

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA



Casa abierta al tiempo

DIVISION DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

POSGRADO EN ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

**“CARACTERIZACIÓN DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS DE LA ISLA
HOLBOX Y LOS OBSTÁCULOS Y AVANCES PARA SU GESTIÓN”.**

TESIS

QUE PRESENTA: LUCERO UGALDE QUINTANA

MATRÍCULA: 2151802767

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
MAESTRA EN ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

DIRECTORA: DRA. MARGARITA GALLEGOS MARTÍNEZ

CODIRECTORA: DRA. FABIOLA SOSA RODRÍGUEZ

JURADOS:

DRA. MARGARITA CASO CHAVEZ

DR. FERNANDO CAMACHO RICO

DRA. ANGELICA ROSAS HUERTA

IZTAPALAPA, CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2019

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA YUM BALAM.....	9
1.1 Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam	10
1.2 Servicios ecosistémicos que prestan los pastos marinos.....	11
1.3 Descripción del entorno	15
1.3.1 La creación del Área Natural Protegida Yum Balam (APFFYB).....	17
1.3.2 Características físicas del sitio.....	21
1.3.3 Clima y precipitación pluvial	21
1.3.4 Geología	23
1.3.5 Edafología	24
1.3.6 Hidrología.....	24
1.3.7 Flora	25
1.3.8 Fauna.....	28
1.4 Marco Socioeconómico	31
1.4.1. Vivienda y servicios	34
1.4.2. Salud y seguridad social.....	35
1.4.3. Educación	36
1.5. Actividades económicas	36
1.5.1. Agricultura y ganadería.....	36
1.5.2. Pesca.....	37
1.5.3. Turismo	38
1.6 Conclusiones del capítulo	39
CAPÍTULO II
CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS EN LA LAGUNA YALAHAU Y LOS FACTORES ABIÓTICOS QUE LOS REGULAN	42
2.1. Introducción	43
2.2. Distribución y declive de las especies de pastos marinos	46

2.3. Clasificación de los pastos marinos por estrategia de supervivencia.....	50
2.4. Morfología y fisiología de los pastos marinos.....	51
2.4.1. Requerimientos abióticos de los pastos marinos	53
2.4.2. Estructura de edades.....	54
2.5. Métodos	56
2.5.1. Muestreo	56
2.5.1.2. Composición florística.....	57
2.5.1.3. Parámetros medio ambientales.....	58
2.5.1.4. Determinación de la Biomasa	59
2.5.1.5. Determinación de estructura de edades.....	60
2.6. Resultados y discusiones	60
2.7. Composición florística.....	61
2.8. Parámetros medioambientales	66
2.8. a. Temperatura	69
2.8. b. pH.....	72
2.8. c. Salinidad.....	75
2.8. d. Profundidad.....	77
2.9. Biomasa.....	79
2.8.1. Biomasa <i>Thalassia testudinum</i>.....	79
2.9.1.1. Biomasa aérea	82
2.9.1.2. Biomasa subterránea	84
2.9.2. Biomasa <i>Syringodium filiforme</i>.....	87
2.9.3. Biomasa <i>Halodule wrightii</i>.....	89
2.9.4. Biomasa de macroalgas	91

2.10. Estructura de edad.....	93
Conclusiones del capítulo.....	99
CAPÍTULO III.....	103
GOBERNANZA AMBIENTAL DE LOS PASTOS MARINOS	103
3.1. Introducción	104
3.2. Gobernanza y gobernabilidad: conceptos, diferencias y retos	105
3.2.1. Gobernanza y sus principios	105
3.2.2. Gobernanza y gobernabilidad	107
3.2.3. Gobernanza Ambiental	110
3.2.4. Buena Gobernanza y sus criterios.....	112
3.3. Mapeo de los actores involucrados en la toma de decisiones	117
3.3.1 Mapas sociales.....	120
3.3.2 Resultado del mapeo de los actores clave que influyen en la conservación de los pastos marinos	124
3.4 Servicios ecosistémicos y la gobernanza comunitaria	129
3.4.1 Identificación de los pastos marinos y sus servicios ecosistémicos	129
3.4.2 Usos dentro de la laguna y cambios en este ecosistema	132
3.4.3 Eficacia de la normatividad y la planeación para la conservación de pastos marinos	137
3.4.4 Representación de intereses y participación de la comunidad en la gestión de los pastos marinos	141
3.4.5 Actores que influyen en la conservación y manejo de pastos marinos.....	144
3.4.6 ¿Estos actores o instituciones representan los intereses de la comunidad?.....	146
3.4.7 Elección de representantes que participan en la toma de decisiones	146
3.4.8 Mecanismos de regulación de los pastos marinos	148

3.4.9 Obstáculos y avances en la gestión de los pastos marinos.....	150
3.5 Indicadores para evaluar los avances en la gestión de los pastos marinos	154
3.5.1 Normatividad y cumplimiento	155
3.5.3 Desempeño en la gestión	157
3.5.4 Participación efectiva	159
3.5.5 Representatividad	160
3.5.6 Legitimidad.....	162
3.6 Conclusiones del capítulo.....	166
4.0 Conclusiones generales	170
5.0 Bibliografía	175

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Criterios que cumple el Área de Protección Yum Balam como sitio RAMSAR	16
Tabla 1.2 Características geológicas	23
Tabla 1.3 Tipos de suelo	24
Tabla 1.4. Datos sobre la estructura de la población en Isla Holbox	33
Tabla 1.5. Vivienda y servicios dentro de la isla Holbox	35
Tabla 1.6. Derecho-habiencia a servicios de salud en Holbox	36
Tabla 1.7. Número de pescadores y embarcaciones con permiso registradas	37
Tabla 2.1 Estaciones de muestreo y coordenadas	57
Tabla 2.2 Presencia (●) /Ausencia (-) de las especies de pastos marinos y VAS dentro de la Laguna Yalahau	62
Tabla 2.3 Presencia (●) /Ausencia (-) de <i>Thalassia testudinum</i> en las tres épocas de colecta (Lluvias, Secas y Nortes)	63
Tabla 2.4 Presencia (●) /Ausencia (-) de <i>Syringodium filiforme</i> en las tres épocas de colecta	64
Tabla 2.5. Presencia (●) /Ausencia (-) de <i>Halodule wrightii</i> en las tres épocas de colecta	64
Tabla 2.6. Variables ambientales* de la Laguna Yalahau en las tres temporadas	67
Tabla 2.7. Promedio biomasa aérea de <i>Thalassia testudinum</i>	80
Tabla 2.8. Promedio biomasa subterránea de <i>Thalassia testudinum</i>	81
Tabla 2.9. Promedio biomasa aérea de <i>Syringodium filiforme</i>	88
Tabla 2.10. Promedio biomasa subterránea de <i>Syringodium filiforme</i>	88
Tabla 2.11. Promedio biomasa aérea de <i>Halodule wrightii</i>	90
Tabla 2.12. Promedio biomasa aérea de <i>Halodule wrightii</i>	90
Tabla 2.13. Biomasa Macroalgas	92
Tabla 3.1 Gobernabilidad y gobernanza ambiental en México	109

Tabla 3.2 Principios de la buena gobernanza utilizados para evaluar los obstáculos y avances en la gestión de los pastos marinos	116
Tabla 3.3 Categorías de actores y definiciones del perfil	118
Tabla 3.4 Análisis de los actores, relaciones de afinidad o conflicto y jerarquización del poder	119
Tabla 3.5 Matriz de Mapa de actores	121
Tabla 3.6 Cuestionario aplicado a los actores seleccionados	123
Tabla 3.7 Roles y nivel de poder	126
Tabla 3.8 Relaciones de colaboración, coordinación, confrontación y distantes	127
Tabla 3.9 Servicios ecosistémicos identificados y sus porcentajes	131
Tabla. 3.10 Causas del deterioro de las praderas de pastos marinos	133
Tabla 3.11 Cambios en la abundancia de pastos dentro de la laguna	135
Tabla 3.12 Animales identificados por los actores entrevistados	136
Tabla 3.13 Criterios que cumple el Área Yum Balam como sitio RAMSAR	138
Tabla 3.14 Actores que influyen de manera determinante en la conservación y manejo de pastos marinos	145
Tabla 3.15 Nivel de regulación considerado por los actores entrevistados	150
Tabla 3.16. Medidas o acciones a implementar para resolver los obstáculos para la gestión de los pastos marinos	154
Tabla 3.17 Resultados del Índice para las Autoridades	165
Tabla 3.18 Resultados del Índice para las OSC	165
Tabla 3.19 Resultados del Índice para las OSC	165

ÍNDICE DE FIGURAS

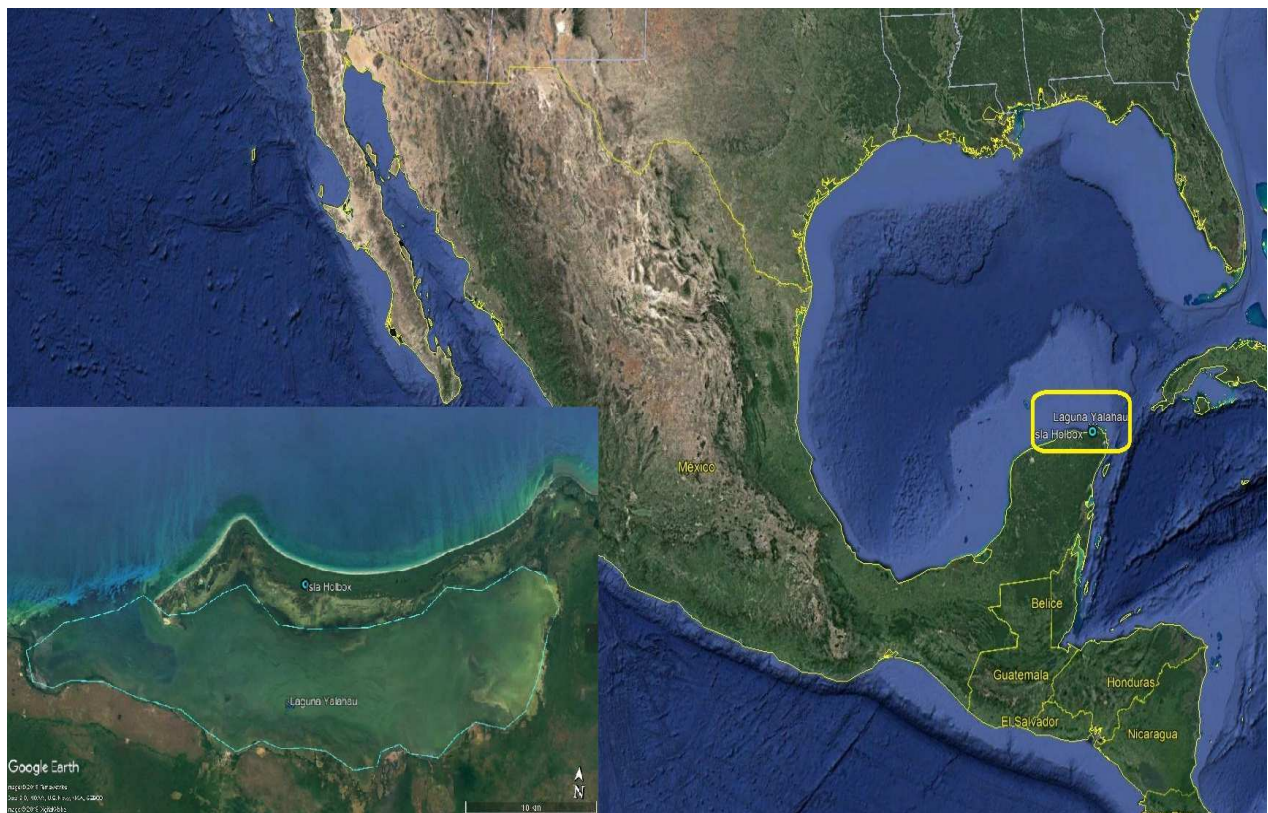
Figura 1. Área de estudio	1
Figura 1.1 Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam	10
Figura 1.2 Servicios ecosistémicos y beneficios prestados por los pastos	13
Figura 1.3 Vínculo entre los ecosistemas, la sociedad y el bienestar humano	14
Figura 1.4 Laguna Yalahau	15
Figura 1.5 Polígono del área natural protegida	18
Figura 1.6 Precipitación (mm) y temperatura (°C) promedio en el APFFYB	22
Figura 2.1 Distribución global de los pastos marinos	46
Figura 2.2 Distribución de las praderas de pastos marinos en México	47
Figura 2.3 Número de especies con tendencias demográficas decrecientes	49
Figura 2.4 Clasificación de los pastos marinos	51
Figura 2.5 Morfología de <i>T. testudinum</i>	52
Figura 2.6 Nucleado y red para tamizar	58
Figura 2.7. Estaciones de muestreo y distribución de la vegetación acuática	61
Figura 2.8 Mapa de distribución de las especies de pastos marinos	66
Figura 2.9 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la temperatura	70
Figura 2.10 Temperatura promedio en las temporadas de muestreo	71
Figura 2.11 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para pH (sin transformar)	72
Figura 2.12 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para pH (con transformación)	73
Figura 2.13 pH promedio en las temporadas de muestreo	74
Figura 2.14 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la salinidad	75

Figura 2.15 Salinidad promedio en las temporadas de muestreo	76
Figura 2.16 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la profundidad	77
Figura 2.17 Profundidad promedio en las temporadas de muestreo	78
Figura 2.18 Promedio biomasa aérea de <i>Thalassia testudinum</i>	81
Figura 2.19 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la biomasa aérea	82
Figura 2.20 Biomasa promedio en las temporadas de muestreo	83
Figura 2.21 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la biomasa subterránea	84
Figura 2.22 Biomasa promedio en las temporadas de muestreo	85
Figura 2.23 Biomasa área y subterránea promedio dentro de la Laguna Yalahau	86
Figura 2.24. Promedio biomasa aérea de <i>Syringodium filiforme</i>	89
Figura 2.25. Promedio biomasa aérea de <i>Halodule wrightii</i>	91
Figura 2.26. Biomasa de macrolagas en la Laguna Yalahau	92
Figura 2.27. Estructura de edades de <i>Thalassia testudinum</i> en la Laguna Yalahau	93
Figura 2.28. Estructura de edades de <i>Thalassia testudinum</i> en la Laguna Yalahau	96

INTRODUCCIÓN

La Laguna Yalahau se localiza al noreste de la Península de Yucatán, cuenta con 32 km de largo y una superficie total de 312 km² (Ávila-Canto et al., 2017) (Figura 1). Esta zona presenta un clima cálido semi-seco de marzo a junio, con intensas lluvias de julio a octubre y fuertes vientos y lluvias menores durante el resto del año. La Laguna se caracteriza por presentar estrechas áreas someras sobre su margen interno (con una profundidad media de 2.0 m) con praderas de pastos marinos, dominadas principalmente por *Thalassia testudinum*. Hacia su parte central, el fondo es arenoso con una mezcla de diversas macrófitas y alcanza una profundidad de 3 a 4 m (Ordoñez-López et al., 2005).

Figura 1. Área de estudio



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

El Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (APFFYB) tiene gran importancia ecológica y económica, ya que representa uno de las regiones de gran biodiversidad en el mundo. Dentro del área se encuentra La Laguna Yalahau que representa un sitio importante para la conservación de las praderas de pastos marinos y vegetación acuática sumergida, por la

variedad de servicios ecosistémicos que éstos proporcionan. Este sitio carece de políticas que favorezcan la preservación y gestión sustentable de los recursos naturales, por lo que caracterizar estas comunidades acuáticas y la manera en la que éstas se ven afectadas por las actividades antropogénicas permitirá sugerir políticas que fomenten el manejo sustentable y la conservación de la Laguna, por lo que es fundamental conocer los obstáculos y avances en materia de gobernanza para los pastos marinos en la zona de estudio. Se piensa que algunos de los principales obstáculos para una buena gobernanza se atribuyen a la falta de legislación que promueva la conservación de los pastos marinos, que vaya más allá del decreto de un área natural protegida, dado que se carece de planes de manejo y estrategias concretas que promuevan la comunicación y coordinación entre las autoridades de los tres niveles de gobierno con la comunidad.

Otra de las razones que obstaculizan la gobernanza está relacionada con la falta de reconocimiento de los beneficios que estos ecosistemas prestan, lo cual ha favorecido que grupos con intereses diferentes a la conservación promuevan actividades orientadas al desarrollo inmobiliario en la zona de estudio sin que la autoridades lleven a cabo acciones para frenar la especulación inmobiliaria.

Bajo este contexto, esta investigación se orienta a analizar los obstáculos y avances en materia de gobernanza que favorezca la conservación de las praderas de pastos marinos y vegetación acuática sumergida, a partir de la caracterización ambiental de estos ecosistemas, lo cual permitió identificar los beneficios ambientales que estos prestan.

Estos ecosistemas son de los más amenazados en el planeta, su tasa de desaparición se ha estima en 110 km² por año desde 1980 (West *et al.*, 2016). En términos de especies, Short (2011) menciona que 22 de las 72 especies registradas a nivel mundial (31%) tienen poblaciones en declive, mientras que 29 especies (40% del total) se han mantenido estables.

Ante la situación de vulnerabilidad en que se encuentran las praderas de pastos marinos en la Laguna Yalahau es pertinente preguntarse cómo están distribuidos los pastos marinos y cuál es la composición específica de la vegetación acuática sumergida (VAS); cuál es la estructura de edades en la especie dominante *Thalassia testudinum*; y que obstáculos y avances para el manejo y la conservación de las praderas de pastos marinos se han llevado a cabo por parte de los diferentes actores involucrados, incluyendo: a las autoridades en los tres niveles de gobierno, a las organizaciones de la sociedad civil y a las comunidades.

Las desaparición de las praderas de pastos marinos se atribuyen principalmente a daños mecánicos causados por las hélices de los barcos, la degradación de la calidad del agua y su contaminación, el exceso de sedimentación, la pesca, la acuicultura, y la competencia con especies introducidas como *Caulerpa* (Smith 2007). Cuando disminuyen o pierden las praderas de pastos repercute en organismos que habitan, reproducen o alimentan dentro de estas praderas.

El objetivo general de esta investigación es realizar una caracterización ecológica, a nivel de línea base, de las praderas de pastos marinos en la Laguna Yalahau y de los factores abióticos que los regulan, así como identificar los factores que han obstaculizado la participación de diversos actores en la conservación de los pastos marinos. Entre los objetivos específicos destacan:

- Conocer la distribución y composición específica de la vegetación acuática sumergida,
- Conocer la estructura de edades de *Thalassia testudinum*, por ser la especie dominante en distribución y biomasa,
- Analizar los actores clave que intervienen en la gestión de las praderas de pastos marinos y sus roles,
- Hacer un mapeo de sus estrategias de colaboración, coordinación y conflicto, además de conocer la influencia que tienen en el manejo y conservación de estos ecosistemas, y
- Elaborar recomendaciones para la conservación de las praderas de pastos marinos en la zona.

El APFFYB se estableció mediante Decreto Federal en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de junio de 1994, y se ubica en el Municipio de Lázaro Cárdenas, Estado de Quintana Roo. Colinda en su parte oeste con la Reserva de la Biósfera de Ría Lagartos, dando continuidad al sistema de humedales del norte de la Península de Yucatán (INE, 1995). Incluye el puerto de Chiquilá, la Isla de Holbox, la Laguna Yalahau, una porción de mar, un sistema de humedales de gran valor ecológico, y selvas tropicales medianas y bajas. También, cuenta con bosques de manglar chaparro o mangle rojo, esteros, lagunas, y mares someros que la limitan al norte y al este, así como zonas de selva que tienen una influencia importante en los ecosistemas estuarinos del área natural protegida. Esta zona es el hábitat de especies de flora y fauna, endémicas, amenazadas y en peligro de extinción, categorizadas dentro de 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. El APFFYB cuenta con ecotonos y ecosistemas con una gran biodiversidad y de gran importancia ecológica a varias escalas. Estos ecotonos funcionan como zonas de transición y alternancia acuático-terrestres que albergan una gran biodiversidad genética y que son especialmente sensibles a cambios ambientales, así como perturbaciones antropogénicas (Camarero y Fortin, 2006).

Los pastos marinos son plantas vasculares que viven y completan sus ciclos de vida totalmente sumergidas en medios salinos o salobres. Conforman el único grupo representante de las angiospermas que ha evolucionado de tierra firme al mar en etapas progresivas de adaptación al agua dulce, a aguas salobres, y finalmente al agua marina; poseen hojas, tallos y raíces, y forman flores, frutos y semillas (Hemminga y Duarte, 2000). Se ha reportado que los lechos de pastos marinos se encuentran entre los ecosistemas más amenazados del planeta y las reducciones en la extensión que comprenden estos ecosistemas se atribuyen principalmente a daños mecánicos, degradación de la calidad del agua, competencia con especies de algas introducidas y contaminación del agua (Short *et al.*, 2007). Estas pérdidas de pastos marinos y de algas marinas afectarán a poblaciones de grandes herbívoros marinos, mermando aún más su ya pobre estado de conservación. La pérdida de estos ecosistemas reducirá la cantidad de carbono "azul" almacenado en hábitats marinos y, por lo tanto, aumentará los impactos y cambios en todo el mundo sobre los patrones climáticos, poniendo en riesgo a los habitantes costeros, sus medios de subsistencia y producción de alimentos (West *et al.*, 2016).

A partir de las interacciones de los organismos dentro de los ecosistemas se producen servicios que benefician a las sociedades, conocidos como servicios ambientales o ecosistémicos. Estos servicios son el vínculo entre los ecosistemas y la sociedad, y se pueden clasificar para entender las relaciones entre el bienestar de las poblaciones humanas y los ecosistemas (Costanza *et al.*, 1997).

Los servicios ecosistémicos de provisión, regulación y culturales benefician de forma más directa a las personas, mientras que los servicios de soporte son indispensables para el mantenimiento de los demás servicios. En este sentido las praderas de pastos marinos son consideradas uno de los importantes "ingenieros del ecosistema", dada su capacidad de cambiar significativamente numerosos aspectos de su entorno. Algunos de los servicios ecosistémicos que prestan los pastos marinos incluyen (Larkum *et al.*, 2006):

- **Zonas de criadero** porque los tejidos sirven como sustrato para organismos epifitos, provee de refugio y funciona como criadero de numerosas especies de peces y moluscos con importancia ecológica y comercial.
- **Sedimentadores** dado que las hojas están adaptadas para optimizar la absorbancia de luz, el intercambio gaseoso y la flotabilidad, así como la toma y adquisición y asimilación de nutrimentos; además funcionan como estabilizadores y retenes de arena.
- **Productores primarios** ya que bajo condiciones óptimas los pastos marinos son altamente productivos, con tasas de acumulación de biomasa comparables a la de muchas especies importantes para la agricultura.
- **Bioindicadores** debido a que los pastos marinos requieren de niveles muy altos de radiación solar, estos altos requerimientos de luz tienen como consecuencia que los pastos que sean muy sensibles a los cambios ambientales que alteren la claridad y calidad del agua.
- **Captura de carbono** porque estas plantas realizan un retiro de dióxido de carbono de la interface océano-atmosfera, lo cual influye en la disminución de los impactos que tienen los gases de invernadero en el cambio climático.

A consecuencia de la gran variedad de beneficios que la comunidad puede obtener de las praderas de pastos marinos, es de vital importancia promover su manejo sustentable y conservación, donde la comunidad puede jugar un importante rol en el cumplimiento de este objetivo, para lo que se requiere fortalecer la participación de todos los actores que intervienen en el manejo de estos ecosistemas, el cual, debe asegurar el mantenimiento de su integridad y sus funciones. Aquellas estrategias de conservación de la biodiversidad que no contemplen un uso sustentable de los recursos naturales por las poblaciones humanas que han habitado su territorio serán, salvo contadas excepciones, estrategias condenadas al fracaso (Bezaury-Creel et al., 2009). En este sentido, es importante desarrollar políticas y prácticas que favorezcan una gestión sustentable de los recursos naturales, estas estrategias de conservación de la biodiversidad deben plantearse mediante un modelo basado en la necesidad de proveer bienes y servicios a su población (MEA, 2005). Este estudio es importante porque provee una perspectiva de las poblaciones de pastos marinos en la Laguna Yalahau y de sus características ambientales para poder sugerir pronósticos de la distribución y estado de conservación de las praderas en futuros escenarios ambientales. Para esta investigación se consideró indispensable realizar muestreos *in situ*, que permitan realizar la caracterización de

las poblaciones de pastos marinos como parte del proyecto "*Monitoreo de las praderas de pastos marinos del Golfo de México*", a cargo del Laboratorio de Pastos Marinos de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

La investigación se orientó a recabar y generar información sobre la distribución de los pastos marinos dentro de la Laguna Yalahau, conocer la composición específica de la vegetación acuática sumergida, conocer la biomasa y estructura de edades de la especie dominante, así como los factores ambientales (i.e., temperatura, salinidad, pH y profundidad) que los regulan.

El registro de la distribución de las praderas de pastos marinos y vegetación acuática sumergida se realizó con el uso de una ecosonda, mediante transectos se reconocieron y generaron ecogramas con: (1) coordenadas, (2) profundidad, (3) presencia/ausencia, (4) cobertura vegetal, y (5) altura de la planta. A lo largo de los transectos, se realizaron colectas cada determinada distancia, realizando 3 réplicas para cada punto. Se colectaron muestras de pastos marinos con un nucleador de tipo cilíndrico de acero inoxidable. Se determinó la distribución de las praderas de pastos marinos, representándolo en mapa con coordenadas, profundidad y cobertura. La composición florística se determinó mediante una video cámara y registros visuales, así como colectas para determinar las especies en el herbario. Con el uso de una sonda multiparamétrica (YSI 556 MPS), se registraron los factores ambientales como: temperatura, salinidad, pH y profundidad. Con el material obtenido, se determinó la biomasa foliar en peso seco y húmedo de cada especie. En *Thalassia testudinum* se midió la longitud del tejido fotosintético (verde), muerto y ancho foliar. La estructura de edades de *Thalassia testudinum* se determinó mediante la técnica de Intervalo de Plastocrono (I.P.). La especie *T. testudinum* cuenta con tallos modificados que se extienden por debajo del suelo de manera horizontal y rizomas verticales, también llamados haces verticales. Los puntos de inserción de las hojas en el rizoma se denominan nodos y son identificables por las cicatrices que quedan después de la muerte de las hojas. Por tanto, los segmentos de rizoma entre 2 cicatrices foliares consecutivas se le llama internodo, éstos se producen en un intervalo de tiempo entre la formación de dos hojas, de esta manera se puede estimar la edad de la planta con el conteo de cicatrices foliares.

Para la identificación de los factores que obstaculizan la participación de los diferentes actores en la conservación de los pastos marinos, así como la reflexión sobre los avances que se tienen en esta materia, se analizaron las aportaciones de Piñeiro (2004), Bulkeley (2005), Lewis y Van de Ban (2004), Brenner (2010), Stoll-Kleemann (2006), Adger y Jordan (2009) Graham (2003) y UNDP (1997) sobre el concepto de gobernanza y gobernanza ambiental, sus

principios y criterios. A partir de la reflexión de estos conceptos se diseñó un cuestionario para la realización de entrevistas semi estructuradas las cuales fueron aplicadas a actores clave de tres sectores que incluyen a las autoridades de los tres niveles de gobierno, organizaciones de la sociedad civil y la comunidad. La identificación de los actores clave que fueron entrevistados se desarrolló en cinco etapas: primeramente, se elaboró una propuesta inicial de clasificación de actores mediante una lluvia de ideas y haciendo un listado de aquellos que tienen una influencia positiva o negativa en la conservación de los pastos marinos. El segundo paso fue la clasificación por grupos de actores sociales, con la finalidad de hacer un reconocimiento de los actores más importantes que intervienen en la propuesta. El tercer paso fue la identificación de funciones y roles de cada actor. El cuarto paso consistió en hacer un análisis sobre las relaciones de afinidad o conflicto y la jerarquización de poder de los actores entrevistados. El quinto paso fue la elaboración del mapa de actores con el fin de analizar las relaciones existentes.

El cuestionario aplicado a los tres grupos entrevistados se dividió en tres secciones: (1) la identificación de servicios ambientales por los actores, (2) la gestión actual de los pastos marinos, y (3) los obstáculos y avances para la participación en la conservación de los pastos marinos. Las respuestas de las entrevistas realizadas fueron escritas, grabadas y transcritas para facilitar su análisis. Así mismo a partir de dichas respuestas se construyó un índice de Buena gobernanza en el cual los entrevistados evaluaron los principios de legitimidad, normatividad y su cumplimiento, participación efectiva, representatividad y desempeño para la conservación de los pastos marinos.

El análisis de las entrevistas fue complementada con una revisión bibliográfica sobre la evolución del reconocimiento de los problemas ambientales y la relevancia de implementar prácticas sustentables para el aprovechamiento y conservación de los recursos naturales. En México, uno de esos instrumentos son las declaratorias de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs); sin embargo, más allá del simple decreto se necesitan estrategias y mecanismos institucionales que propicien la conservación y el uso sustentable de la flora y la fauna, donde se involucren a la sociedad en el uso y cuidado de estos recursos, se cuente con capacitación, investigación, y apoyos financieros. Por lo anterior, se considera que la participación de todos los actores involucrados en el manejo y conservación de los pastos marinos es crucial para la elaboración de programas de conservación de las praderas de pastos para favorecer su protección, manejo, restauración y conocimiento de estos ecosistemas.

