areas Congress. Congress Book. Marseilla and Corsica, France. 92 pp.
- INEGI. 1995a. Anuario Estadístico del Estado de Veracruz. Aquascalientes, México:
- INEGI. 1995b. Cuaderno de estadísticas Históricas de México. México D.F. México.
- INEGI. 1997b. Cuaderno Estadístico Municipal. Boca del Río, Estado de Veracruz. Aquascalientes, México.
- INEGI. 2000. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Resultados Preliminares. México.
- INLOG, 2012. Logistics Solutions. Administración Portuaria Integral de Tuxpan, Veracruz, Mexico. 14 pp.
- ISSG. 2007. Global Invasive Species Database. IUCN. [actualizado al 1 de septiembre]. Página electrónica (<http://www.issg.org>).
- Itzkowitz, M. 1977. Spatial organization of the Jamaican damselfish community. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **(28)**:217-241.

Jacovo-Montiel, Y. A. 2011. Corales pétreos del arrecife Tanhuijo, Tuxpan, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Jiménez – Hernández, S.B. 2011. Derrame de petróleo en el Golfo de Mexico (Tamaulipas). Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Portuaria, Marítima y Costera (CIDIPORT), Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller”, UAT. México. 14 pp.

Jordán-Dahlgren, E. 1987 Arrecifes Profundos en la Isla de Cozumel, México. Anal. Inst. Cienc. Mar y Limnol., UNAM. **(15)**:195-208.

Jordán- Dahlgren, E. 2002. Gorgonian distribution patterns in coral reef environments of the Gulf of Mexico: Evidence of sporadic ecological connectivity. Coral Reefs. **(21)**: 205-15.

Jordán-Dahlgren, E. y Rodríguez Martínez. R.E. 2003. The Atlantic Coral Reefs of México. Pp. 131-158. In: Latin American Coral Reefs Cortés J. (ed.) CIMAR. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Jordán-Dahlgren, E. 2004. Arrecifes coralinos del Golfo de México: caracterización y diagnóstico In: Diagnóstico ambiental del Golfo de México. M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.), publicado por el INE y el Harte Research Institute. **(1)**: 555-572.

Kornicker, L. S. y Boyd. D.W. 1962a. Biogeology of a living coral reef complex on the Campeche Bank. In Guide Book Field Trip to Peninsula of Yucatan, ed. G. E. Murray y A. E. Weidie Jr., 73-84. New Orleans, USA.

Lara, M., C. Padilla, C. García. y Espejel. J.J. 1992. Coral reefs of Veracruz Mexico, 1: Zonation and community. In Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium (22-26 June 1992, Mangilao, Guam), ed. R. H. Richmond, 1535-44. University of Guam Press. Mangilao. Guam.

LGEEPA. 2004. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de áreas naturales protegidas. Diario Oficial de la Federación. 44 pp.

Liddell, W.D. 2007. Origin and geology. In Tunnell, J.W., E. Chávez y K. Whithers (eds.) Coral reefs of the southern Gulf of Mexico. Texas A&M University Press, College Station, Texas. 33 pp.

Lirman, D. 1999. Reef fish communities associated with *Acropora palmata*: Relationships to benthic attributes. Bull. Mar. Sci. **(65)**:235-252.

Littler, D.S. y Littler. M.M. 2000. Caribbean reef plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico. 542 pp.

López-Victoria, M. y Díaz, J. 2000. Morfología y estructura de las formaciones coralinas del Archipiélago de San Bernardo, Caribe Colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 24**(91)**: 219-230.

Loya, Y.1972. Marine Biology, Community Structure and Species Diversity of Hermatypic corals al Eilat, Red Sea.1972.13 **(2)**:100-123.

Loya, Y. 2004. The coral reefs of Eilat - Past, Present and Future: Three Deacades of Coral Com- munity Structure Studies. In: E. Rosenberg y Y. Loya (Eds.). Coral Health and Disease. Springer. Germany. 34 pp.

Magrini, A. 1990. A Avaliação de impactos ambientais. *En: Meio ambiente. Aspectos técnicos e económicos* (Ed. S.Margulis). Ipea: Brasilia. 238 pp.

