

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



Estatus ecológico de parches arrecifales dentro y fuera del área de conservación del Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique, de la costa Atlántica de Guatemala, utilizando el protocolo de monitoreo Reef Check ©

Trabajo de Investigación presentado
por María José González Bernat
para optar al grado de Licenciada en Biología

Guatemala
2012

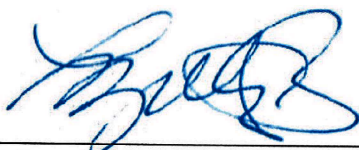
Estatus ecológico de parches arrecifales dentro y fuera del área de conservación del Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique, de la costa Atlántica de Guatemala, utilizando el protocolo de monitoreo Reef Check ©

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades

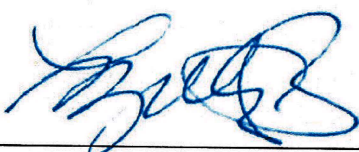
Estatus ecológico de parches arrecifales dentro y fuera del área de conservación del Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique, de la costa Atlántica de Guatemala, utilizando el protocolo de monitoreo Reef Check ©

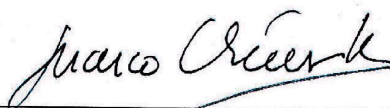
Trabajo de Investigación presentado
por María José González Bernat
para optar al grado de Licenciada en Biología

Guatemala
2012

(f). 
Dra. Lucía Gutiérrez

Tribunal Examinador:

(f). 
(Dra. Lucía Gutiérrez)

(f). 
(Lic. Marco Tulio Urizar)

(f). 
(Lic. Margarita Palmieri)

Fecha de Aprobación: 17 de Agosto del 2012

PREFACIO

Por medio de este estudio me fue concedida la oportunidad de trabajar con unos de los ecosistemas más diversos del planeta, los arrecifes coralinos. Para la evaluación de este ecosistema utilicé el protocolo de monitoreo Reef Check[®], que resultó ser una herramienta útil y práctica para evaluar el estatus ecológico de los parches coralinos ubicados dentro y fuera del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, Izabal, Guatemala. Este trabajo posee mucha importancia por ser pionero en su rama, y además representó un reto y una gran oportunidad en mi carrera profesional.

Agradezco principalmente a la Asociación de Biología Marina de Guatemala, que a través de Reef Check Guatemala me brindaron todo el apoyo económico y financiero para la realización de este estudio. Aprecio el apoyo y asesoría académica de la ABIMA la cual estuvo presente incondicionalmente con apoyo logístico e institucional a lo largo de las actividades y muestreos correspondientes.

Quiero agradecer a la Dra. Lucía Gutiérrez, como asesora principal de esta investigación, por su invaluable apoyo, guía académica y profesional, solidaridad y amistad, a lo largo de la elaboración de esta investigación; al Lic. Marco Tulio Urizar, que contribuyó con la estructuración del protocolo, informe final y análisis estadístico; y a la Lic. Margarita Palmieri, directora del departamento de Biología, por sus correcciones al protocolo e informe final, y por los sabios consejos y críticas en beneficio de mi trabajo. Agradezco también a Ana Giró, Manoel Cifuentes, Valero Ramírez, Erick González, Carlos Mechel, y Javier Jacinto Pérez, que con su colaboración desinteresada y experiencia en la zona, logré obtener la información necesaria para todos los análisis correspondientes.

Quisiera agradecerles de sobremanera a mis padres, hermano, familia y amigos todo el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida. Y en especial, quiero agradecer a Dios, por darme las oportunidades y la pasión para consumir esta meta en mi vida y carrera profesional.

ÍNDICE

PREFACIO	vii
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE APÉNDICES	xxiii
RESUMEN	xxiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1. Arrecifes Coralinos.....	3
2.1.1 Corales.....	3
2.1.2. Ecosistemas Arrecifales.....	8
2.1.3. Estructura del Arrecife.....	10
2.2. Sistemas Arrecifal Mesoamericano (SAM).....	12
2.3. Áreas marinas protegidas.....	13
2.4. Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique (RVSPM).....	15
2.4.1. Zona de Conservación.....	16
2.4.2. Zona de uso especial marítima.....	17
2.4.3. Zona de uso especial terrestre.....	17
2.4.4. Zona de usos múltiples.....	17
2.4.5. Zona de uso intensivo.....	18
2.4.6. Zona de recuperación y manejo.....	18
2.5. Ecosistema sano.....	18
2.6. Crisis en los arrecifes de coral.....	21

2.6.1. Sobrepesca.....	22
2.6.2. Comercio de especies.....	24
2.6.3. Enfermedades coralinas.....	25
2.7. Investigaciones en arrecifes coralinos de Guatemala.....	26
2.8. Monitoreo Reef Check (RC).....	27
2.8.1. Indicadores.....	29
2.8.2. Reef Check a nivel internacional.....	30
2.8.3. Resultados mundiales.....	31
III. JUSTIFICACIÓN.....	34
IV. OBJETIVOS.....	36
V. HIPÓTESIS.....	37
VI. MÉTODOS.....	38
6.1. Indicadores Reef Check ©.....	38
6.2. Peces.....	41
6.2.1. Peces Mariposa (Familia Chaetodontidae).....	41
6.2.2. Roncos (Familia Haemulidae).....	42
6.2.3. Pargos (Familia Lutjanidae).....	43
6.2.4. Pez Loro (Familia Scaridae).....	44
6.2.5. Morenas (Familia Muraenidae).....	44
6.2.6. Familia Serranidae.....	45
6.2.6.1. Meros de Nassau (<i>Epinephalus stiatius</i>).....	45
6.2.6.2. Meros (Familia Serranidae).....	45
6.3. Invertebrados.....	47
6.3.1. Camarón boxeador (<i>Stenopus hispidus</i>).....	47
6.3.2. Erizo negro de espinas largas (<i>Diadema antillarum</i>)...	47

6.3.3. Erizo puntas de lápiz (<i>Eucidaris</i> spp.).....	48
6.3.4. Erizo colector (<i>Tripneustes</i> spp.).....	49
6.3.5. Tritón (<i>Charonia</i> sp.).....	49
6.3.6. Lengua de flamingo (<i>Cyphoma gibbosum</i>).....	50
6.3.7. Gorgonia (Gorgonacea).....	51
6.3.8. Langosta (<i>Panulirus</i> sp.).....	52
6.4. Sustrato.....	53
6.5. Daños.....	53
6.6. Área de estudio	53
6.7. Trabajo de campo.....	57
6.7.1. Información básica.....	58
6.7.2. Material y equipo.....	60
6.7.3. Transecto	60
6.8. Plan de buceos y monitoreo.....	61
6.8.1. Monitoreo de peces	61
6.8.2. Monitoreo de invertebrados.....	62
6.8.3. Monitoreo de sustrato.....	62
6.8.4. Monitoreo de daños.....	63
6.9. Análisis estadístico	64
VII. RESULTADOS.....	66
7.1. GUATEMALA.....	66
7.1.1. Sitios dentro del área de conservación del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique.....	66
7.1.1.1. Cabo Tres Puntas.....	66
7.1.1.2. Motaguilla.....	71

7.1.2. Sitios fuera del área de conservación del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique.....	75
7.1.2.1. Faro Blanco.....	75
7.1.2.2. Faro Rojo.....	78
7.1.2.3. Languaja.....	82
7.1.2.4. Kingsfish.....	84
7.1.3. Análisis Estadístico	88
7.2. BELICE.....	99
7.3. HONDURAS.....	99
7.4. Monitoreo Reef Check de 1997 - 2001.....	100
VIII. DISCUSIÓN.....	107
8.1. Reserva de Vida Silvestre Punta de Manabique (RVSPM).....	107
8.2. Estatus ecológico de parches arrecifales de Guatemala.....	108
8.3. Comparación a nivel regional (Belice y Honduras) y a nivel internacional (Reef Check 1997 – 2001).....	112
8.4. Fiabilidad de análisis estadístico.....	115
8.5. Medidas de manejo.....	116
IX. CONCLUSIONES.....	118
X. RECOMENDACIONES.....	121
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	122
XII. APÉNDICES.....	128

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Categorías e indicadores utilizados para el estudio de parches arrecifales con el protocolo Reef Check [®]	39
Cuadro 2. Indicadores biológicos de Reef Check. Sobrepesca (SP), pesca destructiva (PD), pesca por envenenamiento (PE), especies para acuarios (PA), contaminación de nutrientes (CN), objeto curioso (OC).	40
Cuadro 3. Categorías taxonómicas utilizadas para la clasificación de cada indicador utilizado en el monitoreo Reef Check realizado en el Caribe guatemalteco.	41
Cuadro 4. Indicadores de la categoría de sustrato.	54
Cuadro 5. Información básica reportada para Cabo Tres Puntas y Motaguilla durante el estudio realizado en el 2006 - 2007. Donde T° es la temperatura ambiental reportada y CP es centro poblacional más cercano al río muestreado).	67
Cuadro 6. Información básica reportada para Faro Blanro, Faro Rojo, Languaja y Kingfish durante el estudio realizado en el 2006 - 2007. Donde T° es la temperatura ambiental reportada y CP es centro poblacional más cercano al río muestreado).....	77
Cuadro 7. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría peces. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).	88
Cuadro 8. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría invertebrados. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).	91
Cuadro 9. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría sustrato. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).	94
Cuadro 10. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría daños. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).	96
Cuadro 11. Tabla de contingencia entre peces ecológicos indicadores y sitios.	96

Cuadro 12. Tabla de contingencia entre peces indicadores de sobrepesca y sitios.	97
Cuadro 13. Tabla de contingencia entre invertebrados indicadores y sitios.	97
Cuadro 14. χ^2 de estatus ecológico del blanqueamiento de parches arrecifales del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, en relación al blanqueamiento global reportado (Marshal y Shuttenberg 2006). Donde $\chi^2_{\text{crítico}}$ (χ^2_c) y χ^2_t (χ^2 teórico), grados de libertad (gl).	98
Cuadro 15. Análisis de varianza (ANOVA) de una cola y prueba de significancia estadística F de Fisher para los indicadores biológicos de Guatemala.	98
Cuadro 16. Análisis de varianza (ANOVA) de dos colas y prueba de significancia estadística F de Fisher para los indicadores biológicos de Guatemala comparados con los de Belice.	99
Cuadro 17. Análisis de varianza (ANOVA) de dos colas y prueba de significancia estadística F de Fisher para los indicadores biológicos de Guatemala comparados con los de Honduras.	99
Cuadro 18. Monitoreo de Reef Check realizado de 1997 al 2001. Tamaño de muestra 1,500 arrecifes coralinos alrededor del mundo, en donde solamente 1,107 fueron utilizados para análisis.	100
Cuadro 19. Análisis aplicado a los datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Cabo Tres Puntas del 2006 al 2007.	101
Cuadro 20. Análisis aplicado a los datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Motaguilla del 2006 al 2007.	102
Cuadro 21. Análisis aplicado a los datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Faro Blanco del 2006 al 2007.	103
Cuadro 22. Análisis aplicado a los datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Faro Rojo del 2006 al 2007.	104
Cuadro 23. Análisis aplicado a los datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Languaja del 2006 al 2007.	105
Cuadro 24. Análisis aplicado a datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Kingfish del 2006 al 2007.	106

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** a) Morfología del pólipo. Diferenciación de tentáculos, mesoglea, epidermis, endodermis y la cavidad gastromuscular interna. b) Morfología general de una medusa. Diferenciación de la umbrela (exumbrela y subumbrela), boca, manubrio y tentáculos de la umbrela (Fuente: www.naturenotes.org).4
- Figura 2.** Anatomía de los Antozoos: a) cuerpo de los antozoos con forma cilíndrica; boca ubicada en la parte superior (disco oral), rodeada de una serie de tentáculos, en donde la mayoría de especies están interconectadas en colonias por medio de un doblez lateral de la epidermis; b) estructuras en forma de copa con escleroseptos radiales, delgados y calcáreos que reciben el nombre de *coralitos*; c) conjunto de pólipos fuera del coralito; y d) disposición de los pólipos sobre un coral cerebro (Fuente: <http://www.sbg.ac.at>).5
- Figura 3.** Clasificación de la Clase Anthozoa (Fuente: www.aims.gov.au).6
- Figura 4.** Orden Gorgonacea. a) abanico de mar (*Gorgonia* sp.); b) látigo de mar (*Juncella* sp.); c) *Plexaura* sp.; d) abanico de mar (*Isis* sp.) (Fotografías de K. Fabricius (Fuente: www.aims.gov.au)).7
- Figura 5.** Orden Scleractinia (*Diploria* spp., coral cerebro). Los corales *Diploria* spp. se caracterizan por tener forma esférica y canales superficiales en forma de pliegues cerebrales. Se localizan en aguas templadas en todos los océanos del mundo, y posee una vida promedio de 200 años (Fuente: www.ucmp.berkeley.edu).7
- Figura 6.** Relación entre la distribución vertical de los corales escleractinios hermatípicos del Atolón de Bikini (Islas Marshall, Oceanía) y factores ambientales de iluminación, temperatura, oxígeno (Barnes & Barnes 1996).....9
- Figura 7.** Distribución mundial de los arrecifes coralinos (Fuente: www.oceanservice.noaa.gov).10
- Figura 8.** Tipos de arrecifes que existen: a) arrecifes costeros, b) arrecifes de barrera y c) atolones (Fuente: www.environment.gov.au).....11

Figura 9. Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) Fuente: “Healthy Reefs for Healthy People, Healthy Mesoamerican Reef Ecosystem Initiative” (Adaptado de Kramer & Kramer (2002), utilizado con autorización de la WWF-US).....	13
Figura 10. Áreas marinas protegidas mundiales, que cubren principalmente áreas con gran cantidad de arrecifes coralinos. Estas áreas utilizan el criterio de la WCMC (World Conservation Monitoring Center) (Fuente: NOAA; State of the Reefs, may 1995).	14
Figura 11. Zonificación del Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique. Fuente: Plan Maestro del Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique (2007-2011) (Fuente: Fundary, 2007).....	16
Figura 12. Pesca destructiva con dinamita (Filipinas) (Fuente: www.fondear.org).....	23
Figura 13. Pesca con redes de arrastre (Fuente: www.hondurassilvestre.com).....	23
Figura 14. Pesca con cianuro (Fuente: www.hondurassilvestre.com).....	24
Figura 15. (A) Enfermedad de bandas negras en un coral cerebro (<i>Diploria</i> spp.) (B) Enfermedad de blanqueamiento sobre el coral <i>Meandrina</i> spp. (C) <i>Montastraea</i> spp. ha sido parcialmente aniquilado por una plaga blanca o enfermedad de banda blanca y el esqueleto remanente ha sido colonizado por algas (Fuente: http://coastal.er.usgs.gov).	25
Figura 16. Sedes Reef Check (RC) alrededor del mundo (Fuente: www.reefcheck.org).....	30
Figura 17. a) Peces de la familia Chaetodontidae, en la cual se observan las distintas morfologías de las diferentes especies de esta familia. b) <i>Chaetodon striatus</i> , que se caracteriza por la presencia de tres líneas verticales sobre el cuerpo, y cuya aleta dorsal y pélvica, exceptuando la espina, son de color negro (Fuentes: http://www.marinebio.org).....	42
Figura 18. Ronco blanco (<i>Haemulon plumieri</i>), cuyo cuerpo es moderadamente elongado, con la parte dorsal elevada y la cabeza larga con un hocico sobresaliente (Fuente: Florida Museum of Natural History, www.flmnh.ufl.edu).....	43

- Figura 19.** El pargo (*Lutjanus* spp.) presenta un cuerpo más alargado, una cabeza menos elongada y un hocico no tan sobresaliente en comparación con los roncós (Fuente: Florida Museum of Natural History).43
- Figura 20.** *Scarusvetula* en Cozumel. Los peces loro de la familia Scaridae poseen escamas grandes y boca en forma de pico con dientes, cuerpo oblongo y moderadamente aplanado lateralmente (Fuente: <http://www.wgn.net/~fabio/gallery/>).44
- Figura 21.** En la morena verde (*Gymnothorax castaneus*) el cuerpo es elongado y aplanado lateralmente, con nostrilos sobresalientes y boca abierta como mecanismo para la respiración (Fuente: Florida Museum of Natural History).45
- Figura 22.** El Mero de Nassau (*Epinephalus striatus*) tiene un cuerpo de forma oblonga, con ojos grandes, labios gruesos y aletas con la presencia de espinas. Los colores dominantes son el blanco y el café, y presenta cinco barras irregulares en la parte dorsal del cuerpo (Fuente: Florida Museum of Natural History).46
- Figura 23.** El Mero Negro (*Mycteroperca bonaci*) presenta una mandíbula inferior protuberante y la forma del cuerpo es oblonga. La aleta caudal se caracteriza por tener 11 espinas y de 15 – 17 rayos, y puede llegar a medir hasta 133 cm y pesar hasta 81.2 Kg (Fuente: Florida Museum of Natural History).46
- Figura 24.** Camarón boxeador o camarón bandeado (*Stenopus hispidus*). Se observan claramente las espinas en las tenazas y dos pares de antenas blancas, que son más largas que su cuerpo (Fuente: www.tangledwing.wordpress.com).47
- Figura 25.** Erizo negro de espinas largas *Diadema* spp. La coloración varía entre negro y café, y este erizo mide 10 cm (Fuente: www.vifishandwildlife.com).48
- Figura 26.** Erizo punta de lápiz (*Eucidaris tribuloides*) en donde se distinguen las espinas sólidas, gruesas y cilíndricas, y el cuerpo que presenta una coloración que va desde café claro hasta rojo achocolatado (Fuente: Smithsonian Tropical Research Institute).49
- Figura 27.** Erizo colector (*Tripneustes ventricosus*) en donde se distinguen las espinas cortas, con las puntas blancas, y el cuerpo que presenta una coloración oscura (Fuente: Smithsonian Tropical Research Institute).49

Figura 28. a) <i>Charonia</i> spp., molusco con concha grande y gruesa de hasta 30 cm de longitud, de color blanquecino con moteado pardo, el cuerpo es anaranjado o rojizo; b) tentáculos que se identifican por la presencia de dos bandas negras (Fuente: www.sbg.ac.at)	50
Figura 29. Legua de flamingo (<i>Cyphoma gibbosum</i>) sobre un gorgónido. Caracol marino que mide aproximadamente 2.5 cm, y se observa la coloración brillante anaranjado-amarilla debido a que está envuelto en su propio manto (Fuente: http://dive.scubadiving.com).....	51
Figura 30. Abanico de mar del orden Gorgonacea, pertenecientes a la subclase Octocorallia. Son corales suaves que forman colonias arborescentes, abundantemente ramificadas y fijas a un sustrato (Fuente: www.pcrf.org).....	52
Figura 31. Parte frontal de una langosta espinuda (<i>Panulirus argus</i>), mostrando las diez patas y las dos antenas, debajo de una grieta de un coral (Fuente: Ana Giró Peterson).....	52
Figura 32. Ubicación de Guatemala (Fuente: http://es.wikipedia.org).....	55
Figura 33. Parches arrecifales muestreados con el protocolo Reef Check [®] en • Guatemala; ★ Belice y ■ Honduras, durante los años 2005 al 2007.....	59
Figura 34. Diagrama de los transectos utilizados en el protocolo Reef Check [®] (Hodson <i>et al.</i> 2006).....	60
Figura 35. Patrón de movimiento en forma de S, que utilizan los buzos que realizan el muestreo de invertebrados en la línea de 20 m o 100 m, según el protocolo Reef Check [®]	62
Figura 36. Línea de plomo utilizada en el muestreo de sustrato del protocolo Reef Check [®]	63
Figura 37. <i>Porites astreoides</i> con blanqueamiento. Si se tomara este grupo de corales como una población, aproximadamente el 30 – 40% está enferma con blanqueamiento (Fuente: www.reefcheck.org).....	63
Figura 38. Abundancia promedio de peces indicadores observados en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N= 28) y 2,800 m ² de área muestreada en el 2006 – 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.....	68

- Figura 39.** Abundancia promedio de meros de Nassau (*Epinephalus striatus*; Familia Serranidae) observados en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N = 28) y 2,800 m² de área muestreada en el 2006 – 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada rango de tamaño, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.....68
- Figura 40.** Abundancia promedio de invertebrados indicadores observados en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N = 28) y 2,800 m² de área muestreada en el 2006 - 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.....69
- Figura 41.** Porcentaje de cobertura (%) del tipo de sustrato observado en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N = 28) en 2,800 m² de área muestreada en el 2006 – 2007; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros.70
- Figura 42.** Abundancia de los tipos de daños observados en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N = 28) y 2,800 m² de área muestreada en el 2006 – 2007.....71
- Figura 43.** Porcentaje estimado de blanqueamiento poblacional de coral en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N = 28) y 2,800 m² de área muestreada en el 2006 – 2007.....71
- Figura 44.** Abundancia promedio de peces indicadores observados en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2,000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.....72
- Figura 45.** Abundancia promedio de meros de Nassau (*Epinephalus striatus*; Familia Serranidae) observados en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2,000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.....72

- Figura 46.** Abundancia promedio de invertebrados indicadores observados en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2,000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados..... 73
- Figura 47.** Porcentaje de cobertura y desviación estándar del tipo de sustrato observado en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2,000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros. 74
- Figura 48.** Abundancia de los tipos de daños observados en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2,000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007..... 74
- Figura 49.** Porcentaje estimado de blanqueamiento poblacional de coral en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2,000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007 (N = 20; 2,000 m²) 75
- Figura 50.** Abundancia promedio de peces indicadores observados en Faro Blanco en cuatro transectos (N = 4) y 400 m² de área muestreada en el 2006. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados..... 76
- Figura 51.** Porcentaje de cobertura (%) del tipo de sustrato observado en Faro Blanco en cuatro transectos (N = 4) y 400 m² de área muestreada el 2006; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros. 78
- Figura 52.** Abundancia de los tipos de daños encontrados en Faro Blanco en cuatro transectos y 400 m² de área muestreada en el 2006..... 78
- Figura 53.** Abundancia promedio de peces indicadores observados en Faro Rojo en 16 transectos (N = 16) y 1,600 m² de área muestreada en el 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados..... 79

- Figura 54.** Abundancia promedio de invertebrados indicadores observados en Faro Rojo en 16 transectos (N = 16) y 1,600 m² de área muestreada en el 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados..... 80
- Figura 55.** Porcentaje de cobertura y desviación estándar del tipo de sustrato observado en Faro Rojo en 16 transectos (N = 16) y 1,600 m² de área muestreada en el 2006 - 2007; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros. 81
- Figura 56.** Abundancia de los tipos de daños observados en Faro Rojo en 16 transectos (N = 16) y 1,600 m² de área muestreada en el 2007. 81
- Figura 57.** Abundancia promedio de peces indicadores observados en Languaja en dos transectos (N = 2) y 200 m² de área muestreada en el 2006. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados..... 82
- Figura 58.** Abundancia promedio de invertebrados indicadores en Languaja en dos transectos (N = 2) y 200 m² de área muestreada en el 2006. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados..... 83
- Figura 59.** Porcentaje de cobertura del tipo de sustrato observado en Languaja en dos transectos (N = 2) y 200 m² de área muestreada en el 2006; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros. 83
- Figura 60.** Abundancia de los tipos de daños observados en Languaja en dos transectos (N = 2) y 200 m² de área muestreada en el 2006. 84
- Figura 61.** Porcentaje estimado de blanqueamiento poblacional de coral en Languaja en dos transectos (N = 2) y 200 m² de área muestreada en el 2006..... 84

Figura 62. Abundancia promedio de peces indicadores observados en Kingfish en 16 transectos ($N = 16$) y $1,600 \text{ m}^2$ de área muestreada en el 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados..... 85

Figura 63. Abundancia promedio de invertebrados indicadores observados en Kingfish en 16 transectos ($N = 16$) y $1,600 \text{ m}^2$ de área muestreada en el 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados..... 86

Figura 64. Porcentaje de cobertura del tipo de sustrato observado en Kingfish en 16 transectos ($N = 16$) y $1,600 \text{ m}^2$ de área muestreada en el 2007; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros. 87

Figura 65. Abundancia de los tipos de daños observados en Kingfish en 16 transectos ($N = 16$) y $1,600 \text{ m}^2$ de área muestreada en el 2007..... 87

Figura 66. Porcentaje estimado de blanqueamiento poblacional de coral en Kingfish en 16 transectos ($N = 16$) y $1,600 \text{ m}^2$ de área muestreada en el 2007..... 87

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Formulario de campo utilizado para anotar la descripción del sitio en el monitoreo Reef Check ©.....	128
Apéndice 2. Formulario de campo utilizado para anotar densidad de peces e invertebrados indicadores de la salud arrecifal, así como los niveles de impactos al arrecife en el monitoreo Reef Check ©.	129
Apéndice 3. Formulario de campo utilizado para anotar la cobertura del fondo por tipo de sustrato y formas de vida en el monitoreo Reef Check ©.....	130
Apéndice 4. Proporción de corales afectados por blanqueamiento.....	131
Apéndice 5. Número de individuos de peces e invertebrados indicadores reportados para Guatemala. Donde C3P (Cabo Tres Puntas), MT (Motaguilla), FB (Faro Blanco), FR (Faro Rojo), LG (Languaja), y KG (Kingfish).....	132

RESUMEN

Los arrecifes coralinos constituyen el segundo ecosistema más biodiverso del mundo, y el ecosistema marino más productivo y complejo. El uso indiscriminado del hombre sobre este ecosistema está causando que estén en peligro de extinción. Reef Check[®] es un protocolo internacional diseñado para investigar la salud y ecología de la comunidad arrecifal, en el cual se involucran una serie de indicadores específicos, que sirven para determinar la salud de los arrecifes coralinos. En este estudio se determinó el estatus ecológico de parches coralinos dentro y fuera del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique (RVSPM), Izabal, Guatemala utilizando el protocolo de monitoreo Reef Check[®]. Además, se hizo un análisis comparativo con monitoreos realizados en Guatemala de 1997 – 2001, y en el Indo Pacífico, Mar Rojo y Belice y Honduras del 2005 - 2007. Se concluyó que el impacto que afecta principalmente a los arrecifes coralinos guatemaltecos es la sobrepesca, que sí hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre la abundancia de peces y que no existen diferencias entre la abundancia de invertebrados entre Belice y Guatemala. Entre Honduras y Guatemala no existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la abundancia de peces e invertebrados. De acuerdo con estos resultados podemos concluir que el área marina protegida del RVSPM no cumple con los objetivos de conservación y manejo que se estipulan en el Decreto 23-2005, Diario de Centro América 2005. Se recomiendan monitoreos Reef Check[®] trimestrales, con la implementación de medidas de manejo que integren datos humanos físicos y ecológicos con el objetivo de mejorar el estudio de estos ecosistemas marinos.

Palabras clave: Reef Check[®], estatus ecológico, Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, arrecifes guatemaltecos.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos cincuenta años el hombre ha hecho uso indiscriminado de los ecosistemas terrestres y marinos del planeta, y estos han disminuido drásticamente a una velocidad mayor que cualquier otro evento en la historia del hombre. En la última década aproximadamente el 20% de los arrecifes coralinos del mundo han sido destruidos y otro 20% ha sido severamente degradado.

Los arrecifes coralinos están distribuidos en más de 100 países en toda la región tropical y representan, no sólo, el primer ecosistema marino más productivo y complejo que existe, sino que también el segundo ecosistema más biodiverso del mundo. Son hábitat del 33% de todas las especies de peces y funcionan como criaderos del 25% de todas las especies marinas. Representan las estructuras más grandes y más antiguas del planeta y la salud y biodiversidad del mismo son fundamentales para los valores culturales y el sustento económico de millones de personas que dependen de ellos.

Un ecosistema de suma importancia es el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), el cual se extiende a lo largo de más de 1,000 km y abarca las costas orientales de México, Belice, Guatemala y Honduras. El SAM es el sistema arrecifal más grande del hemisferio occidental, ecosistema único, de importancia global y con mucha diversidad biológica, cultural y étnica. Los seres humanos han utilizado al SAM como fuente de alimentos, de objetos ornamentales y medicinales, y de acuerdo a varios estudios (García-Salgado *et al.* 2006; UICN 2007). Se logró determinar que el daño causado a los arrecifes, por el uso indiscriminado del hombre, ha ido aumentando a una velocidad incontrolable. A nivel nacional el SAM es afectado por impactos industriales tales como el derrame de hidrocarburos, contaminación, actividades turísticas irresponsables y sobrepesca; además, las prácticas de agricultura no sostenible, el mal uso del suelo, la deforestación y el inadecuado manejo de los desechos sólidos, son factores que hacen vulnerables a los arrecifes, según denunció la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). A pesar de la importancia ecológica y económica que estos ecosistemas poseen, poco se conoce sobre la respuesta del

ecosistema a las consecuencias de actividades humanas, y además se han realizado pocos estudios de monitoreo tanto a nivel local, regional y global.

Los monitoreos son estudios de organismos o parámetros ambientales por un período de tiempo, con el objetivo de entender los procesos naturales del ecosistema. Un programa de monitoreo puede proveer información de la biota, la diversidad del lugar, la condición de hábitats particulares y cambios en el ambiente. Además provee herramientas para visualizar los efectos de las actividades humanas en los procesos ecológicos, y posteriormente tomar decisiones apropiadas en cuanto al manejo de un sistema natural. Dentro de los monitoreos ambientales en ecosistemas marinos se encuentra Reef Check[®], protocolo internacional, diseñado para determinar el estatus ecológico de la comunidad arrecifal, en la cual se involucran una serie de indicadores específicos.

En este estudio se determinó el estatus ecológico de los parches coralinos ubicados dentro y fuera del Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique utilizando indicadores específicos del protocolo Reef Check[®]. Se ejecutó un análisis comparativo a nivel regional entre los parches coralinos de Guatemala y los parches coralinos de Belice y Honduras, y se realizó un análisis sobre la factibilidad del monitoreo de Reef Check[®], a corto y largo plazo. De igual manera se infirió acerca del impacto antropogénico que posiblemente influye más sobre los parches coralinos del Caribe y se identificaron las medidas de manejo para el ecosistema de arrecifes coralinos en el Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique.

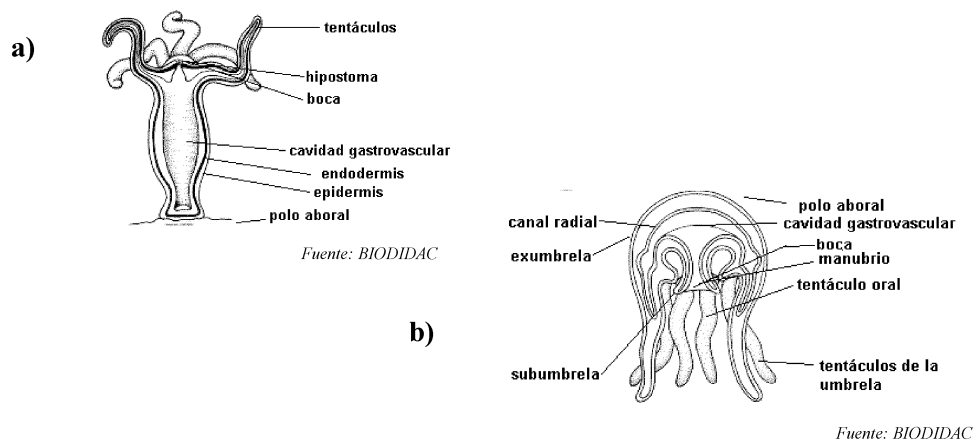
II. ANTECEDENTES

2.1 Arrecifes coralinos

Los arrecifes de coral representan uno de los ecosistemas más productivos, ricos, complejos y espectaculares del planeta. Son estructuras calcáreas tropicales, cuya unidad principal son los corales escleractinios hermatípicos (corales duros o hexacorales), que secretan carbonato de calcio (CaCO_3) y que contribuyen a la formación de los arrecifes coralinos actuales. Estos dependen de la asociación equilibrada de fauna y flora, y están asociados con cientos de especies, en donde destacan principalmente los corales.

2.1.1 Corales. Los corales pertenecen al filo Cnidaria que agrupa alrededor de 9,000 especies de animales relativamente simples, que viven exclusivamente en ambientes acuáticos, mayoritariamente marinos (99%). El nombre de este filo es debido a una característica diagnóstica que presentan estos animales, la presencia de unas células llamadas cnidocitos, presentes en los tentáculos de todos los miembros del filo, cuya función principal es defensiva. Tienen simetría radial y su plan corporal es en forma de saco. Son los animales más simples que presentan células nerviosas y órganos de los sentidos (estatocistos, ocelos); son un grupo antiguo, con una larga historia fósil que se remonta, probablemente, a unos 600 millones de años atrás. Los corales pueden existir en dos formas principales: el pólipo y la medusa. El pólipo vive fijado al sustrato por un disco basal en el polo aboral; la boca rodeada de tentáculos en el polo opuesto; pueden vivir aislados (e.g. anémonas), o hay pólipos formando colonias más o menos grandes (Figura 1.a). La medusa es un organismo con cuerpo en forma de campana y gelatinoso (umbrela), donde se diferencian la exumbrela (aboral) y subumbrela (oral); del borde de la exumbrela cuelgan varios tentáculos provistos de numerosas células urticantes (Figura 1.b) (Brusca & Brusca 2005, Barnes & Barnes 1996, Hickman *et al.* 2006).

Figura 1. a) Morfología del pólipo. Diferenciación de tentáculos, mesoglea, epidermis, endodermis y la cavidad gastrovascular interna. **b)** Morfología general de una medusa. Diferenciación de la umbrela (exumbrela y subumbrela), boca, manubrio y tentáculos de la umbrela.



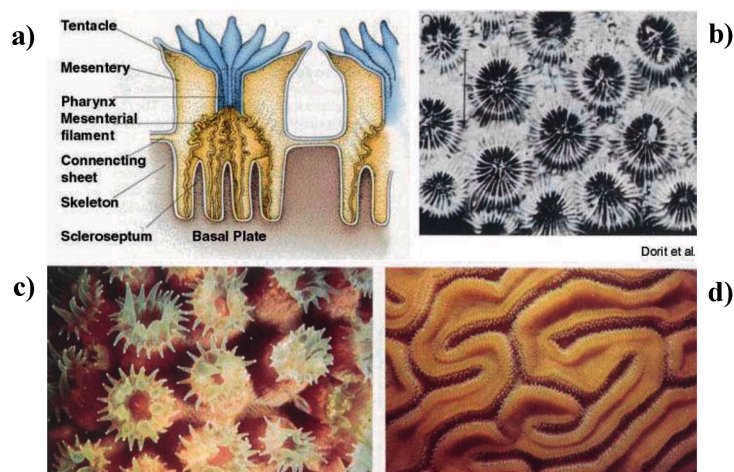
(Fuente: www.naturenotes.org)

Los corales pertenecen a la clase Anthozoa (del griego *anthos*, flor, y *zoo*, animal), el grupo más abundante de los cnidarios que está representado por unas 6,000 especies de animales, todos ellos marinos. El cuerpo tiene forma cilíndrica y en la parte superior (disco oral) se encuentra la boca, que está rodeada por una serie de tentáculos dispuestos en forma de corona, armados con potentes cnidocitos (Figura 2.a). El esqueleto de cada pólipo es secretado por la mitad inferior de la columna y el disco basal del pólipo, formándose una estructura en forma de copa llamada *cáliz*, que es donde permanece el pólipo. En el suelo del cáliz existen unos septos (lat. *septum*, tabique, pared) radiales, delgados y calcáreos, que penetran en la base del pólipo y reciben el nombre de *coralitos* (Figura 2.b) (Barnes & Barnes 1996).