En el Capítulo I se aborda el contexto físico, biológico/ecológico y social del área natural protegida Yum Balam, en donde se encuentra la Laguna que constituye el sitio de estudio. En el Capítulo II, se elaboró la caracterización ecológica de las praderas de pastos marinos en la Laguna Yalahau y de los factores abióticos que la regulan, analizándose como ya se mencionó previamente, las variables de temperatura, salinidad, pH, profundidad, además de considerar las edades de la especie dominante. En el Capítulo III, se identifican los obstáculos y avances que favorecen la participación de los actores en el manejo y conservación de los pastos marinos para entender las condiciones que permitan promover una adecuada gobernanza de estos ecosistemas. Para ello se explora la percepción de los beneficios que estos ecosistemas prestan a la población, el manejo que se hace actualmente de estos ecosistemas y los obstáculos y avances que se presentan en el manejo y conservación de estos ecosistemas. Adicionalmente se presentan los resultados del índice de buena gobernanza para finalmente elaborar recomendaciones de política.

Capítulo I

Caracterización Ambiental del Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam

1.1 Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam

El Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (APFFYB) se estableció mediante Decreto Federal el día 6 de junio de 1994; y ésta se ubica en el Municipio de Lázaro Cárdenas, Estado de Quintana Roo. Esta área es de gran importancia ecológica y económica, ya que representa una de las regiones de gran biodiversidad en el mundo. Según datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), está ubicada entre los 21°13'58" y 21°42'18" de latitud Norte y los 87°52'13" y 87°05'48" de longitud oeste, y tiene una extensión territorial de 154,052 hectáreas. El Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam colinda en su parte oeste con la Reserva de la Biósfera de Ría Lagartos, por lo que da continuidad al sistema de humedales del norte de la Península de Yucatán (INE, 1995). Ésta incluye el puerto de Chiquilá, la Isla de Holbox, un área de mar, la Laguna Yalahau, un sistema de humedales de gran valor ecológico, selvas tropicales medianas y bajas, bosques de manglar chaparro o mangle rojo, esteros, lagunas, mares someros que la limitan al norte y al este, así como zonas de selva que tienen una influencia importante en los ecosistemas estuarinos del área natural protegida (Figura 1.1).

Figura 1.1 Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam



Fuente: CONANP, 2008.

El APFFYB es el hábitat de especies de flora y fauna endémicas, amenazadas y en peligro de extinción, categorizadas dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.¹ Además de contar con importantes especies de flora y fauna en categorías de riesgo (i.e., Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*), el Cocodrilo Americano o de Ria (*Crocodylus acutus*), el Jaguar (*Panthera onca*), el Puma (*Puma concolor*), el Pavo Ocelado (*Agriocharis ocelata*), el Hoco faisán (*Crax rubra*), el Flamenco rosado (*Phoenicopterus ruber*), mangle blanco (*Avicennia germinans*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*), Tortuga Verde (*Chelonia mydas*), Tortuga Blanca (*Dermatemys mawii*), Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*), y el manatí (*Trichechus manatus*) entre muchas otras, dentro del área se encuentra la Laguna Yalahau, la cual es un sitio importante para la conservación de las praderas de pastos marinos y vegetación acuática sumergida, por la variedad de servicios ecosistémicos que éstos proporcionan. Cabe destacar, que a pesar de la gran relevancia ambiental que tiene este sitio, las políticas ambientales que se han implementado hasta el momento no han favorecido la conservación, lo cual se pone en evidencia ante la falta de un plan de manejo del Área Natural Protegida. Por lo anterior, es indispensable realizar una caracterización de las praderas de pastos marinos con el fin de identificar cómo estos ecosistemas pueden verse afectados por las actividades antropogénicas, además de desarrollar un estudio de línea base ambiental que guíe la toma de decisiones y favorezca un manejo sustentable de los recursos de la Laguna.

1.2 Servicios ecosistémicos que prestan los pastos marinos

Las praderas de pastos marinos representan uno de los hábitats costeros más productivos en el océano; al contar con una alta productividad primaria son una importante base para muchas redes alimentarias marinas. Lo anterior, dado que proporcionan nutrientes y carbono orgánico a otras partes de los océanos, incluyendo el mar profundo; asimismo, contribuyen significativamente al secuestro de carbono (Duarte et al., 2005).

Costanza et al. (1997) estimó que el valor de los servicios ecosistémicos prestados por los pastos marinos asciende a \$ 34,000 USD por hectárea por año, siendo los pastos marinos uno de los ecosistemas que mayor valor tiene por la gran variedad de servicios que prestan con respecto a diversos hábitats terrestres y marinos (Short et al., 2011). Una mejor cuantificación

¹ 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.*

de los beneficios derivados de los ecosistemas proporcionaría un mayor impulso a la protección de la biodiversidad mundial. Sin embargo, la valoración de todos los servicios ecosistémicos que prestan no es una tarea fácil, dado que algunos de éstos son difíciles de estimar por la falta de información. Por ejemplo, entre los servicios ecosistémicos más difíciles de cuantificar se encuentran la belleza de las praderas marinas. La falta de conciencia sobre todos los beneficios que estos ecosistemas prestan ha sido una de las principales causas que ha limitado su conservación (Wyllie et al., 2000). La importancia de la biodiversidad y los procesos naturales en la producción de servicios de los ecosistemas de los que la gente depende no se capta en los mercados financieros, a diferencia de los bienes comprados y vendidos en los mercados, muchos servicios de los ecosistemas no tienen mercados o precios fácilmente observables. Sin embargo, la falta de un precio no significa que no tienen valor (MEA, 2005).

Entre los servicios ecosistémicos más importantes que prestan los pastos marinos se encuentran (Costanza, 1997):

- **Zonas de criadero.** Los tejidos que se encuentran fuera del sedimento sirven como sustrato para organismos epifito, provee de refugio y funciona como criadero de numerosas especies de peces y moluscos con importancia ecológica y comercial.
- **Sedimentadores.** Las hojas están adaptadas para optimizar la absorbanza de luz, el intercambio gaseoso y la flotabilidad, así como la toma y adquisición y asimilación de nutrimentos; además funcionan como estabilizadores y retenes de arena y actúan como agentes atenuantes del movimiento de agua.
- **Productores primarios.** Bajo condiciones óptimas los pastos marinos son altamente productivos, con tasas de acumulación de biomasa comparables a la de muchas especies importantes para la agricultura. Esta productividad es transferida a los consumidores secundarios incluyendo herbívoros, detritívoros y microorganismos. Además, sirven de protección y alimento a un gran número de especies amenazadas como los sirenios (manatí), las tortugas marinas y los caballitos de mar.
- **Bioindicadores.** Para proveer de oxígeno a sus raíces y rizomas y para mantener grandes cantidades de tejido no fotosintético, los pastos marinos requieren de niveles muy altos de radiación solar. Estos altos requerimientos de luz tienen como consecuencia que los pastos que sean muy sensibles a los cambios ambientales que alteren la claridad y calidad del agua. Los pastos marinos han sido usados como indicadores ecológicos de estrés natural huracanes, descargas de agua dulce por lluvias, o antrópico, descargas de aguas

contaminadas, deforestación de zonas de manglar. Esto, debido a que son organismos que poseen una gran sensibilidad a los cambios en la calidad del agua (Arellano et al., 2011).

- **Captura de carbono.** Estas plantas realizan un retiro efectivo de dióxido de carbono de la interface océano-atmosfera, lo cual influye en la disminución de los impactos que tienen los gases de invernadero en el cambio climático. Mucho del carbono orgánico producido es almacenado en los sedimentos, actuando como hot spots de secuestro de carbono en la biosfera.

El siguiente esquema muestra la interdependencia entre los servicios ambientales y a los beneficios directos que los seres humanos obtienen de ello (Figura 1.2). La Figura 1.2 detalla los servicios ambientales prestados por los pastos marinos.

Figura 1.2 Servicios ecosistémicos y beneficios prestados por los pastos marinos

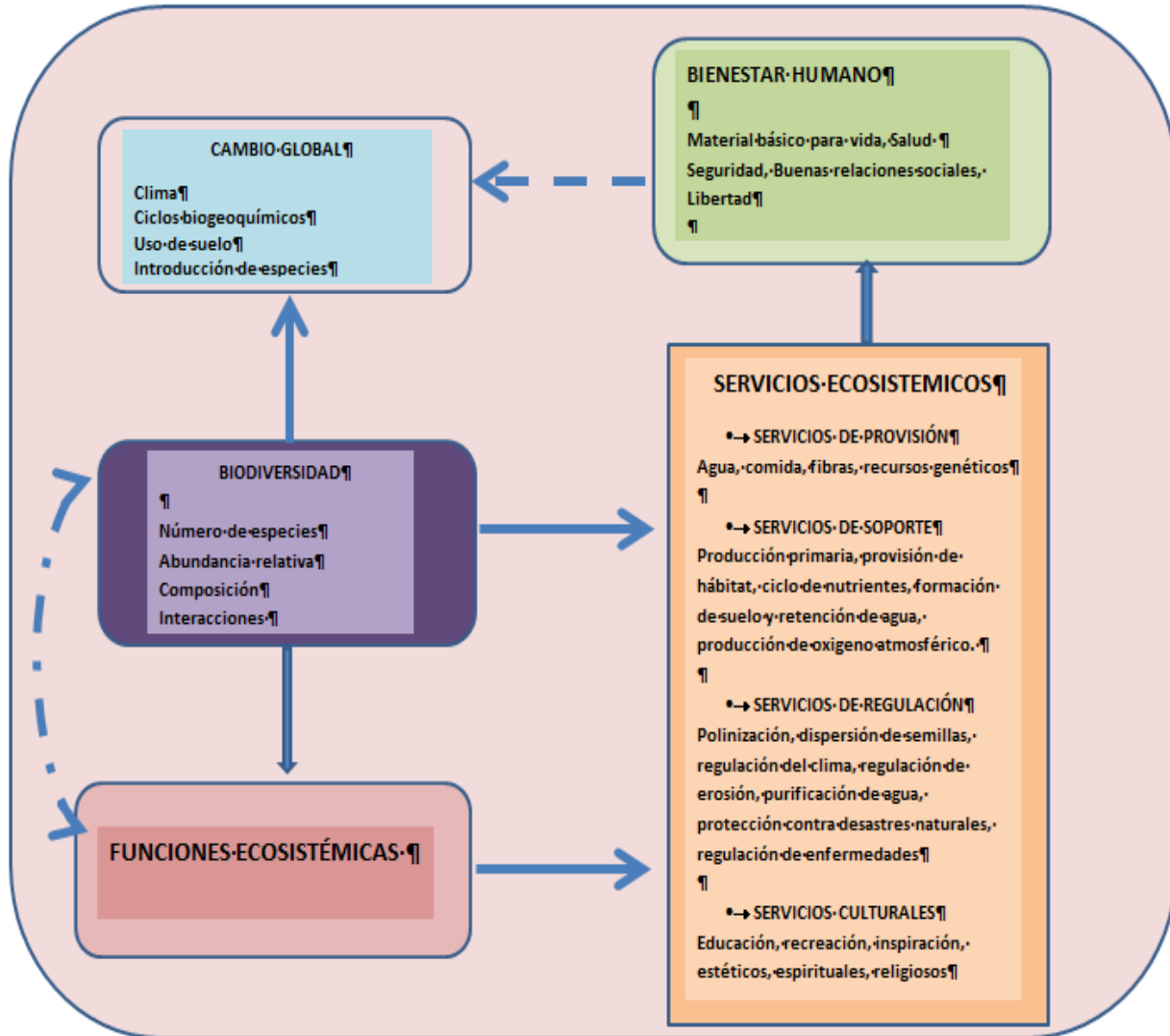


Fuente: Elaboración propia con base en Cervantes Maldonado y Quintero (2016).

Se ha denominado servicios ecosistémicos a todos los beneficios que se obtienen de la naturaleza. Los servicios ecosistémicos son el vínculo entre los ecosistemas y la sociedad, y se

pueden clasificar para entender las relaciones entre el bienestar de las poblaciones humanas y los ecosistemas. Los servicios ecosistémicos se clasifican en servicios de provisión, regulación, soporte y culturales. Los servicios de provisión, regulación y culturales benefician de forma más directa a las personas, mientras que los servicios de soporte son indispensables para el mantenimiento de los demás (Galán et al., 2012). Ejemplos de los servicios de provisión incluyen los alimentos, el agua, la madera y la fibra; en el caso de los servicios de regulación, la regulación del clima, de las inundaciones, de enfermedades y de la calidad del agua; los servicios culturales se relacionan con la recreación, el disfrute estético y el espiritual; finalmente, los servicios de soporte comprenden la formación de suelo, la fotosíntesis y el ciclo de los nutrientes, entre otros (MEA, 2005).

Figura 1.3 Vínculo entre los ecosistemas, la sociedad y el bienestar humano.



Fuente: Elaborado con base en MEA (2005).

F

1.3 Descripción del entorno

El Municipio de Lázaro Cárdenas se encuentra ubicado en el extremo noroeste del Estado de Quintana Roo, entre los 21 36' y 20 34' de latitud norte y 87 06' y 87 45' de longitud oeste. Limita al Norte con el Golfo de México, al oriente con los Municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez, al sur y sureste con Cozumel y al oeste con el Estado de Yucatán. La máxima elevación presente en el Municipio llega a los 30 metros de altitud. Presenta una superficie de 3,881 kilómetros cuadrados, correspondiente al 7.63% de la extensión total de Quintana Roo (CONANP, 2008).

Dentro del Área de Protección se encuentra la Laguna de Yalahau (a veces denominada Conil), que junto con el área marina del APFFYB, suma el 60% de su extensión territorial; los terrenos nacionales y ejidales constituyen el 40% restante. Hay una sola carretera pavimentada que comunica desde el poblado de Kantunilkin hasta Chiquilá, la cual se conecta con el transporte marítimo que comunica a Chiquilá con la Isla de Holbox. La zona de influencia del Área de Protección Yum Balam incluye al oeste, el límite colindante con el estado de Yucatán; al sur colinda con la carretera (autopista) hacia Cancún, en el este con el Municipio de Isla Mujeres hasta Isla Contoy e Isla Blanca, y al norte, con el Golfo de México (Figura 1.4).

Figura 1.4 Laguna Yalahau



Fuente: Elaboración propia.

El área de estudio fue designada como sitio Ramsar; este título consiste en identificar humedales adecuados e incluirlos en la lista de Humedales de Importancia Internacional, también conocida como la Lista de Ramsar y exige adoptar las medidas necesarias para manejarlos de manera eficaz, manteniendo sus características ecológicas. Según datos publicados en la ficha informativa de humedales Ramsar, al Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam se asignó el número del sitio 1360, con una superficie de 154 052 ha, la fecha de designación fue el 02-02-2004. Estos sitios se designan porque cumplen con los Criterios para la identificación de Humedales de Importancia Internacional. El primer criterio se refiere a los sitios que contienen tipos de humedales representativos, raros o únicos, y los otros ocho abarcan los sitios de importancia internacional para la conservación de la diversidad biológica. Estos criterios hacen énfasis en la importancia que la Convención concede al mantenimiento de la biodiversidad. En este caso, el área de protección de flora y fauna Yum Balam, cumple con 5 de los 8 criterios que se detallan en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Criterios que cumple el Área de Protección Yum Balam como sitio RAMSAR

Criterio 1	El área cuenta con selva baja caducifolia, la cual sólo se encuentra en el Estado de Quintana Roo, en el corredor Cancún-Tulum. Esta zona también cuenta con cenotes y humedales costeros de cuevas cársticas, lo que lo hace un ecosistema representativo.
Criterio 2	Tiene un número significativo de especies de fauna listadas con algún estatus de riesgo para la Península de Yucatán.
Criterio 3	En cuanto a su biodiversidad, está constituida por numerosos elementos de flora endémica, y algunos de ellos con estatus de riesgo.
Criterio 4	Esta región tiene gran importancia para más de 30 especies de aves migratorias terrestres (principalmente de la subfamilia Parulinae), además de ser una zona relevante para la alimentación y reproducción del flamenco del Caribe (<i>Phoenicopterus ruber ruber</i>).
Criterio 8	La laguna de Yalahau es un área de alimentación, protección y crianza de varias especies de peces de importancia comercial local e internacional.

Fuente: Elaboración propia con base en Ficha Informativa de Unidades RAMSAR.

1.3.1 La creación del Área Natural Protegida Yum Balam (APFFYB)

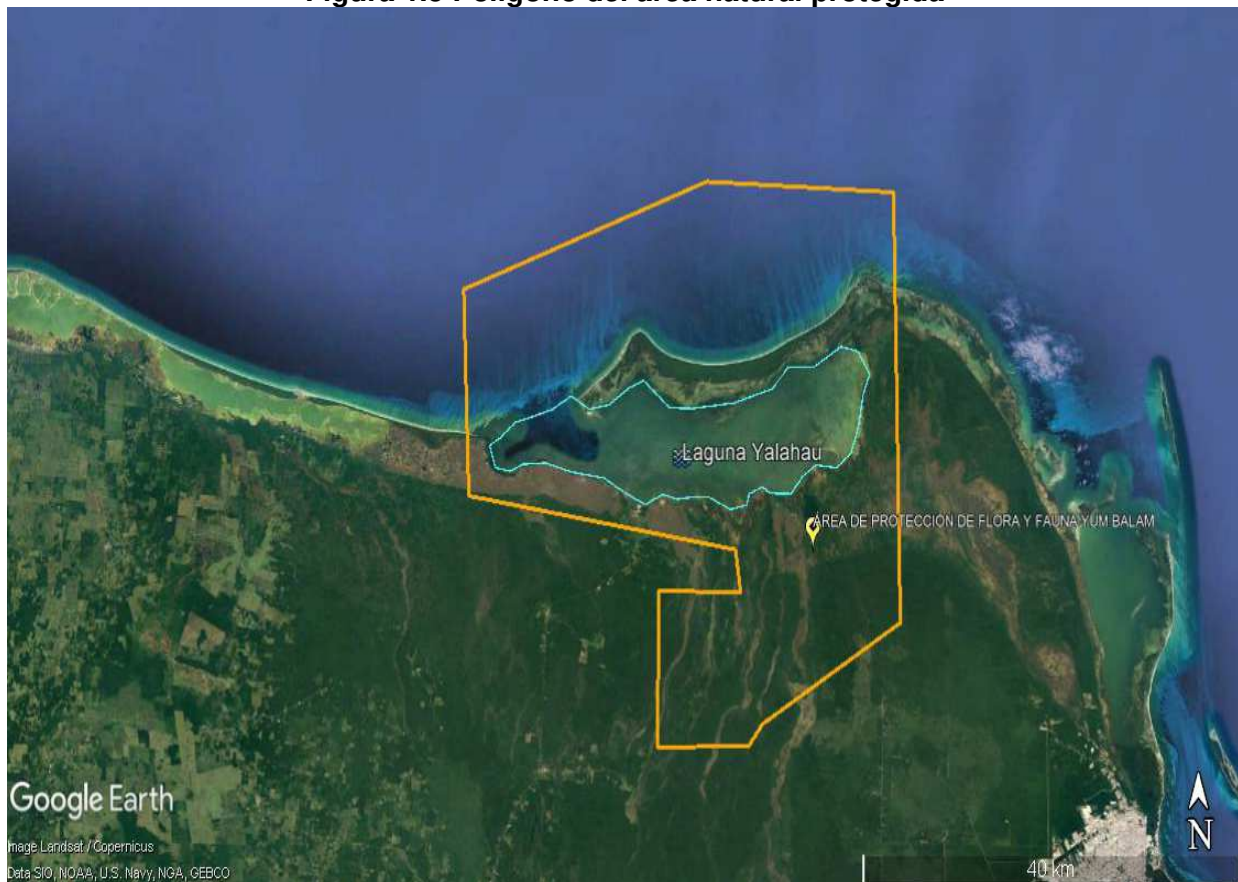
A finales de los años ochentas se suscitaron diversos desastres naturales en la península de Yucatán, en el año 1988 el huracán Gilberto causó gran destrucción de la cobertura forestal de la zona, al siguiente año durante la temporada de secas se sumó un incendio que afectó alrededor de 250,000 hectáreas, según reportes de la CONANP. Por los eventos anteriormente mencionados se promovió la creación de esta ANP como una estrategia para favorecer la conservación de esta zona, debido al deterioro ambiental provocado. Como parte de las estrategias la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) estableció líneas de investigación con instituciones de la región para conocer las consecuencias ambientales de los incendios, así como para entender los procesos de regeneración de los ecosistemas selváticos y se crearon proyectos que buscaban apoyar el desarrollo de las comunidades afectadas por los incendios.

A principios de los años noventa, se celebró una reunión para analizar el interés biológico y social de la conservación del norte de Quintana Roo. En esta reunión participaron el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida (CINVESTAV), Pronatura Península de Yucatán, y Profauna Quintana Roo, las cuales resolvieron continuar con el proyecto "*Conservación de la biodiversidad en los humedales del norte de Quintana Roo*". Las causas que motivaron la reunión fueron: el buen estado de conservación de la región, su inaccesibilidad, la escasa tendencia en la zona respecto a actividades agropecuarias y la existencia de un importante número de ecosistemas únicos y poco estudiados. También llamó la atención que la zona aparentemente no presentaba evidencias arqueológicas de ocupación humana de importancia. Por tales motivos, se convocó a una reunión específica sobre la región en 1992 que se celebró en Cancún, en donde un grupo de organizaciones académicas y conservacionistas analizaron la carencia de información sobre biodiversidad y ecología de la región, y las posibles acciones que podrían ayudar a su protección en el futuro. En esa reunión se sugirió el establecimiento de un corredor de conservación entre Río Lagartos y la Isla de Holbox, el apoyo a las iniciativas para crear áreas protegidas en el norte de Quintana Roo. Se reconoció la importancia de llevar a cabo investigaciones para documentar la diversidad biológica y ecológica de la región (Lazcano-Barrero et al., 2008).

Previo al decreto de creación del área natural protegida se realizaron talleres y entrevistas en las poblaciones de Holbox, Chiquilá, San Ángel, Solferino y Kantunilkin, con la intención de

conocer las prácticas de uso, transformación y conservación de los recursos naturales. El 6 de junio de 1994, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto de establecimiento como Área Natural Protegida, con carácter de Área de Protección de Flora y Fauna, en la región conocida como Yum Balam. Con el objetivo de constituir el instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del área natural protegida, de acuerdo con las características, usos y necesidades y con la finalidad de asegurar la conservación de los ecosistemas, así como de llevar a cabo acciones de manejo con la normatividad vigente y aplicable. Para la definición de la Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam se utilizaron los siguientes criterios: el valor ambiental de los espacios; el uso y aprovechamiento de los recursos naturales de las comunidades locales; las actividades realizadas por los pobladores locales; la información recabada sobre aspectos físicos y biológicos del área, y los sitios críticos para la conservación de ecosistemas y/o especies prioritarias (Figura 1.5). La Figura 1.5 detalla el polígono del Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam.

Figura 1.5 Polígono del área natural protegida



Fuente: Elaboración propia.

Otra de las iniciativas para promover la conservación de la biodiversidad de la zona se remite a los esfuerzos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO); institución que definió que el Área de protección de flora y fauna Yum Balam está conformada por la Región Marina Prioritaria número 62 Dzilam-Contoy, la Región Terrestre Prioritaria (RTP) número 146 Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam, la Región Hidrológica Prioritaria 103 Contoy, además de formar parte del Programa de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.

En el 2003, esta área fue incluida en la lista de humedales de importancia internacional de la Convención sobre los Humedales. Esto, por considerar que el área provee de innumerables servicios ecosistémicos como: suministro de agua dulce, alimentos, materiales de construcción, biodiversidad, recarga de aguas subterráneas y mitigación del cambio climático.

Dentro del APFFYB se han suscitado diversos acontecimientos relacionados con la falta de una regulación y protección eficiente de los recursos naturales, que se abordan a continuación a partir de una breve semblanza histórica basada en notas periodísticas de 2007 al 2014, que dan cuenta de las diversas presiones que ha tenido esta zona para promover el desarrollo inmobiliario y turístico, en detrimento de la conservación de la biodiversidad de la Laguna Yalahau.

Dentro de la zona de estudio se comenzó el desarrollo inmobiliario a partir de la conformación del Fideicomiso para la Promoción y el Desarrollo Sustentable de la Isla de Holbox. Empresarios del estado de Yucatán fueron los primeros en adquirir lotes en la zona de la Ensenada dentro de Holbox, resultado de ello, hubo impactos ambientales considerables en la isla, resultado de los cambios de uso de suelo e intervenciones para modificar la zona costera removiendo una extensión importante de manglares y pastos marinos, además de realizarse dragados dentro de la laguna. En 2008, se comenzó un proyecto turístico llamado La Ensenada, para el cual se adquirieron diversos lotes, así como los derechos sobre las tierras de uso común por parte de 65 de los 116 ejidatarios de Holbox por cinco millones de pesos. El valor catastral de los 116 lotes, fueron estimados por el Instituto de Administración y Avalúo de Bienes Nacionales en 99 millones de pesos, lo cual pone en evidencia el despojo y detrimento de los intereses de los habitantes de Holbox y de la pobre protección ambiental de la isla. En ese mismo año, se autorizó el megaproyecto Península Maya ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); también contó con el respaldo del entonces gobernador del estado de Quintana Roo y otros personajes de la política local. Desde sus inicios, el desarrollo turístico inmobiliario fue impugnado, ya que contemplaba la construcción

de 875 villas y condominios, tres hoteles y un centro comercial, que afectarían de manera considerable a los ecosistemas de la isla. En 2012, la Suprema Corte de Justicia de la Nación otorgó el amparo a Península Maya para que continuara con el proyecto de La Ensenada y el 1 de junio del 2014 se aprobó la división de Holbox en cuatro porciones ejidales con la intención de dividir a los comuneros y de esta forma abrir campo político a la construcción de los proyectos inmobiliarios. El 24 de julio, se publicó en diversos medios de comunicación que la Marina había detenido a 16 comuneros acusados de remover vegetación en Holbox, en un operativo ordenado por la entonces delegada de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, quien fue cesada de su cargo en febrero del 2015, por su involucramiento en el proyecto de Dragon Mart y La Ensenada. En ese mismo año, el Tribunal Colegiado de Quintana Roo ordenó la liberación de los 12 comuneros que aún estaban presos. Lo que ha sucedido en Holbox en todo este tiempo se empapa en litigios en tribunales agrarios y la Suprema Corte de Justicia, donde los comuneros de Holbox han enfrentado fuerzas políticas y empresariales poderosas, sucesos que han pasado desapercibidos para la mayoría de la población nacional. Evidentemente, los intereses para el desarrollo turístico e inmobiliario de la zona amenazan la conservación de las praderas pastos marinos y de los diversos ecosistemas relevantes de la zona, así como de los múltiples servicios ecosistémicos que prestan.

A inicios de octubre del 2018, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas anunció la publicación del Programa de Manejo, esto con el objetivo de evitar un desarrollo urbano desordenado, mayor deforestación, cambios de uso del suelo, gestión de basura y contención de contaminación que pone en riesgo esta Área Natural Protegida (ANP). Dentro de las medidas se prohibía introducir envases desechables, PET, unicele y bolsas de plástico; construcción de pistas aéreas, campos de golf y grandes desarrollos, descargar aguas residuales en el mar, así como dañar los arrecifes coralinos, los pastos marinos, las playas, dunas y manglares, entre otros. El Comisionado Nacional de Áreas Naturales Protegidas explicó que el Programa de Manejo de Yum Balam representaba una garantía de la protección de la biodiversidad y el desarrollo social y económico. Se planteaban actividades turísticas sustentables, en el caso de Isla Grande se planteaba conservar un 99.6% y sólo en el 0.4% se permitirán hasta 800 cuartos para hospedaje de turismo en infraestructura de bajo impacto ambiental. El Plan de Manejo se llevó a cabo mediante el trabajo conjunto de la SEMARNAT-CONANP en coordinación con el gobierno del estado de Quintana Roo, científicos, investigadores y expertos del Consejo Asesor. Sin embargo, unas semanas después del anuncio de publicación, el Consejo Asesor del APFFYB manifestó su desacuerdo con el Plan

de Manejo mencionando, dado que consideraban que el documento ignoraba lo convenido en las mesas de trabajo y planteaba las mismas regulaciones establecidas en la propuesta presentada en 2016. El consejo señaló que desde febrero de 2017, representantes de los sectores pesquero, ejidal, hotelero, restaurantero, empresarial y organizaciones ambientalistas, entre otros, debatieron y presentaron diversas propuestas para llegar a un consenso sobre las posibilidades de desarrollo en la zona y se decidió contratar a un tercer actor involucrado que pudiera encontrar los puntos de coincidencia entre las propuestas de cada sector, para elaborar un proyecto equilibrado que fue entregado a las autoridades ambientales. Por ello, el Consejo Asesor de Yum Balam espera reunirse pronto con la Conanp para analizar los lineamientos nuevamente, y determinar los parámetros de desarrollo que serán permitidos en la reserva natural a partir de la publicación del Plan de Manejo que lleva un retraso de 25 años.