Malpica, A. 2000. Distribución de los constructores primarios en el arrecife Lobos, Ver. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Mann, P., Taylor F.W, Burke K., y Kulstad. R. 1984. Subaerially exposed Holocene coral reef, Enriquillo Valley Dominican Republic. Geological Society of America Bulletin. **(95)**: 1084-1092.

Manuel, S. J. N. 2008. Contribución al conocimiento de los peces del arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Márquez - García, A.Z., Bolongaro, A. y Torres – Rodríguez. V. 2008. Cambio de línea de costa en la Riviera Maya debido a fenómenos hidrometeorológicos extremos, consecuencias del cambio climático global. México. 121 pp.

Martin, J. W. y Davis. D.E. 2001. An updated classification of the recent crustacea. Natural History Museum of Los Angeles County. Science series. **(39)**: 1-132.

Martos, F. J. 1993. Estudio sobre los Corales Escleractíneos Hermatípicos (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia) del arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Martos, F, J. 2004. Medidas para el control de los impactos ambientales antropogénicos en el arrecife Tuxpan, Veracruz, México. Trabajo Recepcional Especialidad de Diagnostico y Gestión Ambiental. Universidad Veracruzana, Poza Rica, Veracruz, México.

Martos, F. J. 2007. "UV al rescate de los arrecifes de coral del estado de Veracruz" Gaceta. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Martos, F. J. 2010. Evaluación de la salud de los corales del arrecife Blake, Cazones, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.

Martos, F. J. 2013. Diagnóstico Ambiental Del Sistema Arrecifal Norveracruzano Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México. 44 pp.

Martos, F. J. y Cuervo. L. 1995. Los escleractíneos del arrecife Tuxpan II XXIII Congreso Nal. de Zoología. Somexzool y UMSNH. Morelia, Michoacán, México.

Martos, F. J. y Santiago. R. 1997. Necesidades de manejo del Sistema Arrecifal Norveracruzano II IV Congreso Nal. De Ciencia y Tec. del Mar. DGCYTM SEP. Mérida, Yucatán, México.

Maruri, C. M. 2009. Evaluación del estado poblacional de *Acropora palmata* (Lamarck, 1816) en el arrecife Enmedio, Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Maruri, C. M. 2012. Evaluación de la comunidad de los corales pétreos del arrecife no emergente Oro Verde, Tuxpan, Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Mascia, M. 2003. The human dimension of coral reef marine protected areas: recent social science research. *Conserv. Biol.* 17 **(2)**: 630-632.

Mateo, M. F. 2008. Estudio comparativo de esponjas marinas en tres arrecifes del Norte de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

McClanahan, T., M. Marnane, J. Cinner y Kiene. W. 2006. A comparison of marine protected areas and alternative approaches to coral reef management. *Curr. Biol.* **(16)**: 1408- 1413.

McCook, L., J. Jompa y Díaz-Pulido. G. 2001. Competition between corals and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms. *Coral Reefs.* **(19)**: 400-417.

McNeill, A. R. 1992. Recreational water quality. In *Pollution in Tropical Aquatic Systems*, ed. D. W. Connell y D. W. Hawker, 193-216. Boca Raton, Florida, USA.

Meléndez, M., Morrel. J.M. y Corredor. J.E. 2013. Doble amenaza a los arrecifes de coral: temperatura y acidificación de los océanos. Rev. La Regata 23 pp.

Moberg, F., y Folke, C. 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. Ecological Economics. **(29)**:215–233.

Monreal-Gómez M.A., D.A. Salas de León y Gracia-Gasca. A. 2004a. Golfo de México, Circulación y Productividad. Ciencias. **(76)**: 24-33.

Monreal-Gómez M.A., D.A. Salas de León, y Velasco-Mendoza. H. 2004b. La hidrodinámica del Golfo de México. Pp. 47-68. En: Caso *et al.* (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Instituto Nacional de Ecología, México DF, México. 1047 pp.

Monroy-López, M. y Solano. O.D. 2005. Estado poblacional de *Echinometra lucunter* (Echinoida: Echinometridae) y su fauna acompañante en el litoral rocoso del Caribe Colombiano. Rev. Biol. Trop. 53. **(Suppl. 3)**: 291-297.

