



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

**ANÁLISIS DE LAS HERRAMIENTAS DE MANEJO IMPLEMENTADAS EN EL
ARRECIFE DE AKUMAL Q. ROO DESDE UNA PERSPECTIVA SOCIO-AMBIENTAL**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA:

DENISSE REYES JAIME

TUTOR PRINCIPAL:

DR. JOAQUÍN RODRIGO GARZA PÉREZ
FACULTAD DE CIENCIAS, UMDI-SISAL, UNAM.

COMITÉ TUTOR:

DR. RODOLFO RIOJA NIETO
FACULTAD DE CIENCIAS, UMDI-SISAL, UNAM

DRA. VIVIANNE SOLIS WEISS
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, PUERTO MORELOS UNAM

DR. EDGAR TORRES IRINEO
FACULTAD DE CIENCIAS, YUCATÁN, UNAM

DR. HÉCTOR REYES BONILLA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

ASESOR(A) EXTERNO(A):

M. EN C. IVÁN PENIÉ RODRÍGUEZ
CENTRO ECOLÓGICO AKUMAL
MÉXICO, CDMX., MARZO, 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**ANÁLISIS DE LAS HERRAMIENTAS DE MANEJO IMPLEMENTADAS EN EL
ARRECIFE DE AKUMAL Q. ROO DESDE UNA PERSPECTIVA SOCIO-AMBIENTAL**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:

DENISSE REYES JAIME

TUTOR PRINCIPAL:

DR. JOAQUÍN RODRIGO GARZA PÉREZ
FACULTAD DE CIENCIAS, UMDI-SISAL, UNAM.

COMITÉ TUTOR:

DR. RODOLFO RIOJA NIETO
FACULTAD DE CIENCIAS, UMDI-SISAL, UNAM
DRA. VIVIANNE SOLIS WEISS
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, PUERTO MORELOS UNAM
DR. EDGAR TORRES IRINEO
FACULTAD DE CIENCIAS, YUCATÁN, UNAM
DR. HÉCTOR REYES BONILLA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

ASESOR(A) EXTERNO(A):

M. EN C. IVÁN PENIÉ RODRÍGUEZ
CENTRO ECOLÓGICO AKUMAL

MÉXICO, CDMX., ABRIL, 2024

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme una educación gratuita y de una extraordinaria calidad, es un orgullo formar parte de la UNAM.

Al Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología por abrirme sus puertas y brindarme un espacio para desarrollarme académicamente, gracias ser mi casa durante dos años.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca de manutención otorgada.

Al proyecto PAPIIT-DGAPA clave IN114119 “Ortomosaicos multiespectrales submarinos como herramientas de caracterización, evaluación y monitoreo de arrecifales coralinos.” Por el apoyo para salidas a campo.

Le agradezco profundamente a mi tutor, el Dr. Joaquín Rodrigo Garza, gracias por la confianza depositada en mi para realizar esta tesis y por sus enseñanzas, consejos y motivación para seguir adelante.

A los miembros de mi Comité tutor: Dr. Rodolfo Rioja, Dra. Vivianne Solis, Dr. Héctor Reyes, Dr. Edgar Torres Irineo y M. en C. Iván Penié, gracias por compartir a lo largo de este camino sus conocimientos invaluable, juntos logramos enriquecer este estudio.

Agradezco también al Centro Ecológico Akumal, especialmente al Dir. Héctor Lizárraga e Iván Penié, gracias por su inmensurable apoyo durante mi estadía.

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo de mi familia: Alejandra Jaime y Alejandra Reyes, gracias por apoyar mi sueño de ser bióloga marina, y por enseñarme que siempre tendré un hogar al cual regresar. Gracias, mamá por creer en mí, por tu apoyo y tu infinito amor, soy muy afortunada de tenerte y poder compartir este logro contigo. Hermana, gracias por ser mi

compañera de aventuras de la infancia, mi ejemplo a seguir y por enseñarme el amor a la ciencia, porque sé que luchamos juntas por un mundo diferente.

A mi compañero de vida Michell Bernal, gracias por creer en mí y por el inigualable equipo que formamos donde abundan los perritos, sin tu amor y apoyo todos estos años no lo hubiera logrado.

A mi bióloga favorita Leslie Alba, gracias por motivarme y apoyar mis sueños, pero sobre todo por estar presente siempre que te necesité y sin importar la distancia.

Mi total gratitud y cariño a mis amigos que se volvieron mi familia: Carlos Jaurez, gracias por ser mi brújula en los momentos más oscuros, por motivarme y estar siempre al pendiente de mí. A Erick Garduño, gracias por llenar mi vida de dibujos y sonrisas.

A ti mi Monchipan porque eres un gran compañero, contigo y mis maletas emprendí esta aventura, gracias por enseñarme lo que es el amor incondicional.

ÍNDICE

I.	RESUMEN	9
II.	INTRODUCCIÓN.....	10
II.1	MARCO TEÓRICO.	13
II.1.1	Herramientas de manejo	13
II.1.1.1	Áreas Naturales Protegidas.....	14
II.1.1.1.1	Programas de Manejo	15
II.1.2	Categorías de áreas de manejo.....	16
II.1.2.1	Áreas Naturales Protegidas.....	16
II.1.2.1.1	Reservas de la biósfera	16
II.1.2.1.2	Parques Nacionales	17
II.1.2.1.3	Monumentos naturales	17
II.1.2.1.4	Áreas de protección de recursos naturales.....	17
II.1.2.1.5	Áreas de Protección de flora y fauna	18
II.1.2.1.6	Santuarios	18
II.1.2.1.7	Parques y Reservas Estatales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales	18
II.1.2.1.8	Zonas de conservación ecológica municipales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales.....	18
II.1.2.1.9	Áreas destinadas voluntariamente a la conservación	19
II.1.2.2	Áreas de Refugio Pesquero.....	20
II.1.3	Pertinencia de las herramientas de manejo	21
II.1.3.1	Manual para la Evaluación Rápida de la Efectividad de Manejo en Áreas Protegidas Marinas de Mesoamérica	21
II.1.3.2	Evaluación para las Áreas Marinas Protegidas del Mediterráneo	24
II.1.3.2.1	Entrevistas a los sectores clave.....	24
II.1.4	Caracterización de las comunidades arrecifales	25
II.1.4.1	Video transectos.....	26
II.1.5	Métricas de Condición de las comunidades.....	27
II.2	ANTECEDENTES.	28
II.2.1	Herramientas de manejo	28
II.2.1.1	Internacional.....	28
II.2.1.2	Regional.....	28
II.2.1.3	Local	33
II.2.2	Evaluaciones de herramientas de manejo	35
II.2.2.1	Internacional.....	35
II.2.2.2	Regional.....	37
II.2.2.3	Local	37
II.2.3	Caracterización de la condición de las Comunidades Arrecifales	38
II.3	JUSTIFICACIÓN.....	39
II.4	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	41
II.5	OBJETIVOS	41
II.5.1	General	41
II.5.2	Específicos.....	41
II.6	ÁREA DE ESTUDIO.....	41
III.	METODOLOGÍA	43
III.1.1	Evaluación de la Condición de las Comunidades Arrecifales.....	43
III.1.1.1	Video Transecto	44

III.1.1.1.1	Procesamiento de datos	45
III.1.1.1.2	Evaluación del Estado de Condición del arrecife	47
III.1.2	Evaluación de las herramientas de manejo	48
III.1.3	Pertinencia de las herramientas de manejo	51
IV.	RESULTADOS.....	52
IV.1	EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LAS COMUNIDADES ARRECIFALES.....	52
IV.2	EVALUACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE MANEJO.....	54
IV.2.1	Evaluación del ARPEM	55
IV.2.2	Evaluación de la ZRP	61
IV.3	PERTINENCIA DE LAS HERRAMIENTAS DE MANEJO	66
IV.3.1	Análisis de pertinencia de la Zona de Refugio Pesquero	67
IV.3.2	Análisis de pertinencia del decreto del ARPEM	68
IV.3.3	Análisis de pertinencia del Programa de Protección del ARPEM	70
V.	DISCUSIÓN	86
V.1.1	Evaluación del estado de condición de las comunidades arrecifales	86
V.1.2	Evaluación de las herramientas de manejo	89
V.1.2.1	Evaluación del ARPEM	89
V.1.2.2	Evaluación de la ZRP	91
V.1.3	Pertinencia de las herramientas de manejo	93
V.1.3.1	Pertinencia de la Zona de Refugio Pesquero.....	93
V.1.3.2	Pertinencia del decreto del ARPEM.....	94
VI.	CONCLUSIONES.....	96
VII.	RECOMENDACIONES	98
VII.1.1.1	Recomendaciones para la Zona de Refugio Pesquero de Akumal	98
VII.1.1.2	Recomendaciones para el Área de Refugio de Especies Marinas	99
VIII.	ANEXOS	103
VIII.1	APARTADOS DEL PROGRAMA DE MANEJO	103
VIII.2	ENTREVISTA PARA EVALUAR LAS ÁREAS DE MANEJO.....	105
VIII.3	PUNTUACIONES POR INDICADOR.....	113
VIII.4	MATRICES DE RESULTADOS CODIFICADAS POR COLORES.....	126
VIII.5	CLASIFICACIÓN DE SIRHI DE LOS SITIOS MUESTREADOS EN AKUMAL	128
IX.	LITERATURA CITADA	131

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 DIFERENCIAS ENTRE ANP Y ZRP. FUENTE: CONAPESCA, 2019.	21
TABLA 2 CALIFICACIONES DE LOS INDICADORES PRIORITARIOS DE LA EVALUACIÓN RÁPIDA DE LA EFECTIVIDAD DE MANEJO EN ÁREAS PROTEGIDAS DE MESOAMÉRICA. FUENTE SAM, 2004.	23
TABLA 3 INDICADORES PARA EVALUAR LAS CONDICIONES ARRECIFALES. FUENTE: McFIELD Y KRAMER, 2007.	26
TABLA 4 INDICADORES PARA EVALUAR LA CONDICIÓN DEL ARRECIFE DE HEALTHY REEFS. FUENTE: McFIELD <i>ET AL.</i> 2018.	27
TABLA 5 CLASIFICACIÓN DE LAS ANP DE LA REGIÓN DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN Y EL CARIBE MEXICANO. FUENTE: CONANP, 2019.	30
TABLA 6 EVALUACIÓN GLOBAL DE LA EFICIENCIA ADMINISTRATIVA POR ELEMENTO DE EVALUACIÓN Y ÁMBITO, PROYECTO CONSERVACIÓN DE RECURSOS MARINOS EN CENTRO AMÉRICA.	35
TABLA 7 CATEGORIZACIÓN TRÓFICA REALIZADA POR RANDALL CON BASE EN LA ALIMENTACIÓN DE LOS PECES. FUENTE: RANDALL, 1967.	47
TABLA 8 INDICADORES ADAPTADOS AL CASO DE ESTUDIO DE AKUMAL CON BASE EN LA GUÍA PARA LA EVALUACIÓN RÁPIDA DE LA GESTIÓN EN ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS DEL MEDITERRÁNEO (TEMPESTA Y OTERO, 2013; SAM, 2014).	49
TABLA 9 ACTORES CLAVE QUE INTERACTÚAN DE FORMA DIRECTA O INDIRECTA CON EL ARRECIFE DE AKUMAL.	50
TABLA 10 SISTEMA DE CODIFICACIÓN DE COLORES MODIFICADO, BASADO EN LA EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DEL AMP (TEMPESTA Y OTERO, 2013).	51
TABLA 11 EVALUACIÓN DE CONDICIÓN A PARTIR DE INDICADORES DE SALUD DEL ARRECIFE DE SIRHI (HEALTHY REEFS, 2020).	54
TABLA 12 MATRIZ DE DATOS CODIFICADOS DE LAS ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS 18 INDICADORES DEL ARPEM.	56
TABLA 13 MATRIZ DE DATOS CODIFICADOS DE LAS ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS 18 INDICADORES DE LA ZRP.	62
TABLA 14 ARTÍCULOS DE LA ZRP.	67
TABLA 15 RESUMEN DE LAS MEDIDAS ESTABLECIDAS EN EL ARPEM.	70
TABLA 16 MATRIZ DE DATOS CODIFICADOS DE LAS ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS 18 INDICADORES DEL ARPEM.	126
TABLA 17 MATRIZ DE DATOS CODIFICADOS DE LAS ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS 18 INDICADORES DE LA ZRP.	127

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 INSTRUMENTOS LEGALES PARA LA PROTECCIÓN Y MANEJO DE LOS ARRECIFES DE CORAL	14
FIGURA 2 POLIGONALES DE LAS HERRAMIENTAS DE MANEJO DE AKUMAL Q. ROO	34
FIGURA 3 UBICACIÓN ESPACIAL DE AKUMAL, QUINTANA ROO.	42
FIGURA 4 DIAGRAMA METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
FIGURA 5 SITIOS DE MUESTREO DE AKUMAL Q. ROO	44
FIGURA 6 COBERTURA BENTÓNICA DEL ARRECIFE DE AKUMAL.....	53
FIGURA 7 DELIMITACIÓN DE LOS SITIOS PARA CUMPLIR CON LOS ALCANCES DEL ARPEM.....	69
FIGURA 8 COBERTURA HISTÓRICA DE LOS CORALES PÉTREOS	86
FIGURA 9 COBERTURA HISTÓRICA DE LAS MACROALGAS.....	87

I. RESUMEN

Los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas más diversos que existen, cuyo estado de conservación se ve amenazado por múltiples estresores a nivel mundial, regional y local, estos estresores han intentado contrarrestarse con diversas regulaciones normativas. En el caso particular de México se implementaron diversos esfuerzos en el tema de gestión para su protección. Un ejemplo de estos esfuerzos son los acuerdos decretados en Akumal Quintana Roo; la Zona de Refugio Pesquero (ZRP) decretada en 2015, y el Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas (ARPEM) decretada en 2016, estos acuerdos se crearon para regular las actividades turísticas y de pesca en la zona, ayudando de forma indirecta a controlar el deterioro de los arrecifes coralinos.

En este contexto el objetivo general de esta tesis fue evaluar la aptitud y efectividad de las dos herramientas de manejo implementadas para la conservación y el aprovechamiento del arrecife de Akumal. Esto se realizó mediante tres procesos; el primero la evaluación ambiental de la condición de las comunidades arrecifales, el segundo mediante la evaluación de las herramientas de manejo por medio de la aplicación de entrevistas semiestructuradas a los sectores clave de Akumal y el tercero mediante la pertinencia de las herramientas de manejo con el análisis de los objetivos, indicadores y metas decretadas en la ZRP y el ARPEM.

Los resultados muestran que existen ventanas de oportunidades para ambas herramientas de manejo para que se pueda cumplir satisfactoriamente con los objetivos establecidos en cada decreto. Con este hallazgo se realizaron recomendaciones para su mejoramiento dirigidas a las autoridades pertinentes, a los prestadores de servicio, a la comunidad científica y a la población de Akumal.

II. INTRODUCCIÓN.

Los arrecifes de coral son los ecosistemas más diversos y productivos de la tierra, los cuales debido a su complejidad topográfica brindan refugio y protección a cientos de miles de especies, incrementando la complejidad de las relaciones tróficas, la resiliencia y la resistencia del sistema (Odum y Odum, 1955; Moberg y Folke, 1999).

En condiciones ambientales ideales los arrecifes son capaces de prestar servicios ecosistémicos a la humanidad como: protección de ciudades y comunidades de la erosión costera producida por huracanes y tormentas tropicales, mitigación de los efectos de cambio climático, pesca abundante, recreación, mantenimiento de la biodiversidad marina, entre otros (Moberg y Folke, 1999).

La capacidad de brindar servicios ecosistémicos disminuye o se pierde debido a perturbaciones ocasionadas por actividades antropogénicas, convirtiendo a los arrecifes en ecosistemas vulnerables (Nyström *et al.*, 2000). Una perturbación es un evento que afecta la estructura y función de un sistema, ocasionando la pérdida de algunos atributos como la productividad o las interacciones. Los arrecifes están expuestos a perturbaciones de distintas escalas; una de las principales amenazas que afrontan es el cambio climático y las derivaciones del mismo, que están provocando una fuerte huella sobre la zona costera, a saber, elevación del nivel del mar, acidificación de los mares, pérdida de playa seca, aumento en la intensidad de actividades económicas, el crecimiento no controlado de los asentamientos humanos; a escala regional, la falta de una legislación específica para la protección del arrecife, métodos de pesca destructivos y masivos, nuevas enfermedades coralinas; y a nivel local las malas prácticas de turismo, manejo inadecuado de aguas residuales, y la falta de conciencia ambiental (Moberg y Folke, 1999; Aronson y Precht, 2001; Mata *et al.* 2018).

Derivado de las perturbaciones antropogénicas, surge la preocupación generalizada por los problemas medio ambientales. En 1972 la Organización de las Naciones Unidas convocó la reunión de Estocolmo. A partir de ese momento, intenta poner en marcha dos criterios que deberán guiar a la relación sociedad-naturaleza: el primero la concepción de la naturaleza ahora

como el medio ambiente y el segundo la entrada de una regulación normativa de esta relación, afianzada con la creación de autoridades ambientales y de normativas legales para el uso de los recursos naturales (ONU, 1972).

En este contexto político y social, surge el término “Desarrollo Sostenible” en 1987 efecto del Informe Brundtland, denominado “Nuestro futuro común”, definiendo al Desarrollo Sostenible, de la siguiente manera “... *los Estados tienen el derecho soberano a explotar sus propios recursos en aplicación de su propia política ambiental, asegurando que las actividades que lleven a cabo dentro de su jurisdicción o bajo su control no perjudiquen al medio ambiente de otros Estados o de zonas situadas fuera de toda jurisdicción nacional*” (ONU, 1972; Escobar, 1999).

En otras palabras, la creación del Desarrollo Sostenible obliga a los países a adquirir una responsabilidad internacional para evitar el daño al medio ambiente, lo cual implicó para México la necesidad de crear una política ambiental que permita la gestión de los recursos naturales (en este caso de los arrecifes de coral), para mantener su capacidad de proporcionar bienes y servicios ecosistémicos (Bellwood, 2004).

En el caso particular de México, se han realizado diversos esfuerzos en el tema de gestión para proteger los arrecifes coralinos. En 1997 los gobiernos de México, Belice, Guatemala y Honduras firmaron la declaración de Tulum, donde se comprometían al uso sostenible de los recursos del Sistema Ambiental Mesoamericano (SAM) y al establecimiento de una Red Marina de Áreas Protegidas. La declaración de Tulum fue el punto de partida para resaltar la necesidad de marcos normativos en México, que regularan además de las Áreas Marinas Protegidas, las zonas de refugio, los ordenamientos pesqueros y los planes de manejo (REDLAC, 2020).

Específicamente para el área de estudio en Akumal Quintana Roo, existen dos acuerdos decretados: el primero en 2015 donde se establece una Zona de Refugio Pesquero (ZRP) en Aguas Marinas de jurisdicción federal, el segundo en 2016 donde se decreta el Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas (ARPEM). Este acuerdo fue el precursor del Programa de Protección del Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas (DOF, 2015; DOF,

2016; DOF, 2017). Estos acuerdos tienen el objetivo de regular las actividades turísticas y de pesca que se realizan en la zona, lo que ayuda de manera indirecta a regular las actividades que contribuyen al deterioro del arrecife coralino (Pascal *et al.*, 2016).

En este contexto se busca evaluar la aptitud y efectividad de las dos herramientas de manejo implementadas para la conservación y el aprovechamiento del arrecife de Akumal, generando recomendaciones para su mejoramiento.

II.1 MARCO TEÓRICO.

II.1.1 Herramientas de manejo

El concepto herramientas de manejo es comúnmente empleado en Programas de Manejo u otros instrumentos de planeación. Sin embargo, no se define el término en conjunto. Una aproximación valiosa de la interpretación de este concepto es la que realizan Rosete y Bocco (2017), los cuales definen a las herramientas técnicas como los procedimientos necesarios que se emplean para la observación, el monitoreo y análisis de los recursos naturales.

Por su parte, Cienfuentes (2000), define el concepto de manejo como un conjunto de medidas de carácter legal, ambiental y social, encaminadas a obtener el mayor beneficio de un área protegida asegurando su permanencia y el cumplimiento de sus objetivos.

A partir de estos conceptos se puede definir a las herramientas de manejo como los procedimientos que permiten evaluar y gestionar las actividades de apropiación de los recursos naturales mediante el conjunto de acciones de carácter legal, ambiental y social, que buscan la permanencia de los recursos naturales mediante un mejor aprovechamiento que permita el cumplimiento de sus objetivos.

Las herramientas de manejo se crean a partir de decretos legales. Sin embargo, México carece de una legislación específica para la protección de sus arrecifes coralinos. Esta fragmentación del marco jurídico se refleja en la necesidad de múltiples leyes para crear las herramientas de manejo que contienen las medidas de administración, protección y evaluación de los arrecifes (AIDA, 2015). En la Figura 1 se enlistan los principales instrumentos legales para el decreto de una herramienta de manejo.

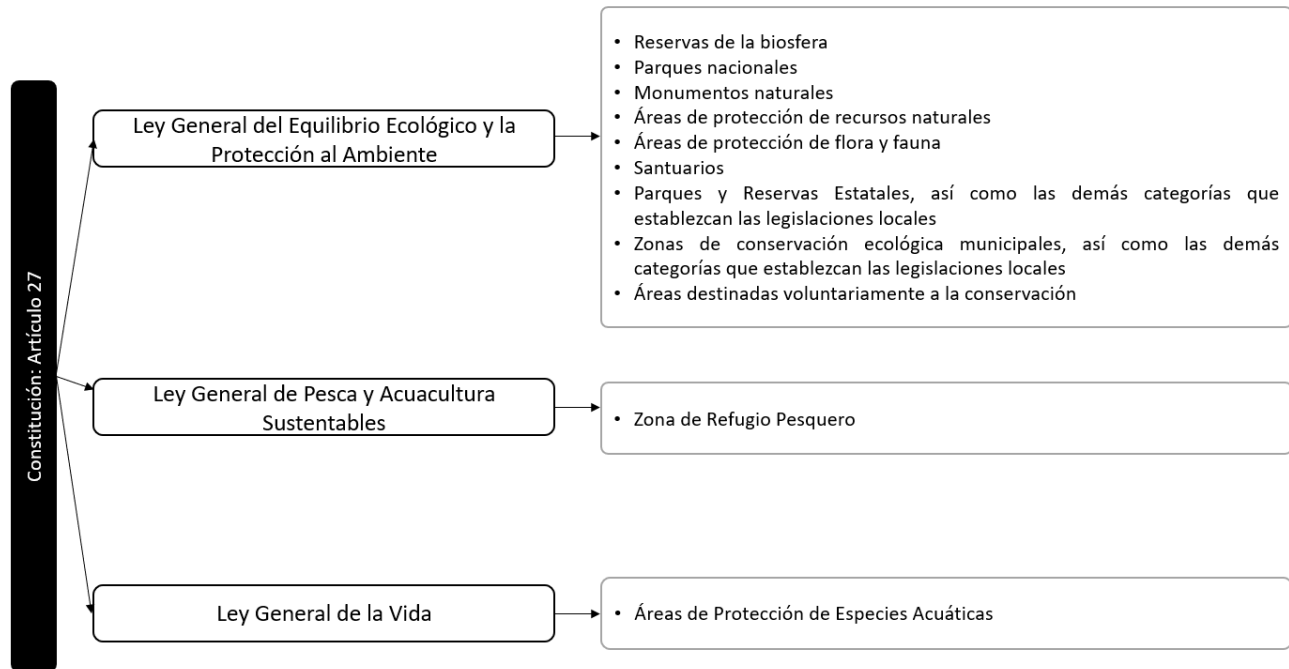


Figura 1 Instrumentos legales para la protección y manejo de los arrecifes de coral

Las herramientas de manejo parten del decreto de un ANP. A continuación, se realiza una breve descripción.

II.1.1.1 Áreas Naturales Protegidas

En el plano jurídico, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) define a las Áreas Naturales Protegidas (ANP) como zonas del territorio nacional cuyo ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas (DOF, 2023).

Su importancia radica en las contribuciones al bienestar social como: mantenimiento de procesos ecológicos, preservación de diversidad de especies, mantenimiento de las capacidades productivas de los ecosistemas, salvaguarda de los hábitats críticos y oportunidades para el desarrollo de comunidades, investigación científica, educación, capacitación, recreación, turismo y protección contra amenazas de fuerza natural, por citar algunos. A pesar de la importancia de las ANP, muchas se encuentran únicamente decretadas legalmente, sin que exista un Programa de manejo que contenga los lineamientos, indicadores y actividades compatibles y no compatibles que permitan un manejo adecuado (Cifuentes *et. al*, 2000).

El órgano encargado de la administración de las ANP en México es la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la cual regula a nivel nacional las 187 ANP, divididas dentro de nueve Direcciones Regionales:

- Región Centro y Eje Neovolcánico.
- Región Noreste y Alto Golfo de California.
- Región Planicie Costera y Golfo de México.
- Región Norte y Sierra Madre Occidental.
- Región Noreste y Sierra Madre Oriental.
- Región Península de Baja California y Pacífico Norte.
- Región Frontera Sur-Istmo y Pacífico Sur.
- Región Occidente y Pacífico Centro.
- Región de Yucatán y Caribe Mexicano.

En esta última región se sitúa la zona de estudio, la cual se encuentra dentro del ANP Reserva de la Biósfera del Caribe Mexicano.

Los instrumentos que regulan a las ANP son los Programas de Manejo.

II.1.1.1.1 Programas de Manejo

Los programas de manejo son la parte operativa de los instrumentos de planeación, los cuales regulan y establecen las actividades, acciones y lineamientos para la operación y administración de las Áreas Protegidas, con el objetivo, de promover la conservación y protección de los recursos naturales (DOF, 1988).

La CONANP establece seis ejes fundamentales que debe cumplir un programa de manejo:

1. Caracterización: biológica y socioeconómica del área.
2. Diagnóstico y problemática: a partir de la evaluación del desarrollo socioeconómico en los tres niveles de gobierno (local, municipal y regional).

3. Planeación: con base en las líneas de acción definidas en el proceso de diagnóstico y participación social.
4. Zonificación: delimitación geográfica basada en los ordenamientos territoriales.
5. Reglas administrativas: elementos normativos para regular las actividades desarrolladas en el área protegida.
6. Evaluación.

A partir de estos ejes fundamentales la LGEEPA establece los apartados que debe contener un programa de manejo de acuerdo con el artículo 66, y los artículos 74 al 76 del Reglamento de Áreas Naturales Protegidas. En el Anexo III.1.1 se incluyen los apartados que debe de llevar el Programa de Manejo.

El correcto manejo de un Área Protegida debe asegurar el sostenimiento a largo plazo de los bienes y servicios de los ecosistemas, así como los valores culturales y sociales. Para asegurar estas metas se necesita una evaluación oportuna y periódica, que permita tener una mejor comprensión de la dinámica de las AP, así como de los ecosistemas y procesos que se llevan a cabo dentro de las mismas, dentro del marco legal de los sistemas de gobernanza. La manera más directa y eficaz de hacerlo es mediante la evaluación de los programas de manejo.

II.1.2 Categorías de áreas de manejo

II.1.2.1 Áreas Naturales Protegidas

En México existen 187 ANP decretadas, que pertenecen a seis categorías; Reservas de la biósfera, Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Áreas de Protección de flora y fauna y Santuarios (www.conanp.gob.mx). Sus características se presentan a continuación:

II.1.2.1.1 Reservas de la biósfera

Son ecosistemas terrestres o marinos (o una combinación de estos) que representan la diversidad de ecosistemas del país. También son ecosistemas que albergan gran diversidad biológica y especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. Una característica

sobresaliente de esta categoría de ANP, es que no son exclusivamente protegidos, ya que pueden albergar comunidades humanas, toda vez que su establecimiento sea previo a la declaratoria del área y cuyas actividades económicas no pongan en peligro el valor ecológico del ecosistema (CONABIO, 1995). Además, permiten una independencia administrativa, ya que su gestión la realizan instituciones de investigación (Íñiguez, 2014).

II.1.2.1.2 Parques Nacionales

La LGEEPA define a los parques nacionales como representaciones biogeográficas, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo, de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o bien por otras razones análogas de interés general.

En los parques nacionales sólo se permite la realización de actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de su flora y fauna y en general, con la preservación de los ecosistemas y de sus elementos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológicos.

II.1.2.1.3 Monumentos naturales

Los monumentos naturales son áreas que contienen uno o varios elementos naturales, consistentes en lugares u objetos naturales, que por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o científico, se resuelva incorporar a un régimen de protección absoluta. Tales monumentos no tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo. En los monumentos naturales únicamente podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con su preservación, investigación científica, recreación y educación (LGEEPA, 2023).

II.1.2.1.4 Áreas de protección de recursos naturales

Las áreas de protección de recursos naturales son áreas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales.

Abarca las reservas y zonas forestales, las zonas de protección de ríos, lagos, lagunas, manantiales y cuerpos considerados aguas nacionales, particularmente aquellas que abastecen agua a la población.

En las áreas de protección de recursos naturales se pueden realizar actividades relacionadas con la preservación, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, investigación, educación y turismo.

II.1.2.1.5 Áreas de Protección de flora y fauna

Las áreas de protección de la flora y la fauna son lugares que contienen el hábitat de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres.

Las comunidades pueden aprovechar los recursos naturales de acuerdo con las normas oficiales mexicanas y uso del suelo que estén establecidos en la declaratoria del Área.

II.1.2.1.6 Santuarios

Los santuarios son aquellas áreas que se establecen en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Dichas áreas abarcan cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas, u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas.

En los santuarios sólo se permiten actividades de investigación, recreación y educación ambiental, compatibles con la naturaleza y características del área.

II.1.2.1.7 Parques y Reservas Estatales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales

Son áreas representativas de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del ser humano, o que requieran ser preservados y restaurados, en los cuales habitan especies representativas de la biodiversidad nacional y estatal, incluyendo a especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

En estas áreas solo podrán actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de su flora y fauna, la preservación de los ecosistemas y de sus elementos, la investigación, recreación, turismo y educación ecológica.

II.1.2.1.8 Zonas de conservación ecológica municipales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales

Estas zonas serán establecidas por los municipios de acuerdo con la legislación municipal aplicable, por lo cual su designación y lineamientos dependerá de cada municipio.

II.1.2.1.9 Áreas destinadas voluntariamente a la conservación

Son Áreas Naturales Protegidas, iniciativas de pueblos indígenas, organizaciones sociales, personas morales, públicas o privadas, de destinar sus predios a acciones de conservación.

Dichas personas administran y hacen un manejo sustentable de sus tierras, al tiempo que favorecen la conservación de los ecosistemas naturales y mantienen la biodiversidad local. Permiten a las comunidades aumentar su capacidad adaptativa para enfrentar el cambio climático.

Favorecen la conectividad de los ecosistemas naturales, el flujo de especies y el mantenimiento de los servicios ambientales, ya que se encuentran en zonas cercanas a las Áreas de Protección de Especies Acuáticas

La Ley General de Vida Silvestre (DOF-03-07-2018) define en su Título VI “Conservación de la Vida Silvestre”, Capítulo tercero; las bases para la protección de especies acuáticas en aguas de jurisdicción federal, zona federal marítimo terrestre y terrenos inundables (DOF, 2000). Las Áreas de Protección de Especies Acuáticas (APEA) buscan que se logre mantener y promover la restauración de la diversidad e integridad de las especies acuáticas protegiendo principalmente:

- Todas las especies nativas de la vida silvestre que se desarrollen en medio acuático presentes en el sitio
- Especies nativas de la vida silvestre que se desarrollen en medio acuático con mención específica
- Especies de la vida silvestre que se desarrollen en el medio acuático no excluidas específicamente

- Ejemplares con características específicas, de poblaciones, especies o grupos de especies nativas de la vida silvestre que se desarrollen en el medio acuático, que sean afectadas en forma negativa por el uso de determinados medios de aprovechamiento.