Las especies de esta clase se pueden agrupar en dos subclases: Octocorallia y Hexacorallia (Figura 3). La **Subclase Octocorallia** (corales ahermatípicos) incluyen a las gorgonias, abanicos de mar, manos de muerto y plumas de mar (Figura 4), siendo coloniales y caracterizándose por tener pólipos de ocho tentáculos pinnados y ocho septos (lat. *septum*, tabique, pared) completos dispuestos radialmente. La faringe es la invaginación de la boca que no es redonda sino que es más o menos alargada y se denomina sifonoglifo. La organización de los distintos tipos es semejante, diferenciándose solamente en la disposición del esqueleto. Los pólipos, relativamente

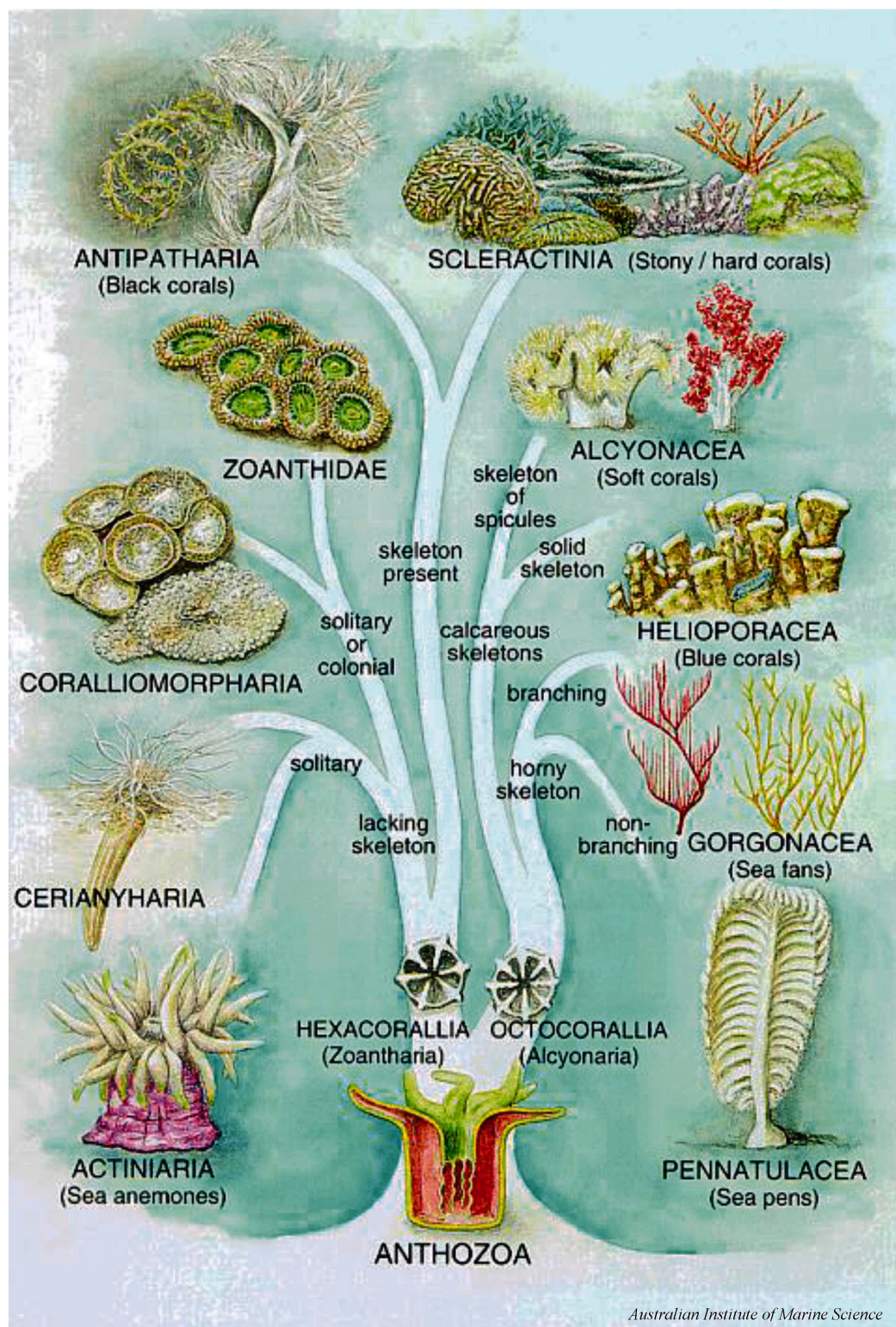
pequeños, están inmersos en una base carnosa de mesénquima celularizado que se llama cenénquima y que interconecta los diferentes miembros de la colonia; esta capa está rodeada de una red de tubos gastrodérmosolenios que conectan las cavidades gástricas de los pólipos. La **Subclase Hexacorallia** (corales hermatípicos) incluye a los formadores de arrecifes o corales duros (Orden Scleractinia); incluye también a las anémonas y corales. Es un grupo de antozoos caracterizado porque sus pólipos tienen un elevado número de septos y tentáculos filiformes, no pinnados, en número de seis o múltiplo de seis, y sin sifonoglifos o con un par. Estos corales son solitarios o coloniales, que pueden formar en ocasiones un esqueleto calcáreo y a veces córneo (Figura 5). Los corales escleractinios hermatípicos se caracterizan además por contener algas dinoflageladas simbiotas (zooxantelas) gastrodérmicas, del género *Symbiodinium*, que están localizadas en la tripa y cuyo número va hasta 30,000 células/mm³. Estas algas requieren de luz para realizar la fotosíntesis y están relacionadas con la coloración de los corales (Nybakken 1997; Barnes & Barnes 1996).

Figura 2. Anatomía de los Antozoos: **a)** cuerpo de los antozoos con forma cilíndrica; boca ubicada en la parte superior (disco oral), rodeada de una serie de tentáculos, en donde la mayoría de especies están interconectadas en colonias por medio de un doblez lateral de la epidermis; **b)** estructuras en forma de copa con escleroseptos radiales, delgados y calcáreos que reciben el nombre de *coralitos*; **c)** conjunto de pólipos fuera del coralito; y **d)** disposición de los pólipos sobre un coral cerebro (Fuente: <http://www.sbg.ac.at>).



(Fuente: <http://www.sbg.ac.at>)

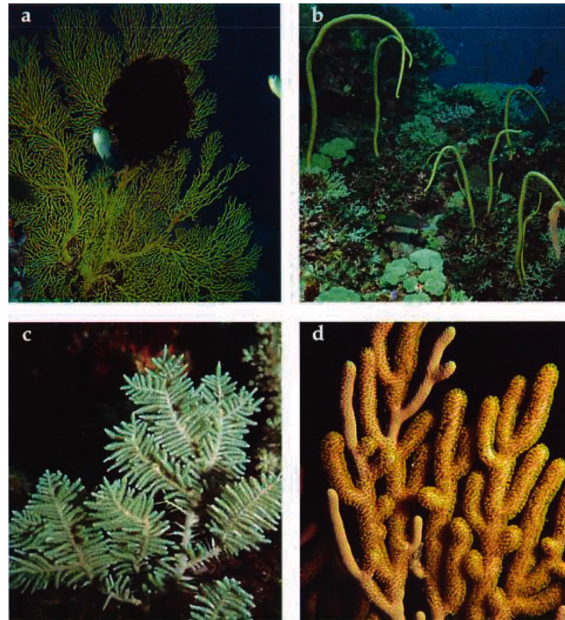
Figura 3. Clasificación de la Clase Anthozoa



Australian Institute of Marine Science

(Fuente: www.aims.gov.au)

Figura 4. Orden Gorgonacea. **a)** abanico de mar (*Gorgonia* sp.); **b)** látigo de mar (*Juncella* sp.); **c)** *Plexaura* sp.; **d)** abanico de mar (*Isis* sp.) (Fotografías de K. Fabricius)



(Fuente: www.aims.gov.au)

Figura 5. Orden Scleractinia (*Diploria* spp., coral cerebro). Los corales *Diploria* spp. se caracterizan por tener forma esférica y canales superficiales en forma de pliegues cerebrales. Se localizan en aguas templadas en todos los océanos del mundo, y posee una vida promedio de 200 años



(Fuente: www.ucmp.berkeley.edu)

2.1.2 Ecosistemas arrecifales. Buena parte de las longitudes de onda azules que atraviesan la zona fótica del mar es dispersada por las moléculas de agua. El material en suspensión de los mares productivos, en los que hay gran cantidad de plancton y detritos, tiende a reflejar longitudes de onda amarillas, lo que explica el color verde de los mares productivos. La transmisión de la luz en los mares productivos es muy reducida y la luz desaparece rápidamente bajo la superficie (Barnes & Barnes 1996).

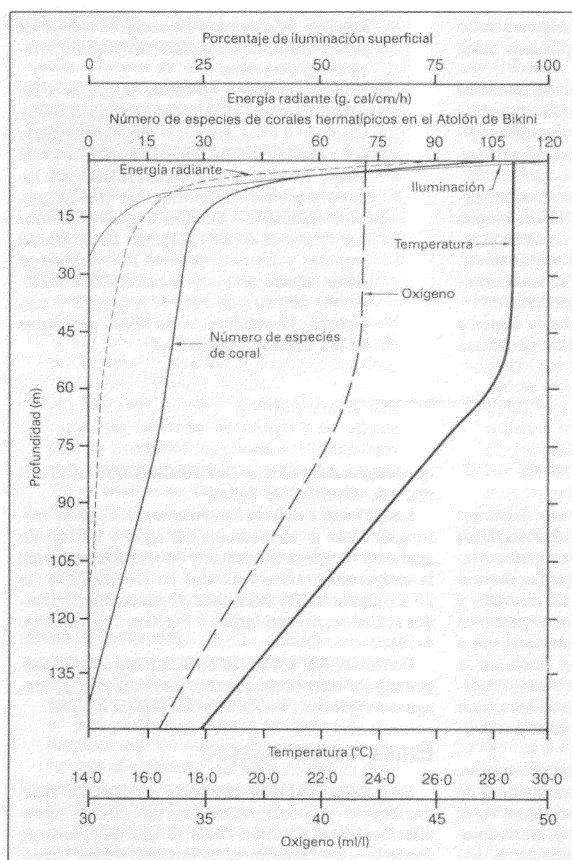
Los corales hermatípicos poseen algas simbiotes (zooxantelas) gastrodérmicas que requieren de luz para realizar la fotosíntesis, por lo que la distribución vertical de los arrecifes de coral está restringida a la profundidad de penetración de la luz. La Figura 6 muestra que el número de especies disminuye rápidamente con la profundidad, y que la curva está estrechamente relacionada con la de iluminación. Debido a esa dependencia de la luz, los arrecifes de coral requieren aguas claras, por lo que se encuentran únicamente donde las aguas tienen cantidades relativamente pequeñas de material en suspensión, esto es, en aguas poco turbias y de baja productividad. Por esta razón, las costas del oeste de África y del este de Sudamérica carecen de arrecifes debido a que los grandes sistemas fluviales arrastran sedimentos, que enturbian las aguas (Figura 6) (Nybakken 1997; Barnes 1996).

Las aguas claras, aguas de baja productividad, son azules; por tanto, el color azul de las aguas es sinónimo de océanos desérticos. Son estas aguas empobrecidas las que bañan los arrecifes, y aunque sea paradójico, los arrecifes coralinos se encuentran entre los medios marinos más productivos. Los organismos de los arrecifes son en su mayoría bentónicos e incluyen no sólo algas fijas sino también grandes poblaciones de algas fotosintéticas simbiotes (zooxantelas) que representan la base de las cadenas alimenticias y constituyen una fuente de energía tan importante que en general se considera que los arrecifes son autotróficos, es decir, que la producción primaria es la principal fuente del flujo de energía que circula por las cadenas tróficas del arrecife (Barnes & Barnes 1996).

Sin embargo, no toda la energía del arrecife tiene su origen en él. El plancton de las aguas circundantes, aunque escaso en comparación con el de los mares tropicales, es también una importante fuente de energía para algunos animales

consumidores de material de suspensión, incluso para los corales. Parte de este plancton, o incluso la mayoría, tiene su origen fuera del arrecife y es llevado hacia la plataforma por las corrientes (Barnes & Barnes 1996).

Figura 6. Relación entre la distribución vertical de los corales escleractinios hermatípicos del Atolón de Bikini (Islas Marshall, Oceanía) y factores ambientales de iluminación, temperatura, oxígeno

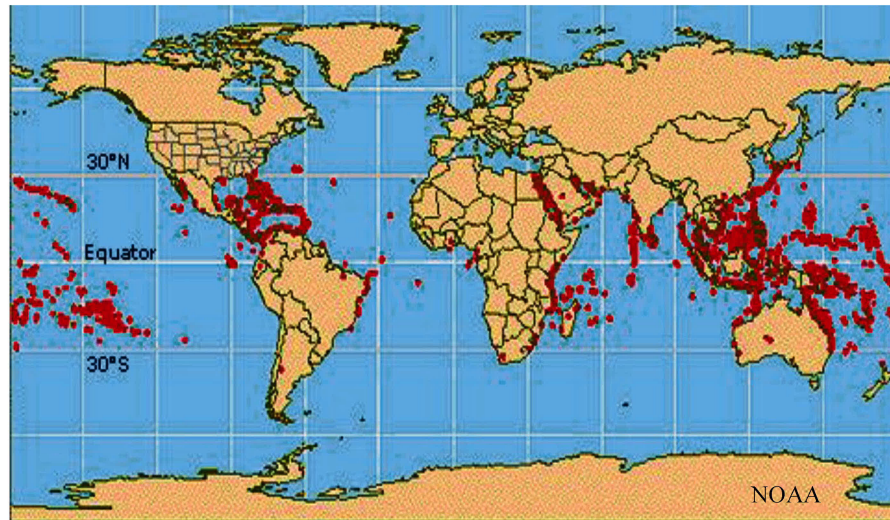


(Barnes & Barnes 1996)

Desde varios puntos de vista la plataforma constituye una trampa de energía y nutrientes en diversos grados. En vez de perderse en las profundidades en forma de sedimentos, algunos compuestos orgánicos y nutrientes (como los compuestos fosfóricos y nitrogenados) son retenidos en la plataforma y reciclados (Barnes & Barnes 1996).

Los arrecifes también están restringidos por la temperatura del agua y solamente están distribuidos en mares tropicales y subtropicales, usualmente entre 30° norte y 30° sur (Figura 7). Ubicados habitualmente donde la temperatura promedio más baja no es inferior a los 20°C, los arrecifes existentes se encuentran limitados al Caribe, Océano Índico y Pacífico Tropical. Por tanto, los dos parámetros físicos más importantes para los ecosistemas de arrecifes coralinos son: aguas templadas (20-28°C) y luz (aguas claras) (Barnes 1996; NOAA 2004).

Figura 7. Distribución mundial de los arrecifes coralinos (Fuente:).



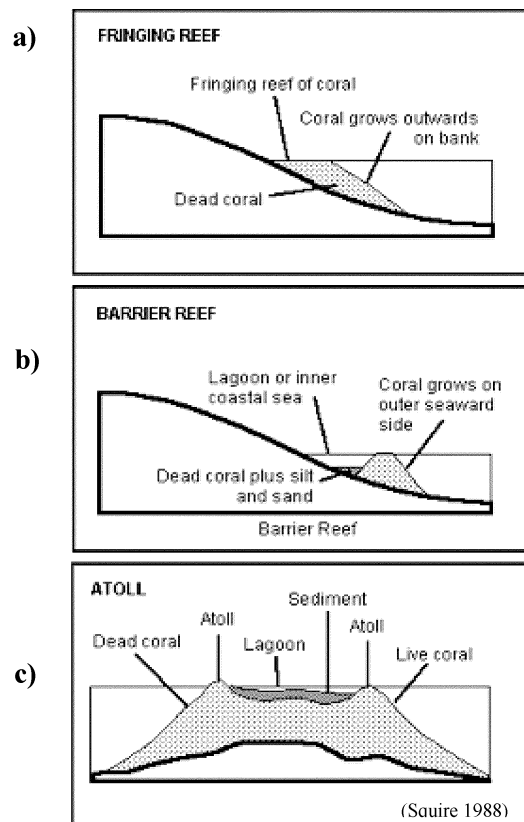
www.oceanservice.noaa.gov

2.1.3 Estructura del arrecife. Se pueden distinguir tres tipos de arrecifes atendiendo a su estructura y al sustrato subyacente (Figura 8). Arrecifes costeros, penetran hacia el mar directamente desde la costa y rodean las islas, bordean masas terrestres continentales o un litoral no coralino (Figura 8.a.). Frecuentemente está separado de la costa por una laguna a cuerpo de agua estrecho y poco profundo, cuyo fondo está revestido de arenas calcáreas y variedad de algas. Son los arrecifes más comunes. Las plataformas de los arrecifes de barrera están más separados de la costa, y representan a los arrecifes de mayor edad (Figura 8.b.). La Gran Barrera de

Australia es el arrecife más largo del mundo, se extiende cerca de 1,000 millas a lo largo de la costa nordeste australiana.

La segunda barrera arrecifal más grande del mundo está constituida por el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) ubicada en el Caribe frente a las costas de México, Belice, Guatemala y Honduras. Los **atolones**, el tercer tipo de arrecifes, descansan en las cimas de los volcanes sumergidos (Figura 8.c.). Normalmente son circulares u ovals, con una laguna central y partes de la plataforma que pueden emerger como una o más islas. Hay brechas que proporcionan un paso hacia la laguna central (Figura 8). En el Indo Pacífico existen cerca de 300 atolones y solamente tres en Belice (Barnes 1996; Goenaqa 1986; Belize Tourism Board 1999).

Figura 8. Tipos de arrecifes que existen: **a)** arrecifes costeros, **b)** arrecifes de barrera y **c)** atolones



(Fuente: www.environment.gov.au).

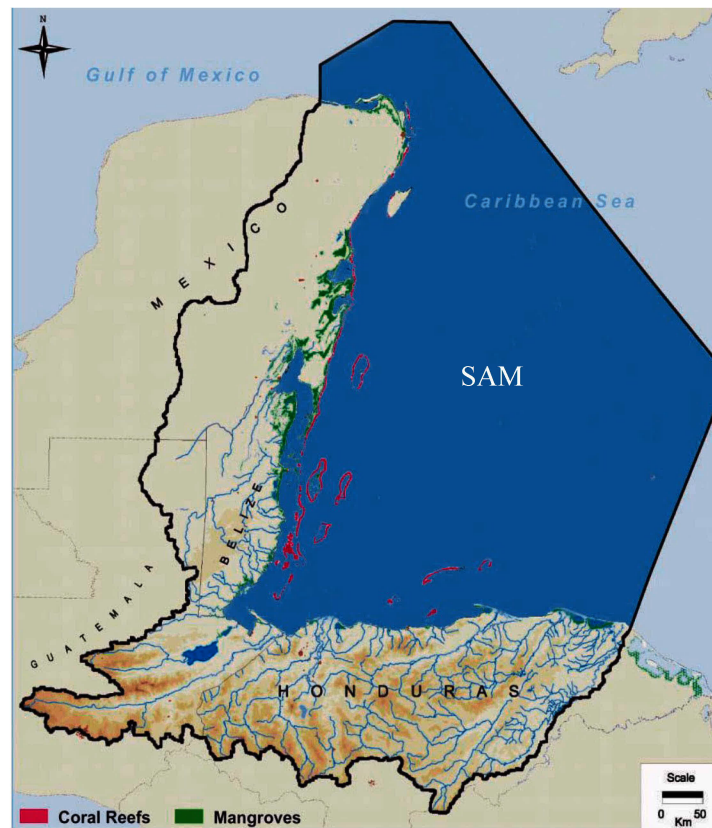
2.2 Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM)

El SAM se extiende desde la Isla Contoy al norte de la Península de Yucatán en México hasta las Islas de la Bahía en Honduras. Incluye la segunda barrera de arrecifes más grande del mundo y tiene aproximadamente 1,000 Kms de largo y abarca cuatro países y dos áreas transfronterizas: la Bahía de Chetumal, entre Belice y México y el Golfo de Honduras, entre Belice, Guatemala y Honduras (Figura 9). El SAM es único en el hemisferio occidental debido a su longitud, composición de tipos de arrecifes y especies relacionadas. Esta barrera contribuye a la estabilización y protección de los paisajes costeros, al mantenimiento de la calidad de agua costera y sirve como hábitat para la alimentación y crianza de mamíferos marinos, reptiles, peces e invertebrados, muchos de los cuales son de gran importancia comercial. El SAM es también de inmensa importancia socioeconómica y es fuente de ingreso para las comunidades que viven en las áreas costeras cercanas (Almada-Villela *et al.* 2003).

La región mesoamericana se encuentra bajo creciente presión resultante de una variedad de fuentes antropogénicas, como el desarrollo costero y turístico y la contaminación de fuentes puntuales y no puntuales. Como otras fuentes de daños se pueden mencionar el exceso de nutrientes agrícolas, acuicultura costera, granjas de camarón, desechos domésticos en el arrecife, sobrepesca y el incremento en el uso de embarcaciones (Almada-Villela *et al.* 2003).

Esta región está sujeta a fenómenos naturales como el calentamiento global y a fenómenos periódicos como inundaciones, tormentas y huracanes, dando como resultado alta sedimentación, blanqueamiento y epidemias de enfermedades. Algunas de las actividades humanas están agravando los impactos de estos eventos naturales, resultando en la inhabilidad del ecosistema para recuperarse tan rápidamente como lo sería en circunstancias naturales. Por lo tanto, se ha vuelto cada vez más importante el medir la “salud” de los diversos ecosistemas del SAM para establecer la naturaleza y extensión de los cambios, la causa de esos cambios y sus soluciones potenciales (Almada-Villela *et al.* 2003).

Figura 9. Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) Fuente: “Healthy Reefs for Healthy People, Healthy Mesoamerican Reef Ecosystem Initiative”. Utilizado con autorización de la WWF-US).

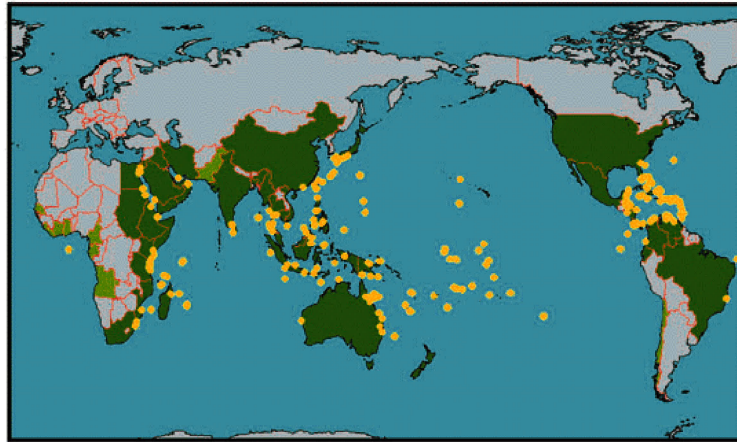


(Adaptado de Kramer & Kramer (2002))

2.3 Áreas marinas protegidas

Actualmente las áreas marinas protegidas y/o reservas marinas han sido establecidas en todo el mundo como un instrumento de manejo para compensar los efectos de sobreexplotación de los recursos marinos y la sobrepesca de gran cantidad de especies marinas. Según el Congreso Mundial de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), un Área Marina Protegida (AMP) es una «zona de tierra y/o mar especialmente dedicada a la protección y mantenimiento de la diversidad biológica y de los recursos naturales y culturales asociados gestionados legalmente o por otros medios eficaces» (Figura 10) (Oceana, 2010, www.oceana.org).

Figura 10. Áreas marinas protegidas mundiales, que cubren principalmente áreas con gran cantidad de arrecifes coralinos. Estas áreas utilizan el criterio de la WCMC (World Conservation Monitoring Center).



(Fuente: NOAA; State of the Reefs, may 1995)

Entre los beneficios potenciales de un área marina protegida se pueden mencionar los siguientes: a) protección y conservación de varios tipos de hábitats marinos, su estructura, función y biodiversidad. De esta forma se protegen procesos ecológicos completos; especies paraguas y angulares, de la que una gran parte de la comunidad depende; la cadena trófica, y se potencia la capacidad de resiliencia de sistema ante cambios por estrés; b) proteger hábitats críticos para especies singulares o en peligro; c) ayudan a la protección de procesos y funciones ecológicas claves, como “upwellings”, que son los motores de las comunidades marinas; d) sirven como sitios de anidamiento de las principales especies de peces comerciales y otras especies de gran importancia; e) evitan la sobrepesca, permiten restaurar el tamaño de las poblaciones y protegen la composición genética de las especies; f) proporcionan actividades económicas alternativas y/o suplementarias de ecoturismo; g) sirven como laboratorios naturales para el estudio de los sistemas marinos, ya que se puede estudiar el funcionamiento de estos, medir los efectos e impactos antropogénicos y cómo éstas afectan a los ecosistemas; h) sirven como almacenes para especies y procesos marinos actualmente no investigados, que podrían traducirse en el futuro en nuevos recursos alimenticios o recursos medicinales; i) minimizan los efectos de futuros errores de gestión, accidentes o cambios ambientales desfavorables; j) ayudan al restablecimiento de vínculos entre especies que han sido extinguidas por

sobreexplotación; y k) ayudan a salvaguardar la integridad y seguridad de la producción de CO₂ mundial (Marcos 2005).

2.4 Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique (RVSPM)

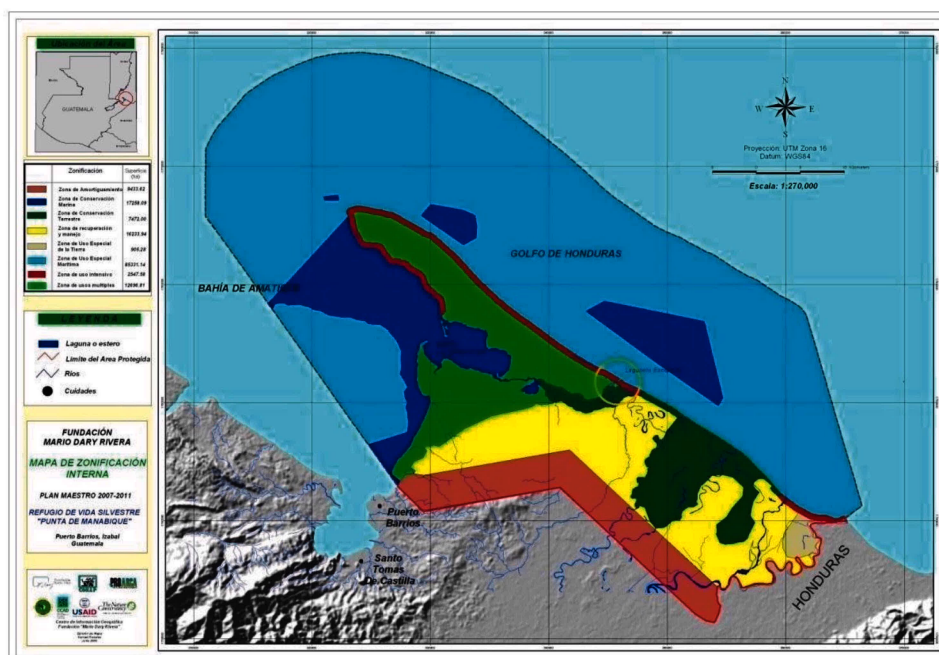
La RVSPM está ubicada al noreste de Guatemala, en el departamento de Izabal, con una superficie terrestre de 449 Km² y una zona marina definida hacia el Mar Caribe, con una superficie equivalente a la extensión de la zona considerada como mar territorial de Guatemala (Decreto 23-2005, Diario de Centro América 2005). El RVSPM es de suma importancia ya que funciona como biocorredor marino entre los sistemas costeros y coralinos de Belice y Honduras, y es hábitat natural para muchas especies de camarones, cangrejos, langostas, moluscos, peces, tiburones, rayas y tortugas marinas; con algunas de estas especies consideradas en peligro de extinción (Fundary, 2007).

Dentro de los objetivos del área protegida cabe mencionar: a) desarrollar un sistema de manejo integrado del ecosistema marino-costero del RVSPM, que permita el mantenimiento de sus procesos ecológicos esenciales y la sostenibilidad en la producción de bienes y servicios derivados: manejo forestal, caza, pesca, tránsito, turismo y desarrollo comunitario; b) conservar ecosistemas que conforman el bosque anegado, los sistemas de agua dulce y salobre, los manglares, la playa y desembocadura de ríos principales y el sistema marino integrado, el cual permita los procesos reproductivos de especies nativas, migratorias y el crecimiento de poblaciones tales como los arrecifes de coral y los pastos marinos; c) facilitar la oportunidad para que las comunidades en el área obtengan beneficios sociales y económicos de los bienes y servicios que pueda proveer el área protegida, bajo el principio del desarrollo sostenible, tal como se estableció en la Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible (ALIDES); d) fomentar y apoyar el conocimiento científico sobre la ecología del área, principalmente del sistema marino-costero; e) proveer oportunidades para el desarrollo de actividades de investigación educativas, recreativas y turísticas controladas y de bajo impacto; y f) proteger la cubierta forestal en donde sea necesario para garantizar la protección de los suelos anegadizos, evitar la erosión acelerada y reducir la velocidad de asolvamiento de la

Bahía de Amatique y La Graciosa, así como de los cuerpos lagunares y canales interiores (Decreto 23-2005, Diario de Centro América 2005).

La RVSPM está zonificada para su mejor administración y manejo. Las zonas son las siguientes: a) zona de conservación; b) zona de uso especial marítima; c) zona de uso especial terrestre; d) zona de usos múltiples; e) zona de uso intensivo, y f) zona de recuperación y manejo (Figura 11) (Decreto 23-2005, Diario de Centro América 2005).

Figura 11. Zonificación del Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique. Fuente: Plan Maestro del Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique (2007-2011)



(Fuente: Fundary, 2007)

2.4.1 Zona de conservación. Zona donde el estado natural de los ecosistemas permanece con la menor intervención humana, representando el grado más alto de conservación dentro del área protegida. Esta zona corresponde a los principales sitios de biodiversidad marina reportados por la Evaluación Ecológica Rápida. La zona de conservación comprende aproximadamente 21,500 hectáreas.

Incluye la totalidad de Bahía La Graciosa, Laguna Santa Isabel y en el Canal Inglés, desde una franja de 500 m alrededor de éste. Además, incluye todas las formaciones coralinas presentes dentro del área protegida, tanto en la zona de mar abierto como dentro de la Bahía de Amatique. La zona de aguas interiores está constituida por la porción comprendida entre Punta de Manabique y Bahía Pichilingo. La parte terrestre se conforma por una porción de terreno entre el límite sur de área y la zona litoral entre el Río Motagua, Río Viejo y San Francisco, incluyendo la Laguna El Jabalí. Por último, la zona de conservación comprende además, una franja de terreno en la zona litoral de playa entre las Barras de Jaloa y Belcoco (Decreto 23-2005, Diario de Centro América 2005).

2.4.2 Zona de uso especial marítima. Esta zona es de importancia económica por ser la ruta de tránsito marítimo y sitio de pesca de especies neríticas (aguas profundas). Es de alta susceptibilidad a derrames y desechos tóxicos particularmente en la porción de la Bahía de Amatique. La sección de mar abierto es de importancia para la migración de especies de aprovechamiento pesquero como langostas, manjúa, tiburón, pargo y otras. Esta zona abarca la totalidad de la zona de mar abierto y la porción correspondiente a la Bahía de Amatique, con excepción de los arrecifes coralinos. Comprende aproximadamente 75,000 hectáreas (Decreto 23-2005, Diario de Centro América 2005).

2.4.3 Zona de uso especial terrestre. Pequeña porción de territorio ubicada en el extremo este del área protegida, sobre el curso final de la desembocadura del Motagua. Esta zona comprende aproximadamente 905 hectáreas y abarca la porción final de la desembocadura del Río Motagua (Decreto 23-2005, Diario de Centro América 2005).

2.4.4 Zona de usos múltiples. Esta zona es de importancia económica para las poblaciones locales ya que constituye la principal fuente de recursos naturales terrestres. Corresponde mayormente a la zona de bosque anegado, identificada en la Evaluación Ecológica Rápida. Formada por aproximadamente 11,250 hectáreas y comprende la porción interna de la península, a partir de los 500 m de la orilla de la playa, desde la Barra de Jaloa hasta la entrada y rivierra de la Bahía La Graciosa, la

Laguna de Santa Isabel. Incluye también la zona del litoral sur del área protegida, desde Punta Pichilingo hasta la entrada de Bahía La Graciosa (Decreto 23-2005, Diario de Centro América 2005).

2.4.5 Zona de uso intensivo. En esta zona se desarrollan las principales actividades productivas de las comunidades. Es además la zona con mayor desarrollo de casas de verano en los últimos años. Comprende aproximadamente 2,535 hectáreas. Esta zona se localiza en una franja de terreno de 500 m de ancho a lo largo del litoral este desde Barra Belcoco hasta la frontera con Honduras. También incluye dos franjas de terrenos elevados dentro de la Península conocidos como Cayos, los cuales corren a lo largo del centro de la Península. Corresponde principalmente a la zona litoral y estuarina identificada en la Evaluación Ecológica Rápida (Decreto 23-2005, Diario de Centro América 2005).

2.4.6 Zona de recuperación y manejo. Zona cuyos recursos naturales se encuentran degradados y la cobertura boscosa está fragmentada casi en su totalidad. En ella se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas intensivas, siendo además, la zona de influencia de las comunidades de Creek Grande, Machacas del Mar, Creek Negro y Quetzalito. Esta zona incluye fincas de actividades agrícolas y ganaderas, con una extensión de aproximadamente 18,816 hectáreas (Decreto 23-2005, Diario de Centro América 2005).

2.5 Ecosistema sano

La identificación del “estado basal” de un ecosistema es indispensable para implementar programas de restauración en el sentido amplio del término. Sin una concepción más o menos clara acerca de “cómo debe ser” un ecosistema “sano” (en términos funcionales, de composición específica y de características ambientales), es difícil elegir, diseñar e implementar las técnicas “correctivas” adecuadas. Este concepto se vuelve muy debatible cuando se le analiza en términos de la heterogeneidad ambiental y de su manifestación en distintas escalas espaciales y temporales. Lo que se percibe como estable en una escala no lo es en otra y viceversa. (Rapport y Whitford 1999).

La alteración de la dinámicas ecológicas pueden originarse por disturbios antropogénicos que se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: a) reestructuración física del medio; b) introducción de especies exóticas; c) descarga de sustancias tóxicas y d) sobreexplotación. Las respuestas de un ecosistema al disturbio dependen, obviamente, de las características de la alteración, pero también de las propiedades dinámicas del ecosistema (Rapport y Whitford 1999; Sheffer *et al.* 2001).

La salud del ecosistema involucra varios aspectos importantes, no solamente el ecológico, sino también el resultado de las interacciones de procesos físicos, químicos y biológicos. Los sistemas ecológicos realizan una serie de funciones concretas que se dividen en geomorfológicas, hidrológicas, biogeoquímicas y ecológicas. Por ejemplo, un ecosistema de tipo humedal realiza funciones geomorfológicas como la retención de sedimentos; funciones hidrológicas como la recarga/descarga de acuíferos o la modulación de los picos de crecida en las redes de drenaje; funciones biogeoquímicas como la transformación de nutrientes y funciones ecológicas como el soporte de redes tróficas o el mantenimiento del hábitat de diferentes especies de organismos (Mardones 2000).

Todas las funciones tienen un **valor intrínseco inherente**, es decir, un valor en sí mismos por mantener la funcionalidad de los ecosistemas. El **valor social** de los ecosistemas se expresa en forma de servicios y bienes que generan directa o indirectamente a los sistemas humanos a escala local o regional. Por otro lado, los **bienes** se refieren a los elementos de la estructura abiótica o biótica de los ecosistemas que poseen un valor social y/o económico, como por ejemplo minerales, agua, paisaje, especies, pesquerías, madera, espacios para la recreación y educación. Estos términos están relacionados con el concepto de **recursos naturales**, que se entiende como cualquier material (bienes) o tipo de energía (servicios) que se extraen de los sistemas ecológicos (Mardones 2000).

Otro componente o atributo a considerar en la salud del ecosistema, es el concepto de **resiliencia**. Este concepto se refiere a la capacidad o velocidad a la que un ecosistema vuelve a un estado de referencia dinámico después de una perturbación temporal de origen natural y/o humano. Un sistema altamente resiliente vuelve muy

rápidamente a su estado de referencia después de que cesa la perturbación. La resiliencia es por tanto inversamente proporcional al tiempo de retorno requerido para que un ecosistema recupere su cuadro ecológico de referencia después de que haya sido perturbado. Una alta resiliencia se caracteriza por un bajo tiempo de retorno (Mardones 2000).

La **sostenibilidad** de un ecosistema es definido como la característica o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de la población actual y local sin comprometer la capacidad del ecosistema para proveer alimentos e ingresos a generaciones futuras o poblaciones de otras regiones. Este concepto sirve para caracterizar cualquier proceso o condición que pueda mantenerse indefinidamente sin interrupción, debilitamiento o pérdida de sus valores (Mardones 2000).

Un **ecosistema “sano”** se puede catalogar como aquel que es activo y mantiene su organización y funcionamiento además de tener gran capacidad para absorber el estrés generado por las perturbaciones naturales y antrópicas. Pero al referirnos al término salud la explicación no puede basarse únicamente en fundamentos ecológicos, sino que es necesario considerar los componentes estructurales y funciones que suponen bienes y servicios para los sistemas humanos. De esta forma, la definición de un ecosistema sano, según Mardones (2000) sería: *un sistema que es resiliente y sostenible, es decir, que mantiene su estructura, funcionamiento y desarrollo en el tiempo a la vez que suministra servicios a la sociedad* (Mardones 2000).