1.3.2 Características físicas del sitio

La Península de Yucatán es una plataforma de materiales calcáreos arcillosos, producto del depósito de sedimentos marinos. La zona litoral de la península se caracteriza por la ocurrencia de numerosas lagunas costeras que se encuentran separadas del mar por un cordón litoral arenoso (Vázquez-Lule, 2009). Se tienen identificadas 421 plantas vasculares y se estima en total unas 93 especies de mamíferos en el área norte de Quintana Roo (Navarro *et al.*, 1990); con relación a la herpetofauna, se han reportado cerca de 70 especies de reptiles y anfibios en la zona norte de Quintana Roo y sus alrededores (Lee, 1980). Asimismo cuenta con una importante avifauna sumamente diversa, que asciende a más de 420 especies (Berlanga *et al.*, 2006). Con respecto a la variedad de peces, ésta se estima en más de 89 especies (Jiménez-sabatini *et al.*, 1998).

1.3.3 Clima y precipitación pluvial

Según los datos reportados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2009), el clima dentro del Área de protección de flora y fauna Yum Balam es cálido subhúmedo.

- $Awo(x')$ (83.89 %)

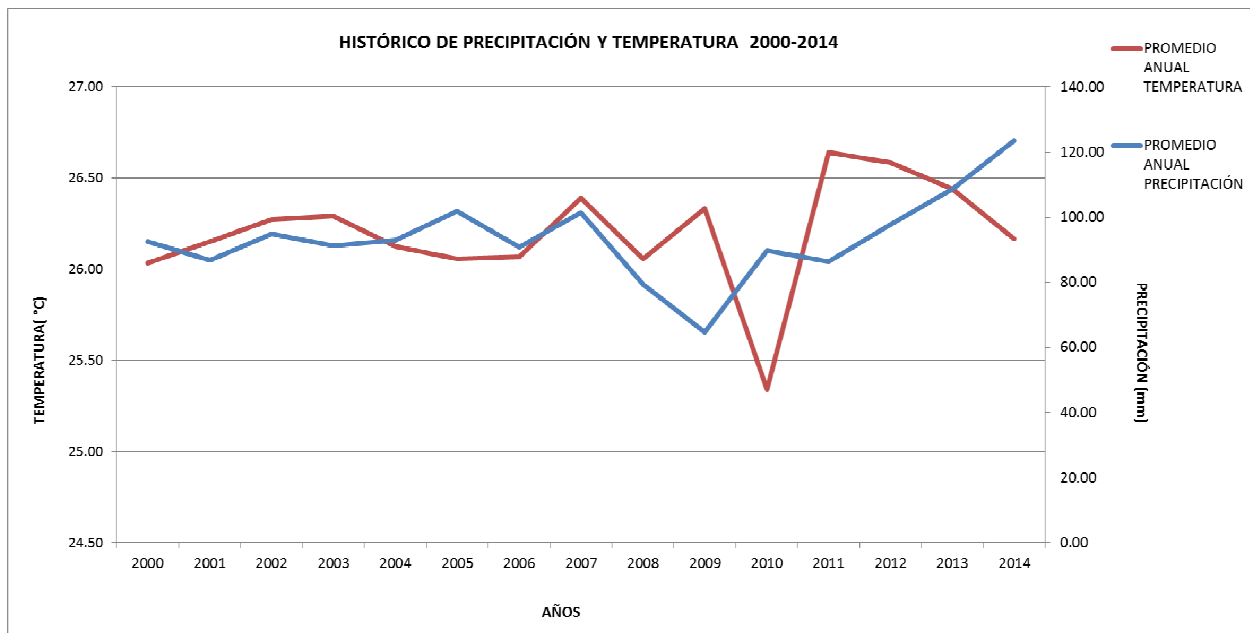
Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, con precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

- $Aw1(x')$ (16.11%)

Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, con precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual (García y CONABIO, 1998). De febrero a septiembre los vientos generalmente provienen del Este, mientras que de abril a junio del Sureste (Valdez, 1988). El área de estudio experimenta con frecuencia el impacto de los huracanes del Caribe, que en ocasiones producen fuertes daños a los ecosistemas naturales, a los asentamientos humanos y a las actividades productivas, en particular la pesca.

En el siguiente climograma, elaborado a partir de la base de datos del Climatic Research Unit (CRU), en éste se muestra la precipitación y temperatura promedio a lo largo de 14 años contados a partir del año 2000 al 2014, donde se puede observar la estacionalidad de la zona de estudio. En la Figura 1.6 se observan los promedios anuales elaborados para 14 años, basados en registros de precipitación y temperatura en la isla Holbox; éstos ponen en evidencia una disminución abrupta de la temperatura y la precipitación en los años 2008-2010, seguido de un evidente aumento de ambos parámetros climáticos a partir del año 2011, lo cual es un reflejo de los efectos del cambio climático que se han manifestado en el planeta.

Figura 1.6 Precipitación (mm) y temperatura (°C) promedio para años 2000-2014 en el APFFYB



Fuente: Elaboración propia con base en información de la Climatic Research Unit (CRU).

1.3.4 Geología

La Península de Yucatán es una plataforma calcárea que se extiende hacia el norte y oeste del Golfo de México. Debido a la estructura calcárea de la plataforma no existen corrientes acuáticas superficiales, el agua se filtra rápidamente formando un manto freático de poca profundidad, lo que provoca un paisaje subterráneo característico del ambiente kárstico, compuesto por grutas, corrientes subterráneas y cenotes (Back, 1985). Las fallas geológicas que existen en el APFFYB se orientan paralelamente al litoral del Mar Caribe, con hundimientos formando lagos alargados. La isla de Holbox está formada por una serie de antiguas líneas de playa, acrecentándose a partir de la estabilización del mar en su actual nivel, condicionado al aporte de sedimentos de arena, las fluctuaciones del nivel del mar. En la Isla de Holbox han venido ocurriendo cambios importantes y pérdida de algunas porciones de playa por las fuerzas del mar, perdiéndose el antiguo poblado de Holbox y actualmente está en proceso de erosión la playa situada en la parte oeste del poblado (Lazcano et al.,1995). La topografía general del área es llana y a lo largo de la zona litoral se presenta un sistema de dunas costeras (Cervantes-Zamora et al., 1990). Asimismo, en torno a la Laguna existen comunidades de manglares y marismas. Como se muestra en la siguiente tabla la geología de la región se distingue por la superficie del tipo caliza, lacustre y litoral (INEGI, 2001).

Tabla 1.2 Características geológicas

Geología	% de la Superficie
Caliza	(49.31 %)
Lacustre	(32.87%)
Litoral	(17.82 %)

Fuente: Elaboración propia.

1.3.5 Edafología

Los suelos de la región son jóvenes, delgados y poco desarrollados, están sujetos a movimiento continuo de material por acción eólica, pluvial y mareal; se encuentran en estado transitorio y en proceso de evolución, ya que se derivan de sedimentación marina reciente, del intemperismo de la roca caliza y de los procesos de descomposición de la materia orgánica. Debido a la porosidad de la roca caliza y a la alta permeabilidad del kárst, no se producen corrientes de agua superficial ni se da la acumulación de agua en superficie, promoviendo un drenaje subterráneo hacia el Golfo de México. En la siguiente tabla se muestran los tipos de suelo según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, predominando el suelo de tipo Litosol y Solonchak (INEGI, 2000).

Tabla 1.3 Tipos de suelo

Suelo	% de la Superficie
Litosol	33.89 %
Solonchak	30.62 %
Luvisol	16.87 %
Gleysol	9.64 %
Regosol	8.11 %

Fuente: Elaboración propia.

1.3.6 Hidrología

El área de protección de flora y fauna Yum Balam pertenece a la cuenca y subcuenca de la península de Yucatán (INEGI, 2007). El principal cuerpo lagunar es la Laguna Yalahau (28,146 ha), aunque los principales aportes de agua al sistema es la marea del Golfo de México (CONABIO, 2007). El Área de Protección Yum Balam no tiene escurrimientos superficiales, ya que el agua de lluvia y de condensación a través de la roca caliza permeable, forma un manto freático muy cerca de la superficie que fluye subterráneamente hacia el mar. Estas condiciones han generado la existencia de una red hidrológica subterránea en el manto freático de poca profundidad, que en ocasiones surge como fuentes de agua dulce tanto en la plataforma

costera como en el fondo marino. El tipo de marea es semidiurnal (CONABIO-CONANP-TNC-Pronatura, 2007).

El APFFYB se ubica en la Región Hidrológica Prioritaria 103 Contoy, siendo la reserva de acuíferos más importante del noreste de la península de Yucatán. El agua subterránea forma todo un sistema de estructuras tipificadas por los cenotes y las cavernas (Remolina Suárez y Poot Balam, 2008). Cuenta con un tipo de humedal marino–costero de sistema estuarino con subsistema intermareal de clase humedal arbustivo y arbóreo (Aguilar et al., 2007).

1.3.7 Flora

Según reportes de la ficha Ramsar (2003), en el APFFYB existen doce tipos de vegetación: selva baja subcaducifolia, selva mediana subcaducifolia, selva mediana subperennifolia, selva baja inundable, pastizal inundable, tasistal, vegetación de duna costera, manglar de cuenca baja, manglar de franja, manglar de salitral, petenes, vegetación secundaria y agricultura.

- **Selva baja subcaducifolia:** Este tipo de vegetación se desarrolla sobre los afloramientos de roca caliza, con suelos drenados que no retienen agua. Presenta una altura que va de 8 a 10 m, teniendo como especies de mayor importancia a *Bursera simaruba*, *Vitex gaumeri*, *Beaucarnea pliabilis*, *Metopium brownei*, *Lysiloma latisiliquum*, *Mimosa bahamensis*, *Thevetia gaumeri*, *Gymnanthes lucida*, *Coccoloba sp.*, *Agave angustifolia*, *Jatropha gaumeri* (endémica), *Acacia pennatula*, *Pedilanthus itzaeus*, *Pseudophoenix sargentii*, entre otras.
- **Selva mediana subcaducifolia:** Este tipo de vegetación está constituido por árboles que miden entre 13 y 18 m de altura, de los cuales, entre el 50 y el 75% tiran sus hojas durante la época seca. Entre las especies más importantes de este tipo de vegetación podemos mencionar a *Vitex gaumeri*, el cual forma asociaciones con *Brosimum alicastrum*, *Piscidia piscipula*, *Lysiloma latisiliquum*, *Caesalpinia gaumeri* y *Cedrela odorata*. Además, otras especies importantes en este tipo de vegetación son: *Spondias mombin*, *Cochlospermum vitifolium*, *Guazuma ulmifolia*, *Trema micrantha*, *Annona reticulata*, *Gyrocarpus americanus*, *Sapindus saponaria*, *Gliricidia sepium*, *Acacia cornigera*, *Bursera simaruba*, *Simarouba glauca*, *Neomillspaughia emarginata* (endémica), *Gymnopodium floribundum* y *Thouinia paucidentata* (endémica).

- **Selva mediana subperennifolia:** Es una selva estructuralmente similar a la selva alta subperennifolia, aunque con una menor altura promedio. Los árboles alcanzan alturas de entre 15 y 20 m. Aproximadamente, un 25 % de las plantas de este tipo de comunidad tiran sus hojas durante el período de secas. Es una selva con un número moderado de trepadoras y epífitas. Presenta alguna similitud con la selva mediana subcaducifolia, ya que comparte muchas especies de árboles aunque en diferente densidad.
- **En el sotobosque:** es posible observar plantas de *Ceiba aesculifolia* y algunas especies de palmas que no se encuentran en la selva mediana subcaducifolia. Las especies más importantes son: *Manilkara zapota*, *Brosimum alicastrum*, *Pouteria campechiana*, *Talisia olivaeformis*, *Simarouba glauca*, *Swartzia cubensis*, *Bursera simaruba*, *Alseis yucatanensis*, *Metopium brownei*, *Sabal yapa*, *Chamaedorea seifrizi*, *Thrinax radiata*, *Chrysochrysalis caimito*, y *Platymiscium yucatanum* (endémica). Se pueden encontrar algunos elementos epífitos como *Aechmea bracteata*, *Selenicereus donkelarii* (endémica) y *Selenicereus testudo*.
- **Pastizal inundable:** En algunas áreas con vegetación inundable se presentan pequeños islotes de vegetación denominados corchales, ya que *Annona glabra* (corcho) es la especie dominante. Este tipo de asociación se desarrolla en zonas en donde la inundación es profunda, y se caracteriza por la presencia de una gran cantidad de plantas epífitas. La mayor parte de estas se encuentran cubiertas por especies de las familias Cyperaceae y Gramineae, entre las que destacan por su importancia *Cladium jamaicense* y *Eleocharis cellulosa*. Con menos frecuencia se encuentran especies como *Rynchospora sp.*, *Panicum maximum* y *Phragmites australis*, esta última en zonas muy profundas.
- **Selva baja inundable:** en esta selva domina el tinte *Haematoxylum campechianum*, junto con otras especies como *Jacquinia aurantiaca*, *Dalbergia glabra*, *Erythroxylum confusum*, *Crescentia cujete*, *Cameraria latifolia*, *Randisa aculeata* y *Byrsonima bucidaefolia* (endémica). Estas franjas selváticas se distinguen por su abundancia de epífitas, especialmente del género *Tillandsia*.
- **Tasistal:** En algunas porciones de las zanjas o en áreas planas en la costa hay zonas de inundación más profundas donde domina la palma tasiste (*Acoelorrhapha wrightii*). En algunos lugares, hay extensiones de varios kilómetros de esta planta, en grandes

densidades y formando coberturas casi homogéneas con algunas especies de ciperáceas o gramíneas, de tal manera que su aspecto es muy particular.

- **Manglar de cuenca baja:** Este tipo de mangle ocupa las partes más bajas de una cuenca, formando extensas masas arbóreas. En Yum Balam, este tipo de manglar está muy extendido en la costa sur de la Laguna Yalahau. La especie dominante en el área es *Avicennia germinans*, la cual en ocasiones se encuentra asociada con *Rhizophora mangle*. Estas dos especies de mangle están bajo protección especial según la NOM-059-SEMARNAT-2001.
- **El manglar de salitral:** se desarrolla colindante con la duna, presenta especies como *Conocarpus erecta* y *Rhizophora mangle*, en las partes más bajas y más salinas prospera exclusivamente *Avicennia germinans*. Otro manglar, importante pero presente en superficies muy pequeñas, es el manglar chaparro, la especie dominante es *Rhizophora mangle*.
- **Petenes:** se desarrolla en el área noroeste del APFFYB, se distinguen por ser islas arbóreas inmersas en una matriz de vegetación inundable; cuando estas asociaciones vegetales se desarrollan cerca de la costa muchas veces se conforman con especies de mangle, o mezclas de mangles y otros árboles.
- **Vegetación de duna costera:** Este tipo de vegetación presenta comúnmente dos zonas, una dominada por especies pioneras, y otra por especies que se desarrollan a manera de matorral. Las plantas pioneras se encuentran creciendo sobre la arena móvil y típicamente están conformadas por las siguientes especies: *Sesuvium portulacastrum*, *Ageratum littoralis*, *Portulaca oleracea*, *Canavalia rosea*, *Euphorbia buxifolia*, *Cakile lanceolata* (endémica), *Ipomoea pes-caprae*, *Sporobolus virginianus*, *Ambrosia hispida* y *Lippia reptans*. En la parte de *matorral*, las especies más comunes son *Suriana maritima*, *Tournefortia gnaphalodes* y *Scaevola plumieri*, en una zona denominada de arbustos, en tanto que en la parte con mejor desarrollo estructural, se encuentran especies como *Bravaisia tubiflora*, *Thevetia gaumeri*, *Thrinax radiata*, *Coccothrinax readii* (endémica), *Coccoloba uvifera*, *Ernodea littoralis*, *Bumelia americana*, *Jaquinia aurantiaca*, *Krugiodendron ferreum*, *Metopium brownei*, *Cordia sebestena*, *Opuntia dilenii*, *Selenicereus donkelarii* (endémica) y *Agave angustifolia*. En el APFFYB este tipo de vegetación se encuentra únicamente en la porción arenosa de la isla Holbox ocupando el 1.25 % de la superficie total. Comúnmente se intercala con manglares en las partes bajas de la duna.

1.3.8 Fauna

1.3.8.1 Aves

La riqueza de ambientes del área, tanto acuáticos como terrestres se refleja en el elevado número de especies de aves, con alrededor de 387 especies, que constituyen el 85% de las especies registradas en la Península de Yucatán. La diversidad encontrada se debe en parte a la localización geográfica de la Península y del Área de Protección, ya que es un punto de confluencia entre las costas del Golfo y del Mar Caribe (Berlanga et al., 2006).

La zona norte de Quintana Roo y la costa norte de Yucatán tienen una posición estratégicamente importante en las rutas migratorias del Golfo de algunas especies canoras. Esta región tiene gran importancia para más de 30 especies de aves migratorias terrestres (principalmente Parulinae), las cuales migran por la ruta Transgolfo, cruzando el Golfo de México desde Louisiana y el Oeste de la Florida hacia el norte de la Península de Yucatán. Para la Península de Yucatán, Paynter (1955) reporta 70 especies y/o subespecies endémicas de la región, de las cuales casi 65 se pueden localizar en la zona. Por ello, el área de Yum Balam protege parcialmente alrededor del 90% de las aves endémicas de la Península, quedando incluidas algunas como el pavo ocelado (*Agriocharis ocelata*), la codorniz yucateca (*Colinus nigrogularis*), el loro yucateco (*Amazona xantolora*), el carpintero de vientre rojo (*Melanerpes pygmaeus*) y la calandria naranja (*Icterus auratus*) entre otras. Especies acuáticas como el flamenco *Phoenicopterus ruber* tiene un rango de distribución muy restringido, debido a sus requerimientos especiales de hábitat; alrededor de 60 a 80,000 individuos aproximadamente quedan en toda la región del Caribe, encontrándose sólo en tres sitios o poblaciones (Paynter, 1955). Entre las aves que se encuentran amenazadas o en peligro de extinción, se encuentra *Phoenicopterus ruber*, así como el jabirú (*Jabirú mycteria*), la espátula rosada (*Plathalea ajaja*), el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), el halcón aplomado (*Falco femoralis*), el milano de cabeza gris (*Leptodon cayanensis*), el milano de pico de gancho (*Chondrohieras uncinatus*), el milano de doble diente (*Harpagus bidentatus*), así como dos águilas neotropicales, la negra (*Spizaetus tyrannus*) y la ornada (*Spizaetus ornatus*), el pavo ocelado (*Agriocharis ocellata*), el hocofaisán (*Crax rubra*), el cojolite (*Penelope purpurascens*), la perdiz de Yucatán (*Colinus nigrogularis*) y el garzón cenizo en su variedad blanca (*Ardea herodias*). Hay una alta diversidad de rapaces reportadas

en el área, alrededor de 37 especies (67% de las especies encontradas en México), 9 de ellas migrantes y la mayoría potencialmente reproductivas (Berlanga, 1995; Snedeker et al., 1991).

1.3.8.2 Mamíferos

La fauna de mamíferos de Quintana Roo comprende 11 órdenes, 31 familias y 88 géneros con 126 especies (Navarro, D. 1994). En el caso de algunas especies consideradas como raras, amenazadas, vulnerables o en peligro de extinción, se han encontrado evidencias físicas o avistamientos de grupos numerosos de jabalí de labios blancos (*Tayassu pecarí*), monos araña (*Atelles geofroyii*) y aulladores (*Allouata pigra*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), numerosas cuevas y senderos de tepezcuintle (*Agouti paca*) y sereque (*Dasiprocta punctata*), avistamientos ocasionales de viejos de monte (*Eira barbara*), grisón (*Galictis vittata*), martuchas (*Potos flavus*) y venado temazate (*Mazama americana*). El tlacuachillo dorado (*Coloromys derbianus*), el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), el cocomixtle tropical (*Bassariscus sumichrasti*), el tapir (*Tapirella bairdii*), el jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Felis concolor*), el ocelote (*Felis pardalis*), el yaguarundi (*Felis jaguaroundi*) y el tigrillo o margay (*Felis wiedii*) están considerados como amenazados o en peligro de extinción (Remolina, 1995).

En el caso de los mamíferos marinos, en la península de Yucatán, incluyendo en el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, se encuentran representados 3 órdenes de mamíferos marinos: cetácea, con tres clases de delfines; Sirenia, por el manatí del Caribe, y Carnívora, con la nutria. El manatí se encuentra amenazado por la explotación humana de la que fue víctima, pudiéndose encontrar actualmente sólo en algunas áreas, incluyendo Yum Balam (Colmenero y Hoz, 1986). El APFFYB es un sitio muy importante para el monitoreo y conservación del manatí, donde también se ha reportado la presencia de grandes grupos de delfines dentro de esta laguna de Yalahau durante las épocas de parición (mayo-julio).

1.3.8.3 Anfibios y Reptiles

Basado en el estudio de Hernández Gómez (1995) donde reporta 93 especies para la parte noreste de la Península, que representan el 70% del total de la herpetofauna mexicana y el 82% para el estado de Quintana Roo. De las 114 especies reportadas para Quintana Roo, 21 son anfibios y 93 reptiles. De acuerdo a Lee (1996), la porción norte de la península de Yucatán tiene el mayor número de especies endémicas. De las 12 especies endémicas, tres han sido

reportadas para el área de estudio: *Sceloporus cozumelae*, *Cnemidophorus rodecki* y *Symphimus mayae* (Lee, 1996).

Entre las especies amenazadas o en peligro de extinción que se encuentran en el norte de Quintana Roo se encuentran, entre los reptiles a *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey), *Caretta caretta* (tortuga caguama), *Chelonia mydas* (tortuga verde), *Lepidochelys kempii* (tortuga lora), *Dermochelys coriacea* (tortuga laúd) y los cocodrilos *Crocodylus moreletii* y *Crocodylus acutus*. En las playas de la Isla de Holbox así como en las de Punta Caracol, anidan las tortugas marinas de carey (*Eretmochelys imbricata*) y caguama (*Caretta caretta*). Además, existen evidencias de uso del hábitat marino por algunas otras especies como la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), laúd (*Dermochelys coriacea*) y la verde (*Chelonia mydas*) (Ramsar, 2003).

Por lo anterior, se pone en evidencia la gran riqueza en términos de biodiversidad con la que cuenta la zona de estudio así como la fragilidad a la que las actividades antropogénicas han expuestos a estos ecosistemas. Por consiguiente, es necesario desarrollar mecanismos que contribuyan a garantizar la continuidad de los ecosistemas a través de políticas públicas dirigidas a la conservación y con el uso informado de los recursos naturales, donde los ejes principales sean la participación ciudadana y el mayor involucramiento de las comunidades en la aplicación de estos mecanismos. A continuación se introduce al socioeconómico, se desarrollan las características tales como el acceso a la educación y salud, características de vivienda y servicios. También, se describen las principales actividades económicas que se desarrollan en la zona de estudio, donde destaca el ecoturismo, actividad que se ha expandido y ha generado cambios en los estilos de vida de sus habitantes, así como conflicto por las superficies.

1.4 Marco Socioeconómico

En el periodo colonial muchas poblaciones costeras sufrían de saqueos y ataques piratas de manera constante, lo que ocasionó que estas pequeñas poblaciones se reubicaran tierra adentro. Las pocas comunidades que permanecieron en sus asentamientos originales, estaban habitadas en su mayoría por pescadores; entre ellas se encontraban Dzilam, Isla Mujeres y Yalahau; todas ellas jurisdicción del estado de Yucatán. Yalahau fue guarida de piratas, ya que desde ella se podían ver los buques que navegaban entre Cuba y tierra firme, siendo los fundadores de Holbox los antiguos pobladores de Yalahau.

En el siglo XIX, los arqueólogos que recorrieron e investigaron la región del Caribe fueron Jonh L. Stephens, Samuel Cabot y el dibujante Frederick Catherwood (Ojeda, 2014); ellos llegaron al pequeño puerto de Yalahau y encontraron a unos cuantos pescadores subsistía fundamentalmente de la pesca y la venta de carey. Al continuar su expedición las condiciones climáticas los obligaron a refugiarse en la ensenada de la isla que hoy conocemos como Holbox, en sus notas describieron el lugar como un banco de arena cubierta con plantas marinas. Años después de la visita de esos viajeros, Yalahau fue abandonada por completo, debido a la Guerra de Castas; sus habitantes se refugiaron en aquel banco de arena y fundaron el pueblo de Holbox, este no contaba con agua dulce y los habitantes se acostumbraron a beber el agua salobre que se extraía de los pozos, siendo su principal fuente de subsistencia la pesca (Ayuntamiento Lázaro Cárdenas, 2016). La pesca ha representado la actividad económica más desarrollada para las comunidades de Holbox y Chiquila. La explotación pesquera en la zona tiene su origen con el poblamiento de la costa de Holbox a finales del Siglo XIX. Dachary (1984) calcula para esa época una población cercana a 300 habitantes, los cuales se dedicaban a la captura de tortuga carey, que era vendida para la producción de aceite. En la década de los sesenta los habitantes de las comunidades costeras pescaban para fines de autoconsumo; después las pesquerías marinas se incrementaron cuando se propagó el uso de motores y de embarcaciones de fibra de vidrio, el hielo y las cámaras de refrigeración. En 1965, se funda la primera cooperativa pesquera en Holbox, iniciando el flujo comercial de los recursos naturales al mercado de exportación, así como de una especialización en la captura de especies como la langosta (*P. argus*), el caracol blanco (*Strombus costatus*), el caracol trompillo (*Busyon carica*), el caracol rosado (*S. gigas*), el camarón rojo o rosado (*P.*

brasiliensis) y la captura de mero. En esta época la pesca se realizaba por medio de redes, palangre, cimbra y buceo libre.

La tenencia de la tierra dentro del polígono del APFFYB es de dos tipos: una parte son terrenos nacionales, y la otra, es de propiedad ejidal. En la zona circundante el régimen de propiedad de la tierra es ejidal de uso común. Sin embargo, en los últimos años se ha expandido la compra venta de terrenos, actualmente existen muchas áreas de propiedades privadas que se dedican a actividades turísticas. Dentro del sitio, el uso actual del suelo es habitacional y de aprovechamiento turístico, pesquero y de conservación, en la zona circundante el uso es habitacional, turístico, agrícola, ganadero y de conservación (Lazcano et al.,1995). En 1990, se inició la actividad turística en la Isla de Holbox, construyéndose los primeros hoteles de la isla en el año 2003. Las actividades turísticas se realizan todo el año, ya que las condiciones ambientales lo permiten; las actividades incluyen recorridos para observación de aves, mamíferos marinos (delfines), tortugas marinas y tiburón ballena; así como recorridos por la selva y visita a sitios arqueológicos y con atractivos naturales. En el APFFYB se busca que las actividades que utilizan motos acuáticas, la circulación de lanchas con paracaídas o bananas, y el sky acuático estén limitadas o que no se desarrollen. El APFFYB pertenece al municipio de Lázaro Cárdenas, en Quintana Roo, el cual se encuentra dividido en tres Alcaldías: Holbox, Ignacio Zaragoza y Chiquilá; dos delegaciones: Nuevo Valladolid y Nuevo Xcan y 30 subdelegaciones. Los alcaldes, delegados y subdelegados son electos mediante el voto libre, directo y secreto (sufragio efectivo). En las elecciones locales, no participan oficialmente los partidos políticos, sino que éstos se presentan de manera independiente, por medio de planillas.

La Isla Holbox está constituida por la Alcaldía, una casa ejidal, oficinas de capitanía de puerto, oficinas locales de CONANP y SEMARNAT, una planta de la Comisión Federal de Electricidad, un campamento de la Armada de México, la red de drenaje de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, servicio de recolección de basura, un centro de salud, el parque, una escuela primaria y una secundaria, y una zona habitacional en donde se concentran las viviendas de los pobladores y la zona turística. En sus *inicios*, Holbox era un pueblo de pescadores; sin embargo, la conformación de la población actual es muy distinta, ya que existe una mezcla de culturas, que incluye nacionales y extranjeros. Cepeda (2008) identificó que 38.6% de los entrevistados durante su investigación tienen como origen las ciudades de los estados de Yucatán, Quintana Roo y la Ciudad de México. Por otro lado, el 53% de la muestra representa

a los holboxeños y 8.4 % a los extranjeros, mayoritariamente italianos. A pesar de que Holbox se encuentra en el áreas de influencia maya, sus pobladores indican tener descendencia de piratas y cubanos, y sólo 37.4% de la muestra reportó tener costumbres mayas. Los habitantes de la isla, en su mayoría, consideran que el crecimiento de la isla se debe a la llegada de extranjeros y nacionales a vivir en la comunidad, esto ha convertido a la Isla Holbox en un espacio multicultural y con fusión de diversas formas de pensamiento.

Según datos del INEGI (2010), la población total de la isla Holbox es de 1,486, de los cuales 48% son hombres y 52% son mujeres, quienes viven en 412 viviendas particulares habitadas. Del total de la población de 15 años o más, sólo 2.15% son analfabetas, lo cual es una cifra muy baja para el promedio de la región. Cabe mencionar, que entre el 2005 y el 2010, la tasa de analfabetismo para este grupo poblacional se redujo en 1.2%. Con respecto al porcentaje de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela, éste aumentó entre el 2005 y el 2010, pasando de 4.09 a 4.72%; esto se puede explicar por el interés de la población para incorporarse tempranamente a empleos relacionados al turismo. En el caso del porcentaje de población de 15 años y más con educación básica incompleta para el conteo 2005 fue de 44.5%, disminuyendo esta cifra a 37.91% para el 2010 (una disminución de 6.59 %) (Tabla 1.4). Cepeda (2008) menciona que la Isla Holbox presenta porcentajes altos de estudios medio y superior, lo que resulta inusual para una zona rural, ya que 90% de las personas que entrevistó hablan español, incluyendo varios bilingües; 18% habla maya o inglés y 10% italiano. En la Tabla 1.4 se muestran los resultados de los conteos de población y vivienda para los años 2005 y 2010 en la zona de estudio.