Moore, D. R. 1958. Notes on Blanquilla Reef, the most northerly coral formation in the Western Gulf of Mexico. Publications of the Institute of Marine Science (University of Texas). **(1)**: 51-55.

Mora, C., S. Andrefouet, M. Costello, C. Kranenburg, A. Rollo, J. Veron, K. Gaston y Myers. R. 2006. Coral Reefs and the Global Network of Marine Protected Areas, Science. **(312)**: 1750-1751.

Morales-Barragán, A.M. 2012. Distribución, cobertura y morfometría de los corales escleractíneos dominantes del arrecife Lobos, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Morelock, J. y Koenig. J. 1967. Terrigenous sedimentation in a shallow water coral reef environment. *J. Sedim. Petrol.* **(37)**: 1001-1005.

Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M y T. Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza. 84 pp.

Morris, J.A. Jr., y Akins. J.L. 2009. Feeding ecology of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in the Bahamian archipelago. *Environ. Biol. Fishes.* **(86)**:389-398.

Morris, J.A., Jr. 2013. El pez león invasor: guía para su control y manejo. Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series, No. 2, Marathon, Florida, USA. 126 pp.

Muñoz, B. A. N. 2010. Estructura de la comunidad de peces del arrecife Lobos, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Müller, F. B. 2010. Potencialidades de los Ecosistemas Marino - Costeros de Nicaragua. Sistema Nacional de Areas Protegidas (SINAP) de Nicaragua. 22 pp.

Nelson, J. S. 1994. *Fishes of the World*. 3rd Ed. John Wiley y Sons. New York. 600 pp.

Norström, A. V., Nyström, M., Lokrantz, J. y Folke. C. 2009. Alternative states on coral reefs: beyond coral-macroalgal phase shifts. *Marine Ecology Progress Series*. **(376)**: 295-306.

Ohlhorst, S. L., Liddell, W. D., Taylor, R. J. y Taylor, J. M. 1988. Evaluation of reef census techniques. *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium*. **(2)**:319-324.

Ortíz – Pérez, M.A. 2008. Vulnerabilidad de las costas ante el aumento del nivel del mar: Caso las costas de barrera del Golfo de México en el litoral de México. 121 pp.

Ostrander, G.; Meyer, K., Knobbe, E., Gerace, D. y Scully. E. 2000. Rapid transition in the structure of a coral reef community: The effects of coral bleaching and physical disturbance. *Science*. 97 **(10)**: 5297–5302.

Padilla, C., Gutiérrez, D., Lara, M. y García, C. 1992. Coral reef of the Biosphere Reserve of Sian Ka'an, Quintana Roo, Mexico. *Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam*. **(2)**: 986-992.

Paris, C.B., R.K. Cowen, R. Claro y Lindeman. C.J. 2005. Larval transport pathways from Cuban snapper (*Lutjanidae*) spawning aggregations based on biophysical modeling. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **(296)**:96-103.

Patiño, G. A. 2006. Esponjas marinas del arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese y Torres. F. 1998. Fishing down marine food web. Science. **(279)**: 860-863.

Pauly, D. y Maclean. J. 2003. In a perfect ocean: the state of fisheries and ecosystems in the North Atlantic Ocean. Island Press, Washington D.C. 175 pp.

Pérez-España, H. y Cabrera-Valenzuela. A. 2012. Guía de identificación de los peces mas comunes, endémicos e invasores de los arrecifes de Veracruz. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz, Mexico. 10 pp.

Precht, W. 2006. Coral Reef Restoration Handbook. Taylor y Francis. 363 pp.

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). 2012. Informe Annual. Tlalpan, México, D. F. México.

ReefKeeper International. 2001. Tuxpan Corals Reefs Prime Site for Marine Protected Area. Veracruz ReefMonitor Update. 6 pp.

Reyes, O. B. E. 2008. Evaluación de la comunidad de peces del arrecife Enmedio, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Rigby, J. K. y McIntire, W. G. 1966. The Isla Lobos and associated reefs, Veracruz, México. Geology Studies. Brigham Young University. **(13)**:3-46.

Rivera, M.G. 2011. Evaluación de las áreas marinas protegidas en México. Tesis que para obtener el grado de Doctor en Ciencias Marinas. Instituto

Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario De Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur. México.