II.1.2.2 Áreas de Refugio Pesquero

En el 2007 la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), emite mediante la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (LGPAS) (DOF-24-07-2007) una nueva herramienta de manejo pesquero; la Zona de Refugio Pesquero (ZRP), con el objetivo de ayudar a la conservación de los recursos pesqueros mediante el fomento de su reproducción y crecimiento para preservar el ambiente que lo rodea, es decir, se creó para conservar los ecosistemas marinos. Preservando sus funciones ecológicas y mejorando la calidad de las pesquerías al incrementar el volumen y valor de la captura, el mantenimiento de la actividad pesquera y una mayor participación de las comunidades (DOF, 2007). Aunado a esto las zonas de refugio pesquero ofrecen ventajas sobre otras estrategias de manejo como: la mejora de pesquerías y la protección específica de áreas críticas (Allison *et al.* 1998).

Después de su creación en 2007, se realizó el decreto de la Norma Oficial Mexicana NOM-049-SAG/PESC-2014, con los lineamientos para establecer las ZRP (DOF, 2014). Es importante resaltar que uno de los principales pilares para la creación de las ZRP es la participación de la comunidad, pues son los pescadores los que establecen los periodos en que serán establecidas.

Estos marcos legislativos hacen referencia únicamente al reconocimiento legal de las ZRP y a los procedimientos para la creación de las mismas. Esto implica un reto para las autoridades ambientales, ya que aún con el decreto y con su reconocimiento legal en México no existe un reglamento para evaluar y vigilar las ZRP, lo que implica que no se puede realizar una retroalimentación con base en su eficacia y pertinencia.

En México, específicamente el en área del SAM, que abarca el estado de Quintana Roo existen cuatro ZRP, con un área un total de 52.56 ha, de las cuales 9.88 ha corresponden a Akumal,

esta ZRP se publicó en el 2015 y tiene una vigencia de 6 años, hasta el 2021, según lo acordado con la Cooperativa Pesquera de Tulum (www.gob.mx/conapesca).

Las ZRP presentan varias diferencias significativas en relación con las Áreas Naturales Protegidas (ANP) entre las que se presentan en las más importantes en la siguiente tabla:

Tabla 1 Diferencias entre ANP y ZRP. Fuente: CONAPESCA, 2019.

Características	Área Natural Protegida	Zona de Refugio Pesquero
Organismo regulador	CONANP	CONAPESCA
Extensión de polígonos	Amplios	Pequeños
Vigencia	Permanente	Establecida (se puede extender)
Costos de implementación	Mayores costos de implementación y operación	Menores costos de implementación y operación
Actividad pesquera	Limitante (zonificación)	Menor limitación (modalidades)
Propuesta de parte de	Las autoridades (consulta e imposición)	Sector productivo (consenso y corresponsabilidad)
Responde a las necesidades	Ambientales y de conservación	Los sectores productivos (es adaptable)

II.1.3 Pertinencia de las herramientas de manejo

Debido a la heterogeneidad de las áreas protegidas, no existe un método estándar para medir su efectividad (Tempesta y Otero, 2013). La mayoría de los estudios consideran indicadores ecológicos y/o de gobernanza como la abundancia de peces, la biomasa y la cobertura de coral, los planes de gestión aplicados, un presupuesto suficiente, la capacidad administrativa y el cumplimiento de la normativa (Cruz-Vázquez *et al.*, 2019).

II.1.3.1 Manual para la Evaluación Rápida de la Efectividad de Manejo en Áreas Protegidas Marinas de Mesoamérica

Un enfoque basado en las necesidades de las Áreas Marinas Protegidas de México es el Manual para la Evaluación Rápida de la Efectividad de Manejo en Áreas Protegidas Marinas de Mesoamérica (2004), el cual tiene como objetivo identificar las debilidades, vacíos y prioridades, para reorientar las estrategias y mejorar la gestión del Área Marina Protegida.

Su metodología se basa en un sistema de calificaciones de los indicadores identificados como prioritarios: socioeconómicos, gobernabilidad y biofísicos, desglosados en la **Tabla 2** Cada indicador se califica por medio de una encuesta a los actores que se consideren clave para el manejo del Área Protegida Marina, las respuestas son de opción múltiple con cinco alternativas por cada sección. Al final se realiza la sumatoria de las respuestas y se obtienen los porcentajes de cumplimiento por cada indicador.

Tabla 2 Calificaciones de los indicadores prioritarios de la Evaluación Rápida de la Efectividad de Manejo en Áreas Protegidas de Mesoamérica. Fuente SAM, 2004.

Indicadores	Calificación Obtenida (CO)	Calificación Máxima (CM)	Calificación Final (CO/CM)
Indicadores Socioeconómicos			
Contexto		20	
Proceso		10	
Impactos		20	
Calificación Final Socioeconómico (CFS)		50	
Indicadores de Gobernabilidad			
Contexto		20	
Planificación		50	
Insumos		35	
Procesos		10	
Resultados		15	
Impactos		5	
Calificación Final Gobernabilidad (CFG)		135	
Indicadores Biofísicos			
Impacto		55	
Calificación Final Biofísicos (CFB)		55	
Calificación Final (CFS+CFG+CFB)		240	

II.1.3.2 Evaluación para las Áreas Marinas Protegidas del Mediterráneo

Por su parte, la Comisión Mundial de Áreas Protegidas de la UICN (2013) sugiere una metodología de evaluación para Áreas Marinas Protegidas del Mediterráneo, considerando seis puntos divididos en tres etapas:

1. Entrega

- Salidas: ¿Se siguen los planes y se entregan los productos?
- Entradas: ¿La gestión está haciendo una diferencia?

2. Diseño/Planificación

- Contexto: ¿Se entiende el tema?
- Planificación: ¿Los objetivos son claros y los planes y políticas son adecuados?

3. Adecuación/Oportunidad

- Entradas: ¿Los recursos son suficientes?
- Proceso: ¿Cómo va el proceso de gestión?

Estas tres etapas conforman un ciclo de gestión que puede volver a iniciar para asegurarse de la correcta gestión de las AMP. Para llevar a cabo este ciclo de gestión se propone la aplicación de 18 indicadores, evaluados mediante entrevistas a los actores clave, cada respuesta tiene una puntuación, la cual se suma para obtener una puntuación final por indicador, que se codifica por colores para conocer el estado en el que se encuentra cada indicador del AMP (Tempesta y Otero, 2013). En los siguientes apartados se presentará cada uno de los componentes del ciclo de gestión.

II.1.3.2.1 Entrevistas a los sectores clave

Dentro de las técnicas de investigación social, la entrevista es una de las herramientas más concurridas, sin embargo, esta ha trascendido también al estricto ámbito de la investigación científica, específicamente la investigación cualitativa. En la investigación social la entrevista es considerada el primer acercamiento a la recogida de datos a través de la interrogación de los

sujetos, todo esto, con la finalidad de obtener de forma sistemática información y conceptos que derivan de una problemática de investigación anteriormente construida (López, 2015).

El primer paso para las entrevistas es definir el sujeto de estudio al que se le aplicará la entrevista. Uno de los sujetos más empleados son los actores clave. Los cuales se definen como individuos con interés y potencial para influir en las acciones, actividades y que además ayudan al intercambio constante de información de un tema en concreto (Brugha y Varvasovsky, 2000; Government Social Research, 2007).

II.1.4 Caracterización de las comunidades arrecifales

Existen diversos protocolos a nivel internacional para la metodología de muestreo como se mencionan en: *Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA)*, *Caribbean Coastal and Marine Productivity (CARICOMP)*, *Caribbean Planning for Adaptation to Climate Change (CPACC)*, *Healthy Reefs Initiative (HRI)*. A nivel nacional, en México destacan los siguientes protocolos: *Programa de Monitoreo Sinóptico del Sistema Arrecifal Mesoamericano (PMS-SAM)*, *Programa de Investigación Espacial en Ambientes Costeros y Marinos (PIESACOM)* y el *Programa de Monitoreo Biológico-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (PROMOBI-CONANP)*.

Existe una cierta compatibilidad entre los indicadores que se evalúan y la metodología que emplean, sin embargo, se necesita una estandarización a nivel internacional.

Para caracterizar a las comunidades arrecifales se utilizan múltiples indicadores, los cuales tienen que ser elegidos considerando la relación costo-beneficio. McField y Kramer (2007), consideran que los siguientes indicadores son los más relevantes:

Tabla 3 Indicadores para evaluar las condiciones arrecifales. Fuente: McField y Kramer, 2007.

Indicador	Especificaciones
Corales	Diversidad funcional de corales: grupos morfofuncionales.
	Índice de diversidad Shannon: riqueza y abundancia de especies.
	Cobertura de coral.
	Cobertura de octocorales.
	Densidad de reclutas de coral.
	Incidencia de enfermedades de coral.
	Incidencia de blanqueamiento de coral.
	Porcentaje de mortalidad.
Peces	Índice de diversidad Shannon: riqueza y abundancia de especies.
	Diversidad funcional de peces.
	Densidad o biomasa de especies seleccionadas: herbívoros y especies de interés comercial.
Algas	Cobertura de algas por grupo funcional.
	Altura de algas: macroalgas y algas filamentosas.
Índice de complejidad topográfica	

II.1.4.1 Video transectos

El avance de la tecnología ha permitido reemplazar los transectos en banda por video transectos, optimizando el tiempo de muestreo y generando un registro permanente para el análisis a detalle de los datos adquiridos (porcentajes de cobertura a niveles taxonómicos), sin la limitación del tiempo en buceo (Álvarez *et al.* 2009; Cruz *et al.* 2008; Garza, 2004).

La técnica de video transecto consiste en identificar organismos en puntos aleatorios en un área determinada (transecto) dentro del arrecife. Se realiza en dos partes, primero la toma de datos en campo, mediante una cámara de vídeo y después se realiza la agrupación e identificación de los organismos empleando las imágenes de los transectos (Cruz *et al.*, 2008; Garza, 2004).

Las comunidades de peces se deben evaluar mediante el conteo de una muestra definida y representativa, en los transectos ya determinados, anotando los tamaños de las especies de interés (clave) y comerciales para calcular su riqueza específica (AGRRA, 2005; Molina *et al.*, 2018).

II.1.5 Métricas de Condición de las comunidades

Existen diferentes índices para medir la condición en la que se encuentran las comunidades arrecifales. Uno de los índices más empleados a nivel mundial es el de Healthy Reefs, donde se evalúan cuatro indicadores:

- Cobertura del coral,
- Cobertura de las macroalgas,
- Biomasa de los peces herbívoros y
- Biomasa de los peces comerciales.

Posteriormente a cada indicador evaluado se le otorga una clasificación dependiendo el estado en el que se encuentren: muy bueno, bueno, medio, pobre y crítico (McField *et al.*, 2018).

Tabla 4 Indicadores para evaluar la condición del arrecife de Healthy Reefs. Fuente: McField *et al.* 2018

Grado	Cobertura de Coral	Cobertura de Macroalgas	Peces herbívoros (biomasa g/100m ²)	Peces comerciales (biomasa g/100m ²)
Muy bueno	40%	1%	3,290	1,620
Bueno	20%	5%	2,740	1,210
Medio	10%	12%	1,860	800
Pobre	5%	25%	990	390
Crítico	<5%	>25%	<990	<390

Estos indicadores permiten un monitoreo general de la condición del arrecife y son empleados para realizar evaluaciones constantes de la salud del ecosistema. En México, por ejemplo, se

realiza la evaluación del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), con un total de 134 sitios de muestreo dentro del Caribe mexicano (McField *et al.*, 2018).

Por su parte Hernández (2004), realizó un modelo de predicción de la condición del arrecife basado en sus observaciones del arrecife de Puerto Rico. La clasificación del estado de condición se basa en la riqueza y diversidad de corales, el porcentaje de tejido vivo de los corales y la cobertura de macroalgas. La clasificación de Hernández incluye algunos indicadores que no son considerados por Healthy Reefs, como: bioerosión y corales oportunistas, no obstante, la clasificación de Hernández no considera a los peces como un indicador, ni sus interacciones con el arrecife, por lo cual para los fines de la presente tesis se utilizará la clasificación de indicadores de Healthy Reefs.

II.2 ANTECEDENTES.

II.2.1 Herramientas de manejo

II.2.1.1 Internacional

A nivel internacional existen múltiples ejemplos de herramientas de manejo para la protección de áreas y recursos naturales. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) estableció en 1992 seis categorías de manejo a nivel internacional: Reserva Natural Estricta, Parque Nacional, Monumento Natural, Áreas de Manejo de Hábitat /Especies, Paisajes Terrestres y Marinos Protegidos y Áreas Protegidas con Recursos Manejados (UICN, 1994).

Actualmente la Base de Datos Mundial sobre Áreas Protegidas (WDPA por sus siglas en inglés) es la única base de datos sobre las áreas protegidas marinas y terrestres del mundo. El número total de registros para el año 2023 es 295,563 que cubren 244 países y territorios. Del total de estas áreas 19,015 son áreas marinas protegidas.

II.2.1.2 Regional

A nivel regional uno de los principales precursores de las herramientas de manejo para la conservación del arrecife es la “Declaración de Tulum” firmada en 1997 por los cuatro países que conforman el SAM, este constituye el primer esfuerzo multinacional de México para el uso sostenible y protección del arrecife (Ardisson, *et al.* 2011). De este acuerdo surgió el compromiso de crear Áreas Marinas de Protección (AMP) como herramientas de manejo. Entre los cuatro países han logrado proteger el 20% de su mar territorial con 45 AMP, sumando una extensión de 23,492 km² (IAS, 2015).

Estas AMP entran dentro de la clasificación de ANP y son jurisdicción de la CONANP, la cual reporta un total de 187 ANP para México, de las cuales la Región de la Península de Yucatán y el Caribe mexicano albergan un total de 26, con una superficie de 8,565,229 ha. En la siguiente tabla se desglosan las cuatro clasificaciones de ANP, y sus características.

Tabla 5 Clasificación de las ANP de la Región de la Península de Yucatán y el Caribe mexicano. Fuente: CONANP, 2019.

Clasificación del ANP	Nombre del ANP	Decreto	Programa de Manejo
Reservas de la Biosfera	Arrecifes de Sian Kaan	02/02/1998	DOF 13/06/2011
	Banco Chinchorro	19/07/1996	DOF 25/09/2000
	Calakmul	23/05/1989	DOF 07/04/2000
	Caribe Mexicano	07/12/2016	DOF 30/11/2018
	Los Petenes	24/05/1999	DOF 22/04/2009
	Río Celestun	27/11/2000	DOF 22/11/2002
	Río Lagartos	21/05/1999	DOF 12/04/2000
	Sian Kaan	20/01/1986	DOF 23/01/2015
	Tiburón Ballena	05/06/2009	DOF 09/06/2015
Parques Nacionales	Tulum	23/04/1981	Sin Programa de manejo
	Arrecife Alacranes	06/06/1994	DOF 29/11/2007
	Arrecifes de Cozumel	19/07/1996	DOF 02/10/1998
	Arrecifes de Xcalak	27/11/2000	DOF 08/10/2004
	Dzibilchaltún	14/04/1987	DOF 29/10/2015
	Isla Contoy	02/02/1998	DOF 09/07/2015
	Arrecife de Puerto Morelos	02/02/1998	DOF 18/09/2000
	Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc	19/07/1996	DOF 06/08/1998
Áreas de Protección de Flora y Fauna	Yum Balam	06/06/1994	DOF 05/10/2018
	Uaymil	17/11/1994	DOF 03/05/2011
	Manglares de Nichupté	26/02/2008	DOF 22/01/2015

Tabla 5 Clasificación de las ANP de la Región de la Península de Yucatán y el Caribe mexicano. Fuente: CONANP, 2019.

Clasificación del ANP	Nombre del ANP	Decreto	Programa de Manejo
	Otoch Maax Yetel Kooh	05/06/2002	DOF 06/11/2009
	Balaan Kaax	03/05/2005	DOF 25/02/2011
	La porción norte y la franja costera oriental terrestres y marinas de la Isla de Cozumel	25/09/2012	DOF 29/10/2015
Santuarios	Playa de la Isla Contoy	29/10/1986	Sin Programa de Manejo
	Playa adyacente a la localidad denominada Río Lagartos	29/10/1986	Sin Programa de Manejo

De acuerdo con la tabla anterior, actualmente solo el 12% del total de las ANP no tiene programa de manejo publicado y/o elaborado. Esta condición propicia que las áreas sean vulnerables a actividades o usos incompatibles, y evita que exista una evaluación y retroalimentación del ANP como herramienta de manejo (Cifuentes, *et al.* 2000).

Por otra parte, México cuenta con 46 Refugios pesqueros, de los cuales destaca el estado de Baja California, el cual es el estado con mayor extensión litoral del país. Tiene 2,200 km de costa que representan un poco más de 19 % del litoral nacional (INEGI, 2005; Fulton y Espinosa, 2022).

Dentro de Baja California se ubica La Isla San Pedro Nolasco (ISPN) en la región central del Golfo de California, a unos 14.6 km del continente frente al municipio de Guaymas, Sonora. La ISPN pertenece al Área de Protección de Flora y Fauna "Islas del Golfo de California" y ha sido incluida en los sitios marinos prioritarios para la conservación propuesto en el "Análisis de Vacíos y Omisiones en la Conservación de la Biodiversidad Marina de México" dentro de la

región Corredor pesquero Himalaya-Guaymas, ubicado en el puesto número 22 en términos de prioridad (CONABIO 2007; CONANP, 2000).

Dentro del área protegida se localizan dos zonas de refugio pesquero propuestas, mismas que se localizan en el lado este de la isla, distanciadas 500 m la una de otra, la zona de refugio sur lleva por nombre Punta Chivato y la del norte el Resumidero. Una zona se localiza en el lado oeste de la isla y lleva por nombre Roca Partida (CONABIO, 2007).

Las principales actividades que se realizan en las aguas adyacentes a la ISPN son la pesca ribereña, la pesca deportivo-recreativa, buceo autónomo y libre, y la investigación científica. La medida de declarar la ISPN como refugio pesquero permitirá lograr los objetivos que fueron definidos y consensuados por el Comité de Apoyo a Isla San Pedro Nolasco con ayuda de Comunidad y Biodiversidad, A.C. (COBI), proponiendo los siguientes:

- Incrementar la abundancia de especies interés comercial que sustentan pesquerías locales: cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*), pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*), cochito (*Balistes polylepis*), pulpo (*Octopus* sp.), langosta azul (*Panulirus inflatus*) y langosta roja (*Panulirus interruptus*).
- Proteger y preservar los hábitats del que hacen uso las seis especies objetivo durante sus diferentes etapas de vida.
- Mejorar la productividad pesquera en las áreas adyacentes.

Para verificar el cumplimiento de los objetivos se ha iniciado un programa de monitoreo, para el cual se capacitaron a ocho buzos comerciales de la comunidad de Bahía de Kino y Puerto Libertad como buzos monitores, quienes apoyaron en la construcción de la línea base de índices de abundancia, así como de las coberturas de hábitat dentro y fuera de las zonas de refugio pesquero. Los monitoreos realizados a la fecha se llevaron a cabo con el apoyo técnico de COBI (CONANP, 2000).

II.2.1.3 Local

En Akumal, la zona de estudio, en 2007 se creó el “Programa Comunitario de Ordenamiento Marino de las Bahías de Akumal (POBAK): una alternativa de protección y manejo adaptativo de ecosistemas marinos en Quintana Roo México”, este es un acuerdo de voluntades entre los principales actores que participan o se benefician directamente del arrecife, entre ellos: propietarios de tiendas de buceo, prestadores de servicios náuticos independientes, representantes de hoteles y el CEA. La creación de este programa comunitario se fortaleció con el permiso de aprovechamiento no extractivo para el avistamiento de tortugas marinas en tours de snorkel, otorgado por la SEMARNAT en 2007 (Mata Lara, 2012).

El programa comunitario POBAK, permitió revertir las tendencias de uso intensivo, funcionando mediante aportaciones voluntarias o donativos económicos con lo que se logró realizar actividades como: vigilancia, monitoreo biológico y regularización de la intensidad del uso de los recursos de la bahía, favoreciendo principalmente a los operadores locales (Mata Lara, 2012).

El programa comunitario funcionó hasta el 2011, cuando perdió fuerza debido a un conflicto de intereses y al cambio de personal en la dirección del CEA (Mata *et al.*, 2016).

En cuanto a los decretos legales en el Diario Oficial de la Federación se publicaron dos acuerdos:

- 2015, Zona de refugio pesquero en aguas marinas de jurisdicción federal ubicadas en la zona de Akumal en el Estado de Quintana Roo.
- 2016, Se establece con el nombre de Bahía de Akumal el área de refugio para la protección de las especies que se indican, la porción marina que se señala en el Estado de Quintana Roo.

El acuerdo del 2015 surge con el objetivo de proteger la diversidad biológica de las especies marinas, al eliminar la presión pesquera para fomentar la reproducción y reclutamiento de peces, aumentando la biomasa de las especies de peces de interés comercial y deportivo

recreativo, al prohibir la pesca comercial por un periodo de 6 años (DOF, 2015; Molina *et al.*, 2018).

En el acuerdo del 2016 se aumenta el área de conservación del hábitat integrando en el polígono el área de refugio pesquero (decretado en 2015) para lograr una protección integral de los recursos naturales (DOF, 2016). En el siguiente mapa se presenta el área decretada para la ZRP, y el incremento del área con el decreto del ARPEM.

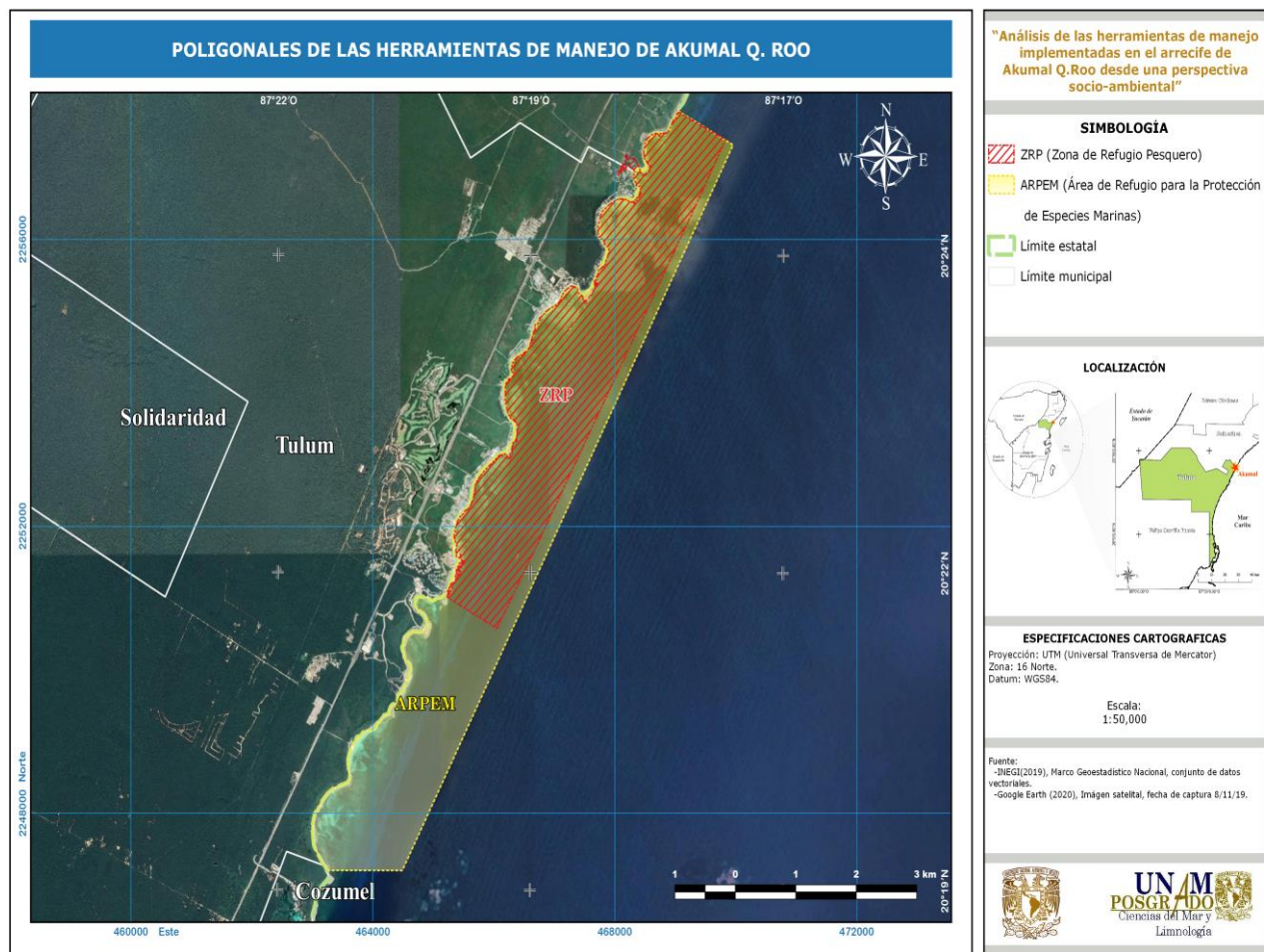


Figura 2 Poligonales de las herramientas de manejo de Akumal Q. Roo

Posteriormente, en 2017 se publicó el Programa de Protección del Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas, para establecer las medidas y acciones de manejo y conservación del Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas (ARPEM)

promoviendo su aprovechamiento sustentable, mediante la implementación de acciones a corto, mediano y largo plazo (DOF, 2017).

II.2.2 Evaluaciones de herramientas de manejo

II.2.2.1 Internacional

A nivel internacional cada país desarrolla su propio protocolo para evaluar sus herramientas de manejo, esto debido a las diferencias legislativas, ambientales y sociales que hay entre cada uno. Sin embargo, existen metodologías de evaluación que se pueden adaptar a las necesidades de cada país o casos donde se homologan los protocolos para evaluar un Área Protegida transnacional. Tal es el caso de la metodología del Manual para la Evaluación Rápida de la Efectividad de Manejo en Áreas Protegidas Marinas de Mesoamérica. Este manual surge del esfuerzo en conjunto de cuatro países que conforman el SAM, Belice, Guatemala, Honduras y México (SAM, 2004). De esta reunión surgen los "Acuerdos de Aplicación Común Para la Zona del SAM", donde los representantes de cada país se comprometieron a atender y homologar aspectos turísticos, pesqueros y de manejo de áreas protegidas (UCP, 2004).

En el 2015 se realizó la "Evaluación Rápida de la Efectividad de Manejo en las Cinco Áreas Protegidas del Proyecto-Fase II. Proyecto Conservación de Recursos Marinos en Centro América", esta es una evaluación de efectividad de cinco áreas protegidas marinas y costeras de los cuatro países que conforman el SAM, y se realizó con el Manual para la Evaluación Rápida de la Efectividad de Manejo en Áreas Protegidas Marinas de Mesoamérica, basado en una entrevista con 37 indicadores (10 indicadores socioeconómicos, y 27 indicadores de gobernabilidad). En la siguiente figura se observan los resultados obtenidos:

Tabla 6 Evaluación global de la eficiencia administrativa por elemento de evaluación y ámbito, Proyecto Conservación de Recursos Marinos en Centro América.

Indicadores	Calificación máxima (CM)	RESMBC, México	CBWS, Belice	SWCMR, Belice	AUMRS, Guatemala	RVSTHRH, Honduras
Indicadores Socioeconómicos						
Contexto	20	10.87	12.41	15.40	12.38	13.47
Procesos	10	3.13	7.22	4.78	4.52	6.38

Indicadores	Calificación máxima (CM)	RESMBC, México	CBWS, Belice	SWCMR, Belice	AUMRS, Guatemala	RVSTHRH, Honduras
Impactos	20	9.77	14.87	11.51	10.19	11.68
Puntuaje obtenido	50	23.68	34.50	31.69	27.09	31.52
<i>Calificación final socioeconómico</i>	1	0.47	0.69	0.63	0.54	0.63
Indicadores Gobernabilidad						
Contexto	20	15.28	15.67	15.47	14.07	14.33
Planificación	50	34.15	31.23	32.72	32.02	28.27
Insumos	35	18.94	18.39	17.56	18.38	17.47
Procesos	10	6.63	6.10	6.54	5.42	4.83
Resultados	15	9.89	10.15	8.08	9.58	7.10
Impactos	5	2.25	4.33	2.35	2.75	2.57
Puntuaje obtenido	135	87.14	85.87	82.73	82.22	74.58
<i>Calificación final Gobernabilidad</i>	1	0.65	0.64	0.62	0.61	0.55
<i>Puntuaje total</i>	185	110.82	120.37	114.41	109.31	106.10
<i>Calificación Global</i>	1.0	0.60	0.65	0.62	0.59	0.57

Nota: RESMBC (Reserva Estatal Santuario del Manatí Bahía de Chetumal), CBWS (Santuario de Fauna de la Bahía de Corozal), SWCMR (Reserva Marina South Water Caye), AUMRS (), RVSTGRH (Refugio de vida Silvestre Turtle Harbour-Rock Harbour).

En general las cinco áreas evaluadas presentan calificación entre aceptable y regular. Sin embargo, en un análisis más detallado los resultados de esta evaluación reflejaron dos tendencias; En Belice se identificó la dependencia de los recursos marinos, el arraigo, sentido de pertenencia y respeto hacia los recursos marinos y la autoridad encargada de proteger y conservar estos recursos, mientras que en los países de México, Honduras y Guatemala se observa una falta de pertenencia de los recursos, acompañado de una deficiencia en el sistema de control y vigilancia de los recursos marino costeros (Mojica, 2015).

II.2.2.2 Regional

La LGEEPA establece en su artículo 77 que los Programas de Manejo de las ANP serán revisados cada cinco años para evaluar su efectividad y proponer posibles modificaciones. En el 2021, la SEMARNAT y la CONANP, presentaron la actualización del “Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera Islas Mariás”, en esta actualización el área de conservación pasó del 3.3% a 99%, sometiéndolo a procesos de restauración de sus ecosistemas; se prohibió la pesca en toda la zona marina y se reforzaron las medidas de bioseguridad para evitar la introducción de especies exóticas (DOF, 2021).

En este contexto, para la Región de la Península de Yucatán y el Caribe Mexicano, únicamente el 32% de los Programas de Manejo se encuentran actualmente vigentes. Sin embargo, de forma oficial no existen evaluaciones publicadas de los programas de ANP en México, (CONANP, 2019).

II.2.2.3 Local

En 2012 se realizó un análisis y revisión de los principales elementos del POBAK, para vincularlo con las estrategias y establecer su congruencia y factibilidad (Mata, 2012). Los resultados arrojaron un 67% en los indicadores socioeconómicos y de gobernabilidad, donde las principales fallas fueron: carencias en el estado de infraestructura, no mantener la relación de trabajo con los grupos de interés identificados, falta de difusión a la comunidad del conocimiento formal y poca inclusión de los actores locales.

En gobernabilidad, la calificación máxima fue de 66%, donde el principal problema fue la falta de protección legal del área, los límites del programa (60 m) y la evaluación del impacto en la población meta.

El POBAK constituyó el primer esfuerzo de una herramienta de manejo en el arrecife de Akumal, considerándolo como el antecesor de las herramientas con decreto legal: Zona de Refugio Pesquero Akumal (ZRP) y el Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas (ARPEM).