Dentro del marco de lo que es un arrecife “sano” destacan y se integran elementos sobre la estructura del ecosistema y sus funciones, aspectos antropogénicos y aspectos sociales. Con esto se logra involucrar a varios indicadores, que de una u otra manera, nos ayudan a entender mejor cómo los humanos afectamos a estos ecosistemas. Todo esto se logra finalmente enlazando cuatro componentes principales: a) estructura del ecosistema: diversidad, abundancia, salinidad, temperatura, biodiversidad, etc., b) funciones del ecosistema: procesos ecológicos claves (mortalidad, reclutamiento, herbivoría), c) conductores de cambios antropogénicos y naturales: turismo, desarrollo costero, uso de la tierra y agricultura,

pesca, cambio climático global, y d) aspectos sociales y de gobierno: salud, economía, cultura y política.

2.6 Crisis en los arrecifes de coral

La creciente presión sobre los ecosistemas marinos de todo el planeta está provocando una crisis en la biodiversidad de dimensiones globales, que se refleja en una pérdida de hábitats de gran valor ecológico. Entre estos se pueden mencionar los bosques de manglar, los cuales están siendo reducidos a un ritmo de un 3% anual, y entre otros, se pueden mencionar a las marismas y a las praderas submarinas. Sin embargo, los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas más afectados por estas presiones y cambios a nivel global. Se cree que el estrés es generado principalmente por actividades humanas tales como contaminación de origen terrestre y prácticas pesqueras destructivas. La mayoría de los arrecifes coralinos se encuentran en países en vías de desarrollo, en donde las poblaciones se han duplicado en los últimos 20 años. Aproximadamente el 60% de estas poblaciones vive en las costas, y dependen de los arrecifes como fuente de proteína (Westmacott 2000; Hodgson *et al.* 2002).

El potencial de los humanos para invadir, dañar y matar a los arrecifes de coral ha sido observado por más de cien años. Charles Darwin mencionó que la sedimentación proveniente de las fuentes de agua dulce causa retraso en el crecimiento de los corales (Darwin 1851). En los años 1960 se dieron varios casos de derrames de petróleo y DDT, lo que llevó a los científicos a realizar investigaciones sobre los posibles efectos de estos químicos en la vida marina. Y recientemente ha habido interés relacionada a la sobrepesca (Hodgson *et al.* 2002).

En el segundo libro, *The Living Sea*, del comandante Jacques Yves Cousteau (1963, con James Dugan), se documentan sus exploraciones de los años 50s, en los cuales revela la pesca con dinamita por el buque oceanográfico el Calypso en el Mar Rojo, al igual que la extracción de coral negro y la ostra gigante como objeto coleccionable. Luego de diez años de haber empezado con las expediciones del Calypso, el laboratorio se vio amenazado en Mónaco, por la contaminación y sedimentación. En 1960 cambió de actitud, y fue el líder de una campaña en contra

de los depósitos de desechos radioactivos en el Mar Mediterráneo. Y proféticamente escribió: « *¿Por qué pensamos que el Océano es una bodega de recursos como alimento, petróleo y minerales?* » (Hodgson *et al.* 2002).

Lamentablemente, estos valiosos ecosistemas se están degradando rápidamente debido a la presión creciente de diversas actividades humanas. Entre ellas se pueden mencionar el desarrollo costero, la agricultura intensiva, la sobrepesca, el comercio de especies y las enfermedades coralinas. La excesiva contaminación aporta sedimentos perjudiciales y contamina las aguas costeras; la sobreexplotación pesquera altera el balance ecológico; y el incremento de temperatura en los océanos ha provocado episodios dramáticos de blanqueamiento coralino, que ha debilitado y destruido corales alrededor del mundo.

2.6.1 Sobrepesca. Durante los años 1940 los pescadores utilizaban pequeñas canoas, lo cual les impedía alejarse mucho de la costa. Por los años 1970 la mayoría de buzos recreacionales eran cazadores de animales como los pargos, langostas, el caracol gigante (*Strombus gigas*) y otros peces, los cuales eran catalogados como un recurso inagotable. En Asia los pepinos de mar son catalogados como una delicatessen. Durante los años 1880 – 1889 cerca de 40,000 toneladas de pepinos de mar fueron cosechados, y aproximadamente unos 80 millones de individuos fueron exportados desde Queensland a Hong Kong (Hodgson *et al.* 2002).

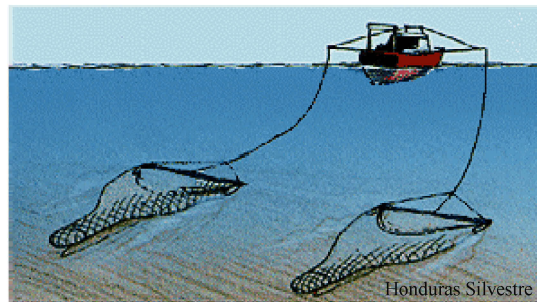
Actualmente casi cincuenta millones de personas participan directamente en la captura y elaboración de productos pesqueros marinos. De esos 50 millones, aproximadamente el 95% se encuentra en países en desarrollo, y en muchos países ribereños en desarrollo, el sector de la pesca es un componente significativo de la economía, ya que puede representar hasta el 5%-10% del PIB en países como Vietnam o Mauritania (Alcolado 2004; Myers 2003; World Bank 2003). Entre los métodos y técnicas utilizadas para la pesca comercial se pueden mencionar varios que incluyen trampas, materiales explosivos (Figura 12), redes de arrastre (Figura 13), ganchos de pesca, etc.; y aunque su uso es ilegal, se siguen utilizando en varios países debido a su efectividad (Hodgson *et al.* 2002).

Figura 12. Pesca destructiva con dinamita (Filipinas).



(Fuente: www.fondear.org)

Figura 13. Pesca con redes de arrastre.



(Fuente: www.hondurassilvestre.com)

La sobrepesca amenaza a más del 60% de los arrecifes coralinos caribeños. La pesca por encima de niveles de explotación sostenible afecta a los arrecifes coralinos al alterar su balance ecológico. La extracción de peces herbívoros (consumidores de algas) facilita el recubrimiento de los arrecifes por algas. En toda la región se han observado reducciones en la cobertura de coral vivo y un aumento en el recubrimiento por algas. Este análisis reveló que cerca de un tercio de los arrecifes caribeños están dentro del nivel de amenaza alta por la presión de la sobrepesca, y cerca del 30% en el nivel de amenaza media (Burke & Maidens 2005).

El efecto de sobrepesca va más allá de las consecuencias planteadas para la pesca en áreas de uso turístico. Ésta trae consigo no sólo la degradación de los arrecifes al alterarse el balance trófico, sino también la pérdida de los propios recursos pesqueros que afectan la economía del país. La pesca y la pobreza rural están relacionadas en muchos países situados en zonas costeras. De hecho, el libre acceso a las pesquerías hace que un gran número de personas opten por la pesca como ocupación de último recurso cuando se deteriora la situación en otros sectores, como la agricultura (Myers 2003; World Bank 2003). Este incremento en la degradación y mortandad de los arrecifes coralinos tendrá un impacto directo en la economía de la región al reducir los hábitats de peces, moluscos y crustáceos, y la capacidad de protección del litoral, haciendo así menos atractiva la región para el turismo.

2.6.2 Comercio de especies. Desde la II Guerra Mundial el comercio de especies para acuarios se ha visto desarrollado y se estima que este negocio produce unos US \$200 millones al año. En Indonesia y las Filipinas se maneja un 80% del comercio, exportando la mayoría de especies a Estados Unidos. Dentro de los métodos de extracción se puede mencionar el uso de venenos en bajas concentraciones, como por ejemplo el cianuro (Figura 14). Científicamente se ha demostrado que el uso de estos materiales causa daño a la fauna aledaña (corales y otros invertebrados) (Hodsgon et al. 2002).

Figura 14. Pesca con cianuro



(Fuente: www.hondurassilvestre.com)

2.6.3 Enfermedades coralinas. Los corales se ‘blanquean’ (es decir, se tornan pálidos o blanquecinos) como resultado de una variedad de tensiones. Se cree que son causadas por infección bacteriana o debido al cambio de temperatura del agua (Sánchez et al. 2005), y esto causa la expulsión o pérdida de las zooxantelas de los tejidos, las cuales proporcionan la coloración de los corales. Bajo condiciones normales, los números de zooxantelas pueden variar estacionalmente con las adaptaciones que experimentan los corales a consecuencia de las fluctuaciones en el ambiente (Brown et al., 1999; Fitt et al., 2000). Durante un blanqueamiento, los corales pueden perder del 60 al 90% de sus zooxantelas, y las zooxantelas restantes pueden perder 50-80% de sus pigmentos fotosintéticos (Glynn 1996). Una vez que la fuente de estrés desaparece, los corales afectados se pueden recuperar, y los niveles de zooxantelas normalizarse. Sin embargo, esto depende de la duración y la severidad de la alteración ambiental (Hoegh-Guldberg 1999). La exposición prolongada puede conducir a la muerte parcial o total no sólo de colonias individuales, sino también de grandes áreas de arrecife (Figura 15).

Figura 15. (A) Enfermedad de bandas negras en un coral cerebro (*Diploria* spp.) (B) Enfermedad de blanqueamiento sobre el coral *Meandrina* spp. (C) *Montastraea* spp. ha sido parcialmente aniquilado por una plaga blanca o enfermedad de banda blanca y el esqueleto remanente ha sido colonizado por algas



(Fuente: <http://coastal.er.usgs.gov>)

Las enfermedades y el aumento de la temperatura del mar debido al calentamiento global constituyen una amenaza adicional para toda la región, y podría ocasionar daños en los arrecifes coralinos en toda la región del Caribe. Las enfermedades han causado profundos e importantes cambios en los arrecifes durante los últimos 30 años, y son escasas las áreas que no se han visto afectadas, incluyendo las situadas en zonas alejadas de la influencia humana. Uno de los principales corales constructores de arrecifes de la región ya ha sido diezmado por la enfermedad, y además los episodios de blanqueamiento de corales —la evidencia más directa del estrés producido por el cambio climático sobre la biodiversidad marina caribeña— están en su apogeo. Las complejas interacciones y la sinergia entre las enfermedades, el cambio climático y otros tipos de estrés inducido por las actividades humanas posiblemente produzcan un aumento del nivel general de amenaza (Burke & Maidens 2005).

2.7 Investigaciones en arrecifes coralinos de Guatemala

Los arrecifes de coral en Punta de Manabique (PM) constituyen uno de los recursos más importantes del territorio marino-costero de Guatemala. Los parches coralinos están esparcidos cerca de las costas guatemaltecas, principalmente alrededor de Punta de Manabique (Fonseca 2000) al igual que en el bajo de Heredia, a 15 Km este de Punta Moreno (Cazali 1988). Tanto parches coralinos como algas están presentes en Punta Cocolí, Punta Herrería y La Guaira, al igual que en el litoral desde el sitio Punta Herrería a Tapón Creek (Cazali 1998). Otros parches coralinos están ubicados en la desembocadura del Río Sarstún (Fonseca y Arrivillaga 2003).

Los parches coralinos en PM muestran gran cantidad de macroalgas, que son típicas de planicies de arena en donde la herbivoría es baja. Aparentemente los herbívoros no son capaces de controlar la abundancia de algas como en otros arrecifes del Caribe (Hay 1984). La cobertura de coral es muy baja (8.75%) y la cobertura de algas no coralinas es muy alta (65%) (Fonseca y Arrivillaga 2003).

La investigación de los ecosistemas arrecifales en Guatemala es escasa e insuficiente, y los arrecifes coralinos del Caribe guatemalteco han sido mencionados

en otros estudios, cuyos objetivos principales son otros. Unos de los primeros estudios reportó las comunidades de peces en arrecifes artificiales que fueron establecidos en 1982 en Amatique Bay, a unos 15 Km al noroeste de Puerto Barrios (Bartone *et al.* 1998). De la misma manera se realizaron otras investigaciones en las cuales se confirma la presencia de formaciones arrecifales y de bivalvos en estas áreas (Cazali 1988 y Prado 1990; Fonseca y Arrivillaga 2003).

En el 2000 se realizó una evaluación ecológica rápida de los parches coralinos que fueron localizados por los pescadores alrededor de PM, con el fin de describir la estructura arrecifal y la composición de organismos bénticos (Fonseca 2000). Se utilizó el método “*Point Intercept Transect Method*” para determinar la cobertura relativa, utilizando transectos lineales de 10 m recopilando datos cada 50 cm. Se colectaron muestras de corales, invertebrados, algas y pastos marinos, los cuales fueron depositados en el Museo de Historia Natural de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fonseca y Arrivillaga 2003).

Con estos estudios se determinó que el impacto principal en los arrecifes de coral de PM es la deforestación de los bosques, principalmente los bordes del Río Motagua y grandes descargas de sedimento al mar que están causando la muerte de los corales. De la misma forma se observó que los arrecifes en Guatemala están dominados principalmente por macroalgas y especies de corales resistentes a la sedimentación. Los fenómenos naturales como huracanes, el incremento de la temperatura del mar y la mortalidad masiva del erizo *Diadema* spp. en 1983, han contribuido al deterioro de los arrecifes guatemaltecos (Fonseca y Arrivillaga 2003).

2.8 Monitoreo Reef Check (RC)

En el Coloquio de 1993 sobre los aspectos globales de arrecifes coralinos, organizado por el Dr. Robert Ginsburg de la Universidad de Miami, llevó a que 250 de los científicos de los arrecifes coralinos trataran de determinar la salud global de estos ecosistemas. Al final de la reunión estaba claro que no había suficiente información y que además no se habían realizado estudios a largo plazo, para

determinar el estado de los arrecifes de coral a una escala global y se determinó que parte del problema fue el método de muestreo utilizado y la falta de científicos especializados en la materia. La base de datos de las condiciones de los arrecifes coralinos estaba incompleta y no existían datos suficientes para realizar comparaciones (Hodgson *et al.* 2006).

Como iniciativas del Coloquio se tomó la decisión de declarar el año internacional del arrecife, con el objetivo de capturar un interés global (1997 fue declarado el año internacional del arrecife). Luego se estableció un programa de monitoreo global, utilizando métodos estandarizados, para registrar los cambios en la salud del arrecife. El concepto de Reef Check se desarrolló de esta iniciativa a principios de 1996. Los métodos fueron concebidos por el Dr. Gregor Hodgson, puestos en internet y revisados por muchos científicos. Varios proporcionaron modificaciones, mientras otros aseguraron que no iba a funcionar (Hodgson *et al.* 2006).

El protocolo de monitoreo de Reef Check fue finalizado en 1997 y se caracteriza por ser un protocolo fácil de aprender y científicamente robusto, que provee datos suficientes para determinar el estatus ecológico de los arrecifes coralinos. Los métodos han comprobado ser efectivos y han sido adoptados por distintas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, instituciones científicas y gran cantidad de grupos voluntarios como parte importante del monitoreo que realizan en sus áreas de estudio. Fue diseñado para asesorar la salud de los arrecifes coralinos, y se diferencia de otros protocolos de monitoreo en que está enfocado en la abundancia de ciertos organismos indicadores en los arrecifes, que reflejan el estatus ecológico del ecosistema (Hodgson *et al.* 2006).

Durante 1997 se condujo el primer estudio de la salud de los arrecifes coralinos a nivel mundial, en más de 1500 arrecifes, en el Atlántico, el Indo Pacífico y el Mar Rojo. Los resultados determinaron que los corales estaban enfrentando una crisis general y los resultados de Reef Check demostraron por primera vez que la **sobrepesca** es la mayor amenaza para los arrecifes coralinos a escala global, y que la mayoría presentaban problemas de salud (Hodgson 1999).

Además, el programa de RC se caracteriza por la integración de la parte social a la investigación científica, y entre sus actividades cabe mencionar:

- educar a la comunidad acerca de la crisis de los arrecifes coralinos;
- crear una Red Global de equipos voluntarios, los cuales regularmente monitoreen y reporten sobre la salud del arrecife;
- realizar procesos de investigación científica de los ecosistemas de arrecifes coralinos;
- facilitar la colaboración entre Academias, ONGs, Gobiernos y el sector privado;
- estimular la acción de la comunidad local para proteger los arrecifes prístinos que quedan y rehabilitar los arrecifes dañados a escala mundial, utilizando soluciones sustentables ecológica y económicamente.

(Hodgson *et al.* 2006).

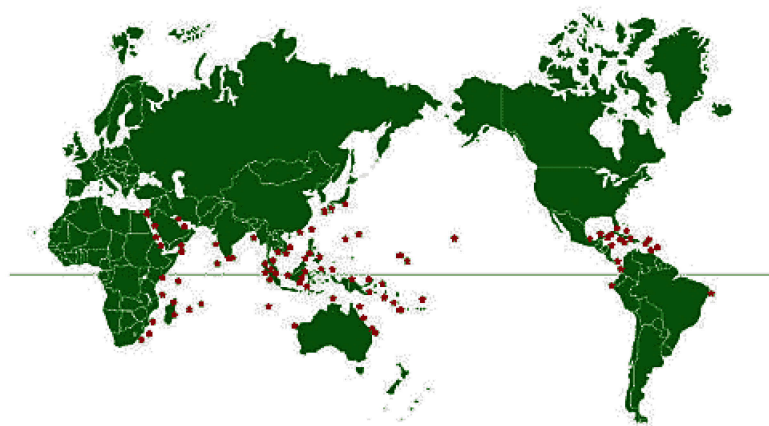
2.8.1 Indicadores. La mayoría de los indicadores utilizados en estudios sobre la salud de los arrecifes coralinos son medidas de la estructura biológica (e.g. cobertura coralina, diversidad de especies, abundancia de peces) o de las condiciones ambientales (e.g. temperatura, nutrientes). También hay pocos estudios con enfoque en los procesos ecológicos (e.g. biomarcadores de estresores específicos) o que contengan un enfoque social. Sin embargo, éstos estudios deber de ser capaces de describir los cambios en la integridad del arrecife y diferenciar cuando sea posible, entre variación natural o impactos antropogénicos; actuar como señales de alerta y herramientas de diagnóstico; ayudar en la evaluación de las medidas de manejo; ayudar a definir y establecer prioridades para el monitoreo e investigación; y ayudar a crear conciencia ecológica para incluir a la comunidad en la toma de decisiones (McField y Kramer 2007).

Reef Check se enfoca en la abundancia de los organismos de arrecifes coralinos que reflejan mejor la condición del ecosistema y que son fácilmente reconocidos por los buzos voluntarios. Existen cuatro categorías, entre las que se pueden mencionar peces, invertebrados, tipo de cobertura y daños (enfermedades y otros), cada una con indicadores específicos. La selección de estos indicadores se

basó en (a) el valor económico y ecológico, (b) la sensibilidad a los impactos humanos, (c) la fácil identificación y (d) la distribución mundial. Un total de 16 organismos indicadores globales y nueve regionales fueron seleccionados como medidas específicas de los impactos humanos sobre los arrecifes coralinos (Hodgson 1999; Hodgson *et al.* 2006).

2.8.2 Reef Check a nivel internacional. En un período de cinco años, entre 1997 – 2001 los monitoreos RC se han llevado a cabo en aproximadamente 1,500 arrecifes, de los cuales 1,107 fueron utilizados para análisis, debido a problemas en la toma de los datos. Un total de 55 países y territorios fueron monitoreados. Debido a que el protocolo de monitoreo de Reef Check es un programa completamente voluntario, no se garantiza el monitoreo anual de cada sitio o país. Sin embargo, este programa promueve los monitoreos a largo plazo por medio de la colocación de transectos fijos, y aproximadamente el 21% de los países involucrados presentan dos o más monitoreos realizados en sus zonas coralinas (Hodgson *et al.* 2002). Desde entonces, cientos de equipos de Reef Check han estado monitoreando los arrecifes cada año en más de 90 países y territorios (Figura 16) (Hodgson *et al.* 2006). En Centroamérica, Belice, Honduras y México han realizado varios monitoreos. Para Guatemala, este sería el segundo que se realiza.

Figura 16. Sedes Reef Check (RC) alrededor del mundo



(Fuente: www.reefcheck.org).

RC también está asociado con la Red Global de Monitoreo de los Arrecifes (GCRMN), colabora con los reportes de los estados regulares, y es miembro de la Iniciativa Internacional de Arrecifes Coralinos (ICRI) y de la Red Internacional de Acción de Arrecifes (ICRAN). RC proporciona datos y desarrolla los sistemas del manejo interactivo del monitoreo de arrecifes con Reef Base, base de datos global de información de los arrecifes coralinos. Los programas de entrenamientos nacionales y regionales de RC son ofrecidos alrededor del mundo cada año, y el programa es completamente voluntario. Las actividades de entrenamiento y manejo son apoyadas generalmente por donaciones privadas, concesiones desde fundaciones, las Naciones Unidas y otras agencias nacionales e internacionales incluyendo la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). Además RC posee varias asociaciones con empresas privadas de turismo, buceo, surfing, entre otras (Hodgson *et al.* 2006).

RC también está colaborando en una iniciativa mayor de conservación con el Consejo de Acuarios Marinos (MAC). En el 2002 diseñó un protocolo detallado llamado “MAQTRAC” para monitorear los efectos del comercio con el acuario marino sobre el arrecife coralino. Este comercio proporciona un incentivo financiero evaluable para el manejo de los arrecifes coralinos. RC está trabajando con MAC para certificar el comercio y establecer Áreas Marinas Protegidas y el manejo sustentable de la pesca en Indonesia y Filipinas. Por la cantidad y riqueza de los datos de los arrecifes coralinos en todo el mundo, RC ha recibido premios nacionales e internacionales ambientales por sus esfuerzos por la conservación y ha hecho que la sensibilidad de la comunidad aumente en relación con la crisis global de los arrecifes coralinos (Hodgson *et al.* 2006).

2.8.3 Resultados mundiales. Los resultados de los primeros cinco años de monitoreo fueron presentados en un reporte mayor, “Crisis Global de Arrecifes Coralinos-Tendencias y Soluciones” en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sustentable en Johannesburgo, Sudáfrica en septiembre de 2002. Este estudio se ha llevado a cabo en más de 1500 arrecifes, en el Atlántico, el Indo Pacífico y el Mar Rojo. Al final, 1107 sitios fueron aceptados para el análisis de cambios espaciales y

temporales de los indicadores, y se realizaron correlaciones entre la abundancia y valoraciones de los impactos humanos proporcionados por los equipos. Los hallazgos claves fueron (Hodgson et al. 2006).

- A escala mundial se reportaron 0% de langostas en un 83% de los arrecifes, que indica sobrepesca severa.
- La abundancia del erizo de mar (*Diadema* spp.), decreció significativamente en el Indo Pacífico desde 1998 al 2000, acercando los niveles similares a aquellos encontrados en el Atlántico y que posiblemente indican desestabilización ecológica.
- Un total de 101 tritones (*Charonia* spp.) fueron registrados, indicando sobrepesca severa para el mercado artesanal.
- Había 0% de meros (Familia Serranidae) mayores de 30 cm reportadas en un 48% de los arrecifes estudiados, indicando sobrepesca de estos depredadores.
- Cuatro especies de peces están en condiciones críticas: los meros estaban ausentes en el 82% de los arrecifes poco profundos del Caribe, solamente ocho arrecifes reportaron más de un pez. El abadejo, pez loro, los peces napoleón estaban ausentes en el 95%, 89% y 88% respectivamente de los arrecifes del Indo Pacífico.
- Las morenas no fueron reportadas en el 81% de los arrecifes, y en el Indo Pacífico, el 55% de todos los arrecifes estudiados estaban desprovistos de peces loros mayores de 20 cm.
- Globalmente, la cobertura de coral duro principal fue del 32%. El porcentaje de cobertura de coral duro fue mayor en los arrecifes que no presentaban ningún tipo de impacto antropogénico.
- Solamente 34 arrecifes tuvieron una cobertura de coral duro mayor del 70% y ninguno mayor de 85%.
- El evento de blanqueamiento ocurrido en 1997- 1998 redujo la cobertura de coral al 10%, indicando que los arrecifes coralinos son indicadores sensibles al sobre calentamiento global.
- El recubrimiento por algas fue mayor en arrecifes expuestos a vertientes de aguas negras.
- Las poblaciones de peces en arrecifes del Atlántico y Pacífico se distinguen por la dominancia relativa de las familias Haemulidae (roncos) y Scaridae (loros);

mientras que los Chaodontidae (pez mariposa) y Lutjanidae (pargos) fueron los más abundantes en los arrecifes del Indo Pacífico.

- En las ciudades en vías de desarrollo, en las Áreas Marinas Protegidas han mostrado algunos avances. Cinco de diez indicadores de peces y uno de diez indicadores de invertebrados fueron significativamente más abundantes dentro de las Áreas Marinas Protegidas en el Atlántico, Indo Pacífico y el Mar Rojo.

III. JUSTIFICACIÓN

Los arrecifes coralinos constituyen uno de los ecosistemas más importantes del mundo representando el segundo ecosistema más biodiverso y el primer ecosistema marino más productivo y más complejo en el planeta. Los arrecifes albergan miles de especies de peces, invertebrados y plantas, y representan las estructuras más grandes y antiguas que hay. Los recursos tienen una importancia ecológica y económica, y sirven como sustento de millones de personas que dependen de éste y otros ecosistemas marinos.

Desafortunadamente el arrecife mesoamericano se encuentra severamente amenazado tanto por desastres naturales como por la influencia humana. Aun conociendo la riqueza biológica, la importancia económica y ecológica de los arrecifes coralinos de esta región, poco se conoce sobre cómo éstos ecosistemas responden a las actividades humanas, particularmente a escala regional y global. En el año de 1993, durante el Coloquio sobre los Aspectos Globales de los Arrecifes Coralinos, se logró crear conciencia sobre la importancia de un monitoreo global sobre la salud de estos ecosistemas. Se concluyó que los métodos que estaban siendo utilizados para estos monitoreos no eran los adecuados, y que además existía la urgencia de evaluar la salud global de los arrecifes coralinos. La mayoría de estudios se enfocaban en un grupo específico (peces o invertebrados), y de esta manera no se lograba capturar información suficiente que lograra demostrar con exactitud la salud de los arrecifes.

El protocolo de monitoreo de Reef Check (RC) es un instrumento internacional diseñado para investigar la ecología de la comunidad arrecifal. Éste involucra una serie de parámetros, con métodos e indicadores específicos, que sirven para determinar la salud de los arrecifes coralinos. Como no se cuenta con información sobre el estatus ecológico de los parches coralinos de Guatemala, se realizó éste estudio utilizando los indicadores específicos en dos sitios dentro y cuatro sitios fuera del RVSPM de la costa Atlántica de Guatemala, utilizando el protocolo de monitoreo Reef Check[®]. Además, se realizó un análisis comparativo a nivel regional del estatus ecológico de peces e invertebrados de los parches arrecifales de Guatemala con los de Belice y Honduras, y se recomendaron medidas de manejo de los recursos marinos con el objetivo de proteger el ecosistema de arrecifes coralinos en el RVSPM.

IV. OBJETIVOS

4.1 Generales

Determinar el estatus ecológico de los parches arrecifales en seis sitios de monitoreo, dos dentro del área de conservación y cuatro fuera del área de conservación del Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique, de la costa Atlántica de Guatemala, utilizando el protocolo de monitoreo Reef Check ©.

4.2 Específicos

- Determinar el estatus ecológico de parches arrecifales guatemaltecos utilizando los indicadores del monitoreo Reef Check
- Comparar estatus ecológico de los parches arrecifales guatemaltecos con resultados del monitoreo global de Reef Check 1997 - 2001.
- Realizar un análisis comparativo a nivel local entre los parches arrecifales dentro y fuera del área de conservación.
- Realizar un análisis comparativo de peces e invertebrados a nivel regional entre los parches arrecifales de Guatemala y parches arrecifales de Belice y Honduras.
- Recomendar medidas de manejo de los recursos marinos estudiados basados en los resultados obtenidos.

v. HIPÓTESIS

5.1 Entre sitios de muestreo

Ho: No existe diferencia significativa entre cada uno de los indicadores de Reef Check de cada categoría entre sitios de muestreo.

Ha: Sí existe diferencia significativa entre cada uno de los indicadores de Reef Check de cada categoría entre sitios de muestreo

5.2 Dependencia al sitio

Ho: Número de individuos de indicadores es independiente del sitio de muestreo.

Ha: Número de individuos de peces no es independiente del sitio de muestreo.

5.3 Blanqueamiento arrecifal

Ho: Los parches arrecifales guatemaltecos están dentro del porcentaje global de blanqueamiento arrecifal.

Ha: Los parches arrecifales guatemaltecos no están dentro del porcentaje global de blanqueamiento arrecifal.

5.1 Comparación a nivel regional

Ho: No existe diferencia significativa entre peces e invertebrados en parches arrecifales de Guatemala con los parches arrecifales de Belice y Honduras.

Ha: Si existe diferencia significativa entre peces e invertebrados en parches arrecifales de Guatemala con los parches arrecifales de Belice y Honduras.

VI. MÉTODOS

6.1 Indicadores Reef Check ©

RC se ha enfocado en la abundancia de los organismos de arrecifes coralinos que reflejan mejor la condición del ecosistema y que son fácilmente reconocidos por los buzos voluntarios. Los indicadores seleccionados por Reef Check[©] se agruparon en cuatro categorías, cada una con sus indicadores específicos, que representan las fuentes principales de amenazas. Estas categorías son: a) peces; b) invertebrados; c) sustrato; y d) daños. Se seleccionó un total de 15 indicadores biológicos (peces e invertebrados), 10 tipos de sustrato, tres tipos de daño, y blanqueamiento poblacional (Cuadro 1). Cada categoría es indicadora de algún tipo de daño o impacto antropogénico (Cuadro 2). La selección de estos indicadores se basó en: (a) el valor económico y ecológico, (b) la sensibilidad a los impactos humanos, (c) la fácil identificación y (d) la distribución mundial. La mayoría de indicadores son clasificados a nivel de familia para asegurar su identificación; el taxón especies se utiliza únicamente con organismos que son de fácil identificación (Cuadro 3) (Hodgson 1999; Hodgson *et al.* 2006).

Cuadro 1. Categorías e indicadores utilizados para el estudio de parches arrecifales con el protocolo Reef Check[®].

Categoría	Indicador
Peces	Pez Mariposa (Familia Chaetodontidae)
	Roncos (Familia Haemulidae)
	Pargos (Familia Lutjanidae)
	Pez Loro (Familia Scaridae)
	Morenas (Familia Muraenidae)
	Mero de Nassau (<i>Epinephalus striatus</i>)
	Meros (Familia Serranidae)
Invertebrados	Camarón boxeador (<i>Stenopus hispidus</i>)
	Erizo de espinas negras (<i>Diademaantillarum</i>)
	Erizo punta de lápiz (<i>Eucidaris spp.</i>)
	Erizo colector (<i>Tripneustes spp.</i>)
	Lengua de flamingo (<i>Cyphoma gibbosum</i>)
	Gorgónidos (Familia Gorgonacea)
	Langosta (<i>Panilurus spp.</i>)
	Tritón (<i>Charoniavariegata</i>)
Sustrato	Coral Duro (HC)
	Coral Suave (SC)
	Coral de muerte reciente (RKC)
	Algas indicadoras de nutrientes (NIA)
	Esponjas (SP)
	Rocas (RC)
	Piedras (RB)
	Arena (SD)
	Sedimento (SI)
	Otros (OT)
Daños	Lancha, motor y/o ancla.
	Dinamita
	Otros: contaminación y sedimentación
	Redes de pesca
	Basura: general
	Blanqueamiento (población)

Cuadro 2. Indicadores biológicos de Reef Check. Sobrepesca (SP), pesca destructiva (PD), pesca por envenenamiento (PE), especies para acuarios (PA), contaminación de nutrientes (CN), objeto curioso (OC).

Indicador	Indicador de:						
	SP	PD	PE	PA	CN	OC	
Pez mariposa (Familia Chaetodontidae)	X		X	X			
Roncos (Familia Haemulidae)	X	X	X				
Pargos (Familia Lutjanidae)	X	X					
Pez loro (>20cm) (Familia Scaridae)	X	X	X				
Morenas (Familia Muraenidae)	X				X		
Meros (>30cm) (Familia Serranidae)	X	X	X				
Mero de Nassau (<i>Epinephelus striatus</i>)	X						
Camarón boxeador (<i>Stenopus hispidus</i>)				X			
Erizo de espinas negras (<i>Diadema antillarum</i>)	X				X		
Erizo puntas de lápiz (Familia Cidaridae, <i>Eucidaris</i> spp.)						X	
Erizo colector (<i>Tripneustes</i> spp.)				X		X	
Lengua de flamingo (<i>Cyphoma gibbosum</i>)						X	
Gorgónidos (Familia Gorgonacea)					X	X	
Langosta (<i>Panulirus</i> sp.)	X						
Tritón (<i>Charoniavariegata</i>)	X					X	
Coral duro		X	X		X		
Algas indicadoras de nutrientes (NIA)	X						
Coral de muerte reciente (RKC)		X	X		X		

Cuadro 3. Categorías taxonómicas utilizadas para la clasificación de cada indicador utilizado en el monitoreo Reef Check realizado en el Caribe guatemalteco.

Indicador		Categoría taxonómica		
		Familia	Género	Especie
Peces	Pez mariposa	Chaetodontidae		
	Roncos	Haemulidae		
	Pargos	Lutjanidae		
	Pez loro	Scaridae		
	Morena	Muraenidae		
	Meros de Nassau			<i>Ephinephalus striatus</i>
	Meros	Serranidae		
Invertebrados	Camarón boxeador			<i>Stenopus hispidus</i>
	Erizo de espinas negras		<i>Diademaspp.</i>	<i>Diademaantillarum</i>
	Erizo puntas de lápiz	Cidaridae	<i>Eucidaris spp.</i>	
	Erizo colector		<i>Tripneustes spp.</i>	
	Tritón			<i>Charonia variegata</i>
	Lengua de flamingo			<i>Cyphoma gibbosum</i>
	Gorgónidos	Gorgonacea		
	Langosta	Panilinuridae		<i>Panulirus argus</i>

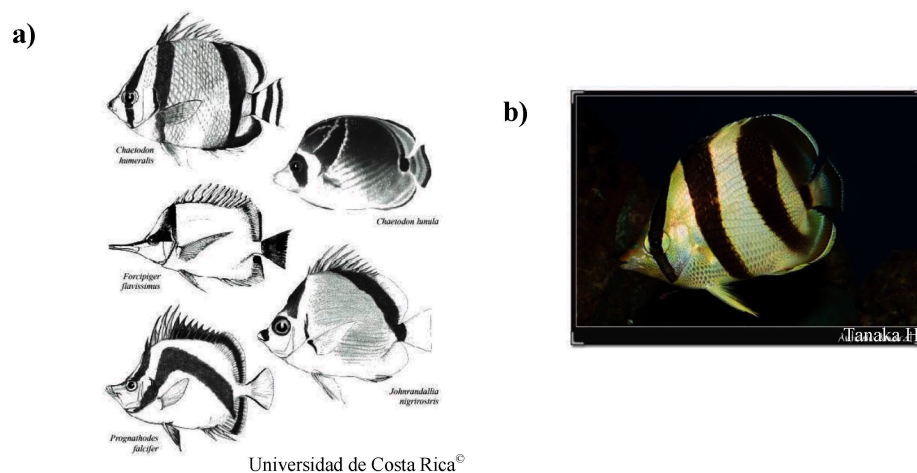
6.2 Peces

El monitoreo de arrecifes guatemaltecos incluye la categoría de peces. Dentro de esta categoría fueron siete los indicadores utilizados para los monitoreos (Cuadro 3 y Apéndice 3). Estos son: a) peces mariposa (Familia Chaetodontidae); b) roncos (Familia Haemulidae); c) pargos (Familia Lutjanidae); d) pez loro (Familia Scaridae); e) morenas (Familia Muraenidae); f) mero de Nassau (*Ephinephalus striatus*); y g) otros meros (Familia Serranidae).

6.2.1 Peces Mariposa (Familia Chaetodontidae). Son animales de 12 a 22 cm de longitud, con colores brillantes y estriados, y con patrones de manchas en negro, blanco, azul, rojo, naranja y amarillo, cuyos cuerpos son comprimidos lateralmente. La familia Chaetodontidae, *Chaetodon* spp. es indicadora de

sobrepesca, pesca por envenenamiento y especies para acuarios (SP, PE, PA; ver cuadro 2), ya que son capturados para acuarios. Actualmente unas 30 especies de peces mariposa son capturadas activamente, sin tomar en cuenta la dificultad que presenta el mantenerlas en acuarios debido a sus preferencias alimenticias (Figura 17). Estos peces son valuados entre US \$15 – 300 cada uno, dependiendo de la especie y el tamaño. En Hawaii al igual que en las Filipinas son capturados para consumo humano (Hodgson *et al.* 2006).