Roberts, C.M. y Hawkins. J.P. 2000. Reservas marinas totalmente protegidas: una guía. Campaña de Mares en Peligro del WWF, Washington y Environment Department, University of York, Heslington York, Reino Unido. 141 pp.

Roberts, C.M., F.R. Gell y. Hawkins. J.P. 2003. Protecting nationally important marine areas in the Irish Sea Pilot Project region. Environmental department, University of York, York, U.K. 133 pp.

Robles-Zavala. E. 2012. Estudio del Análisis Social y Económico de los Servicios Ambientales del Sistema Arrecifal Coralino del Parque Nacional Huatulco. Informe Final de investigación. Universidad del Mar, Oaxaca, Mexico. 63 pp.

Rodríguez -Ramírez, A., C. Bastidas., J. Cortés., H. Guzmán., Z. Leño., J. Garzón-Ferreira., R. Kikuchi., B. Padovani., J. Alvarado., C. Jiménez., A. Fonseca., E. Salas., J. Nivia., C. Fernández., S. Rodríguez., D. Debrot., A. Cróquer., D. Gil., D. Gómez., R. Navas-Camacho., M. Reyes-Nivia., A. Acosta., E. Alvarado., V. Pizarro., A. Sanjuán., P. Herrón., F. Zapata., S. Zea., M. López-Victoria y Sánchez. J. 2008. Status of coral reefs and associated ecosystems in Southern Tropical America: Brazil, Colombia, Costa Rica, Panamá and Venezuela. 281-294. En: Wilkinson, C y D. Souter (Eds.). Status of Caribbean Coral Reefs after Bleaching and Hurricanes in 2005. 152 pp.

Rodríguez –Luna E. ,Gómez-Pompa A. , López-Acosta J. , Velázquez-Rosas N. , Aguilar Domínguez Y., y Vázquez –Torres. M. 2011. Atlas de los espacios naturales protegidos de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Centro de Investigaciones Tropicales. Xalapa, Veracruz.

Rogers, C. 1990. Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **(62)**: 185-202.

Rogers, C., Garrison G., Grober R., Hillis Z. y Franke M. 1994. Manual para el monitoreo de Arrecifes de Coral en el Caribe y el Atlántico occidental. Traducción 2001. Parque Nacional de Islas Vírgenes. **(5)**: 3-21 pp.

Roland, W., G. Pereira, H. Márquez, E. y Ayala. M. 2005. Presente y futuro de los mercados de pescado y productos pesqueros de la pesca a pequeña escala. Enfocado especialmente en los casos de México, Perú y Brasil. INFOPECA – FAO. 36 pp.

Rosas, S. J. L. 2008. Contribución al conocimiento de los peces del arrecife Tanhuijo, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Rosenberg, G. 2005. Malacog 4.0: A database of Western Atlantic marine Mollusca. [actualizado al 1 diciembre] Página electrónica (<http://data.acnatsci.org/wasp>).

Rouse, W. G. y Fauchald, K. 1998. Recent views on the status, delineation and classification of the Annelida. *American Zoology*. **(38)**: 953-964.

Salm, R.V., J.R. Clark, y Siirila. E. 2000. Marine and coastal protected area: A guide for planners and managers. UICN, Washington. 371 pp.

Sanz, J.L. 1991. Concepto de impacto ambiental y su evaluación. En: Evaluación y corrección de impactos ambientales. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España. 302 pp.

Sarukhán, J. 2009. Capital Natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. México.

Saucedo-Ruiz. C., y Tovar-Ávila. J. 2000. Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo. INAPESCA-SGARPA. 581 pp.

Schmitt, E. F. y Sullivan. K.M. 1996. Analysis of volunteer method for collecting fish presence and abundance data in the Florida Keys. *Bull. Mar. Sci.* 59**(2)**: 404-416.

Schofield, P.J. 2010. Update on geographic spread of invasive lionfishes (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758] and *P. miles* [Bennett, 1828]) in the Western North Atlantic Ocean, Caribbean Sea and Gulf of Mexico. *Aquat Invasions*. **(5)**: 117–122.

Schutte, V. G. W., Selig, E. R. y Bruno, J. F. 2010. Regional spatio-temporal trends in Caribbean coral reef benthic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **(402)**: 115–122.