II.2.3 Caracterización de la condición de las Comunidades Arrecifales

En la zona de estudio los primeros registros de evaluación y monitoreo de los arrecifes se realizaron de 1991 a 1993, como parte de un proyecto para realizar la caracterización de los arrecifes coralinos del corredor “Cancún-Tulum”. En estos muestreos se registró la cobertura del tejido vivo de los corales escleractinios y gorgonáceos, así como la cobertura de macroalgas y peces. De estos muestreos se registró la mortalidad parcial de corales escleractinios, con una cobertura relativa del 54% y una cobertura de macroalgas del 42% (Gutiérrez *et al.* 1995).

El Centro Ecológico Akumal (CEA) realizó sus primeros muestreos biológicos en Akumal (1993-2013) sobre la composición, estructura y condición de la comunidad coralina, registrando la disminución del coral vivo en un 60 % entre 1995 y 2013, con un aumento en la biomasa de macroalgas y algas tapete (Figueroa y Peiné, 2013). Lo anterior coincide con la pérdida del 50% del coral, reportada por Roy (2004) entre 1998 y 2000.

Por su parte Garza (1999, 2004 y 2011) registra la condición del arrecife como proclive a la degradación por la cobertura algal sobre el coral muerto (2004) y en estado crítico para el año 2011, debido a la ausencia de corales raros o grandes, la alta mortalidad de tejidos y especies oportunistas dominantes (macroalgas) y solamente un 20% de cobertura bentónica (corales pétreos vivos y octocorales).

El estado de la comunidad de peces también ha sido evaluado como un indicador del estado del arrecife. El CEA realizó monitoreos de la densidad y biomasa de los peces presentes en el arrecife de Akumal, del año 2006 al 2012 presentando una disminución en el número de especies, principalmente de peces loras y pargos, así como una disminución de la biomasa en general en más del 60% de las principales familias de peces, calificando el estado de la comunidad de peces como crítico (Zavala y Sánchez, 2013).

Por su parte Molina (2016), presentó la estructura de la comunidad de peces en Akumal. Realizando muestreos anuales y temporales en tres temporadas climáticas. Los resultados arrojaron un valor de biomasa pobre a crítica en Akumal e inferior al promedio registrado en el Caribe mexicano, clasificando al arrecife en un estado deteriorado.

En 2018, Molina y colaboradores evaluaron los desafíos de gestión y deficiencias en la implementación del Refugio Pesquero de Akumal, el cual se creó debido al declive de la biomasa en la comunidad de especies comerciales de peces, la cual se encontraba en un estado crítico en 2015 según la métrica de condición de Healthy Reefs. Este estado puede ser derivado de la presión ejercida por las actividades antropogénicas como pesca excesiva y contaminación por aguas residuales (Molina, *et al.* 2018).

En este contexto, surge la necesidad de responder a la pregunta: ¿Cuáles son los errores y aciertos de los acuerdos decretados para la conservación del arrecife en Akumal? Para responder esta pregunta se decidió realizar un análisis de la condición de las comunidades arrecifales mediante una caracterización arrecifal. Adicionalmente se realizó una evaluación de la pertinencia de las herramientas de manejo (cumplimiento de sus objetivos y metas) basada en la percepción de los actores clave de Akumal.

II.3 JUSTIFICACIÓN.

Los arrecifes son ecosistemas que han sufrido perturbaciones históricas, las cuales han ayudado a su proceso de adaptabilidad y evolución. Sin embargo, su capacidad de resiliencia ha disminuido debido al aumento de perturbaciones (en cantidad o tiempo) de origen antropogénico (Nyström *et al.*, 2000).

Buddemeier (1999) afirma que el aumento de perturbaciones a nivel local puede desencadenar impactos a nivel regional. En el caso de México, las principales perturbaciones que afectan a los arrecifes son sobre explotación, malas decisiones en el manejo de los recursos y sobre todo la falta de una legislación específica para su protección y aprovechamiento (Arson y Precht, 2001; Molina *et al.* 2018).

En México las herramientas de política ambiental para su protección se encuentran divididas y generalmente hacen referencia a límites geográficos o acuerdos políticos, sin considerar el estado de la condición (histórico y actual) del ecosistema, la evaluación de los instrumentos

existentes y las interacciones entre los ecosistemas y la sociedad (AIDA, 2015; Pérez *et al.*, 2017; Mata, *et al.*, 2018).

Estos posibles vacíos de información y el estado actual del arrecife ratifican la necesidad de considerar tanto las variables biológicas (el sistema natural del arrecife) como las antropogénicas (conflictos socioeconómicos) en la estructuración de los instrumentos ambientales existentes.

Específicamente en la zona de estudio Akumal, Q. Roo convergen perturbaciones de origen natural (tormentas y huracanes) y antropogénicas (sobrepesca, turismo mal planificado, falta de herramientas ambientales regulatorias, mal manejo de aguas residuales, etc.). Estas perturbaciones han ocasionado la pérdida del 77% de su cobertura coralina en los últimos 15 años (Mata *et al.* 2018). Esta situación realza la urgencia de evaluar las herramientas de manejo implementadas actualmente para proponer ajustes en las estrategias y objetivos de estas, con la acción conjunta de la sociedad, investigadores y gobierno, ya que sin un enfoque integrado será muy difícil tener un manejo sustentable.

II.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Las dos herramientas de manejo implementadas en Akumal, Q. Roo (ARPEM y ZRP) responden a las necesidades sociales de la comunidad y ambientales específicas del arrecife?
2. ¿Qué ventanas de oportunidad se identifican para mejorar las prácticas de manejo en el arrecife de Akumal?

Los esfuerzos de conservación y manejo del arrecife de Akumal se ven acotados por el tipo y origen de las herramientas de manejo implementadas. Estas herramientas de manejo probablemente no responden cabalmente a las necesidades sociales y ambientales actuales.

Se considera que el análisis de los instrumentos implementados ayudará a definir las necesidades sociales de la comunidad y ambientales del arrecife, para fomentar la resistencia y persistencia del sistema socioambiental en Akumal, Q. Roo.

II.5 OBJETIVOS

II.5.1 General

Evaluar la aptitud y efectividad de las dos herramientas de manejo implementadas para la conservación y el aprovechamiento del arrecife de Akumal y generar recomendaciones para su mejoramiento.

II.5.2 Específicos

- Determinar la condición actual de las comunidades arrecifales de Akumal, Q. Roo.
- Evaluar las medidas de manejo implementadas a través de los diferentes instrumentos, para determinar los aciertos y errores de su aplicación (pertinencia).
- Identificar ventanas de oportunidad para realizar las recomendaciones pertinentes a las herramientas de manejo ya existentes.

II.6 ÁREA DE ESTUDIO

En la costa oriental del estado de Quintana Roo se encuentra Akumal (ver Figura 3), un poblado al norte de Tulum, con 1,310 habitantes (INEGI, 2016). Es un destino turístico que se ubica en

la Riviera Maya, con dos lagunas arrecifales someras; la bahía de Media Luna al norte y la Bahía de Akumal ubicada al sur, donde se realiza el mayor desarrollo turístico, como buceo, snorkel y avistamiento e incluso nado con tortugas, estas actividades representan la principal fuente de ingresos para el municipio de Tulum (Garza, 1999; DOF, 2016).

La importancia de Akumal radica en ser una zona donde convergen diversas especies de pastos y tortugas marinas, protegidos por los manglares que conforman un delicado ecosistema (DOF, 2016). Dentro de este ecosistema Akumal cuenta con una laguna arrecifal que va desde la costa hasta la cresta, donde se encuentran parches de coral cuerno de alce (*Acropora palmata*), mientras que en el frente y la pendiente del arrecife aumenta la cobertura de corales y octocorales (Garza, 2004; Randazzo *et al.* 2021).

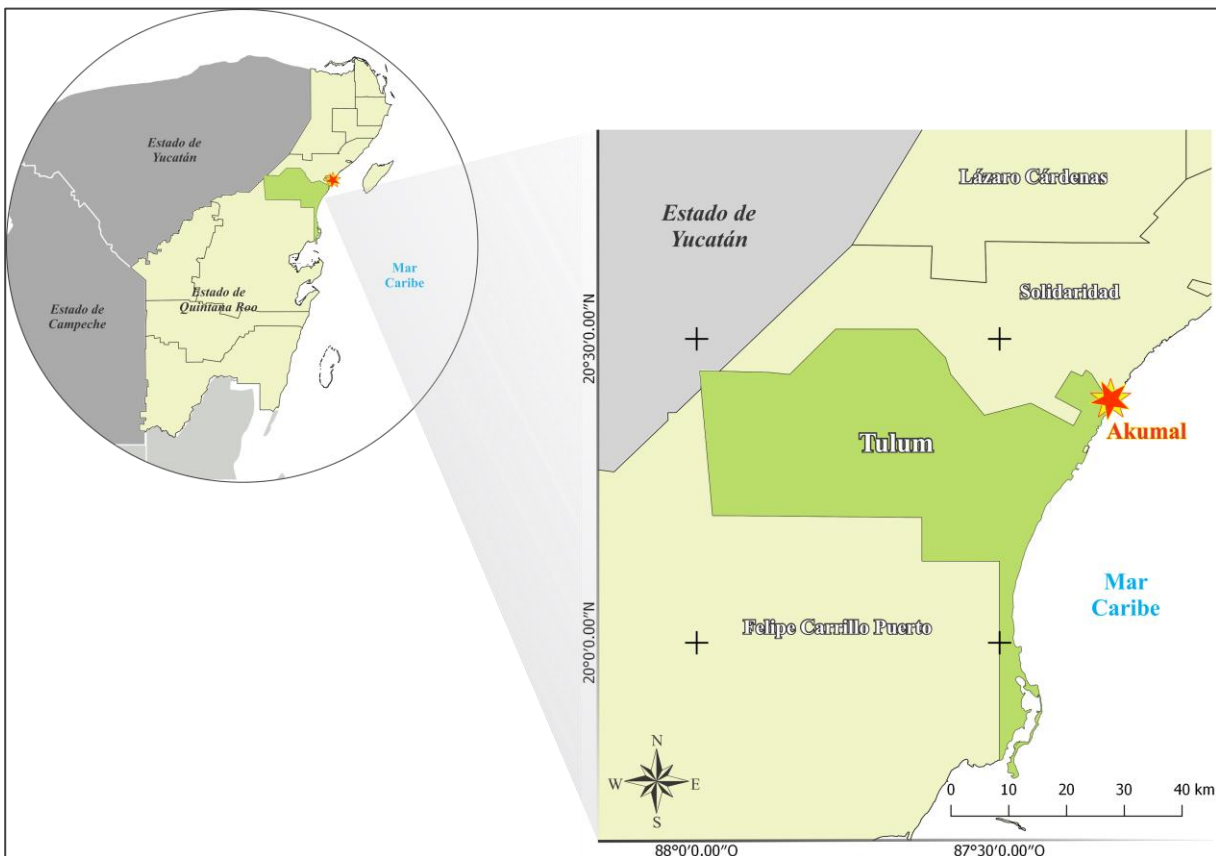


Figura 3 Ubicación espacial de Akumal, Quintana Roo.

III. METODOLOGÍA

Para evaluar la aptitud y efectividad de las dos herramientas de manejo implementadas en el arrecife de Akumal, se utilizó un enfoque metodológico mixto para realizar un análisis completo de las condiciones del sistema socioambiental en el que se encuentra inmerso el arrecife, e identificar las ventanas de oportunidad para realizar las recomendaciones pertinentes a las herramientas de manejo ya existentes.

Para cumplir con lo anterior la metodología del presente trabajo se dividió en tres procesos, los cuales están simplificados en el siguiente diagrama:

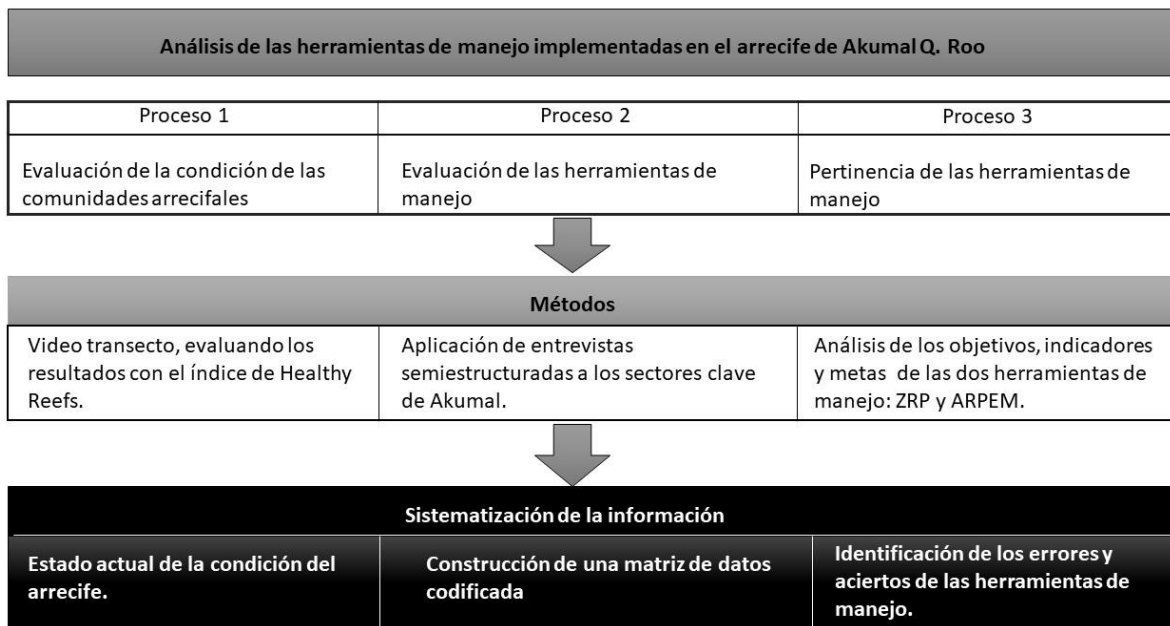


Figura 4 Diagrama metodológico de la investigación

III.1.1 Evaluación de la Condición de las Comunidades Arrecifales

Para determinar la condición de las comunidades arrecifales se usó la metodología descrita por Garza-Pérez (2011), la cual se basa en Videotransectos, asignando valores de cobertura a Grupos Taxonómicos y de Substrato (GTS), tipos de algas, número de especies y valores de diversidad y equidad de corales pétreos, y valor de complejidad topográfica. Por su parte los indicadores biofísicos fueron tomados en los sitios de muestreo y comparados con los

indicadores de Healthy Reefs, para determinar la condición del arrecife. Se escogió este método de muestreo por ser poco invasivo y de precisión media.

Para los sitios de muestreo se tomó como referencia el polígono paralelo a la costa definido por Garza (2004) y empleado posteriormente por: Garza *et al.* (2011), Mata (2012) y Molina (2016), correspondiendo a un diseño estratificado al azar, debido a la heterogeneidad de la zona, utilizando la zonación del arrecife como estratos y colocando un número de estaciones de muestreo sobre cada estrato (Rogers *et al.* 2001). Se realizaron un total de 24 sitios de muestreo, divididos en tres zonas: frente, laguna y pendiente, los cuales se presentan a continuación en la Figura 5:

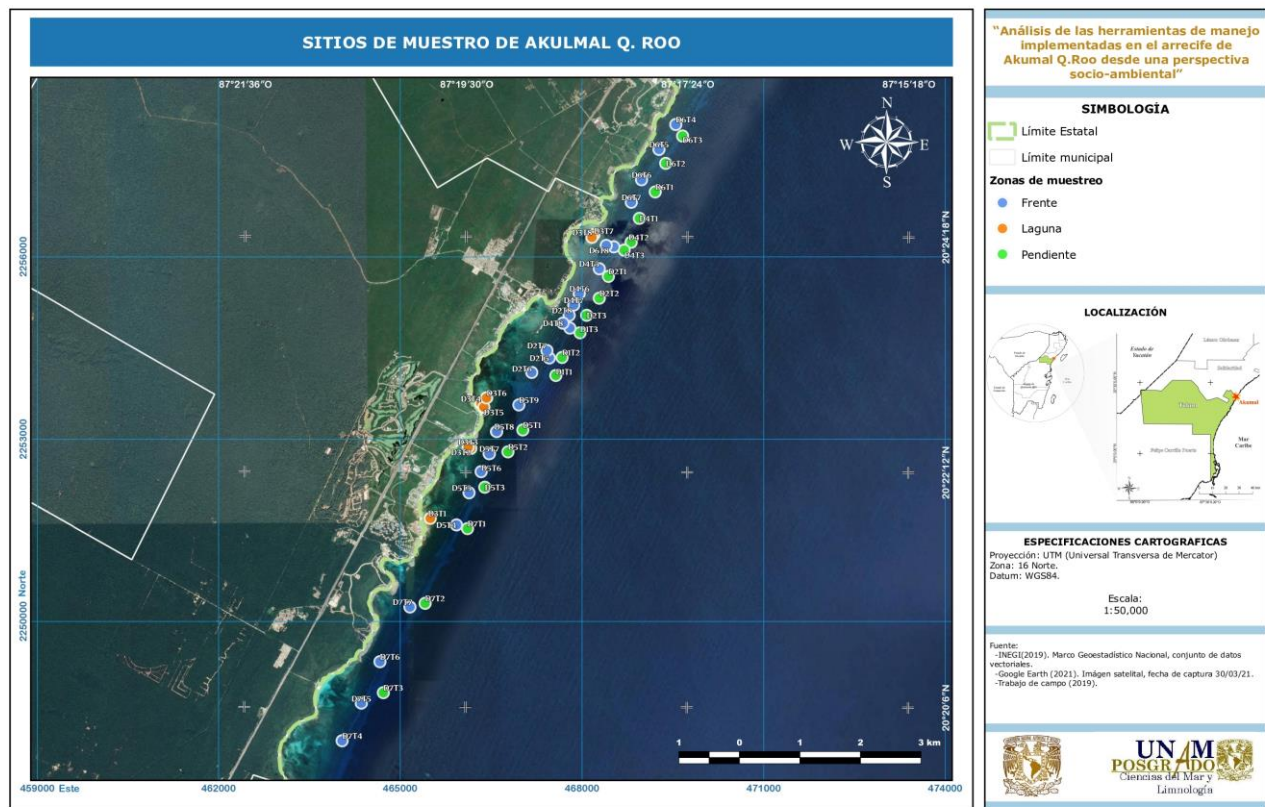


Figura 5 Sitios de muestreo de Akumal Q. Roo

III.1.1.1 Video Transecto

Consiste en filmar el substrato arrecifal (video digital 1080 @30 FPS mínimo) perpendicularmente al fondo, en un transecto de 50 m de largo por al menos, 0.6 m de ancho

(30 m²). Para compensar la distorsión del lente y el agua y mantener el ancho mínimo se ata un plomo a la cámara digital de video. En cuanto a la distancia de largo esta se mide con una cinta de PVC de la misma longitud, la cual irá fijada a alguna estructura de fondo por medio de un plomo de buceo.

Una vez delimitado el transecto un buzo mantendrá la cinta de PVC en el rumbo acordado y otro buzo nadará perpendicularmente el sustrato nadando lentamente al final del transecto, asegurándose constantemente de que la cámara este grabando, evitando movimientos bruscos o cambios de dirección. Al llegar al final del transecto se debe asegurar la grabación del video, para posteriormente enrollar la cinta, nadando de regreso al inicio del transecto, retirando la cuerda de fijación y recogiendo el plomo.

Para cada estación de video transecto se registraron los siguientes datos: Estación, puntos GPS, coordenadas UTM, hora, rumbo, profundidad (ft) y temperatura (°C), complejidad topográfica. La complejidad topográfica se calculó mediante una cadena, la cual se tiende sobre el transecto delimitado de 50 m siguiendo el contorno del sustrato, posteriormente se mide la longitud alcanzada por la cadena (Aronson y Swanson, 1997).

Para los registros de peces se emplearon censos visuales, registrado los datos de longitud al centímetro más cercano a nivel de especie de cada individuo. Se realizaron en los mismos transectos seleccionados para el arrecife de 50 m de longitud, ubicando primero el área para después realizar el conteo de peces (Molina Hernández *et al.*, 2018).

III.1.1.1.1 Procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos, las grabaciones de los Videotransectos se transfirieron a una computadora. Al visualizarlo se realizaron 40 pausas, en las cuales se dibujó un parón sistemático de 13 puntos fijos en la pantalla como referencia visual para identificar el tipo de cobertura biótica o sustrato debajo de cada punto, los datos obtenidos se registraron en hojas de cálculo, obteniendo matrices de 520 puntos (13 puntos por 40 pausas).

Para determinar el porcentaje de cobertura de cada grupo taxonómico y de substrato (GTS), se utilizaron los datos originales de las matrices de conteo por puntos de cada sitio, con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de cobertura} = \# \text{ de GTS} \times 100/520$$

En cuanto a los peces, la riqueza se calculó por medio de la aplicación del índice Shannon-Wiever; en las estimaciones de biomasa se tomaron los datos de la longitud del pez al centímetro más cercano y el peso del pez, utilizando la siguiente ecuación alométrica:

$W = a * L^b$ donde:

W= peso individual (g).

L= longitud total (cm) registrada en el campo.

a y b= parámetros estimados a partir de regresiones lineales de datos de tamaño y peso transformados logarítmicamente para cada especie de pez. Disponible en FishBase (Froese y Pauly, 2016; Molina *et al.*, 2018).

Para su categorización trófica se empleó el procesamiento descrito por Randall (1967), el cual se basa en asignar un codificador (ID) al pez, con base en su alimentación, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7 Categorización trófica realizada por Randall con base en la alimentación de los peces. Fuente: Randall, 1967.

ID Grupo	Alimentación	Géneros representativos
CG	Carnívoros detritívoros	<i>Albula</i> <i>Aulostomus</i> <i>Bothus</i>
DAS	Depredadores de animales sésiles	<i>Chaetodon</i> <i>Prognathodes</i> <i>Diodon</i>
DE	Depredadores de ectoparásitos	<i>Remora</i> <i>Elacatinus</i>
DIC	Depredadores de invertebrados con concha	<i>Balistes</i> <i>Trachinotus</i>
HD	Herbívoros y detritívoros	<i>Acanthurus</i> <i>Melichthys</i>
O	Omnívoros	<i>Aluterus</i> <i>Hemiramphus</i>
P	Piscívoros	<i>Caranx</i> <i>Ginglymostoma</i>
Z	Zooplanctívoros	<i>Canthidermis</i> <i>Ocyurus</i>

Los datos de comunidades bentónicas y de peces se integraron en una base de datos georeferida para poder ser visualizada en un Sistema de Información Geográfica.

III.1.1.1.2 Evaluación del Estado de Condición del arrecife

Para su evaluación se utilizó la información obtenida del procesamiento de datos de los Videotransectos, los cuales se compararon con las tendencias de los indicadores de estructura y función arrecifal como: mayor porcentaje de cobertura de coral duro, riqueza de especies, mayor densidad y tamaño de colonias coralinas, presencia de especies coralinas raras, diversidad de morfotipos y complejidad topográfica, así como menor porcentaje de cobertura de algas pardas filamentosas y de coral muerto reciente, menor incidencia de enfermedades coralinas y de presencia de blanqueamiento, menor densidad de esponjas incrustantes y menor incidencia de lesiones por depredación en corales. Estos indicadores son los evaluados en el

Índice simplificado e integrado de salud del arrecife (SIRHI por sus siglas en inglés) de Healthy Reefs.

III.1.2 Evaluación de las herramientas de manejo

Se realizó la evaluación de las dos herramientas de manejo implementadas en el arrecife de Akumal: la Zona de Refugio Pesquero (ZRP) y el Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas (ARPEM).

Para la evaluación de estas dos herramientas de manejo se realizó una adaptación a la metodología de la “Guía para la Evaluación Rápida de la Gestión en Áreas Marinas Protegidas del Mediterráneo.” Los indicadores de esta evaluación están basados en las diferencias culturales, tipos de recursos naturales, vulnerabilidades y sistemas de gobernanza del Mediterráneo; por tal motivo, se realizó una comparación entre los indicadores del Manual para la Evaluación Rápida de la Efectividad de Manejo en Áreas Protegidas Marinas de Mesoamérica y los del Mediterráneo, logrando la convergencia y adaptación de los 18 indicadores adecuados a las necesidades y circunstancias regionales del Caribe Mexicano.

Los 18 indicadores adaptados para la zona de estudio se describen en la siguiente tabla:

Tabla 8 Indicadores adaptados al caso de estudio de Akumal con base en la Guía para la Evaluación Rápida de la Gestión en Áreas Marinas Protegidas del Mediterráneo (Tempesta y Otero, 2013; SAM, 2014).

Tipo de indicador	Indicador
Biofísico	Calidad del agua
	Estado de conservación del hábitat
	Especies focales
	Acciones de especies invasoras
	Cambio climático
Socioeconómico	Características físicas focales, culturales y espirituales
	Alternativas de vivienda
	Percepción local de las Áreas de manejo
Gestión/Legislación	Legislación
	Plan de gestión
	Organismo de gestión
	Vigilancia y cumplimiento normativos
	Recursos financieros
	Participantes y planificadores
	Gestión de esfuerzo pesquero
	Gestión de visitantes
	Actividades de extensión
	Redes e información

Una vez definidos los indicadores, se realizó la selección de los actores clave de Akumal. Para identificar y seleccionar los actores clave, se consultaron las listas de asistencia de la consulta pública que realizó la CONANP en la bahía de Akumal, para el decreto del ARPEM. Este se consideró la fuente principal de información debido a que la CONANP ya había identificado a los actores que convergen en Akumal, cuyo perfil coincidía para el presente estudio (actores participativos y activos).

Debido a la amplitud de la lista de actores se realizó un filtro contestando las siguientes preguntas: ¿Qué tan activos son los actores?, ¿Cuál es su nivel de conocimiento respecto al tema de estudio?, ¿Son actores que se hacen presentes en la toma de decisiones?, ¿Pueden

influenciar en el proyecto (positiva o negativamente) ?, ¿tienen contacto directo con el área?, ¿son afectados o influenciados por el proyecto? (Koanda, 2006; Reed *et al.*, 2009).

De este filtro se obtuvo un total de 25 actores clave, los cuales fueron contactados para solicitarles su valiosa participación, sin embargo, debido a la falta de tiempo y ocupaciones solamente 20 actores clave accedieron a ser entrevistados, y apoyar esta investigación en la siguiente tabla se presentan los participantes:

Tabla 9 Actores Clave que interactúan de forma directa o indirecta con el arrecife de Akumal.

Sector	Procedencia	Ocupación	Número de entrevistas
Gobierno	Delegación	Delegado Akumal	1
	CONANP	Guarda Parques	2
Organización no gubernamental	CEA	Director	1
		Coordinador de investigación	1
Servicios	Parque	Parque Tsuuk	1
	Buceo	Dive master	4
Actividades recreativas	Pesca	Pescadores deportivos (capitán y marineros)	4
Cooperativas	Pesquería	Pesquera Tulum	2
	Turística	Empleados	4
		Total de entrevistas	20

A cada uno de estos actores clave se le realizó una entrevista semiestructurada (Anexo IV.2). Para realizar el análisis de las entrevistas se otorgó un valor determinado a cada respuesta, en el Anexo IV.3 se muestran los valores de evaluación de cada indicador, su valor final (la suma de los valores de cada respuesta por indicador) y la métrica de colores que corresponden a este valor.

La metodología del Mediterráneo propone una métrica de colores de cuatro categorías, sin embargo, para evitar la extrapolación de los resultados se agregó a la métrica de colores una quinta categoría, considerada como neutra. A continuación, se presenta la métrica final para

obtener al final una matriz de datos codificada que se pueda interpretar de acuerdo con el color obtenido:

Tabla 10 Sistema de codificación de colores modificado, basado en la evaluación de los indicadores del AMP (Tempesta y Otero, 2013).

Indicador	Evaluación del indicador
AZUL	Indica el mejor escenario y significa que el indicador se ha cumplido en su totalidad; la puntuación relativa es la más alta.
VERDE	Indica un buen escenario y significa que se ha cumplido con el indicador, aunque se necesita un poco más de esfuerzo para lograr el mejor escenario posible; La puntuación relativa es media alta.
AMARILLO	Indica un escenario propenso al declive, pero que aún se puede cumplir el indicador sin hacer un esfuerzo que implique un gran trabajo; la puntuación es media.
NARANJA	Indica un escenario deficiente y significa que se debe hacer una mejora significativa para cumplir con el indicador; La puntuación relativa es media baja.
ROJO	Indica el peor escenario y significa que el indicador no se ha cumplido; La puntuación relativa es la más baja.

III.1.3 Pertinencia de las herramientas de manejo

Para realizar un análisis de la pertinencia de las herramientas de manejo implementadas en Akumal, se identificaron sus objetivos. Éstos se entienden como las metas declaradas que especifican lo que se pretende lograr con cada herramienta de manejo. De igual forma se identificaron los indicadores, los cuales deben de estar alineados con los objetivos de las herramientas de manejo (Faro, *et al.*, 2017).

De las dos herramientas de manejo implementadas en Akumal la ZRP carece de indicadores decretados de manera oficial por las autoridades ambientales, por lo cual su pertinencia será evaluada con lo establecido en la publicación de su decreto.

IV. RESULTADOS

IV.1 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LAS COMUNIDADES ARRECIFALES

Para determinar el estado de condición de las comunidades arrecifales se emplearon los datos obtenidos en junio 2019 en los video transectos realizados en campo. Para la cobertura de grupos funcionales se muestreó un total de 51 estaciones, 25 correspondientes a frente, ocho a la laguna y 18 a la pendiente. Este muestreo permitió conocer en términos generales la cobertura bentónica y la comunidad coralina, las cuales se presentan a continuación:

Coberturas de grupos funcionales y sustratos

En la Figura 6 se presentan los resultados en porcentajes de la cobertura bentónica del arrecife de Akumal, compuesta por 16 grupos funcionales, con una clara dominancia por parte de las algas filamentosas (35.47%), seguido por las algas pardas (23%); estos dos grupos funcionales representan más del 50% de la cobertura bentónica, el resto está conformado por arena (15.56%), octocoral (11.42%), coral pétreo (5.21%) y algas coralinas incrustantes (4.31%), estos seis grupos funcionales representan el 94.97% de la cobertura. El porcentaje restante se distribuyen entre los otros 10 grupos funcionales con los siguientes porcentajes: algas verdes (1.19%) y *Halimeda* (1.03%) y con porcentajes menores al uno por ciento se encuentran: esponjas (0.88%), algas rojas (0.77%), algas rojas calcáreas (0.59%), pastos marinos (0.15%), pedacería (0.19%), roca y/o pavimento (0.18%), Zoántidos/Tunicados (0.15%) y coral muerto (0.2%).