Figura 17. a) Peces de la familia Chaetodontidae, en la cual se observan las distintas morfologías de las diferentes especies de esta familia. **b)** *Chaetodon striatus*, que se caracteriza por la presencia de tres líneas verticales sobre el cuerpo, y cuya aleta dorsal y pélvica, exceptuando la espina, son de color negro.



(Fuentes: <http://www.marinebio.org>)

6.2.2 Roncos (Familia Haemulidae). La Familia Haemulidae fue escogida como indicador de sobrepesca, pesca destructiva, pesca por envenenamiento (SP, PD, PE; Cuadro 2) debido a su popularidad como alimento en ambos océanos. Esta familia posee aproximadamente unas 150 especies, y miden de 40 – 80 cm de largo, las aletas dorsal y anal están cubiertas completamente de escamas, la aleta caudal es bifurcada, y la aleta dorsal presenta de 9 – 14 espinas y de 11 – 26 rayos suaves (Figura 18) (Hodgson *et al.* 2002).

Figura 18. Ronco blanco (*Haemulon plumieri*), cuyo cuerpo es moderadamente elongado, con la parte dorsal elevada y la cabeza larga con un hocico sobresaliente



(Fuente: Florida Museum of Natural History, www.flmnh.ufl.edu).

6.2.3 Pargos (Familia Lutjanidae). Al igual que los roncós, los pargos son fuente de alimento para las diferentes poblaciones cercanas a las costas, por lo que son indicadores de sobrepesca y pesca destructiva (SP, PD; Cuadro 2). La familia Lutjanidae posee unas 100 especies, y el tamaño de cada individuo varía de 20 – 50 cm, pueden llegar a pesar hasta 9.97 Kg., las aletas pectorales son largas, aleta caudal débilmente bifurcada y aleta anal redondeada (Figura 19) (Hodgson *et al.* 2002).

Figura 19. El pargo (*Lutjanus spp.*) presenta un cuerpo más alargado, una cabeza menos elongada y un hocico no tan sobresaliente en comparación con los roncós



(Fuente: Florida Museum of Natural History).

6.2.4 Pez Loro (Familia Scaridae). El pez loro es indicador de sobrepesca, pesca destructiva y pesca por envenenamiento (SP, PD, PE; Cuadro 2). Las 80 especies de la familia Scaridae juegan un papel muy importante en el balance ecológico de los arrecifes coralinos, ya que son los herbívoros más grandes, llegando a medir entre 18 – 56 cm y pesar 2 Kg., y se alimentan del alga turf que invade los arrecifes. Además de eliminar el alga, los peces loro se alimentan también de coral vivo y muerto, y crean arena en el proceso. Sin la presencia de los peces loro el alga invadiría los arrecifes evitando la recolonización de los corales (Hodgson *et al.* 2002). Son animales grandes, con escamas grandes y con mandíbulas en forma de pico, cuerpo oblongo y moderadamente aplanado lateralmente, y distribuidos en aguas tropicales del océano Atlántico, incluyendo La Florida, Bermudas, Bahamas, Mar Caribe, Golfo de México hasta el sur de Brasil. (Figura 20) (Hodgson *et al.* 2006).

Figura 20. *Scarus vetula* en Cozumel. Los peces loro de la familia Scaridae poseen escamas grandes y boca en forma de pico con dientes, cuerpo oblongo y moderadamente aplanado lateralmente.



(Fuente: <http://www.wgn.net/~fabio/gallery/>)

6.2.5 Morenas (Familia Muraenidae). Las morenas fueron introducidas al protocolo de Reef Check[©] en el 2001 como otro indicador global de sobrepesca y contaminación de nutrientes (SP, CN; Cuadro 2). Hay unas 100 especies que miden desde pocos centímetros hasta 2 m de largo y hasta 14 Kg., posee nostrilos sobresalientes (estructuras conspicuas en forma de tubo) (Figura 21). A pesar de tener una gran cantidad de huesos pequeños, son utilizadas como alimento en varias poblaciones de pescadores alrededor del mundo (Hodgson *et al.* 2002).

Figura 21. En la morena verde (*Gymnothorax castaneus*) el cuerpo es elongado y aplanado lateralmente, con nostrilos sobresalientes y boca abierta como mecanismo para la respiración



(Fuente: Florida Museum of Natural History).

6.2.6 Familia Serranidae

6.2.6.1. Meros de Nassau (*Epinephalus striatus*). Estos meros son bentónicos y comunes de los arrecifes coralinos del oeste del océano Atlántico, entre Florida y el norte de Brasil, ocupando también el Golfo de México y el Mar Caribe. La talla normal es de 70 cm, aunque se han reportado individuos de hasta 1 m de largo, con un peso cercano a los 25 Kg. Sus escamas son pequeñas y aparecen superpuestas unas sobre otras y la base de la aleta dorsal y anal está cubierta con escamas sobre una piel gruesa. Son de color terroso o rosado, con bandas oscuras verticales, que dibujan una “W” sobre sus cuerpos. Son depredadores solitarios que se alimentan principalmente de otros peces y de diversos invertebrados, como crustáceos y moluscos. Son claros indicadores de sobrepesca, pesca destructiva y pesca por envenenamiento (SP, PD, PE; Cuadro 2), ya que por su tamaño son muy cotizados por los pescadores (Figura 22) (Herranz 2006).

6.2.6.2 Meros (Familia Serranidae). Cualquier mero mayor de 30 cm de largo es indicador de sobrepesca (SP; Cuadro 2), debido a que son valuados como recurso alimenticio de alto precio. Son animales de captura fácil por medio de lanzas, redes, ganchos y otro tipo de trampas, ya que por su gran tamaño son muy vulnerables. Estos peces alcanzan la madurez sexual luego de varios años,

comúnmente cambian de sexo, y con la sobrepesca de los animales grandes y sexualmente maduros, la población se ve seriamente afectada (Figura 23) (Hodgson *et al.* 2002).

Figura 22. El Mero de Nassau (*Epinephelus striatus*) tiene un cuerpo de forma oblonga, con ojos grandes, labios gruesos y aletas con la presencia de espinas. Los colores dominantes son el blanco y el café, y presenta cinco barras irregulares en la parte dorsal del cuerpo.



(Fuente: Florida Museum of Natural History).

Figura 23. El Mero Negro (*Mycteroperca bonaci*) presenta una mandíbula inferior protuberante y la forma del cuerpo es oblonga. La aleta caudal se caracteriza por tener 11 espinas y de 15 – 17 rayos, y puede llegar a medir hasta 133 cm y pesar hasta 81.2 Kg



(Fuente: Florida Museum of Natural History).

6.3 Invertebrados

El monitoreo de arrecifes guatemaltecos incluye la categoría de invertebrados. Dentro de esta categoría fueron ocho los indicadores utilizados para los monitoreos (Cuadro 3 y Apéndice 4). Estos son: a) camarón boxeador (*Stenopus hispidus*); b) erizo negro de espinas largas (*Diadema antillarum*); c) erizo puntas de lápiz (*Eucidaris* spp.); d) erizo colector (*Tripneustes* sp.); e) tritón (*Charonia variegata*); f) lengua de flamingo (*Cyphoma gibbosum*); g) gorgónidos (Familia Gorgonacea); y h) langosta espinuda (*Panilurus argus*). Los indicadores antes mencionados fueron las familias y especies sobre las cuales se enfocó el presente estudio.

6.3.1 Camarón boxeador (*Stenopus hispidus*). Este organismo fue escogido como indicador debido a que es capturado para acuarios por su morfología y colorido (PA; Cuadro 2) (Figura 24). Es capturado tanto en el Atlántico como en el Pacífico, y se vende aproximadamente a unos US \$20 la pareja en las tiendas de mascotas de los Estados Unidos (Hodgson *et al.* 2002).

Figura 24. Camarón boxeador o camarón bandeado (*Stenopus hispidus*). Se observan claramente las espinas en las tenazas y dos pares de antenas blancas, que son más largas que su cuerpo.



(Fuente: www.tangledwing.wordpress.com).

6.3.2 Erizo negro de espinas largas (*Diadema antillarum*). Los niveles de abundancia de este género son un indicador global de desbalance ecológico en el mar, principalmente en los parches arrecifales. Los erizos de espinas largas son herbívoros nocturnos que disminuyen la cobertura de algas en los arrecifes y causan su erosión.

Por ejemplo, una población normal de *Diadema* spp. puede producir unos 5 Kg de sedimento carbonado por m²/año por el movimiento de sus mandíbulas al comer. Esto corresponde a una erosión de 1cm/año (Ogden y Carpenter 1987). Las altas poblaciones de *Diadema* spp. pueden desestabilizar las colonias de coral, causando una susceptibilidad a corrientes muy fuertes o a tormentas (Figura 25) (Hodgson *et al.* 2006).

En los arrecifes del Atlántico y Pacífico, en donde hay ausencia de depredadores, las poblaciones de *Diadema* spp. son muy altas, hay un desbalance por la bio-erosión y se hace difícil el reclutamiento de coral nuevo (Vo y Hodgson 1997). Por otro lado, la ausencia de *Diadema* spp. puede causar una invasión de macro algas, las cuales compiten con los corales por espacio. Por esta razón las poblaciones moderadas de *Diadema* spp. son críticas para mantener un balance entre las algas y los corales. Los erizos de espinas negras son considerados indicadores de sobrepesca (SP; Cuadro 2) y de contaminación de nutrientes (CN; Cuadro 2) (Hodgson *et al.* 2006).

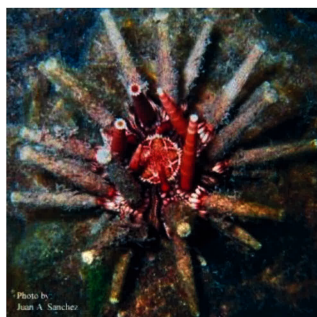
Figura 25. Erizo negro de espinas largas *Diadema* spp. La coloración varía entre negro y café, y este erizo mide 10 cm



(Fuente: www.vifishandwildlife.com).

6.3.3 Erizo puntas de lápiz (*Eucidaris* spp.). Estos erizos son recolectados únicamente por sus espinas, que son utilizadas como artículos decorativos en arreglos con motivos del mar o en móviles, como joyería y vendidos como ornamentos valiosos del mar (Figura 26) (Hodgson *et al.* 2002). Son indicadores de sobrepesca por ser catalogados como un objeto curioso (OC; Cuadro 2) (Lessios y Kessing 1999).

Figura 26. Erizo punta de lápiz (*Eucidaris tribuloides*) en donde se distinguen las espinas sólidas, gruesas y cilíndricas, y el cuerpo que presenta una coloración que va desde café claro hasta rojo achocolatado.



(Fuente: Smithsonian Tropical Research Institute).

6.3.4 Erizo colector (*Tripneustes spp.*). Estos erizos son recolectados únicamente por sus esqueletos que son utilizados como recuerdos para los turistas e incluso en algunos lugares, sus esqueletos son vendidos como joyeros o cajas pequeñas (Figura 27). Además son importantes para acuarios ya que son indicadores de calidad de agua. Por esto son clasificados como indicadores de objeto curioso (OC; Cuadro 2) y como objetos para acuarios (PA; Cuadro 2).

Figura 27. Erizo colector (*Tripneustes ventricosus*) en donde se distinguen las espinas cortas, con las puntas blancas, y el cuerpo que presenta una coloración oscura

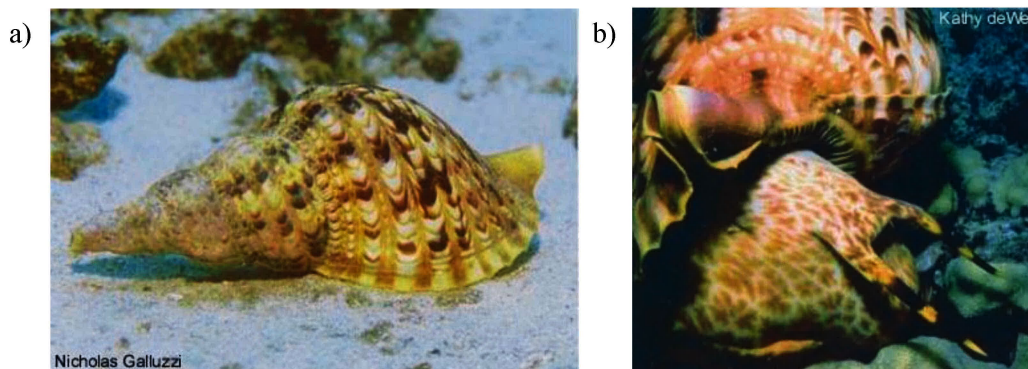


(Fuente: Smithsonian Tropical Research Institute).

6.3.5 Tritón (*Charonia sp.*). Este caracol está catalogado como indicador de organismo curioso (OC; Cuadro 2), ya que posee una concha que es muy deseable y se vende a precios altos (US \$30-50). Existen dos especies: *Charonia variegata*, en

el Atlántico, y *Charonia tritonis*, en el Pacífico. Este caracol se caracteriza por su gran tamaño (50 cm), lo cual evita que se esconda en rajaduras en los arrecifes, siendo una presa fácil para los depredadores (Figura 28). Desafortunadamente el tritón raramente se observa en el mar, debido principalmente a la sobrepesca (SP; Cuadro 2). Se considera que este caracol sería un buen candidato para investigaciones relacionadas con la acuicultura (Hodgson *et al.* 2006).

Figura 28. a) *Charonia* spp., molusco con concha grande y gruesa de hasta 30 cm de longitud, de color blanquecino con moteado pardo, el cuerpo es anaranjado o rojizo; b) tentáculos que se identifican por la presencia de dos bandas negras



(Fuente: www.sbg.ac.at)

6.3.6 Lengua de flamingo (*Cyphoma gibbosum*). Debido a que la cobertura de coral dura ha disminuido desde hace 15 años en el Caribe, se agregó esta categoría al monitoreo RC en 1998. La lengua de flamingo fue agregada como indicador de objeto curioso (OC; Cuadro 2), ya que es coleccionado por su colorido y belleza (Figura 29). Los gorgónidos están ligados a las lenguas de flamingo por ser utilizados como fuente de alimento (Hodgson *et al.* 2006).

Figura 29. Legua de flamingo (*Cyphoma gibbosum*) sobre un gorgónido. Caracol marino que mide aproximadamente 2.5 cm, y se observa la coloración brillante anaranjado-amarilla debido a que está envuelto en su propio manto



(Fuente: <http://dive.scubadiving.com>).

6.3.7 Gorgonia (Gorgonacea). Este tipo de coral está catalogado como objeto curioso (OC; Cuadro 2) debido a que es utilizado comúnmente como adorno. Los gorgonáceos también contribuyen con su presencia a incrementar la biodiversidad general del arrecife, y al ser organismos sésiles de gran tamaño contribuyen a la complicación geométrica del ecosistema sirviendo de refugio a un sinnúmero de especies pequeñas, y como fuente de alimento a varios gastrópodos, cuya única fuente de alimento son los gorgonáceos (Figura 30). Al ser organismos sésiles de gran longevidad reflejan bien las condiciones del medio donde habitan, lo cual permite que sean indicadores de tensión hidrodinámica, presencia de contaminantes y sedimentación (Alcolado 1981). También son indicadores de contaminación de nutrientes (CN; Cuadro 2) (Hodgson *et al.* 2006).

Figura 30. Abanico de mar del orden Gorgonacea, pertenecientes a la subclase Octocorallia. Son corales suaves que forman colonias arborescentes, abundantemente ramificadas y fijas a un sustrato.



(Fuente: www.pcrf.org).

2.3.8 Langosta (*Panulirus* sp.). La langosta es probablemente el crustáceo más popular del mar por su valor comercial (Figura 31). Entre las especies que son recolectadas comercialmente en los océanos Pacífico y Atlántico para el mercado global se pueden mencionar cuatro especies, siendo las principales: *P. argus* en el Caribe, *P. cygnus* en el oeste de Australia, *P. marginatus* en Hawaii y *P. pensillatus* en el Pacífico. En el año 2000, casi 36,000 toneladas métricas fueron exportadas desde el Caribe a la región central occidental del Pacífico (FAO 2002). Las langostas son animales nocturnos, y tienden a mantenerse en cuevas durante el día, y son capturadas fácilmente utilizando redes, trampas o algún objeto punzocortante. La ausencia de langostas en el ecosistema marino es indicio claro de que hay sobrepesca (SP; Cuadro 2) (Hodgson *et al.* 2002).

Figura 31. Parte frontal de una langosta espinuda (*Panulirus argus*), mostrando las diez patas y las dos antenas, debajo de una grieta de un coral



6.4 Sustrato

Dentro de esta categoría se pueden mencionar diez indicadores (Cuadro 1): a) coral duro (HC); b) coral suave (CS); c) coral de muerte reciente (RKC); d) algas indicadoras de nutrientes (NIA), e) esponjas (SP); f) rocas (RC); g) piedras (RB); h) arena (SD); i) sedimento (SI); y j) otros (OT). Con esta categoría se logró determinar la cobertura predominante del suelo marino y determinar el estatus ecológico del ecosistema (Hodgson *et al.* 2002). Dentro de esta categoría es importante registrar el porcentaje (%) de coral de muerte reciente (RKC) cuya muerte es causada por la enfermedad de blanqueamiento (Cuadro 4).

6.5 Daños

Los daños físicos al arrecife están ubicados en 5 categorías. Dentro de esta categoría se pueden mencionar ocho indicadores (Cuadro 1): a) daños causados por lancha, motor y/o ancla; b) daños causados por dinamita; c) otros daños: contaminación y sedimentación; d) basura: redes de pesca; e) basura: general. El nivel de daños y de desechos sólidos son registrados como: 0 = ausencia, 1 = poco, 2 = moderado, o 3 = bastante, y de la misma manera la enfermedad de blanqueamiento es registrada en forma de porcentaje.

6.6 Área de Estudio

Guatemala (del náhuatl: *Coactimaltlan*: "Territorio muy arbolado", o "País de muchos bosques") es el país más septentrional del istmo centroamericano y limita al norte y occidente con México, al nororiente con Belice y el Mar Caribe, al sur con el Océano Pacífico y al suroriente con Honduras y El Salvador (Figura 32).

Cuadro 4. Indicadores de la categoría de sustrato.

Número	Tipo	Descripción
1	Coral duro (HC)	Contiene todos los corales constructores de arrecifes, incluyendo el coral de fuego (<i>Millepora</i> spp).
2	Coral suave (SC)	Incluye los zooantidos, pero no incluye a las anémonas de mar [incluidas en el indicador otros (OT)].
3	Coral de muerte reciente (RKC)	Se incluye coral que ha muerto en el transcurso del último año; este puede estar de pie o roto en pedazos, pero que aún aparezca blanco, con estructuras de coralitos reconocibles, y esté parcialmente cubierto de algas.
4	Algas indicadoras de Nutrientes (NIA)	Incluye el crecimiento o florecimiento de las algas carnosas que pueden estar respondiendo a los altos niveles de nutrientes. Algunos ejemplos de este tipo de alga son: <i>Ulva</i> spp., algunas especies de algas verdes-azules, y algas de burbujas (<i>Dictyosphaeria</i> spp.). No se deben tomar en cuenta las algas de un arrecife saludable, como <i>Sargassum</i> spp.o <i>Halimeda</i> spp. Cuando la línea de plomo cae sobre una de estas algas se debe de tomar el sustrato directamente debajo éstas, y se anota en la sección de comentarios.
5	Eponja (SP)	Incluye todas las esponjas, sin tomar en cuenta a los tunicados son incluidas en el indicador otros (OT).
6	Roca (RC)	Incluye cualquier sustrato duro que presente encrustamiento de algas coralinas, percebes, ostras, coral muerto que tiene más de un año aproximadamente (estructuras del coralito poco visibles y cubierto con una capa espesa de organismos incrustados y/o algas).
7	Piedra (RB)	Incluye piedras entre 0.5 y 15 cm de diámetro. Si es más grande que 15 cm se clasifica como roca (RC) y si es más pequeño que 0.5 cm se clasifica como arena (SD).
8	Arena (SD)	Cae rápidamente al fondo después de ser agitado.
9	Sedimento (SI)	Permanece en suspensión si se perturba.
10	Otros (OT)	Cualquier otro organismo de vida sésil, incluyendo anémonas, tunicados, gorgonias o sustratos no-vivientes.

La superficie territorial es de 108,890 Km². El litoral tiene un largo de 405 Km (Foer y Olsen 1992). La zona costera más larga está localizada en la parte del Pacífico (255 Km), en el sur del país, y consiste principalmente de playas de arena volcánica. Varios ríos desembocan en esta parte del país, además, hay varias lagunas costeras y bosques de manglar. La costa del Caribe de Guatemala se extiende unos 150 Km, y está localizada en el Golfo de Honduras. La costa, a pesar de ser pequeña, sostiene una red de pesca artesanal y comercial de gran importancia (Fonseca y Arrivillaga 2003).

Figura 32. Ubicación de Guatemala



(Fuente: <http://es.wikipedia.org>).

El área de estudio se encuentra localizada en el Municipio de Puerto Barrios del Departamento de Izabal en la Costa Atlántica de la República de Guatemala. Las coordenadas geográficas son: 16°00'00" y 14°43'00" latitud norte y 88°00'00" y 88°13'00" longitud oeste. En el sistema UTM, el área se localiza en la cuadrícula 16 entre las coordenadas 393004 y 369021 este y las coordenadas 1627148 y 1768998 norte (Fundación Mario Dary 2001). La parte marina de la costa del Atlántico de Guatemala comprende parte del Golfo de Honduras, las bahías de Amatique y La Graciosa, y la península de la Punta de Manabique (PM) (Figura 11). El Mar Caribe rodea a la PM por la parte norte y bordea la costa de la base, y las aguas marinas de la Bahía de Amatique, por la parte sur. La PM forma una península que separa la Bahía de Amatique del Golfo de Honduras y el área incluye 12 Km de aguas del Mar Caribe

que forman el límite norte y 12 Km de aguas saladas internas de la bahía La Graciosa que forman el límite oriental (Gutiérrez 2004).

La PM ocupa una gran porción de la costa del Atlántico. Ésta posee áreas boscosas por las cuales atraviesan varios ríos. La mayoría de fondos marinos, cercanos a las desembocaduras de los ríos y bahías, están formados de arenas fangosas (PROARCA 1996). Hay tres ríos principales, los cuales descargan agua dulce a la zona caribeña: Sarstún, Motagua y Río Dulce. La principal descarga de agua dulce es producida por el Río Motagua, el cual está localizado en la zona este de PM (Golfo de Honduras). Además, esta zona posee un canal artificial, el Canal de los Ingleses, el cual conecta Bahía La Graciosa con la costa este de la Punta de Manabique (Yañez-Arancibia *et al.* 1999).

La región costera del Atlántico se caracteriza por una variedad de hábitats que sostienen una particular riqueza en recursos marinos. Los hábitats marinos que se encuentran en esta región son zonas de arena, arena y lodo, arena y pasto, pasto, lodo negro, lodo y pasto, lodo y manglar, parches coralinos y arenales, y zonas de manglar (Fundación Mario Dary 2001). La sección noreste de PM, de cara al Golfo de Honduras, consiste de playas angostas de arenas finas de color gris claro y que están expuestas a un oleaje de alta energía la mayor parte del año. Al sureste se encuentran grandes extensiones de manglar que son playas de anidación de tortugas marinas como a) tortuga baúle (*Dermochelys coriacea*); b) tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*); c) tortuga boba, caguama o cabezona (*Caretta caretta*); y d) tortuga verde (*Chelonia mydas*) (Gutiérrez 2004).

La sección suroeste de PM de cara a la Bahía de Amatique también consiste de playas angostas de arenas finas de color gris claro, pero más protegidas, con un oleaje menor. Frente a las costas de Bahía La Graciosa se encuentran grandes extensiones de pastos marinos dentro de las cuales encontramos *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*, *Halodule beaudettei* y *Halophila baillonis*. Las algas más comunes en la región del Atlántico son *Sargassum fluitans*, *Sargassum* sp., *Dictyota ciliolata*, *Dictyota* sp., *Lobophora variegata*, *Turbinaria turbinata*, *Halimeda incrassata*, *H. discoidea*, *Penicillus pyriformis*, *P. dumetosus*, *Caulerpa sertularoides*, *C. racemosa*, *C. mexicana*, *Codium isthmocladum*, *Ventricaria ventricosa*, *Valonia utricularis*,

Udotea spp., *Acetabularia* spp., *Galaxaura* spp., *Jania adherens*, *Amphiroa tribulus*, *Porolithon pachydermum*, *Peyssonnelia* spp., y cianobacterias (Fundación Mario Dary 2001). Entre las especies de corales escleractinios que se encuentran más frecuentemente en la región de la Punta Manabique son: *Siderastrea radians*, *S. siderea*, *Madracis decactis*, *Montastraea cavernosa*, *Stephanocoenia michelinii* y *Porites astreoides*. Los resultados de la Evaluación Ecológica Rápida (Fundación Mario Dary 2001) de la PM indican una gran biodiversidad de corales (6 spp.), macroalgas (>8 spp.), camarones (7 familias), cangrejos ermitaños (4 spp.), cangrejos calapidos (8 spp.), cangrejos *Brachyura* (60 spp.), langostas (4 spp.), isópodos (6 spp.), moluscos (72 familias), peces (56 familias, >100 spp.), tiburones (>2 spp.), y tortugas marinas (4 spp.). Algunas de estas especies están en peligro de extinción y su captura está legalmente restringida por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) (Gutiérrez 2004).

6.7 Trabajo de campo

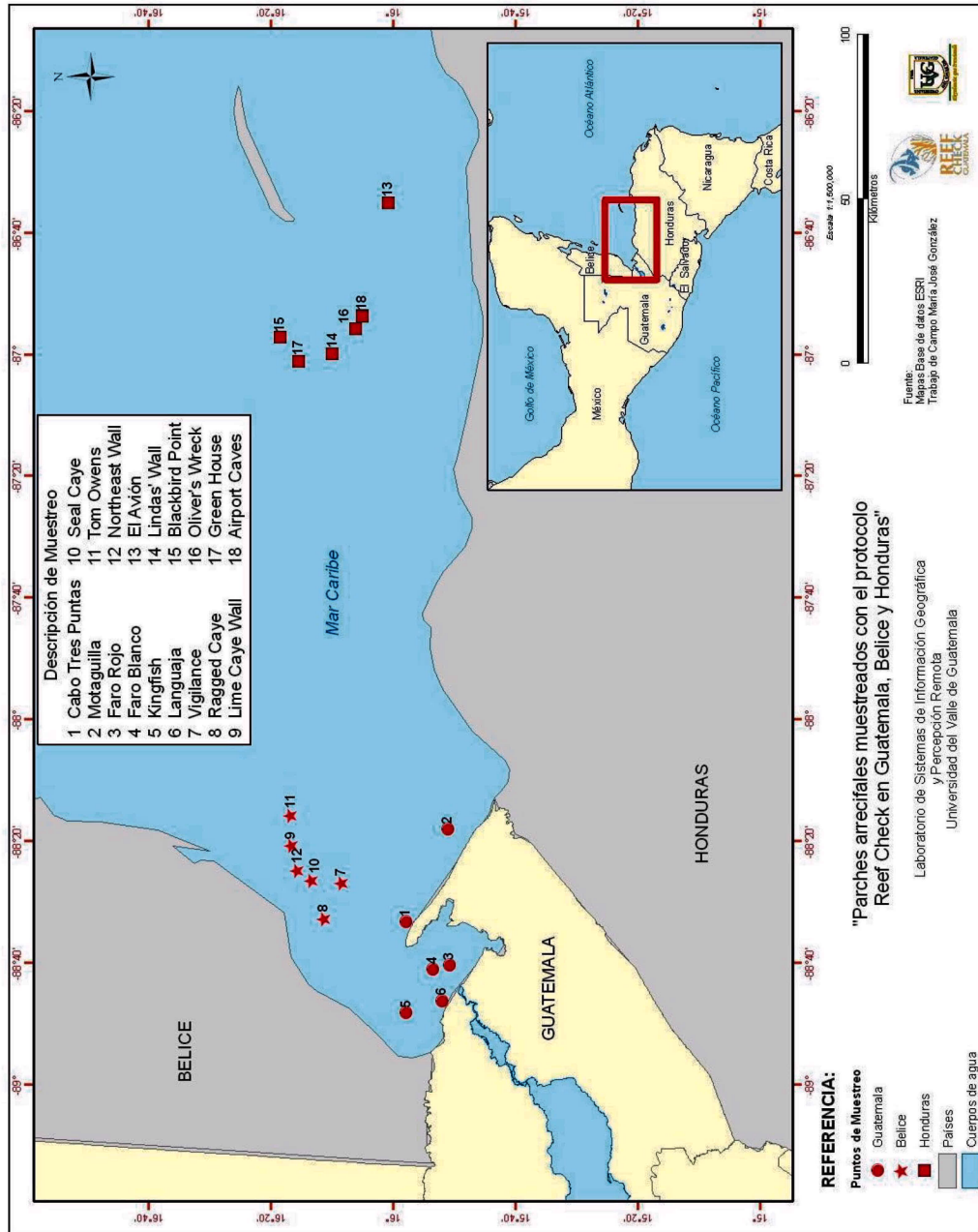
Para este trabajo se realizaron dos muestreos, el primero durante el mes de agosto del 2006 y el segundo durante el mes de junio del 2007, en el Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique en la costa del Atlántico de Guatemala, Centro América. Se muestrearon seis sitios en total, de los cuales dos estaban dentro del área de conservación y cuatro estaban fuera del Refugio de Vida Silvestre de Punta de Manabique. Los sitios dentro del área fueron Cabo Tres Puntas y Motaguilla, y los sitios fuera del área fueron Faro Rojo, Faro Blanco, Kingfish y Languaja (Figura 33). Para el primer muestreo seis buzos realizaron la toma de datos, mientras que para el segundo muestreo siete buzos realizaron el muestreo y la toma de datos. La duración de cada muestreo fue de una hora aproximadamente.

Los datos de Belice y Honduras fueron solicitados a Reef Check Headquarters en Los Angeles California, USA. Se seleccionaron seis sitios de cada país para los análisis respectivos. Estos fueron seleccionados en base a su ubicación y la fecha de muestreo, con el fin de realizar una mejor comparación con los sitios de Guatemala. Los sitios escogidos para Belice fueron: (a) Tom Owens, muestreado en marzo del 2007; (b) Seal Caye, muestreado en febrero del 2007; (c) Northeast Wall, muestreado

en abril del 2007; (d) Vigilance, muestreado en septiembre del 2006; (e) Lime Caye Wall, muestreado en junio del 2006; y (f) Ragged Caye, muestreado en agosto del 2005. Para Honduras los sitios escogidos fueron: (a) Green House, muestreado en julio del 2006; (b) Oliver's Wreck, muestreado en febrero del 2006; (c) Blackbirds Point, muestreado en julio del 2006; (d) Linda's Wall, muestreado en julio del 2006; (e) Airport Caves, muestreado en febrero del 2006; y (f) El Avión, muestreado en marzo del 2007 (Figura 33).

6.7.1 Información básica. Se desarrolló una descripción del sitio tomando en cuenta información anecdotal, observacional e histórica del área de monitoreo (Apéndice 1). Se registraron datos básicos como (a) país; (b) fecha de muestreo; (c) hora de inicio y hora de finalización; (d) latitud y longitud, utilizando un GPS; (e) orientación del transecto; (f) distancia del sitio a la costa, distancia al río y a la población más cercana; (g) clima; (h) visibilidad; e (i) importancia del sitio en cuestión. Entre los impactos del área se registraron datos como: (a) protección del sitio; (b) registro de tormentas (última tormenta ocurrida); (c) daño antropogénico; (d) sedimentación; (e) pesca destructiva con dinamita; (f) pesca con cianuro; (g) pesca para acuarios; (h) cosecha de invertebrados; (i) captura de invertebrados para venta como objetos curiosos; (j) influencia turística; (k) contaminación por aguas residuales; (l) contaminación industrial; (m) pesca comercial (alimentación); (n) comercio de peces vivos; (o) pesca de subsistencia; (p) cantidad de yates presentes a 1 Km del sitio; (q) otros impactos. Con respecto a la protección del área se registran los siguientes datos: (a) protección legal u otra; (b) calidad de protección; (c) nivel de cacería dentro del área; (d) tipo de pescas; y (e) otros comentarios. Se registran datos del equipo de trabajo: (a) encargado de los datos; (b) coordinador regional; (c) líder; (d) científico; y (e) miembros del equipo.

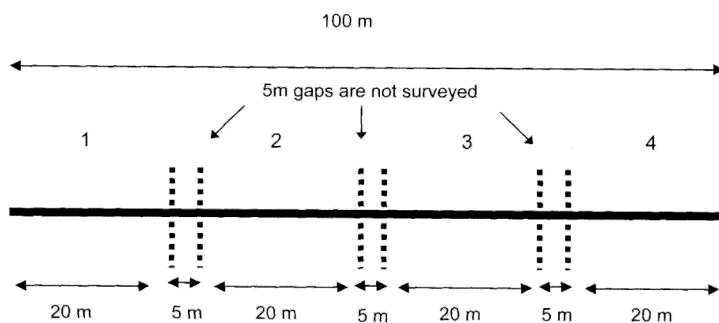
Figura 33. Parches arrecifales muestreados con el protocolo Reef Check® en ● Guatemala; ★ Belice y ■ Honduras, durante los años 2005 al 2007.



6.7.2 Material y equipo. En los viajes de campo se utilizó el siguiente material y equipo: (a) GPS, para determinar longitud, latitud, distancia del sitio a la costa, río y población más cercana; (b) boyas de marcaje; (c) una brújula para determinar la orientación de cada transecto; (d) tablas de cocina, donde se dibujaron las tablas de datos; (e) cintas métricas, para delimitar el largo del transecto; (f) un plomo extra para amarrar a la cinta métrica; (g) lápices de grafito (se bajó con dos lápices para evitar problemas en la toma de datos); (h) línea de plomo, para determinar el tipo de sustrato cada 0.5 m en el transecto; (i) guía de identificación de Reef Check[®] - Atlantic Field Guide; (j) equipo de buceo completo; (k) dos tanques de buceo por persona, para realizar dos inmersiones; y (l) hojas de datos impresas, en las cuales se colocaron los datos después de cada muestreo, con el fin de evitar pérdida de datos.

6.7.3 Transecto. Se utilizó una línea recta de 100 m de largo, la cual se dividió en cuatro transectos de 20 m cada uno. Cada transecto fue separado cada 5 m, en los cuales no se registraron datos para evitar la pseudo-replicación en el monitoreo y crear independencia de datos. La división se realizó de la siguiente manera: $20 + 5 + 20 + 5 + 20 + 5 + 20 = 95$ m (Figura 34) (Hodson *et al.* 2006).

Figura 34. Diagrama de los transectos utilizados en el protocolo Reef Check[®]



(Fuente: Hodson *et al.* 2006).

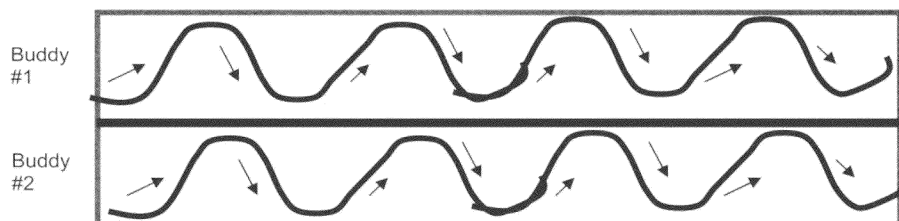
6.8 Plan de buceos y monitoreo

Al llegar al sitio de monitoreo se procedió a: (a) llenar la hoja de descripción del sitio, se tomaron los puntos GPS y todas las demás variables correspondientes; (b) se designaron las parejas de buzos y las tareas de cada una; (c) se prepararon las hojas de datos; y (d) se revisó todo el equipo a utilizar para el muestreo. Tres buzos ingresaron al agua primero, en donde uno fue el encargado de colocar la cinta métrica para marcar el transecto (ésta llevaba amarrada un plomo en la punta para evitar el movimiento de la línea con la corriente del agua). Al terminar el buzo de tirar la línea se esperaron de 10 – 15 minutos, para permitir que todo regresara a la normalidad, y los peces que pudieron haber sido asustados volvieran a su estado normal. Pasado ese tiempo, los buzos encargados del monitoreo de invertebrados y daños tomaron los datos. Por último se realizó el muestreo de sustrato, y al finalizar este muestreo, un buzo recogió la línea. Todos los monitoreos tuvieron una duración de 45 minutos aproximadamente. Al terminar el monitoreo en la lancha se procedió a: (a) revisar los datos obtenidos, (b) llenar las hojas de datos correspondientes; y (c) cambiar de tanques para el siguiente buceo.