Tabla1.4. Datos sobre la estructura de la población en Isla Holbox

Población de Holbox	2005	2010
Población total	1,198	1,486
Mujeres	604	771
Hombres	594	715
Porcentaje de población de 15 años o más analfabeta	3.35%	2.15%
Porcentaje de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	4.09%	4.72%
Porcentaje de población de 15 años y más con educación básica incompleta	44.5%	37.91%

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2005, 2010).

1.4.1. Vivienda y servicios

En ninguna de las localidades del municipio de Lázaro Cárdenas se cuenta con redes de drenaje, y en la mayoría de las ocasiones, las fosas sépticas que se construyen consisten en pozos de absorción, lo cual pone en evidencia los riesgos de contaminación del suelo y los riesgos a la salud por un mal manejo de las excretas, en particular para el caso de Holbox.

Cerca de la mitad de las localidades cuenta con un servicio de agua potable y cuando se trata de comunidades pequeñas, se perforan pozos para su servicio. Según el plan de desarrollo municipal 2016-2018, el panorama de marginación ha sido una constante en el municipio de Lázaro Cárdenas, aunque en los últimos años se ha registrado un incremento en los niveles de ingreso. Este aumento proviene principalmente de la derrama económica generada por el flujo de visitantes a la isla de Holbox, y por un sector más joven en búsqueda de oportunidades laborales en los polos turísticos de la entidad.

En la Tabla 1.5 se observa que el número de vivienda habitadas en Holbox, las cuales entre el 2005 y el 2010 aumentaron en un 20.47%, pasando de 342 a 412 viviendas. Esto pone en evidencia la elevada presión inmobiliaria que enfrenta la isla, dado que un mayor número de personas busca radicar en la isla, aunado a la presión inmobiliaria del sector turismo.

En el caso del porcentaje de viviendas particulares habitadas que no disponen de excusado o sanitario, para el 2010, sólo 0.24% del total se encontraban en esta situación; mientras que las viviendas que no cuentan con el servicio de agua directamente de la red ascendió a 0.97% del total; estas cifras están por debajo de la media nacional. Lo anterior, pone en evidencia que la Isla Holbox cuenta con un grado muy bajo de rezago social, esto podría estar relacionado directamente con el flujo económico constante que predomina en el sitio, relacionado principalmente con las actividades turísticas. La Tabla 1.5 detalla diversas variables relacionadas con el acceso a servicios básicos en la Isla de Holbox, entre el 2005 y el 2010.

Tabla 1.5. Vivienda y servicios dentro de la isla Holbox

Vivienda y servicios en Holbox	2005 (%)	2010 (%)
Viviendas particulares habitadas	342	412
Porcentaje de viviendas particulares habitadas con piso de tierra	2.05	0.97
Porcentaje de viviendas particulares habitadas que no disponen de excusado	1.17	0.24
Porcentaje de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada de la red pública	4.97	0.97
Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin drenaje	1.75	0.24
Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin de energía eléctrica	3.8	0.97
Grado de rezago social	Muy bajo	Muy bajo

*Elaboración propia con base en INEGI (2005, 2010).

1.4.2. Salud y seguridad social

En el municipio Lázaro Cárdenas existe 1 hospital general en la cabecera municipal y 22 centros de salud en las comunidades, los cuales cuentan con 38 médicos generales, pero no se cuenta con atención de especialistas. La cabecera municipal tiene servicio médico las 24 horas del día, mientras que los centros médicos de las comunidades se brinda atención médica 8 horas al día. A pesar de ser destino turístico, no se tienen módulos especiales para atender a los turistas en idioma inglés. Las enfermedades más reportadas por la Secretaría de Salud son enfermedades respiratorias, intestinales, de la piel, obesidad, diabetes y zika. Según datos del plan de desarrollo municipal 2016-2018, los índices de alcoholismo y drogadicción han aumentado, principalmente entre la población económicamente activa. El alcoholismo es una de las principales males que afectan al municipio y que determinan la principal causa de la violencia intrafamiliar. No se cuenta con servicios de salud mental (i.e., psicólogos, psiquiatras, y terapeutas). La población derechohabiente en la Isla de Holbox asciende a 62.85%; cabe mencionar que la población sin derechohabiencia se ha reducido casi a la mitad del 2005 al 2010, debido a la incorporación de la población en trabajos formales. La población atendida se incrementa en la zona de pesca de Holbox, durante la temporada de captura de langosta, por

grupos de pescadores que proceden de otros poblados y Estados. En la Tabla 1.6 se muestran los porcentajes de población sin derechohabiencia a los servicios de salud en la Isla Holbox.

Tabla 1.6. Derecho-habiencia a servicios de salud en Holbox

Derecho-habiencia a servicios de salud	2005 (%)	2010 (%)
Porcentaje de población sin derecho-habiencia a servicios de salud	67.53	37.15

*Elaboración propia con base en INEGI (2005, 2010).

1.4.3. Educación

En el municipio existen 79 escuelas en total, de las cuales 10 son de nivel preescolar; 42 son escuelas primarias; 1 es secundaria técnica; 1 Colegio de Bachilleres; 1 Centro de Educación Tecnológica Agropecuaria y Forestal; 1 de Educación Media Superior Abierta y a Distancia; 4 planteles de telebachillerato; 3 instituciones privadas de nivel superior, y 1 módulo de la Universidad Politécnica de Quintana Roo. La isla Holbox cuenta con una escuela primaria y una secundaria lo que representa un factor limitante en la continuidad de los estudios; los estudiantes de nivel preparatoria tiene que tomar el ferry diariamente para asistir a la preparatoria del Puerto de Chiquilá. Para un nivel universitario, la población tiene que migrar a otros sitios dentro del Estado de Quintana Roo o a otros estados de la República, y sólo regresan en periodos vacacionales. La falta de Universidades y escuela para atender las demandas educativas a nivel medio y medio superior son una prioridad a resolver para la Isla de Holbox.

1.5. Actividades económicas

1.5.1. Agricultura y ganadería

Los principales recursos naturales del municipio son los pesqueros, forestales y las playas de explotación turística. Los suelos no son muy aptos para la agricultura, aunque es posible su utilización para fines pecuarios. Según datos publicados en el plan de desarrollo municipal 2016-2018, la ganadería municipal se encuentra en periodo de crisis, ya que existen más unidades de producción en abandono, ya sea por la falta de capital para seguir en la actividad o porque ya no es rentable. Los ganaderos enfrentan el problema recurrente de escasez de pasto durante los meses críticos del año, por la falta de técnicas para conservación o de áreas de pasto de corte. Se tiene un registro de 317 socios en la Asociación Ganadera Municipal, que abarca las actividades de ganadería, ovinos, apicultura, avicultura y porcinos. En la región se

realiza una agricultura de tipo tradicional, dependiente de la irregularidad temporal de la región; encontrando además el uso de los métodos de roza para el desmonte y de siembra a espeque, dando como resultado rendimientos normalmente bajos. Dadas estas características, se puede hablar de la presencia de una agricultura de subsistencia. Todos los ejidos producen maíz y frijol, la producción principal obtenida se destina al autoconsumo, y solamente algunos excedentes de ésta se comercializan en los mercados de la localidad. La producción bovina y porcícola son las más importantes, y el sistema de explotación predominante es el extensivo; situación que afecta las estrategias de conservación de los ecosistemas de la zona.

1.5.2. Pesca

La actividad pesquera en el municipio de Lázaro Cárdenas está representada por 264 socios, agrupados en un total de 8 cooperativas; de éstas 5 corresponden a la localidad de Chiquilá y 3, a la Isla de Holbox. Se cuenta con una flota de 324 lanchas con permisos y una plantilla de 1 mil 100 pescadores. Se capturan en total, 278 toneladas anuales, de las cuales, un 90 % se destina a la comercialización y un 10 %, al autoconsumo. Esta producción representa 70 % de la producción a nivel estado y se comercializa en Cancún, la Riviera Maya, Puerto Progreso, Mérida y la Ciudad de México. Las especies de captura son las denominadas de escamas, como el pulpo y la langosta (Ayuntamiento Lázaro Cárdenas, 2016). La pesca constituye una de las actividades tradicionales en la región de Holbox, se captura principalmente escama y langosta, durante la temporada respectiva. Otros de los productos importantes capturados son: el caracol en el área de Isla Blanca y el pulpo en Holbox. Los pescadores se encuentran asentados en las comunidades ribereñas y están integrados a las cooperativas como socios, por temporadas se agregan pescadores de otros estados para sumarse a la captura de la langosta (Lazcano *et al.*,1995). En la Tabla 1.7 se presentan estimaciones en cuanto al número de habitantes y el número de pescadores en relación con las embarcaciones con permiso registradas (Pérez, 2014).

Tabla 1.7. Número de pescadores y embarcaciones con permiso registradas

Población total	Estimación de población dedicada a la pesca	Estimación de embarcaciones manejadas por cooperativas	Estimación de embarcaciones manejadas por permisionarios
1 486	570	123	67

Fuente: Elaboración propia con base en Pérez (2014).

1.5.3. Turismo

El turismo en la zona ha aumentado significativamente, los pescadores han encontrado en el paseo y transporte de visitantes un complemento a sus ingresos, y con ello aumenta el interés por que esa actividad se amplíe. En apoyo las autoridades han permitido la expansión turística por la alta derrama económica que representa. Holbox, el destino turístico que mejor representa al municipio de Lázaro Cárdenas, carece de un verdadero sistema de información estratégica de mercado, por lo cual no se tiene conocimiento pleno de la composición de su demanda actual y potencial, y por consiguiente, no se pueden diseñar estrategias efectivas. Como menciona Santillán (2015), Holbox no cuenta con un organismo de planeación y gestión turística que involucre a los actores económicos, políticos y sociales, en la definición de objetivos comunes, así como la proyección a futuro de Holbox. Esta situación puede representar un factor de presión importante para la conservación de los ecosistemas existentes en la Isla.

Segrado (2013) menciona que aquellas sociedades ejidales que se involucran en la actividad turística inician una serie de cambios y conflictos que modifican la estructura interna del sistema productivo local como totalidad organizada para transformarse en un destino turístico, que simplemente debe proveer bienes y servicios, de los cuales es posible extraer beneficios económicos y cuya armonía no es necesariamente la conservación. Tal es el caso de Holbox, donde se ha generado un proceso conflictivo entre la propiedad ejidal y la propiedad individual, motivado por la apropiación de tierras para uso turístico. Esto ha favorecido a que la comunidad se haya debilitado su capital social y las acciones colectivas sean realizadas por grupos locales con intereses opuestos al cuidado ambiental y con un gran interés económico, debido al atractivo económico que ofrece el turismo.

García et al., (2018) menciona que el espacio ha experimentado múltiples modificaciones en lo social, ambiental, cultural y económico; ha aumentado la inversión de los habitantes locales en negocios como la renta de cuartos, bicicletas, compra de carritos de golf, ampliación de los tours alrededor de la isla por servidores turísticos, antes dedicados a la actividad pesquera como una manera de responder a la demanda turística. Con la consolidación de la actividad turística en Holbox ha aumentado el número de turistas que visitan la Isla, y con ello, las problemáticas ambientales.

1.6 Conclusiones del capítulo

La Laguna Yalahau representa un importante sitio para la conservación de las praderas de pastos marinos y vegetación acuática sumergida, por la variedad de servicios ecosistémicos que éstos proporcionan. A pesar de la gran relevancia ambiental, hasta el momento no se cuenta con un plan de manejo, lo cual obstaculiza la conservación de estos ecosistemas. Por ello resulta indispensable contar con información que involucren aspectos de caracterización ambiental del sitio, así como elementos que describan el contexto social y económico con el fin de realizar un diagnóstico integral del lugar que permita identificar cómo estos ecosistemas pueden verse afectados por las actividades antropogénicas para poder determinar qué políticas públicas se requieren promover para el manejo sustentable de los recursos naturales, además de favorecer la participación de los sectores involucrados en el manejo de los pastos marinos del sitio.

En la isla Holbox no existe una economía diversificada, se encuentra centralizada en las actividades turísticas y la pesca; esto muestra un entorno de vulnerabilidad dado el deterioro ambiental que se ha documentado en esta investigación. Los principales problemas que se han presentado en la Isla han afectado el ámbito ecológico y social, ya que a pesar de contar con un índice de marginación social bajo, la Isla no cuenta con la infraestructura para soportar las actividades turísticas que se han estado realizando de manera intensiva en los últimos años, lo que se ha traducido en un acelerado deterioro ambiental. Para los pobladores originarios de esta zona, los costos sociales y ambientales que han traído consigo la expansión turística y modernización de la Isla han resultado en elevados costos sociales, económicos y ambientales, debido a la degradación de los recursos naturales del área.

Como se mencionó anteriormente, los elementos de conflicto que detectó Cepeda (2008) provienen de la venta de terrenos por parte de los ejidatarios, y por las diferencias en el capital financiero producido por la venta de estas tierras a inmobiliarias, interesadas en desarrollar el turismo en la zona, sin considerar la capacidad de carga de los ecosistemas de la Isla y los impactos que pudieran existir en la diversidad de la zona. Esto ha provocado conflictos y falta de cooperación entre los miembros de la comunidad, lo cual ha fragmentado el tejido social, además de debilitar las alianzas entre las organizaciones sociales para apoyar la conservación.

La dinámica social de la Isla Holbox se caracteriza por una gran diversidad cultural que continua en aumento con la constante inmigración, este proceso se ha acentuado a partir de la expansión inmobiliaria y venta de terrenos frente a la playa. La comunidad guarda una tradición pesquera que enorgullece a la comunidad de Holbox y que podría verse afectada por el turismo, si no se realiza una planeación adecuada de esta actividad económica. La inequidad en la distribución de los beneficios ejidales ha mermado las relaciones que unen y promueven la confianza entre los distintos grupos sociales, además de favorecer la sobreexplotación pesquera y la disminución de tierra en manos de la comunidad, lo que ha disminuido sustancialmente el capital natural de Holbox.

Hace apenas unas décadas, las casas habitación de la Isla no contaban con los servicios públicos básicos, y tampoco con algún tipo de servicio de recolección, manejo y disposición de sus desechos. Por el poco volumen generado, y por ser residuos principalmente orgánicos, eran los propios habitantes los que se hacían cargo del manejo y disposición de estos en sus domicilios, aprovechándolos para la alimentación de animales de traspatio y combinando su descomposición natural con la quema y el entierro (Marrufo, 2015).

Actualmente, la principal problemática de la Isla Holbox es la generación y disposición de los residuos sólidos, la isla cuenta con un sitio de disposición final de los desechos desde hace más de 15 años, este sitio de disposición cuenta con poco mantenimiento y con una infraestructura casi obsoleta, por lo que en los últimos años, la basura se ha incrementado paralelamente al desarrollo de las actividades turísticas. Esto ha incrementado el problema del manejo de los residuos, lo que ha repercutido en la salud de la población, la contaminación del agua, de los sistemas lagunares y de los manglares, y la pérdida de la belleza escénica del sitio.

La Isla Holbox sufre durante las épocas vacacionales de un arribo masivo de turistas, lo que acentúa los problemas que ya enfrentan los habitantes de la Isla relacionados con la falta o intermitencia de los servicios públicos básicos como electricidad, falta el agua, insuficiente drenaje sanitario y pluvial. Dentro de la Isla Holbox se requiere la implementación de instrumentos que tengan el propósito de generar cambios en las prácticas de uso y cuidado de los recursos naturales, así como la idea de una responsabilidad compartida entre las entidades administrativas y la sociedad (Morales, 1999). Es indispensable que se publique el plan de manejo del Área como un eje central del mantenimiento de funciones ambientales, a nivel local

es fundamental lograr que las comunidades se involucren en el cuidado y gestión sustentable de los recursos costeros.

Finalmente, para enfrentar las amenazas de origen antropogénico, así como las resultantes de los cambios climáticos globales se tiene que generar una cohesión en el que todos los sectores vinculados trabajen en uso de los recursos de la laguna con la intención de garantizar la persistencia a largo plazo. La participación de todos los sectores en el manejo de los pastos marinos puede convertirse en una estrategia de gestión que favorezca la conservación, para lo cual se requiere sensibilizar a estos actores sobre los beneficios que estos ecosistemas prestan y los impactos que puedan resultar de su pérdida.

Capítulo II

Caracterización ecológica de las praderas de pastos marinos en la laguna Yalahau y los factores abióticos que los regulan

2.1. Introducción

Las costas del caribe mexicano son sistemas con alta productividad, cuentan con una gran biodiversidad marina y terrestre. Esta biodiversidad es la responsable de los procesos de los ecosistemas y describe la diversidad de formas de vida en la tierra, siendo esencial para el funcionamiento de los ecosistemas que sustentan el suministro de servicios ecosistémicos que afectan al bienestar humano (Sarukhán, 2009). En la evaluación de los ecosistemas del milenio, la biodiversidad se define como "la variabilidad entre los organismos vivos de todas las fuentes, incluyendo entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte" (MEA, 2005). Por lo tanto, sólo una evaluación multidimensional de la biodiversidad puede proporcionar una visión de la relación entre los cambios en la biodiversidad y los cambios en el funcionamiento de los ecosistemas y los servicios que prestan. Un ejemplo de la biodiversidad de los ecosistemas costeros son los pastos marinos.

Los pastos marinos son plantas vasculares (angiospermas) que viven y completan sus ciclos de vida totalmente sumergidas en medios salinos o salobres. Conforman el único grupo representante de las angiospermas, plantas con flores, que ha evolucionado de tierra firme al mar en etapas progresivas de adaptación al agua dulce, a aguas salobres, y finalmente, al agua marina; poseen hojas, tallos y raíces, y forman flores, frutos y semillas (Hemminga, 2000). Son un grupo de alrededor de 72 especies de plantas con flores en seis familias (Short *et al.*, 2011) adaptado a la vida y la reproducción en el medio marino. Pasan todo su ciclo de vida totalmente sumergidas, ya que han desarrollado adaptaciones morfológicas, fisiológicas y ecológicas únicas. Asimismo, forman un grupo ecológico y no un grupo taxonómico (Hartog & Kuo 2007); esto implica que la diversidad de familias de pastos marinos no necesariamente están relacionados, y que la transición evolutiva a partir de distintos ancestros pudo haberse llevado a cabo varias veces. Resulta complicado delimitar las características que definen los pastos marinos, esto porque no cuentan con un ancestro común.

También, se caracterizan por tener la capacidad de polinizar bajo el agua, producir semillas bajo el agua que pueden ser dispersadas tanto por agentes bióticos como abióticos, contar con hojas especializadas con una cutícula muy reducida y una epidermis que carece de estomas, además de contar con un rizoma o vástago subterráneo importante en el anclaje.

Los pastos marinos tienen un eficiente sistema de anclaje constituido por rizomas y raíces que crecen horizontalmente enterradas en el sustrato y que les permite soportar el efecto de las mareas y el oleaje. Adicionalmente, las hojas y el rizoma tienen un importante papel en los procesos de transferencia de nutrientes, aunque éstos los obtienen del agua y sedimentos (Gallegos, 2011).

Es importante destacar, que las praderas de pastos marinos tienen un papel fundamental en los ecosistemas costeros, ya que son importantes productores primarios que convierten la luz solar y el dióxido de carbono en forma orgánica; proporcionan alimento a numerosas especies de herbívoros, son hábitats de anidamiento, reproducción, protección y desarrollo de numerosas especies de invertebrados y vertebrados de valor comercial; y ayudan a estabilizar el fondo marino en el que se distribuyen (Kuo, 2007). Se les considera protectores de la línea de costa dado que sus hojas, rizomas y raíces modifican las corrientes marinas, atrapan los sedimentos, almacenan y filtran los aportes de nutrientes al océano, modificando las condiciones físicas y químicas del sitio. Según Martínez (2007) los pastos marinos han sido empleados como suplemento dietético, por su contenido de minerales, así como suplemento de sal por antiguos pobladores de la costa del Pacífico noroeste y al sudeste de Asia. Las praderas marinas también han sido utilizadas como material para la construcción de techos y paredes, y para la elaboración de papel. Una característica que distingue a los pastos marinos de otras especies fotosintéticas es que presentan una productividad primaria muy alta, es decir, generan mayor cantidad de nutrientes y oxígeno de la que podría esperarse por su volumen; debido a esta peculiaridad, los pastos requieren niveles de luz solar muy altos, lo que limita la profundidad a la que pueden vivir (Cervantes, 2016). En la actualidad, a los pastos marinos no sólo se le confiere importancia por su uso directo, sino por los bienes y servicios que proporcionan al funcionamiento de los sistemas costeros. En este sentido, las praderas de pastos marinos son consideradas como "ingenieros de los ecosistemas", por su capacidad de cambiar significativamente numerosos aspectos de su entorno (Costanza *et al.*, 1997). Cabe mencionar, que los hábitats de vegetación marina (i.e., pastos marinos, macroalgas y manglares) ocupan el 0,2% de la superficie del océano, pero contribuyen con el 50% del secuestro de carbono en los sedimentos marinos (Duarte *et al.*, 2013). La conservación, restauración y el uso de hábitats costeros constituyen una estrategia prometedora para la mitigación y adaptación al cambio climático (Marbà, 2013). Pero para ello, se tienen que seguir prácticas de manejo y gestión sustentables que aseguren el mantenimiento de su integridad y sus funciones. Por ende, es importante desarrollar políticas y prácticas que favorezcan la

conservación de la biodiversidad, lo cual no está peleado con un aprovechamiento sustentable de los ecosistemas por las poblaciones que habitan en los territorios donde se encuentran (Bezaury-Creel, *et al.* 2009).

Si bien estos ecosistemas se distribuyen en diferentes zonas costeras alrededor de mundo, el área de estudio para la caracterización ambiental de los pastos marinos se sitúa en el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (APFFYB), la cual tiene gran importancia ecológica y económica, ya que representa uno de las regiones de alta biodiversidad en el mundo. Dentro del área se encuentra La Laguna Yalahau que representa un sitio importante para la conservación de las praderas de pastos marinos y vegetación acuática sumergida, por la variedad de servicios ecosistémicos que éstos proporcionan. Esta área no cuenta con políticas que favorezcan la preservación y gestión sustentable de los recursos naturales, por lo que caracterizar estas comunidades acuáticas y la manera en la que éstas se ven afectadas por las actividades antropogénicas permitirá sugerir políticas que fomenten el manejo sustentable y la conservación de la Laguna, para ello es importante conocer las características ambientales del sitio. Este trabajo pretende analizar las herramientas de gestión para la posible toma de decisiones encaminada a la conservación de las praderas de pastos marinos y vegetación acuática sumergida, ya que se aspira, mediante el caso de estudio, generar y promover información sobre los beneficios del aprovechamiento sustentable de estos ecosistemas y la manera en que los diferentes sectores pueden contribuir a su protección. Para lo cual es fundamental conocer la distribución a nivel global y nacional de las praderas de pastos marinos, así como los factores que han contribuido al declive de las especies, recabar y generar información sobre la distribución de las praderas de pastos marinos dentro de la Laguna Yalahau, conocer la composición específica de la vegetación acuática sumergida, determinar la estructura de edades para *Thalassia testudinum* por ser la especie dominante dentro de la laguna, conocer la biomasa para las tres especies de pastos marinos que se distribuyen dentro de la laguna y analizar los factores ambientales (i.e., temperatura, salinidad, pH y profundidad) que regulan a las praderas de pastos. Lo anterior, se desarrolla en el presente capítulo.

2.2. Distribución y declive de las especies de pastos marinos

Los pastos marinos son un grupo con poca diversidad taxonómica, ya que comprenden aproximadamente 72 especies (Short *et al.*, 2007). Se distribuyen a lo largo de costas templadas y tropicales del mundo (Duarte, 2001); crecen desde la zona intermareal hasta profundidades de más de 50 m, donde el límite al que pueden desarrollarse está en función de la penetración de la luz (Hemminga, 2000). Según van Tussenbroek (2006), existen otros factores que determinan la distribución regional de las praderas de pastos que incluyen la temperatura, la salinidad, la penetración de la luz, así como la composición y profundidad de los sedimentos. Los pastos marinos son un grupo muy exitoso ecológicamente ya que actúan como especies fundadoras que definen la estructura de la comunidad y crean condiciones estables para otras especies, son organismos sensibles a la degradación ambiental local y a su vez modulan y estabilizan los procesos dentro de un ecosistema (Duarte *et al.*, 2000). La Figura 2.1 detalla la distribución de los pastos marinos en el mundo.

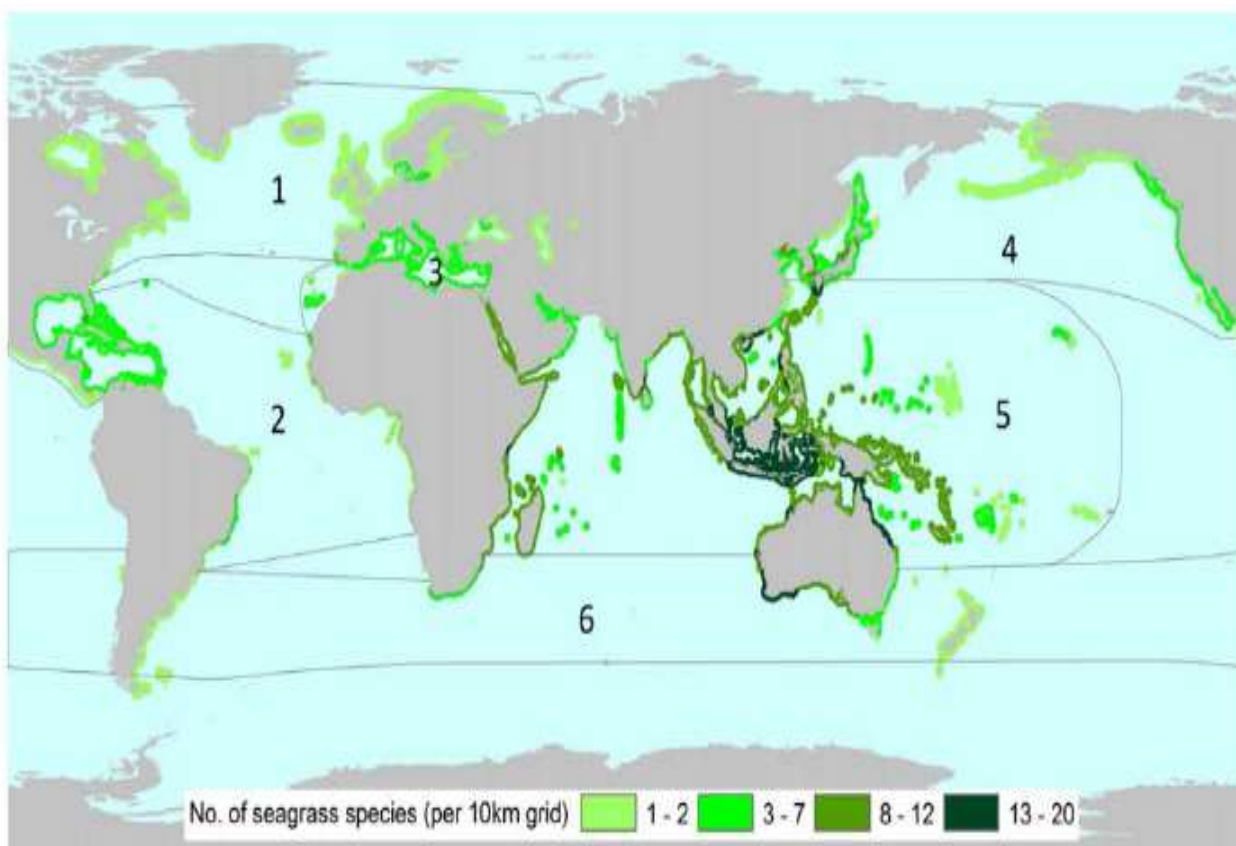


Figura 2.1 Distribución global de los pastos marinos (tomado de Short *et al.*, 2007).

En México se conocen nueve especies de pastos marinos que se distribuyen a lo largo de las costas del país. En las Costas del Golfo de México y en el Caribe, la flora de pastos marinos está representada por las especies *Thalassia testudinum*, *Halophila engelmanni*, *Halophila decipiens*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii* (Den Hartog, 2007). Crecen en diversos tipos de sedimentos: arenosos, carbonatados, rocosos, arenoso y lodosos, formando extensas poblaciones monoespecíficas y/o mixtas que se distribuyen desde la zona intermareal hasta grandes profundidades. En las costas del Golfo de México y el Caribe Mexicano, *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme* son consideradas especies pioneras y *Thalassia testudinum* la especie dominante (Gallegos *et al.*, 1994). Estas especies prestan un número importante de servicios ecosistémicos para las comunidades que se benefician de ellos en el país. La Figura 2.2 describe la distribución de las praderas de pastos marinos en México.



Figura 2.2 Distribución de las praderas de pastos marinos en México (tomado de Cervantes *et al.*, 2016).