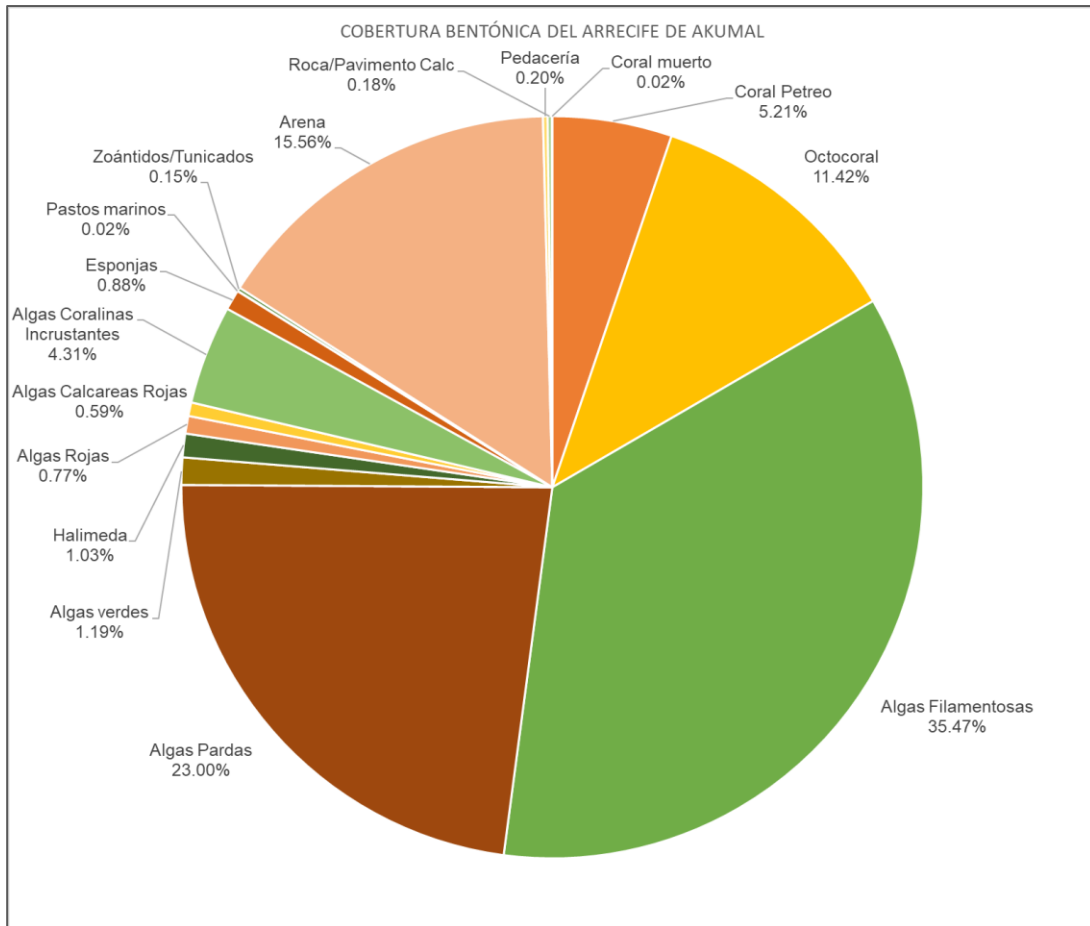


Figura 6 Cobertura bentónica del arrecife de Akumal.

Estado de condición arrecifal

Para la evaluación de la condición arrecifal se emplearon cuatro indicadores: porcentaje de cobertura de coral duro, y de macroalgas carnosas, y biomasa ($g \cdot 100 m^2$) de peces comerciales y peces herbívoros, la clasificación obtenida a través de las escalas establecidas por el SIRHI (Simplified Integrated Reef Health Index) para cada uno de estos indicadores se sumaron y se promediaron para así obtener la evaluación de condición por cada sitio de muestreo. De los 51 sitios muestreados, 21 sitios se encuentran en un estado crítico, 21 sitios se clasificaron en un estado mal y 4 sitios en un estado regular, los resultados completos se muestran en el Anexo VI.5, a continuación, se presenta un resumen de la clasificación de SIRHI por zona:

Tabla 11 Evaluación de Condición a partir de Indicadores de Salud del Arrecife de SIRHI (Healthy reefs, 2020).

Zona	Clasificación cobertura de coral duro %	Clasificación Macroalgas	Clasificación Peces herbívoros	Clasificación Peces comerciales	Clasificación final SIRHI
Frente	2.88	2.92	3.04	1.24	2.52
Pendiente	1.56	1.00	2.94	1.28	1.69
Laguna	1.13	2.75	0	0	1.94
Clasificación global	1.56	2.21	3	1.25	1.99

Nota: Para los sitios de la zona de laguna únicamente se encontraron datos para comunidades bentónicas.

En la tabla anterior se observa que la zona del frente arrecifal tiene la clasificación más alta en todos los indicadores, con un estado “regular” para los peces herbívoros, un estado “mal” en cobertura de coral duro y macroalgas, y un estado crítico para los peces comerciales.

Para la zona Pendiente tiene un estado “crítico” para tres indicadores: cobertura de coral duro, macroalgas y peces comerciales, y un estado “mal” para los peces herbívoros.

En cuanto a la zona de Laguna solamente se obtuvieron datos para las comunidades bentónicas, resultando, un estado “mal” para macroalgas y un estado “crítico” para coral duro.

En cuanto a la clasificación global, los indicadores más bajos para todos los sitios fueron los peces comerciales clasificado como crítico para las zonas de frente y pendiente, mientras que para la laguna no se obtuvieron datos. El coral duro se clasificó como crítico. En lo que respecta a macroalgas en la zona de pendiente fue su clasificación más baja con un estado crítico, pero se obtuvo una clasificación global “mal”. En cuanto a los peces herbívoros tampoco se obtuvieron datos para la zona de la laguna, mientras que su clasificación fue variable para las zonas de frente y pendiente, obteniendo una clasificación global “regular”, siendo el indicador más alto.

IV.2 EVALUACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE MANEJO

En noviembre del 2019 se realizaron 20 entrevistas semiestructuradas a los actores clave del arrecife de Akumal. Estas entrevistas se basaron en la metodología “Guía para la Evaluación

Rápida de la Gestión en Áreas Marinas Protegidas del Mediterráneo”, adaptada a las AMP de México, en caso concreto, para las herramientas de manejo implementadas en Akumal, Q. Roo.

Es importante mencionar que la aplicación de estas entrevistas fue antes de que se presentara la pandemia mundial por COVID-19, por lo cual las condiciones socioambientales pueden haber variado.

IV.2.1 Evaluación del ARPEM

De las entrevistas realizadas en campo se obtuvo la matriz de datos codificados por colores de los 18 indicadores, la cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12 Matriz de datos codificados de las entrevistas semiestructuradas para la evaluación de los 18 indicadores del ARPEM

Procedencia	Gobierno			ONG			Actividades recreativas								Cooperativas				Total de actores clave por escenario						
	Akumal	CONANP		CEA		Parque Tsúuk	Servicios				Pescadores deportivos				Pesquera de Tulum		Turística								
Ocupación	Delegado	Guarda parques	Guarda parques	Director	Coordinador de investigación	Gerente	Dive master	Dive master	Dive master	Dive master	Captán	Marinero	Marinero	Marinero	Pescador	Pescador	Empleado	Empleado	Empleado	Empleado					
1. Existencia de legislación	5	6	8	8	7	7	6	6	1	6	4	2	3	2	5	7	8	3	2	3	10	2	1	3	4
2. Existencia de un plan de gestión actualizado	1	2	4	1	6	2	2	3	0	2	0	0	0	0	1	3	4	0	0	0	1	0	2	2	15
3. Existencia de un organismo o asociación de gestión	6	6	6	2	6	6	6	7	5	7	8	8	8	7	4	6	6	6	7	7	0	3	14	2	1
4. Vigilancia y cumplimiento normativo	3	11	8	9	2	7	3	3	5	1	8	9	9	7	5	9	8	3	4	5	1	9	3	5	2
5. Recursos financieros asignados	2	0	6	2	3	4	2	2	2	2	2	1	0	0	1	3	4	1	3	1	0	0	1	5	14
7. Estado de conservación del hábitat	5	3	5	5	7	5	5	5	5	5	6	11	5	2	0	3	5	5	5	4	0	1	15	2	2
8. Especies focales; abundancia y estructura de población	1	2	4	1	2	4	2	1	3	1	1	1	1	0	2	2	3	3	3	1	2	4	5	0	9
9. Gestión del esfuerzo pesquero (pesca comercial y/o recreativa)	6	4	3	4	6	3	5	6	3	4	4	4	2	4	4	4	6	3	2	2	4	1	8	4	3

Procedencia	Gobierno			ONG			Actividades recreativas								Cooperativas						Total de actores clave por escenario				
	Akumal	CONANP		CEA		Parque Tsúuk	Servicios				Pescadores deportivos				Pesquera de Tulum		Turística								
Ocupación	Delegado	Guarda parques	Guarda parques	Director	Coordinador de investigación	Gerente	Dive master	Dive master	Dive master	Dive master	Capitán	Marinero	Marinero	Marinero	Pescador	Pescador	Empleado	Empleado	Empleado	Empleado					
10. Acciones sobre las especies invasoras	5	3	4	4	5	7	5	4	4	6	5	4	5	0	4	0	6	0	4	3	3	5	7	2	3
11. Actividades de extensión	4	4	4	6	6	6	5	4	4	4	2	4	2	0	4	0	4	4	4	3	3	1	11	1	4
12. Gestión de visitantes	3	3	2	1	3	5	3	3	2	3	3	4	3	1	0	0	2	3	3	3	0	1	1	11	7
13. Redes e información	1	1	1	4	1	3	2	1	4	1	0	2	3	3	1	0	2	1	1	2	0	2	3	4	11
14. Coordinación con los participantes y planificadores	4	2	6	7	2	8	1	4	7	4	0	1	1	0	1	0	6	0	0	6	0	1	5	5	9
15. Estado de las características físicas y culturales	1	3	0	4	2	2	2	2	0	2	0	2	1	2	0	1	1	2	2	0	0	1	1	9	9
16. Conciencia y acciones contra el cambio climático	5	6	5	4	2	2	2	5	2	5	0	1	0	0	0	0	2	2	2	2	0	2	3	0	15
17. Alternativas de vivienda o actividades que generan medios de vida alternativos	3	0	1	2	4	4	4	3	0	3	0	0	3	0	0	0	2	1	0	3	0	0	3	4	13
18. Percepción local del área	1	0	1	2	3	2	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	9	8

La mitad de los actores clave calificaron en el mejor escenario (azul) al indicador uno “Existencia de legislación”, lo que significa que el indicador se ha cumplido en su totalidad, es decir ellos reconocen que existe una política de manejo en el área de Akumal y los motivos de su designación.

En el caso del indicador dos “Existencia de un plan de gestión actualizado” 15 de los 20 actores clave lo identificaron en el peor escenario (rojo). Es la puntuación más baja y significa que el indicador no ha sido cumplido. Para el caso del presente estudio esto es que los actores clave:

- Desconocen si existe un programa de manejo por escrito, o no existe o no ha sido actualizado.
- No hay previsiones para evaluar su efectividad.
- Desconocen quien es la institución que avala dicho plan.

En el caso específico del indicador tres “Existencia de un organismo o asociación de gestión” 14 de los actores clave lo calificó en un escenario propenso al declive (amarillo), esta clasificación es de puntuación media, donde una falta de esfuerzo puede propiciar su declive o bien su atención puede ayudar a mejorar este indicador. Este indicador se refiere a las actividades de gestión que lleva a cabo el organismo o asociación presente en el área de manejo, y su clasificación indica que sí existen estas actividades de gestión, sin embargo, no han sido cumplidas en su totalidad o hace falta un mayor esfuerzo, dentro de estas actividades está: la conservación del hábitat, vigilancia, mantenimiento y administración.

Casi la mitad de los actores clave (nueve) calificaron al indicador cuatro “Vigilancia y cumplimiento normativo” en un buen escenario (verde), lo que significa que se ha cumplido con el indicador, pero aún hace falta un esfuerzo para lograr la mejor clasificación. El 4^{to} indicador hace referencia a que se han llevado a cabo actividades de vigilancia, pero estas aún no son suficientes para responder a las necesidades del área de manejo.

El indicador cinco “Recursos financieros asignados” se encuentra en el peor escenario. Los actores clave identificaron que no cuentan con el financiamiento necesario, ya que no se cubren

las necesidades del ARPEM y existen prioridades que no han sido atendidas en el tema financiero.

El indicador seis “Calidad del agua” no fue evaluado, debido a que los actores clave no contaban con la información necesaria para calificar la calidad del agua.

En el caso del indicador siete “Estado de conservación del hábitat” se clasificó en el escenario propenso al declive por 15 de los 20 actores clave. Este indicador está enfocado a las acciones que se han realizado para la conservación del hábitat focal, los esfuerzos de la administración y si ha habido un cambio desde la declaración del ARPEM.

Casi la mitad de los actores clave (nueve) clasificaron al indicador ocho “Especies focales; abundancia y estructura de población”, en el peor escenario, donde se reconoce un problema con las especies focales, en su cambio de densidad de población o estructura.

El indicador nueve “Gestión del esfuerzo pesquero (pesca comercial y/o recreativa)” está en un escenario propenso al declive. Esto significa que las actividades de pesca permitidas en el ARPEM deben implicar un mayor esfuerzo para controlar la pesca permitida, y evitar la pesca furtiva.

El indicador 10 “Acciones sobre las especies invasivas”, fue clasificado por cinco actores clave en un buen escenario. Y por siete actores clave en un escenario propenso al declive. En cualquiera de los casos la clasificación indica que se tienen que realizar mayores esfuerzos para lograr llegar a un buen escenario, donde se cumpla satisfactoriamente el indicador, reforzando acciones como un plan de sensibilización de los usuarios, acciones sobre las especies invasoras y su monitoreo.

El indicador 11 “Actividades de extensión”, se clasificó por más de la mitad de los actores clave (once) en un escenario propenso al declive, lo que indica una deficiencia en las actividades de educación ambiental, su efectividad o su difusión.

El indicador 12 “Gestión de visitantes”, está en un escenario deficiente (naranja), donde para que se cumpla el indicador se necesita un esfuerzo máximo. El indicador 12 necesita controlar el número de visitantes que ingresan a la zona de manejo.

El indicador 13 “Redes e información”, se clasificó en el peor escenario por más de la mitad de los actores clave (once), es la clasificación más baja y necesita atención urgente para que pueda mejorar su clasificación, dando atención prioritaria a la capacitación y sobre todo a la capacitación continua.

En el caso específico del indicador 14 “Coordinación con los participantes y planificadores” se calificó en el peor escenario por casi la mitad de los actores clave (nueve), siendo este el peor escenario indicando que no se realizan las actividades como la participación de los usuarios en la toma de decisiones de gestión, la resolución de conflictos entre las partes involucradas y las sesiones periódicas.

El indicador 15 “Estado de las características físicas focales, culturales y espirituales” fue el único indicador que los actores clave clasificaron en dos escenarios por igual, en el escenario deficiente (nueve) y en el peor escenario (nueve). Estas dos clasificaciones son las más bajas.

El indicador 16 “Conciencia y acciones contra el cambio climático” fue clasificado por la mayoría de los actores clave (quince) en el peor escenario, indicando que no se han cumplido con las acciones contra el cambio climático como: acciones concretas y programas de concientización.

Para el caso del indicador 17 “Alternativas de vivienda y/o actividades que generan ingresos medios de vida alternativos (MVA)/ Actividades generadoras de ingresos (AGI) en las áreas de manejo” fue clasificado en el peor escenario por 13 de los 20 actores clave.

El indicador 18 “Percepción local del área” se clasificó en un escenario deficiente, por casi la mitad de los actores clave (nueve), el cual necesita un gran esfuerzo para poder alcanzar un buen escenario.

IV.2.2 Evaluación de la ZRP

Los resultados de la evaluación de la Zona de Refugio Pesquero se presentan en la siguiente tabla, donde cada indicador tiene el puntaje y la métrica de colores de las cinco categorías de la metodología del Mediterráneo.

Tabla 13 Matriz de datos codificados de las entrevistas semiestructuradas para la evaluación de los 18 indicadores de la ZRP

Procedencia	Gobierno			ONG			Actividades recreativas							Cooperativas					Total de actores clave por escenario							
	Akumal	CONANP		CEA	Parque Tsúuk	Servicios				Pescadores deportivos			Pesquera de Tulum		Turística											
Ocupación	Delegado	Guarda parques	Guarda parques	Director	Coordinador de investigación	Gerente	Dive master	Dive master	Dive master	Dive master	capitán	Marinero	Marinero	Marinero	Pescador	Pescador	Empleado	Empleado	Empleado	Empleado						
1. Existencia de legislación	5	6	8	8	7	7	6	6	1	6	4	2	3	2	5	7	8	3	2	3	10	2	1	3	4	
2. Existencia de un plan de gestión actualizado	1	2	2	1	2	2	2	2	0	2	0	0	0	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	1	19
3. Existencia de un organismo o asociación de gestión	7	7	6	2	6	4	6	7	5	8	8	8	8	7	5	6	8	6	7	7	0	5	11	3	1	
4. Vigilancia y cumplimiento normativo	3	12	8	8	2	7	3	3	5	2	8	9	9	7	5	9	8	2	4	5	1	10	2	4	3	
5. Recursos financieros asignados	2	0	6	2	3	4	2	2	2	2	2	1	0	0	2	4	4	2	3	1	0	1	2	3	14	
7. Estado de conservación del hábitat	9	5	7	10	8	6	6	5	8	6	5	8	8	3	2	3	6	8	10	8	0	9	8	2	1	
8. Especies focales; abundancia y estructura de población	1	4	5	2	2	4	2	1	3	1	0	0	0	0	2	5	4	3	3	0	5	3	4	3	5	
9. Gestión del esfuerzo pesquero (pesca comercial y/o recreativa)	6	4	3	2	6	3	5	6	3	6	6	4	4	4	4	6	6	5	4	4	7	2	7	3	1	
10. Acciones sobre las especies invasoras	6	4	6	4	5	3	6	6	6	6	6	6	6	0	5	7	6	0	4	3	11	2	3	2	2	

Procedencia	Gobierno			ONG			Actividades recreativas							Cooperativas				Total de actores clave por escenario							
	Akumal	CONANP		CEA	Parque Tsúuk	Servicios				Pescadores deportivos			Pesquera de Tulum		Turística										
Ocupación	Delegado	Guarda parques	Guarda parques	Director	Coordinador de investigación	Gerente	Dive master	Dive master	Dive master	Dive master	capitán	Marinero	Marinero	Marinero	Pescador	Pescador	Empleado	Empleado	Empleado	Empleado					
11. Actividades de extensión	4	5	4	5	5	1	4	4	4	4	3	4	2	0	4	5	6	2	4	3	1	4	9	2	4
12. Gestión de visitantes	3	5	3	1	1	3	2	3	3	3	4	3	4	1	0	4	3	3	3	3	0	1	3	11	5
13. Redes e información	1	2	2	3	0	1	3	1	4	1	2	2	3	3	1	2	3	1	1	2	0	1	5	6	8
14. Coordinación con los participantes y planificadores	5	2	8	8	3	7	1	5	7	5	2	1	1	0	3	10	9	0	0	6	1	1	6	2	10
15. Estado de las características físicas y culturales	0	2	0	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	2	18
16. Conciencia y acciones contra el cambio climático	5	9	5	4	2	2	2	4	2	5	1	1	1	0	0	4	3	2	2	2	1	2	4	1	12
17. Alternativas de vivienda o actividades que generan medios de vida alternativos	3	0	1	2	4	0	4	3	0	3	2	2	3	0	0	4	2	1	0	3	0	0	3	4	13
18. Percepción local del área	1	0	1	2	3	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	2	1	0	0	0	0	1	1	10	7

El indicar uno “Existencia de legislación” es el indicador con la mejor calificación en la ZRP, clasificándolo en el “mejor escenario” (azul) por la mitad de los actores clave. Este indicador califica el conocimiento de los actores clave en los criterios para designar el área de manejo, su base legal y su delimitación.

En el caso del indicador 2 “Existencia de un plan de gestión actualizado”, se clasificó en el peor escenario (rojo) por 19 de los 20 actores clave. El indicador 2 hace referencia al plan de manejo existente, sus objetivos, su actualización y su forma de evaluación.

El indicador 3 “Existencia de un organismo o asociación de gestión”, se evaluó en un escenario propenso al declive (amarillo) por más de la mitad de los actores clave (once). El indicador está enfocado a las actividades de gestión de la ZRP, de parte de los actores clave existe una confusión generalizada de quien debe de realizar estas actividades.

El indicador cuatro “Vigilancia y cumplimiento normativo”, se clasificó en un “buen escenario” (verde) por la mitad de los actores clave. Este indicador evalúa las actividades de vigilancia y las acciones en caso de incidentes.

Para el indicador cinco “Recursos financieros asignados”, 14 de 20 actores clave lo clasificaron en el peor escenario. Este indicador evalúa los recursos financieros: de donde provienen, si son suficientes, cuáles son los mecanismos para captar ingresos. Los actores clave desconocen de donde provienen estos recursos y sobre quienes recaen las responsabilidades al respecto.

El indicador seis, al igual que en el ARPEM, no fue calificado debido a que los actores clave no contaban con información necesaria para realizar una evaluación de dicho indicador.

El indicador siete “Estado de conservación del hábitat” tiene por objetivo evaluar el estado de conservación del hábitat focal, cuáles han sido los esfuerzos por conservarlo, que tan deteriorado esta y si ha habido alguna mejoría o deterioro desde su declaración. En este contexto 9 de los 20 actores clave calificaron al indicador en un “buen escenario”.

El indicador ocho “Especies focales; abundancia y estructura de población”, aborda el tema de las especies más sensibles a los agentes de presión externa, funcionando como indicadores biológicos. En este contexto la percepción de los actores clave se dividió de la siguiente manera: “mejor escenario” (cinco) y “peor escenario” (cinco), por tal motivo, no es posible definir una clasificación mayoritaria.

El indicador nueve “Gestión de esfuerzo pesquero (pesca comercial y/o recreativa)”, este indicador evalúa las actividades de pesca permitidas en la ZRP (pesca deportiva y de pez león). Al igual que el indicador anterior la clasificación dada por los actores clave se divide en dos escenarios: “mejor escenario” por 7 de los 20 actores clave y “propenso al declive” por 7 actores clave.

En el caso específico del indicador diez “Acciones sobre las especies invasoras” se clasificó en un “buen escenario” por más de la mitad de los actores clave. Este indicador identifica las acciones que se realizan para erradicar las especies invasoras (acciones, cambios positivos o negativos, plan de sensibilización, etc.)

Nueve de los 20 actores clave calificaron al indicador once “Actividades de gestión” en un escenario “propenso al declive” (amarillo). Las actividades para calificar este indicador fueron: actividades de educación ambiental, difusión de estas actividades y su relación con el número de visitantes.

El indicador 12 “Gestión de visitantes” se clasificó en un escenario deficiente (naranja) por más de la mitad de los actores clave, este escenario requiere un esfuerzo considerable para poder cumplirse.

Indicador 13 “Redes e información” evalúa la capacitación del personal. Este indicador se clasificó en el peor escenario por los ocho de los actores clave, quienes consideran que este indicador no se ha cumplido.

El indicador 14 “Coordinación con los participantes y los planificadores” se clasificó en el peor escenario (rojo) por la mitad de los actores clave. Este indicador evalúa la resolución de conflictos, la periodicidad y participación de los usuarios en las reuniones.

En el caso del indicador 15, “Estado de las características físicas focales, culturales y espirituales” se evaluó en el peor escenario (rojo) por 18 de los 20 actores clave, es el indicador con la evaluación más baja.

El indicador 16 “Conciencia y acciones contra el cambio climático” se evaluó en el peor escenario por más de la mitad de los actores clave (doce). Este indicador evalúa las acciones que se llevan a cabo contra el cambio climático como programas de concientización.

El indicador 17 “Alternativas de vivienda y/o actividades que generan ingresos medios de vida alternativos (MVA)/ Actividades generadoras de ingresos (AGI) en las áreas de manejo” está evaluado en el peor escenario por 13 de los actores clave.

En el caso del último indicador “Percepción local del área” se evaluó en un escenario deficiente (naranja) por la mitad de los actores clave. Este indicador mide el nivel de conciencia sobre el establecimiento y el impacto del área de manejo y la percepción de los actores clave sobre sus roles y responsabilidades.

IV.3 PERTINENCIA DE LAS HERRAMIENTAS DE MANEJO

A continuación, se presenta el análisis de la pertinencia de los objetivos, las estrategias de manejo y los indicadores del ARPEM y de la ZRP.

En el análisis se consideraron cinco aspectos: rubro a analizar, utilidad para la conservación del arrecife de coral de Akumal, cumplimiento y recomendaciones.

Para definir su cumplimiento se consideraron 3 categorías: positivo: se cumple por completo con lo establecido, parcial: su cumplimiento es incompleto, negativo: no se cumple con lo establecido.

IV.3.1 Análisis de pertinencia de la Zona de Refugio Pesquero

En la siguiente tabla se presenta el resumen del análisis de la ZRP.

Tabla 14 Artículos de la ZRP

Disposición	Temática	Cumplimiento
Art 3	Pesca, especies y artes.	Parcial
Art 4	Periodicidad y evaluación.	Incumplido

A continuación, se presenta el análisis de la ZRP en extenso.

El Acuerdo publicado en 2015, establece en su Artículo 3° lo siguiente:

“En la Zona de Refugio, únicamente podrán llevarse a cabo actividades de pesca comercial o de consumo doméstico de pez león (*Pterois volitans*) mediante buceo libre por apnea y sólo con arpón de liga, resorte o neumático, estando prohibida la captura de cualquier otra especie de flora y fauna acuáticas. Respecto a la pesca deportivo-recreativa, ésta solamente podrá llevarse a cabo bajo la modalidad de "captura y liberación". Las disposiciones establecidas en el presente Acuerdo, no aplican para las especies acuáticas que se encuentren bajo un estatus de protección en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010, cuyas medidas de conservación y aprovechamiento están administradas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)” (DOF, 2015).

En cuanto al cumplimiento de este artículo el 45% de los actores clave califican la vigilancia y cumplimiento normativo en “un buen escenario”, lo que significa que se ha cumplido con el indicador, aunque se necesita un poco más de esfuerzo para llegar al mejor escenario posible. El porcentaje restante de actores clave lo califican negativamente (propenso al declive, deficiente y sin cumplir). Ya que señalan que se siguen realizando actividades de pesca furtiva en los horarios donde no hay vigilancia. En el caso específico de la cooperativa pesquera de Tulum comentaron que ellos respetan el acuerdo de restricción de pesca de la ZRP y que el principal problema son los pescadores furtivos.

Por su parte, en el Artículo 4°, del mismo decreto señala:

“La SAGARPA a través de la CONAPESCA y con base en la opinión técnica del Instituto Nacional de Pesca, determinará dentro de 6 años contado a partir de la entrada en vigor de este Acuerdo, la permanencia, modificación o eliminación de la zona de refugio, conforme a las evaluaciones que realice con el fin de conocer los resultados en cuanto a los objetivos del establecimiento de dichas zonas, apegándose a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-049-SAG/PESC- 2014, que determina el procedimiento para establecer zonas de refugio para los recursos pesqueros en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, publicada el 14 de abril de 2014, en el Diario Oficial de la Federación y demás disposiciones jurídicas aplicables” (DOF, 2015).

En cuanto a su evaluación, el 75% de los actores clave lo califican en el “peor escenario” lo que significa que no se ha cumplido. Solamente los guardaparques de CONANP, el CEA, la delegación de Akumal y la cooperativa pesquera mostraron un conocimiento amplio en el decreto de la ZRP (duración, objetivos, criterios para su designación, etc.). Los demás actores clave desconocen los aspectos básicos del decreto, en su mayoría solamente sabe que “*existe un documento*”, identifican solamente al ARPEM o confunden una herramienta de manejo con la otra.

IV.3.2 Análisis de pertinencia del decreto del ARPEM

*Artículo 1° “Se establece como área de refugio con el nombre de Bahía de Akumal, la porción marina ubicada frente a los poblados de San Miguel, en el municipio de Solidaridad y los poblados de Akumal, Aventuras, Bahía Príncipe, Chemuyil, Xcacel-Xcacelito y La Esperanza, todos éstos en el municipio de Tulum y que se localiza aproximadamente a 37 km al sur de Playa del Carmen en el Estado de Quintana Roo, con una superficie de 1,653-43-33.47 hectáreas (mil seiscientos cincuenta y tres hectáreas, cuarenta y tres áreas, treinta y tres centiáreas, cuarenta y siete decímetros cuadrados), para la protección de las especies tortuga verde (*Chelonia mydas*), tortuga caguama (*Caretta caretta*), tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*); cuerno de alce (*Acropora palmata*), cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*), corales blandos o abanicos de mar (*Plexaura homomalla* y *Plexaura dichotoma*); mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y los pastos marinos de las especies *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*” (DOF, 2016).*

Este artículo se vincula con el indicador “Especies focales; abundancia y estructura de población”, el cual se clasificó en el “peor escenario” por el 45% de los actores clave, ya que la mayoría de ellos desconocen la lista de las especies protegidas, tienen la noción de la protección de las tortugas, pero desconocen la protección de las especies coralinas, mangle y pastos marinos (excluyendo a los actores del gobierno y el CEA). Su evaluación, por lo tanto, es negativa, por el desconocimiento generalizado de las especies protegidas.

En la parte legal para dar cumplimiento existen en la zona varios carteles donde viene la información de las especies protegidas, no obstante, estos letreros son casi ilegibles debido a la falta de mantenimiento.

En un análisis general del ARPEM se identificó que uno de los principales problemas es la delimitación geográfica del acuerdo, ya que en términos de objetivos y escalas del ARPEM resulta ineficiente por la exclusión de zonas de anidación de las tortugas marinas y zonas de vegetación de manglar, estos aspectos son necesarios para cumplir con los alcances propuestos en el ARPEM. Ante tal situación se realizó una nueva delimitación geográfica de los límites del ARPEM. Esta delimitación se realizó mediante un análisis satelital de las zonas de manglar continuas a la zona del decreto, para los sitios de anidación se delimitó una franja de la zona de costa que tuviera accesibilidad a las tortugas para su anidación y se verificó con el CEA y sus registros de sitios de anidación para corroborar estos sitios. En la siguiente figura se presenta la delimitación geográfica necesaria para cumplir con los alcances del ARPEM.



Figura 7 Delimitación de los sitios para cumplir con los alcances del ARPEM.