6.8.1 Monitoreo de peces. El monitoreo de peces fue el primer muestreo en ser realizado. Luego de los 10 – 15 minutos de espera los buzos encargados del muestreo empezaron con el registro de individuos observados. Sobre la línea de 100 metros se delimitaron los cuatro transectos de 20 m de longitud, con 5 m de separación cada uno, 5 m de ancho y 5 m de alto; con el fin de obtener un tipo de “túnel”. Se anotaron únicamente los peces indicadores: a) peces mariposa (Familia Chaetodontidae); b) roncós (Familia Haemulidae); c) pargos (Familia Lutjanidae); d) peces loro (Familia Scaridae); e) morenas (Familia Muraenidae); f) meros de Nassau (*Epinephalus striatus*); y g) otros meros (Familia Serranidae), que fueron observados dentro del “túnel”. La megafauna observada fue anotada en la sección de comentarios (Apéndice 2).

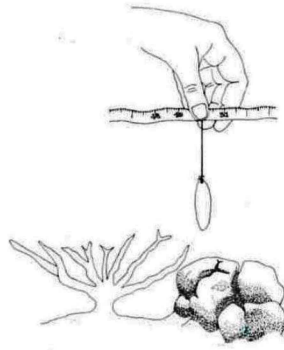
6.8.2 Monitoreo de invertebrados. El monitoreo de invertebrados fue el siguiente muestreo en ser realizado, y se utilizó la misma línea de 100 m de largo en la cual se delimitaron los cuatro transectos de 20 m cada uno. Los buzos mantuvieron una posición de 45° y un movimiento en forma de “S” a lo largo de todo el transecto, con el objetivo de cubrir toda el área del parche coralino estudiado (Figura 35). Es importante recalcar que la observación realizada fue detallada con el objetivo de no perder de vista ninguna de las especies crípticas que están incluidas en el listado de indicadores: a) camarón boxeador (*Stenopus hispidus*); b) erizo de espinas negras (*Diadema antillarum*); c) erizo puntas de lápiz (*Eucidaris* spp.); d) erizo colector (*Tripneustes* sp.); e) tritón (*Charonia variegata*); f) lengua de flamingo (*Cyphoma gibbosum*); g) gorgónidos (Familia Gorgonacea); y h) langosta espinuda (*Panilurus* sp.). Los datos obtenidos fueron número de individuos observados (Apéndice 2).

Figura 35. Patrón de movimiento en forma de S, que utilizan los buzos que realizan el muestreo de invertebrados en la línea de 20 m o 100 m, según el protocolo Reef Check[®].



6.8.3 Monitoreo de sustrato. Se utilizó la misma línea del transecto de peces e invertebrados, sin embargo en este caso los datos fueron tomados a intervalos de 0.5 m a lo largo de la línea (e.g. 0.0 m, 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m hasta 19.5 m); en total se registraron 40 puntos de datos por transecto de 20 m de largo. Para minimizar los errores se utilizó una línea de plomo de 5 mm de diámetro atado a una cuerda que se dejaba caer en cada punto identificando el sustrato indicado por el plomo, y éste se anotó en la hoja de datos (Apéndice 3 y Figura 36).

Figura 36. Línea de plomo utilizada en el muestreo de sustrato del protocolo Reef Check[®].



6.8.4 Monitoreo de daños. El monitoreo de daños se realizó conjuntamente con el monitoreo de invertebrados, utilizando la misma línea de 100 m de longitud, cada una con cuatro transectos de 20 m de largo con 5 m de ancho. Los daños se separaron en: a) daño por anclas o lanchas, b) daño por dinamita, c) otros daños, d) basura: nets y e) basura: general. Estos se clasificaron de la siguiente manera: (a) ninguna pieza de coral dañada o con impacto, nada = 0, (b) una pieza de coral dañada o con impacto, bajo = 1, (c) de dos a cuatro piezas de coral dañada o con impacto, poco = 2 y (d) más de cuatro piezas de coral dañadas o con impacto, alto = 3. Las enfermedades fueron estimadas en forma de porcentaje (%) (e.g., si de 100 colonias de corales observados, 30 presentan blanqueamiento, el 30% de la población está enfermo (Apéndice 2 y 4; Figura 37).

Figura 37. *Porites astreoides* con blanqueamiento. Si se tomara este grupo de corales como una población, aproximadamente el 30 – 40% está enferma con blanqueamiento



(Fuente: www.reefcheck.org)

6.9 Análisis estadístico

Se determinó la cantidad de individuos observados por categoría (peces, invertebrados, sustrato y daños) monitoreados en cada sitio de muestreo. Se calculó la abundancia media, la desviación estándar y el valor mínimo y máximo obtenido. En el monitoreo de peces e invertebrados se determinó la cantidad de individuos observados por sitio; en el monitoreo de sustrato se determinó el porcentaje (%) de cobertura de cada tipo de sustrato en cada sitio; en el monitoreo de enfermedades y daños se establecieron los porcentajes (%) de corales con blanqueamiento y otras enfermedades, al igual que el tipo de daño dominante por sitio estudiado. Para determinar si existían diferencias significativas entre la abundancia de los indicadores entre los sitios se realizó una prueba de t. Se utilizaron tablas de contingencia para determinar la independencia del indicador (peces e invertebrados) al sitio muestreado. La presencia de blanqueamiento en nuestros parches se comparó con los porcentajes mundiales obtenidos de “A reef manager’s guide to coral bleaching” de Marshall y Schuttengberg, 2006; y se aplicó la prueba de Chi^2 para determinar si existen diferencias significativas.

Con los datos de Belice y Honduras se realizaron los mismos análisis cuantitativos. Se llevó a cabo un análisis comparativo con los datos de peces e invertebrados de los sitios dentro del área de conservación y fuera del área de conservación del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, respectivamente, para determinar si existían diferencias significativas entre los parches arrecifales de Guatemala y los parches arrecifales de Belice y Honduras. El análisis estadístico utilizado fue un análisis de varianza (ANOVA) de dos colas. En todas las pruebas las diferencias se consideraron significativas cuando $p < 0.05$.

Para determinar la fiabilidad del análisis estadístico aplicado, se procedió a determinar los intervalos entre los que se encuentra comprendido el valor obtenido (t_0) a determinado nivel de confianza, comparando éste con la razón crítica de t_c . Para este análisis se utilizó la siguiente fórmula:

$$-t_{0'05} < \frac{m - \mu}{s/\sqrt{n-1}} < t_{0'05}$$

en donde m es la media de la muestra; μ es la media de la población, s es la desviación estándar; y $n - 1$ corresponden a los grados de libertad.

Si la $t_c > t_0$ no hay diferencia significativa. Es decir que mi muestreo fue suficiente para determinar con exactitud el estatus ecológico del indicador. Por el contrario, si $t_c < t_0$ si hay diferencia significativa, indicando que se deben realizar más muestreos para concluir sobre el estatus ecológico del indicador.

VII. RESULTADOS

7.1 GUATEMALA

Se escogieron dos sitios dentro del área de conservación: Cabo Tres Puntas y Motaguilla; y cuatro fuera del área de conservación: Faro Blanco, Faro Rojo, Languaja y Kingfish. Los datos recopilados durante el muestreo de cada categoría con sus respectivos indicadores (Cuadro 1) fueron utilizados para realizar una descripción por sitio. Se midió además la efectividad del RVSPM, en relación a la presencia de las especies indicadoras, y además se compararon los parches arrecifales dentro y fuera del RVSPM.

7.1.1 Sitios dentro del área de conservación del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique. Los sitios dentro del área de conservación son Cabo Tres Puntas y Motaguilla. Ambos están ubicados en el área noreste de la PM, en mar abierto, fuera de la Bahía de Amatique (Figura 33; Cuadro 5).

7.1.1 Cabo Tres Puntas. Se muestrearon 28 transectos, para un total de 2,800 m². La abundancia promedio de peces indicadores en Cabo Tres Puntas en el 2006 – 2007 se observa en la figura 38; con un total de 21 peces mariposa (Familia Chaetodontidae) (min. = 0; max. = 4; \bar{x} = 0.75; σ = 1.17), 68 roncós (Familia Haemulidae) (min. = 0; max. = 7; \bar{x} = 2.43; σ = 2.32), 89 pargos (Familia Lutjanidae) (min. = 0; max. = 4; \bar{x} = 0.68; σ = 1.12), 166 pez loro (Familia Scaridae) (min. = 0; max. = 21; \bar{x} = 5.93; σ = 6.05), tres meros de Nassau (*Epinephalus striatus*; Familia Serranidae) de 30-40 cm (min. = 0; max. 1; \bar{x} = 0.11; σ = 0.31). No se observaron otras especies de meros (Familia Serranidae), y ninguna morena (Familia Muraenidae) (Figura 38 y 39).

Cuadro 5. Información básica reportada para Cabo Tres Puntas y Motaguilla durante el estudio realizado en el 2006 - 2007. Donde T° es la temperatura ambiental reportada y CP es centro poblacional más cercano al río muestreado).

Sitio	Fecha	Hora	T° (C°)	Distancias			Clima	Importancia del sitio	Transectos (N) (20m)	Área	Orientación
				Costa (m)	Río (km)	CP (km)					
Cabo Tres Puntas	12 de agosto 2006	12:30 - 13:35	24	2,000	27	3	soleado	Posee parches arrecifales y está ubicado dentro del área de conservación	4	2,800 m	SE - NW
	3 de junio 2007	15:00 - 16:00	27.7		Motagua y Canal Inglés	Comunidad de Cabo Tres Puntas			24		NE - SW
Motaguilla	12 de agosto 2006	10:00 - 11:00	30	7,300	16.5	3	soleado	Posee parches arrecifales y está ubicado dentro del área de conservación	4	2,000 m	N - S
	5 de junio 2007	12:50 - 13:50	32		Motagua	Jalao			16		NE - SW

Figura 38. Abundancia promedio de peces indicadores observados en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N= 28) y 2,800 m² de área muestreada en el 2006 – 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.

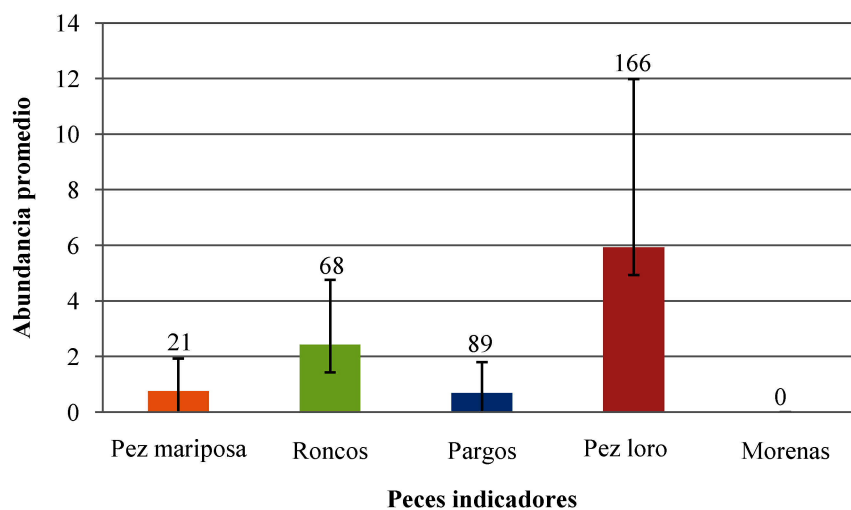
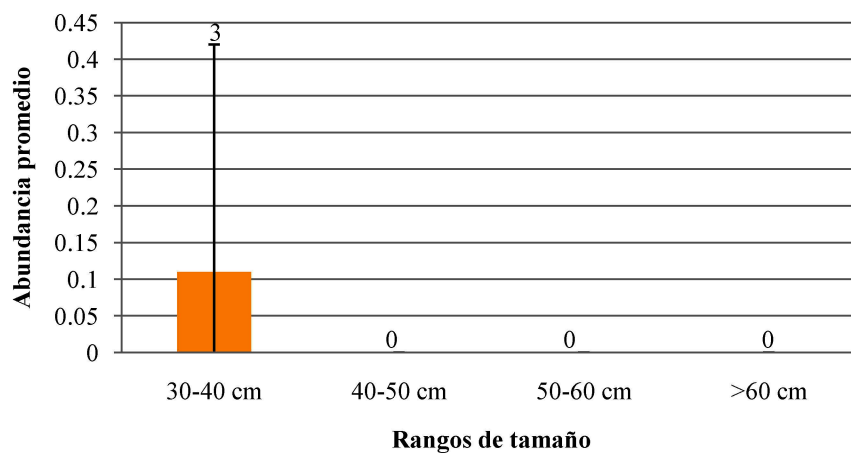
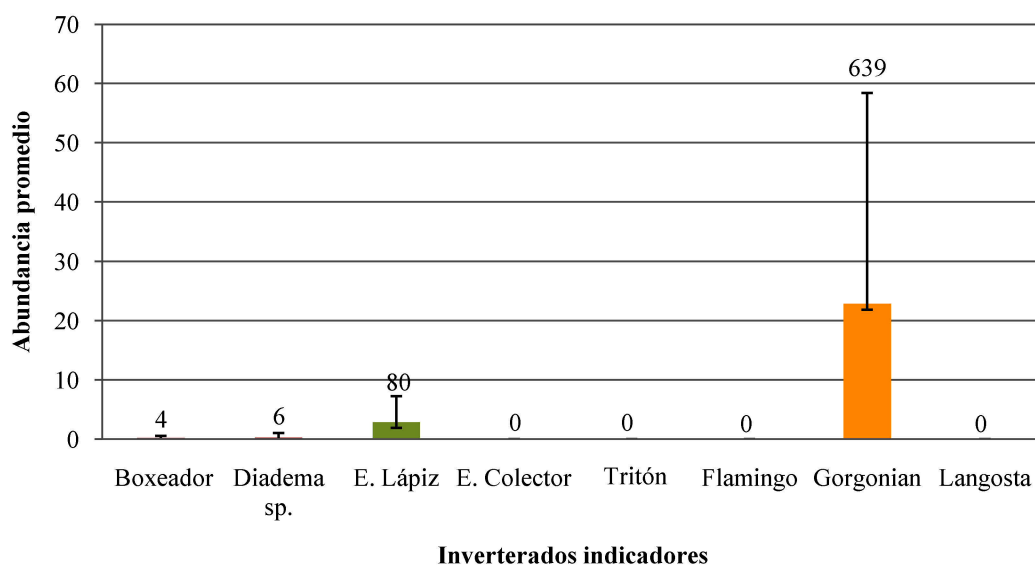


Figura 39. Abundancia promedio de meros de Nassau (*Epinephalus striatus*; Familia Serranidae) observados en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N = 28) y 2,800 m² de área muestreada en el 2006 – 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada rango de tamaño, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.



La abundancia promedio de invertebrados indicadores en Cabo Tres Puntas en el 2006 – 2007 se observa en la Figura 40, con un total de cuatro camarones boxeadores (*Stenopus hispidus*) (min. = 0; max. = 1; \bar{x} = 0.14; σ = 0.35), seis erizos negros (*Diadema antillarum*) (min. = 0; max. = 4; \bar{x} = 0.21; σ = 0.79), 80 erizos punta de lápiz (*Eucidaris* spp.) (min. = 0; max. = 15; \bar{x} = 2.86; σ = 4.34), 639 gorgónidos (Familia Gorgonacea) (min. = 0; max. = 149; \bar{x} = 22.82; σ = 35.60). No se registró ningún erizo colector (*Tripneustes* spp.), ningún tritón (*Charonia variegata*), ninguna lengua de flamenco (*Cyphoma gibbosum*), y ninguna langostas (*Panulirus argus*).

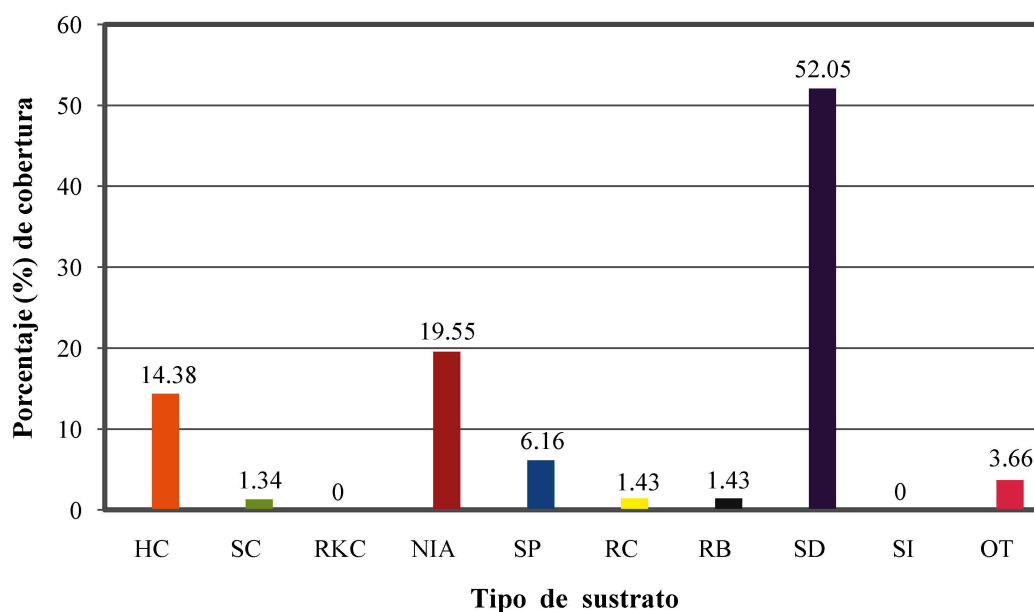
Figura 40. Abundancia promedio de invertebrados indicadores observados en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N = 28) y 2,800 m² de área muestreada en el 2006 - 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.



Los diferentes tipos de sustrato encontrados en Cabo Tres Puntas en el 2006 – 2007 se observan en la Figura 41. De los 2,800 m² muestreados el 14.38% fue coral duro (HC), el 1.34% coral suave (SC), el 19.55% de algas indicadoras de nutrientes (NIA), el 6.16% de esponjas (SP), 1.43% de rocas (RC) al igual que piedras (RB), el 52.05% de

arena (SD), y el 3.66% fue catalogado como otros (OT). No se registró ningún coral de muerte reciente (RKC) y no se registró sedimento (SI).

Figura 41. Porcentaje de cobertura (%) del tipo de sustrato observado en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N = 28) en 2,800 m² de área muestreada en el 2006 – 2007; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros.



Los daños registrados para Cabo Tres Puntas en el 2006 – 2007 fueron únicamente daños causados por lancha, motor y/o ancla y basura (Figura 42); ocho puntos con daños de ancla y cinco puntos con basura. Se determinó que solamente el 7% de la población de parches estudiados presenta blanqueamiento ($\sigma = 6.29$) (Figura 43).

Figura 42. Abundancia de los tipos de daños observados en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N = 28) y 2,800 m² de área muestreada en el 2006 – 2007.

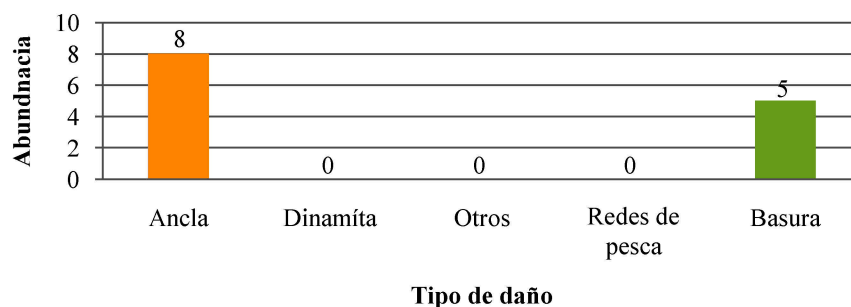
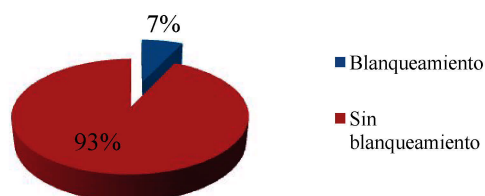


Figura 43. Porcentaje estimado de blanqueamiento poblacional de coral en Cabo Tres Puntas en 28 transectos (N = 28) y 2,800 m² de área muestreada en el 2006 – 2007.



7.1.1.2 Motaguilla. Se realizó el muestreo de 20 transectos, 2,000 m² de área muestreada. La abundancia promedio de peces indicadores en Motaguilla en el 2006 – 2007 se observa en la Figura 44; con un total de 16 peces mariposa (Familia Chaetodontidae) (min. = 0; max. = 5; \bar{x} = 0.8; σ = 1.24), 84 roncós (Familia Haemulidae) (min. = 0; max. = 63; \bar{x} = 4.2; σ = 13.95), dos pargos (Familia Lutjanidae), (min. = 0; max. = 2; \bar{x} = 0.1; σ = 0.45), 132 peces loro (Familia Scaridae) (min. = 0; max. = 20; \bar{x} = 6.6; σ = 5.18), y dos meros de Nassau (*Epinephalus striatus*; Familia Serranidae) de 30-40 cm (min. = 0; max. = 1; \bar{x} = 0.10; σ = 0.31). No se observaron otras especies de meros (Familia Serranidae); y ninguna morena (Familia Muraenidae) (Figura 45).

Figura 44. Abundancia promedio de peces indicadores observados en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2,000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.

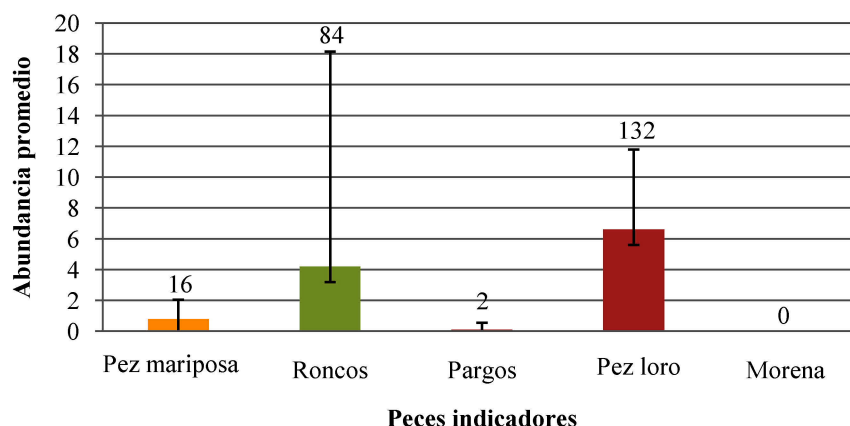
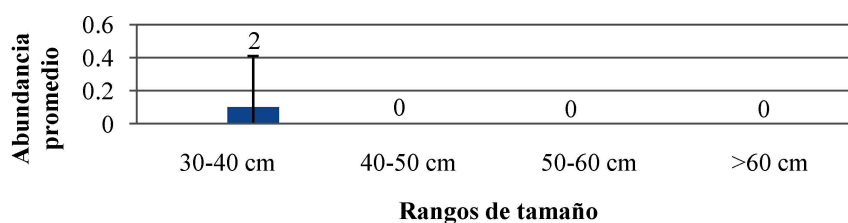


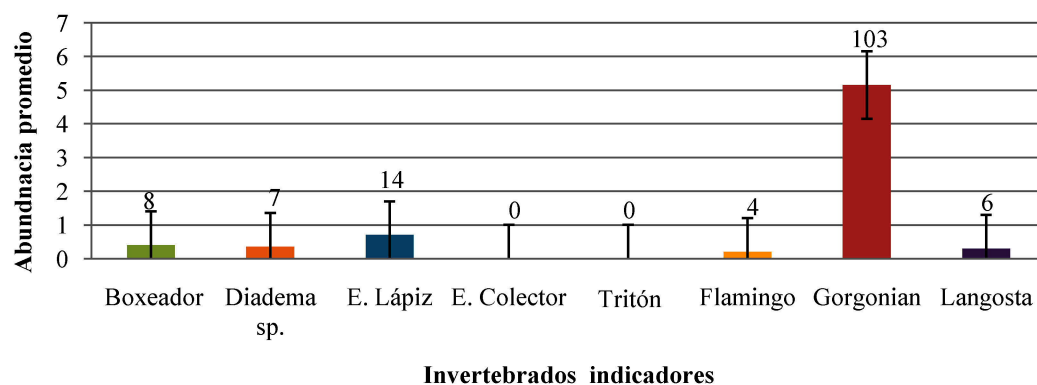
Figura 45. Abundancia promedio de meros de Nassau (*Epinephalus striatus*; Familia Serranidae) observados en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2, 000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.



La abundancia promedio de invertebrados indicadores en Motaguilla en el 2006 – 2007 se observa en la Figura 46; con un total de ocho camarones boxeadores (*Stenopus hispidus*) (min. = 0; max. = 2; \bar{x} = 0.4; σ = 0.68), siete erizos negros (*Diadema antillarum*) (min. = 0; max. = 2; \bar{x} = 0.35; σ = 0.67), 14 erizos punta de lápiz (*Eucidaris* spp.) (min. = 0; max. = 7; \bar{x} = 7; σ = 1.66), cuatro lenguas de flamenco (*Cyphoma gibbosum*) (min. = 0; max. = 2; \bar{x} = 0.2; σ = 0.62), 103 gorgónidos (Familia

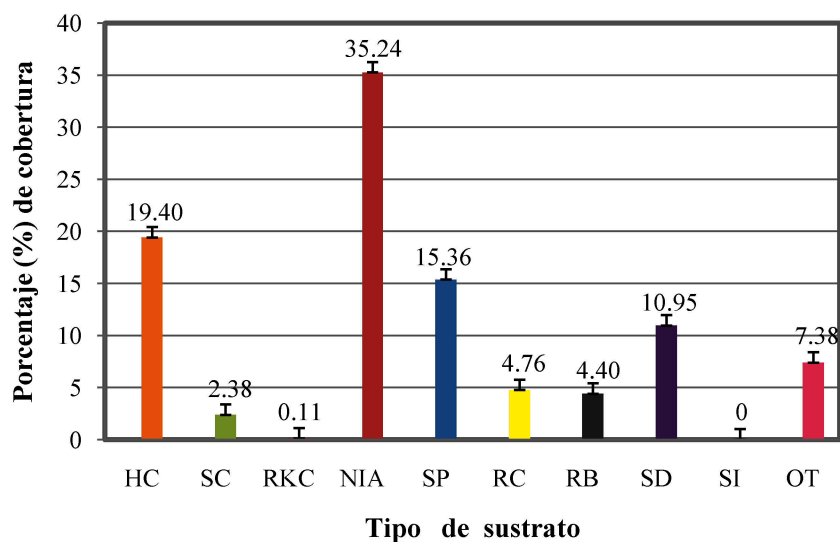
Gorgonacea) (min. = 0; max. = 17; \bar{x} = 5.15; σ = 5.33), y seis langostas (*Panulirus argus*) (min. = 0; max. = 3; \bar{x} = 0.3; σ = 0.92). No se registró ningún erizo colector (*Tripneustes* spp.), y ningún tritón (*Charonia variegata*).

Figura 46. Abundancia promedio de invertebrados indicadores observados en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2,000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.



Los diferentes tipos de sustrato encontrados en Motaguilla en el 2006 – 2007 se observan en la Figura 47. De los 2,000 m² muestreados el 19.40% fue coral duro (HC), el 2.38% coral suave (SC), 0.11% de coral de muerte reciente (RKC), el 35.24% de algas indicadoras de nutrientes (NIA), el 15.36% de esponjas (SP), 4.76% de rocas (RC), 4.40% de piedras (RB), el 10.95% de arena (SD), no se registró sustrato del tipo de sedimento (SI), y el 7.38% fue catalogado como otros (OT).

Figura 47. Porcentaje de cobertura y desviación estándar del tipo de sustrato observado en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2,000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros.



Los daños registrados para Motaguilla en el 2006 – 2007 fueron únicamente daños causados por lancha, motor y/o ancla y otros (Ver Fig. 48); con nueve puntos con daños de ancla y 16 puntos con otros daños. Se determinó que el 17% de la población de parches estudiados presenta blanqueamiento ($\sigma = 24.39$) (Figura 49).

Figura 48. Abundancia de los tipos de daños observados en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2,000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007.

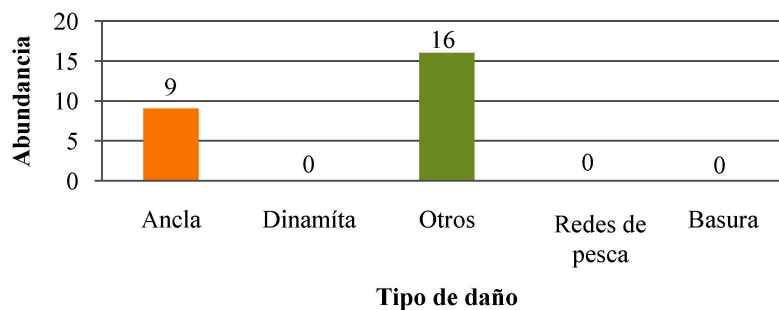
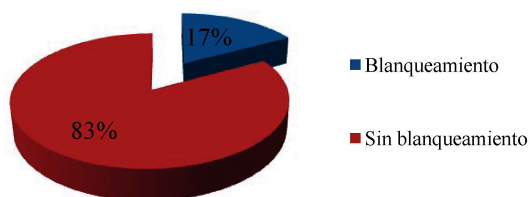


Figura 49. Porcentaje estimado de blanqueamiento poblacional de coral en Motaguilla en 20 transectos (N = 20) y 2,000 m² de área muestreada en el 2006 – 2007 (N = 20; 2,000 m²)



7.1.2 Sitios fuera del área de conservación del Refugio de Vida Silvestre

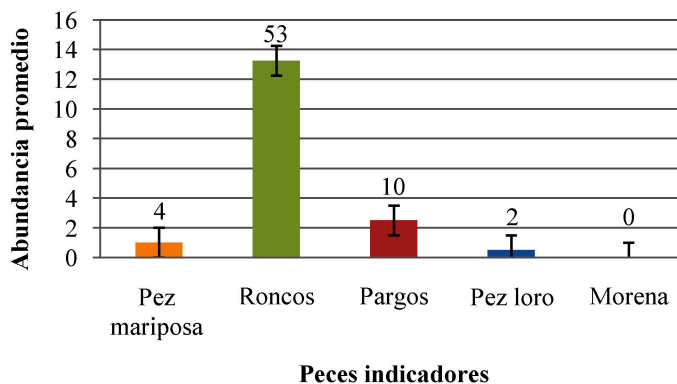
Punta de Manabique. Los sitios escogidos fuera del área de conservación son Faro Blanco, Faro Rojo, Languaja y Kingfish. Estos sitios están localizados dentro de la Bahía de Amatique, y se caracterizan por tener altos índices de pesca comercial, artesanal y deportiva; su cercanía a la costa y algunos ríos (Río Dulce y Río Sarstún) (Ver Fig. 33; Ver cuadro 6).

7.1.2.1. Faro Blanco. Se realizó el muestreo de cuatro transectos, 400 m² de área muestreada. La abundancia promedio de peces indicadores en Faro Blanco en el 2006 se observa en la Figura 50; con un total del cuatro peces mariposa (Familia Chaetodontidae) (min. = 0; max. = 4; \bar{x} = 1; σ = 2), 53 roncós (Familia Haemulidae) (min. = 0; max. = 53; \bar{x} = 13.25; σ = 26.5), diez pargos (Familia Lutjanidae) (min. = 0; max. = 10; \bar{x} = 2.5; σ = 5), dos peces loro (Familia Scaridae) (min. = 0; max. = 2; \bar{x} = 0.5; σ = 1). No se registró ninguna especie de meros incluyendo el mero de Nassau (*Epinephalus striatus*; Familia Serranidae), ninguna morena (Familia Muraenidae) y ningún tipo de invertebrado.

Los diferentes tipos de sustrato encontrados en Faro Blanco en el 2006 se observan en la Figura 51. De los 400 m² muestreados el 20.63% estaba formado de rocas (RC), 3.75% de piedras (RB), el 72.5% de arena (SD), el 3.125% fue catalogado como otros (OT), y no se registró coral duro (HC), coral suave (SC), coral de muerte reciente (RKC), algas indicadoras de nutrientes (NIA), esponjas (SP), o sedimento (SI).

Los daños registrados en Faro Blanco en el 2006 (N = 4; 400 m²) fueron únicamente daños causados por basura (Ver Fig. 52), con solamente un punto. No se registró ninguna cabeza de coral con blanqueamiento.

Figura 50. Abundancia promedio de peces indicadores observados en Faro Blanco en cuatro transectos (N = 4) y 400 m² de área muestreada en el 2006. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.



Cuadro 6. Información básica reportada para Faro Blanco, Faro Rojo, Languaja y Kingfish durante el estudio realizado en el 2006 - 2007. Donde T° es la temperatura ambiental reportada y CP es centro poblacional más cercano al río muestreado)

Sitio	Fecha	Hora	T° (°C)	Distancias			Clima	Importancia del sitio	Transectos (N) (20m)	Área	Orientación
				Costa (m)	Río (km)	CP (km)					
Faro Blanco	11 de agosto 2006	9:25 - 10:30	31.5	9,000	9.9	11.2 Livingston	soleado	Por tener altos índices de pesca comercial y deportiva y estar ubicado fuera del área de conservación	4	400	N - S
Faro Rojo	4 de junio 2007	14:00 - 15:00	30		8.5	10 Livingston	soleado	Por tener altos índices de pesca comercial y deportiva y estar ubicado fuera del área de conservación	16	1,600	SE - NE
Languaja	13 de agosto 2006	9:00 - 10:40	27.7	3,300	2	2 Comunidad de Sartún	nublado	Por estar fuera del área de conservación y por estar cerca de la desembocadura de un río.	4	400	NE - SW
Kingfish	4 de junio 2007	10:00 - 11:00	28		1	1 Comunidad de Sartún	nublado	Por tener altos índices de pesca comercial y deportiva y estar ubicado fuera del área de conservación	16	1,600	N - S

Figura 51. Porcentaje de cobertura (%) del tipo de sustrato observado en Faro Blanco en cuatro transectos (N = 4) y 400 m² de área muestreada el 2006; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros.

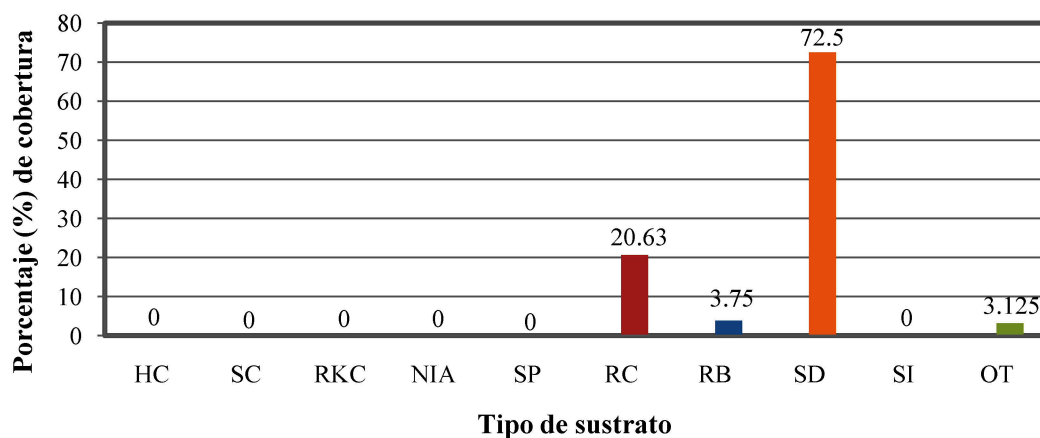
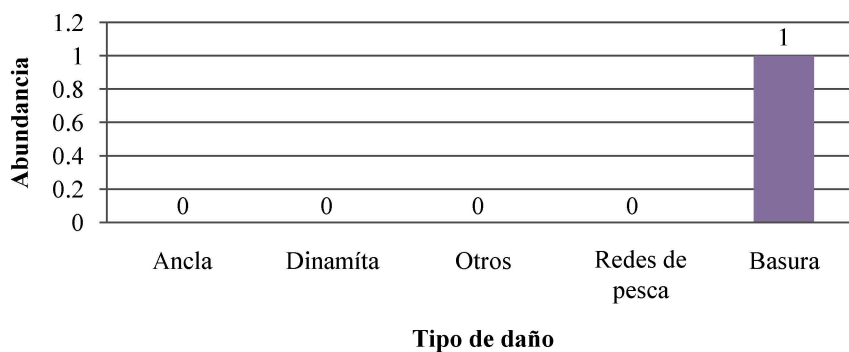


Figura 52. Abundancia de los tipos de daños encontrados en Faro Blanco en cuatro transectos y 400 m² de área muestreada en el 2006.