Estos ecosistemas son de los más amenazados en el planeta, dado que su tasa de desaparición se estima en 110 km² por año desde 1980 (West *et al.*, 2016). En términos de especies, Short (2011) menciona que 22 de las 72 especies registradas a nivel mundial (31%) tienen poblaciones en declive, mientras que 29 especies (40% del total) se han mantenido estables. La desaparición de las praderas de pastos marinos se atribuyen principalmente a daños mecánicos causados por las hélices de los barcos, la degradación de la calidad del agua y su contaminación, el exceso de sedimentación, la pesca, la acuicultura, y la competencia con especies introducidas como *Caulerpa* (Smith 2007).

Las pérdidas de pastos marinos y de algas marinas afectarán a poblaciones de grandes herbívoros marinos, como manatíes, dugongos y tortugas verdes, mermando aún más su deteriorado estado de conservación. Según Short (2011), 115 especies marinas que viven en lechos de pastos marinos, incluyendo algunos invertebrados, peces, tortugas marinas y mamíferos marinos, son catalogadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como especies amenazadas. Por lo que, la desaparición de estos ecosistemas pudieran llevarlas a su extinción. Adicionalmente, la diversidad biológica de los ecosistemas de arrecifes y manglares se verá afectada por la pérdida de hábitats de pastos marinos, ya que muchos peces e invertebrados encontrados en los arrecifes de coral y manglares pasan sus etapas juveniles en lechos de hierbas marinas. Ecológicamente, la pérdida de estos ecosistemas reducirá la cantidad de carbono secuestrado en el sedimento, también conocido como carbono "azul", lo cual aumentará los impactos del cambio climático al incrementar los gases de efecto invernadero, poniendo en riesgo a las zonas costeras y su infraestructura (West *et al.*, 2016).

A pesar de los diversos beneficios que prestan estos ecosistemas, se siguen presentado pérdidas importantes en su extensión en el Caribe Mexicano, debido a que están expuestas a eventos meteorológicos mayores como tormentas tropicales y huracanes, así como a impactos antrópicos por los sistemas de pesca de arrastres, el turismo en zonas someras y el aumento desmedido de la mancha urbana. El aumento en las descargas de agua dulce producto de la lluvia y de las aportaciones del agua subterránea en estos ecosistemas, ha contribuido al transporte de material orgánico y sedimentario hacia la costa reduciendo la transparencia, la salinidad, y en general, la calidad del agua, favoreciendo la pérdida de cobertura de pastos marinos (Arellano *et al.*, 2011). En este sentido, estos ecosistemas enfrentan severas presiones

tanto naturales como antropogénicas que tienen que ser consideradas en las estrategia que favorezcan su conservación para la protección de los servicios que prestan. La Figura 2.3 identifica las zonas en donde las especies de pastos marinos se encuentran amenazadas.

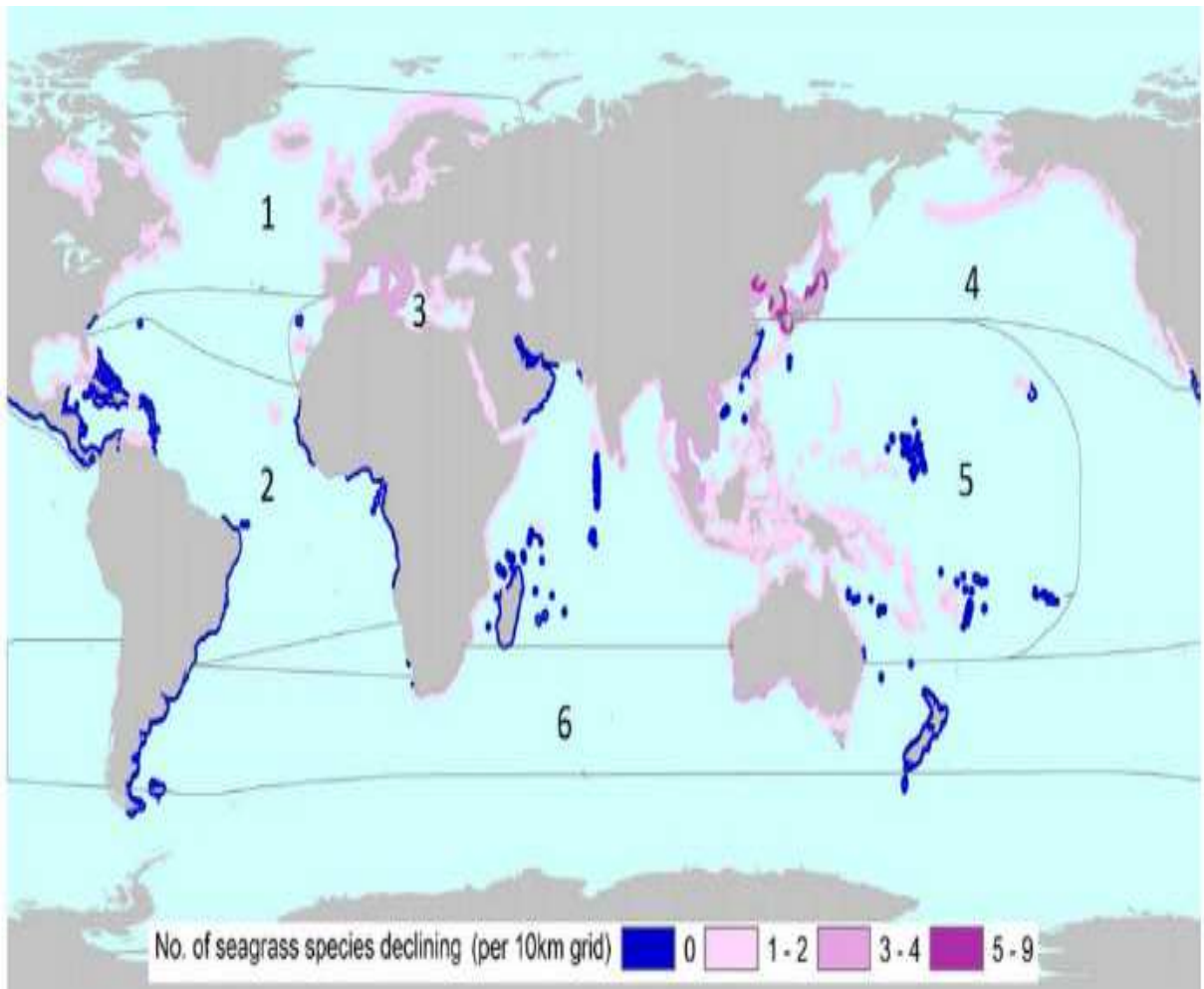


Figura 2.3 Número de especies con tendencias demográficas decrecientes (tomado de Short et al., 2011).

2.3. Clasificación de los pastos marinos por estrategia de sobrevivencia.

Según la clasificación Kilminster (2015) los pastos marinos son de tres tipos: colonizadores, persistentes y oportunistas. Los colonizadores, principalmente de los géneros *Lepilaena*, *Ruppia*, *Halophila*, presentan rápido crecimiento, tiempos cortos para la rotación de los ramets, la madurez sexual se alcanza rápidamente, y presentan alta inversión en la reproducción de semillas latentes

Las especies **colonizadoras** también tienen una habilidad para construir un banco de semillas, aunque son de corta duración, tienen baja resistencia fisiológica a las perturbaciones pero se recuperan rápidamente. Las especies **oportunistas** tienen la capacidad de colonizar, producir semillas o plántulas y obtener biomasa y clonalidad persistentes y significativas, así como la capacidad de recuperarse rápidamente. Los géneros oportunistas entre los pastos marinos son *Syringodium* y *Cymodocea*. En la zona de estudio encontramos a la especie *Syringodium filiforme*. Existen especies que pueden actuar como dos tipos colonizadoras y oportunistas como el caso de *Halodule* y *Zostera*. En la zona de estudio encontramos a la especie *Halodule wrightii*.

Las especies clasificadas como **persistentes** presentan rotación prolongada de los ramets (muchos meses o años), clonalidad de genets longevos, la madurez sexual se alcanza más lentamente (años), el esfuerzo reproductivo para la producción de semillas no compromete el crecimiento vegetativo y generalmente no se forman bancos de semillas. Las especies persistentes tienen una alta resistencia fisiológica, pero se recuperan lentamente de las perturbaciones. Los géneros persistentes son *Thalassodendron*, *Thalassia*, *Posidonia*, *Enhalus* y aquellas con características oportunistas y persistentes como *Phyllospadix* y *Amphibolis*.

En la zona de estudio encontramos a la especie *Thalassia testudinum*. La Figura 2.4 identifica el tipo de estrategia de sobrevivencia de los pastos marinos

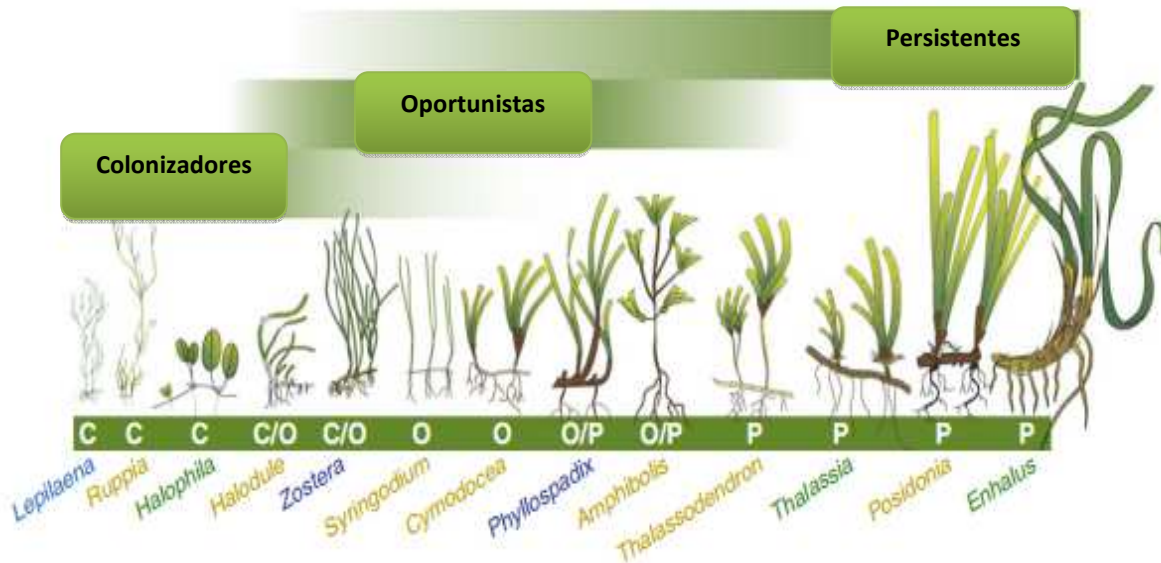


Figura 2.4 Clasificación de los pastos marinos en colonizadores, persistente y oportunista por Kilminster (2015).

2.4. Morfología y fisiología de los pastos marinos

Los pastos marinos son considerados plantas marinas. Arber (1920) define que las plantas marinas cumplen con cuatro propiedades: 1) están adaptada a la vida en un medio de solución salina; 2) son capaces de crecer cuando están completamente sumergidas; 3) tienen un sistema de anclaje seguro; y 4) tienen un mecanismo de polinización hidrófilo.

Los pastos marinos cumplen con los requisitos antes mencionados, ya que son capaces de realizar su ciclo vegetativo y su ciclo generativo, cuando están completamente sumergidos en un medio de solución salina. Estas angiospermas marinas son plantas clonales, y sus poblaciones están, por lo tanto, compuestas por una serie de elementos similares (ramets) que se repiten vegetativamente. Cada ramet consta de un vástago con una unidad de rizoma con raíces (Daranas et al., 2013).

Los tejidos y órganos de los pastos marinos son similares a los de otras plantas con flores, la parte aérea de manera general se constituye de un haz con varias hojas (Kuo, 2007). Todos los órganos consisten de tres tejidos básicos con una estructura diferente y función: (a) la epidermis forma una capa continua en la superficie del cuerpo de la planta y tiene una cutícula en la pared exterior para proporcionar protección mecánica y la restricción de la transpiración y

la aireación; (b) la vascular contiene el floema para la translocación de soluto y el xilema para el transporte de agua; y (c) el tejido del parénquima con paredes delgadas y no lignificadas.

En cuanto a las estrategias reproductivas, el crecimiento vegetativo en la extensión de rizoma es una característica dominante de los pastos marinos. Este hábito de crecimiento permite una gran flexibilidad genética para sobrevivir en el espacio y en el tiempo a través de la clonalidad resultante de la fragmentación vegetativa. La mayoría de las poblaciones de pastos marinos exhiben una mezcla de crecimiento clonal junto con la reproducción sexual (Waycott *et al.*, 2007).

En la figura 2.5 se observa la morfología de *Thalassia testudinum*, que consiste en raíces o rizomas para el anclaje al sustrato, y para mantener la comunicación entre los brotes, los tallos brindan el soporte a la planta. Las partes superiores consisten en retoños de varias hojas y, por lo general, las hojas están protegidas por una vaina, la cual se encarga de dar protección a los meristemas apicales y las hojas jóvenes (Kuo y den Hartog, 2006).

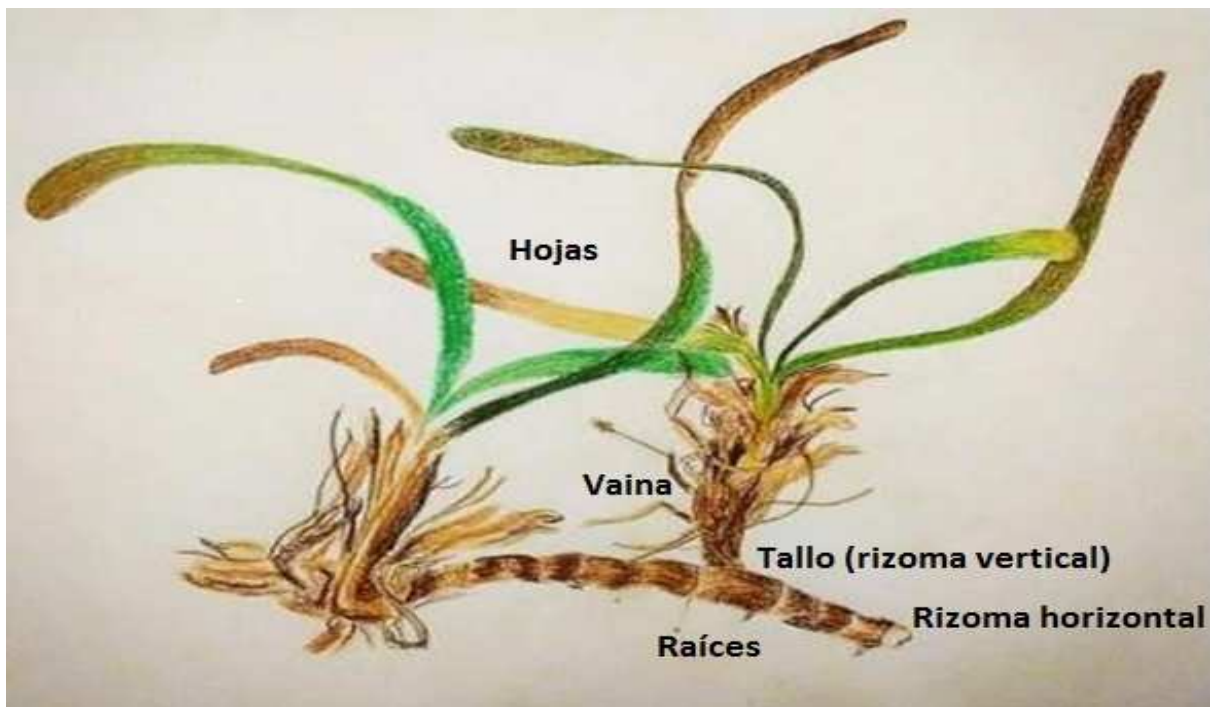


Figura 2.5 Morfología de *T. testudinum*, elaborada por H. Correa (basada en Duarte *et al.*, 2000).

2.4.1. Requerimientos abióticos de los pastos marinos

El desarrollo de las angiospermas marinas, como todas las plantas, depende principalmente de un sustrato adecuado donde fijarse, la radiación solar, la temperatura y los nutrientes (Martínez 2007). La luz es el factor abiótico que controla la productividad y distribución espacial de los pastos marinos, la cantidad de luz o irradiancia que llega a los pastos determina el crecimiento diario y la productividad estacional, pero este puede verse alterado por cambios en factores como profundidad del agua, turbidez, latitud y las condiciones superficiales del agua (Dawson 1996). La profundidad límite que pueden alcanzar los pastos depende de la irradiancia requerida por la especie para fijar suficiente carbono para compensar las pérdidas metabólicas.

La temperatura y salinidad son factores abióticos importantes que también controlan la producción de los pastos marinos. La tolerancia a la temperatura varía ampliamente entre las especies tropicales y templadas (Díaz *et al.*, 2007). La temperatura influye en la respiración, la tasa fotosintética y otros procesos metabólicos; también define los límites geográficos de la distribución en las especies. La especie *T. testudinum* tolera generalmente temperaturas entre 20°C y 36°C, con la tasa fotosintética máxima entre 28°C y 30°C (van Tussenbroek *et al.*, 2006). Los pastos marinos pueden tolerar amplias variaciones de salinidad, por lo que se pueden encontrar desde zonas estuarinas (alrededor de 10 ups) hasta aguas hipersalinas, de modo que se han registrado mortalidades a salinidades mayores de 45 ups (Quammen 1993).

Los pastos marinos pueden crecer en sustratos, arenosos, limosos, carbonatados y rocosos. El exceso de materia orgánica en los sedimentos puede transformar el hábitat dificultando el desarrollo de los pastos marinos. De acuerdo con Hemminga (1998), el exceso de materia orgánica estimula la actividad bacteriana, con lo cual aumenta la capa anóxica de los sedimentos cerca de la superficie y permite el desarrollo de comunidades bacterianas, que producen y acumulan compuestos fitotóxicos como el sulfuro y el metano.

Los pastos marinos tropicales tienden a tener límites profundos más bajos como resultado del agua clara (y por lo tanto, una mayor penetración de la luz), mientras que la mayoría de los pastos marinos templados se distribuyen en aguas profundas. Por lo tanto, sólo unas pocas especies crecen por debajo de los 20 m de profundidad (Pergent *et al.*, 2010).

2.4.2. Estructura de edades

Los pastos marinos son organismos que presentan un tipo de crecimiento denominado modular. El *módulo* es la unidad de construcción básica que se repite a medida que el individuo crece, es el nivel más sencillo; se definió originalmente como una hoja, una yema axilar y un entrenudo, pero dependiendo del organismo puede definirse y corresponder a otra estructura (Harper, 1985). En los organismos modulares, el cigoto se convierte en una unidad de construcción (un módulo) que luego produce más módulos similares. Estos módulos nuevos o clones pueden cubrir un área importante y parecer ser un individuo.

El módulo o una agrupación de ellos, puede originar una unidad, individuo u organismo potencialmente independiente, unidad denominada *ramet*, cada ramet consta de un vástago con una unidad de rizoma con raíces. Los vástagos son las unidades básicas de las praderas y, por tanto, su abundancia numérica es una herramienta fundamental para describir la abundancia de la pradera. Todos los organismos que se formen (juntos o separados por cualquier mecanismo) producto de un cigoto forman un *genet* (Harper, 1985), que es un individuo con la misma composición genética. Los organismos modulares presentan una distribución de edad dentro de una misma planta, hay nacimientos y muertes de módulos en distintos momentos a lo largo de la vida de los genetos, por lo que el módulo tiene una historia de vida propia. Las distribuciones de edad toman su importancia debido a que tanto los índices de natalidad como los de mortalidad varían con la edad.

A la especie *T. testudinum* se les conoce como planta rizomatosa, se conforma por rizomas, que son tallos modificados que se extienden por debajo del suelo de manera horizontal. Cuenta con rizomas verticales, también llamados haces verticales (Marbá *et al.*, 2004). Los puntos de inserción de las hojas en el rizoma se denominan nodos y son identificables por las cicatrices que quedan después de la muerte de las mismas. Por tanto, los segmentos de rizoma entre 2 cicatrices foliares consecutivas se le llama internodo, éstos se producen en un intervalo de tiempo entre la formación de 2 hojas, a lo cual se le denomina Intervalo de Plastocrono (IP) (Duarte, 1991).

Los estudios de demografía son de gran importancia para conocer la dinámica poblacional de un ecosistema. Las consecuencias demográficas de los ciclos de vida son fundamentales en el estudio de dinámica de poblaciones. Los pulsos vitales, (tasas de nacimiento, crecimiento,

desarrollo y mortalidad) de las cuales dependen las características demográficas, describen el desarrollo de los individuos a través de su ciclo de vida y la respuesta de estos ciclos al ambiente determinan la dinámica poblacional en tiempo ecológico (Solana, 2001).

Uno de los primeros estudios con tendencia demográfica para pastos marinos, fue realizado por Petersen en 1914, en el cual utilizó una secuencia de longitudes internodales de *Zostera marina* para estimar la productividad en aguas de Dinamarca. Para el año de 1973, se publicó el trabajo de Patriquin para *T. testudinum*, en el cual se estudió las tasas de crecimiento y longitud máxima, así como tasas de biomasa aérea y subterránea y edad de la planta; con este trabajo sentó las ideas básicas para hacer estudios demográficos y demostró como la determinación de la edad es importante para el estudio de dinámica de pastos marinos.

La mayoría de las investigaciones realizadas sobre las praderas de pastos marinos se han realizado en la Península de Yucatán, siendo los trabajos de Gallegos (1993) de los primeros en analizar los aspectos demográficos de la especie dominante *T. testudinum*. Otra de las investigaciones realizadas en la península fue el trabajo de López (2012), quien determinó las características demográficas de *T. testudinum* en dos localidades de la Península de Yucatán: Champotón en el estado de Campeche y Celestún en Yucatán.

Fuentes (2015) realizó una investigación sobre las diferencias demográficas de la especie *Caulerpa paspaloides* var. *wudermanniicon* donde determinó la cobertura de la vegetación acuática sumergida de la Reserva de la Biósfera Los Petenes en Campeche, en la cual destacó la dominancia de *T. testudinum*. Analizó los cambios en la dinámica poblacional de *Caulerpa* y la comparó con las diferentes distancias al manglar dentro de la misma reserva. En ese trabajo determinó que existe una estacionalidad en las poblaciones del género *Caulerpa*, además de una influencia del manglar sobre el crecimiento de las especies de estudio.

Ramírez (2017) realizó un análisis de la variabilidad morfológica de *Thalassia testudinum* en la costa occidental de la Península de Yucatán, concluyendo que esta especie es un potencial bioindicador temprano del enriquecimiento de nutrientes sobre las praderas de pastos marinos. Mijangos (2018) evaluó la productividad de *Thalassia testudinum* y su relación con los factores ambientales de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche, donde la biomasa aérea promedio de la RBLP fue de $491.82 \pm 269.61\text{gPS/m}^2$, mientras que la biomasa subterránea promedio fue de $1,059.04 \pm 509.96\text{gPS/m}^2$, y la biomasa total promedio de la reserva de $1,519.28 \pm 797.40\text{gPS/m}^2$. La biomasa reportada en este estudio es significativamente mayor a

la identificada en la presente investigación, esto podría explicarse porque la extensión de la reserva de la Biosfera de los Petenes es mayor; asimismo, las condiciones ambientales varían dado que es una ciénaga salina con diversos ojos de agua y presenta diferentes impactos antropogénicos por su ubicación. Sin embargo, constituye un buen punto de referencia que contribuye al estado del arte para la investigación y conservación de las praderas de pastos marinos de la región.

2.5. Métodos

La Caracterización ambiental de las poblaciones de pastos marinos se realizó dentro del macro proyecto “Monitoreo de las praderas de pastos marinos del Golfo de México” a cargo del Laboratorio de Pastos Marinos de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa. Para este trabajo se consideró indispensable realizar muestreos *in situ*, que permitieron llevar a cabo la caracterización de las poblaciones de pastos marinos y la Vegetación Acuática Sumergida (VAS), constituida por poblaciones tanto monoespecíficas como mixtas de las especies de pastos marinos *Thalassia testudinum* (Banks & Soland. ex Koenig), *Halodule wrightii* (Ascherson) y *Syringodium filiforme* (Kuetz) (Gallegos 2010); y llegar a nivel de género en algas feofitas, rodofitas y clorofitas.

La investigación se orientó a: (a) recabar y generar información sobre la distribución de las praderas de pastos marinos dentro de la Laguna Yalahau; (b) conocer la composición específica de la vegetación acuática sumergida; (c) determinar la estructura de edades para *Thalassia testudinum* por ser la especie dominante dentro de la laguna; (d) conocer la biomasa para las tres especies de pastos marinos que se distribuyen dentro de la laguna, y (e) analizar los factores ambientales (i.e., temperatura, salinidad, pH y profundidad) que regulan a las praderas de pastos.

2.5.1. Muestreo

Para la distribución de las praderas de pastos marinos se establecieron 10 estaciones de muestreo a lo largo de 3 transectos dentro de toda la Laguna Yalahau. Se realizaron 3 muestreos, 2 en el año 2015 y uno en mayo 2016. Los muestreos representaron las condiciones de las tres principales estaciones climáticas, lluvias, secas y nortes, ya que la zona

de estudio se caracteriza por presentar tres temporadas definidas, secas en los meses de febrero a junio, lluvias de julio a octubre) y nortes de noviembre a enero (Sima-Morales, 2004).

Con la ayuda de una ecosonda EcoSAV, se realizaron registros de la distribución de las praderas de pastos marinos y vegetación acuática sumergida, mediante transectos. En estos transectos, la ecosonda generó un ecograma con datos sobre coordenadas, profundidad, presencia/ausencia de la planta, distribución vegetal y altura de la planta. Asimismo, se determinó la distribución de las praderas de pastos marinos, representándolo en mapa con coordenadas y profundidad. La Tabla 2.1 detalla las estaciones de muestreo y su ubicación.

Tabla 2.1 Estaciones de muestreo y coordenadas

Estación	Latitud	Longitud
Hol 1	21.48866	-87.50327
Hol 2	21.49202	-87.49402
Hol 3	21.46942	-87.42856
Hol 4	21.51608	-87.40526
Hol 5	21.50471	-87.37499
Hol 6	21.51737	-87.32461
Hol 7	21.51156	-87.30459
Hol 8	21.49958	-87.24419
Hol 9	21.44581	-87.20274
Hol 10	21.52075	-87.20747

2.5.1.2. Composición florística

Para determinar la composición específica de la Vegetación Acuática Sumergida (VAS) se realizaron colectas a lo largo de los transectos dentro de la Laguna Yalahau, realizando 3 réplicas para cada punto. Se colectaron muestras de pastos marinos con un nucleador de tipo cilíndrico de acero inoxidable, de 21 cm de diámetro y 42 cm de altura, con una capacidad en volumen de 7.3 litros y abarca un área de 346.4 cm². La composición florística se determinó mediante una video cámara y registros visuales, así como colectas para determinar las especies en el herbario. Para el proceso de tamizado se utilizó una red cilíndrica con luz de malla de 1 mm, con ayuda del tamizador las muestras fueron lavadas en el sitio posteriormente

se colocaron en bolsas de plástico etiquetadas, las muestras fueron guardadas en un congelador para su posterior análisis en el laboratorio.



Figura 2.6 Nucleado y red para tamizar.

2.5.1.3. Parámetros medio ambientales

Con el uso de una sonda multiparamétrica (YSI 556 MPS) y colocando el sensor a medio metro de profundidad se registraron los factores ambientales como: temperatura, salinidad, pH y profundidad. Se realizó un análisis de estadística descriptiva por medio de histogramas para identificar visualmente si la variable analizada se distribuye de manera normal, además de evaluar los resultados del box-plot con el fin de identificar si existe la presencia de valores atípicos (outliers) que pudieran incidir en la normalidad de la variable analizada. Para validar estadísticamente si los parámetros estudiados tienen una distribución normal, lo cual permitirá correr pruebas estadísticas paramétricas, se realizó la prueba de normalidad *Shapiro-Wilk*, la cual se recomienda para muestras pequeñas ($n < 30$). Con base en esta prueba, la H_0 consiste en que los datos se distribuyen de manera normal, para no rechazarla la $p < 0.05$; en caso contrario, cuando $p > 0.05$, se rechaza la H_0 , por lo que se concluye que la datos no siguen una distribución normal. Cuando se presenta esta situación, es necesario dar un tratamiento estadístico a los datos con el fin de mejorar su calidad, y por ende, la confiabilidad de sus resultados. Para ello, se realizaron los siguientes procedimientos: eliminar las variables

atípicas, incorporar otros puntos de muestreo y transformar la serie aplicando ya sea raíz cuadrada o logaritmos. Una vez concluido el proceso de tratamiento de los datos para cumplir con la prueba de normalidad, la cual asegura que los estimadores encontrados son insesgados, se realizó la prueba estadística Tukey. Esta prueba paramétrica, permite comparar las medias de las variables analizadas, con el fin de identificar si se presentan diferencias significativas entre éstas. Por consiguiente, la H_0 parte de que existe igualdad en las medias de las variables analizadas; para aceptar dicha hipótesis la $p < 0.05$. En el caso contrario, cuando se acepta la H_a , con una $p > 0.05$, se concluye que existen diferencias relevantes entre las medias de las variables estudiadas.