IV.3.3 Análisis de pertinencia del Programa de Protección del ARPEM

A continuación, se presenta el resumen de las medidas establecidas en el Programa de Protección del ARPEM

Tabla 15 Resumen de las medidas establecidas en el ARPEM

Disposición	Temática	Cumplimiento
Medida 4	Recolección y disposición de residuos	Parcial
Medida 7	Cumplimiento a lo establecido en el decreto y a su señalización	Parcial
Medida 10	Protección del contorno del litoral	Incumplido.
Medida 11	Restricciones para la protección de las especies marinas	Parcial
Medida 12	Permisos requeridos por parte de la SEMARNAT para ciertas actividades.	Cumple
Medida 23	Términos para realizar actividades de bajo impacto.	No cumplida
Subpolígono Franja Marino Costera		
Medida 25	Condiciones en las que se permite el anclaje	Se cumple
Medida 26	Buceo autónomo y buceo libre	Se cumple
Medida 27	Uso de bronceadores y bloqueadores	Parcial
Medida 28	Actividades prohibidas	Parcial
Medida 29	Actividades prohibidas en el buceo autónomo o libre	Parcial
Subpolígono bahía de Akumal		
Medida 30	Actividades prohibidas	Parcial
Medida 33	Consideraciones en el circuito de nado y observación de tortugas	Parcial
Subpolígono X'Cacel a X'Cacelito		
Medida 37	Actividades no permitidas	No cumplida
Medida 39	Tránsito de embarcaciones permitido	No cumplida
Gestión, Manejo, Uso y Desarrollo Sustentable de Ecosistemas.		
Acción 2	Elaborar un diagnóstico y caracterización del estado actual de los ecosistemas y la biodiversidad del Área de Refugio	Parcial
Acción 3	Identificar en el Área de Refugio las zonas de mayor uso y por tipo de actividad	Cumplida
Acción 4	Promover el ordenamiento de las actividades productivas	Parcial
Acción 6	Promoción de los estudios de capacidad de carga	Parcial
Acción 7	Principales zonas de uso	Parcial
Acción 12	Capacitación de prestadores de servicio	No cumplida
Acción 13	Identificar las necesidades de manejo	Parcial
Acciones de investigación y monitoreo		
Acción 2	Implementación de líneas de investigación	Cumplimiento parcial
Acción 3	Programa de monitoreo de especies en riesgo	Cumplida
Acción 4	Estudios de especies o poblaciones en peligro de extinción	No cumplida
Acción 5	Promover investigaciones relativas a los procesos de dispersión, conectividad, dinámica de poblaciones y evolución	No cumplida
Acción 6	Promover la implementación del monitoreo de tortugas marinas	Parcial

Disposición	Temática	Cumplimiento
Acción 8	Elaborar un mapa de sitios con mayor impacto ambiental	Parcial
Acción 10	Estrategias de manejo	Parcial
Acción 11	Identificar necesidades de ecosistemas frágiles	No cumplida
Acción 13	Monitoreo de calidad de agua	No cumplida
Rehabilitación y recuperación de ecosistemas y especies en riesgo		
Acción 1	Estrategias de mitigación de impactos	Incumplida
Acción 2	Diagnóstico de especies en riesgo	Incumplida
Acción 5	Determinar el grado de alteración de las áreas frágiles	Incumplida
Rehabilitación y Recuperación de Ecosistemas y Especies en Riesgo.		
Acción 1	Estrategias de mitigación de impactos	Incumplida
Acción 2	Diagnóstico de las especies en riesgo	Incumplida
Acción 5	Grado de alteración de las áreas frágiles	Incumplida
Mitigación y Adaptación al Cambio Climático		
Acción 4	Acciones para reducir las emisiones de CO ²	Incumplida
Acción 5	Monitoreo del transporte sedimentario	Incumplida
Acción 6	Monitoreo del ecosistema arrecifal	Parcial
Bioseguridad		
Acción 1	Medidas preventivas contra especies exóticas de flora y fauna	Parcial
Acción 2	Identificar posibles especies exóticas de flora y fauna	Parcial
Acción 4	Métodos de control y erradicación de especies invasoras	Parcial
Prevención, Control y Atención a Contingencias Ambientales		
Acción 1	Identificar amenazas por contingencias ambientales	Incumplida
Acción 5	Protocolo de alerta con eventos de blanqueamiento	Incumplida
Educación Ambiental y Cultura para la Conservación		
Acción 1	Informar sobre la importancia de los ecosistemas	Parcial
Supervisión y coadyuvancia con las autoridades competentes en materia de inspección y vigilancia		
Acción 2	Definir zonas de mayor supervisión	Parcial
Acción 5	Colocación de señalización con la normatividad aplicable	Incumplida

A continuación, se presentan las medidas en extenso, así como su cumplimiento.

Medida 4. “*Todas las personas que ingresen al Área de Refugio deberán recoger y llevar consigo los residuos generados durante el desarrollo de sus actividades y depositarlos en los sitios destinados para tal efecto por las autoridades competentes*” (DOF, 2017).

El cumplimiento se lleva a cabo de manera parcial, las brigadas encargadas de la vigilancia ponen mayor atención en otros aspectos, y descuidan o desconocen que se tiene que realizar una revisión de los artículos que con los que ingresan los turistas y que pueden generar residuos.

Medida 7. *“Los usuarios del Área de Refugio deberán cumplir con las presentes medidas, y tendrán las siguientes obligaciones:*

I. Respetar las boyas, balizas y señalización colocadas en el Área de Refugio;” (DOF, 2017).

Su cumplimiento es parcial, si bien existe un boyado y letreros estos necesitan de mantenimiento y no siempre estos límites físicos son respetados. Esta medida se vincula con el indicador “recursos financieros asignados” el cual está calificado en el peor escenario por el 70% de los usuarios, debido a que los recursos asignados son escasos y no se tiene bien en claro de donde proviene el recurso financiero o cuales son las estrategias para bajar los recursos.

Es importante comentar que aún con la presencia de boyas, existen fotografías donde los turistas se encuentran dentro de zonas donde se prohíbe el acceso.

Medida 10. *“No se permitirá la ejecución de obras o acciones que afecten la estructura arrecifal o modifiquen el contorno del litoral” (DOF, 2017).*

A pesar de que ninguno de los sectores clave identificó este como un problema actual para el arrecife, existen varios medios de comunicación que reportan construcciones al lado de la playa, como es el caso de Cheyumil, un complejo hotelero que se encuentra dentro de la zona protegida, poniendo en riesgo la llegada de las tortugas en época de anidación, además de los ecosistemas marinos como el arrecife al colocar un complejo hotelero a escasos metros de la playa. Por lo tanto, se considera incumplido.

Medida 11. *“En la circunscripción del Área de Refugio, quienes realicen obras o actividades estarán sujetos a las siguientes restricciones, ello con el objeto de cumplir con la finalidad de protección de las especies que motivaron la creación del Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas denominada “Bahía de Akumal”:*

I. Emplear fungicidas, insecticidas, pesticidas y en general cualquier producto contaminante;

II. Extraer flora y fauna viva o muerta, así como otros elementos biogenéticos, cuando se realice sin autorización y sea contrario a lo establecido en el presente Programa de Protección;

III. Instalar plataformas o infraestructura de cualquier índole que afecte las formaciones coralinas;

IV. Introducir especies vivas exóticas o invasoras;

V. Perturbar a cualquier ejemplar de la vida silvestre;

VI. Realizar actividades de dragado o de cualquier otra naturaleza que generen la suspensión de sedimentos o provoquen áreas con aguas fangosas o limosas dentro del Área de Refugio;

VII. Tirar o abandonar desperdicios en la porción marina;

VIII. Usar explosivos, salvo para acciones de administración y manejo del Área de Refugio;

- IX. Afectación de los pastos marinos;*
- X. Realizar la construcción de infraestructura que afecte a los ecosistemas marinos;*
- XI. Las reparaciones, mantenimientos mayores, así como los trabajos de remodelación de embarcaciones y motores;*
- XII. Realizar cualquier actividad de limpieza y achicamiento de sentinas de embarcaciones;*
- XIII. La remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar;*
- XIV. Verter o descargar aguas residuales, aceites, grasas, combustibles o cualquier otro tipo de contaminante, desechos sólidos, líquidos o de cualquier otra sustancia que pueda ocasionar alguna alteración a los ecosistemas del Área de Refugio;*
- XV. Tocar, alimentar, perseguir, acosar, molestar o remover de cualquier forma a las diferentes especies de flora y/o fauna silvestre que se encuentren en el Área de Refugio;*
- XVI. Tocar, pararse, pisar, sujetarse de las formaciones coralinas, arrastrar equipo, dar mantenimiento a equipo, remover el fondo marino o provocar sedimentación sobre las formaciones arrecifales, incluyendo las áreas someras, y*
- XVII. La construcción de muelles, embarcaderos, plataformas o cualquier infraestructura portuaria o de otra índole, sin la autorización correspondiente” (DOF, 2017).*

Su cumplimiento es parcial en la mayoría de las medidas.

Muchos de los actores clave como el CEA y la CONANP, reconocen que los turistas han llegado a perturbar a las tortugas con tal de tomarles fotos o nadar cerca de ellas. De igual forma, uno de los problemas más reconocidos en el ARPEM es el vertimiento de aguas residuales en la zona urbana de la zona costera adyacente, sin ningún tipo de tratamiento previo, el cual ya había sido reportado por Mata en el 2018. La planta de tratamiento de aguas de Akumal solo atiende a una fracción de la zona urbana y es continuamente sobrecargada con pipas de aguas negras que provienen de otros lugares de la Riviera Maya.

Y por último algunos de los actores clave reconocen el poco cuidado con las zonas coralinas, debido a que muchas veces los turistas las consideran rocas y se paran en ellas.

Medida 12. *“Se requerirá autorización por parte de la SEMARNAT, a través de sus distintas unidades administrativas para la realización de las siguientes actividades en el Área de Refugio, en términos de las disposiciones legales aplicables.*

I. Colecta o manipulación de ejemplares, partes y derivados de vida silvestre con fines de investigación científica y propósitos de enseñanza, en todas sus modalidades;

II. Aprovechamiento no extractivo de la vida silvestre;

III. Aprovechamiento de recursos biológicos para el uso en biotecnología, y

IV. Manejo, control y remediación de problemas asociados a ejemplares y poblaciones que se tornen perjudiciales” (DOF, 2017).

Esta medida se considera efectiva, gracias a la revisión que realizan los guardaparques de la CONANP a los grupos que realizan actividades como el snorkel y buceo, al salir del ARPEM, asegurándose que no lleven consigo ejemplares vivos o muertos.

Medida 23. *“El uso turístico y recreativo de bajo impacto dentro del Área de Refugio, se podrá llevar a cabo bajo los términos que establece el presente instrumento, siempre y cuando:*
I. No se provoque una afectación a los ecosistemas y su biodiversidad;
II. Tengan un beneficio para las comunidades locales y colindantes al Área de Refugio;
III. Promueva la educación ambiental, y
IV. La infraestructura requerida sea acorde con el entorno natural del Área de Refugio” (DOF, 2017).

Abrir el Área de Refugio al turismo genera ingresos para las comunidades locales, las cuales, para preservar este ingreso, deben participar activamente en la protección del ecosistema arrecifal. Sin embargo, todos los actores clave reconocen que la biodiversidad del ARPEM presenta un deterioro avanzado relacionado al turismo por el avistamiento de tortugas, por lo cual se considera una medida no cumplida.

Subpolígono Franja Marino Costera

Medida 25. *“El anclaje de embarcaciones sólo se permite de manera temporal, y en casos de investigación científica, monitoreo y vigilancia, en los sitios designados para dicho fin” (DOF, 2017).*

Esta medida se cumple satisfactoriamente, ya que las embarcaciones que existen en el área son de las cooperativas turísticas, las cuales con ayuda de la vigilancia de los guardaparques de CONANP y del CEA han cumplido con esta medida.

Medida 26. *“El buceo autónomo y buceo libre con fines recreativos, se realizarán bajo la supervisión de por lo menos un guía autorizado y de conformidad a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-012-TUR-2016, Para la prestación de servicios turísticos de buceo” (DOF, 2017).*

Esta medida se cumple satisfactoriamente, todas las actividades de buceo se realizan con un guía autorizado, esto es revisado con los guardaparques de CONANP, los cuales verifican la salida de todas las embarcaciones, el número de personas y el guía que los acompaña.

Medida 27. “Se podrán realizar actividades turístico recreativo de bajo impacto promoviendo el uso de bronceadores o bloqueadores solares biodegradables” (DOF, 2017).

En el CEA realizan una campaña de concientización mediante carteles, para evitar el uso de los bloqueadores. De igual forma, en tiendas cercanas se vende bloqueador biodegradable, para evitar el uso de los bloqueadores nocivos. Sin embargo, esta medida se cumple parcialmente, ya que si bien existen alternativas al respecto y campañas los prestadores de servicio comunican estas medidas a los turistas, pero solamente como una sugerencia, no como una regla.

Medida 28.” Dentro del subpolígono Franja Marino Costera, no se podrá realizar lo siguiente:
I. Verter o descargar contaminantes, desechos o cualquier tipo de material nocivo, y
II. Navegar con cualquier embarcación sobre las formaciones coralinas” (DOF, 2017).

Su cumplimiento es parcial. Los actores clave han denunciado el vertimiento de desechos por parte de las cooperativas hoteleras.

Medida 29. “Al realizar actividades de buceo libre o autónomo, no se permite:
I. El uso de guantes y cuchillos, y
II. Acercarse a menos de 2 m de distancia de las formaciones coralinas” (DOF, 2017).

El seguimiento coercitivo de estas restricciones previene la generación de daños al sistema arrecifal. Su cumplimiento es parcial, las brigadas encargadas de la vigilancia ponen mayor atención en otros aspectos, y no tienen los medios para revisar las inmersiones que se realizan.

Subpolígono Bahía de Akumal

Medida 30. “Dentro del Subpolígono Bahía de Akumal, no se podrá realizar lo siguiente:
I. El anclaje, y
II. El uso de bronceadores o bloqueadores solares, que no sean biodegradables” (DOF, 2017).

Cumplimiento parcial, los prestadores de servicios turísticos recomiendan el no usar bronceadores o bloqueadores biodegradables, pero solamente lo realizan como una sugerencia, no como una regla.

Medida 33. “En los circuitos 1 y 2 “Circuitos de Nado y Observación” se podrán realizar actividades de nado y observación de tortugas marinas atendiendo a lo siguiente:

IV. De manera obligatoria, todos los turistas y guías de grupos, deberán utilizar tubo de respiración, visor, aletas cortas, chalecos salvavidas que evite la inmersión total, y en ningún caso, se podrá sustituir el chaleco por flotador de cintura;

VIII. Hacer uso exclusivamente de las rutas establecidas para recorrer el área, y al identificar a un ejemplar de vida silvestre, no deberá excederse un lapso de cinco minutos para su observación, y

IX. La distancia mínima entre grupos que realicen la actividad será de 10 metros de longitud en cada circuito” (DOF, 2017).

Su cumplimiento es parcial, se necesita una señalización más efectiva de los circuitos, y una supervisión más estricta.

Subpolígono X'Caçel a X'Caçelito

Medida 37. “Dentro del Subpolígono X'Caçel a X'Caçelito, no se podrán realizar las siguientes actividades:

I. El anclaje;

II. El buceo autónomo;

III. El uso de bronceadores o bloqueadores solares, que no sean biodegradables;

IV. Verter o descargar contaminantes, desechos o cualquier tipo de material nocivo;

VI. Tocar, pararse, pisar o sujetarse de las formaciones coralinas; arrastrar equipo; remover el fondo marino o provocar sedimentación;

VII. Afectar o dañar a los ecosistemas arrecifales y de pastos marinos;

VIII. El tránsito de embarcaciones, salvo en los canales de navegación establecidos por la SCT;

IX. Realizar cualquier actividad de mantenimiento, limpieza, reparación de embarcaciones, abastecimiento de combustible, achicamiento de las sentinas, así como cualquier actividad que pueda alterar el equilibrio ecológico” (DOF, 2017).

La mayoría de los actores clave coinciden que estas medidas no se han cumplido debido a la falta de vigilancia y/o personal. En las entrevistas también externaron la preocupación particular por las actividades como el daño a las formaciones coralinas, el tránsito de embarcaciones y el vertimiento de contaminantes.

Medida 39. “El tránsito de embarcaciones en este subpolígono se permitirá exclusivamente para la realización de actividades de investigación científica y monitoreo” (DOF, 2017).

Las condiciones de conservación y diversidad en este subpolígono exigen limitar su acceso a fines exclusivos de investigación y monitoreo. Según la cooperativa pesquera de Tulum, esta medida no se cumple, han observado embarcaciones en estos sitios.

Acciones. 4.1.1. Gestión, Manejo, Uso y Desarrollo Sustentable de Ecosistemas.

“2. Elaborar un diagnóstico y caracterización del estado actual de los ecosistemas y la biodiversidad del Área de Refugio, con la participación de las dependencias federales, instituciones y centros de investigación, además de los usuarios” (DOF, 2017).

La mayoría de los actores clave manifestaron en las entrevistas la importancia de realizar actividades de investigación respecto al área de manejo, sin embargo, en la parte de financiamiento desconocen cómo los mecanismos de obtención de fondos para realizar estas actividades.

La única organización que realiza estas actividades y es reconocida por los actores clave es el CEA, la cual reconoce que no tiene los fondos financieros suficientes para realizar todas estas actividades, por lo cual se considera en un cumplimiento parcial.

“3. Identificar en el Área de Refugio las zonas de mayor uso y por tipo de actividad” (DOF, 2017).

Esta acción no se incluyó en las entrevistas como una pregunta, sin embargo, para completar esta evaluación se preguntó directamente a los miembros del CEA por las áreas de mayor uso, los cuales coincidieron en que la zona de mayor uso es al norte de la bahía, lo cual coincide con estudios previos y el decreto del área de manejo, considerando esta acción como cumplida.

“4. Promover el ordenamiento de las actividades productivas en el Área de Refugio” (DOF, 2017).

No se ha cumplido. Los actores clave reconocen que no existe aún un ordenamiento de las actividades productivas.

El avistamiento de las tortugas es la principal actividad en la zona reconocida por los actores clave, pero esta no cuenta con un ordenamiento.

“6. Promover la elaboración o actualización de los estudios de capacidad de carga y límites de cambio aceptable en las zonas de mayor uso y de actividades de aprovechamiento sustentable en el Área de Refugio” (DOF, 2017).

Esta acción no se evaluó directamente en las entrevistas, sin embargo, para poder realizar el decreto del ARPEM la CONANP realizó un estudio de la capacidad de carga denominado “Caracterización de la actividad turística realizada con tortugas marinas en el Área de Refugio de la Bahía de Akumal, Quintana Roo”. En este trabajo se detectó que el mayor problema era el aumento de turistas. En las entrevistas a los actores clave se evaluó en el indicador 12 la “Gestión de visitantes” el cual se evaluó en un escenario deficiente, donde la mayoría de los actores clave reconocieron la necesidad de mejorar la gestión de los visitantes.

Dado lo anterior, se considera que la acción con un cumplimiento parcial.

“7. Identificar dentro del Área de Refugio las principales zonas de uso, en función de la vocación natural del sistema, de los usos observados y de su potencial, en concordancia con los propósitos de conservación y restauración del área” (DOF, 2017).

Existe dentro del ARPEM una delimitación basada en sus principales zonas de uso, no obstante, esto no es respetado siempre por los turistas o por los prestadores de servicios, esta acción esta evaluada en el indicador 4 “vigilancia y cumplimiento normativo” evaluándolo como un cumplimiento parcial, ya que no esta en el mejor escenario, lo que significa que se han llevado a cabo actividades de vigilancia pero que aún no son suficientes para responder a las necesidades del ARPEM.

“12. Promover la capacitación de los prestadores de servicios turísticos, así como de los guías que realicen actividades turísticas en el Área de Refugio” (DOF, 2017).

Esta acción no se ha cumplido, ya que fue evaluada por los actores clave en el indicador 13 “Redes e información” en el peor escenario, lo que implica que se necesita una atención prioritaria a la capacitación.

“13. Fomentar la implementación de proyectos en el Área de Refugio, que permitan identificar las necesidades de manejo para la recuperación de los diferentes ecosistemas” (DOF, 2017).

La evaluación de las condiciones bióticas actuales del arrecife es fundamental para el diseño de estrategias que promuevan su conservación. Su cumplimiento es parcial. Tanto las

dependencias como los centros de investigación buscan promover este tipo de acciones con proyectos como la presente tesis.

Acciones. 4.1.2 Investigación y Monitoreo.

“2. Definir los criterios e indicadores para la implementación de las líneas de investigación y monitoreo que hayan sido identificadas como prioritarias, para la conservación de las especies de flora y fauna en alguna categoría de riesgo en el Área de Refugio” (DOF, 2017).

El seguimiento puntual de los indicadores definidos demostrará el éxito de las acciones realizadas en pro de la conservación del arrecife. Su cumplimiento es parcial. Tanto las dependencias como los centros de investigación buscan promover este tipo de acciones con proyectos como la presente tesis.

“3. Promover el establecimiento de un programa de monitoreo de especies en riesgo en el que participen los usuarios del Área de Refugio” (DOF, 2017).

El involucramiento de los usuarios del Área de Refugio ayuda a la concientización del deterioro del arrecife de coral y sobre todo de las especies en riesgo, por lo cual su participación es fundamental. En este aspecto, tanto las dependencias gubernamentales, como el CEA están interesados en realizar un programa de monitoreo continuo.

“4. Impulsar y promover el estudio de los ecosistemas y especies que presenten estados y/o poblaciones con números críticos o en peligro de extinción” (DOF, 2017).

La preservación de la diversidad de un ecosistema aumenta su resiliencia y, por tanto, promueve su conservación. Su cumplimiento es parcial. Tanto las dependencias gubernamentales, como el CEA están interesados en realizar estudios de las poblaciones en peligro de extinción, no obstante, el cumplimiento es parcial debido a que se necesita contar con el personal y el financiamiento suficiente.

“5. Desarrollar o, en su caso, apoyar el desarrollo de investigaciones relativas a los procesos de dispersión, conectividad, dinámica de poblaciones y evolución, así como estudios de sucesión de las especies nativas o en estado crítico” (DOF, 2017).

Es necesario desarrollar la parte financiera para la captación de fondos y el desarrollo de investigaciones, este indicador “Recursos financieros asignados” se evaluó en el peor escenario, por lo que se considera que no ha sido cumplida esta acción por falta de recursos.

“6. Promover la implementación del monitoreo de las especies de tortugas marinas, que involucren indicadores de la modificación de su etología, por efecto de las actividades turísticas en el Área de Refugio, así como de la integridad del ecosistema marino, incluyendo el monitoreo de los ecosistemas: arrecifal, de pastos marinos y de las especies asociadas a éstos” (DOF, 2017).

El CEA tiene un programa de monitoreo constante de las tortugas marinas, sobre todo en el periodo de anidación, no obstante, falta apoyo económico para que se pueda realizar un monitoreo constante. Su cumplimiento es parcial.

“8. Elaborar un mapa de identificación y caracterización de sitios con mayor impacto ambiental o perturbación en el polígono del Área de Refugio” (DOF, 2017).

Esta acción como tal no fue evaluada de forma directa en los indicadores, sin embargo, la mayoría de los actores clave reconocen la existencia de impactos ambientales y la perturbación de las zonas, ya que, en el indicador siete “Estado de conservación del hábitat” se evaluó en un escenario propenso al declive. Su cumplimiento es parcial, debido a que existe la identificación de impactos y de sus zonas, solamente se necesita su delimitación en polígonos.

“10. Establecer las estrategias de manejo que permitan la estabilidad y permanencia de las condiciones naturales del Área de Refugio” (DOF, 2017).

El programa de protección del Área de Refugio es en sí mismo un compendio de las acciones a desarrollar para preservar la diversidad que alberga y los servicios ambientales que ofrece. Sin embargo, esta medida no se cumple en su totalidad debido a la evaluación del indicador siete “Estado de conservación del hábitat”, el cual es un escenario propenso al declive.

“11. Identificar las necesidades de información de los ecosistemas frágiles y sensibles y sus requerimientos de manejo” (DOF, 2017).

Actualmente en el ARPEM están identificados los ecosistemas frágiles y la mayoría de los actores clave los reconocen, su estado es propenso al declive, lo que resalta la necesidad de llevar a cabo acciones como la anterior, no obstante, se identificó la falta de financiamiento como una de las principales delimitantes para la creación de esta información. En lo que respecta al financiamiento este se evaluó en el peor escenario por el indicador cinco “Recursos financieros asignados”. Dado lo anterior se considera que no se ha cumplido.

“13. Promover ante las autoridades competentes la implementación de un programa de monitoreo de la calidad del agua, así como de las variables oceanográficas y meteorológicas en el polígono del Área de Refugio” (DOF, 2017).

Existe actualmente un monitoreo de la calidad del agua por parte del CEA, no obstante, este monitoreo no tiene una periodicidad establecida, lo cual rompe con la continuidad de los datos. En las entrevistas este indicador 6 “Calidad del agua”, no fue evaluado, debido a que los actores clave no contaban con la información necesaria para calificar la calidad del agua, lo que significa una alerta roja sobre la necesidad de cumplir con esta acción que se propone.

Dado lo anterior, esta acción no se cumple.

Acciones. 4.1.3. Rehabilitación y Recuperación de Ecosistemas y Especies en Riesgo.

“1. Diseñar estrategias de mitigación de los impactos derivados de la fragmentación del hábitat” (DOF, 2017).

Esta acción se considera incumplida. Esta acción se evaluó con el indicador siete “Estado de conservación del hábitat” en un escenario propenso al declive, este indicador está enfocado a las acciones que se han realizado para la conservación del hábitat.

“2. Elaborar un diagnóstico de las especies en riesgo, que incluya dinámica poblacional, estatus de protección, principales amenazas y el impacto ambiental que enfrentan, así como los trabajos que favorecerían su recuperación” (DOF, 2017).

Casi la mayoría de los actores clave consideran prioritaria la elaboración de esta acción, debido a que las “Especies focales; abundancia y estructura de población” esta evaluada en el peor escenario, lo que reconoce un problema.

Esta acción se considera incumplida.

“5. Efectuar evaluaciones sistemáticas para determinar el grado de alteración de las áreas frágiles o sensibles y sus poblaciones en el Área de Refugio”.

Esta acción se considera prácticamente cumplida; El CEA lleva a cabo monitoreos del arrecife de manera regular, pero se requiere de esfuerzos más enfocados, lo cual es difícil de implementar debido a la falta de financiamiento para promover este tipo de investigaciones.

Acciones. 4.1.4. Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.

“4. Promover entre la población local y los visitantes las acciones para reducir las emisiones de CO² mediante la modificación de patrones de consumo de energía en las áreas de trabajo y de visitación, así como la elección de productos más amigables con el ambiente y duraderos” (DOF, 2017).

Debido a la extensión de los ecosistemas marinos, estos representan el principal factor de regulación de temperatura del planeta y, además, actúan como sumideros del CO². Sin embargo, los ecosistemas marinos se han visto sobre pasados por el cambio climático, como la acidificación del océano y el aumento de temperatura, los cuales son los causantes del deterioro de arrecifes, tales como el blanqueamiento del coral, el calentamiento global es un peligro que, a futuro, puede tener mayores impactos en los arrecifes.

Las personas relacionadas directa o indirectamente en el manejo del Área de Refugio y en las actividades productivas que en ella se desarrollan, deben sumarse a los esfuerzos globales para mitigar la generación de gases de efecto Invernadero y el calentamiento global.

Sin embargo, pese a su importancia el cumplimiento de esta acción se considera no cumplida, debido a que la mayoría de los actores clave evaluaron el indicador “Conciencia y acciones contra el cambio climático” en el peor escenario.

“5. Promover el monitoreo del transporte sedimentario y la dinámica del litoral costero, así como el de las variables oceanográficas y meteorológicas en todo el polígono que constituye el Área de Refugio” (DOF, 2017).

La evaluación de la dinámica del litoral costero ayudaría a entender las dinámicas de cambio, para derivar en acciones aplicables para el mejoramiento de las condiciones actuales.

Esta acción se considera incumplida, debido a que ninguno de los actores clave mencionó acciones realizadas para monitorear la dinámica del litoral costero.

“6. Promover el monitoreo continuo del ecosistema arrecifal que se ubica en el Área de Refugio, y en los casos que proceda efectuar acciones para su rehabilitación” (DOF, 2017).

Existen diversos esfuerzos por parte de organizaciones no gubernamentales como el CEA para realizar monitoreos en el ecosistema arrecifal del ARPEM, no obstante, estos monitoreos requieren un enfoque más amplio y un financiamiento continuo, por lo cual se considera un cumplimiento parcial de la acción.

Acciones. 4.1.5. Bioseguridad.

“1. Implementar medidas preventivas para evitar la introducción y establecimiento de especies de flora o fauna exóticas que comprometan la existencia de las especies nativas en el Área de Refugio” (DOF, 2017).

La vigilancia constante de este rubro es fundamental para evitar la introducción y proliferación de especies que pueden causar un daño irreversible al ecosistema arrecifal. Esta acción se evaluó con el indicador 10 “Acciones sobre especies invasivas”, su evaluación se dividió en dos clasificaciones; buen escenario (por 5 actores clave) y en un escenario propenso al declive (por 7 actores). En cualquiera de los casos la clasificación indica que se tienen que realizar mayores esfuerzos para lograr llegar a un buen escenario, donde se cumpla satisfactoriamente el indicador y se pueda considerar cumplida la acción.

“2. Identificar las posibles especies de flora o fauna exóticas invasoras con mayor probabilidad de ser introducidas en el Área de Refugio” (DOF, 2017).

La mayoría de los actores clave identifican al pez león como la mayor amenaza para el ARPEM, no obstante, como en el rubro anterior, es necesario mejorar las acciones para que pueda ser cumplida en su totalidad esta acción.

“4. Evaluar los diferentes métodos de control y erradicación de acuerdo con cada especie exótica invasora o de las que se tornen perjudiciales y tomar las medidas adecuadas en caso de que ya haya sido incorporada a la estructura trófica” (DOF, 2017).

La efectividad de las medidas de control aumentará en etapas tempranas de proliferación de las especies invasoras. La selección cuidadosa de métodos de control evitará el daño colateral a especies nativas. La mayoría de los actores clave desconoce si existe un monitoreo para las especies invasoras, no obstante, gracias a campañas de concientización todos los actores clave reconocen a la principal especie invasora el pez león, y reconocen también una disminución en su población. Dado lo anterior, su cumplimiento se considera parcial.

Acciones. 4.1.6. Prevención, Control y Atención a Contingencias Ambientales.

“1. Realizar un diagnóstico para identificar las posibles amenazas por contingencias ambientales que pudiesen suscitarse en el Área de Refugio” (DOF, 2017).

Esta acción se considera como incumplida, ninguno de los actores clave comentó en el rubro de capacitación que exista información sobre contingencias ambientales.

“5. Desarrollar un protocolo de alerta respecto a posibles eventos de blanqueamiento de los corales en el Área de Refugio” (DOF, 2017).

El blanqueamiento de los corales es un fenómeno que se presenta a lo largo de todo el mar Caribe, y es un problema a nivel mundial que se atribuye al cambio climático y la acidificación de los océanos, por lo cual cuando se desarrolle el protocolo se deberá de considerar los protocolos internacionales como referencia. Varios de los actores clave de Akumal, han señalado el blanqueamiento del coral como una de las principales preocupaciones, pero ninguno reportó que existiera un protocolo al respecto, dado lo anterior se considera incumplida.

Acciones. 4.1.7. Educación Ambiental y Cultura para la Conservación.

“1. Informar a la población local y a los usuarios sobre la importancia de los ecosistemas del Área de Refugio, mediante el desarrollo de actividades de educación y capacitación” (DOF, 2017).

Esta acción se evaluó con el indicador 11 “Actividades de extensión” evaluándose en un escenario propenso al declive, lo que indica una deficiencia en las actividades de educación ambiental, su efectividad o su difusión. Dado lo anterior, su cumplimiento es parcial.

Acciones. 4.1.8. Supervisión y coadyuvancia con las autoridades competentes en materia de inspección y vigilancia.

“2. Definir las zonas y temporadas que requieran de mayor esfuerzo de supervisión” (DOF, 2017).

Su cumplimiento es parcial, la mayoría de los actores clave identifican las zonas que requieren mayor supervisión y coinciden en que son las temporadas vacacionales cuando se requiere un mayor esfuerzo. No obstante, hay una gran necesidad de personal y financiamiento para que puedan cubrirse estas necesidades en su totalidad y se considere cumplida esta acción.

“5. Promover la colocación de señalización, en español e inglés, en el Área de Refugio para dar a conocer a los usuarios la normatividad aplicable en el sitio” (DOF, 2017).

Actualmente existen en el ARPEM señalamientos en inglés y español sobre la normatividad del sitio, no obstante, estos señalamientos se encuentran en muy malas condiciones, lo que imposibilita el que sean leídos por los usuarios. Esta acción se considera incumplida.

V. DISCUSIÓN

V.1.1 Evaluación del estado de condición de las comunidades arrecifales

La evaluación de las comunidades arrecifales en Akumal ha sido monitoreada con los cuatro indicadores de healthy reefs: cobertura coralina (porcentaje de coral duro), cobertura de macroalgas carnosas y biomasa ($g \cdot 100 \text{ m}^2$) de peces comerciales y peces herbívoros. Estos indicadores permiten la evaluación integral de la comunidad, al reflejar los cambios en las comunidades coralinas.