7.1.2.2 Faro Rojo. Se realizó el muestreo de 16 transectos, 1,600 m² de área muestreada. La abundancia promedio de peces indicadores en Faro rojo en el 2007 se observa en la Figura 53, con un total de 12 peces mariposa (Familia Chaetodontidae) (min. = 0; max. = 4; \bar{x} = 0.75; σ = 1.39), ocho roncós (Familia Haemulidae) (min. = 0;

max. 3; $\bar{x} = 0.50$; $\sigma = 0.82$) y 34 peces loro (Familia Scaridae) (min. = 0; max. = 8; $\bar{x} = 2.13$; $\sigma = 2.73$). No se registró ningún pargo (Familia Lutjanidae), ninguna morena (Familia Muraenidae), ningún mero de Nassau (*Epinephalus striatus*; Familia Serranidae) y ninguna otra especie de mero (Familia Serranidae).

La abundancia promedio de invertebrados indicadores en Faro Rojo en el 2007 se observa en la Figura 54. Se encontró un total de tres camarones boxeadores (*Stenopus hispidus*) (min. = 0; max. = 2; $\bar{x} = 0.19$; $\sigma = 0.54$), diez erizos negros (*Diadema antillarum*) (min. = 0; max. = 2; $\bar{x} = 0.63$; $\sigma = 0.89$), 17 erizos punta de lápiz (*Eucidaris* spp.) (min. = 0; max. = 10; $\bar{x} = 1.06$; $\sigma = 2.46$), 118 gorgónidos (Familia Gorgonacea) (min. = 0; max. = 22; $\bar{x} = 7.37$; $\sigma = 7.65$), no se registro ningún erizo colector (*Tripneustes* spp.), ningún tritón (*Charonia variegata*); ninguna lengua de flamingo (*Cyphoma gibbosum*) y ninguna langosta (*Panulirus argus*).

Figura 53. Abundancia promedio de peces indicadores observados en Faro Rojo en 16 transectos (N = 16) y 1,600 m² de área muestreada en el 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.

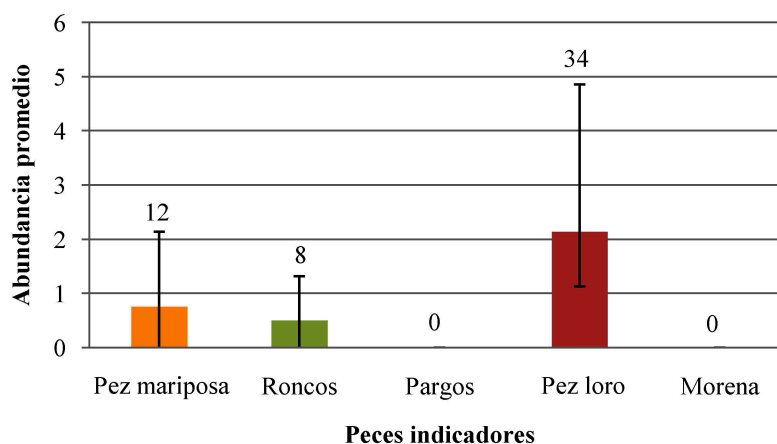
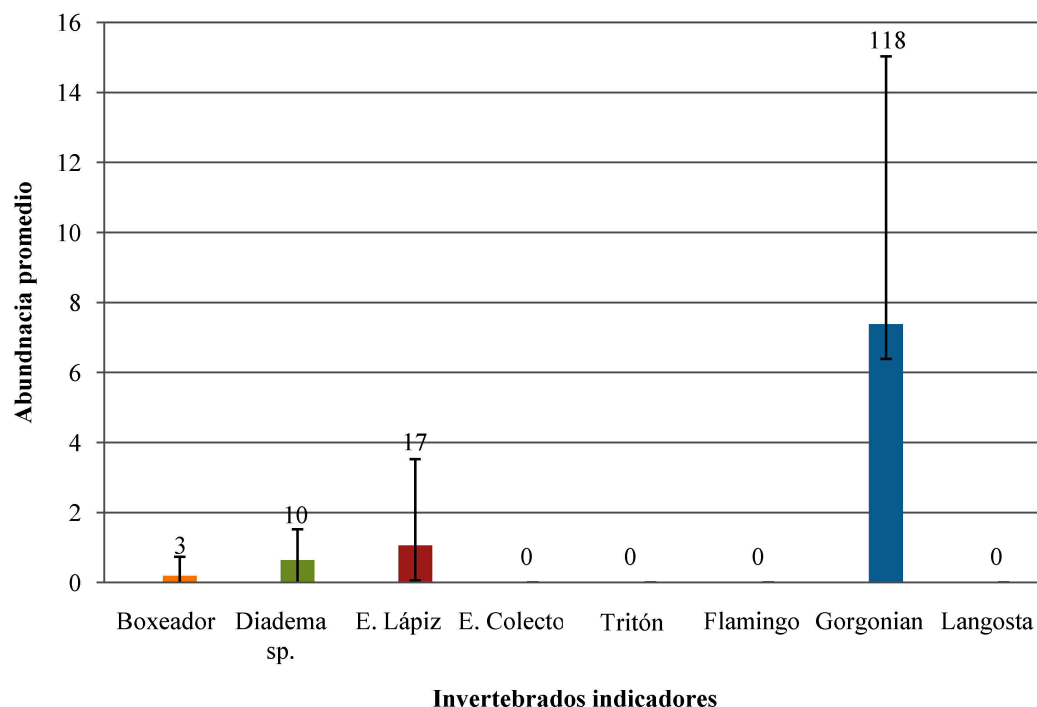


Figura 54. Abundancia promedio de invertebrados indicadores observados en Faro Rojo en 16 transectos ($N = 16$) y $1,600 \text{ m}^2$ de área muestreada en el 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.



Los diferentes tipos de sustrato encontrados en Faro Rojo en el 2007 se observan en la figura 55. De los 400 m^2 muestreados el 3.59% fue coral duro (HC), el 0.16% coral suave (SC), no se registró coral de muerte reciente (RKC), el 36.56% de algas indicadoras de nutrientes (NIA), el 13.75% de esponjas (SP); 0.31% de rocas (RC), 2.5% de piedras (RB), el 37.5% de arena (SD), el 5.63% fue catalogado como otros (OT), y no se registró sustrato del tipo de sedimento (SI). Los daños registrados para Faro Rojo en el 2007 fueron daños causados por lancha, motor y/o ancla (Figura 56); con cinco puntos con daños de motor, lancha y/o ancla. No se registró ningún coral con blanqueamiento.

Figura 55. Porcentaje de cobertura y desviación estándar del tipo de sustrato observado en Faro Rojo en 16 transectos (N = 16) y 1,600 m² de área muestreada en el 2006 - 2007; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros.

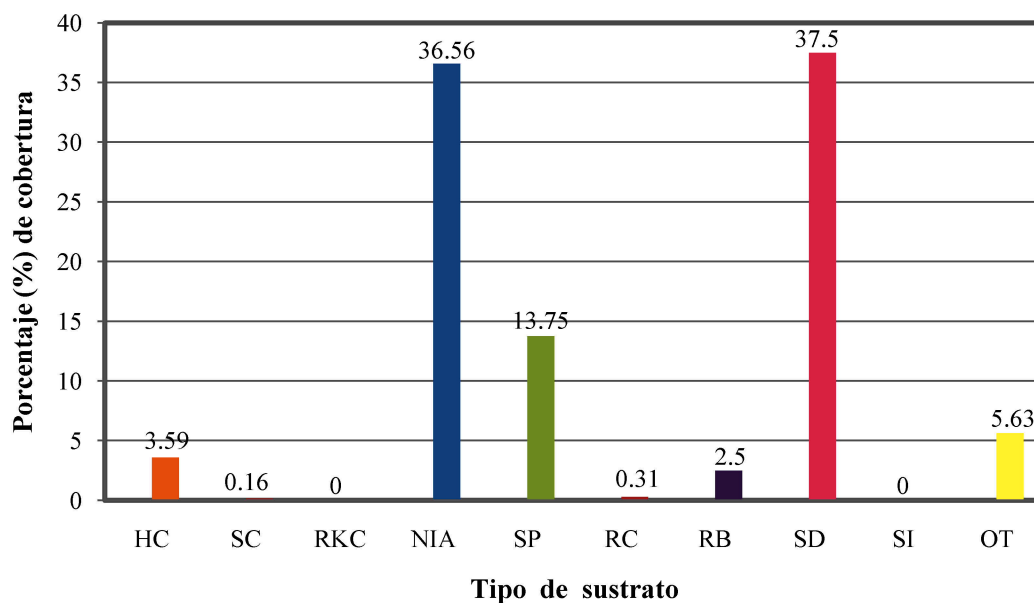
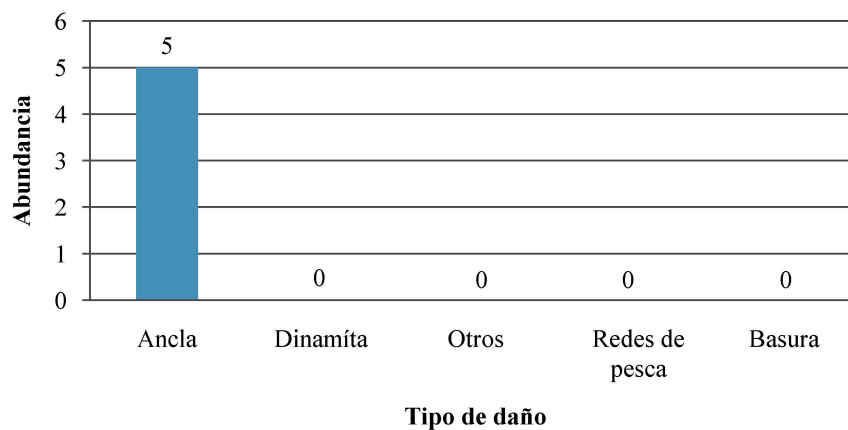


Figura 56. Abundancia de los tipos de daños observados en Faro Rojo en 16 transectos (N = 16) y 1,600 m² de área muestreada en el 2007.



7.1.2.3 Languaja. Se realizó el muestreo de cuatro transectos, 400 m² de área muestreada. La abundancia promedio de peces indicadores en Languaja en el 2006 se observa en la Figura 57, con un total de dos peces mariposa (Familia Chaetodontidae) (min. = 0; max. = 2; \bar{x} = 0.5; σ = 1), un ronco (Familia Haemulidae) (min. = 0; max. = 1; \bar{x} = 0.25; σ = 0.5) y 21 pez loro (Familia Scaridae) (min. = 3; max. = 7; \bar{x} = 5.25; σ = 1.71). No se registró ningún pargo (Familia Lutjanidae), ninguna morena (Familia Muraenidae), ninguna especie de mero, incluyendo el mero de Nassau (*Epinephalus striatus*; Familia Serranidae). La abundancia promedio de invertebrados indicadores en Languaja en el 2007 se observa en la Figura 58; con solamente diez erizos punta de lápiz (*Eucidaris* spp.) (min. = 1; max. = 3; \bar{x} = 2.5, σ = 1).

Figura 57. Abundancia promedio de peces indicadores observados en Languaja en dos transectos (N = 2) y 200 m² de área muestreada en el 2006. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.

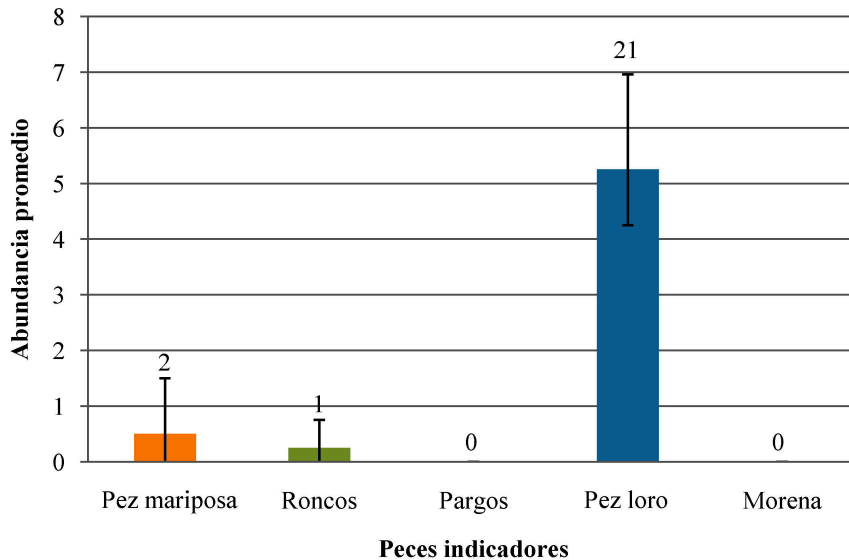
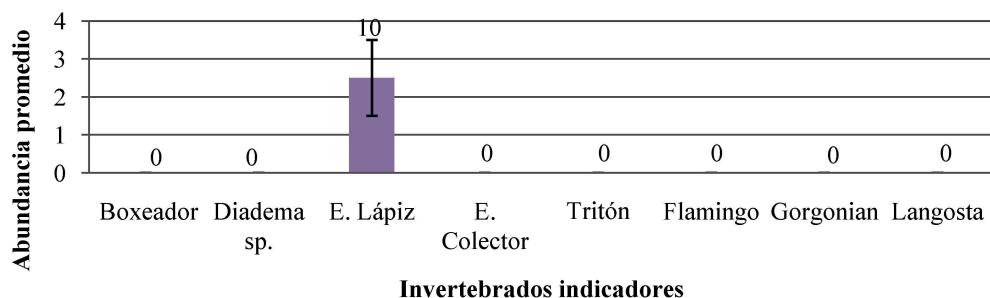
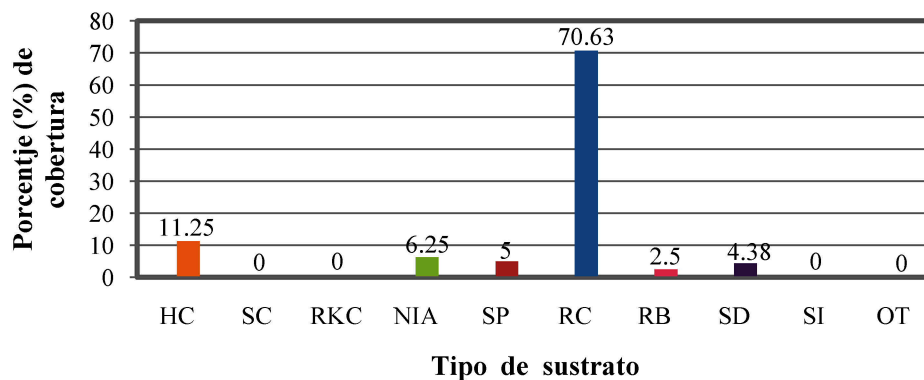


Figura 58. Abundancia promedio de invertebrados indicadores en Languaja en dos transectos ($N = 2$) y 200 m^2 de área muestreada en el 2006. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.



Los diferentes tipos de sustrato encontrados en Languaja en el 2006 se observan en la figura 59. De los 400 m^2 muestreados el 11.25% fue coral duro (HC), no se registró coral suave (SC), no se registró coral de muerte reciente (RKC), el 6.25% de algas indicadoras de nutrientes (NIA), el 5% de esponjas (SP), 70.63% de rocas (RC), 2.5% de piedras (RB), el 4.38% de arena (SD), no se registró nada en la categoría otros (OT), ni en sedimento (SI).

Figura 59. Porcentaje de cobertura del tipo de sustrato observado en Languaja en dos transectos ($N = 2$) y 200 m^2 de área muestreada en el 2006; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros.



Los daños registrados para Languaja en el 2006 fueron daños clasificados como otros (Figura 60) con seis puntos. Se determinó que el 13% de la población de parches estudiados presenta blanqueamiento ($\sigma = 5$) (Ver Fig. 61).

Figura 60. Abundancia de los tipos de daños observados en Languaja en dos transectos ($N = 2$) y 200 m^2 de área muestreada en el 2006.

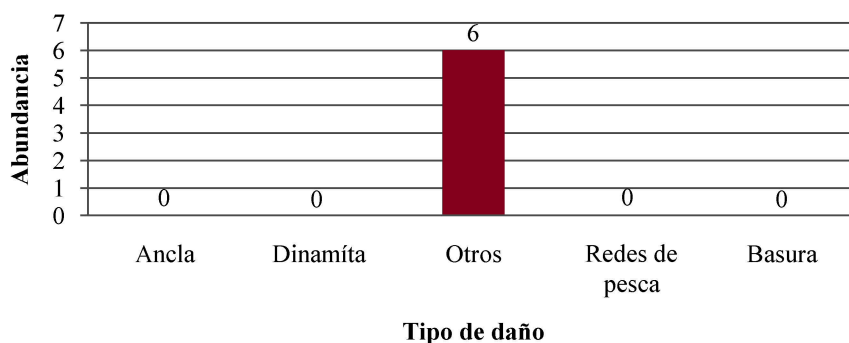
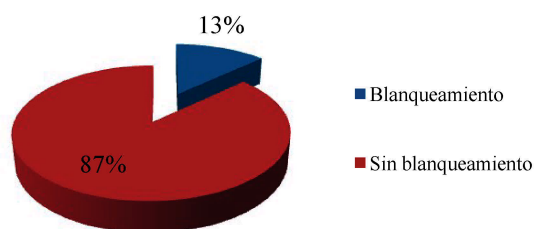


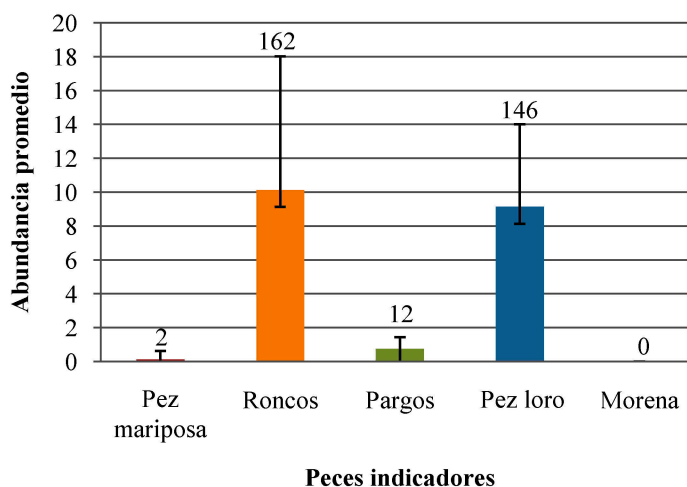
Figura 61. Porcentaje estimado de blanqueamiento poblacional de coral en Languaja en dos transectos ($N = 2$) y 200 m^2 de área muestreada en el 2006.



7.1.2.4 Kingfish. Se realizó el muestreo de 16 transectos, $1,600 \text{ m}^2$ de área muestreada. La abundancia promedio de peces indicadores en Kingfish en el 2007 se observa en la Figura 62; con un total de dos peces mariposa (Familia Chaetodontidae) (min. = 0; max. = 2; $\bar{x} = 0.5$; $\sigma = 1$), 162 roncós (Familia Haemulidae) (min. = 0; max. =

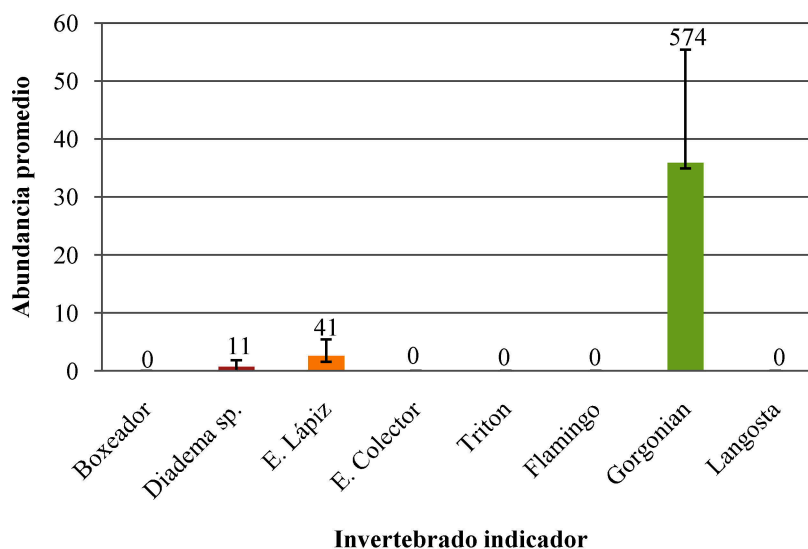
26; $\bar{x} = 10.13$, $\sigma = 7.89$), 12 pargos (Familia Lutjanidae) (min. = 0; max. = 2; $\bar{x} = 0.75$; $\sigma = 0.68$) y 146 peces loro (Familia Scaridae) (min. = 2; max. = 17; $\bar{x} = 9.13$; $\sigma = 4.88$). No se registró ninguna morena (Familia Muraenidae), ninguna especie de mero, incluyendo al mero de Nassau (*Epinephalus striatus*; Familia Serranidae).

Figura 62. Abundancia promedio de peces indicadores observados en Kingfish en 16 transectos (N = 16) y 1,600 m² de área muestreada en el 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.



La abundancia promedio de invertebrados indicadores en Kingfish en el 2007 se observa en la Figura 63; con un total de 11 erizos negros (*Diademaantillarum*) (min. = 0; max. = 4; $\bar{x} = 0.69$; $\sigma = 1.14$), 41 erizos punta de lápiz (*Eucidaris* spp.) (min. = 0; max. = 8; $\bar{x} = 2.56$; $\sigma = 2.85$), 574 gorgónidos (Familia Gorgonacea) (min. = 8; max. = 82; $\bar{x} = 35.88$; $\sigma = 19.50$). No se registró ningún individuo del camarón boxeador (*Stenopus hispidus*), erizo colector (*Tripneustes* spp.), tritón (*Charonia variegata*), lengua de flamingo (*Cyphoma gibbosum*), ni langosta (*Panulirus argus*).

Figura 63. Abundancia promedio de invertebrados indicadores observados en Kingfish en 16 transectos ($N = 16$) y $1,600 \text{ m}^2$ de área muestreada en el 2007. Las barras verticales representan la desviación estándar de cada grupo indicador, y el número encima de la barra indica el número total de individuos observados.



Los diferentes tipos de sustrato encontrados en Kingfish en el 2007 se observan en la Figura 64. De los $1,600 \text{ m}^2$ muestreados el 14.69% fue coral duro (HC), el 0.31% coral suave (SC), no se registró coral de muerte reciente (RKC), el 34.38% de algas indicadoras de nutrientes (NIA), el 10% de esponjas (SP), 1.09% de rocas (RC), 5.16% de piedras (RB), el 33.75% de arena (SD), el 0.63% fue catalogado como otros (OT), y no se registró sustrato del tipo de sedimento (SI). Los daños registrados para Kingfish en el 2007 fueron daños causados por lancha, motor y/o ancla y basura (Figura 65); con seis puntos con daños de ancla y tres puntos con basura. Se determinó que el 3% de la población de parches estudiados presenta blanqueamiento ($\sigma = 6.05$) (Figura 66).

Figura 64. Porcentaje de cobertura del tipo de sustrato observado en Kingfish en 16 transectos (N = 16) y 1,600 m² de área muestreada en el 2007; en donde HC = coral duro, SC = coral suave, RKC = coral de muerte reciente, NIA = algas indicadoras de nutrientes, SP = esponjas, RC = rocas, RB = piedras, SD = arena, SI = sedimento y OT = otros.

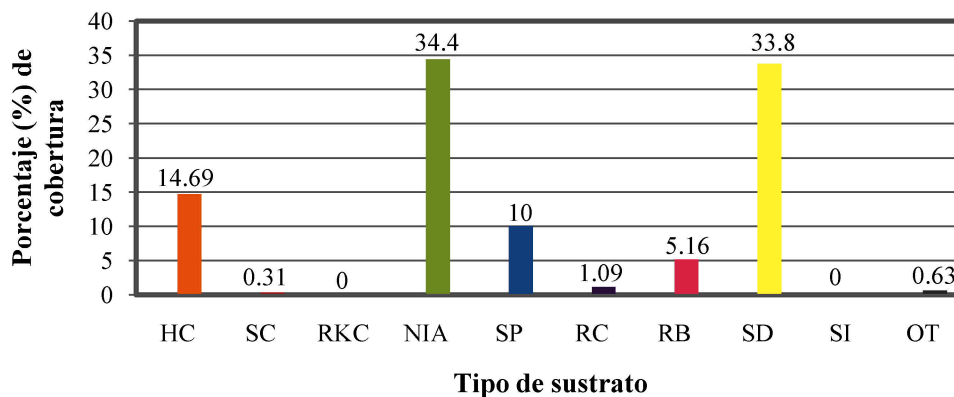


Figura 65. Abundancia de los tipos de daños observados en Kingfish en 16 transectos (N = 16) y 1,600 m² de área muestreada en el 2007.

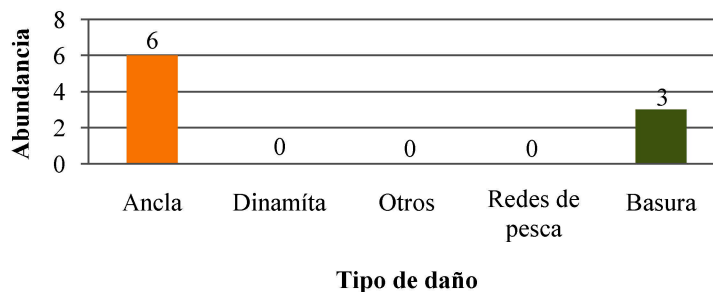
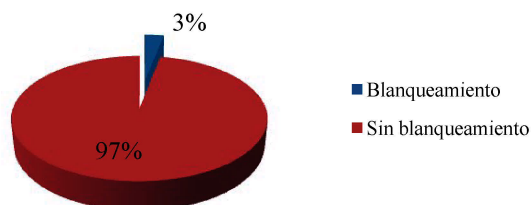


Figura 66. Porcentaje estimado de blanqueamiento poblacional de coral en Kingfish en 16 transectos (N = 16) y 1,600 m² de área muestreada en el 2007.



7.1.3 Análisis estadístico

Cuadro 7. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría peces. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).

CATEGORÍAS	SITIOS	t_c	T_t	P	v	H_0	
Pez Mariposa (Familia Chaetodonidae)	C3P - MG	-0.34809	2.012896	0.72936	95	Acepta	
	C3P - FB	-0.47487	2.042272	0.638319	95	Acepta	
	C3P - FR	-0.30255	2.019541	0.763761	95	Acepta	
	C3P - LG	0.292603	2.042272	0.77184	95	Acepta	
	C3P - KF	1.813251	2.018082	0.076943	95	Acepta	
	MG - FB	-.2668284	2.0738731	0.792086	95	Acepta	
	MG - FR	0	2.034515	1	95	Acepta	
	MG - LG	0.452735	2.073873	0.655173	95	Acepta	
	MG - KG	2.044275	2.032244	0.048733	95	Rechaza	
	FB - FR	0.230549	2.109816	0.820417	95	Acepta	
	FB - LG	0.447214	2.446912	0.670412	95	Acepta	
	FB - KF	1.67332	2.100922	0.111554	95	Acepta	
	FR - LG	0.392265	2.109816	0.699737	95	Acepta	
	FR - KF	1.783763	2.04523	0.084931	95	Acepta	
	LG - KF	1.095445	2.100922	0.287763	95	Acepta	
Roncos (Familia Haemulidae)	C3P - MG	-0.66223	2.012896	0.51113	95	Acepta	
	C3P - FB	-2.33686	2.042272	0.026314	95	Rechaza	
	C3P - FR	3.204848	2.018082	0.002582	95	Rechaza	
	C3P - LG	1.850014	2.042272	0.074184	95	Acepta	
	C3P - KF	-4.84613	2.018082	1.75E-05	95	Rechaza	
		MG - FB	-1.01745	2.073873	0.32	95	Acepta
		MG - FR	1.056718	2.032244	0.298091	95	Acepta
		MG - LG	0.556397	2.073873	0.583555	95	Acepta
		MG - KF	-1.51395	2.032244	0.139281	95	Acepta
		FB - FR	2.103229	2.100922	0.049774	95	Rechaza
	FB - LG	0.980957	2.446912	0.364497	95	Acepta	
	FB - KF	-4.85376	2.042272	3.52E-05	95	Rechaza	
	FR - LG	0.578691	2.100922	0.569968	95	Acepta	
	FR - KF	-4.85376	2.042272	3.52E-05	95	Rechaza	
	LG - KF	-2.45165	2.100922	0.024659	95	Rechaza	

Continuación cuadro 8. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría peces. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).

Pargos (Familia Lutjanidae)	C3P - MG	2.176952	2.01896	0.034653	95	Rechaza
	C3P - FB	-1.78682	2.042272	0.084077	95	Acepta
	C3P - FR	2.402759	2.018082	0.020768	95	Rechaza
	C3P - LG	1.190606	2.042272	0.243145	95	Acepta
	C3P - KF	-0.43495	2.018082	0.665822	95	Acepta
	MG - FB	-2.31526	2.073873	0.030314	95	Rechaza
	MG - FR	0.891808	2.032244	0.378764	95	Acepta
	MG - LG	0.439298	2.073873	0.664731	95	Acepta
	MG - KF	-3.87125	2.032244	0.000468	95	Rechaza
	FB - FR	2.19089	2.100922	0.0418621	95	Rechaza
	FB - LG	0.177959	2.446912	0.355918	95	Acepta
	FB - KF	1.419197	2.100922	0.172927	95	Acepta
	FR - LG				95	NO HAY DATOS
	FR - KF	-4.96101	2.042272	2.60E-05	95	Rechaza
	LG - KF	-2.43039	2.100922	0.025765	95	Rechaza
Pez Loro (Familia Scaridae)	C3P - MG	-0.40179	2.012896	0.689698	95	Acepta
	C3P - FB	1.767155	2.042272	0.087375	95	Acepta
	C3P - FR	2.371975	2.018082	0.022352	95	Rechaza
	C3P - LG	0.220256	2.042272	0.827164	95	Acepta
	C3P - KF	-1.80195	2.018082	0.078734	95	Acepta
	MG - FB	2.304536	2.073873	0.03101	95	Rechaza
	MG - FR	3.11795	2.032244	0.003694	95	Rechaza
	MG - LG	0.50719	2.073873	0.50719	95	Acepta
	MG - KG	-1.48945	2.032244	0.145586	95	Acepta
	FB - FR	-1.1513	2.100922	0.264673	95	Acepta
	FB - LG	-4.80027	2.446912	0.003	95	Rechaza
	FB - KF	-3.44641	2.100922	0.00922	95	Rechaza
	FR - LG	-2.16057	2.100922	0.044458	95	Rechaza
FR - KF	-5.00479	2.042272	2.30E-05	95	Rechaza	
	LG - KF	-1.53619	2.100922	0.141882	95	Acepta

Continuación cuadro 9. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría peces. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).

Meros (Familia Serranidae)	C3P - MG	0.078	2.012896	0.938016	95	Acepta
	C3P - FB	0.67082	2.042272	0.507467	95	Acepta
	C3P - FR	1.353783	2.018082	0.1830046	95	Acepta
	C3P - LG	0.67082	2.042272	0.507467	95	Acepta
	C3P - KF	1.353783	2.018082	0.183046	95	Acepta
	MG - FB	0.638285	2.073873	0.529877	95	Acepta
	MG - FR	0.449467	2.085963	0.657928	95	Acepta
	MG - LG	0.638285	2.073873	0.529877	95	Acepta
	MG - KG	1.295767	2.032244	0.203784	95	Acepta
	FB - FR				95	NO HAY DATOS
	FB - LG				95	NO HAY DATOS
	FB - KF				95	NO HAY DATOS
	FR - LG				95	NO HAY DATOS
	FR - KF				95	NO HAY DATOS
	LG - KF				95	NO HAY DATOS

Cuadro 10. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría invertebrados. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).

CATEGORÍAS	SITIOS	t_c	t_t	P	v	H_0
Camarón Boxeador (<i>Stenopus hispidus</i>)	C3P - MG	-1.703487	2.0128956	0.0952249	95	acepta
	C3P - FB	0.7905694	2.0422724	0.4354007	95	acepta
	C3P - FR	-329163	2.0180817	0.7436687	95	acepta
	C3P - LG	0.7905694	2.0422724	0.4354007	95	acepta
	C3P - KF	1.5954481	2.0180017	0.1181103	95	acepta
	MG - FB	1.1547005	2.0738731	0.2606019	95	acepta
	MG - FR	1.0153579	2.0322445	0.3171066	95	acepta
	MG - LG	1.547005	2.0738731	0.2606019	95	acepta
	MG - KG	2.3441309	2.0322445	0.0250532	95	rechaza
	FB - FR	-0.675528	2.100922	0.5079267	95	acepta
	FB - LG	0.675528	2.100922	0.5079267	95	acepta
	FB - KF	1.3789157	2.0422724	0.1781159	95	acepta
	FR - LG				95	NO HAY DATOS
	FR - KF				95	NO HAY DATOS
	LG - KF				95	NO HAY DATOS
	Erizo de espinas negras (<i>Diadema antillarum</i>)	C3P - MG	-0.625496	2.0128956	0.5347368	95
C3P - FB		0.5370862	2.0422724	0.5951695	95	acepta
C3P - FR		-1.591941	2.0180817	0.1188975	95	acepta
C3P - LG		0.5370862	2.0422724	0.5051695	95	acepta
C3P - KF		-1.627535	2.0180817	0.1111035	95	acepta
MG - FB		1.0250279	2.0738731	0.3164894	95	acepta
MG - FR		-1.061079	2.0322445	0.2961333	95	acepta
MG - LG		1.0250279	2.0738731	0.3164894	95	acepta
MG - KG		-1.10906	2.0322445	0.2751878	95	acepta
FB - FR		-1.383797	2.100922	0.1833415	95	acepta
FB - LG					95	NO HAY DATOS
FB - KF		-1.183488	2.100922	0.252011	95	acepta
FR - LG		1.3837968	2.100922	0.1833415	95	acepta
FR - KF		-0.173379	2.0422724	0.8635185	95	acepta
LG - KF		-1.183488	2.100922	0.252011	95	acepta

Continuación cuadro 11. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría invertebrados. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).

Erizo punta de lápiz (<i>Eucidaris</i> spp.)	C3P - MG	2.115763	2.0128956	0.0398092	95	rechaza
	C3P - FB	1.2742493	2.0422724	0.2123579	95	acepta
	C3P - FR	1.5445133	2.0180817	0.1299663	95	acepta
	C3P - LG	0.2118296	2.0422724	0.8336725	95	acepta
	C3P - KF	0.3409952	2.0180817	0.7348072	95	acepta
	MG - FB	0.8296855	2.0738731	0.4156291	95	acepta
	MG - FR	-0.526738	2.0322445	0.6017956	95	acepta
	MG - LG	-2.074692	2.0738731	0.0499172	95	rechaza
	MG - KG	-2.453654	2.03224455	0.0194211	95	rechaza
	FB - FR	-0.845607	2.100922	0.4088725	95	acepta
	FB - LG	-5	2.4469118	0.0024523	95	rechaza
	FB - KF	-1.761191	2.100922	0.0951837	95	acepta
	FR - LG	-1.12564	2.100922	0.2751032	95	acepta
	FR - KF	-1.592702	2.0422724	0.1217104	95	acepta
	LG - KF	-0.042437	2.100922	0.9666175	95	acepta
Lengua de flamingo (<i>Cyphoma gibbosum</i>)	C3P - MG	-1.726697	2.0128956	0.090933	95	acepta
	C3P - FB				95	NO HAY DATOS
	C3P - FR				95	NO HAY DATOS
	C3P - LG				95	NO HAY DATOS
	C3P - KF				95	NO HAY DATOS
	MG - FB	0.6382847	2.0738731	0.5298772	95	acepta
	MG - FR	1.2957671	2.0322445	0.2037838	95	acepta
	MG - LG	0.6382847	2.0738731	0.5298772	95	acepta
	MG - KG	1.2957671	2.0322445	0.2037838	95	acepta
	FB - FR				95	NO HAY DATOS
	FB - LG				95	NO HAY DATOS
	FB - KF				95	NO HAY DATOS
	FR - LG				95	NO HAY DATOS
FR - KF				95	NO HAY DATOS	
LG - KF				95	NO HAY DATOS	

Continuación cuadro 12. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría

invertebrados. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).