2.5.1.4. Determinación de la Biomasa

Para la determinación de la biomasa se separaron las estructuras de cada muestra en hojas y vástagos, rizomas y raíces; las partes se secaron en un horno a 80°C durante 48 horas y se pesaron en balanza granataria Velab-500. Se determinó la biomasa aérea y subterránea, y la biomasa total se calculó a partir de la suma de la biomasa aérea y subterránea. En *T. testudinum* se midió la longitud del tejido fotosintético (verde), muerto y ancho foliar. Al igual que con los parámetros medioambientales, se evaluó si la variable analizada se distribuía de manera normal por medio de un histograma, además de identificar la presencia de valores atípicos utilizando el análisis box-plot. Complementando este análisis, se realizó la prueba de normalidad *Shapiro-Wilk*, la cual se recomienda para muestras pequeñas ($n < 30$), con el fin de determinar si con la información disponible es posible realizar pruebas estadísticas paramétricas. Se concluye que una variable se distribuye de manera normal cuando no se rechaza la H_0 obteniéndose una $p < 0.05$; en caso contrario, cuando se obtiene una $p > 0.05$ se concluye que los datos no siguen una distribución normal. Cuando ocurre esta situación se requiere dar un tratamiento estadístico a la serie con el fin de que la variable transformada siga una distribución normal. Para ello, se utilizaron los mismos procedimientos mencionados anteriormente, los cuales incluyen: eliminar las variables atípicas, incorporar otros puntos de muestreo y transformar la serie aplicando ya sea raíz cuadrada o logaritmos. Una vez que se cumple con la prueba de normalidad, se realizó la prueba estadística Tukey para comparar las medias de las variables analizadas e identificar si existen diferencias significativas entre éstas. Para concluir que existe igualdad en las medias de las variables y aceptar la H_0 , es necesario que la $p < 0.05$; en caso contrario cuando $p > 0.05$ se concluye que existen diferencias significativas.

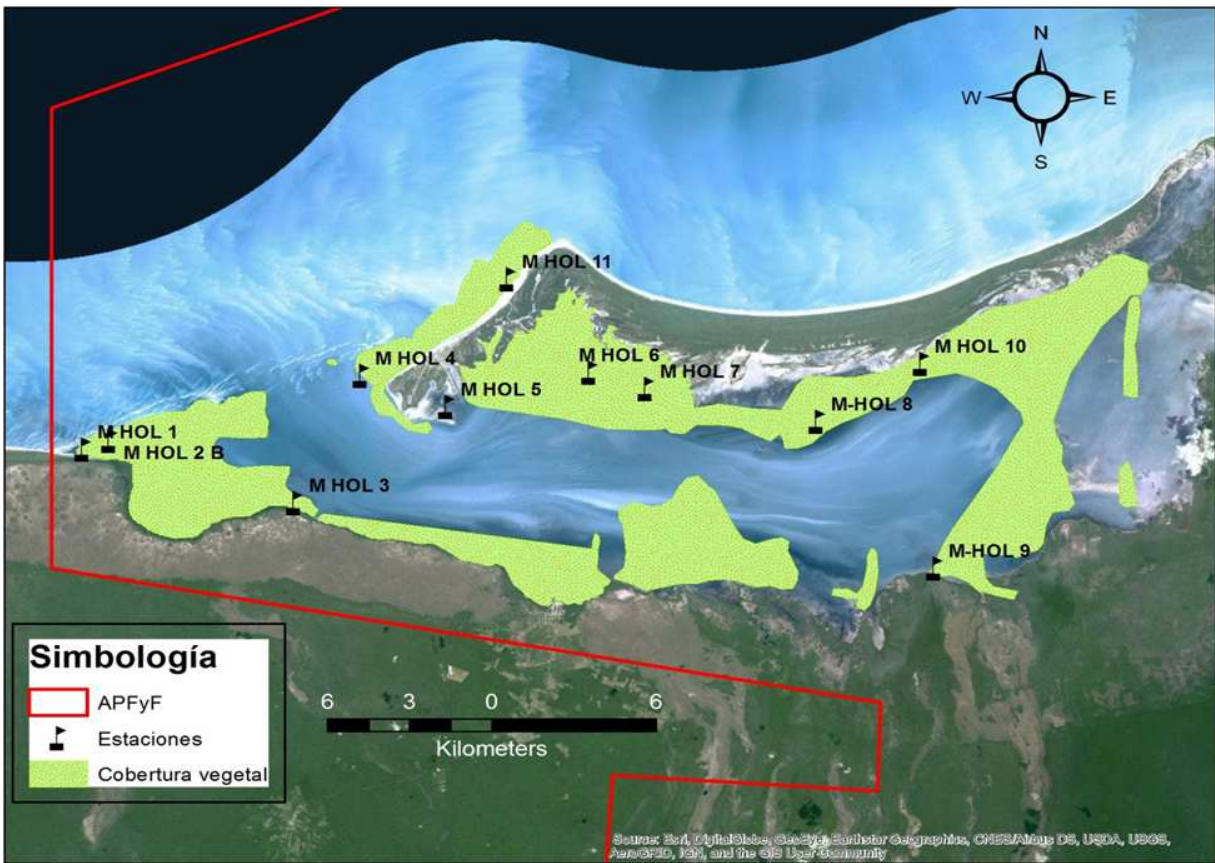
2.5.1.5. Determinación de estructura de edades

La edad estructura de edades de *T. testudinum* se hizo a partir de la técnica de la “Determinación de la edad” descrita por Duarte et al. (1994). Esta técnica se basa en el cálculo del intervalo de plastocrono (I.P.), ya que éste representa una estimación indirecta del tiempo. La edad por I.P. se determinó en los vástagos unidos al rizoma a partir del conteo del número de cicatrices foliares más las hojas presentes con ayuda de un microscopio estereoscópico. Esta reconstrucción de edad tomando en cuenta el número de hojas producidas por año, ya que la floración de *T. testudinum* ocurre una vez al año, y cuando esta se produce deja una cicatriz identificable en el vástago (Duarte et al., 1994).

2.6. Resultados y discusiones

Se han realizado investigaciones que plantean que las principales causas de la degradación de los pastos marinos se relacionan con las actividades antropogénicas y con el cambio climático, debido al incremento de la temperatura superficial, del nivel medio del mar y de la acidificación del agua de mar (Hernández *et al.* 2014). Los resultados de esta investigación son una aportación que permite documentar el área de distribución de las praderas de pastos dentro de la Laguna Yalahau en el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (APFFYB). Asimismo, tiene como fin generar información para que los tomadores de decisiones puedan utilizarla para acciones de protección o restauración de ecosistemas. El monitoreo de los pastos marinos representa una herramienta fundamental para medir el estado de conservación y las tendencias de las condiciones ambientales que influyen sobre las praderas. Esto es importante, ya que los pastos marinos son organismos sensibles a diferentes impactos lo que les confiere un valor como indicador de problemas ambientales. En este sentido, los mapas de distribución brindan una perspectiva de los hábitats a los diferentes actores interesados y ayudan para la gestión. El monitoreo es necesario también para evaluar la efectividad de cualquier acción dirigida a proteger o recuperar el ecosistema, así como identificar las fuentes de impacto potenciales. En la Figura 2.7, se observan las estaciones de muestreo, así como la distribución de la vegetación acuática sumergida detectada dentro de la Laguna Yalahau en la APFFYB.

Figura 2.7. Estaciones de muestreo y distribución de la vegetación acuática sumergida



Fuente: Laboratorio de Pastos Marinos de la UAM.

2.7. Composición florística

Las especies de pastos marinos que se distribuyen dentro de la Laguna Yalahau son: *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme*. La Vegetación Acuática Sumergida (VAS) constituida por los géneros: *Halimeda*, *Caulerpa* y *Penicillus*, así como especies de rodófitas y varias especies de invertebrados asociados a la VAS.

En la Tabla 2.2 se muestra la presencia/ausencia de las especies de pastos marinos encontrados en los puntos de muestreo, así como el registro de macroalgas asociadas a las praderas de pastos. En la estación 1 se registraron las especies *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, así como la presencia de diversas macroalgas; en las estaciones 2, 3, 5 y 8 se registraron las tres especies de pastos (*Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*,

Halodule wrightii) y macroalgas; en las estaciones 4 y 6 se identificaron las tres especies de pastos marinos (*Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii*) sin presencia de macroalgas; en las estaciones 7 y 10 sólo se registró *Thalassia testudinum*; y en la estación 9 *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii* y macroalgas.

Tabla 2.2 Presencia (●) /Ausencia (-) de las especies de pastos marinos y VAS dentro de la Laguna Yalahau.

Estación	<i>Thalassia testudinum</i>	<i>Syringodium filiforme</i>	<i>Halodule wrightii</i>	Macroalgas
Hol 1	●	●	-	●
Hol 2	●	●	●	●
Hol 3	●	●	●	●
Hol 4	●	●	●	-
Hol 5	●	●	●	●
Hol 6	●	●	●	-
Hol 7	●	-	-	-
Hol 8	●	●	●	●
Hol 9	-	●	●	●
Hol 10	●	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Tabla 2.2 la especie dominante fue *T. testudinum* por tener mayor distribución dentro de la Laguna Yalahau, sin embargo, hay que destacar que en la estación 9 no se registró la presencia de *T. testudinum* y están presentes las especie *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*, esto se explica mediante las clasificaciones de Kilminster (2015), quien define a *Syringodium filiforme* como una especie oportunista, con la capacidad de colonizar, producir semillas o plántulas persistentes y abundantes, y a *Halodule wrightii* como una especie colonizadora y oportunista que presentan rápido crecimiento y que presenta baja resistencia fisiológica a las perturbaciones pero se recuperan rápidamente. Por consiguiente, se puede suponer que la presencia de estas especies se explica por la presencia de alguna alteración a *T. testudinum* que es la especie persistente, que favoreció que se desarrollarán las especies *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii* en esta zona.

En la Tabla 2.3, se muestra la presencia de la especie *Thalassia testudinum*, en las tres temporadas de muestreo, lluvias, secas y nortes. En las estaciones 1, 3, 4, 5, 7 y 8 se encontró esta especie en las 3 temporadas de colecta. En la estación 2 sólo se presentó en la temporada de secas; en la estación 9 no se encontró la especie en ninguna temporada de muestreo, y en la estación 10 se registró para lluvias y nortes.

Tabla 2.3 Presencia (●) /Ausencia (-) de *Thalassia testudinum* en las tres épocas de colecta (Lluvias, Secas y Nortes)

Estación	<i>Thalassia testudinum</i>		
	Lluvias	Secas	Nortes
1	●	●	●
2	-	●	-
3	●	●	●
4	●	●	●
5	●	●	●
6	●	●	-
7	●	●	●
8	●	●	●
9	-	-	-
10	●	-	●

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2.4 muestra la presencia de la especie *Syringodium filiforme* en las tres temporadas de colecta. En la estación 1 se presentó la especie en secas y nortes; en la estación 2 y 8 se registró en la temporada de secas; en las estaciones 3, 4 y 5 se encontró en las tres temporadas; en la estación 6 se presentó en lluvias; para las estaciones 7 y 10 no se registró en ninguna de las temporadas, y en la estación 9 se registró en lluvias y nortes.

Tabla 2.4 Presencia (●) /Ausencia (-) de *Syringodium filiforme* en las tres épocas de colecta

Estación	<i>Syringodium filiforme</i>		
	Lluvias	Secas	Nortes
1	-	●	●
2	-	●	-
3	●	●	●
4	●	●	●
5	●	●	●
6	●	-	-
7	-	-	-
8	-	●	-
9	●	-	●
10	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la Tabla 2.5 muestra la presencia de la especie *Halodule wrightii* en las tres temporadas del año. En las estaciones 1, 7 y 10 no se encontró la especie en ninguna de las tres temporadas; en la estación 2 sólo se registró en la temporada de secas; en la estación 3 se encontró en lluvias y nortes; y en la estación 4 en secas y nortes. Cabe destacar que, sólo en la estación 5 se registró en las tres temporadas, y en las estaciones 6 y 8 se encontró en nortes.

Tabla 2.5. Presencia (●) /Ausencia (-) de *Halodule wrightii* en las tres épocas de colecta.

Estación	<i>Halodule wrightii</i>		
	Lluvias	Secas	Nortes
1	-	-	-
2	-	●	-
3	●	-	●
4	-	●	●
5	●	●	●
6	-	-	●
7	-	-	-
8	-	-	●
9	●	-	●
10	-	-	-

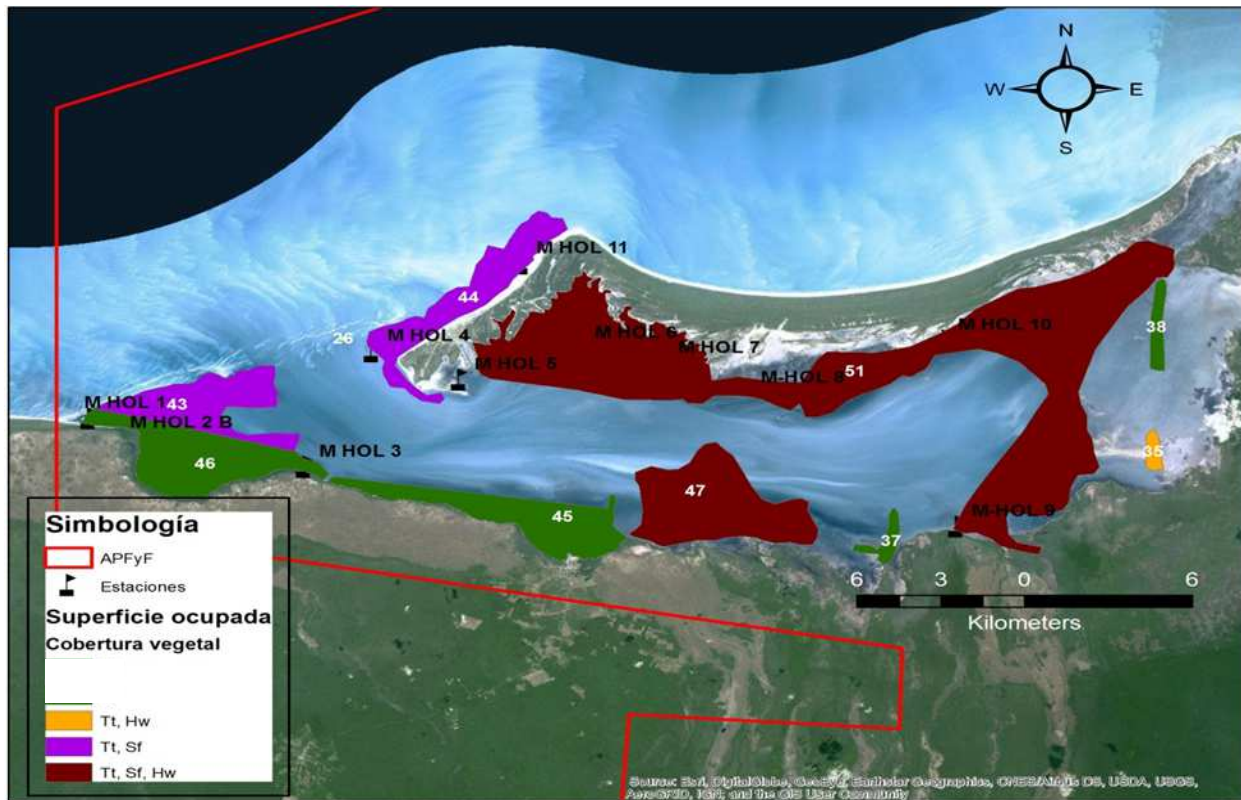
Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la Figura 2.8 *T. testudinum* es la especie dominante, seguida de *Syringodium filiforme* y finalmente *Halodule wrightii*. Kilminste *et al.*, (2015) menciona que los pastos marinos son un grupo exitoso ecológicamente, ya que actúan como especies fundadoras, las cuales definen la estructura de la comunidad al crear condiciones estables para otras especies. Al respecto, Fuentes (2015) identifica que *T. testudinum* tiene mayor resistencia al cambio de nutrientes y a las salinidades que algunas macroalgas, tales como *Caulerpa paspaloides var. wurdemanni*. Sin embargo, ante algún cambio extraordinario su capacidad de recuperación es baja, por lo presenta alta vulnerabilidad a disturbios antropogénicos.

En este sentido, la especie dominante en distribución es *Thalassia testudinum*, la cual podría actuar como especie indicador de impacto ambiental dentro de la laguna considerando que las estaciones donde se encontró es una zona bien conservada. Como lo definió Kilminster (2015), *Thalassia testudinum* es una especie persistente que presenta rotación prolongada de los ramets que va de meses a años y que alcanzan la madurez sexual más lentamente (pudiendo tardar varios años), el esfuerzo reproductivo para la producción de semillas no compromete el crecimiento vegetativo, y generalmente no se forman bancos de semillas. *Thalassia testudinum* forma un tipo de pradera clasificada como perdurable, lo cual significa que estas son persistentes a lo largo del tiempo, aunque puede haber variaciones temporales en la composición de la especie, abundancia y fenología.

Por otro lado, *Syringodium filiforme* está clasificada como una especie oportunista, que tienen la capacidad de colonizar, producir semillas o plántulas persistentes y significativas, así como la capacidad de recuperarse rápidamente. En el caso de *Halodule wrightii*, se trata de una especie colonizadora y oportunista que presentan rápido crecimiento, tiempos cortos para la rotación de los ramets, la madurez sexual se alcanza rápidamente, y presentan alta inversión en la reproducción de semillas latentes. También, tienen una habilidad para construir un banco de semillas, aunque son de corta duración, tienen baja resistencia fisiológica a las perturbaciones pero se recuperan rápidamente. En el caso de *Syringodium filiforme* *Syringodium* y *Halodule wrightii* forman praderas transitorias, que no persisten en el tiempo; en algunos periodos estarán presentes cuando las condiciones ambientales sean favorables, y otras veces presentaran una disminución o habrá ausencia de ellas.

Figura 2.8 Mapa de distribución de las especies de pastos marinos que se encuentran en la Laguna Yalahau.



Fuente: Laboratorio de Pastos Marinos de la UAM.

A continuación, se abordan los resultados de los parámetros medioambientales.

2.8. Parámetros medioambientales

Las variables ambientales analizadas en la Laguna Yalahau fueron la temperatura, salinidad, pH y profundidad, dado que se consideró que son las variables más afectadas por las condiciones de cada temporada, y en conjunto estas variables contribuyen al buen estado de salud de las praderas de pastos marinos. La Tabla 2.6 detalla los resultados de los promedios de las variables ambientales medidas en la Laguna Yalahau en tres temporadas de muestreo: secas, lluvias y nortes.

Tabla 2.6. Variables ambientales* de la Laguna Yalahau en las tres temporadas de muestreo

Parámetro ambiental	Secas	Lluvias	Nortes
Temperatura (°C)	27.27	29.54	26.03
pH	8.41	8.03	8.09
Salinidad (ups)	40.35	37.36	38.27
Profundidad	1.75	1.31	1.28

*Valor promedio de la temporada
Fuente: Elaboración propia.

Kilminster (2015) identificó que las praderas mueren cuando las condiciones ambientales como la temperatura o la luz, cambian fuera de la tolerancia de la especie, entonces las praderas pueden o no restablecerse a partir de semillas, cuando regresan las condiciones ambientales favorables. El sitio de estudio presenta diferencias climáticas y fenómenos meteorológicos como nortes, huracanes y ciclones (Díaz *et al.*, 2009); estas condiciones determinan la concentración de nutrientes y salinidad en el agua, así como cambios en la temperatura, pH y profundidad a la que podemos encontrar los pastos marinos.

Se ha reportado que la especie *T. testudinum* tolera generalmente temperaturas entre 20°C y 36°C (van Tussenbroek *et al.*, 2006). La profundidad es también una variable importante, ya que la distribución de los pastos marinos está controlada principalmente por la disponibilidad de luz; de acuerdo con van Tussenbroek *et al.* (2006), *T. testudinum* se puede encontrar entre uno y dos m de profundidad en aguas turbias, y hasta 10 m en aguas claras.

La condiciones de salinidad donde se distribuyen las praderas de pastos pueden variar dependiendo de la temporada del año, después de largos períodos de lluvia, durante la estación húmeda en climas tropicales (Santelices *et al.* 2002) o después de eventos de lluvia o tormenta a gran escala. La salinidad es uno de los factores ambientales detectados por Orth *et al.* (2000) que influyen en la germinación de semillas por el aumento de la absorción de agua que resulta en la hidratación del tejido y la división de la cubierta de la semilla (Loques *et al.*, 1990). También, hay evidencia de que la germinación en salinidades bajas puede tener un efecto negativo en la morfología y el crecimiento de las plántulas, en comparación con las

salinidades más altas (Xu et al., 2016). Cabe señalar que, las condiciones de salinidad reportadas en laboratorio a menudo no se asemejan a las condiciones reportadas en campo (i.e., Tussenbroek et al. (2006) observó que aunque el rango óptimo de salinidad se encuentra entre 24 y 35 ups, la especie *T. testudinum* tolera rangos desde 5 hasta 60 ups); esto sugiere que los rangos de salinidad típicamente utilizados en estudios de laboratorio no son a menudo observados in situ.

Montague y Ley (1993) y Hanisak (2001) observaron que las fluctuaciones de salinidad en la Bahía de Florida afectaron la abundancia de pastos marinos de la zona. De manera similar, Phillips (1960) encontró que la cobertura de *Halodule wrightii* disminuyó cuando la salinidad alcanzó valores por debajo de 17 psu. No sólo bajas concentraciones afectan a las praderas de pastos marinos, sino también las altas concentraciones, debido a dos efectos: estrés osmótico y toxicidad iónica (Munns, 2008). Estos efectos impactan en las relaciones hídricas de las plantas, las concentraciones de iones en el citoplasma y la vacuola, y en los procesos metabólicos como el crecimiento y la fotosíntesis.

En relación con las condiciones ambientales de pH, los pastos marinos viven en agua de mar con un pH de 8.0–8.2 (Larkum et al. 2006; Koch et al. 2013; Borum et al. 2016). En la actualidad no hay evidencia de distribución de las praderas de pastos marinos en zonas con aguas acidificadas y eutrofizadas (Raven y Hurd, 2012). Hemminga y Duarte (2008) reportan que las praderas de pastos marinos suele tener fluctuaciones de pH como resultado de los procesos metabólicos del ecosistema, y estas fluctuaciones están relacionadas con los cambios en las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) y bicarbonato (HCO_3^-) en el agua; estos factores son importantes para la actividad fotosintética. Se tiene evidencia que existe una respuesta a los aumentos de pH en la fotosíntesis, según los experimentos de Invers (1997) para las especies *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa* se identificó que pueden existir fluctuaciones diarias de pH dependiendo de la especie y sus procesos de fotosíntesis. Por ejemplo, el pH cercano a la superficie de la hoja puede ser diferente del pH en la columna de agua; también durante el día, el pH en la superficie aumenta debido a la eliminación fotosintética de CO_2 ; mientras que durante la noche se registra una disminución en los valores de pH (Hurd et al., 2009).

La vulnerabilidad a la acidificación de los océanos solo puede compensarse con ecosistemas metabólicos intensos capaces de eliminar el CO_2 (Duarte et al., 2013). Las praderas de

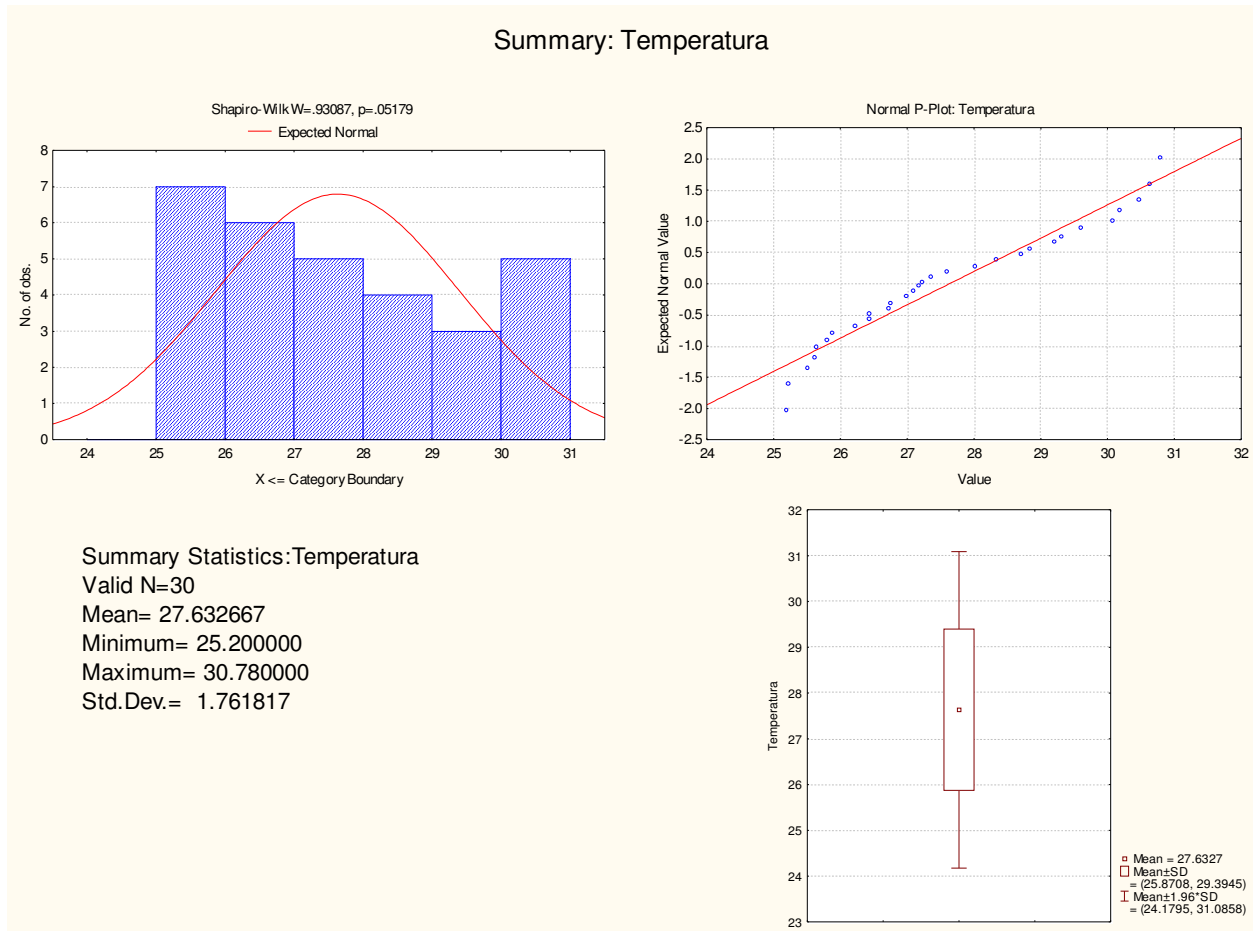
Posidonia oceanica contribuyen a aliviar los impactos de la acidificación del océano, ya que según Hendriks et al., (2014) son capaces de modificar el pH en la columna de agua entre 0.2– 0.7 unidades de pH diurnamente, a través de la actividad fotosintética y metabólicas. Asimismo, Frankignoulle y Distèche (1984), Frankignoulle y Bouquegneau (1990) e Invers et al. (1997), reportaron variaciones diarias de pH de 8.2 a 8.4 en *Posidonia oceanica* y de 8 a 9 en *Zostera noltii*, observando una disminución en la fotosíntesis con el incremento del pH, el cual está relacionado con los cambios en la disponibilidad del CO₂ disuelto (Mijangos, 2018).

Al revisar el estado del arte sobre los parámetros ambientales óptimos para las distribución y salud de las praderas de pastos marinos, específicamente para la especie *Thalassia testudinum* no se encontró información para la zona de estudio. Por ello, se considera relevante avanzar en la generación de información que contribuya a la conservación de la especie y conocer los impactos que pudiera tener la variación de estos parámetros en la salud de la misma.

2.8. a. Temperatura

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la temperatura en los 10 puntos de muestreo en las tres temporadas mencionadas (i.e, secas, lluvias y nortes), presentaron una $p=0.05179$ (SW=0.93087, $p>0.05$). De manera estricta, este parámetro no cumple con la prueba de normalidad con un nivel de confianza de 95%, aunque si de 94%. Cuando se realizó el procedimiento para normalizar la serie, los resultados estadísticos empeoraban, por lo que se tomó la decisión de no transformarla, ya que el nivel de confianza es muy cercano al establecido (95%) (Figura 2.9).