Cobertura coralina

La cobertura coralina en Akumal ha ido disminuyendo a través de los años desde los primeros muestreos de cobertura coralina, como se observa en la siguiente figura:



Figura 8 Cobertura histórica de los corales pétreos

Los primeros muestreos que se tienen registrados para Akumal son de 1991 donde se reportaba una cobertura del 54%, esta cobertura aumentó para 1995 al 60%, a partir de este muestreo se observó una disminución de la cobertura del coral la cual paso del 50% en el año 2000 a tan sólo el 20% en el año 2011, en lo que respecta al periodo del 2010 al 2019 se observó una

pérdida de la cobertura acelerada, reportando porcentajes menores al 10%. El porcentaje de cobertura de corales pétreos en Akumal confirma las teorías de que existe una tendencia del ecosistema al deterioro, estimando una pérdida histórica del 95% de corales escleractinios al año 2019 (Gutiérrez *et al.*, 1995; Garza, 2004; Garza *et al.*, 2011; Molina, 2016; Randazzo y Garza, 2022).

En cuanto al índice de SIRHI, para el año 2019 se obtuvo una clasificación crítica global para la cobertura coralina en las tres zonas de muestreo del arrecife de Akumal. El estado crítico de este indicador implica la pérdida de la complejidad estructural del arrecife, la cual tiene como consecuencia la pérdida de todos los servicios ecosistémicos que ofrece como: disipar la energía del oleaje, cambiar la hidrodinámica, aumentar el transporte de sedimentos, pérdida de la biodiversidad, afectación negativa a los ciclos de vida de los peces e invertebrados con la disminución de abundancia y biomasa de peces, lo que se traduce en una baja viabilidad de pesquerías (Álvarez *et al.*, 2015; Hubbard *et al.* 2016; Secaira y Acevedo, 2017).

Cobertura de macroalgas

La cobertura de macroalgas ha ido aumentando paulatinamente en el arrecife de Akumal, este aumento ha sido inversamente proporcional con la cobertura de coral donde las macroalgas han sido oportunistas dominantes, como se observa en la siguiente figura:

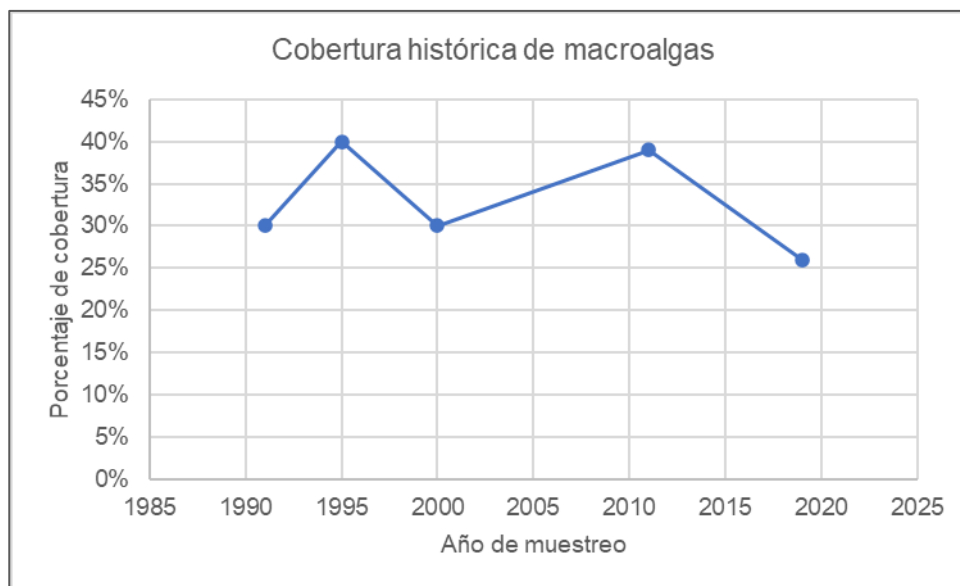


Figura 9 Cobertura histórica de las macroalgas

Para los primeros muestreos en 1991 se tenía un porcentaje de cobertura del 30%, este porcentaje es el que se ha conservado casi a lo largo de dos décadas, teniendo picos de aumento que llegan hasta el 40% de cobertura (Gutiérrez *et al.*, 1995; Garza, 2004; Garza *et al.*, 2011; Molina, 2016). Esta tendencia al aumento de cobertura ocasiona un problema con los corales, debido a que el desarrollo excesivo de las macroalgas genera el deterioro del ecosistema, principalmente por la competencia del espacio y la luz (Littler, 2005; Martínez, *et al.*, 2016).

Biomasa de peces comerciales y herbívoros

En cuanto a biomasa los peces herbívoros, los resultados presentaron para 2019 una clasificación regular a mala según el índice de healthy reefs, mientras la clasificación para los peces comerciales obtuvo una clasificación crítica. La disminución en la biomasa de peces indica un alto nivel de explotación de los recursos pesqueros (FAO, 2020).

De manera general y de acuerdo con los resultados obtenidos de los cuatro indicadores de healthy reefs, la condición de la comunidad de arrecifes presenta un estado crítico en Akumal, este estado es una evidencia del proceso de transformación de la bahía de Akumal de arrecifes coralinos a arrecifes algales, lo cual coincide con la sucesión reportada por Randazzo (2021), con una pérdida de 84% de la cobertura de coral y una dominancia del 74% de algas de 1995 a 2019. Dentro de las principales implicaciones de este estado son: la pérdida/reducción del hábitat, la disminución en el reclutamiento de corales y acreción del arrecife (Flower *et al.*, 2017). Esto no es un tema nuevo para los arrecifes de coral del Caribe, los cuales presentan una pérdida de cobertura del 40-50% (Halpern *et al.*, 2013). La pérdida de los corales pétreos se asocia a factores de distintas escalas, en los factores globales destaca el cambio climático, provocando una acidificación del océano y el aumento de temperatura del agua, este cambio se asocia con el blanqueamiento de los corales. Este fenómeno ocurre cuando las algas zooxantelas se desprenden del tejido del coral debido al aumento de temperatura (Madin *et al.*, 2012, Selig *et al.*, 2010; Randazzo *et al.*, 2021). El blanqueamiento se observa cuando el grado de calentamiento semanal (DHW por sus siglas en inglés) alcanza los 4°C-semana, en 2019 en Akumal el valor del DHW alcanzó los 8°C-semana, lo que provocó un blanqueamiento grave y una mortalidad de coral masiva (Randazzo *et al.*, 2021; NOAA, 2023).

En los factores locales que contribuyen a la degradación de los arrecifes de coral se encuentra el exceso de nutrientes (nitrógeno, amonio y fósforo), cuya concentración de nutrientes en 2016, superó 32 veces el límite permitido por las normas nacionales e internacionales, este incremento se asocia al incremento del flujo de agua freática por el desagüe de aguas negras, aguas residuales y la fuga de fosas sépticas que se existe en el área costera de Akumal (Hernández *et al.*, 2011; CONANP, 2015, Naranjo, 2016).

La interacción del arrecife de coral de Akumal con todos estos estresores ha ocasionado la desaparición tan acelerada de la cobertura coralina.

V.1.2 Evaluación de las herramientas de manejo

V.1.2.1 Evaluación del ARPEM

El ARPEM se decretó en 2016, como una herramienta de manejo para la protección de Especies Marinas de la Bahía de Akumal, promoviendo el aprovechamiento sustentable de la zona.

En cuanto a los objetivos del ARPEM destaca realizar la evaluación y seguimiento de la recuperación de las especies y su hábitat, mediante el estudio y monitoreo de los factores bióticos y abióticos correspondientes. Sin embargo, no establece a los responsables de realizar estos monitoreos, así como los parámetros bióticos y abióticos que tienen que considerarse para medir su efectividad (DOF, 2016; 2017). Al no existir parámetros establecidos para medir la efectividad del ARPEM su evaluación en el presente trabajo se realizó mediante 18 indicadores que surgen de la adaptación de la “Guía para la Evaluación Rápida de la Gestión en Áreas Marinas Protegidas del Mediterráneo.”

En los resultados de la evaluación se observó que el ARPEM no es eficaz al tener únicamente un indicador en el mejor escenario, un indicador en un buen escenario, cinco indicadores en un escenario propenso al declive, dos indicadores en un escenario deficiente y ocho indicadores en el peor escenario.

De forma particular se presenta a continuación los indicadores y su evaluación:

Los resultados de la evaluación en cuanto a la gestión del ARPEM señalan como principal problemática los recursos financieros asignados. Este es un problema de la mayoría de las áreas protegidas (AP). En el caso particular de México los recursos financieros otorgados para las AP han aumentado constantemente, al igual que las superficies de conservación de las AP, esto ha generado un aumento de recursos insuficientes (CONANP, 2008). Aunado a este problema se suma la falta de diversificación para la obtención de recursos financieros, ya que el 82% de estos recursos proviene del gobierno, 12% de cooperaciones variables y 6% de recursos propios. Para enfrentar esta problemática no solamente se necesita un mayor incremento de recursos financieros, sino una estrategia de sostenibilidad financiera que considere un análisis de las necesidades del AP, múltiples fuentes de financiamiento y una correcta y efectiva administración financiera (Emerton *et al.* 2006; Flores *et al.* 2008).

En lo que respecta a los indicadores ambientales el “Estado de conservación del hábitat” se evaluó propenso al declive y el indicador “Especies focales; abundancia y estructura de población”, se evaluó en el peor escenario. Estas evaluaciones coinciden con la pérdida del 95% de corales escleractinios, este espacio disponible fue ocupado por las macroalgas produciendo un cambio de fase de dominancia coralina a dominancia de macroalgas en el arrecife de Akumal. Este cambio en la estructura de población es el resultado de los efectos acumulativos de múltiples estresores como el desarrollo costero, la presión pesquera y el tratamiento inadecuado de aguas residuales (Patterson *et al.* 2002, Randazzo *et al.*, 2021).

Otro indicador ambiental son las acciones sobre especies invasivas, evaluado en los indicadores más bajos. A nivel regional para los arrecifes de coral una de las mayores amenazas es la especie invasora del pez león (*Pterois volitans*), esta problemática se abordó la 24^a Conferencia General de la Iniciativa Internacional sobre Arrecifes Coralinos, acordando la creación del Comité Regional del Pez León. Este comité desarrolló una serie de estrategias para reducir la amenaza del pez león (Gómez *et al.*, 2013). A nivel local en el decreto del Programa de Manejo del ARPEM, se promueve la pesca comercial o consumo doméstico de del pez león (DOF, 2017). Estas acciones han sido promovidas por el CEA, mediante campañas para el monitoreo, pesca y aprovechamiento como recurso pesquero del pez león (CEA, 2019).

En lo que respecta a los indicadores secundarios o complementarios, ninguno obtuvo una buena calificación, y todos se encuentran en los siguientes escenarios:

En el peor escenario se ubican los indicadores: “Gestión de visitantes” y “Percepción local del área”, el incumplimiento de estos indicadores implica un máximo esfuerzo para que pueda ser llevado a un estado óptimo. Actualmente el Área de Refugio se encuentra abierta al turismo, ya que genera ingresos para las comunidades locales, las cuales, para preservar este ingreso, deben participar activamente en la protección del ecosistema arrecifal. Sin embargo, todos los actores clave reconocen que la biodiversidad del ARPEM presenta un deterioro avanzado. Esto concuerda con lo publicado por el CEA (2019) y Mata (2018); donde uno de los principales problemas de Akumal es la falta participación de la comunidad, dado que la mayoría de la población de Akumal es población flotante (proviene de otros sitios).

En el peor escenario se evaluaron los indicadores “Redes e información”, “Coordinación con los participantes y planificadores”, estos indicadores secundarios resaltan la urgente necesidad de integrar a la comunidad en la toma de decisiones, para fomentar su participación en las actividades de protección ambiental. Uno de los principales problemas para llevarlo a cabo es la relación conflictiva entre el CEA (el principal centro de generación de información) y la comunidad de Akumal, este conflicto presenta uno de los mayores retos para la transferencia de conocimientos y la inclusión de la comunidad (Mata *et al.* 2016).

V.1.2.2 Evaluación de la ZRP

Las ZRP en México son relativamente recientes, para el año 2019 se tenían registrados 36 polígonos pertenecientes a cinco estados de México, donde uno de los aspectos de mayor relevancia es la vigencia, la cual es limitada, es decir se tiene que renovar. Para solicitar su renovación es necesario realizar su evaluación, sin embargo, la Norma Oficial Mexicana NOM-049-SAG/PESC-2014, (que determina el procedimiento para implementar las ZRP) no establece los lineamientos necesarios para su evaluación, la metodología para realizar la

medición de su efectividad o la autoridad competente encargada de su administración (DOF, 2014; CONAPESCA, 2019).

En el caso específico de la ZRP de Akumal, esta fue decretada en 2015, cuyo plazo de vigencia de seis años vencía en el 2021, en ese año la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Pescadores de Tulum, S. C. L., manifestó su interés en mantener el estatus del polígono, como ZRP Parcialmente Permanente, concediéndoles una concesión por 3 años para concluir los estudios técnicos necesarios y presentar su propuesta de modificación (DOF, 2021).

Ante la oportunidad de no existir una metodología establecida, en el presente trabajo se evaluó la eficacia ZRP mediante 18 indicadores evaluados por los actores clave de Akumal. De forma general, a partir del análisis realizado, la evaluación arrojó que la ZRP no es eficaz, al tener 14 indicadores en los escenarios más bajos (propenso al declive, deficiente y peor) y únicamente cuatro indicadores en los dos mejores escenarios, cuya clasificación señala que se ha cumplido correctamente con el indicador.

De manera particular, los primeros cinco indicadores evaluaron la eficiencia de gestión, donde solamente un indicador fue clasificado en el “mejor escenario”. En un buen escenario se clasificó “vigilancia y cumplimiento normativo”, el indicador “Existencia de un organismo o asociación de gestión” se evaluó como “propenso al declive”. En los “peores escenarios” se encuentran los indicadores de “Existencia de un plan de gestión actualizado” y “Recursos financieros asignados”.

Los siguientes cinco indicadores evaluaron los aspectos bióticos y abióticos de la ZRP. En cuanto a estos indicadores el único evaluado con el “mejor escenario” fue “Acciones sobre las especies invasoras”. La mayoría de los actores clave asociaron el concepto de especies invasoras por el pez león, este concepto se popularizó con las campañas de concientización en la bahía de Akumal, donde existen grupos de prestadores de servicios locales que organizan cacerías de pez león con regularidad (CEA, 2013). En este contexto también se evaluó el indicador de “Gestión de esfuerzo pesquero (pesca comercial y/o recreativa)”, el cual evalúa las actividades de pesca permitidas en la ZRP (pesca deportiva y de pez león), su evaluación fue clasificada como “mejor escenario” y “propenso al declive”, no obstante, los actores que lo

evaluaron propenso al declive se referían a la dificultad de continuar con las actividades deportivas en la bahía de Akumal.

Por su parte el indicador “Estado de conservación del hábitat” se evaluó en un “buen escenario”. Esta percepción de los actores clave no coincide con el estado real del arrecife de Akumal, el cual desde hace más de una década presenta un estado crítico (Garza *et al.*, 2004, Molina, 2016). La percepción inexacta del arrecife puede deberse a múltiples factores, Mata-Lara *et al.* en 2018 señalan como los principales factores: Falta de información por parte sus generadores (gobierno, científicos y ONG que trabajan en la zona), falta de participación de la comunidad, un nivel educativo generalmente bajo y la percepción cambiante de los inmigrantes recién llegados. La percepción de los actores clave y de la comunidad en general sobre el arrecife de Akumal, influyen en su actitud hacia él.

Por último, el indicador “Especies focales; abundancia y estructura de población”, se evaluó como “mejor escenario” y “peor escenario”.

Los ocho indicadores restantes son secundarios y evalúan aspectos complementarios que ayudaron a la evaluación de la ZRP. Estos indicadores se clasificaron en los tres escenarios más bajos: en el peor escenario (cinco), escenario deficiente (dos) y propenso al declive (uno), estas evaluaciones indican que tampoco se están cumpliendo estos indicadores.

V.1.3 Pertinencia de las herramientas de manejo

V.1.3.1 Pertinencia de la Zona de Refugio Pesquero

En lo que respecta al cumplimiento legal, actualmente existe un problema con las atribuciones legales de las ZRP a nivel nacional. Debido a que no existe un marco normativo para realizar actividades como; operación, vigilancia y evaluación, que determine como se llevarán a cabo estas actividades y quienes son los encargados de realizar las diferentes funciones. Este se identificó como un vacío legal.

El vacío legal que existe en cuanto a las atribuciones legales de la ZRP de Akumal dificulta la aplicación de manera efectiva de las sanciones citadas en el artículo 5° “*Las personas que*

contravengan el presente Acuerdo, se harán acreedoras a las sanciones que para el caso establece el Artículo 133 de la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables, y demás disposiciones legales aplicables” (DOF, 2015).

Sin la aplicación efectiva de las sanciones establecidas en su decreto la ZRP carece del peso legal para llevar a cabo un correcto cumplimiento.

Actualmente se considera que el Decreto de la ZRP y su aplicación no son eficaces, para llevarlos a un estado en el que se puedan cumplir sus objetivos necesitan la participación de los sectores clave y de la población en general, por una parte, porque este decreto se creó a partir de la solicitud y en ayuda de la comunidad (la cooperativa pesquera de Tulum) y por otra parte por que más del 80 % de la comunidad de Akumal trabaja directamente de los recursos turísticos, por lo cual es necesario la participación y el involucramiento de ellos (Mata *et al.*, 2018).

V.1.3.2 Pertinencia del decreto del ARPEM

El decreto del ARPEM tiene como principal objetivo la protección de especies, para lo cual establece una delimitación geográfica del área de protección, la cual resulta ineficiente debido a que excluye las zonas de anidación de las tortugas marinas, y la vegetación de manglar. Para cumplir con los alcances y objetivos del ARPEM se realizó una nueva propuesta de delimitación del polígono para incluir estas áreas (Figura 7). Esta nueva delimitación respeta los límites marinos y únicamente incluye la parte terrestre que corresponde a las áreas de anidación de las tortugas marinas y la vegetación de manglar.

Otro punto para resaltar es la necesidad de la ampliación de la protección legal a todas las especies de corales presentes en Akumal, el actual documento únicamente reconoce la protección de cuatro especies de coral: cuerno de alce (*Acropora palmata*), cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*), corales blandos o abanicos de mar (*Plexaura homomalla* y *Plexaura dichotoma*). El incluir a las especies integrantes del ecosistema permitiría además del reconocimiento la inclusión en las campañas de concientización de la comunidad de Akumal

sobre la importancia del coral al nivel equiparable de las tortugas, donde no importa la identificación de las especies, se sabe a nivel local la importancia de estas y que todas están protegidas.

Para completar este aspecto se necesita concientizar a la comunidad no solamente de las especies de coral que se encuentran en peligro y sus cuidados, si no crear un verdadero cambio en la percepción de la comunidad hacia el arrecife de coral, poder explicarles en términos simples y concretos su importancia, los servicios ecosistémicos que prestan, y las acciones que ellos como comunidad pueden realizar para cuidarlos, como evitar el uso de bloqueadores, el vertimiento de contaminantes, la pesca furtiva, etc. (Yost *et al.*, 2013; Pascal *et al.*, 2016).

VI. CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos se observó que el arrecife de coral de Akumal se encuentra en un estado crítico con una pérdida del 84% de cobertura de coral de 1995 al 2010, el cual disminuyó a valores porcentuales menores al 10% para el 2019, esta pérdida ha originado un cambio en la composición de los ensamblajes de corales duros constructores arrecifales a especies oportunistas como las algas. Este cambio en la composición del arrecife es el resultado de la interacción de múltiples estresores a nivel local, regional y global.

En este contexto se evaluó la eficacia y pertinencia de las herramientas de manejo decretadas en Akumal, de lo cual se concluye que:

De forma general los actores clave que evaluaron ambas herramientas reconocen que ha habido una degradación del arrecife al percibir un cambio en las especies que antes componían al arrecife y un aumento en las especies invasoras (pez león) y especies oportunistas (algas). Otro problema general que identifican los actores clave en ambas herramientas es la falta de inclusión de la comunidad de Akumal en la toma de decisiones, y que no se comparte la información e investigaciones generadas en la zona de Akumal. Estas declaraciones denotan una preocupación por la condición actual del arrecife y un deseo de participar activamente en la toma de decisiones sobre los recursos, lo cual es una ventana de oportunidad para la autoridad de todos los niveles para incluir a la población.

De forma particular se presentan las conclusiones por herramienta:

- **ARPEM**

En la evaluación del ARPEM por parte de los actores clave se observó que cumple satisfactoriamente únicamente con dos de 18 de los indicadores establecidos para medir su efectividad.

Esto coincide con los problemas detectados en el decreto, donde la delimitación geográfica del área de protección excluye las zonas de anidación de las tortugas marinas, y la vegetación de manglar, lo que deriva en que esta herramienta no pueda cumplir correctamente con los alcances y objetivos establecidos en su decreto.

- **ZRP**

A ocho años de su decreto la herramienta no cumple con los estándares de los indicadores necesarios para considerarse una herramienta 100% efectiva, al tener 14 de los 18 indicadores en los escenarios más bajos. Para el cumplimiento de estos indicadores es necesario reforzar el cumplimiento legal de las atribuciones de las actividades de evaluación y vigilancia, además de establecer sanciones efectivas por su incumplimiento.

Actualmente se considera que el Decreto de la ZRP y su aplicación no son eficaces, para llevarlos a un estado en el que se puedan cumplir sus objetivos necesitan la participación de los sectores clave y de la población en general, por una parte, porque este decreto se creó a partir de la solicitud y en ayuda de la comunidad (la cooperativa pesquera de Tulum) y por otra parte por que más del 80 % de la comunidad de Akumal trabaja directamente de los recursos turísticos, por lo cual es necesario la participación y su involucramiento.

VII. RECOMENDACIONES

VII.1.1.1 Recomendaciones para la Zona de Refugio Pesquero de Akumal

Del análisis de la información presentada se desglosan las siguientes recomendaciones:

Al Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA):

Dir. Pablo Roberto Arenas Fuentes

1.- Se recomienda implementar medidas para integrar a la comunidad en la toma de decisiones:

- Escuchar las propuestas de la comunidad para que exista un compromiso recíproco “comunidad-autoridades” en la toma de decisiones.
- Fomentar la creación de un comité que integre a los actores clave de Akumal.

2.- Se recomienda implementar acciones dirigidas a mejorar la vigilancia de la ZRP:

- En las reuniones informativas se debe abordar de forma prioritaria el tema de vigilancia para asignar responsabilidades con la participación de la comunidad. Esto con el fin de ampliar el horario y la extensión de la vigilancia diaria del área, así como realizar las gestiones institucionales necesarias para incrementar los recursos humanos, materiales y financieros. Esto busca controlar los pescadores furtivos y las prácticas de explotación de recursos.

A los directivos y socios de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Pescadores de Tulum:

1.- Evaluación de la ZRP:

- La Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Pescadores de Tulum, S. C. L., solicitó una concesión para concluir los estudios técnicos necesarios y presentar la propuesta de modificación de la ZRP. Para la integración de esta propuesta se recomienda considerar los documentos que contengan antecedentes sobre la zona y la pertinencia, así como el presente documento, los cuales integran recomendaciones para la ZRP.

Al Centro Ecológico de Akumal:

Dir. Héctor Lizarraga Cubedo

1.- Se recomienda implementar acciones para integrar a la comunidad en términos de empoderamiento a través de la difusión de información relevante: este es uno de los aspectos más importantes ya que muchos de los actores clave comentaron que no se sienten partícipes en la toma de decisiones o resultados de las herramientas de manejo. Este involucramiento requiere de un compromiso para realizar reuniones informativas donde se le explique a la comunidad:

- El impacto de la explotación de recursos como su escasez.
- La importancia de respetar la capacidad de carga que limita las visitas de los turistas a la zona.
- La importancia de la comunidad de Akumal como defensores de sus recursos naturales.

2.- Divulgar a la comunidad de Akumal las actividades, decisiones y resultados de los monitoreos realizados.

A la población en general de Akumal:

- Se recomienda tomar acciones directas y organizarse para participar como un colectivo en la toma de decisiones, mediante el acercamiento a la comunidad científica y a las autoridades.

A la comunidad científica que desarrolla estudios en Akumal:

- Se recomienda la generación de información científica a nivel de difusión, que pueda ser transmitida a la comunidad con términos claros, evitando el uso de tecnicismos.

VII.1.1.2 Recomendaciones para el Área de Refugio de Especies Marinas

En el análisis desarrollado se identificaron cinco principales recomendaciones para cumplir con los alcances y objetivos del ARPEM, los cuales se presentan a continuación:

**A las autoridades de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP):
Comisionado H. Adán Peña Fuentes**

1.- En relación con las necesidades identificadas de ampliación tanto del polígono, como del listado de las especies protegidas:

- Los actores clave reconocen en especies focales (abundancia y estructura) a las tortugas marinas, y clasifican su estado en el peor escenario debido a la disminución de los organismos y el deterioro de estos. En este aspecto se identificó que la delimitación del polígono del ARPEM no incluye zonas de anidación de las tortugas marinas; para solventar esta situación, se recomienda la ampliación de del polígono de la ARPEM, incluyendo las playas de anidación hasta el límite de la ZOFEMAT, lo cual permitiría la protección de las tortugas marinas en todo su ciclo de vida. De la misma manera se recomienda la ampliación del polígono en la parte terrestre para incluir la vegetación de manglar bordeante.
- En cuanto al listado de especies protegidas amparadas por el ARPEM, el trabajo de reconocimiento y protección que existe actualmente para las tortugas marinas debe de ser extendido a las especies en riesgo identificadas a nivel nacional en la NOM-059-SEMARNAT-.2010 o a nivel internacional incluidas en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)

2.- En relación con la necesidad de ampliación de actividades de vigilancia en el indicador de “Vigilancia y cumplimiento normativo”, la mayoría de los actores clave concluyó que la vigilancia es insuficiente, en insumos, personal, área cubierta y horarios. De igual manera todos los actores clave concuerdan en que es necesario proporcionar un mayor financiamiento para la vigilancia.

La protección óptima determinará el beneficio esperado, por lo cual se debe asegurar la vigilancia en todo momento de la zona, existen grupos interesados en participar como el CEA, y las cooperativas turísticas, organizando, de manera óptima, zonas de patrullaje, e insumos para realizarlo

3.- En relación con la necesidad identificada de incremento en financiamiento del área natural protegida

- Actualmente los recursos asignados son insuficientes, por lo cual se necesita una estrategia de financiamiento que incluya todos los gastos necesarios para lograr el éxito del ARPEM, como; mantenimiento general de la zona (boyado, letreros, señalética, etc.), insumos necesarios para realizar las actividades de vigilancia, recursos necesarios para monitoreos continuos y estudios (calidad del agua, capacidad de carga, etc.)

4.- En cuanto a la necesidad identificada de una mejor integración de la población local

- Se requiere una mayor divulgación de la información generada por las autoridades gubernamentales, los científicos y las ONG, para motivar el interés y la participación de la población de Akumal en la toma de decisiones. Muchos de los problemas que se presentan en Akumal como: la pesca furtiva, el uso de bloqueadores que no son biodegradables, la contaminación, son debido a la falta de pertenencia y respeto de los ecosistemas de Akumal, a la falta de conocimiento sobre los beneficios que estos ecosistemas brindan a las zonas costeras.

Estas recomendaciones se pueden lograr creando un comité local que sea incluyente y transparente con la comunidad, para verificar la ejecución de las herramientas de manejo, donde se simplifiquen las reglas de manejo para ayudar a su comprensión, además de capacitar a la comunidad para regular sus propias actividades y usos de sus recursos.

Al delegado municipal:

Lic. Diego Castañón Trejo

- Las autoridades municipales deberán formar parte del comité local, en el cual se propondrán mesas de trabajo para analizar con transparencia y difusión entre todos los miembros del comité acerca de nuevos proyectos que se desarrollen en Akumal. Adicionalmente el gobierno municipal deberá invitar a la comunidad científica a emitir opiniones acerca de estos nuevos proyectos, con el fin de buscar la mejor opción para el ecosistema de Akumal.

A los prestadores de servicio (buzos, servicio de tours):

- Se recomienda respetar las directrices establecidas en el decreto del ARPEM para el nado con tortugas, incluyendo el uso estricto de circuitos, la observancia de la distancia mínima a las tortugas y el uso de chalecos salvavidas
- Se recomienda realizar una breve explicación a los turistas antes de entrar al agua, en donde se mencionen de manera clara las siguientes recomendaciones establecidas en el decreto del ARPEM:
 - a) Uso de chaleco flotador, con aletas cortas.
 - b) Todas las personas que ingresen deberán de recoger y llevar consigo los residuos generados durante el desarrollo de sus actividades.
 - c) Respetar las boyas, balizas y señalización colocadas en el Área de Refugio.
 - d) Atender las observaciones y recomendaciones formuladas por la CONANP o la PROFEPA, relativas a protección y conservación de los ecosistemas.
 - e) No extraer flora o fauna viva o muerta, así como otros elementos biogénicos sin autorización.
 - f) No perturbar a cualquier ejemplar de la vida silvestre.
 - g) Usar bloqueadores o bronceadores solares biodegradables.
 - h) Esta prohibido tocar, pararse, pisar o sujetarse de formaciones coralinas.

VIII. ANEXOS

VIII.1 APARTADOS DEL PROGRAMA DE MANEJO

La LGEEPA establece los apartados que debe contener un Programa de Manejo de acuerdo con su artículo 66, y los artículos 74 al 76 del Reglamento de Áreas Naturales Protegidas.

Apartados que debe de contener un Programa de Manejo. Fuente: DOF, 1988.

Apartado	Contenido
INTRODUCCIÓN	
ANTECEDENTES	
	Origen del Proyecto del Área Protegida
	En el Contexto Internacional
	En el Contexto Nacional
	En el Contexto Estatal
OBJETIVOS Y METAS DEL ÁREA PROTEGIDA	
	Objetivo General
	Objetivos Específicos
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROTEGIDA	
	Localización y límites
	Características Físico-Geográficas
	Características Biológicas
	Contexto Demográfico, Económico y Social
	Uso del Suelo y Aguas Nacionales
	Tenencia de la Tierra
	Normas Oficiales Mexicanas
DIAGNÓSTICO Y PROBLEMÁTICA DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL	
	Ecosistémico
	Demográfico y Socioeconómico
	Presencia y Coordinación Institucional
	Consideraciones a Grupos Vulnerables y Género
	Gestión y Consenso del Programa
SUBPROGRAMAS DE CONSERVACIÓN	
SUBPROGRAMAS DE PROTECCIÓN	Componente de inspección y vigilancia.
	Componente de mantenimiento de regímenes de perturbación y procesos ecológicos a gran escala.
	Componente de prevención, control y combate de incendios y contingencias ambientales.
	Componente de preservación e integridad de áreas núcleo, frágiles y sensibles.
	Componente de protección contra especies invasoras y control de especies nocivas.
	Componente de mitigación y adaptación al cambio climático.
SUBPROGRAMA DE MANEJO	Componente de desarrollo y fortalecimiento comunitario.
	Componente de actividades mineras y extractivas.
	Componente de actividades productivas alternativas y tradicionales.