SEMARNAT. 2007. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección general de política ambiental e integración regional y sectorial. Proceso de ordenamiento ecológico marino y regional del Golfo de México y Mar Caribe. 23 pp.

SEMARNAT. 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, en el Estado de Veracruz. Diario Oficial de la Federación, Primera Sección, 6 pp.

SEMARNAT. 2014. ACUERDO por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. México. 31 pp.

SEPESCA. 1990b. Anuario Estadístico de Pesca. Dirección General de Informática y Registro Pesqueros, Secretaría de Pesca. México, D.F. México.

SEPESCA. 1992. Anuario Estadístico de Pesca. Dirección General de Informática y Registro Pesqueros, Secretaría de Pesca. México, D.F. México.

Sevilla, M. L., E. Hidalgo y Bolívar de Carranza. A. 1983. Distribución de algunos moluscos de la superfamilia Rissoacea (Clase Gastropoda) en sedimentos del arrecife Isla Lobos, Veracruz, México. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Mex. **(27)**:39-53.

Sevilla, M. L. 1998. Datos acerca de los micro moluscos del arrecife Isla Lobos, Veracruz, México. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. **(44)**: 45-56.

Sheets, T. J. 1980. Transport of pollutants. In Introduction to Environmental Toxicology, ed. F. E. Guthrie and J. J. Perry, 160 pp.

SIAP. 2012. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Evaluación de Consistencia y Resultados 2011-2012. Mexico. 105 pp.

SIM. 2013. Sistema de Información Municipal. Cuadernillos Municipales. Tuxpan. Veracruz, Mexico. 11 pp.

SIM. 2014. Sistema de Información Municipal. Cuadernillos Municipales. Tamiahua. Veracruz, Mexico. 11 pp.

Solís-Ramírez. M. J. 1998. Importancia de la pesquería de pulpo en el Golfo de México y Caribe Mexicano. Centro Regional de Investigación Pesquera de Yucaltepen. Yucatán, México. 498 pp.

Somerfield, P.J., W.C. Jaap, K.R. Clarke, M. Callahan, K. Hackett, J. Porter, M. Lybolt, C. Tsokos y Yanev. G. 2008. Changes in coral reef communities among the Florida Keys, 1996-2003. Coral Reefs. **(27)**:951-965.

Sorensen, J.C. 1971. A framework for identification and control of resource degradation and conflict on the multiple use in the coastal zone. University of California, Berkeley. 79 pp.

Sorensen, J.C. 1972. Some procedures and programs for Environmental Impact Assessment. en R.B. Dittion and T.L. Goodale, Eds. Environmental Impact Analysis: Philosophy and Methods, Univ. Wisconsin Sea Grant Program. Madison, Wisconsin. USA.

Sorokin, Y. 1. 1991. Parameters of productivity and metabolism of coral reef ecosystems off central Vietnam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 33:259-80.

Spalding, M.D., Raviolus, C. y Green E.P. 2001. *World Atlas of Coral Reefs*. UNEP-WCMC. University of California Press. 424 pp.

Suárez, I. 2005. Bases ecológicas para la conservación de un arrecife coralino del Caribe Mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 98 pp.

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.

Tejeda, E. y Ortega N.A. 1997. Estudio de los crustáceos estomatópodos y decápodos del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Terán, B. E. y Macías. J.C. 2005. Variación temporal de las comunidades de peces asociados a los pastos marinos del arrecife Lobos, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

The Nature Conservancy (TNC). 2000. Esquema de las cinco S para la conservación de sitios. Manual de planificación para la conservación de sitios y la medición del éxito en la conservación, Vol. 1, segunda edición. Arlington, VA. 121 pp.

The Nature Conservancy (TNC). 2008. Evaluación de ecorregiones marinas en Mesoamérica. Sitios prioritarios para la conservación en las ecorregiones Bahía de Panamá, Isla del Coco y Nicoya del Pacífico Tropical Oriental, y en el Caribe de Costa Rica y Panamá. Programa de Ciencias Regional, Región de Mesoamérica y El Caribe. The Nature Conservancy, San José, Costa Rica. 165 pp.