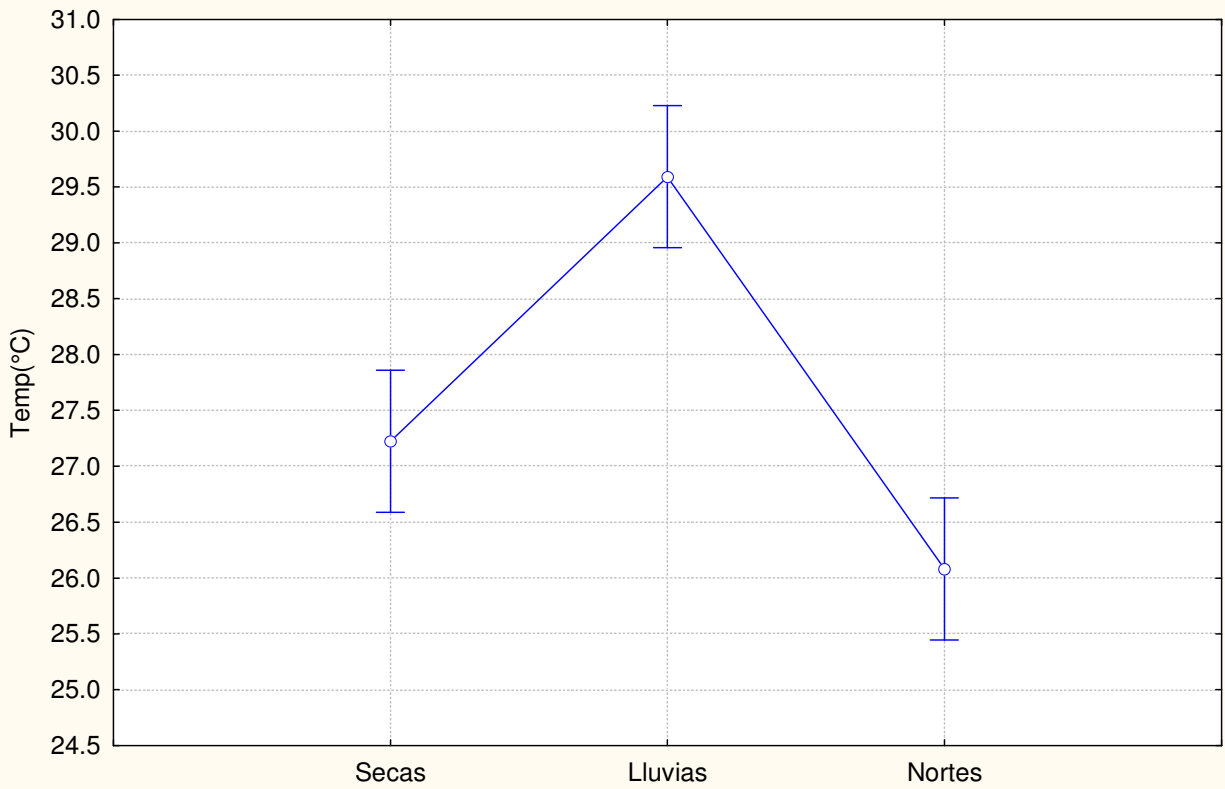
Figura 2.9 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la temperatura



Al analizar las diferencias en las medias de las temperaturas para las temporadas estudiadas por medio de la prueba Tukey, se identifica de manera general que no existen diferencias significativas ($F=2389$, $p<0.01$) (Figura 10). En la época de secas se presentó una media de $27.27\text{ }^{\circ}\text{C}$ pero los valores más altos de temperatura se observaron en la época de lluvias ($29.54\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Tabla 2.7.1); esto pudiera ocurrir porque en los meses de junio y agosto se presenta la canícula que es la temporada del año más calurosa (Orellana *et. al.*, 2009), debido a que los días son más largos y hay un mayor tiempo de exposición a la radiación solar. La media de temperatura más baja se presentó en la época de nortes ($26.03\text{ }^{\circ}\text{C}$) que ocurre en los meses de marzo a octubre; esta temporada se caracteriza por presentar fenómenos meteorológicos como huracanes y ciclones (Orellana *et. al.*, 2009). Dada la variabilidad de temperatura ($26\text{--}28\text{ }^{\circ}\text{C}$) encontrada en la Laguna Yalahau se considera que se encuentra dentro del rango

óptimo de temperatura para el crecimiento de la especie de estudio reportado por van Tussenbroek *et al.*, (2006), quienes identifican que la especie se distribuye en temperaturas con un rango de 20°C a 36°C. Esto es importante, ya que la temperatura influye en la fisiología de los pastos y es el principal factor estacional que puede determinar la expresión anual en el crecimiento, especialmente en la floración y germinación de los pastos marinos (Short *et al.*, 2001).

Figura 2.10 Temperatura promedio en las temporadas de muestreo dentro de la Laguna Yalahau



2.8. b. pH

Se realizó la prueba de normalidad *Shapiro-Wilk* para el parámetro pH, rechazándose la H_0 de normalidad (SW=0.94764, $p=0.14613$) (Figura 2.11). Por consiguiente, se realizó el procedimiento mencionado en la sección metodológica para transformar los datos. En el caso de esta variable, se utilizó una transformación logarítmica (\log_{10}) para mejorar la calidad de la información, con el fin de que siguiera una distribución lo más cercana a la normal ($p=0.07852$), aunque se probó eliminar las observaciones atípicas y transformar los datos utilizando la raíz cuadrada. Cabe mencionar, que este resultado pone en evidencia que existen problemas en la información del muestro para este parámetro, lo cual requiere revisión (Figura 12).

Figura 2.11 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para pH (sin transformar)

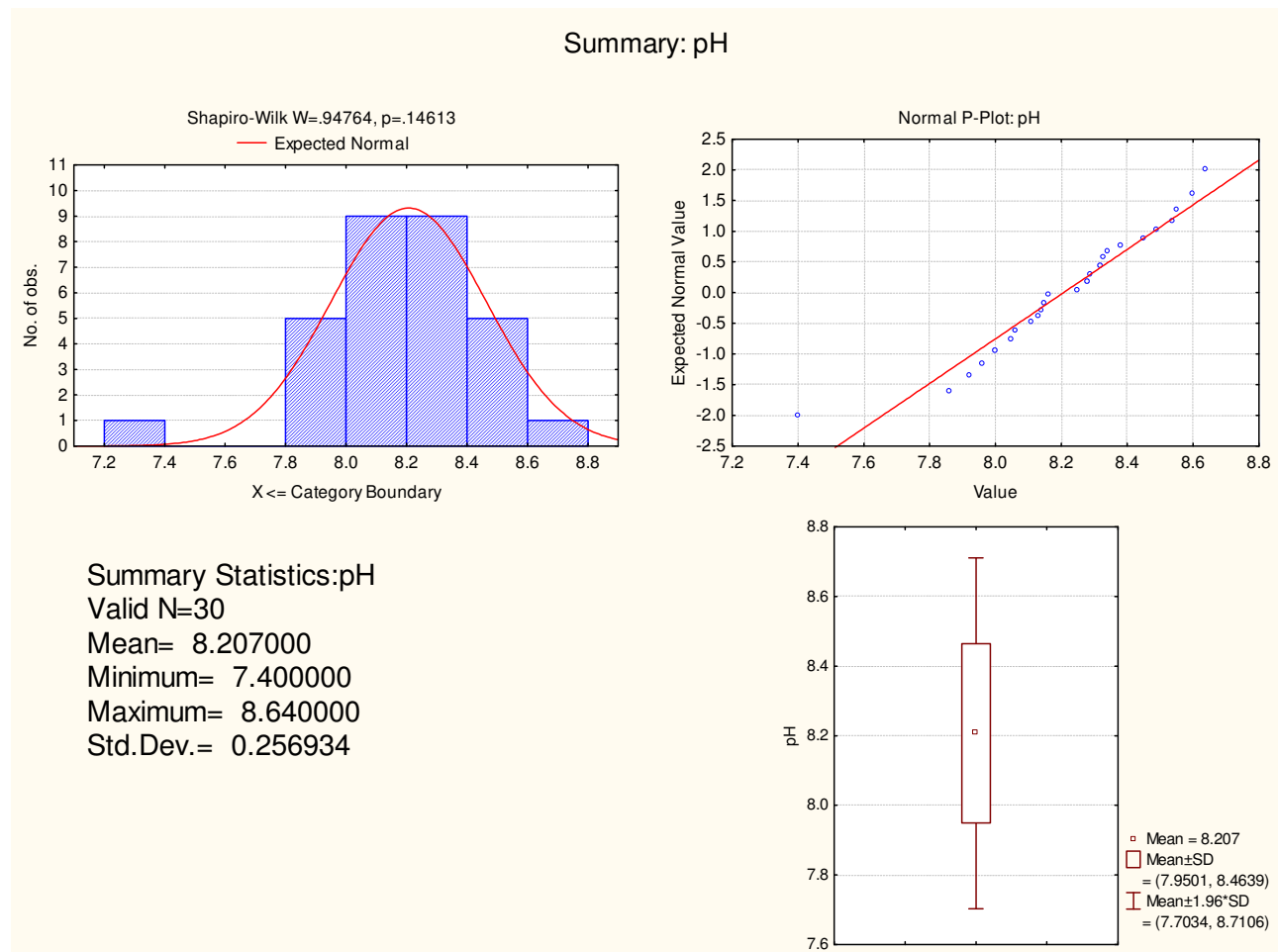
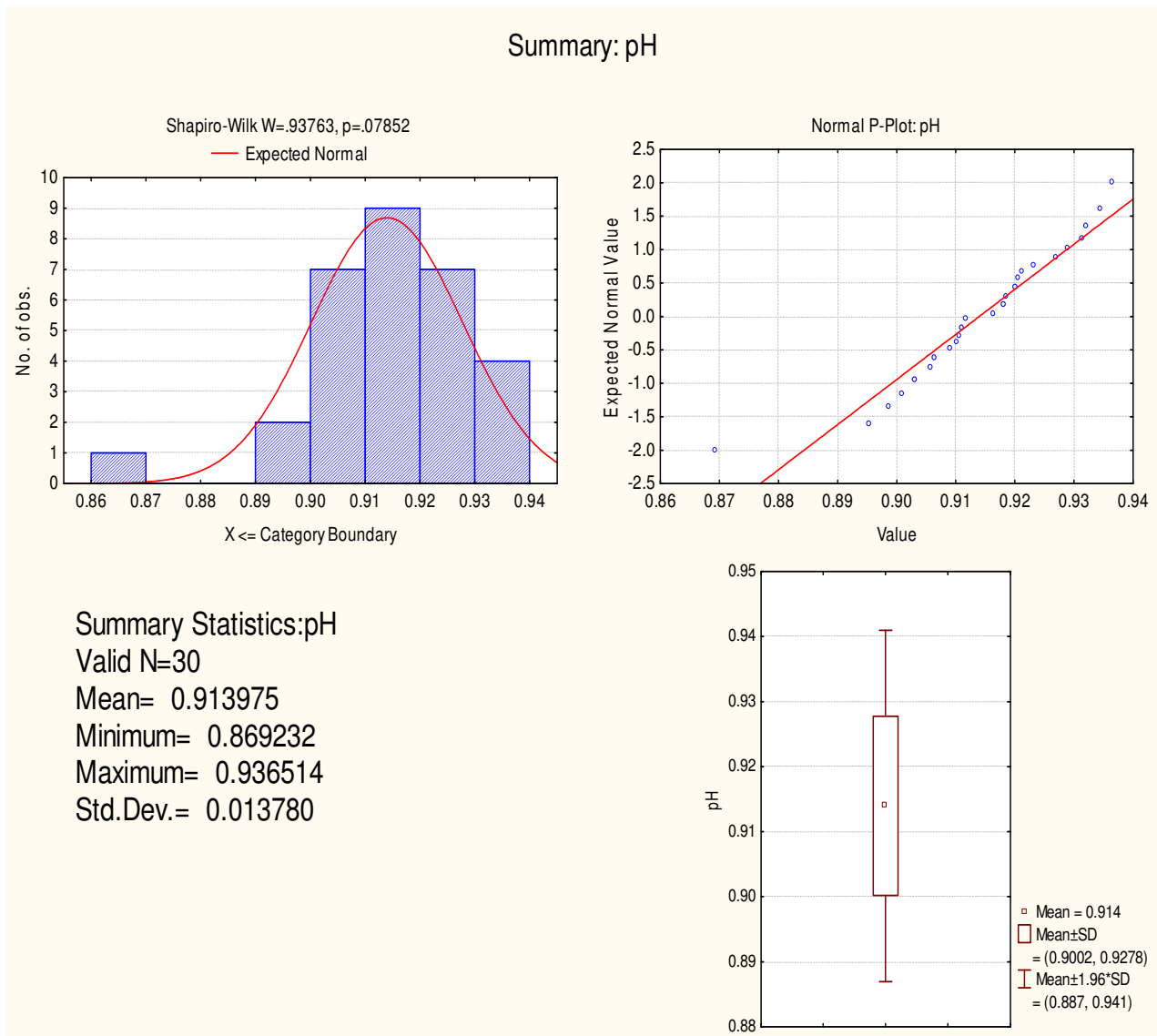


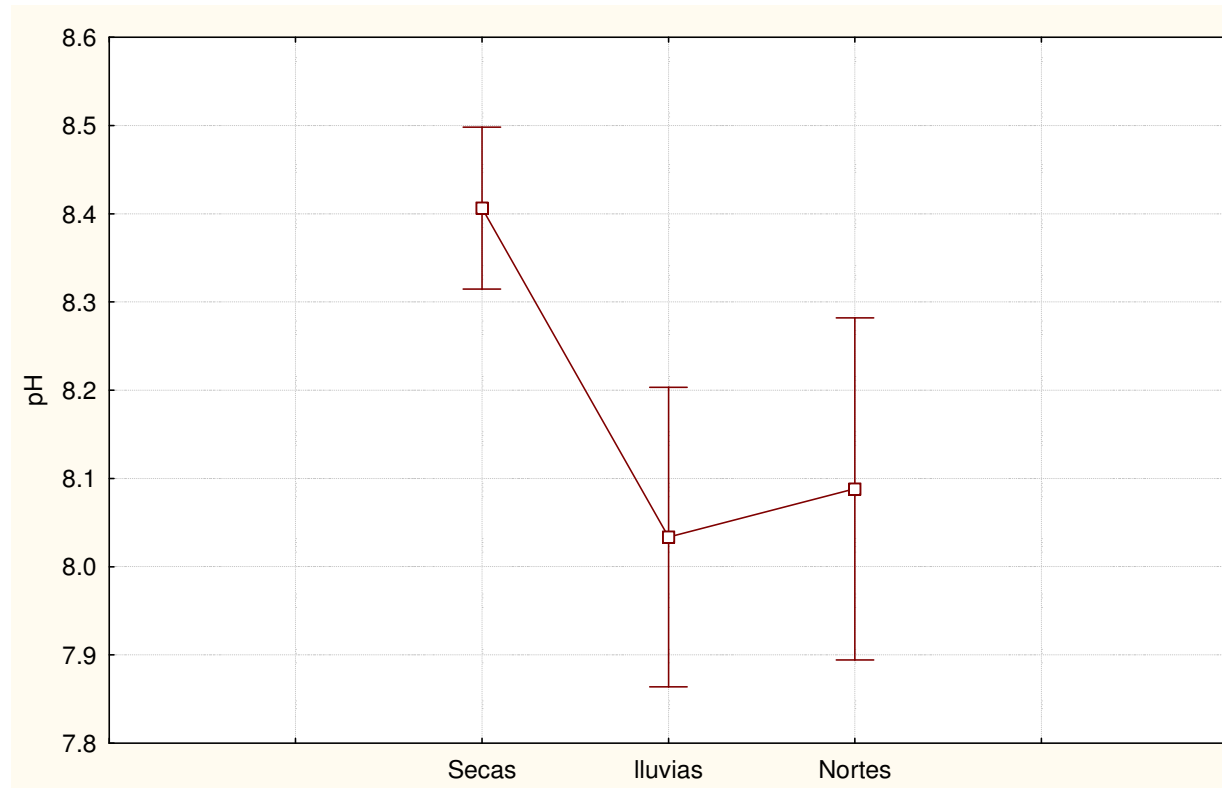
Figura 2.12 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para pH (con transformación)



Al analizar el comportamiento de las medias de los valores de pH por medio de la prueba Tukey, se encontró que no existen diferencias significativas ($F=8.9994$, $p= 0.00101$) (Figura 2.13). Los resultados de pH dentro de la Laguna Yalahau mostraron que la media más alta se encuentra en la temporada de secas donde el pH fue de 8.4, mientras que en la temporada de lluvias el pH fue de 8.03, y en la temporada de nortes de 8.09; en estas dos últimas temporadas no hubo variaciones considerables (Tabla 2.6). Lo anterior, coincide con lo identificado por

Hemminga y Duarte (2008), quienes mencionan que las praderas de pastos marinos suele tener fluctuaciones de pH como resultado de los procesos metabólicos del ecosistema y estas fluctuaciones están relacionadas con los cambios en las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) y el bicarbonato (HCO_3^-) en el agua, estos factores son importantes para la actividad fotosintética. Las diferencias en las medias están dentro de los rangos de fluctuación identificados por Hendricks et al. (2014), que van entre 0.2 a 0.7 unidades de pH. Se tiene evidencia que existe una respuesta a los aumentos de pH en la fotosíntesis, según los experimentos de Invers (1997) para las especies *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa* donde reportó que pueden existir fluctuaciones diarias de pH dependiendo de la especie y sus procesos de fotosíntesis. Cabe mencionar, que se registró en el punto 1 de muestreo durante la temporada de lluvias un valor atípico de 7.4 unidades de pH, el cual se atribuye potencialmente a dos causas: la primera asociada a un error de medición y la segunda que podría ser resultado de la presencia de contaminación que incrementa la cantidad del CO_2 disuelto, favoreciendo una mayor acidificación. En ambos casos, se requiere revisar la información de este punto para su validación.

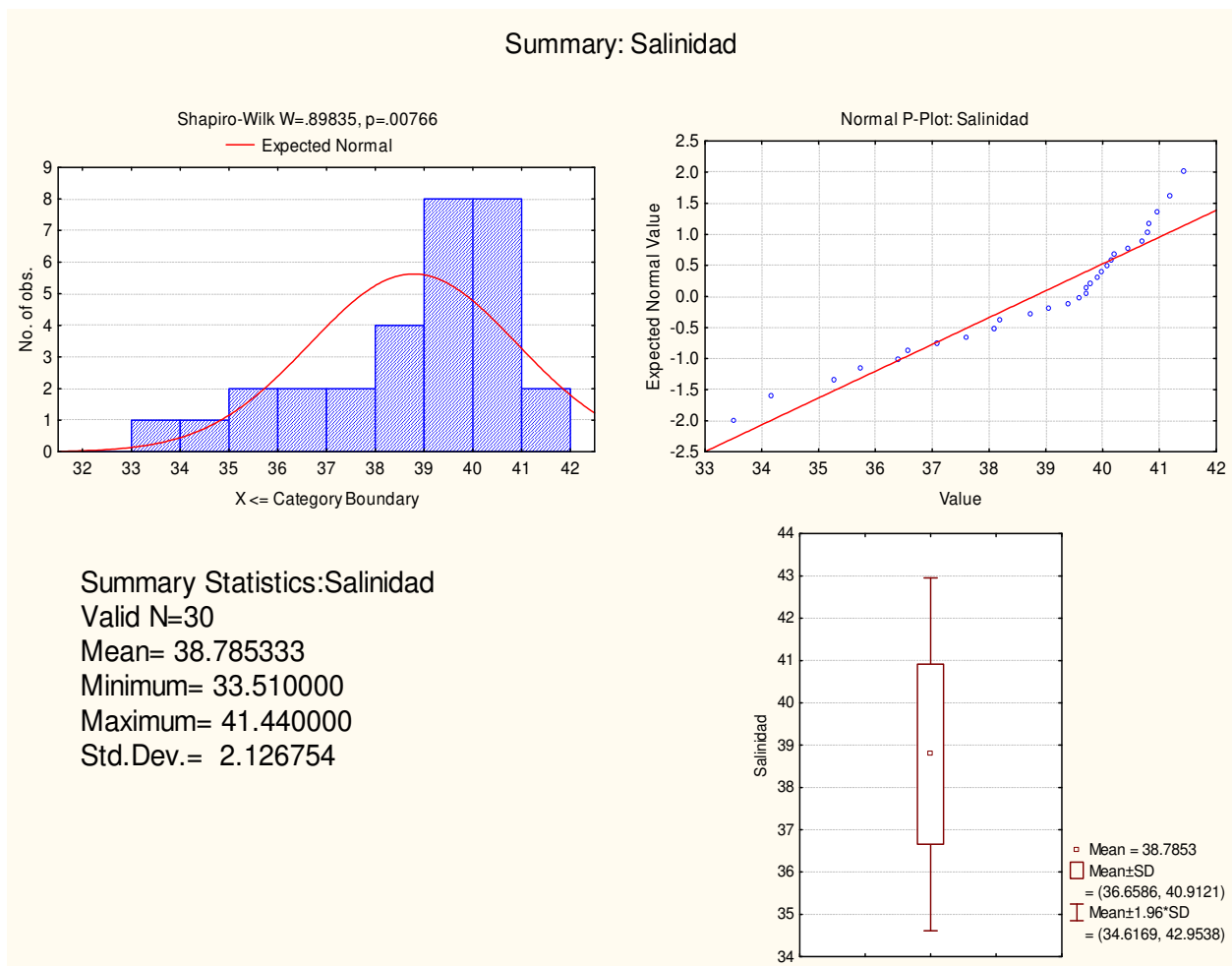
Figura 2.13 pH promedio en las temporadas de muestreo dentro de la Laguna Yalahau



2.8. c. Salinidad

Al igual que en los parámetros ambientales anteriores, se corrió la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la variable de salinidad, la cual sigue una distribución normal (SW=0.89853, p=0.00766), por lo que no se requiere de ningún tratamiento en los datos para analizar si existen diferencias significativas en las medias de la salinidad en las temporadas analizadas (Figura 2.14).

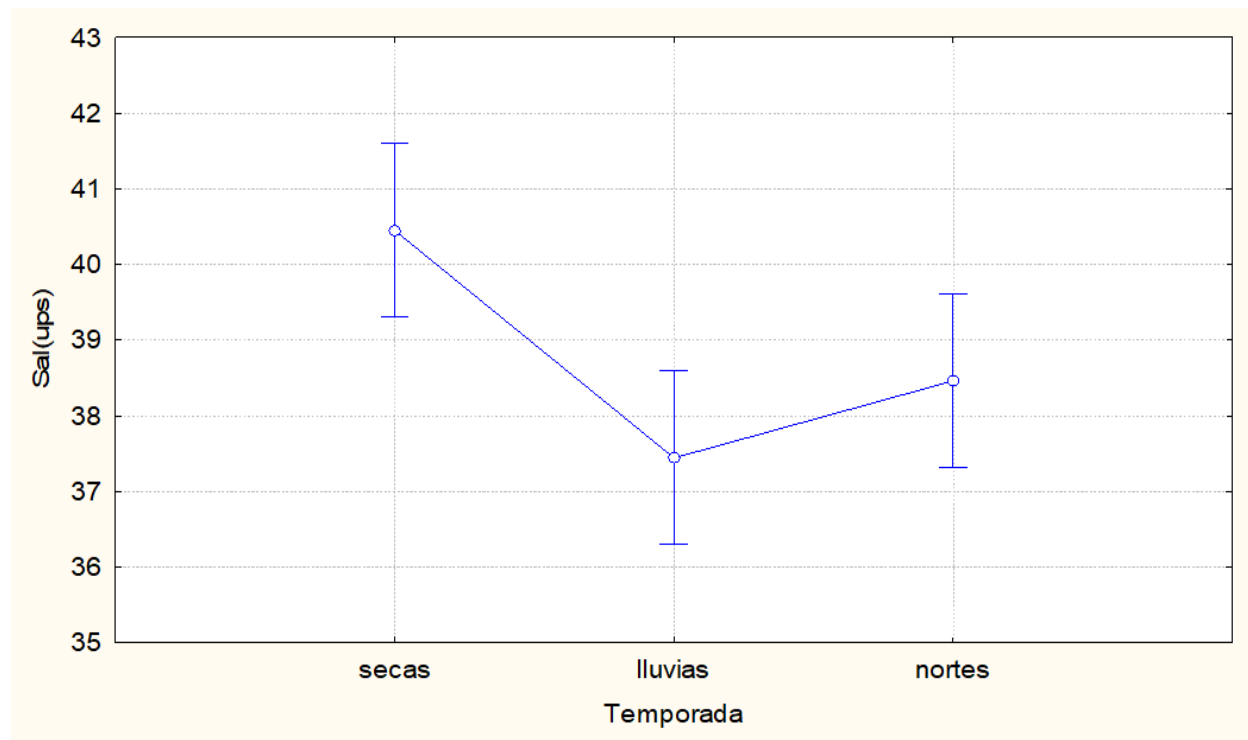
Figura 2.14 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la salinidad



Con respecto a si existen diferencias significativas en las medias de la salinidad en las temporadas estudiadas por medio de la prueba Tukey, se identifica que no existen diferencias significativas ($F=7.4757$, $p=0.00261$) (Figura 2.15). En la época de secas se presentó una

media de 40.35 ups, registrándose en esta temporada los valores más altos de salinidad; para la temporada de lluvias la salinidad media ascendió a 37.36 ups y para la de nortes 38.27 ups), lo anterior coincide con los aportes de agua de lluvia hacia la laguna en las temporadas de lluvias y nortes (Tabla 2.6). Este resultado pone en evidencia que, durante el periodo de secas, la evaporación favorece la mayor concentración de iones en la columna de agua. Sin embargo, los valores de salinidad en la zona se consideran óptimos según lo reportado para la especie *Thalassia testudinum* por van Tussenbroek et al. (2006). Aunque el rango óptimo de salinidad se encuentra entre 24 y 35 ups, la especie tolera rangos desde 5 hasta 60 ups, de manera que la pradera de pastos marinos que se desarrollan dentro de la Laguna Yalahau se encuentra dentro del rango óptimo de salinidad para su crecimiento y desarrollo. Cabe mencionar, que esta especie tiene una elevada tolerancia a las variaciones en la salinidad, debido a que otras especies registran una elevada mortalidad para valores menores a los 17 ups y superiores a los 45 ups (Munns, 2002). Esto en parte explica, que *Thalassia testudinum* sea clasificada como una especie permanente, por lo que su desaparición se atribuye no a factores ambientales de origen natural, sino más bien resultado de intervenciones de tipo antropogénico.

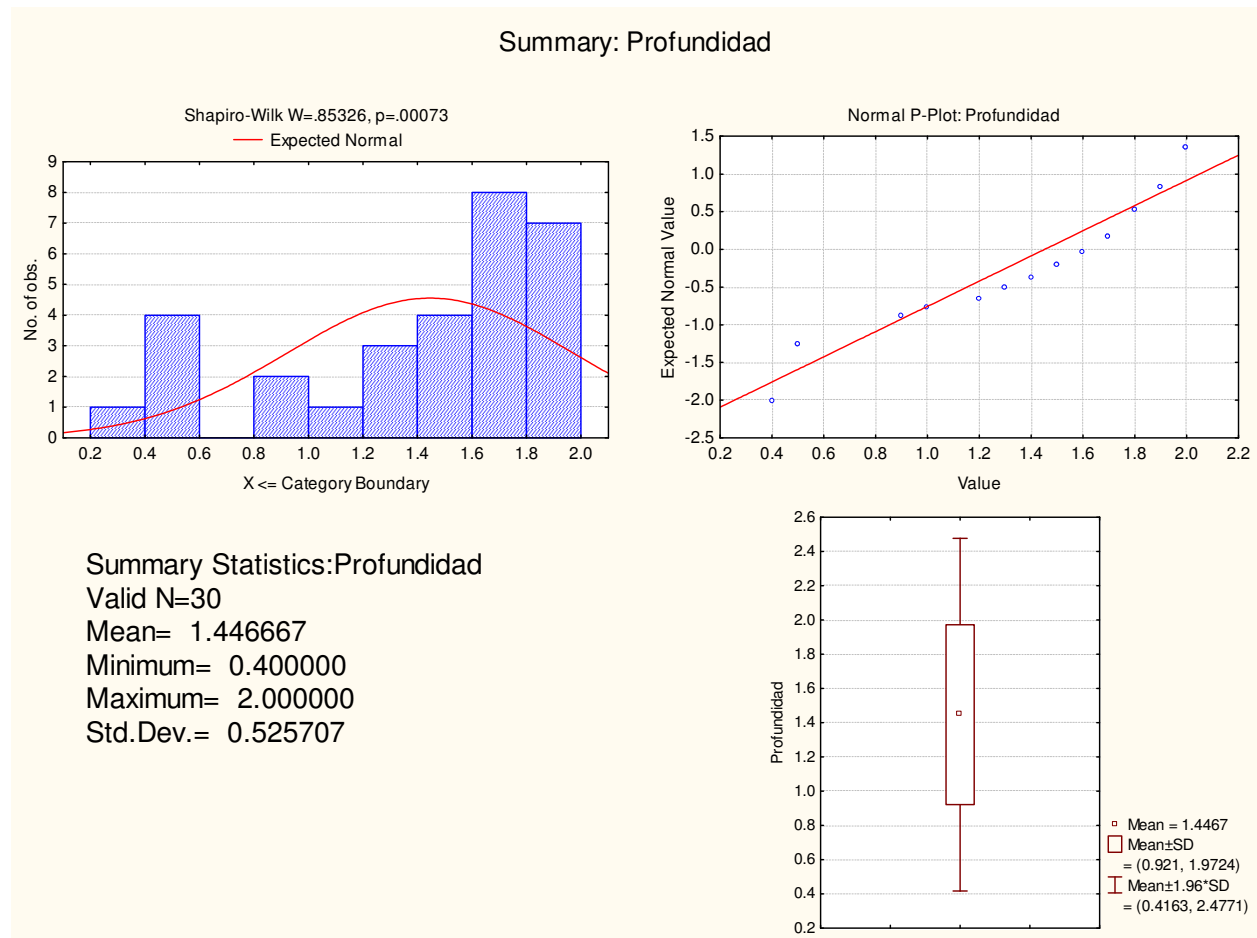
Figura 2.15 Salinidad promedio en las temporadas de muestreo dentro de la Laguna Yalahau



2.8. d. Profundidad

Al igual que en los parámetros ambientales anteriores, se corrió la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la variable de profundidad, la cual sigue una distribución normal (SW=0.85326, p=0.00073) (Figura 2.16). Por lo anterior, se puede estimar la prueba Tukey sin que se requiera un tratamiento de la información.