Apartado	Contenido	
	Componente de manejo y uso sustentable de agroecosistemas y ganadería.	
	Componente de manejo y uso sustentable de ecosistemas insulares.	
	Componente de manejo y uso sustentable de ecosistemas terrestres y recursos forestales.	
	Componente de manejo y uso sustentable de vida silvestre.	
	Componente de manejo y uso sustentable de pesquerías y arrecifes.	
	Manejo y uso sustentable de ecosistemas dulceacuícolas y humedales.	
	Componente de manejo y uso sustentable de ecosistemas marinos, costeros e intermareales.	
	Componente de mantenimiento de servicios ecosistémicos.	
	Componente de patrimonio arqueológico, histórico y cultural.	
	Componente de uso público, turismo y recreación al aire libre.	
SUBPROGRAMA RESTAURACIÓN	DE	Componente de conectividad y ecología del paisaje
		Componente de recuperación de especies en riesgo y emblemáticas.
		Componente de conservación de agua y suelo
		Componente de reforestación y restauración de ecosistemas.
Componente de rehabilitación de corredores riparios y sistemas fluviales.		
SUBPROGRAMA CONOCIMIENTO	DE	Componente de fomento a la investigación y generación de conocimiento.
		Componente de inventarios, líneas de base y monitoreo ambiental y socioeconómico.
		Componente de Sistemas de información.
		Componente Rescate y sistematización de información y conocimientos.
SUBPROGRAMA CULTURA	DE	Componente de participación.
		Componente de educación para la conservación.
		Componente de capacitación para el desarrollo sostenible.
		Componente de comunicación, difusión e interpretación ambiental.
		Componente de uso público, turismo y recreación al aire libre.
SUBPROGRAMA GESTIÓN	DE	Componente de administración y operación.
		Componente de calidad y efectividad institucional.
		Componente de transversalidad y concertación regional y sectorial.
		Componente de coadministración, concurrencia y vinculación.
		Componente de protección civil y mitigación de riesgos.
		Componente de cooperación y designaciones internacionales.
		Componente de fomento, promoción, comercialización y mercados.
		Componente de infraestructura, señalización y obra pública
		Componente de mecanismos de participación y gobernanza.
		Componente de planeación estratégica y actualización del programa de manejo.
Componente de procuración de recursos e incentivos.		
Componente de recursos humanos y profesionalización.		

Apartado	Contenido
	Componente de regulación, permisos, concesiones y autorizaciones.
	Componente de vivienda, construcción y ambientación rural.
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO Y ZONIFICACIÓN	
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO	
ZONIFICACIÓN Y SUBZONIFICACIÓN	Criterios de zonificación y subzonificación.
	Metodología.
	Zonas, subzonas y políticas de manejo.
ZOFEMAT	
REGLAS ADMINISTRATIVAS	
PROGRAMA OPERATIVO ANUAL	
EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD	
	Proceso de la Evaluación
	Directrices Generales
	Indicadores
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	
	Listado Florístico y Faunístico
	Estudios e Investigaciones
	Marco Jurídico
	Cartografía

VIII.2 ENTREVISTA PARA EVALUAR LAS ÁREAS DE MANEJO

Nombre:			
Procedencia:			
Ocupación:		Fecha:	

Entrevista para evaluar las medidas de manejo implementadas en el “Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas” (ARPEM) y en la “Zona de Refugio Pesquero” (ZRP) en Akumal, Quintana Roo. Con el objetivo de medir la efectividad y aptitud del ARPEM y la ZRP para la conservación del arrecife de coral.

Conteste las siguientes preguntas (formato libre)

1. Existencia de legislación
1.1 ¿Conoce usted algún tipo de política o manejo en el área de Akumal? En caso afirmativo, ¿Cuál conoce?
Espacio Respuesta
1.2 ¿Conoce cuáles fueron los criterios en los que se basaron para designar el ARPEM y a la ZRP?
Espacio Respuesta

1.3 ¿Sabe si estos criterios tienen como base algún marco legal (internacional, nacional o regional)?

Espacio Respuesta

1.4 Uno de los criterios más importantes es la delimitación del área de manejo ¿Sabe si existe algún medio para delimitar el ARPEM y la ZRP? En caso afirmativo ¿Qué se utiliza?

Espacio Respuesta

2. Existencia de un plan de gestión actualizado	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Sí/ No/ No sé
2.1. ¿Sabe si existe un programa de manejo por escrito para el área de manejo?		
2.2. En caso de que exista sabe si desde la publicación del programa de manejo se ha realizado algún cambio o actualización.		
2.3. ¿El programa incluye objetivos de manejo específicos y claramente medibles?		
2.4. ¿Sabe si existen dentro del plan provisiones para evaluar la efectividad del área?		
2.5. ¿El programa de manejo está respaldado por algún organismo o institución?		

3. Existencia de un organismo o asociación de gestión	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Sí/ No/ No sé
3.1. ¿Existe algún organismo o asociación de manejo específica para el ARPEM /ZRP?		
3.2. Este organismo de gestión realiza regularmente:		
a) Actividades de Manejo enfocadas a la conservación de hábitats y / o especies		
b) Actividades de Uso público (regulación del número de personas, visitas guiadas)		
c) Actividades de vigilancia ya sea directamente o por acuerdo		
d) Actividades de Mantenimiento. Por ejemplo: limpieza de zona, colocación de letreros.		
e) Actividades Administrativas		

4. Vigilancia y cumplimiento normativo	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Sí/ No/ No sé
4.1. ¿Las herramientas de manejo son adecuadas para desarrollar procedimientos que protejan a las especies y sus hábitats?		

4. Vigilancia y cumplimiento normativo	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Sí/ No/ No sé
4.2. ¿Los organismos institucionales (CONANP, PROFEPA, SEMARNAT) realizan labores de vigilancia?		
4.3. ¿El personal de vigilancia del área de manejo hace cumplir las reglas de manera efectiva?		
4.4. Fuera de las áreas de manejo existe algún esfuerzo para combatir actividades ilegales como:		
a) Pesca de peces protegidos como por ejemplo el pez loro.		
b) Vertimiento de aguas negras sin un tratamiento previo.		
c) Actividades de turismo no reguladas.		
4.5. ¿Se toman medidas en caso de incidentes? En caso afirmativo, por favor dé detalles.		
Espacio Respuesta		
4.6. ¿El plan operativo se implementa con base en lo establecido en el Programa de Manejo?		
Espacio Respuesta		
4.7. ¿El Programa de monitoreo y evaluación está aprobado y se implementa día a día?		
Espacio Respuesta		
4.8. ¿Existe un programa de investigación adecuado a las necesidades de manejo?		
Espacio Respuesta		
4.9. ¿El programa de voluntariado responde a las necesidades de manejo?		
Espacio Respuesta		

5. Recursos financieros asignados	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Sí/ No/ No sé
5.1. ¿Los instrumentos de manejo cuentan con financiamiento?		
5.2. ¿Considera usted que este financiamiento es suficiente? En caso de que la respuesta sea no, que porcentaje de las necesidades considera que se cubre.		
5.3. ¿Qué se cubre con este financiamiento?		
Espacio Respuesta		
5.4. ¿Usted considera que hay alguna prioridad fuera de lo que cubre el financiamiento que se tenga que incluir?		

5. Recursos financieros asignados	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Sí/ No/ No sé
Espacio Respuesta		
5.5 ¿De dónde procede el mayor financiamiento?		
Espacio Respuesta		
5.6 ¿Existen mecanismos de captación de ingresos?		
Espacio Respuesta		

En la siguiente pregunta se evalúan los parámetros físico-químicos del ARPEM y la ZRP.

6. Calidad del agua						
Parámetro	¿Sabe si se mide?		Respuesta no ¿Por qué?		Si la respuesta es sí, ¿sabe si cumplen con los parámetros del programa de manejo?	
	ARPEM Si/ No /No sé	ZRP Si/ No /No sé	ARPEM	ZRP	ARPEM	ZRP
Temperatura						
Salinidad						
Concentración de oxígeno disuelto						
pH						
Contaminantes orgánicos e Inorgánicos						
Clorofila a/producción primaria						
Turbidez						

En la siguiente pregunta se trata el tema del hábitat focal, el cual se define como cualquier hábitat cuyo monitoreo continuo se realiza debido a su grado de amenaza, distribución limitada o importancia para la prestación de servicios ecosistémicos. Cabe mencionar que para las dos herramientas de manejo ARPEM y AZRP, el hábitat focal es el arrecife de coral de la bahía de Akumal.

7. Estado de conservación del hábitat
7.1. ¿Cómo considera usted el estado de conservación del hábitat focal de la ZRP? La respuesta debe caer en una de las cuatro categorías.
Espacio de respuesta

7. Estado de conservación del hábitat
7.2. ¿Cómo considera usted el estado de conservación del hábitat focal de la ARPEM? La respuesta debe caer en una de las cuatro categorías.
Espacio de respuesta
7.3 ¿Qué esfuerzos está haciendo la administración para conservar los hábitats focales? (acciones detalladas).
Espacio de respuesta
7.4 Desde su percepción, ¿ha notado alguna mejoría/ deterioro en el hábitat focal desde la declaración del ARPEM? ¿Cómo cuál?
Espacio de respuesta
7.5 Desde su percepción, ¿ha notado alguna mejoría/ deterioro en el hábitat focal desde la declaración del ARPEM? ¿Cómo cuál?
Espacio de respuesta

En la siguiente pregunta se aborda el tema de las *especies focales*, las cuales se definen como aquellas especies más sensibles a los agentes de presión externa y cuyo seguimiento proporciona información sobre otros indicadores biológicos, físicos o antropogénicos. Cabe mencionar que en este caso se consideran especies focales a los arrecifes de coral y a los peces.

8. Especies focales; abundancia y estructura de población	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Si/ No/ No sé
8.1. ¿Sabe si existe una lista de especies focales?		
8.2. ¿Estas especies cuentan con un plan de monitoreo?		
8.3. ¿Se ha notado algún cambio relevante en las densidades de población o estructura/s?		
8.4 ¿La información obtenida del monitoreo se envía a alguien? En caso de que la respuesta sea afirmativa, ¿A quién?		
Espacio de respuesta		

9. Gestión del esfuerzo pesquero (pesca comercial y/o recreativa)
9.1. En cuanto a las actividades de pesca permitidas en el ARPEM, (pesca de pez león y la pesca deportiva de captura y liberación) usted considera que, ¿estas actividades han aumentado, han disminuido o se han mantenido?
Espacio de Respuesta
9.2. En cuanto a las actividades de pesca permitidas en la ZRP, (pesca de pez león y la pesca deportiva de captura y liberación), usted considera que, ¿estas actividades han aumentado, han disminuido o se han mantenido?

9. Gestión del esfuerzo pesquero (pesca comercial y/o recreativa)		
Espacio de Respuesta		
9.3. ¿Sabe usted si existe alguna instancia responsable de supervisar las actividades de pesca permitidas dentro de las áreas de manejo? En caso afirmativo, ¿quién?		
Espacio de Respuesta		
9.4. ¿Considera usted que las actividades de pesca furtiva han disminuido, han aumentado o se han mantenido, después de la implementación de las herramientas de manejo?		
Espacio de Respuesta		
9.5. ¿Y después de la publicación del plan de manejo de la ARPEM?		
Espacio de Respuesta		
9.6. ¿Ha notado usted algún cambio en las actividades pesqueras desde la implementación de las acciones de manejo de las áreas ARPEM/ZRP? ¿Cuál ha sido?		
Espacio de Respuesta esta pregunta si...	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Si/ No/ No sé

10. Acciones sobre las especies invasivas	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Si/ No/ No sé
10.1. ¿Se realiza algún monitoreo regular de especies invasivas para detectar su presencia y abundancia?		
10.2. ¿Se lleva a cabo alguna acción sobre las especies invasoras?		
10.3. ¿Se observó algún cambio positivo/negativo con esta acción/es?		
10.4. ¿Sabe si existe algún plan de sensibilización a los usuarios?		

11. Actividades de extensión	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Si/ No/ No sé
11.1. ¿Se llevan a cabo actividades de educación ambiental?		
11.2. ¿Usted ha tomado alguna actividad?		
11.3. ¿Hay difusión de estas actividades? ¿Usted ha visto posters o folletos?		
11.4. ¿Ha notado alguna relación entre las actividades y el número de visitantes?		

12. Gestión de visitantes	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Si/ No/ No sé
12.1. ¿Sabe si hay control en el número de visitantes que visitan las áreas de manejo?		
12.2. ¿Sabe cuántos visitantes llegan?		
12.3. ¿Ha observado un aumento del número de visitantes a partir del decreto de las áreas de manejo?		
12.4. En caso afirmativo, ¿Ha habido un aumento en el deterioro de la cantidad de visitantes?		

13. Redes e información	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Si/ No/ No sé
13.1. ¿Hay capacitación constante al personal que labora en el área de manejo o solamente se capacita al entrar?		
13.2. Esta capacitación, ¿Se realiza con base en alguna referencia nacional o internacional para mejores prácticas?		

14. Coordinación con los participantes y planificadores	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Si/ No/ No sé
14.1. Existe coherencia entre el plan de administración y el plan local (en lo que respecta a metas, objetivos, etc.)		
14.2. ¿Sabe si existe participación de los usuarios en la zona para la toma de decisiones de gestión?		
14.3. Esta participación, ¿Se lleva a cabo en un marco legal e institucional?		
14.4. ¿Los roles y las reglas están claramente definidos?		
14.5. ¿Ha habido caso de resolución de conflictos exitosos?		
14.6. ¿Se han tomado acciones y medidas entre los usuarios?		
14.7. ¿Cada cuanto se hacen estas reuniones?		

15. Estado de las características físicas focales, culturales y espirituales	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Si/ No/ No sé
A partir del decreto de las áreas de manejo Usted percibe que:		
15.1. ¿Ha habido un cambio en las características físicas de la zona?, ¿puede dar algún ejemplo?		
Espacio de Respuesta		
15.2 ¿Han cambiado sus tradiciones culturales? ¿puede dar algún ejemplo?		
Espacio de Respuesta		

16. Conciencia y acciones contra el cambio climático	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Si/ No/ No sé
16.1. ¿Cree que el cambio climático afecte a las áreas de manejo?, en caso afirmativo ¿puede dar algún ejemplo de afectación?		
Espacio de Respuesta		
16.2. ¿Sabe si el área de manejo aborda el tema del cambio climático con alguna acción?		
16.3. ¿Alguna de estas áreas de manejo incluye la realización de programas para concientizar sobre el cambio climático?		
16.4. En caso afirmativo ¿Los resultados de los programas para la concientización han sido un apoyo en la toma de decisiones?		
16.5. ¿Actualmente se implementan estas acciones?		

17. Alternativas de vivienda y/o actividades que generan ingresos medios de vida alternativos (MVA)/ Actividades generadoras de ingresos (AGI) en las áreas de manejo	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Si/ No/ No sé
17.1. ¿Tiene el organismo de gestión información sobre medios de vida alternativos y/o actividades generadoras de ingresos en las áreas de manejo que no estén relacionados con el arrecife de coral?		
17.2. Si es así, según la información y su experiencia personal, ¿la tendencia de MVA/AGI en las áreas de manejo son consistentes con el mantenimiento de sus valores de conservación?		
Espacio de Respuesta		
17.3 ¿Sabe usted qué porcentaje de empleos se generaron para la población de Akumal desde el decreto de las áreas de manejo?		

18. Percepción local del ARPEM	ARPEM Sí/ No/ No sé	ZRP Si/ No/ No sé
18.1. ¿Usted ha sentido un impacto económico positivo o negativo desde el decreto de las áreas de manejo?		
18.2. ¿Conoce las oportunidades y limitaciones asociadas al área de manejo?		

VIII.3 PUNTUACIONES POR INDICADOR

Indicador	1	Existencia de un plan de gestión actualizado	
Descripción	Este indicador evalúa si existe alguna legislación local, regional, nacional o internacional en vigor que trate específicamente las AMP, ya sea mediante una ley en específico o por la inclusión de criterios para la designación y gestión de las AMP en un espectro más amplio		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
1.1 ¿Conoce usted algún tipo de política o manejo en el área de Akumal? En Caso afirmativo ¿cuál conoce?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Puntos	Color
		6 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
1.2 ¿Conoce cuáles fueron los criterios en los que se basaron para designar el ARPEM y la ZRP?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	5 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
		4 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
1.3 ¿Estos criterios tienen como base algún marco legal (internacional, nacional, regional)?	Si: 1 punto No/No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	3 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
		Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo
1.4 ¿Sabe si existe algún medio para delimitar el ARPEM y la ZRP? En caso afirmativo, ¿Sabe que se utiliza?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.		

Indicador	2	Existencia de un plan de gestión actualizado	
Descripción	Este indicador evalúa si las AMP tienen un organismo activo específicamente dedicado a su gestión.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
2.1 ¿Sabe si existe un programa de manejo por escrito para el área de manejo?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos	Puntos	Color
		6 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
2.2 En caso de que exista, ¿sabe si desde la publicación del programa de manejo se ha realizado algún cambio o actualización?	Si: 0 punto No: 1 punto No se: 0 puntos	5 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
		4 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
2.3 ¿El programa de manejo incluye objetivos específicos y claramente medibles?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos		

Indicador	2	Existencia de un plan de gestión actualizado	
		3 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
2.4 ¿Sabe si existen dentro del plan provisiones para evaluar efectividad del área?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos		
2.5 En caso de que exista, ¿sabe si alguna de esas medidas corresponde a medidas de manejo adaptables?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos	Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo
2.6 ¿El programa de manejo está respaldado por algún organismo o institución?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos		

Indicador	3	Existencia de un organismo o asociación de gestión	
Descripción	Este indicador evalúa si las AMP tienen un plan escrito de gestión que se actualiza regularmente, con objetivos de gestión específicos y medibles.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
3.1 ¿Existe algún organismo o asociación de manejo específica para el ARPEM/ZRP?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Puntos	Color
3.2 Este organismo realiza regularmente:		10 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
Actividades de manejo para la conservación de hábitats y/o especies.	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	8-9 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
Actividades de manejo para la conservación de hábitats y/o especies.	Si: 1 punto No/No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	7-6 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
Actividades de uso público (regulación del número de personas, visitas guiadas)	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	5-4 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
Actividades de vigilancia; ya sea directamente o por acuerdo	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo
Actividades de mantenimiento (limpieza de zona, colocación de letreros, etc.)	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.		

Indicador	3	Existencia de un organismo o asociación de gestión	
Actividades administrativas	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.		

Indicador	4	Vigilancia y cumplimiento normativo	
Descripción	Este indicador evalúa si existen recursos financieros adecuados asignados al área protegida para cumplir su misión y objetivos. Específicamente, los recursos financieros deben desglosarse en costos operativos y de mantenimiento, costos de personal y costos de inversión.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
4.1 ¿Las herramientas de manejo son adecuadas para proteger las especies y sus hábitats?	Si: 2 puntos Parcialmente: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Puntos	Color
4.2 ¿Los organismos institucionales (CONANP, PROFEPA, SEMARNAT) realizan actividades de vigilancia?	Si: 2 puntos Parcialmente: 1 punto No / No se: 0 puntos	10 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
4.3 ¿El personal encargado de vigilancia de las áreas de manejo hace cumplir las reglas de manera efectiva?	Si: 1 punto No/No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.		
4.4 Fuera de las áreas de manejo, existe algún esfuerzo para combatir las reglas de manera efectiva:	Si a 3 ó 2 opciones: 1 punto Si a 1 ó 0 opciones: 0 puntos	9-7 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
a) Pesca de peces protegidos como por ejemplo el pez loro.		6-5 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
b) Vertimiento de aguas negras sin un tratamiento previo			
c) Actividades de turismo no reguladas			
4.5 ¿Se toman medidas en caso de incidentes? En caso afirmativo, por favor de detalles.	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da detalles.	4-3 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
4.6 ¿El plan operativo se implementa con base en lo establecido en el Programa de manejo?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos		
4.7 ¿El programa de monitoreo y evaluación está aprobado y se implementa día a día?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos		

Indicador	4	Vigilancia y cumplimiento normativo	
4.8 ¿Existe un programa de investigación estructurado y adecuado a las necesidades de manejo?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos	Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo
4.9 ¿Existe un programa de voluntariado estructurado y adecuado a las necesidades de manejo?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos		

Indicador	5	Recursos financieros asignados	
Descripción	Este indicador evalúa si existe vigilancia efectiva del AMP para prevenir impactos de diferentes tipos.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
5.1 ¿Los instrumentos de manejo cuentan con financiamiento?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su explicación.	Puntos	Color
		8 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
5.2 ¿Considera usted que este financiamiento es suficiente? En caso de que la respuesta sea no, ¿Qué porcentaje considera que se cubre?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si el financiamiento es más del 70%.	7-6 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
		5-4 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
5.3 Este financiamiento ¿qué cubre?	No se: 0 puntos 1 punto: muestra conocimiento sobre el tema.	3 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
5.4 ¿Usted considera que hay alguna prioridad fuera de lo que cubre el financiamiento que se tenga que incluir?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo
5.5 ¿De dónde procede el mayor financiamiento?	No se: 0 puntos 1 punto: muestra conocimiento sobre el tema.		
5.6 ¿Existen mecanismos de captación de ingresos?	No se: 0 puntos 1 punto: muestra conocimiento sobre el tema.		

Indicador	6	Parámetros físico-químicos	
Descripción	Este indicador evalúa diferentes parámetros químicos y físicos en la columna de agua de mar. Los parámetros de medición incluyen temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, pH, contaminantes orgánicos e inorgánicos, clorofila a / producción primaria y turbidez. El AMP medirá otros parámetros abióticos y/o bióticos (en el caso de contaminación bacteriana) en el caso de tipos específicos de contaminación. La elección de qué parámetros deben medirse debe estar funcionalmente vinculada a los objetivos de manejo del sitio, ya que se sabe o se supone que influyen en la presencia o la salud de las especies.		

Indicador	6	Parámetros físico-químicos
	Dado que varias instituciones de investigación científica están trabajando en este tema, es aconsejable verificar si hay programas y/o protocolos de monitoreo y datos disponibles en o cerca de las aguas de AMP. Los evaluadores deben usar primero los datos recopilados por las agencias públicas y luego ver qué otras medidas son necesarias, si es que las hay.	
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación
Se evalúan lo siguiente: Se miden los parámetros Si/No ¿Por qué? Cumplen con las normas	Cada parámetro tiene su propio nivel de referencia sobre la base de la legislación nacional sobre calidad del agua. Estas normas deben respetarse y las mediciones deben estar por debajo del umbral relevante para cumplir con el indicador. Se deben investigar los valores inesperados para uno o más parámetros. Si todos los parámetros están por debajo del nivel de referencia, entonces el indicador se cumple correctamente. En caso de que algunos parámetros estén por encima del nivel de referencia, si la suma de las puntuaciones para las respuestas 1 y 2 es: 2 puntos: significa que el indicador se cumple correctamente. 1 punto: significa que se necesita algún progreso para cumplir con el indicador. 0 puntos: significa que no se cumple el indicador.	
Temperatura		
Salinidad		
Concentración de oxígeno		
pH		
Contaminantes orgánicos e inorgánicos		
Clorofila α /producción primaria		
Turbidez		

Indicador	7	Estado de conservación del hábitat
Descripción	Este indicador evalúa el estado de los hábitats focales dentro del AMP.	
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación
7.1 ¿Cómo considera usted el estado de conservación del hábitat focal de la ZRP?	Favorable: 5 Desfavorable:4 Inadecuado:3 Desfavorable malo:2 Desconocido: 1	Puntos Color 12 o más puntos Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
7.2¿Cómo considera usted el estado de conservación del hábitat focal del ARPEM?	Favorable: 5 Desfavorable:4 Inadecuado:3 Desfavorable malo:2 Desconocido: 1	8-11 puntos Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
7.3 ¿Qué esfuerzos está haciendo la administración para conservar los hábitats focales?	No se: 0 puntos 1 punto: muestra conocimiento sobre el tema.	5-7 puntos Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
7.4 Desde su percepción ¿ha notado alguna mejoría/deterioro en el hábitat focal desde la declaración del ARPEM?	Mejoría: 1 punto Deterioro: 0 puntos	4-3 puntos Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
7.5 Desde su percepción ¿ha notado alguna mejoría/deterioro en el hábitat focal desde la declaración de la ZRP?	Mejoría: 1 punto Deterioro: 0 puntos	Menos de 3 puntos Rojo: Significa que no se está cumpliendo

Indicador	8	Especies focales; abundancia y estructura de población.	
Descripción	Este indicador se centra en las especies de importancia específica para el sitio, que son la razón por la cual se designó el AMP. La abundancia de especies es el número de individuos de una especie en particular que se encuentran dentro y fuera del AMP. La abundancia de especies se usa comúnmente para indicar el tamaño de la población y se cree que refleja el estado de la población de una especie en un lugar específico: por ejemplo, si la población está creciendo o no con el tiempo. La densidad de una especie se determina a partir de su abundancia dentro de un área definida (unidad). La estructura de la población es la probabilidad con la que es probable que ocurran diferentes tamaños y edades de los individuos dentro de una población de una especie focal. Es más probable que una población que no experimente o tenga impactos reducidos incluya la cantidad necesaria de reproductores para reponerse y mantenerse a través del tiempo que aquellos cuyos individuos están siendo removidos para uso humano.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
8.1 ¿Sabe si existe una lista de especies focales?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Puntos	Color
8.2 ¿Estas especies cuentan con un plan de monitoreo?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	4 puntos o más	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
8.3 ¿Se ha notado algún cambio relevante en las densidades de población o estructuras?	Si: 1 punto No/No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	3 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
8.4 ¿La información obtenida del monitoreo se envía a alguien? En caso de que la respuesta sea afirmativa, ¿A quién se envía?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	2 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
		1 punto	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
		0 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo

Indicador	9	Gestión de actividades pesqueras	
Descripción	Este indicador mide la intensidad de la presión de pesca en el tiempo y el espacio dentro del AMP. El esfuerzo de pesca es una medida de la cantidad de pesca realizada, como la cantidad de horas o días dedicados a la pesca, la cantidad de anzuelos utilizados (en la pesca con palangre) o los kilómetros de redes utilizados, o una combinación de estas variables.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
9.1 En cuanto a las actividades de pesca permitidas en el ARPEM ¿usted considera que estas actividades han aumentado, han disminuido o se han mantenido?	Aumentado: 2 puntos Mantenido: 1 punto Disminuido: 0 puntos	Puntos	Color
		6 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.

Indicador	9	Gestión de actividades pesqueras	
9.2 En cuanto a las actividades de pesca permitidas en el ZRP ¿usted considera que estas actividades han aumentado, han disminuido o se han mantenido?	Aumentado: 2 puntos Mantenido: 1 punto Disminuido: 0 puntos	5 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
9.3 ¿Sabe usted si existe alguna instancia responsable de supervisar las actividades de pesca permitidas dentro de las áreas de manejo?, en caso afirmativo, ¿quién?	Si: 1 punto No/No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	4 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
		3 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
9.4 ¿Considera usted que las actividades de pesca furtiva han disminuido, han aumentado o se han mantenido, después de la implementación de las herramientas de manejo?	Aumentado: 0 puntos Mantenido: 1 punto Disminuido: 2 puntos	Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo

Indicador	10	Acciones sobre especies invasoras	
Descripción	Este indicador evalúa si existen especies exóticas invasoras costeras o marinas en el AMP y si se toman medidas para tratar esta amenaza.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
10.1 ¿Se realiza algún monitoreo regular de especies invasoras para detectar su presencia y abundancia?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Puntos	Color
		6 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
10.2 ¿Se lleva a cabo alguna acción sobre las especies invasoras?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	5 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
10.3 ¿Se observó un cambio positivo, neutro o negativo con esta acción?	Positivo: 2 puntos Neutro: 1 punto Negativo/No se: 0 puntos	4 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
		3 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
10.4 ¿Sabe si existe algún plan de sensibilización a los usuarios?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo

Indicador	11	Actividades de extensión	
Descripción	Este indicador evalúa si el AMP proporciona actividades de divulgación y tiene un plan actualizado por escrito para actividades de interpretación y		

Indicador	11	Actividades de extensión	
	educación (actividades de divulgación) con objetivos específicos y medibles vinculados al plan de gestión. El plan debe incluir un programa de educación ambiental con actividades y acciones específicas. Las actividades de divulgación son una herramienta de gestión fundamental para una buena gobernanza del AMP, ya que, sin divulgación, los usuarios, los visitantes y la comunidad probablemente tengan una comprensión limitada del AMP, lo que dificultará el cumplimiento de los objetivos del AMP en términos de alcanzar un consenso sobre el desarrollo sostenible.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
11.1 ¿Se llevan a cabo actividades de educación ambiental?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Puntos	Color
11.2 ¿Usted ha tomado alguna actividad?	Si: 1 punto No: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	6 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
11.3 ¿Hay difusión de estas actividades, mediante posters o folletos?	Si: 1 punto No/No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	5 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
11.4 ¿Ha notado alguna relación entre las actividades y el número de visitantes?	Si (aumento en las actividades de extensión): 1 punto No (no hay relación) / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	4 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
		3 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
		Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo

Indicador	12	Gestión de visitantes	
Descripción	Este indicador mide el número de visitantes por año involucrados en actividades dentro del AMP, o cualquier otra variable vinculada a su presencia (por ejemplo, número de barcos anclados). Se correlaciona con el número total de niños en edad escolar que asisten a actividades educativas llevadas a cabo por el personal de la AMP, el número total de buceadores y buceadores que visitan el área, el número de turistas que visitan el centro de visitantes u otras instalaciones, etc. También es importante especificar las áreas que frecuentan los visitantes y qué actividades están permitidas con el fin de verificar qué nivel de presión se ejerce sobre el medio marino a lo largo del tiempo.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
12.1 ¿Sabe si hay control en el número de visitantes que visitan las áreas de trabajo?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos	Puntos	Color
	Si: 1 punto	6 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.

Indicador	12	Gestión de visitantes		
12.2 ¿Sabe cuántos visitantes llegan?	No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	5 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.	
12.3 ¿Ha observado un aumento en el número de visitantes a partir del decreto de áreas de manejo?	Si: 1 punto No/No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	4 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.	
		3 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.	
12.4 En caso afirmativo, ¿Ha habido un aumento en el deterioro de la cantidad de visitantes?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo	

Indicador	13	Redes e información		
Descripción	Este indicador mide la existencia de procedimientos de transferencia de datos con organizaciones nacionales e internacionales y el intercambio de experiencias y buenas prácticas con sus pares. También tiene en cuenta las tareas realizadas por el personal de capacitación en términos del número de reuniones y/o talleres celebrados con otras organizaciones y atendidos por el personal de AMP, y el número de personal capacitado.			
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación		
13.1 ¿Hay capacitación constante al personal que labora en el área de manejo o solamente se capacita al entrar?	Si, hay capacitación constante: 2 puntos Solamente hay capacitación al entrar: 1 punto No / No se: 0 puntos	Puntos	Color	
		5 puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.	
		4 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.	
13.2 ¿Esta capacitación se realiza con base en alguna referencia nacional o internacional para mejores prácticas?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	3 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.	
		2 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.	
		Menos de 1 punto	Rojo: Significa que no se está cumpliendo	

Indicador	14	Coordinación con los participantes planificadores		
Descripción	Este indicador mide las relaciones y la resolución de conflictos a lo largo del tiempo. Corresponde al número total de procedimientos participativos implementados por el órgano de administración de AMP durante un período de tiempo fijo.			