Gorgónidos (Familia Gorgonacea)	C3P - MG	2.195988	2.0128956	0.0331733	95	Rechaza
	C3P - FB	1.2642925	2.0422724	0.2158599	95	acepta
	C3P - FR	1.7051971	2.0180817	0.0955447	95	acepta
	C3P - LG	1.2642925	2.0422724	0.2158599	95	acepta
	C3P - KF	-1.351086	2.0180817	0.1839016	95	acepta
	MG - FB	1.8968806	2.0738731	0.0710494	95	acepta
	MG - FR	-1.027092	2.0322445	0.3116293	95	acepta
	MG - LG	1.8968806	2.0738731	0.0710494	95	acepta
	MG - KG	-6.758397	2.0322445	9.08E-08	95	rechaza
	FB - FR	-1.889243	2.100922	0.0750788	95	acepta
	FB - LG				95	NO HAY DATOS
	FB - KF	-3.604515	2.100922	0.0020267	95	rechaza
	FR - LG	1.8892431	2.100922	0.0750788	95	acepta
	FR - KF	-5.441543	2.0422724	6.70E-06	95	rechaza
	LG - KF	-3.604515	2.100922	0.0020267	95	rechaza
Langosta (<i>Panilurus</i> spp.)	C3P - MG	-1.726697	2.0128956	0.090933	95	acepta
	C3P - FB				95	NO HAY DATOS
	C3P - FR				95	NO HAY DATOS
	C3P - LG				95	NO HAY DATOS
	C3P - KF				95	NO HAY DATOS
	MG - FB	0.6382847	2.0738731	0.5298772	95	acepta
	MG - FR	1.2957671	2.0322445	0.2037838	95	acepta
	MG - LG	0.6382847	2.0738731	0.5298772	95	acepta
	MG - KG	1.2957671	2.0322445	0.2037838	95	acepta
	FB - FR				95	NO HAY DATOS
	FB - LG				95	NO HAY DATOS
	FB - KF				95	NO HAY DATOS
	FR - LG				95	NO HAY DATOS
	FR - KF				95	NO HAY DATOS
	LG - KF				95	NO HAY DATOS

Cuadro 13. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría sustrato. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).

CATEGORÍAS	SITIOS	t calc.	t teo.	P	%	Ho
HC (Coral duro)	C3P - MG	-1.764991	2.012896	0.084218	95	acepta
	C3P - FB	2.398909	2.042272	0.022863	95	rechaza
	C3P - FR	3.377471	2.018082	0.001587	95	rechaza
	C3P - LG	0.516811	2.042272	0.609077	95	acepta
	C3P - KF	-0.09891	2.018082	0.921681	95	acepta
	MG - FB	5.372715	2.072873	2.15E-05	95	rechaza
	MG - FR	7.043646	2.032244	3.93E-08	95	rechaza
	MG - LG	2.216273	2.073873	0.037322	95	rechaza
	MG - KF	2.233564	2.032244	0.032198	95	rechaza
	FB - FR	1.12564	2.100922	0.275103	95	acepta
	FB - LG	-4.7001	2.446912	0.003326	95	rechaza
	FB - KF	-4.99291	2.100922	9.43E-05	95	rechaza
	FR - LG	-2.26893	2.100922	0.035805	95	rechaza
	FR - KF	-5.21627	2.042272	1.26E-05	95	rechaza
	LG - KF	-1.09545	2.100922	0.287763	95	acepta
SC (Coral suave)	C3P - MG	-1.21038	2.012896	0.232315	95	acepta
	C3P - FB	0.71488	2.042272	0.48021	95	acepta
	C3P - FR	1.264373	2.018082	0.213068	95	acepta
	C3P - LG	0.71488	2.042272	0.48021	95	acepta
	C3P - KF	1.072492	2.018082	0.289623	95	acepta
	MG - FB	1.9114854	2.073873	0.068603	95	acepta
	MG - FR	3.561821	2.032244	0.001114	95	rechaza
	MG - LG	1.914854	2.073873	0.068603	95	acepta
	MG - KF	3.121328	2.032244	0.003662	95	rechaza
	FB - FR	-0.4899	2.100922	0.630124	95	acepta
	FB - LG				NO HAY DATOS	
	FB - KF	-0.4899	2.100922	0.630124	95	acepta
	FR - LG	0.489898	2.100922	0.630124	95	acepta
	FR - KF	-0.44721	2.042272	0.657933	95	acepta
	LG - KF	-0.4899	2.100922	0.630124	95	acepta

Continuación cuadro 14. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría sustrato. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_i), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).

NIA (Algas indicadoras de nutrientes)	C3P - MG	-2.85394	2.012896	0.006453	95	acepta
	C3P - FB	2.182823	2.042272	0.037009	95	rechaza
	C3P - FR	-3.68482	2.018082	0.000649	95	rechaza
	C3P - LG	1.480184	2.042272	0.14925	95	acepta
	C3P - KF	-3.02819	2.018082	0.004194	95	rechaza
	MG - FB	3.666237	2.073873	0.001356	95	rechaza
	MG - FR	-0.39621	2.032244	0.694423	95	acepta
	MG - LG	2.991625	2.073873	0.006724	95	acepta
	MG - KF	0.047534	2.032244	0.962365	95	acepta
	FB - FR	-10.5951	2.100922	3.64E-09	95	rechaza
	FB - LG	-2.88675	2.446912	2.78E-02	95	rechaza
	FB - KF	-6.11741	2.100922	8.87E-06	95	rechaza
	FR - LG	8.444544	2.100922	1.13E-07	95	rechaza
	FR - KF	0.677138	2.042272	0.503507	95	acepta
	LG - KF	-4.9295	2.100922	0.000108	95	rechaza
SD (Arena)	C3P - MG	3.077237	2.012896	0.003514	95	rechaza
	C3P - FB	18.61794	2.073873	5.92E-15	95	rechaza
	C3P - FR	-1.13422	2.018082	0.263134	95	acepta
	C3P - LG	1.866101	2.042272	0.071831	95	acepta
	C3P - KF	-0.60006	2.018082	0.551691	95	acepta
	MG - FB	-18.6179	2.073873	5.92E-15	95	rechaza
	MG - FR	-10.0035	2.032244	1.16E-11	95	rechaza
	MG - LG	1.886464	2.073873	0.072502	95	acepta
	MG - KF	-9.77981	2.032244	2.06E-11	95	rechaza
	FB - FR	7.196329	2.100922	1.07E-06	95	rechaza
	FB - LG	24.57883	2.446912	2.98E-07	95	rechaza
	FB - KF	9.942118	2.100922	9.76E-09	95	rechaza
	FR - LG	6.648851	2.100922	3.07E-06	95	rechaza
	FR - KF	1.23508	2.042272	0.226386	95	acepta
	LG - KF	-7.26307	2.100922	9.43E-07	95	rechaza

Cuadro 15. Prueba de t aplicada a cada uno de los indicadores de la categoría daños. Se observa la t calculada (t_c), t teórica (t_t), probabilidad ($p < 0.05$), nivel de confianza (v), e hipótesis nula (H_0).

CATEGORÍAS	SITIOS	t calc.	t teo.	P	%	Ho
ANCLA	C3P - MG	-0.8165	2.01286	0.418425	95	acepta
	C3P - FB	1.224745	2.042272	0.230202	95	acepta
	C3P - FR	-0.1831	2.018082	0.855601	95	acepta
	C3P - LG	1.224745	2.042272	0.230202	95	acepta
	C3P - KF	-0.60017	2.018082	0.551617	95	acepta
	MG - FB	1.563472	2.073873	0.132213	95	acepta
	MG - FR	0.529997	2.032244	0.599558	95	acepta
	MG - LG	1.563472	2.073873	0.132213	95	acepta
	MG - KF	0.148635	2.032244	0.88272	95	acepta
	FB - FR	-1.2792	2.100922	0.21707	95	acepta
	FB - KF	-1.46969	2.100922	0.1158907	95	acepta
	FR - LG	1.279204	2.100922	0.21707	95	acepta
	FR - KF	-0.36116	2.042272	0.720513	95	acepta
	LG - KF	-1.46969	2.100922	0.158907	95	acepta
OTROS	MG - LG	-1.12882	2.073873	0.271134	95	acepta
BASURA	C3P - LG	-0.33211	2.042272	0.742119	95	acepta

Cuadro 16. Tabla de contingencia entre peces ecológicos indicadores y sitios.

Tipo de sitio	Sitio	MARIPOSA	LORO	Total
Dentro	C3P	21	166	187
	exp f	19.1021505	167.8978	
	MG	16	132	148
	exp f	15.1182796	132.8817	
Fuera	FB	4	2	6
	exp f	0.61290323	5.387097	
	FR	12	34	46
	exp f	4.69892473	41.30108	
	LG	2	21	23
	exp f	2.34946237	20.65054	
	KG	2	146	148
	exp f	15.1182796	132.8817	
	Total	57	501	558

Cuadro 17. Tabla de contingencia entre peces indicadores de sobrepesca y sitios.

Tipo de sitio	<i>Sitio</i>	<i>RONCOS</i>	<i>PARGOS</i>	<i>LORO</i>	<i>MEROS</i>	Total
Dentro	C3P	68	89	166	3	326
	exp f	123.19196	37.0231156	164.1467	1.638191	
	MG	84	2	132	2	220
	exp f	83.1356784	6.33	110.7739	1.105528	
	FB	53	10	2	0	65
Fuera	exp f	24.5628141	7.38190955	32.72864	0.326633	
	FR	8	0	34	0	42
	exp f	15.8713568	4.76984925	21.14774	0.211055	
	LG	1	0	21	0	22
	exp f	8.31356784	2.49849246	11.07739	0.110553	
	KG	162	12	146	0	320
	exp f	120.924623	36.3417085	161.1256	1.60804	
	Total		376	113	501	5

Cuadro 18. Tabla de contingencia entre invertebrados indicadores y sitios.

Tipo de sitio	Sitio	BOXEADOR	DIADEMA	LÁPIZ	GORGÓNIDOS	Total
DENTRO	C3P	4	6	80	639	729
	exp f	6.647416413	15.0674772	71.7921	635.4930091	
	MG	8	7	14	103	132
	exp f	1.203647416	6.33	12.99939	115.068693	
FUERA	FR	3	10	17	118	148
	exp f	1.349544073	3.058966565	14.57508	129.0164134	
	LG	0	0	10	0	10
	exp f	0.09118541	0.20668693	0.984802	8.717325228	
	KG	0	11	41	574	626
	exp f	5.708206687	12.93860182	61.64863	545.7045593	
	Total	15	34	162	1434	1645

Cuadro 19. Chi² de estatus ecológico del blanqueamiento de parches arrecifales del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, en relación al blanqueamiento global reportado (Marshall y Shuttensberg 2006). Donde Chi² crítico (Chi²_c) y Chi²₁ (Chi² teórico), grados de libertad (gl).

Sitio		% Obsv.	% Esp.	Chi crit.	Chi teo.	gl	Ho
C3P	si	7	10	0.999999	3.84	1	acepta
	no	93	90				
MG	si	17	10	5.444444	3.84	1	rechaza
	no	83	90				
LG	si	13	10	0.999999	3.84	1	acepta
	no	87	90				
KF	si	3	10	5.444444	3.84	1	rechaza
	no	97	90				

Cuadro 20. Análisis de varianza (ANOVA) de una cola y prueba de significancia estadística F de Fisher para los indicadores biológicos de Guatemala.

Grupo indicador	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	Ho
Peces	14798.76	5	2959.752	1.391131	0.250773	2.477165	rechaza
Invertebrados	63622.6	5	12724.52	0.821243	0.541577	2.437694	rechaza
Sustrato	2.88E-05	5	5.75E-06	1.94E-08	1	2.386066	acepta
Daños	7500	5	1500	2.8463	0.117606	4.387374	rechaza

7.2 BELICE

Cuadro 21. Análisis de varianza (ANOVA) de dos colas y prueba de significancia estadística F de Fisher para los indicadores biológicos de Guatemala comparados con los de Belice.

Grupo indicador	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	P	Crítico para F	Ho
Peces	26321.78	11	2392.889	1.990094	0.045305	1.952212	rechaza
Invertebrados	1540853	11	140077.5	0.495584	0.901062	1.904539	acepta

Entre los peces indicadores se determinó que sí existen diferencias significativas entre los sitios de Belice y Guatemala ($p = 0.045305$). Con respecto a los invertebrados no se obtuvo diferencias significativas entre los sitios de Belice y Guatemala ($p = 0.901062$).

7.3 HONDURAS

Cuadro 22. Análisis de varianza (ANOVA) de dos colas y prueba de significancia estadística F de Fisher para los indicadores biológicos de Guatemala comparados con los de Honduras.

Grupo indicador	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	P	Crítico para F	Ho
Peces	26729.15	11	2429.923	1.909937	0.055789	1.952212	acepta
Invertebrados	76414.83	11	6946.803	0.637477	0.791843	1.904539	acepta

Entre los peces e invertebrados indicadores se determinó que no existen diferencias significativas entre los sitios de Honduras y Guatemala ($p = 0.055789$; $p = 0.791843$).

7.4 Monitoreo Reef Check de 1997 – 2001

Cuadro 23. Monitoreo de Reef Check realizado de 1997 al 2001. Tamaño de muestra 1,500 arrecifes coralinos alrededor del mundo, en donde solamente 1,107 fueron utilizados para análisis.

INDICADOR	ATLÁNTICO (ind./m ²) (1997 – 2001)	INDO- PACÍFICO (ind./m ²) (1997 – 2001)	GUATEMALA (ind./m ²) (2006-2007)
Familia Chaetodontidae	6.4	10	0.66
Familia Haemulidae	797.5	-	4.37
Familia Lutjanidae	23.2	-	23.2
Familia Scaridae	5.1	-	5.825
Familia Serranidae	1.13	0.45	0.058
<i>Stenopus hispidus</i>	1.2	0.09	0.174
<i>Diadema antillarum</i>	10.3	36.41	0.395
<i>Eucidaris</i> spp.	1.17	120	1.88
<i>Panilurus argus</i>	0.39	5.25	0.3

Cuadro 24. Análisis aplicado a los datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Cabo Tres Puntas del 2006 al 2007.

Categoría	Indicador	IN			EX				TOTALES	SV	σ	C3P * T. con	X total	t obs.	t teo.	FINAL
		C3P	MG	FB	FR	LG	KF									
Peces	Pez	21	16	4	12	2	2	57	8.04363	3.58121	9	0.428571	2.672682	1.703	Sí hay	
	Mariposa	68	84	53	8	1	162	376	58.7117	26.1398	20	0.294118	0.371307	1.703	No hay	
	Pargos	89	2	10	0	0	12	113	34.7587	15.4754	10	0.11236	0.638928	1.703	No hay	
	Pez Loro	166	132	2	34	21	146	501	72.199	32.1446	22	0.13253	0.306971	1.703	No hay	
	Morenas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.703	No hay	
	Meros	3	2	0	0	0	0	5	1.32916	0.59177	3	1	15.20855	1.703	Sí hay	
Invertebrados	Boxeador	4	8	0	3	0	0	15	3.20936	1.42888	4	1	6.298637	1.703	Sí hay	
	Diadema	6	7	0	10	0	11	34	4.76095	2.11968	3	0.5	4.4818	1.703	Sí hay	
	Lápiz	80	14	0	17	10	41	162	29.2985	13.0443	15	0.1875	0.752242	1.703	No hay	
	Colector	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.703	No hay	
	Tritón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.703	No hay	
	Flamingo	0	4	0	0	0	0	4	1.63299	0.72705	0	0	13.7543	1.703	Sí hay	
	Gorgónido	639	103	0	118	0	574	1434	289.691	128.977	25	0.039124	0.07723	1.703	No hay	
	Langosta	0	6	0	0	0	0	6	2.44949	1.09057	0	0	9.16953	1.703	Sí hay	
Total		28	20	4	16	4	16									

* T. con = Transectos con presencia del indicador

Si t teo. > t obs. NO hay diferencia

Si t teo. < t obs. SI hay diferencia

Cuadro 25. Análisis aplicado a los datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Motaguilla del 2006 al 2007.

Categoría	Indicador	IN			SITO			EX			TOTALES	SV	σ	MG	X total	t obs.	t teo.	FINAL
		C3P	MG	FB	FR	LG	KF	* T. con										
	Pez Mariposa	21	16	4	12	2	2	57	8.043631	3.58121	9	0.42857	2.6727	1.729	Sí hay			
	Roncos	68	84	53	8	1	162	376	58.71173	26.1398	8	0.11765	0.3781	1.729	No hay			
	Pargos	89	2	10	0	0	12	113	34.75869	15.4754	1	0.01124	0.6455	1.729	No hay			
	Pez Loro	166	132	2	34	21	146	501	72.19903	32.1446	18	0.10843	0.3077	1.729	No hay			
	Morenas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.729	No hay			
	Meros	3	2	0	0	0	0	5	1.32916	0.59177	2	0.66667	15.772	1.729	Sí hay			
	Boxeador	4	8	0	3	0	0	15	3.209361	1.42888	6	1.5	5.9487	1.729	Sí hay			
	Diadema	6	7	0	10	0	11	34	4.760952	2.11968	5	0.83333	4.3245	1.729	Sí hay			
	Lápiz	80	14	0	17	10	41	162	29.29846	13.0443	6	0.075	0.7609	1.729	No hay			
	Colector	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.729	No hay			
	Tritón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.729	No hay			
	Flamingo	0	4	0	0	0	0	4	1.632993	0.72705	2	0	13.754	1.729	Sí hay			
	Gorgónido	639	103	0	118	0	574	1434	289.6909	128.977	16	0.02504	0.0773	1.729	No hay			
	Langosta	0	6	0	0	0	0	6	2.44949	1.09057	2	0	9.1695	1.729	Sí hay			
Total		28	20	4	16	4	16											

* T. con = Transectos con presencia del indicador

Si t teo. > t obs. NO hay diferencia

Si t teo. < t obs. SI hay diferencia

Cuadro 26. Análisis aplicado a los datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Faro Blanco del 2006 al 2007.

Categoría	Indicador	IN			EX				TOTALES	SV	σ	FB * T. con	X total	t obs.	t teo.	FINAL
		C3P	MG	FB	FR	LG	KF									
	Pez	21	16	4	12	2	2	57	8.04363	3.58121	1	0.047619	2.779058	2.353	Sí hay	
	Mariposa	68	84	53	8	1	162	376	58.7117	26.1398	1	0.014706	0.381996	2.353	No hay	
	Pargos	89	2	10	0	0	12	113	34.7587	15.4754	1	0.011236	0.645463	2.353	No hay	
	Pez Loro	166	132	2	34	21	146	501	72.199	32.1446	1	0.006024	0.310906	2.353	No hay	
	Morenas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.353	No hay	
	Meros	3	2	0	0	0	0	5	1.32916	0.59177	0	0	16.89839	2.353	Sí hay	
Invertebrados	Boxeador	4	8	0	3	0	0	15	3.20936	1.42888	0	0	6.998486	2.353	Sí hay	
	Diadema	6	7	0	10	0	11	34	4.76095	2.11968	0	0	4.717684	2.353	Sí hay	
	Lápiz	80	14	0	17	10	41	162	29.2985	13.0443	0	0	0.766616	2.353	No hay	
	Colector	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.353	No hay	
	Tritón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.353	No hay	
	Flamingo	0	4	0	0	0	0	4	1.63299	0.72705	0	0	13.7543	2.353	Sí hay	
	Gorgónido	639	103	0	118	0	574	1434	289.691	128.977	0	0	0.077533	2.353	No hay	
	Langosta	0	6	0	0	0	0	6	2.44949	1.09057	0	0	9.16953	2.353	Sí hay	
Total Transectos		28	20	4	16	4	16									

* T. con = Transectos con presencia del indicador

Si t teo. > t obs. NO hay diferencia

Si t teo. < t obs. SI hay diferencia

Cuadro 27. Análisis aplicado a los datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Faro Rojo del 2006 al 2007.

Categoría	Indicador	IN			EX				FR	* T. con	X total	t obs.	t teo.	FINAL	
		C3P	MG	FB	FR	LG	KF	TOTALES							SV
	Pez														
	Mariposa	21	16	4	12	2	2	57	8.043631	3.581207	4	0.190476	2.739167	1.753	Sí hay
	Roncos	68	84	53	8	1	162	376	58.71173	26.13979	6	0.088235	0.379183	1.753	No hay
	Pargos	89	2	10	0	0	12	113	34.75869	15.47536	6	0.067416	0.641832	1.753	No hay
	Pez Loro	166	132	2	34	21	146	501	72.19903	32.14465	8	0.048193	0.309595	1.753	No hay
	Morenas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.753	No hay
	Meros	3	2	0	0	0	0	5	1.32916	0.591772	0	0	16.89839	1.753	Sí hay
Invertebrados	Boxeador	4	8	0	3	0	0	15	3.209361	1.42888	2	0.5	6.648562	1.753	Sí hay
	Diadema	6	7	0	10	0	11	34	4.760952	2.119684	6	1	4.245916	1.753	Sí hay
	Lápiz	80	14	0	17	10	41	162	29.29846	13.04434	7	0.0875	0.759908	1.753	No hay
	Colector	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.753	No hay
	Tritón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.753	No hay
	Flamingo	0	4	0	0	0	0	4	1.632993	0.727046	0	0	13.7543	1.753	Sí hay
	Gorgónido	639	103	0	118	0	574	1434	289.6909	128.9769	12	0.018779	0.077388	1.753	No hay
	Langosta	0	6	0	0	0	0	6	2.44949	1.090568	0	0	9.16953	1.753	Sí hay
Total Transectos		28	20	4	16	4	16								

* T. con = Transectos con presencia del indicador

Si t teo. > t obs. NO hay diferencia

Si t teo. < t obs. SI hay diferencia

Cuadro 28. Análisis aplicado a los datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Languaja del 2006 al 2007.

Categoría	Indicador	IN			EX			TOTALS	SV	σ	LG * T. con	X total	t obs.	t teo.	FINAL
		C3P	MG	FB	FR	LG	KF								
	Pez														
	Mariposa	21	16	4	12	2	2	57	8.043631	3.581207	1	0.047619	2.779058	2.353	Sí hay
	Roncos	68	84	53	8	1	162	376	58.71173	26.13979	1	0.014706	0.381996	2.353	No hay
	Pargos	89	2	10	0	0	12	113	34.75869	15.47536	0	0	0.646189	2.353	No hay
	Pez Loro	166	132	2	34	21	146	501	72.19903	32.14465	4	0.024096	0.310344	2.353	No hay
	Morenas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.353	No hay
	Meros	3	2	0	0	0	0	5	1.32916	0.591772	0	0	16.89839	2.353	Sí hay
Invertebrados	Boxeador	4	8	0	3	0	0	15	3.209361	1.42888	0	0	6.998486	2.353	Sí hay
	Diadema	6	7	0	10	0	11	34	4.760952	2.119684	0	0	4.717684	2.353	Sí hay
	Lápiz	80	14	0	17	10	41	162	29.29846	13.04434	4	0.05	0.762783	2.353	No hay
	Colector	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.353	No hay
	Tritón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.353	No hay
	Flamingo	0	4	0	0	0	0	4	1.632993	0.727046	0	0	13.7543	2.353	Sí hay
	Gorgónido	639	103	0	118	0	574	1434	289.6909	128.9769	0	0	0.077533	2.353	No hay
	Langosta	0	6	0	0	0	0	6	2.44949	1.090568	0	0	9.16953	2.353	Sí hay
Total Transectos		28	20	4	16	4	16								

* T. con = Transectos con presencia del indicador

Si t teo. > t obs. NO hay diferencia

Si t teo. < t obs. SI hay diferencia

Cuadro 29. Análisis aplicado a datos obtenidos de los muestreos en el sitio de Kingfish del 2006 al 2007.

Categoría	Indicador	IN			EX				TOTALES	SV	σ	KF * T. con	X total	t obs.	t teo.	FINAL
		C3P	MG	FB	FR	LG	KF									
	Pez															
	Mariposa	21	16	4	12	2	2	57	8.043631	3.581207	1	0.047619	2.779058	1.753	Sí hay	
	Roncos	68	84	53	8	1	162	376	58.71173	26.13979	15	0.220588	0.37412	1.753	No hay	
	Pargos	89	2	10	0	0	12	113	34.75869	15.47536	10	0.11236	0.638928	1.753	No hay	
	Pez Loro	166	132	2	34	21	146	501	72.19903	32.14465	15	0.090361	0.308283	1.753	No hay	
	Morenas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.753	No hay	
	Meros	3	2	0	0	0	0	5	1.32916	0.591772	0	0	16.89839	1.753	Sí hay	
	Boxeador	4	8	0	3	0	0	15	3.209361	1.42888	0	0	6.998486	1.753	Sí hay	
	Diadema	6	7	0	10	0	11	34	4.760952	2.119684	6	1	4.245916	1.753	Sí hay	
	Lápiz	80	14	0	17	10	41	162	29.29846	13.04434	9	0.1125	0.757992	1.753	No hay	
	Colector	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.753	No hay	
	Tritón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.753	No hay	
	Flamingo	0	4	0	0	0	0	4	1.632993	0.727046	0	0	13.7543	1.753	Sí hay	
	Gorgónido	639	103	0	118	0	574	1434	289.6909	128.9769	16	0.025039	0.077339	1.753	No hay	
	Langosta	0	6	0	0	0	0	6	2.44949	1.090568	0	0	9.16953	1.753	Sí hay	
Total	Transectos	28	20	4	16	4	16									

* T. con = Transectos con presencia del indicador

Si t teo. > t obs. NO hay diferencia

Si t teo. < t obs. SI hay diferencia

VIII. DISCUSIÓN

6.1 Reserva de Vida Silvestre Punta de Manabique (RVSPM)

Las áreas marinas protegidas (AMP) tienen como objetivo principal proteger la biodiversidad y contribuir con el manejo de los recursos a nivel de ecosistema (D'Agrosa 2207). En el caso del RVSPM en la costa del Atlántico de Guatemala se determinó estadísticamente, utilizando los indicadores específicos de peces e invertebrados designados por el protocolo de monitoreo Reef Check[®], que los sitios dentro y fuera del área de conservación no presentan diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Estos resultados demuestran que el manejo ineffectivo de las AMP constituye una amenaza adicional para los arrecifes coralinos. En el caso del Caribe, el incremento del turismo, la pesca y otro tipo de uso de las áreas arrecifales provoca desbalances al ecosistema marino. En la actualidad están declaradas más de 285 AMP en todo el Caribe, pero el nivel de protección que ofrecen varía considerablemente. Solamente el 6% de las AMP ofrecen un manejo efectivo; el 13% ofrece un manejo parcial; un 33% posee un manejo desconocido, y el 48% de las AMP posee un manejo inadecuado (Burke & Maidens 2005). Desafortunadamente el AMP en Guatemala demuestra que posee un manejo inadecuado del recurso, y que sus objetivos de conservación y manejo no cumplen con los esperados.

Utilizando análisis estadísticos de tablas de contingencia ($p < 0.05$), se logró determinar que el número de individuos de peces e invertebrados no es independiente del sitio. Esto sugiere que impactos externos como la sobrepesca, contaminación y mal manejo del recurso están afectando a las poblaciones de animales presentes en el ecosistema arrecifal.

Es importante mencionar que en la región del Caribe la pesca artesanal, la pesca comercial y la pesca de subsistencia han sido siempre un pilar fundamental en las comunidades costeras. El acceso a los arrecifes coralinos es abierto, y mientras no

existan regulaciones de manejo, la sobreexplotación de los recursos hace que éstos sean susceptibles a cambios ecológicos drásticos. Los pescadores afectan los ciclos de vida de los peces arrecifales, ya que eliminan selectivamente a los más grandes debido a que poseen un mayor valor comercial, y además utilizan como sitios principales de pesca las zonas de desove.

6.2 Estatus ecológico de parches arrecifales de Guatemala

El muestreo Reef Check[®] (RC) aplicado en este estudio fue utilizado para determinar la funcionalidad del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique en la costa del Atlántico de Guatemala. La poca presencia relativa de individuos, dentro y fuera del área de conservación, sugiere que el área está siendo severamente afectada por impactos antropogénicos, o que el área ya se encontraba en mal estado previo a su creación en el 2005. Por medio del monitoreo de indicadores específicos de RC se observa que el impacto predominante es la sobrepesca, ya que el número de individuos por especie de peces e invertebrados indicadores de éste impacto demuestran poca abundancia.

Dentro de la categoría de peces se obtuvo baja abundancia de individuos. El pez loro (Familia Scaridae) fue el más abundante con 501 individuos observados en todos los sitios (incluye dentro y fuera del AMP). El sitio que presentó mayor número de peces loro (Familia Scaridae) fue Cabo Tres Puntas, con un total de 166 individuos, seguido por Kingfish, con un total de 146 peces loro (Familia Scaridae). Se registraron únicamente cinco meros (Familia Serranidae) en toda el área muestreada, y no se registró ninguna morena (Familia Muraenidae) dentro de ninguno de los sitios estudiados. Las cantidades relativamente bajas sugieren que actividades, como la pesca indiscriminada y la falta de hábitat estén teniendo consecuencias que afectan la viabilidad de estos organismos.

Los peces mariposa (Familia Chaetodonidae) fueron elegidos como indicadores de sobrepesca y especies para acuarios. El sitio con mayor número de individuos fue

Cabo Tres Puntas, mientras que Languaja y Kingfish poseen los menores registros. Entre los sitios de monitoreo, solamente Motaguilla y Kingfish mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$), lo que puede indicar que Kingfish posee una mayor explotación de este recurso.

Los roncós (Familia Haemulidae), los pargos (Familia Lutjanidae) y los meros (Familia Serranidae) son especies altamente cazadas como fuente de alimento. En relación a los roncós (Familia Haemulidae) Faro Rojo y Languaja son los sitios que presentan menor número de individuos, con ocho y uno respectivamente. En Cabo Tres Puntas, Motaguilla, Faro Blanco y Kingfish se registraron más de 50 individuos por sitio. Por medio de los análisis estadísticos ($p < 0.05$) se logró determinar que sí existen diferencias significativas entre sitios en relación a este indicador, lo que sugiere que Faro Rojo y Languaja presentan mayor explotación de este recurso.

Los pargos (Familia Haemulidae) se registraron en mayor cantidad en Cabo Tres Puntas con 89 individuos. Los otros sitios muestreados registraron menos de 15 individuos, y por medio de los análisis estadísticos se determinó que sí existen diferencias significativas entre sitios en relación a éste indicador. Cabo Tres Puntas es el sitio menos afectado en relación a la presencia de pargos (Familia Haemulidae). Se registraron únicamente cinco meros en los sitios que se encuentran dentro del área protegida, sin embargo, el número de registros es tan bajo, que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) en relación a este indicador.

El pez loro (Familia Scaridae) posee gran importancia ecológica, y es además indicador de sobrepesca. Esta familia se registró en grandes cantidades en Cabo Tres Puntas, Motaguilla y Kingfish, mientras que en los otros sitios, los registros fueron muy bajos. Se determinó que sí existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los sitios muestreados, lo que indica que Faro Blanco y Faro Rojo presentan desbalances respecto a los peces loro (Familia Scaridae). No se registró ninguna morena (Familia Muraenidae) en ninguno de los sitios, lo que puede indicar sobrepesca de este recurso o que estos animales se encuentran restringidos a otras áreas.

Los sitios de Cabo Tres Puntas y Kingfish presentaron mayor abundancia de invertebrados, mientras que Faro Blanco no presentó ninguna especie. La abundancia de invertebrados estuvo dominada principalmente por gorgónidos (Familia Gorgonacea), con un total de 1,434 gorgónidos en todos los sitios muestreados, haciendo evidente la plasticidad ecológica que posee este grupo para su colonización. Se registraron 34 erizos de espinas negras (*Diadema antillarum*), individuos que son indicadores de balance ecológico. Los indicadores que se presentaron en baja abundancia fueron las langostas (*Panilurus* spp.) y las lenguas de flamingo (*Cyphoma gibbosum*), con seis y cuatro individuos respectivamente.

Los camarones boxeadores (*Stenopus hispidus*) son indicadores de especies que son capturadas para su venta en acuarios. Estos animales se registraron en números muy bajos en todo los sitios de muestreo, y solamente Motaguilla con Kingfish presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Los erizos de espinas negras (*Diadema antillarum*) son especies ecológicamente importantes. Se registraron únicamente 34 individuos en todos los sitios muestreados, y estadísticamente no existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los sitios dentro y fuera de la RVSPM. El erizo puntas de lápiz (*Eucidaris* spp.) es indicador de objeto curioso, y solamente se registraron 162 individuos. Cabo Tres Puntas, Kingfish y Motaguilla mostraron diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que la explotación de este recurso en Motaguilla es mayor que en Cabo Tres Puntas y Kingfish. No se registró ningún erizo colector (*Tripneustes* spp.) y ningún Tritón (*Charonia variegata*); y solamente se registraron cuatro lengua de flamingo (*Cyphoma gibbosum*). Estas tres especies son indicadores de colectas como objetos curiosos, sin embargo, la ausencia de estos animales se puede deber a que las condiciones ambientales no son las favorables para que se desarrollen.

Se registraron únicamente ocho langostas (*Panilurus* spp.) en todos los sitios muestreados. Este animal es indicador de sobrepesca, y estadísticamente no se

registraron diferencias significativas entre los sitios muestreados ($p < 0.05$). Lo que indica que todos los sitios presentan el mismo nivel de explotación de este recurso.

El tipo de sustrato predominante en Cabo Tres Puntas, Faro Blanco y Faro Rojo fue la arena (SD), con un 52.05%, 72.5% y 37.50% respectivamente. Las algas indicadores de nutrientes (NIA) en Cabo Tres Puntas, Motaguilla y Kingfish presentaron porcentajes altos de 19.55%, 35.24%, y 34.38% respectivamente. En Languaja el coral duro (HC) fue el sustrato predominante con un 11.25% de cobertura. La presencia de altos porcentajes de algas indicadoras de nutrientes (NIA) en la mayoría de los sitios estudiados (Cabo Tres Puntas, Motaguilla, Faro Rojo y Kingfish) se cree está directamente relacionada con la contaminación por aguas residuales con altas concentraciones de nutrientes. En estudios anteriores (Hodgson *et al.* 2002) se determinó que si los porcentajes de este tipo de sustrato están entre $3.8 \pm 8.1\%$ la contaminación por aguas residuales es baja o nula, y entre $13.1\% \pm 12.7\%$ la contaminación es alta. En base a este estudio, el caso de Guatemala la contaminación causada por aguas residuales es extremadamente alta. Todo esto se debe a la presencia de gran cantidad de ríos y riachuelos (Río Motagua, Río Dulce, Río Sarstún y Canal Inglés) que desembocan cerca de los parches arrecifales, lo que está ocasionando sedimentación y ocasiona la sobre producción de algas coralinas.

Los daños observados en los parches arrecifales de Cabo Tres Puntas, Motaguilla, Faro Blanco, Faro Rojo, Languaja y Kingfish corresponden a daños ocasionados por ancla y contaminación-sedimentación, con el mismo número de registros cada uno. Los daños por ancla son debido a que la mayoría de pescadores artesanales la utilizan para anclar sus embarcaciones y poder tirar sus redes. El ancla cae sobre un coral duro ocasionando graves daños ya que puede romper y destruir gran cantidad de cabezas de coral. La contaminación-sedimentación se observó sobre la mayoría de arrecifes coralinos muestreados. Es muy probable que este tipo de contaminación se deba principalmente al escurrimiento de fertilizantes de plantaciones de banano y cítricos desde el sur de Belice hasta Guatemala y Honduras, y además al pobre o nulo manejo de los desechos orgánicos en fincas aledañas.

Es evidente que una de las principales afecciones a nuestros ecosistemas marinos es el calentamiento global, y uno de los principales síntomas es el “blanqueamiento” de los corales escleractinios que forman estructuras arrecifales. Se utilizaron los índices propuestos por Oliver *et al.* 2004 (Ver apéndice 6) para estimar la proporción de blanqueamiento que presentan los parches coralinos de Guatemala en los sitios dentro de la RVSPM (Cabo Tres Puntas y Motaguilla), y fuera de la RVSPM (Faro Blanco, Faro Rojo, Languaja y Kingfish) en relación a los datos de blanqueamiento global. Se observó que Motaguilla presenta un 17% de blanqueamiento poblacional, lo que demuestra que es el sitio con mayor presencia de esta enfermedad. Por medio de la prueba de χ^2 se determinó que este sitio presenta mayor blanqueamiento que el esperado ($p < 0.05$). Cabo Tres Puntas y Languaja presentan un 7% y 13% respectivamente, y estadísticamente no presentan diferencias significativas con los índices propuestos globalmente. Por el otro lado Kingfish registró únicamente un 3% de blanqueamiento población; y sí presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Estas diferencias se deben a que Kingfish posee un porcentaje menor al global establecido.