Tunnell, J. W. 1988. Regional comparison of southwestern Gulf of Mexico to caribbean sea coral reefs. Proc. Of the 6th International Coral Reef Symposium, Australia. **(3)**:303-308.

Tunnell, J. W Jr. 1992. Natural versus human impacts to Southern Gulf of Mexico coral reef resources. In Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium (22-26 June 1992, Mangilao, Guam), ed. R. H. Richmond, 1:300-306. University of Guam Press. Mangilao. Guam.

Tunnell, J. W., y Dokken. Q.R. 1980. Observations on IXTOC I oil impact of southwestern Gulf of Mexico coral reefs. Paper presented at the Congreso Sobre Problemas Ambientales de México, Instituto Politécnico Nacional, Mexico D.F. México.

Tunnell Jr., J. W., Chávez, E. A. y Withers. K. 2007. Coral Reefs of the Southern Gulf of the México. Texas A&M University Press. College Station. 194 pp.

UNEP World Conservation Monitoring Center. In the front Line. Shoreline Protection and Other Ecosystem Services from Mangroves and Coral Reefs. Cambridge Printers. UK. 11 pp.

United Nations Environmental Programme y World Conservation Monitoring Center (UNEP-WCMC). 2006. "In the Front line: Shoreline Protection and other Ecosystem Services from Mangroves and Coral Reefs". Cambridge, Reino Unido. 12 pp.

Universidad Veracruzana. 2003. Propuesta para la creación de un área natural protegida para los arrecifes Tuxpan. Universidad Veracruzana – CONANP. 39 pp.

Van Vleet, E. S., W. M. Sackett, S. B. Reinhardt, y Mangini. M.E. 1984. Distribution, sources, and fates of floating oil residues in the eastern Gulf of Mexico. Marine Pollution Bulletin. **(15)**:106 -110.

Vargas-Hernández, J. M. 1992. El uso de animales marinos con fines artesanales y su repercusión en el sistema arrecifal Veracruzano. Boletín de la Sociedad Veracruzana de Zoología. **(1)**: 6-9.

Vargas-Hernández, J. M., L. F. Carrera-Parra, R. Bravo-Sánchez, y Sánchez-Domínguez. J. 1994. Artesanías con fauna marina en el sistema arrecifal

Veracruzano. El Jarocho Verde, Red de Información Ambiental del Estado de Veracruz. **(7)**: 1-4.

Vargas-Hernández. J. M y Román-Vives. M.A. 2002. La biodiversidad en los arrecifes coralinos Veracruzanos. Centro de Ecología y Pesquerías. Dirección General de Investigaciones. Universidad Veracruzana. 33 pp.

Vargas-Hernández, J. M., M. A. Lozano-Aburto, y Roman-Vives. M.A. 2003. Impacto causado por el encallamiento del barco de transporte PAULA KAY al "Bajo Tuxpan." II Congreso Mexicano Sobre Arrecifes, 5-7 Noviembre 2003, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca. Resúmenes 25 pp.

Verón, J.E.N. 2000. Corals of the world. Stafford-Smith, M. (Ed). Australian Institute of Marine Science. 463 pp.

Viveros, J. 2010. Concentración de hidrocarburos de petróleo en sedimentos de la zona costera de Tuxpan, Ver. Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Wilkinson, C. 2008. Status of the Coral Reefs of the World: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network and reef and rainforest. Research Centre. Townville, Australia. 266 pp.

Wilkinson, C. R. y Buddemeier. R.W. 1994. Global climate change and coral reefs: implications for people and reefs. UNEP-IOC-ASPEI-IUCN. 124 pp.

Wilkinson, C. y Souter, D. 2008. Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville. 152 pp.

Wiseman, W.J. y Sturges, W. 1999. Physical oceanography of the Gulf of Mexico: Processes that regulate its biology, pp. 77-91. *En: The Gulf of Mexico large marine ecosystem: Assessment, sustainability, and management.* Ed. Blackwell Science Malden, Texas. USA.

Zaragoza-Villela, E. 2008. Los peces del arrecife Medio, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana, Facultad de Biología, Tuxpan, Veracruz, México.

Zavala-Hidalgo J., S. Morey. y O'Brien. J. 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of México using a high resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research.* **(108)**: 33-89.