Indicador	14	Coordinación con los participantes planificadores	
	También mide la presencia de representantes de los organismos de gestión de AMP en las reuniones de los tomadores de decisiones de alto nivel, en relación con la gestión de la zona costera local.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
14.1 ¿Existe coherencia entre el plan de administración y el plan local) metas, objetivos, etc.)?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	Puntos	Color
14.2 ¿Sabe si existe participación de los usuarios en la zona para la toma de decisiones de gestión?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	10 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
14.3 ¿Esta participación se lleva a cabo en un marco legal e institucional?	Si: 1 punto No/No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	9-8 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
14.4 ¿Los roles y las reglas están claramente definidos?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	7-5 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
14.5 ¿Ha habido casos de resolución de conflictos exitosos?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	4-3 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
14.6 ¿Se han tomado acciones y medidas entre los usuarios?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo
14.7 ¿Cada cuánto se hacen estas reuniones?	frecuentemente: 2 puntos Ocasionalmente: 1 punto Nunca/ No se: 0 puntos		

Indicador	15	Estado de las características físicas focales, culturales y espirituales	
Descripción	Este indicador evalúa los cambios en la condición de conservación de las características físicas y culturales clave en el AMP, tales como las características geomorfológicas e históricas, y las tradiciones.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
A partir del decreto de las áreas de manejo usted percibe que:		Puntos	Color
		6 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
	Ha mejorado: 2 puntos		

Indicador	15	Estado de las características físicas focales, culturales y espirituales	
15.1 ¿Ha habido un cambio en las características físicas de la zona?, puede dar un ejemplo.	Ha empeorado: 0 puntos No ha cambiado/se ha mantenido: 1 punto No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	4 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
15.2 ¿Han cambiado sus tradiciones culturales?, puede dar un ejemplo.	Si: 2 puntos No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	3 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
		2 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
		Menos de 2 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo

Indicador	16	Conciencia y acciones contra el cambio climático	
Descripción	Este indicador evalúa si existe evidencia del impacto del cambio climático midiendo un conjunto de variables relacionadas con el cambio climático; También mide las mejoras de gestión resultantes de la mitigación de este impacto y sus posibles resultados.		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
16.1 ¿Cree que el cambio climático afecte las áreas de manejo, en caso afirmativo puede dar algún ejemplo de afectación?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Puntos	Color
		6 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
16.2 ¿Sabe si el área de manejo aborda el tema del cambio climático con alguna acción?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	5 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
		4 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
16.3 ¿Alguna de estas áreas de manejo incluye la realización de programas para concientizar sobre el cambio climático?	Si: 1 punto No/No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.		3 puntos
		Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo
16.4 ¿En caso afirmativo, los resultados de los programas para la concientización han sido un apoyo en la toma de decisiones?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.		
16.5 ¿Actualmente se implementan estas acciones?	Si: 1 punto No/ No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.		

Indicador	17	Alternativas de vivienda y/o actividades que generan ingresos, medios de vida alternativos y actividades generadoras de ingreso en las áreas de manejo.	
Descripción	<p>Este indicador se enfoca en actividades que son compatibles, apoyan o mejoran los objetivos del AMP, ya que los gerentes tienen a toda costa evitar actividades alentadoras que obstaculicen la administración del sitio o dañen las características por las cuales el sitio ha sido identificado. Al medirlo, los gerentes revelan las tendencias en medios de vida alternativos y / o actividades generadoras de ingresos (AL / IGA) en el AMP, con referencia a negocios y ocupaciones que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • crean y lanzan nuevas actividades. • convertir actividades existentes. • mejorar las actividades existentes haciéndolas más amigables con el medio ambiente y sostenibles. 		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
17.1 ¿Tiene el organismo de gestión información sobre medios de vida alternativos y/o actividades generadoras de ingresos en las áreas de manejo que no estén relacionados con el arrecife de coral?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Puntos	Color
		6 o más puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
17.2 Si es así, según la información y su experiencia personal, ¿la tendencia de MVA/AGI en las áreas de manejo son consistentes con el mantenimiento de sus valores de conservación?	Si: 1 punto No / No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	5 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
		4 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
17.3 ¿Sabe usted qué porcentaje de empleos generan las áreas de manejo para la población de Akumal?	Si: 1 punto No/No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	3 puntos	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
		Menos de 3 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo

Indicador	18	Percepción local de las áreas de manejo	
Descripción	<p>El objetivo de este indicador es medir el nivel de conciencia sobre el establecimiento y el impacto del AMP, el establecimiento de prioridades para el AMP y, por último, la percepción de la gente local de sus propios roles y responsabilidades. El objetivo de este indicador es evaluar el nivel de apoyo local para el AMP al:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprender el impacto percibido del establecimiento del AMP en el 		

Indicador	18	Percepción local de las áreas de manejo	
	<p>acceso de la población local a los recursos costeros y marinos. 2. Esbozar y examinar los factores que la gente local percibe debería ser la base para determinar las prioridades del AMP. 3. Documentar las oportunidades percibidas y las limitaciones asociadas con el AMP. 4. Capturando percepciones sobre los roles y responsabilidades que la gente local cree que tienen en el AMP.</p>		
Preguntas	Puntuación de respuestas	Interpretación	
18.1 ¿Usted ha sentido un impacto económico positivo, neutro o negativo desde el decreto de las áreas de manejo?	Positivo: 1 punto Negativo/Neutro: 0 puntos Nota: 1 punto extra si da ejemplo.	Puntos	Color
		4 puntos	Azul: significa que el indicador está siendo cumplido apropiadamente.
		3 puntos	Verde: Significa que se necesita poco progreso para cumplir con el indicador.
18.2 ¿Conoce las oportunidades y limitaciones asociadas al área de manejo?	Si: 1 punto No/No se: 0 puntos Nota: 1 punto extra si amplía su respuesta.	2 puntos	Amarillo: Significa que se necesita un progreso considerable para cumplir.
		1 punto	Naranja: Significa que se necesita mucho progreso para cumplir con el indicador.
		0 puntos	Rojo: Significa que no se está cumpliendo

VIII.4 MATRICES DE RESULTADOS CODIFICADAS POR COLORES

Tabla 16 Matriz de datos codificados de las entrevistas semiestructuradas para la evaluación de los 18 indicadores del ARPEM

Procedencia	Occupación	Indicador 1: Existencia de legislación	2. Existencia de un plan de gestión actualizado	3. Existencia de un organismo o asociación de gestión	4. Vigilancia y cumplimiento normativo	5. Recursos financieros asignados	6. Calidad del agua	7. Estado de conservación del hábitat	8. Especies focales; abundancia y estructura de población	9. Gestión del esfuerzo pesquero (pesca comercial y/o recreativa)	10. Acciones sobre las especies invasoras	11. Actividades de extensión	12. Gestión de visitantes	13. Redes e información	14. Coordinación con los participantes y planificadores	15. Estado de las características físicas y culturales	16. Conciencia y acciones contra el cambio climático	17. Alternativas de vivienda o actividades que generan medios de vida alternativos	18. Percepción local del área	
Gobierno	Akumal	Delegado	5	1	6	3	2	5	1	6	5	4	3	1	4	1	5	3	1	
	CONANP	Guarda parques	6	2	6	11	0	3	2	4	3	4	3	1	2	3	6	0	0	
		Guarda parques	8	4	6	8	6	5	4	3	4	4	2	1	6	0	5	1	1	
		Director	8	1	2	9	2	5	1	4	4	6	1	4	7	4	4	2	2	
ONG	CEA	Coordinador de investigación	7	6	6	2	3	7	2	6	5	6	3	1	2	2	2	4	3	
	Parque Tsúk	Gerente	7	2	6	7	4	5	4	3	7	6	5	3	8	2	2	4	2	
Actividades recreativas	Servicios	Dive master	6	2	6	3	2	5	2	5	5	5	3	2	1	2	2	4	1	
		Dive master	6	3	7	3	2	5	1	6	4	4	3	1	4	2	5	3	1	
		Dive master	1	0	5	5	2	5	3	3	4	4	2	4	7	0	2	0	1	
		Dive master	6	2	7	1	2	5	1	4	6	4	3	1	4	2	5	3	1	
	Pescadores deportivos	Capitan	4	0	8	8	2	6	1	4	5	2	3	0	0	0	0	0	0	
		Marinero	2	0	8	9	1	11	1	4	4	4	4	2	1	2	1	0	0	
		Marinero	3	0	8	9	0	5	1	2	5	2	3	3	1	1	0	3	1	
		Marinero	2	0	7	7	0	2	0	4	0	0	1	3	0	2	0	0	1	
Cooperativas	Pesquera de Tulum	Pescador	5	1	4	5	1	0	2	4	4	4	0	1	1	0	0	0	0	
		Pescador	7	3	6	9	3	3	2	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
	Turística	Empleado	8	4	6	8	4	5	3	6	6	6	4	2	2	6	1	2	2	1
		Empleado	3	0	6	3	1	5	3	3	0	4	3	1	0	2	2	2	1	0
		Empleado	2	0	7	4	3	5	3	2	4	4	3	1	0	2	2	0	0	
		Empleado	3	0	7	5	1	4	1	2	3	3	3	2	6	0	2	3	0	

Tabla 17 Matriz de datos codificados de las entrevistas semiestructuradas para la evaluación de los 18 indicadores de la ZRP

Procedencia	Ocupación	1. Existencia de legislación	2. Existencia de un plan de gestión actualizado	3. Existencia de un organismo o asociación de gestión	4. Vigilancia y cumplimiento normativo	5. Recursos financieros asignados	6. Calidad del agua	7. Estado de conservación del hábitat	8. Especies focales; abundancia y estructura de población	9. Gestión del esfuerzo pesquero (pesca comercial y/o recreativa)	10. Acciones sobre las especies invasoras	11. Actividades de extensión	12. Gestión de visitantes	13. Redes e información	14. Coordinación con los participantes y planificadores	15. Estado de las características físicas y culturales	16. Conciencia y acciones contra el cambio climático	17. Alternativas de vivienda o actividades que generan medios de vida alternativos	18. Percepción local del área	
Gobierno	Akumal	Delegado	5	1	7	3	2	9	1	6	6	4	3	1	5	0	5	3	1	
	CONANP	Guarda parques	6	2	7	12	0	5	4	4	4	5	5	2	2	2	4	9	0	0
ONG	CEA	Guarda parques	8	4	6	8	6	7	5	3	6	4	3	2	8	0	5	1	1	
	Director	8	1	8	8	2	10	2	8	4	5	3	3	8	2	4	2	2	2	
ONG	Parque Tsúuk	Coordinador de investigación	7	6	6	3	3	8	2	6	5	5	1	0	3	0	2	4	3	
	Gerente	7	2	4	7	4	6	4	8	3	1	3	1	7	0	2	0	1	1	
Actividades recreativas	Servicios	Dive master	6	2	6	3	2	6	2	5	6	4	2	3	1	0	2	4	1	
		Dive master	6	3	7	3	2	5	1	6	3	4	3	1	5	3	4	3	1	
		Dive master	1	0	5	5	2	8	3	3	2	6	4	3	4	7	1	2	0	1
		Dive master	6	2	8	2	2	6	1	6	6	4	3	1	5	1	5	3	1	
	Pescadores deportivos	Capitan	4	0	8	8	2	5	0	6	6	3	4	2	2	2	0	1	2	0
		Marinero	2	0	8	9	1	8	0	4	6	4	3	2	1	0	1	2	2	0
		Marinero	3	0	8	9	0	8	0	4	6	2	4	3	1	0	1	3	1	
		Marinero	2	0	7	7	0	3	0	4	0	0	1	3	0	0	0	0	1	
Cooperativas	Pesquera de Tulum	Pescador	5	1	5	5	2	2	2	4	5	4	0	1	3	1	0	0	0	
		Pescador	7	3	6	9	4	3	5	4	6	7	5	4	2	10	1	4	4	2
	Turística	Empleado	8	4	8	8	4	6	4	6	6	6	3	3	9	0	3	2	1	
		Empleado	3	0	6	2	2	8	3	5	0	2	3	1	0	0	2	1	0	
Cooperativas	Turística	Empleado	2	0	7	4	3	10	3	4	4	4	3	1	0	0	2	0	0	
		Empleado	3	0	7	5	1	8	0	4	3	3	3	2	6	1	2	3	0	

VIII.5 CLASIFICACIÓN DE SIRHI DE LOS SITIOS MUESTREADOS EN AKUMAL

ID	Zona	Cobertura de coral duro %	Clasificación	Macroalgas carnosas %	Clasificación	Peces herbívoros	Clasificación	Peces comerciales	Clasificación	Clasificación final SIRHI
D1T1	Pendiente	3.85	1	65.19	1	1703.58	2	0.00	1	1.25
D1T2	Pendiente	2.88	1	62.69	1	3756.90	5	0.00	1	2
D1T3	Pendiente	4.42	1	68.65	1	6371.21	5	282.36	1	2
D2T1	Pendiente	6.35	2	50.38	1	4348.72	5	0.00	1	2.25
D2T2	Pendiente	3.27	1	70.38	1	3661.40	5	0.00	1	2
D2T3	Pendiente	5.38	2	35.38	1	3714.78	5	0.00	1	2.25
D2T4	Frente	8.27	2	5.00	4	6158.35	5	0.00	1	3
D2T5	Frente	7.12	2	10.00	3	3597.29	5	108.14	1	2.75
D2T6	Frente	2.50	2	9.81	3	3169.80	4	0.00	1	2.5
D2T7	Frente	16.92	3	3.08	4	2176.42	3	496.54	2	3
D2T8	Frente	3.65	1	8.27	3	2960.13	4	381.67	1	2.25
D3T1	Laguna	2.88	1	11.92	3	No Info		No Info		2
D3T2	Laguna	0.19	1	2.69	4	No Info		No Info		2.5
D3T3	Laguna	0.38	1	11.35	3	No Info		No Info		2
D3T4	Laguna	0.00	1	38.08	1	No Info		No Info		1
D3T5	Laguna	3.08	1	31.92	1	No Info		No Info		1
D3T6	Laguna	5.38	2	20.00	2	No Info		No Info		2
D3T7	Laguna	1.73	1	4.04	4	No Info		No Info		2.5
D3T8	Laguna	4.42	1	3.27	4	No Info		No Info		2.5
D4T1	Pendiente	4.42	1	45.19	1	2502.60	3	0.00	1	1.5
D4T2	Pendiente	6.54	2	55.58	1	1363.66	2	44.71	1	1.5
D4T3	Pendiente	3.46	1	41.54	1	1725.67	2	0.00	1	1.25
D4T4	Frente	6.15	2	14.42	2	2417.34	3	193.10	1	2

ID	Zona	Cobertura de coral duro %	Clasificación	Macroalgas carnosas %	Clasificación	Peces herbívoros	Clasificación	Peces comerciales	Clasificación	Clasificación final SIRHI
D4T5	Frente	4.04	1	26.54	1	3115.76	4	0.00	1	1.75
D4T6	Frente	1.92	1	9.62	3	1670.92	2	0.00	1	1.75
D4T7	Frente	2.12	1	14.42	2	3005.02	4	73.45	1	2
D4T8	Frente	3.65	1	14.04	2	4160.92	5	0.00	1	2.25
D5T1	Pendiente	3.85	1	58.65	1	2234.64	3	34.81	1	1.5
D5T2	Pendiente	6.73	2	60.38	1	2324.97	3	198.62	1	1.75
D5T3	Pendiente	2.50	1	55.77	1	2450.30	3	0.00	1	1.5
D5T4	Frente	2.31	1	2.69	4	2039.02	3	44.71	1	2.25
D5T5	Frente	8.08	2	3.65	4	855.24	1	1905.45	5	3
D5T6	Frente	7.12	2	5.19	3	2549.59	3	473.67	2	2.5
D5T7	Frente	2.50	1	4.23	4	4506.65	5	282.36	1	2.75
D5T8	Frente	7.50	2	2.31	4	5278.86	5	0.00	1	3
D5T9	Frente	2.12	1	2.69	4	3059.65	4	101.19	1	2.5
D6T1	Pendiente	8.27	2	26.15	1	1081.28	2	62.25	1	1.5
D6T2	Pendiente	7.69	2	40.19	1	1886.91	2	117.00	1	1.5
D6T3	Pendiente	5.96	2	41.73	1	896.08	1	0.00	1	1.25
D6T4	Frente	9.04	2	8.65	3	733.85	1	51.07	1	1.75
D6T5	Frente	10.00	3	8.08	3	1632.61	2	0.00	1	2.25
D6T6	Frente	10.38	3	18.27	2	1611.28	2	62.25	1	2
D6T7	Frente	9.04	2	31.54	1	1572.60	2	0.00	1	1.5
D6T8	Frente	4.23	1	30.19	1	1728.80	2	0.00	1	1.25
D7T1	Pendiente	6.35	2	58.27	1	811.54	1	535.61	2	1.5
D7T2	Pendiente	5.38	2	53.46	1	2121.41	3	7192.18	5	2.75
D7T3	Pendiente	5.19	2	54.81	1	866.35	1	0.00	1	1.25
D7T4	Frente	3.46	1	6.35	3	705.62	1	0.00	1	1.5
D7T5	Frente	1.92	1	2.50	4	1930.92	3	0.00	1	2.25

ID	Zona	Cobertura de coral duro %	Clasificación	Macroalgas carnosas %	Clasificación	Peces herbívoros	Clasificación	Peces comerciales	Clasificación	Clasificación final SIRHI
D7T6	Frente	13.08	3	3.27	4	325.91	1	161.71	1	2.25
D7T7	Frente	7.88	2	12.50	2	1861.93	2	0.00	1	1.75

IX. LITERATURA CITADA

- AGRRA, 2005. Evaluación Rápida de Arrecifes del Atlántico y del Golfo (2005). Metodología: v. 4.0.
- Almada, P., Sale, P., Gold, G., y Kjerfve, B. 2003. Manual de Métodos para el Programa de Monitoreo Sinóptico del SAM: Métodos Sereccionados para el Monitoreo de Parámetros Físicos y Biológicos para Utilizarse en la Región Mesoamericana. Proyecto para el Sistema Arrecifal Mesoamericano Unidad Coordinadora del Proyecto Coastal Resources Multi-complex Building. Belice.
- Allison, G., Lubchenco, J., y Carr, M., 1998. Marine reserves are necessary but not sufficient for marine conservation. Ecological Society of America.
- Alvarez, L., Dulvy, N., Gill, J., Côté, I., y Watkinson, R. 2009. Flattening of Caribbean coral reefs: region-wide declines in architectural complexity. Proceedings or the Royal Society.
- Alvarez L., Paddack, B., Robertson R., Cote M. 2015. Simplification of Caribbean reef fish assemblages over decades of coral reef degradation. Journal.
- AIDA, Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente. 2015. La protección de los arrecifes de coral en México: Rescatando la biodiversidad marina y sus beneficios para la humanidad.
- Ardisson, P., May-Ku, M., Herrera, M., y Arellano, G. 2011. El Sistema Arrecifal Mesoamericano-México: consideraciones para su designación como Zona Marítima Especialmente Sensible. Hidrobiológica. Vol. 21, N. 3.
- Arnold, M. 2006. Metodologías de la investigación social. Chile.
- Aronson, R., y Precht, W. 2001. White-band disease and the changing face of Caribbean coral reefs. Hidrobiologia. Vol. 460.
- Aronson, R., y Swanson, D. 1997. Video surveys of coral reefs: uni and multivariate applications. En Garza, 2004.
- Bellwood, D., Hughes, T., Folke, C., y Nyström, M. 2004. Confronting the coral reef crisis. Nature. Vol. 429.
- Brugha R., Varvasovszky Z., Stakeholder análisis: a review. Health Policy Planning. 2000.

- Buddemeier, R., y Smith, S. 1999. Coral adaptation and acclimatization: a most ingenious paradox.
- Bunce, L., Townsley, P., Pomeroy, R., y Pollnac, R. 2000. Socioeconomic Manual for Coral Reef Management. Australian Institute of Marine Science. Australia.
- CARICOMP. 2001. Caribbean Coastal and Marine Productivity. A comparative Research and Monitoring Network of Marine Laboratories, Parks and Reserves. CARICOMP Methods Manual Levels 1 and 2. CARICOMP Data Management Center and Florida Institute of Oceanography.
- Cifuentes, M., Izurieta, A., y Henrique, H. 2000. Medición de la efectividad del Manejo de Áreas Protegidas.
- CONABIO. 1995. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Reservas de la biosfera y otras Áreas Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONAPESCA. 2020. Disponible en línea en: <http://https://www.gob.mx/conapesca/documentos/zonas-de-refugio-pesquero>; consultado el 19 de febrero de 2020.
- CPACC. 2000. Using videotape to Sample Corals. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division. Virgin Islands Field Station, St. John, USVI.
- Cruz, C., Rioja, R. y Enriquez, C., Spatial and temporal effects of management on the reef seascape of a marine protected area in the Mexican Caribbean. Ocean & Coastal Management.
- Cruz, I., Kikuchi, R., y Leão, Z. 2008. Use of the video transect method for characterizing the Itacolomis reefs, eastern Brazil. Brazilian Journal of Oceanography. Vol. 56.
- DOF, 1988. Diario Oficial de la Federación 28/01/1988. Última Reforma 05/06/2018. Decreto por el que se expide la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- DOF, 2000. Diario Oficial de la Federación 03/07/2000. Última Reforma 19/01/2018. Decreto por el que se expide la Ley General de Vida Silvestre.
- DOF, 2007. Diario Oficial de la Federación 24/07/2007. Última reforma 24/04/2018. Decreto por el que se expide la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables.
- DOF, 2014. Diario Oficial de la Federación 14/04/2014. Decreto por el que se expide la Norma Oficial Mexicana NOM-049-SAG/PESC-2014.

- DOF, 2015. Diario Oficial de la Federación 13/04/2015. Acuerdo por el que se establece una zona de Refugio Pesquero en Aguas Marinas de Jurisdicción Federal ubicadas en la zona de Akumal en el Estado de Quintana Roo.
- DOF, 2016. Diario Oficial de la Federación 07/12/2016. Decreto por el que se establece la zona de salvaguarda denominada Arrecifes de Coral del Golfo de México y Caribe Mexicano.
- DOF, 2016 (a). Diario Oficial de la Federación 07/12/2016. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano.
- DOF, 2017. Diario Oficial de la Federación 06/10/2017. Acuerdo por el que se da a conocer el programa de protección del área de refugio para la protección de especies marinas denominada “Bahía Akumal”, creada por el acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de marzo de 2016.
- Emerton, L., Bishop J., y Lee T. (2006) Sustainable Financing of Protected Areas: A global review of challenges and options. Technical Series No. 13. IUCN, Gland.
- Escobar, A. 1999. El final del salvaje: naturaleza, cultura y política en la antropología contemporánea. Bogotá: ICAN, CEREC.
- FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Faro, C., Martínez, J., Villaseñor-Derbez, J., Wright, M. 2017. Una guía para la evaluación de Reservas Marinas en Méxicop. TURFEffect.
- Flores, M., Rivero, G., León, F. Chan, G., et al. (2008) Financial Planning for National Systems of Protected Areas: Guidelines and Early Lessons. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia. US
- Figueroa, B., y Penié, I. 2013. Reporte de Resultados del Programa de Monitoreo Arrecifal CEA 2006-2012. Centro Ecológico Akumal, A.C. Reporte técnico.
- Froese, R., y Pauly, D., 2016. FishBase. World Wide Web Electron Publ. www.fishbase.org.
- Fulton, S y Espinosa, N., 2022. Refugios pesqueros para recuperar la abundancia de los mares mexicanos. Comunidad y Biodiversidad, A.C.

- Garza, J. 2004. Información y Manejo para la Protección de la Biodiversidad de la Barrera Arrecifal de México: Evaluación de Variables, Modelación Espacial del Hábitat y SIG. Tesis de Doctorado. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. México.
- Garza, J., García, S., Mata M. y Schirp, E. 2011. Estado de condición del arrecife de Akumal, Quintana Roo, 2010, Reporte técnico. DGAPA-PAPIME, UNAM.
- Gómez R., Anderson, J.L. Akins, D.S.A. Buddo, G. García-Moliner, F. Gourdin, M. Laurent, C. Lilyestrom, J.A. Morris, Jr., N. Ramnanan, y Torres, R. 2013. Estrategia regional para el control del pez león invasor en el Gran Caribe. Iniciativa Internacional sobre los Arrecifes Coralinos.
- Government Social Research. Analysis for policy evidence-based policy in practice. London, 2007.
- Gutiérrez, D., Lara, M., Padilla, C., Pizaña, J., García, G., Loreto, R., y Camarena, T. 1995. Caracterización de los arrecifes coralinos en el Corredor "Cancún-Tulum", Quintana Roo, México. Sian Ka'an. Serie de Documentos No. 4.
- Hernández, E. 2004. Análisis del estado de los recursos y de la situación ambiental actual de la Reserva Natural del Canal Luis Peña, Culebra, P.R. Informe sometido a la autoridad de Conservación y Desarrollo de Culebra, Puerto Rico.
- Hernández L., Rebolledo M., Merino M., Soto A., Monroy E. 2011. Groundwater pollution is a karstic región (NE Yucatan): Baseline nutrient content and flux to coastal ecosystems. Water, Air and Soil Pollution, 218.
- Hubbard K., Rogers S., Lipps H., Stanley D. 2016. Coral Reefs at the Crossroads. Springer.
- IAS. 2005. Iniciativa Arrecifes Saludables. Arrecife Mesoamericano: una evaluación de la salud del ecosistema. Reporte del estado de salud 2015. Arrecifes saludables para gente saludable.
- Íñiguez, L., Jiménez, C., Sosa, J., Ortega, A., 2014. Categorías de las áreas naturales protegidas en México y una propuesta para la evaluación de su efectividad. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. No. 60.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2016. Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2016.

- Jackson, J., Donovan, M., Cramer, K., y Lam, V. 2014. Status and trends of Caribbean Coral Reefs 1970-2012. Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Switzerland.
- Koanda, H. (2006). Vers un assainissement urbain durable en Afrique subsaharienne: approche innovante de planification de la gestion des boues de vidange. Lausanne, EPFL.
- Littler, M., 2005. A proposed sustainable coral-reef management model. Plant conservation; a natural history approach. Chicago Press.
- Madin, S., Hughes P., Connolly R. 2012. "Calcification, Storm Damage and Population Resilience of Tabular Corals under Climate Change". PLoS ONE, 7.
- Martínez, B., Alcolado M., Jiménez, C., 2015. Composición específica y abundancia de macroalgas y angiospermas marinas en tres arrecifes coralinos de la plataforma Sudoccidental de Cuba. Hidrobiológica, 26.
- Mata, M. 2012. Evaluación de estrategias de manejo arrecifal en Akumal, Q. Roo: Disturbios antropogénicos y enfermedades coralinas. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Mata, M., Garza, R., y Salles, P. 2016. Reporte técnico del Proyecto: Camino a la resiliencia: Monitoreo Socioeconómico de Akumal, Q. Roo. Universidad Nacional Autónoma de México. Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera.
- Mata, M., Garza, R., Aranda, F., y Salles, A. 2018. Social alienation and environmental decline in a coral reef: Changes to coastal management in Mexican Caribbean. Ocean and Coastal Management.
- McField, M., Álvarez, L., Drysdale, I., Rueda, M., Giró, A., y Soto M. 2018. 2018 Report Card for the Mesoamerican Reef. Healthy Reefs Initiative (www.healthyreefs.org).
- McField, M. y Kramer, P. 2007. Healthy Reefs for Healthy People: A Guide to Indicators of Reef Health and Social Well-being in the Mesoamerican Reef Region. With contributions by M. Gorrez and M. McPherson.
- Moberg, F., y Folke, C. 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. Ecological Economics. Vol. 29.
- Molina, H. 2016. Estructura comunitaria de peces arrecifales y su relación con el hábitat en Akumal, Quintana Roo. Tesis de Maestría. SISAL, Yucatán. México.

- Molina, A., Garza, J., y Aranda, A. 2018. Identifying management challenges and implementation shortcomings of a new fishing refuge: Akumal reef, Mexico. *Ocean and Coastal Management*. 161
- Naranjo, J. 2016. Patrones de sedimentación y calidad del agua relacionados con indicadores de degradación arrecifal en Akumal, Q. Roo. Tesis de Maestría. Sisal Yucatán, México.
- NOAA, 2023. National Environmental Satellite and Information Service. Disponible en: https://coralreefwatch.noaa.gov/product/5km/tutorial/crw10a_dhw_product.php.
- Nyström, M., Folke, C., y Moberg, F. 2000. Coral reef disturbance and resilience in a human-dominated environment. *Tree*. Vol. 15
- Odum, H., y Odum, E., 1955. Trophic structure and productivity of a windward coral reef community. *Ecological Monographs*. Vol. 25
- ONU. 1972. Organización de Naciones Unidas, Declaración de Estocolmo, sobre el medio ambiente humano, 16 de junio de 1972.
- Padilla, C., Alafita, H., y Andreu, E., 2009. Factores de riesgo para los arrecifes coralinos y sus mecanismos de respuesta ante los efectos del cambio climático global. Universidad Autónoma de Campeche.
- Pérez, E., Navarro, E., Estrada, N., Espinosa, N., Melo, S., Rivas, M., y Álvarez, L., 2017. Estado de Conservación de los arrecifes de coral en la Península de Yucatán. Greenpace, UNAM.
- Randazzo A., Garza J., Penié I., Figueroa B. 2021. 25 years of multiple stressors driving the coral-algae phase shift in Akumal, Mexico. *Ocean and Coastal Management*. 214.
- REDLAC, 2020. Red de Fondos Ambientales de Latinoamérica y el Caribe. Consultado en línea en enero del 2020. Disponible en: www.redlac.org/tulum-20/.
- Reed, M., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., Prell, Quinn, C., Stringer, L.C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of environmental management*.
- Rivera, E., Villalobos, I. Azuz, A. y Rosado, M. 2004. El manejo costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo.
- Rogers, C., Garrison, R., Grober, Z. y Hillis, M. 2001. Manual para el monitoreo de arrecifes de coral en el Caribe y el Atlántico occidental. TNC, WWF, Islas Vírgenes.

- Roy, R.E. 2004. Akumal's reef: stony coral communities along the developing Mexican Caribbean coastlines. *Rev. Biol.*
- SAM. 2004. "Manual para la Evaluación Rápida de la Efectividad de Manejo en Áreas Protegidas Marinas de Mesoamérica". Programa Sistema Arrecifal Mesoamericano y el Programa Ambiental para Centroamérica. Belice-Guatemala-Honduras-México.
- Secaira F., Avededo C., 2017. Importancia de los arrecifes y dunas en la protección de la costa. The Nature Conservancy, México.
- Selig R., Casey S., John F. 2010. "New Insights into Global Patterns of Ocean Temperature Anomalies: Implications for Coral Reef Health and Management". *Global Ecology and Biogeography*, 19.
- Spalding, M., Ravilious, C. y Green, E. 2001 *World atlas of coral reefs*. Berkeley, CA. University of California Press.
- Tempesta, M. y Otero, M. 2013. *Guide for quick evaluation of management in Mediterranean MPAs*. WWF Italy, UICN.
- Terán, M., Clark, C., Suárez, F., Campos, F., Denkinger, J., Ruiz, D. y Jiménez, P. 2006. Análisis de vacíos e identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad marino-costera en Ecuador continental. Resumen ejecutivo. Ministerio del Ambiente.
- UICN, 1992. *World Congress on National Parks and Protected Areas, 4th*, Caracas, VE.
- Wartenberg, R. y Booth, A. 2015. Video transects are the most appropriate underwater visual census method for surveying high-latitude coral reef fishes in the southwestern Indian Ocean. *Marine Biodiversity*. Vol. 45.
- WWF. 2003. World Wildlife Fund. Metodología para la evaluación y priorización rápidas del manejo de áreas protegidas RAPPAM.
- Yost, D. M., Wangb, T.Y. Fanb, C.S. Chenb, R. W. y D. R. Gates, 2013. Diversity in skeletal architecture influences biological heterogeneity and *Symbiodinium* habitat in corals. *Zoology*.
- Zavala, B., y Sánchez, D., Reporte de resultados del Programa de Monitoreo Arrecifal de las Bahías de Akumal, Q. Roo. Akumal, Quintana Roo, México: Centro Ukana Akumal, A.C.