6.3 Comparación a nivel regional (Belice y Honduras) y a nivel internacional (Reef Check 1997 – 20001)

Reef Check[®] posee sucursales en más de 82 países del mundo y entre sus objetivos principales está el detectar cambios ecológica y estadísticamente significativos en los arrecifes coralinos ocasionados por actividades humanas. Desde 1997 se han estado realizando monitoreos constantes en varios arrecifes alrededor del mundo.

Varios estudios (Hodgson *et al.* 2002; McField y Kramer 2007; Burke y Maidens 2005) demuestran que los arrecifes coralinos en el Caribe han sufrido cambios masivos (contaminación, sobrepesca, pérdida de especies, enfermedades, etc.) en las últimas décadas. El crecimiento poblacional, el desarrollo costero y el incremento de actividades pesqueras, agrícolas e industriales en las zonas costeras son las causas más importantes

de las presiones sobre los arrecifes coralinos. La evidencia de esta degradación es muy amplia, y se observa claramente en la disminución total o parcial de ciertas especies indicadoras, en un aumento de las enfermedades coralinas y en una dominancia casi total de algas indicadoras de nutrientes sobre los corales duros. Estudio por Almada-Villela 2002, demuestran que Guatemala, Belice y Honduras no son la excepción a la degradación global, y los arrecifes coralinos del arrecife mesoamericano del SAM se ven grandemente amenazados por varias presiones externas. La sobrepesca es la amenaza más generalizada sobre el SAM, ya que los arrecifes coralinos de esta zona han estado sometidos a pesca intensa e indiscriminada desde los 1960s. En Belice hay evidencias de sobrepesca por pescadores locales de pequeña escala y flotas pequeñas industriales. La pesca intensiva de Honduras ha afectado a las poblaciones de gran cantidad de especies de peces e invertebrados de los arrecifes alrededor de las Islas de la Bahía.

Voluntarios de Reef Check[®] de Belice y Honduras realizaron monitoreos en los parches arrecifales en varios sitios durante los años del 2006 – 2007. Los resultados obtenidos de los indicadores de peces e invertebrados fueron comparados con los obtenidos en este estudio. Se determinó que sí existen diferencias estadísticamente significativas en lo que es la categoría de peces indicadores entre Belice y Guatemala ($p < 0.05$). Guatemala registró mayor abundancia de peces, lo que indica que en Belice, a pesar de contar con modelos de manejo integrados en la AMP la sobrepesca es desmedida. Entre la categoría de invertebrados indicadores no se encontró diferencia significativa entre los parches de Guatemala y Belice, lo que puede indicar que ambos países presentan sobrepesca u otra actividad que influya sobre estos recursos. Guatemala y Honduras no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las categorías de peces e invertebrados indicadores, lo que sugiere que ambas regiones pueden estar altamente amenazadas por la sobrepesca o la contaminación.

Durante los años de 1997 – 2001 se muestrearon aproximadamente 1,500 arrecifes, de los cuales 1,107 fueron utilizados para posteriores análisis. En relación a los peces mariposa (Familia Chaetodontidae), durante éste período de monitoreos se observó una abundancia de 6.4 individuos/100 m² en el océano Atlántico, mientras que en el Indo

Pacífico la abundancia fue de 10.0 individuos/100 m². En el presente monitoreo se determinó que Guatemala presenta una abundancia de 0.66 individuos/100 m². Con estos resultados con base al protocolo de monitoreo RC se puede determinar que los peces mariposa (Familia Chaetodontidae) se ven amenazados por la sobrepesca que hay en esta región. Los meros (Familia Serranidae) presentaron una abundancia de 1.13 individuos/100 m² en el Atlántico, y 0.45 individuos/100 m² en el Indo Pacífico durante el periodo del 1997 – 2001. En el presente estudio se registró para Guatemala un total de 0.058 individuos/100 m². Este dato muestra que este indicador se ve severamente amenazado, y según RC la sobrepesca es el mayor impacto. Durante el estudio de 1997 – 2001 se registraron 797.5 roncós (Familia Haemulidae)/100 m² en el Atlántico, y 23.2 pargos (Familia Lutjanidae) mientras que para Guatemala se registró un total de 4.37 roncós (Familia Haemulidae)/100 m² y 23.2 pargos (Familia Lutjanidae)/100 m². Se puede observar claramente, y en base a los índices de RC, que ambas especies se ven afectadas de sobremanera por la sobrepesca. Se registró un total de 5.1 peces loro (Familia Scaridae)/100 m² durante el periodo de 1997 – 2001, y para Guatemala se registró un total de 5.825 individuos/100 m². Con estos resultados se puede inferir que este indicador es el menos afectado por impactos atropogénicos.

Durante el periodo de 1997 – 2001 se registró un total de 0.39 langostas (*Panilurus* spp.)/100 m² en el Caribe, y un total de 5.25 langostas (*Panilurus* spp.) en Australia. En el presente estudio se registró un total de 0.3 langostas (*Panilurus* spp.)/100 m² para Guatemala. Con estos datos se puede observar que este indicador se ve seriamente amenazado en toda la región del Caribe. Para el erizo puntas de lápiz (*Eucidaris* spp.) se registró un total de 1.17 individuos/100 m² para el Atlántico y un total de 120 individuos/100m² para Hawaii en el período de 1997 – 2001. Para Guatemala se reportó un total de 1.88 individuos/100 m². Estos valores demuestran que el número de erizos punta de lápiz (*Eucidaris* spp.) en la región del Caribe es mucho menor en relación a otros sitios. Para el camarón boxeador (*Stenopus hispidus*) se registró un total de 1.2 individuos/100 m² para la región del Atlántico, y 0.09 individuos/100 m² para la región del Indo Pacífico. En Guatemala se registró un total del 0.174 individuos/100 m². Por medio de estos datos se puede observar que este camarón se ve severamente amenazado

por la sobrepesca principalmente en el Indo Pacífico, ya que esa región posee mayor comercio de esta especie. Para el erizo de espinas negras (*Diadema antillarum*) se registró un total de 0.395 individuos/100 m² para Guatemala, mientras que durante el estudio de 1997 – 2001 se registró un total de 10.3 individuos/100 m² en el Atlántico y un total del 36.41 individuos/100 m² para el Indo Pacífico. Estos valores pueden indicar que Guatemala presenta un desbalance ecológico en relación al erizo de espinas negras (*Diadema antillarum*), la que se puede deber a la contaminación de nutrientes, que ocasiona un sobrepoblación de algas.

Con base en los resultados obtenidos en este estudio es claro que la sobrepesca es el daño antropogénico que más impacto genera sobre los ecosistemas arrecifales. La sobrepesca no sólo afecta el tamaño de las poblaciones sino que puede ocasionar cambios muy importantes sobre la estructura de las comunidades, tanto de peces como de otros organismos clave. Un ejemplo es en la competencia por espacio entre algas y corales. La extracción de herbívoros causa que las poblaciones de algas florezcan y que el reclutamiento de corales se reduzca. La sobrepesca conlleva a pérdidas de la biodiversidad, y la desaparición de ciertas especies clave como los peces loro (Familia Scaridae); peces mariposa (Familia Chaetodontidae); erizos de espinas negras (*Diadema antillarum*), entre otras, puede disminuir la resiliencia de los arrecifes coralinos a otras amenazas.

6.4 Fiabilidad de análisis estadístico

Con base en los resultados obtenidos en las tablas 18 a 23 se puede observar que la mayoría de los indicadores requiere mayor cantidad de transectos para obtener alta fiabilidad en los análisis estadísticos. Para el presente estudio se utilizaron únicamente los datos tomados durante el 2006 y 2007, ya que por problemas de logística no se pudieron realizar más transectos en las áreas estudiadas. Sin embargo es importante recalcar que las conclusiones de este proyecto están basadas en los muestreos realizados en las fechas antes mencionadas.

6.5 Medidas de manejo

Los arrecifes coralinos representan unos de los pilares más importantes de todos los ecosistemas del mundo. La degradación de los arrecifes coralinos daña no sólo la integridad en sí de estos ecosistemas sino también a la salud de miles de personas que dependen de ellos a nivel económico y social.

Es importante realizar monitoreos regulares sobre los parches arrecifales guatemaltecos (Cabo Tres Puntas, Motaguilla, Faro Blanco, Faro Rojo, Languaja y Kingfish), para determinar a largo plazo la efectividad de la RVSPM. Es importante realizar estudios en diferentes épocas del año (verano e invierno) para determinar si existen diferencias temporales y espaciales.

Aunque las pérdidas ecológicas y económicas de estos ecosistemas marinos sean altas, estos efectos se pueden revertir con medidas de manejo de bajo costo y de fácil aplicación. Es importante realizar campañas educativas y de concientización dirigidas a comunitarios, pescadores, trabajadores de la industria turística, políticos y estudiantes, para cambiar el enfoque sobre la conservación y el manejo de los arrecifes coralinos.

Se deben ejecutar programas de monitoreo que integren factores socioeconómicos y ambientales para mejorar el estudio de estos ecosistemas marinos. El establecimiento de prácticas y medidas de manejo sostenibles pueden elevar el rendimiento y la protección de los arrecifes. Es importante considerar también el manejo integrado de fuentes hidrológicas aledañas, que influyen en un aumento de la contaminación sobre los arrecifes coralinos.

El monitoreo constante de estos ecosistemas representan un pilar importante para conocer el estatus ecológico de los arrecifes coralinos, por lo que se recomiendan monitoreos mensuales para obtener respaldo científico y crear medidas de manejo cimentadas en estos resultados. Se debe de promover la cooperación, intercambio de información e implementación de nuevos métodos de monitoreos de los arrecifes

coralinos con organizaciones internacionales como Reef Guardian International, International Coral Reef Initiative, Coral Reef Alliance (CORAL), NOAA Coral Reef Conservation Program, Coral Health and Monitoring Program (CHAMP), Reef Base Project, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN), Australian Institute of Marine Science, Reef World, Reef Relief, Operation Wallacea, International Coral Reef Action Network (ICRAN), entre otras.

IX. CONCLUSIONES

1. Con base al monitoreo Reef Check realizado en los parches arrecifales del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique se puede decir que el estatus ecológico de Cabo Tres Puntas y Motaguilla está siendo severamente afectado por daños antropogénicos.
2. De acuerdo al monitoreo Reef Check realizado fuera de los parches arrecifales del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique se puede decir que el estatus ecológico de Faro Blanco, Faro Rojo, Languaja y Kingfish está siendo severamente afectado por daños antropogénicos.
3. Según los indicadores de Reef Check utilizados en este estudio, se puede decir que la sobrepesca es el principal impacto sobre el ecosistema estudiado.
4. En Guatemala se registró un total de 501 peces loro (Familia Scaridae), 376 roncós (Familia Haemulidae), 113 pargos (Familia Lutjanidae), 57 peces mariposa (Familia Chaetodontidae), cinco meros (Familia Serranidae), y no se registró ninguna morena (Familia Muraenidae).
5. En Guatemala se registró un total de 1,434 gorgónidos (Familia Gorgonacea), 162 erizos punta de lápiz (*Eucidaris* spp.), 34 erizos negro (*Diadema antillarum*), 15 camarones boxeadores (*Stenopus hispidus*), seis langostas (*Panilurus* spp.), cuatro lenguas de flamingo (*Cyphoma gibbosum*), y no se registró ningún erizo colector (*Tripneustes* spp.) y ningún tritón (*Charonia variegata*).

6. El número de individuos registrados por indicador fue muy bajo, lo que sugiere que el impacto que está afectando nuestros ecosistemas arrecifales es bastante alto.
7. En Cabo Tres Puntas se registró un total de 52.05% de arena (SD), un 14.38% de coral duro (HC) y un 19.55% de algas indicadoras de nutrientes (NIA), lo que sugiere que la poca área de coral duro que posee este sitio está siendo invadido por gran cantidad de algas indicadores de nutrientes.
8. Motaguilla registró un 19.40% de coral duro (HC) y un 35.24% de algas algas indicadoras de nutrientes (NIA), lo que sugiere que la contaminación y sedimentación están afectando el crecimiento de coral.
9. En Faro Blanco, sitio fuera de la RVSPM, se registró un 72.5% de arena (SD), y hubo una ausencia total de los otros tipos de sustrato analizados.
10. En Faro Rojo, sitio fuera de la RVSPM, el sustrato más abundante fue la arena (SD) con un 37.50%, seguido por las algas indicadores de nutrientes (NIA) con un 36.56% de presencia, lo que sugiere que la mayor parte de coral duro está cubierto de algas indicadoras de nutrientes, evitando el crecimiento de coral.
11. En Languaja, sitio fuera de la RVSPM, el sustrato predominante fue el coral duro (HC) con un 11.25% de presencia.
12. En Kingfish, sitio fuera de la RVSPM, el sustrato dominante fueron las algas indicadoras de nutrientes (NIA) con un 34.38% de presencia.

13. En todos los sitios de muestreo, dentro y fuera de la RVSPM, se registraron únicamente daños causados por lancha, motor y/o ancla; contaminación-sedimentación y basura.
14. En Cabo Tres Puntas, sitio dentro de la RVSPM se registró un total de 7% de blanqueamiento poblacional.
15. En Motaguilla, sitio dentro de la RVSPM, se registró un 17% de blanqueamiento poblacional
16. En Languaja y Kingfish, sitios fuera de la RVSPM, se registró un 13% y 3%, respectivamente, de blanqueamiento poblacional.
17. Sí existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las categorías de peces, invertebrados y sustrato entre los sitios dentro y fuera del AMP de la RVSPM.
18. El RVSPM demuestra un manejo inadecuado de los recursos y además un incumplimiento de sus objetivos de sobre: a) desarrollar un sistema de manejo integrado del ecosistema marino-costero del RVSPM y b) facilitar la oportunidad de que las comunidades en el área obtengan beneficios sociales y económicos de los bienes y servicios que pueda proveer el área protegida

x. RECOMENDACIONES

Los arrecifes coralinos son de los ecosistemas más importantes del mundo y su degradación podría afectar a cientos de especies que dependen de este ecosistema para sobrevivir. Adicionalmente, varias especies de importancia comercial dependen de este recurso y su desaparición afectaría a miles de personas alrededor del mundo que dependen de ellos a nivel económico y social.

Se deben realizar monitoreos regulares sobre los parches arrecifales guatemaltecos (Cabo Tres Puntas, Motaguilla, Faro Blanco, Faro Rojo, Languaja y Kingfish), para determinar a largo plazo la efectividad de la RVSPM. Se recomienda también realizar monitoreos en diferentes épocas del año (verano e invierno) para determinar si existen diferencias temporales y espaciales. Adicionalmente se recomienda involucrar a las diferentes instituciones de gobierno, ONG's, academia e instituciones internacionales que trabajen directa o indirectamente con el ecosistema arrecifal para definir planes de acción para el manejo y conservación de este ecosistema en Guatemala.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Alcolado, Pedro M. 1981. *Zonación de los Gorgonáceos someros de Cuba y su posible uso como indicadores comparativos de tensión hidrodinámica sobre los organismos del bentos*. Academia de Ciencias de Cuba. *Informe Científico-Técnico* 187:1-84.
- Alcolado, Pedro M. 2004. *Manual de Capacitación para el monitoreo voluntario de alerta temprana en arrecifes coralinos*. Ministerio de ciencia, tecnología y medio ambiente, Proyecto (Agencia de Medio Ambiente), PNUD/GEF Sabana-Camagüey, Instituto de Oceanografía y MINTUR. Creaciones Gráficas. 80 pp.
- Almada- Villela, P.C. 2002. *Status of coral reefs of Mesoamerica*. Estatus of coral reefs of the world: 2002. C. Wilkinson, ed. Townsville: Australia Institute of Marine Sciences. 132 pp.
- Almada-Villela, P.C.; P.F. Sale, G. Gold-Bouchot y B. Kjerfve. 2003. *Manual de métodos para el programa de monitoreo sinóptico del SAM*. Documento técnico del SAM No.4. Belice, C.A. 149 pp.
- Burke L y J. Maidens. 2005. *Arrecifes en Peligro en el Caribe*. World Resources Institute. Washington D.C., USA. 80 pp.
- Barnes, E. & R.D. Barnes. 1996. *Zoología de los invertebrados*. 6ta Edición. MacGraw-Hill Interamericana. México, México D.F. 1114 pp.
- Belize Tourism board and natural light productions. 1999 – 2008. URL: <http://www.travelbelize.org/spanish/do.html>
- Bortone, S.A.; R.L. Shipp, W.P. Davis y R.D. Nester. 1988. *Artificial reef development along the Atlantic coast of Guatemala*. Northeast Gulf Sci. 10:45 – 48.
- Brown, B.E.; R.P. Dunne; I. Ambarsari; M.D.A Le Tissier y U. Satapoomin. 1999. *Seasonal fluctuations in environmental factors and variations in symbiotic algae and chlorophyll pigments in four Indo-Pacific coral species*. Marine Ecology Progress Series 91:53–69.
- Brusca, R. C. & G.J. Brusca. 2005. *Invertebrados*. 2ª edición. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid. 1005 pp.

- Castro, P., & M. E. Huber. 2000. *Marine Biology*. 3ra edición. MacGraw Hill Higher Education. USA. 444 pp.
- Cazali, G.M. 1988. *Inventario de pelecípodos de la costa Atlántica de Guatemala con énfasis en especies comestibles*. Tesis, Universidad de San Carlos, Ciudad de Guatemala, para optar a título de licenciada. 134 pp.
- D'Agrosa C.; L.R. Gerber; E. Sala; J. Wielgus y F. Ballantyne IV. 2007. *Navigating Uncertain Seas: adaptive monitoring and management of Marine Protected Areas*. URL: <http://www.public.asu.edu>
- Darwin, C. 1851. *The Structure and Distribution of Coral Reefs*. Reprint Series Edition (1976). University of California Press, Berkeley. Los Ángeles, CA. USA. 132 pp.
- FAO, 2002. *FAO STAT. World Wide Web electronic publication*. URL: <http://apps.fao.org/fishery/fprod1-e.htm>
- Faust, M.A. and R.A. Gulledge. 2002. *Identifying harmful marine dinoflagellates*. Contributions from the United States National Herbarium 42:1-144.
- Fitt, W.K.; F.K McFarland; M.E. Warner; y G.C. Chilcoat. 2000. *Seasonal patterns of tissue biomass and densities of symbiotic dinoflagellates in reef corals and relation to coral bleaching*. Limnology and Oceanography 45(3):677–685.
- Foer, G. & S. Olsen. 1992. *Las costas de Centro América: diagnósticos y agenda para la acción*. ROCAP-USAID-University of Rhode Island. 290 pp.
- Fonseca E., A.C. 2000. *Evaluación ecológica rápida de los arrecifes coralinos de Punta de Manabique, costa Caribe de Guatemala*. Report for The Nature Conservancy (TNC), Washington D.C. 23 pp.
- Fonseca A.C, y A. Arrivillaga. 2003. *Coral reefs of Guatemala*. Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica. Elsevier Science, Pp. 159 – 169.
- Fundación Mario Dary. 2001 (no publicado). *Evaluación Ecológica Rápida del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, Izabal, Guatemala*. C.A. PROARCA/Costas y TNC. 232 pp. URL: www.fundary.org
- García-Salgado M., T. Camarena L., G. Gold B., M. Vásquez, G. Galland, G. Nava M., G. Alarcón D. y V. Ceja M. 2006. *Línea Base del Estado del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Proyecto para la conservación y uso sostenible del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), en Belice, Guatemala, Honduras, México*. URL: <http://www.ccad.ws/documentos/proyectos/SAM/PMSlineabase.pdf>

- García-Parrado, P. 1997. *Los Gorgonáceos*. Cuba, La Habana. Sitio URL: http://www.branchingnature.org/octo/Octocorales_Pedro.pdf
- Goenaqa, C. 1986. *Los arrecifes costaneros en Puerto Rico: Estado Actual e Implicaciones Sociales*. Science-Ciencia, Boletín Científico del Sur 13(2):36-40.
- Glynn, P.W. 1996. *Coral reef bleaching: facts, hypothesis and implications*. Global Change Biology 2(6):495-509.
- Gutiérrez, L. 2004. *Metodología para caracterizar la distribución, abundancia, y densidad de Strombus gigas en Guatemala*. Fundación Tercer Milenio. Guatemala, Guatemala. 16 pp.
- Hay, M.E. 1984. *Patterns of fish and urchins grazing on Caribbean coral reefs; are previous results typical?*. Ecology 65:446 – 454.
- Herranz Martín, F. 2006. *Mero de Nassau (Epinephalus striatus)*. Creative Commons, Mediateca de Madrid. Madrid, España. URL: www.mediateca.educa.madrid.org.
- Hickman, C. P.; W.C. Ober y C.W. Garrison. 2006. *Principios integrales de Zoología*. 13ª edición. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid. 1022 pp.
- Hodgson, G. 1999. *A global assesment of human effects on coral reefs*. Mar. Pollut. Bull, 38:345 – 355.
- Hodgson, G. 1999. *A global assesment of human effects on coral reefs*. Marine Pollution Bulletin 38 (5):345 – 355.
- Hodgson, G.; J. Liebel; M. Hassan; G. Heiss; L. Maun; K. MacGee; S. Nakaya; M. Ross and C. Shuman. 2002. *The Global Coral Reef Crisis Trends and Solutions*. Reef Check Foundation[©]. Los Angeles, CA. USA. 77pp.
- Hodgson, G., Kiene, W., Mihaly, J., Liebel, J., Shuman, C. y Maun, L. 2006. *Manual de Instrucción Reef Check: Una guía para el monitoreo de arrecifes de Corales/ReefCheck*. Reef Check, Instituto De Medio Ambiente, Universidad de California en Los Ángeles. 86 pp.
- Hoegh-Guldberg, O. y R. Jones. 1999. *Photo inhibition and photo protection in symbiotic dinoflagellates from reef-building corals*. Marine Ecology Progress Series 183:73-86.

- Hoek, C. van den, Mann, D. G. y H.M. Jahns. 1995. *Algae: An introduction to Phycology*. Cambridge University Press, UK.
- Knoll, A. H., 2003. *Life on a Young Planet. The first three billion years of evolution on earth*. Princeton University Press, New Jersey, USA. 277 pp.
- Lessios, H. A. y B.D. Kessing. 1999. *Phylogeography of the pantropical sea urchin *Eucidaris* in relation to land barriers and ocean currents*. *Evolution*. 53(3):806-817
- Levinton, J.S. 2001. *Marine Biology, Function, Biodiversity, Ecology*. 2da Edición. Oxford University Press. New York, USA. 515pp.
- Marcos, Pilar. 2005. *Conservando nuestros paraísos marinos: propuesta de red representativa de áreas marinas protegidas en España*. World Wildlife Foundation (WWF). Gran Vía de San Francisco, 8-D. 28005 Madrid. 149 pp.
- Mardones R., G. 2000. *Aproximación eco sistémica al medio natural. La dinámica del medio natural*. Pedagogía en Historia y Geografía, Universidad de Los Lagos. 4 pp.
- Marshall P y H. Schuttenberg. 2006. *A reef manager's guide to coral bleaching*. Great Barrier Reef Marine Park Authority. Australia y USA. 163 pp.
- McClanahan, T.R. 1995. *A coral reef ecosystem-fisheries model: Impactos of fishing intensity and catch selection on reef structure and processes*. *Ecological Modelling* 80:1-19.
- McField, M. y P. Richards Kramer. 2007. *Healthy reef for healthy people: A guide to indicators of reef health and social well-being in the mesoamerican reef region*. Con la contribución de M. Gorrez y M. McPherson. 208 pp.
- Menéndez, J.L. 2005. *Las anémonas, corales, medusas e hidrozoos; los Cnidarios y Ctenóforos*. URL: <http://www.asturnatura.com/articulos/cnidarios/inicio.php>
- Myers, A.; C. Ransom y B. Worm. 2003. "Rapid Worldwide Depletion of Predatory Fish Communities". *Nature*. 423:280-283.
- Nybakken, J.W. 1997. *Marine Biology, an ecological approach*. 4ta edición. Addison Wesley Longman Publication. USA.
URL: <http://www.lifesciences.napier.ac.uk/teaching/MB/Index.html>

- NOAA. 2004. *Global Reef Distribution*. Última revisión 02, 2004. URL: http://www.oceanservice.noaa.gov/education/kits/corals/media/supp_coral05a.ht
- Oceana, 2010. *Áreas Marinas Protegidas: Visión general*. Última revisión 2010. URL: <http://oceana.org/es/eu/que-hacemos/proteccion-de-habitats/areas-marinas-protegidas/vision-general>
- Ogden, J.C. y R.C Carpenter 1987. *Species Profile: Life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (South Florida) – long spined black sea urchin*. U.S. Fish and Wildlife Service Biol. Rep. 82 (11.77). 17 pp.
- Oliver J., P. Marshall, N. Setiasih, y L. Hansen. 2004. *A global protocol for assessment and monitoring of coral bleaching*. World Wildlife Fund. Bali. 117pp
- Prado, L.M. 1990. *Colecta, clasificación y distribución de las especies de gasterópodos en la costa Atlántica de Guatemala*. Tesis, Universidad de San Carlos, Ciudad de Guatemala, para obtener título de licenciada. 120 pp.
- PROARCA. 1996. *Gulf of Honduras: preliminary site overview*. PROARCA/Costas, TNC, WWF and University of Rhode Island. 22 pp.
- Rapport, D.J., y W.G. Whitford. 1999. *How ecosystems respond to stress*. Bioscience 49:193-203.
- Roberts, C.M. 1995. *Effects of fishing on the ecosystem structure of coral reefs*. Conservation Biology 9:988 – 995.
- Sánchez, J.A.; J. Cadena; A. Grajales e I. Porto. 2005. *¿Por qué están muriendo los corales? Blanqueamiento coralino: causas, consecuencias e hipótesis*. Apuntes científicos uniandinos, No. 5. National Institute of Water & Atmospheric Research. Nueva Zelanda. 12pp. URL: <http://ciencias.uniandes.edu.co/pdf/corales05.pdf>
- Scheffer, M., S. Carpenter, J.A. Foley, C. Folke y B. Walker. 2001. *Catastrophic shifts in ecosystems*. Nature 413:591-596.
- Squire, S. 1988. *Interactions in physical geography today*, Oxford University Press, Melbourne. 139 pp.

- Torres, R. y T. Gough. 2006. *Resultados del monitoreo arrecifal en el arrecife de Playa Dorada (Puerto Plata) con el método Reef Check*. Instituto de Derecho Ambiental de la República Dominicana. URL: <http://www.idard.org.do/Reportes/ReporteReefCheck.pdf>
- Vo, S.T y G. Hodgson. 1997. *Coral Reefs of Vietnam. Recruitment limitation and physical forcing*. H.A. Lessions (ed) Proc. 8th Int'l Coral Reef Symposium, Pp. 281 – 477.
- Waggoner, B. 2002. *Introduction to the Octocorallia*. Department of Biology. University of Berkeley, Natural History Museum. University of Central Arkansas. URL: <http://www.ucmp.berkeley.edu/cnidaria/octocorallia.html>.
- Westmacott, S.; K. Teleki; S. Wells y J.M. West. 2000. *Manejo de arrecifes de coral blanqueados o severamente dañados*. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 36 pp.
- World Bank, departamento de Agricultura y Desarrollo Rural 2003. *Pesca mundial: cómo hacer frente a una crisis mundial*. USA. URL: [http://Inweb18.worldbank.org/ESSD/ardext.nsf/11ByDocName/Pescamundialc%C3%B3mohacerfrenteunacrisismundial/\\$FILE/Pm.pdf](http://Inweb18.worldbank.org/ESSD/ardext.nsf/11ByDocName/Pescamundialc%C3%B3mohacerfrenteunacrisismundial/$FILE/Pm.pdf)
- Yañez-Arancibia; A. D.J. Zarate-Lomeli; M. Gómez Cruz; R. Godínez Orantes y V. Santiago Fandino. 1999. *The ecosystem framework for planning and management of the Atlantic coast of Guatemala*. Ocean Coastal Management 42:283-317.

XII. APÉNDICES

Apéndice 1. Formulario de campo utilizado para anotar la descripción del sitio en el monitoreo Reef Check ©.

Country: _____

BASIC INFORMATION

Country: _____ State/Province: _____ City/town: _____
 Date: _____ Time: Start of survey: _____ End of survey: _____
 Latitude (deg. min. sec): _____ Longitude (deg. min. sec): _____
 Distance from shore: _____ m from nearest river: _____ km
 River mouth width: _____ <10m _____ 11-50m _____ 51-100m _____ 101-500m
 Dist. to nearest population center: _____ km Population size: _____ x1000
 Weather: _____ sunny _____ cloudy _____ raining
 Visibility: _____ m
 Why is this site selected: _____ Is this best site in the area? _____ Yes _____ No

IMPACTS:

Is this site: Always sheltered: _____ Sometimes sheltered: _____ Exposed: _____
 Major coral damaging storms Yes: _____ No: _____ When was last storm: _____
 Overall Anthropogenic impact None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 Is siltation a problem Never _____ Occasionally: _____ Often: _____ Always: _____
 Dynamite fishing None: _____ Low: _____ Med: _____ Heavy: _____
 Poison Fishing None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 Aquarium Fishing None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 Harvest Inverts for Food None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 Harvest Inverts for curio sales None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 Tourist Diving/snorkeling: None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 Sewage Pollution None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 Industrial pollution None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 Commercial fishing None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 Fish for the live food fish restaurant trade None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 Artisanal/recreational None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 How many yachts are typically present within 1km of this site : None: _____ Few (1-2): _____ Med (3-5): _____ Many (>5): _____
 Other impacts: _____

PROTECTION:

Any Protection (legal or other) at this site? Yes: _____ No: _____ if yes, answer questions below
 Is protection enforced Yes (full enforcement): _____ No: _____
 What is the level of poaching in protected area? None: _____ Low: _____ Med: _____ High: _____
 Check which activities below are banned:
 Spearfishing _____
 Commercial fishing _____
 Recreational fishing _____
 Invertebrate or shell collecting _____
 Anchoring _____
 Diving _____
 Other (please specify) _____

Other comments _____

TEAM MEMBERS

Submitted by _____ Regional Coordinator _____
 Team Leader _____ Team members _____
 Team Scientist _____

Apéndice 2. Formulario de campo utilizado para anotar densidad de peces e invertebrados indicadores de la salud arrecifal, así como los niveles de impactos al arrecife en el monitoreo Reef Check ©.

Site Name:		Country/Island:		
Depth:		TS/TL:		
Date:		Time:		
Fish				
Data recorded by:				
	0-20m	25-45m	50-70m	75-95m
Butterfly fish				
Grunts/Margates (Haemulidae)				
Snapper (Lutjanidae)				
Nassau Grouper (<i>Epinephalus striatus</i>)*				
Other grouper >30cm*				
Parrot fish >20 cm*				
Moray eel				
<i>*give size in comments</i>				
Invertebrates				
Data recorded by:				
	0-20m	25-45m	50-70m	75-95m
Banded coral shrimp (<i>Stenopus hispidus</i>)				
<i>Diadema</i> urchins				
Pencil urchin (<i>Eucidaris</i> spp.)				
Triton shell (<i>Charonia variegata</i>)				
Flamingo tongue (<i>Cyphoma gibbosum</i>)				
Gorgonian (sea fan, sea whip)				
Sea Egg (<i>Tripneustes</i>)				
Lobster				
Coral Damage/Bleaching/Trash/Other				
<i>Rate as: None=0, Low=1, Medium=2, High=3</i>	0-20m	25-45m	50-70m	75-95m
Coral damage: Boat/Anchor				
Coral damage: Dynamite				
Coral damage: Other				
Trash: Fish nets				
Trash: General				
Bleaching (% of coral population)				
Bleaching (% colony)				
Fill in the following:	0-20m	25-45m	50-70m	75-95m
Grouper sizes (cm)				
Coral Disease (Yes/No & %)				
Rare animals sighted (type/#)				
Other:				

(Torres y Gough 2006)

Apéndice 3. Formulario de campo utilizado para anotar la cobertura del fondo por tipo de sustrato y formas de vida en el monitoreo Reef Check ©.

Site name:				Country/Island:							
Depth:				Date:							
TS/TL:				Data recorded by:							
Time:											
Substrate Code											
HC hard coral		SC soft coral		RKC recently killed coral							
NIA nutrient indicator algae		SP sponge		RC rock							
RB rubble		SD sand		SI silt/clay							
OT other											
<i>(For first segment, if start point is 0 m, last point is 19.5 m)</i>											
SEGMENT 1			SEGMENT 2			SEGMENT 3			SEGMENT 4		
0 - 19.5 m			25 - 44.5 m			50 - 69.5 m			75 - 94.5 m		
0	10	25	35	50	60	75	85				
0.5	10.5	25.5	35.5	50.5	60.5	75.5	85.5				
1	11	26	36	51	61	76	86				
1.5	11.5	26.5	36.5	51.5	61.5	76.5	86.5				
2	12	27	37	52	62	77	87				
2.5	12.5	27.5	37.5	52.5	62.5	77.5	87.5				
3	13	28	38	53	63	78	88				
3.5	13.5	28.5	38.5	53.5	63.5	78.5	88.5				
4	14	29	39	54	64	79	89				
4.5	14.5	29.5	39.5	54.5	64.5	79.5	89.5				
5	15	30	40	55	65	80	90				
5.5	15.5	30.5	40.5	55.5	65.5	80.5	90.5				
6	16	31	41	56	66	81	91				
6.5	16.5	31.5	41.5	56.5	66.5	81.5	91.5				
7	17	32	42	57	67	82	92				
7.5	17.5	32.5	42.5	57.5	67.5	82.5	92.5				
8	18	33	43	58	68	83	93				
8.5	18.5	33.5	43.5	58.5	68.5	83.5	93.5				
9	19	34	44	59	69	84	94				
9.5	19.5	34.5	44.5	59.5	69.5	84.5	94.5				

(Torres y Gough 2006)

Apéndice 4. Proporción de corales afectados por blanqueamiento

CATEGORÍA	(%)	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
0	< 1	Sin blanqueamiento	Con muy poca presencia de blanqueamiento. Una o dos colonias con manchas pequeñas.
1	1 – 10	Bajo o moderado	Presencia ocasional, pero la mayoría de colonias sin blanqueamiento.
2	10 – 50	Moderado	Frecuencia moderada, pero menos de la mitad de las colonias con blanqueamiento.
3	50 – 90	Alto	Blanqueamiento frecuente y conspicuo, mayoría de corales con presencia.
4	> 90	Extremadamente alto	Blanqueamiento domina el área muestreada, colonias sin blanqueamiento raras de observar.

(Marshall y Schuttengerg 2006)

Apéndice 5. Número de individuos de peces e invertebrados indicadores reportados para Guatemala. Donde C3P (Cabo Tres Puntas), MT (Motaguilla), FB (Faro Blanco), FR (Faro Rojo), LG (Languaja), y KG (Kingfish).

CATEGORÍA	INDICADOR	IN		EX			
		SITIO					
		C3P	MG	FB	FR	LG	KF
PECES	Pez Mariposa (Familia Chaetodonidae)	21	16	4	12	2	2
	Roncos (Familia Haemulidae)	68	84	53	8	1	162
	Pargos (Familia Lutjanidae)	89	2	10	0	0	12
	Pez Loro (Familia Scaridae)	166	132	2	34	21	146
	Morenas (Familia Muraenidae)	0	0	0	0	0	0
	Meros (Familia Serranidae)	3	2	0	0	0	0
	INVERTEBRADOS	Boxeador (<i>Stenopus hispidus</i>)	4	8	0	3	0
	Erizo negro (<i>Diadema antillarum</i>)	6	7	0	10	0	11
	Erizo lápiz (<i>Eucidaris</i> spp.)	80	14	0	17	10	41
	Erizo colector (<i>Tripneustes</i> spp.)	0	0	0	0	0	0
	Tritón (<i>Charonia variegata</i>)	0	0	0	0	0	1
	Flamingo (<i>Cyphoma gibbosum</i>)	0	4	0	0	0	0
	Gorgonido (Familia Gorgonacea)	639	103	0	118	0	574
	Langosta (<i>Panilurus</i> spp.)	0	6	0	0	0	0