Figura 2.16 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la profundidad

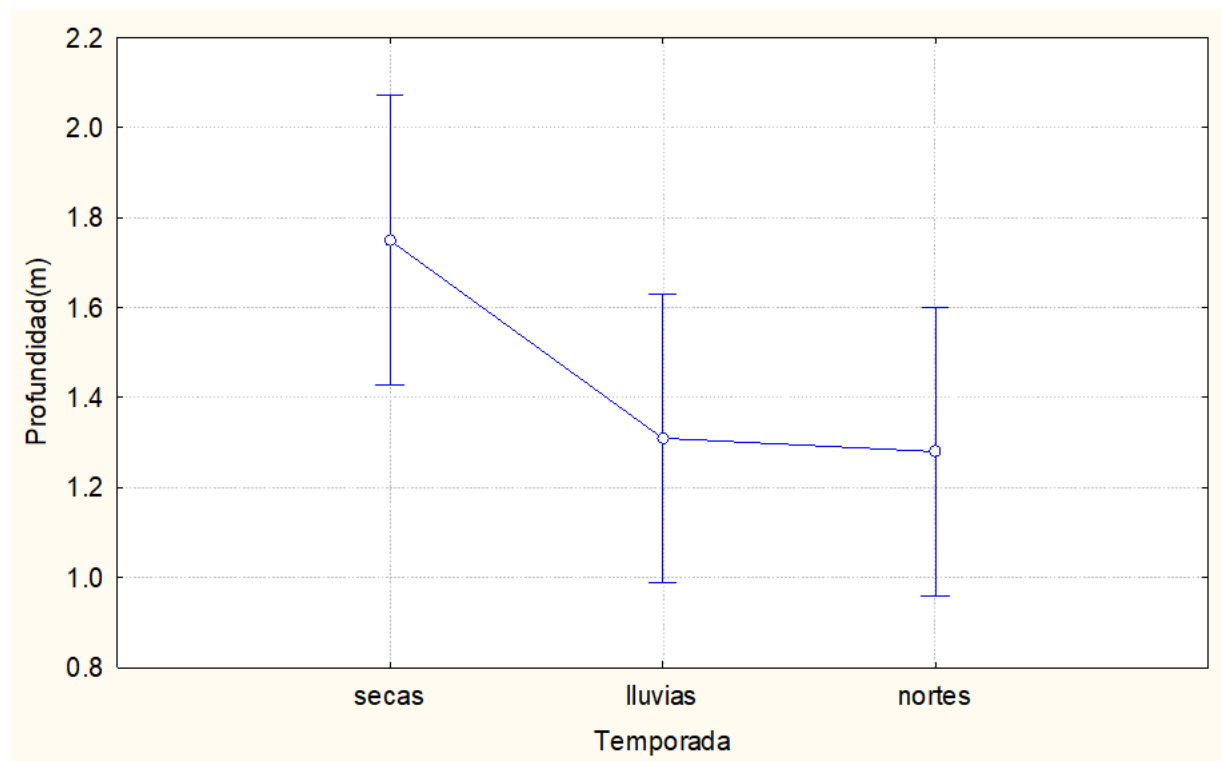


Para determinar si existen diferencias significativas en las medias de la profundidad en las temporadas estudiadas, se estimó la prueba Tukey, en la cual se concluye que no existen diferencias significativas ($F=2.8195$, $p=0.07726$) (Figura 2.17). La profundidad media más alta se presentó en la época de secas con 1.75 metros, en la época de lluvias se registró una

profundidad promedio de 1.31 metros, y en la época de nortes de 1.28 metros (Tabla 2.6). La profundidad es una de las variables más importantes en la distribución de los pastos marinos, ya que determina la disponibilidad de luz para la fotosíntesis. Según lo reportado por van Tussenbroek et al. (2006), *T. testudinum* se puede encontrar de uno a dos m de profundidad en aguas turbias y hasta 10 m en agua clara, por lo que los resultados obtenidos en cuanto a distribución de esta especie dentro de la Laguna de Yalahau coinciden con lo reportado en la literatura dentro de los rangos óptimos de profundidad tanto en aguas turbias como claras. Por ende, estos resultados ponen en evidencia, que este ecosistema se encuentra en condiciones de profundidad adecuadas, que le permiten realizar las funciones fotosintéticas requeridas para mantener un crecimiento óptimo

La laguna Yalahau tiene una longitud de 32 km y abarca un área total de 312 km², se caracteriza por presentar estrechas áreas someras sobre su margen interno, la profundidad media de 2.0 m Ordóñez et al (2005).

Figura 2.17 Profundidad promedio en las temporadas de muestreo dentro de la Laguna Yalahau



2.9. Biomasa

2.8.1. Biomasa *Thalassia testudinum*

La biomasa aérea promedio de *Thalassia testudinum* fue de 720.70 gPS/m², la estación con la mayor biomasa aérea fue la 8 con 161.90 gPS/m², la menor fue la estación 2 con 5.90 gPS/m², y en la estación Hol 9 no se encontró la especie. En el caso de la biomasa subterránea promedio de *Thalassia testudinum*, ésta fue de 881.20 gPS/m², siendo la estación 10 la mayor con 209.80 gPS/m² y la 5 la menor con 20.00 gPS/m² (Tablas 2.7 y 2.8). Las poblaciones de pastos marinos de la zona de estudio reciben aportaciones constantes de nutrientes por la interacción entre el mar y la laguna, esto implica una mayor movilidad de sedimento, mayor turbidez de la columna de agua, y además mayor aporte de nutrientes. La biomasa de los pastos marinos es un fuerte indicador de la producción de éstos en la Laguna Yalahau, ya que las praderas cuentan con una importante capacidad de almacenamiento de materia orgánica. Lo anterior, se pone en evidencia en que la biomasa subterránea de *T. testudinum* en la mayoría de los casos supera a la biomasa aérea, indicando su potencial de permanencia y acumulación a largo plazo, y sus contribuciones en el secuestro de carbono. Esto ocurre porque la materia subterránea sirve como reservorio fotosintético que soporta el crecimiento de la planta y mantiene otros tejidos durante periodos de baja producción fotosintética e incluso puede generar CO₂ en rizomas y raíces, que pueden ser utilizado por las hojas como recurso de carbono (Gallegos, 2010).

La estación que presenta la mayor concentración de biomasa tanto área como subterránea de la especie *Thalassia testudinum* fue la estación 8 con 319.2 gPS/m², mientras que la estación con menor biomasa total fue la estación 2 con 16.1 gPS/m². Es importante señalar que la estación 8 registra la presencia de las tres especie de pastos (*T. testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*), y en el caso de la especie *Thalassia testudinum*, ésta se identificó en las tres temporadas de colecta (Lluvias, Secas y Nortes) lo cual pone en evidencia que se trata de la especie dominante en esta área. Las diferencias en la presencia de biomasa en las estaciones de muestreo en parte obedecen a la realización de actividades antropogénicas, que incluye desde la pesca, el dragado de canales y la existencia de asentamientos humanos cercanos a los puntos de colecta. En el caso de la estación 8, se trata de un área no habitada y

poco intervenida, por lo que la biomasa constituye un bioindicador de la situación de conservación de la especie.

De manera similar, en la estación 9 no se registró la presencia de *T. testudinum* y están presentes las especie *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*. Lo anterior, debido a que la especie dominante *T. testudinum* ha sufrido un declive por factores ambientales y antropogénicos, al encontrarse este punto de muestreo cerca del puerto Chiquilá. En el caso de *Syringodium filiforme* se trata de una especie oportunista, mientras que *Halodule wrightii* de una especie colonizadora y oportunista con base en la clasificación realizada por Kilminster (2015). La Tabla 2.7 describe el promedio de la biomasa aérea de la especie *Thalassia testudinum* y la 2.8 de la biomasa subterránea. La Figura 2.18 detalla la participación de la biomasa área y subterránea por punto de muestreo.

Tabla 2.7. Promedio biomasa aérea de *Thalassia testudinum*.

Estación	Biomasa Aérea <i>Thalassia testudinum</i> (gPS/m ²)			Total (gPS/m ²)
	Secas	Lluvias	Nortes	
1	29.70	36.60	32.10	98.40
2	-	5.90	-	5.90
3	20.70	42.00	18.40	81.10
4	58.40	9.30	15.40	83.10
5	10.00	0.70	14.50	25.20
6	53.90	43.20		97.10
7	22.30	21.30	23.90	67.50
8	64.30	63.50	34.10	161.90
9	-	-	-	-
10	28.30	-	72.20	100.50

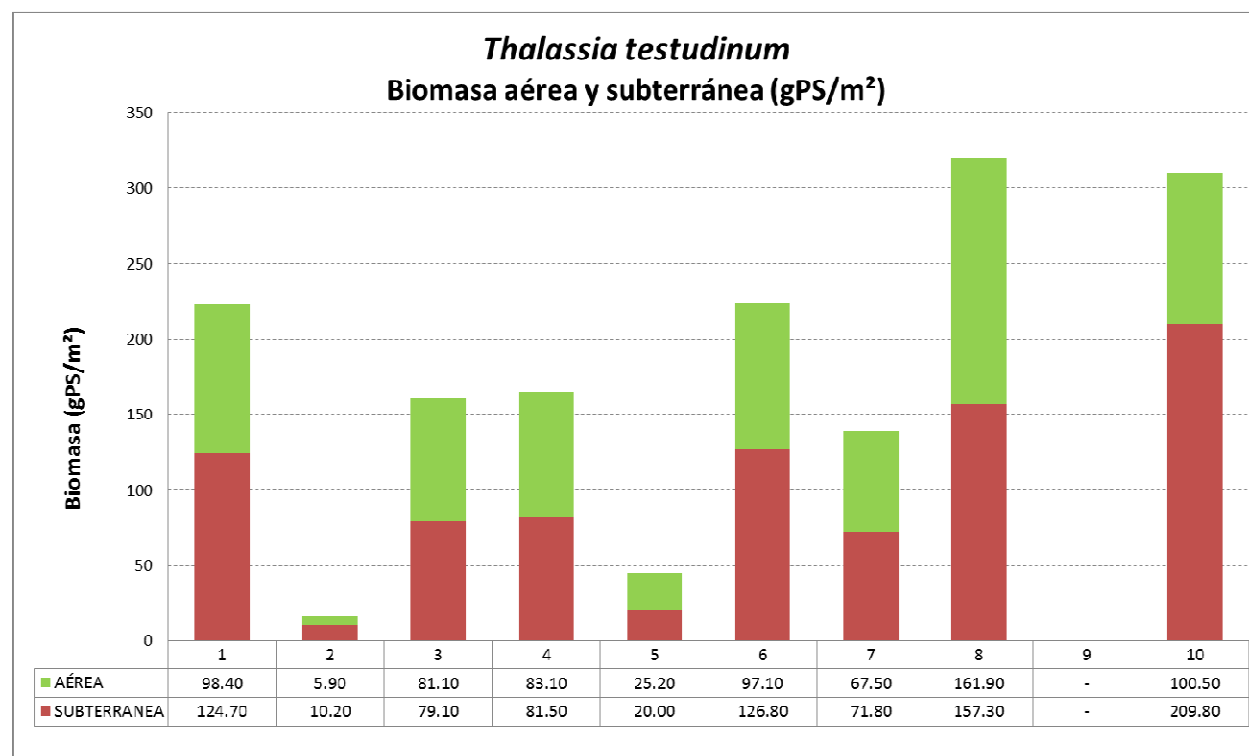
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.8. Promedio biomasa subterránea de *Thalassia testudinum*.

Estación	Biomasa Subterránea <i>Thalassia testudinum</i> (gPS/m ²)			Total (gPS/m ²)
	Secas	Lluvias	Nortes	
1	36.50	45.70	42.50	124.70
2	-	10.20	-	10.20
3	10.70	54.10	14.30	79.10
4	63.80	5.90	11.80	81.50
5	9.10	0.80	10.10	20.00
6	40.30	86.50	-	126.80
7	20.20	23.50	28.10	71.80
8	46.30	67.30	43.70	157.30
9	-	-	-	-
10	86.20	-	123.60	209.80

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.18 Promedio biomasa aérea de *Thalassia testudinum*.

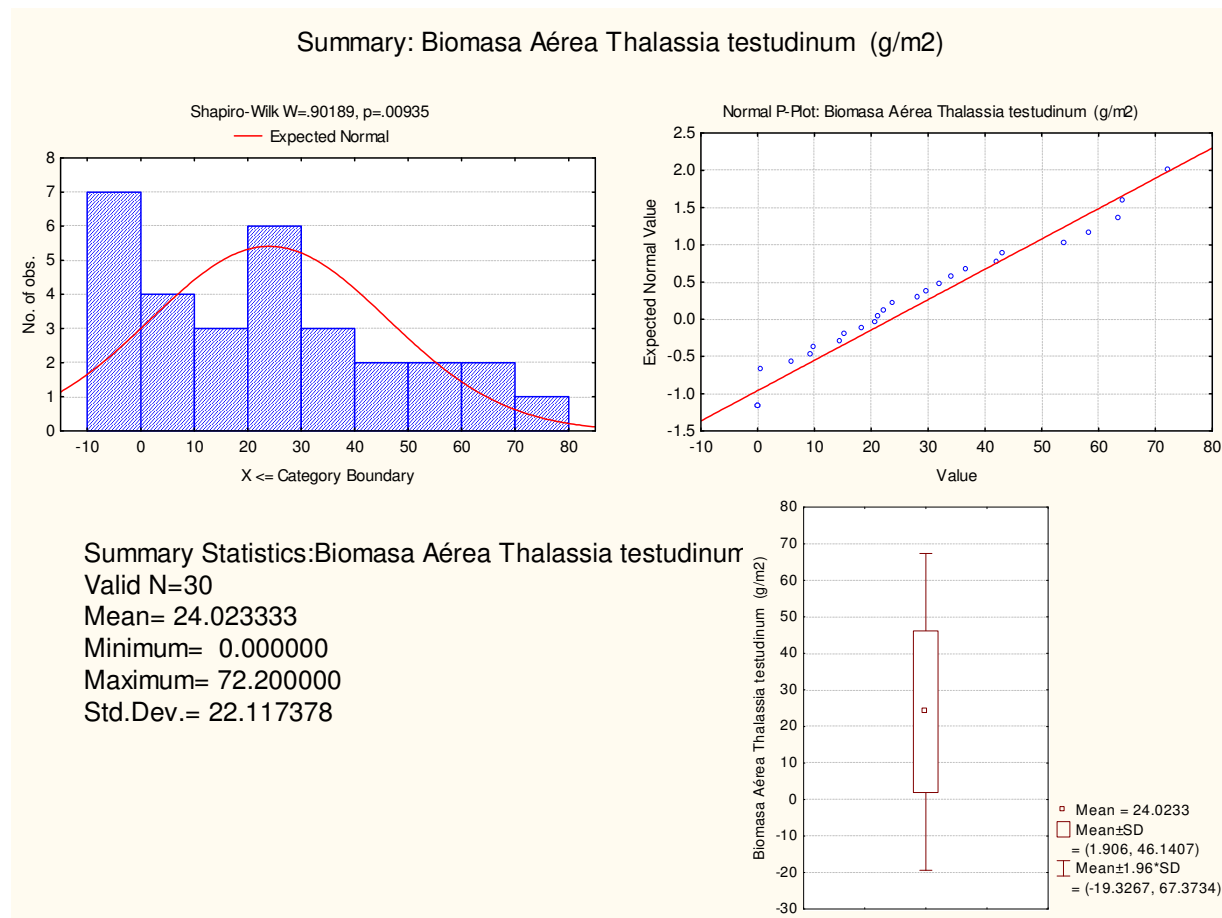


Fuente: Elaboración propia.

2.9.1.1. Biomasa aérea

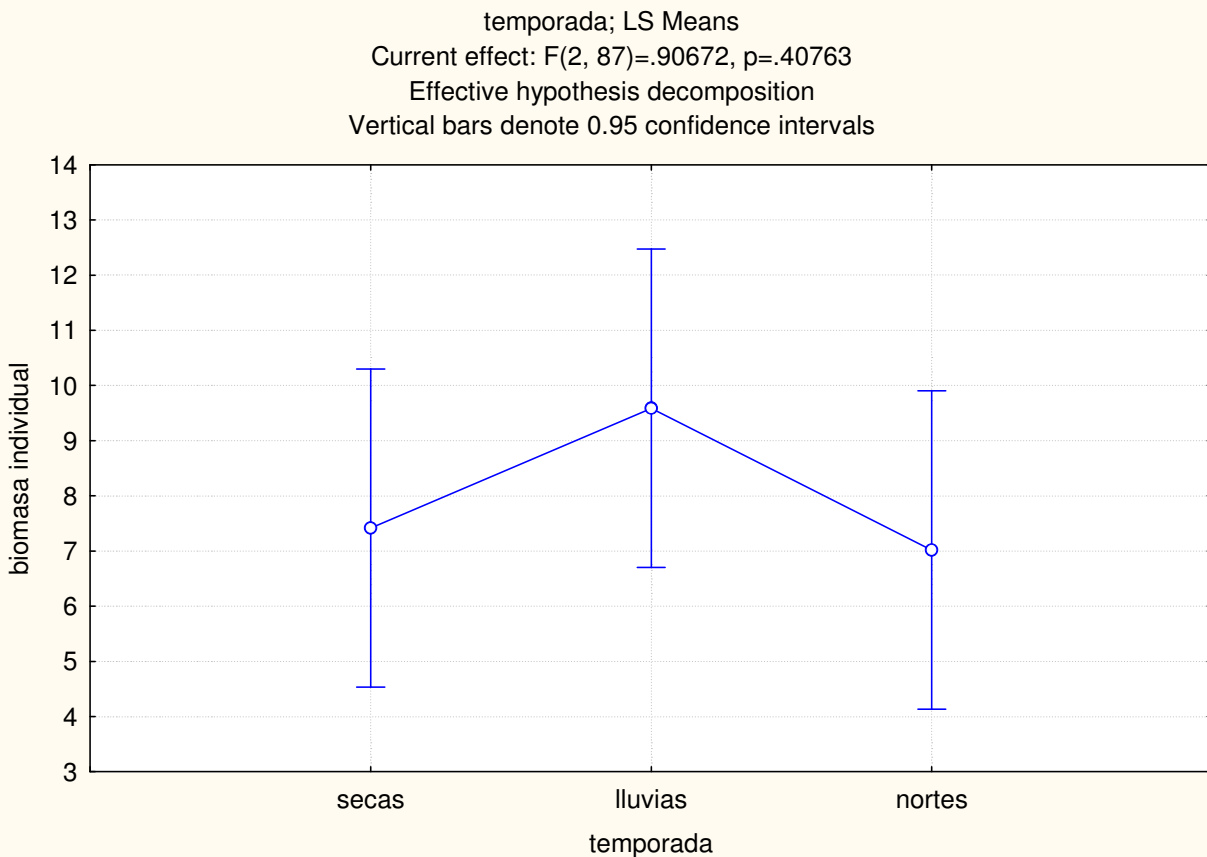
Se realizó la prueba de normalidad *Shapiro-Wilk* para la biomasa aérea en los puntos de muestreo para las tres temporadas mencionadas (i.e, secas, lluvias y nortes). Con base en la prueba de normalidad, se acepta la H_0 de que la serie sigue una distribución normal, por lo que no se requiere de ningún tratamiento para realizar la prueba Tukey ($SW=0.90189$, $p=0.00935$) (Figura 2.19). Cabe mencionar que se incluyeron los puntos de muestreo para ciertas temporadas en los que no se registró presencia de la especie *Thalassia testudinum*, lo cual permite inferir que las temporadas influyen en la cantidad de biomasa presente, siendo más abundante durante la temporada de lluvias. Lo anterior, se verifica en los resultados de la prueba Tukey.

Figura 2.19 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la biomasa aérea



Para determinar si existen diferencias significativas en las medias de la biomasa aérea en las temporadas estudiadas, se estimó la prueba Tukey, en la cual se concluye que existen diferencias significativas ($F=0.90672$, $p=0.40763$) (Figura 2.20). Por consiguiente, las temporadas influyen en la biomasa área de la especie analizada, siendo más abundante en la temporada de lluvias con una biomasa promedio de 35.20 gPS/m^2 y menos abundante en la temporada de secas con una biomasa promedio de 27.81 gPS/m^2 . Esto se podría explicar porque durante la temporada de lluvias existe una mayor abundancia de nutrientes en la columna de agua, favoreciendo la productividad de las praderas. Por otro lado, en la temporada de seca se registró una menor biomasa aérea, lo que podría ser consecuencia del deterioro en la superficie de las hojas de los pastos marinos causado por una mayor exposición a la radiación solar. Sin embargo, es necesario que se realice una mayor investigación para identificar los factores que pudieran estar repercutiendo en las variaciones de la biomasa.

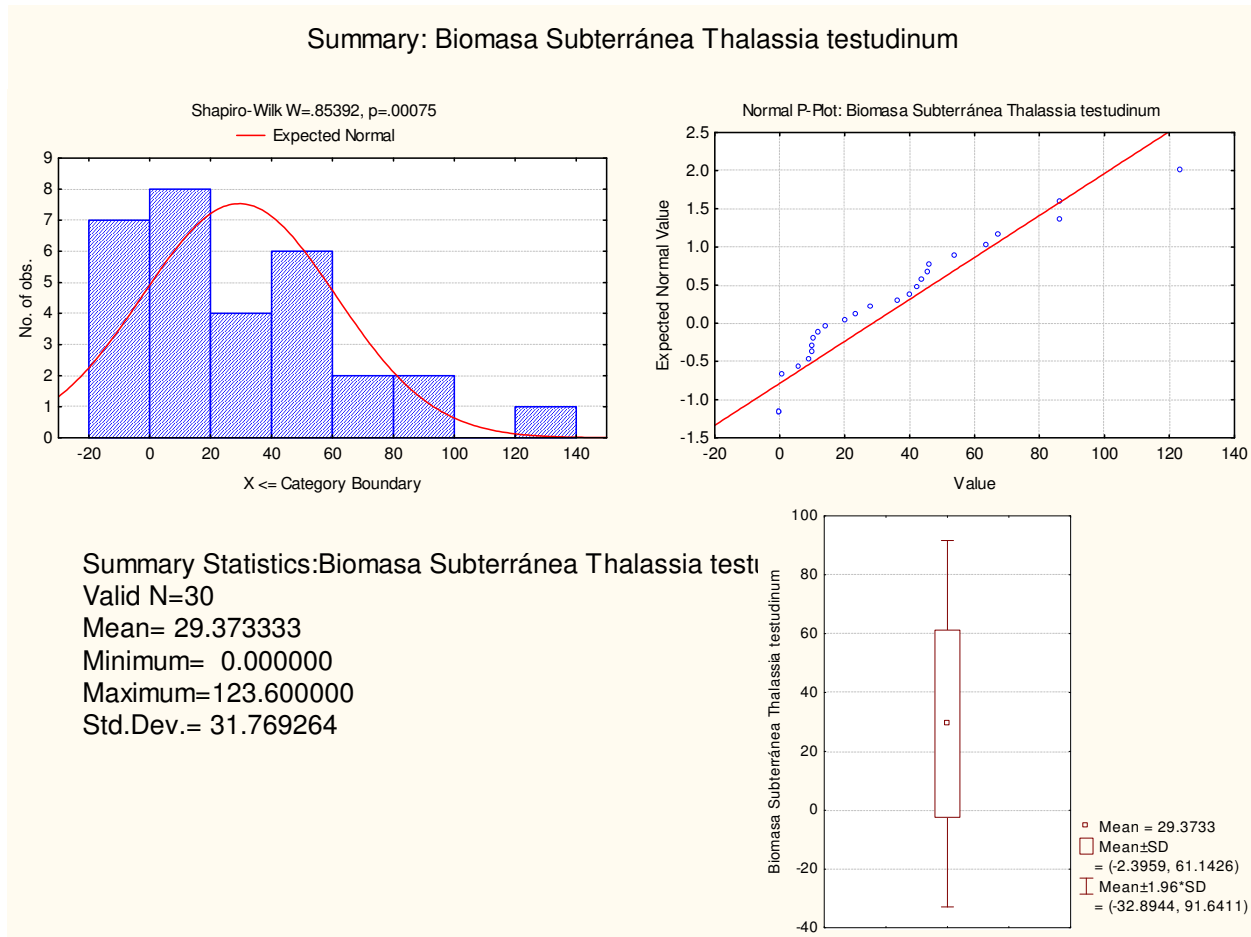
Figura 2.20 Biomasa promedio en las temporadas de muestreo dentro de la Laguna Yalahau



2.9.1.2. Biomasa subterránea

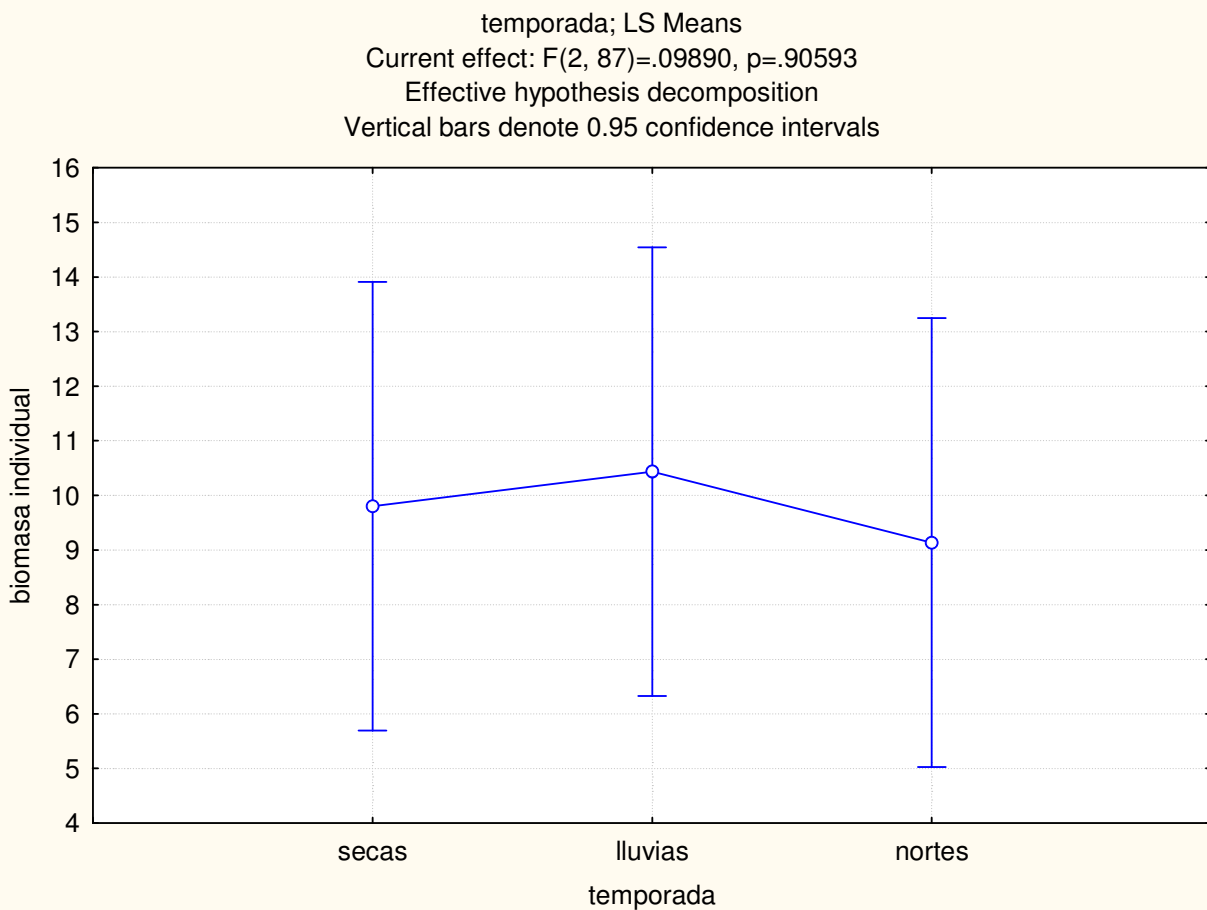
Para la biomasa subterránea se realizó la prueba de normalidad *Shapiro-Wilk* en los puntos de muestreo analizados para las tres temporadas (i.e, secas, lluvias y nortes), la cual sigue una distribución normal (SW=0.85392, p=0.00075) (Figura 2.21). Por lo que se puede estimar la prueba de Tukey sin que se requiera un tratamiento de la información. Al igual que en el caso de la biomasa aérea, el que la especie *Thalassia testudinum* no se identificara en algunos puntos de muestreo para ciertas estaciones, permite inferir que las temporadas influyen en la cantidad de biomasa presente, siendo en este caso más abundante durante las temporadas de lluvias y nortes. Este resultado se puede corroborar con la prueba Tukey.

Figura 2.21 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la biomasa subterránea



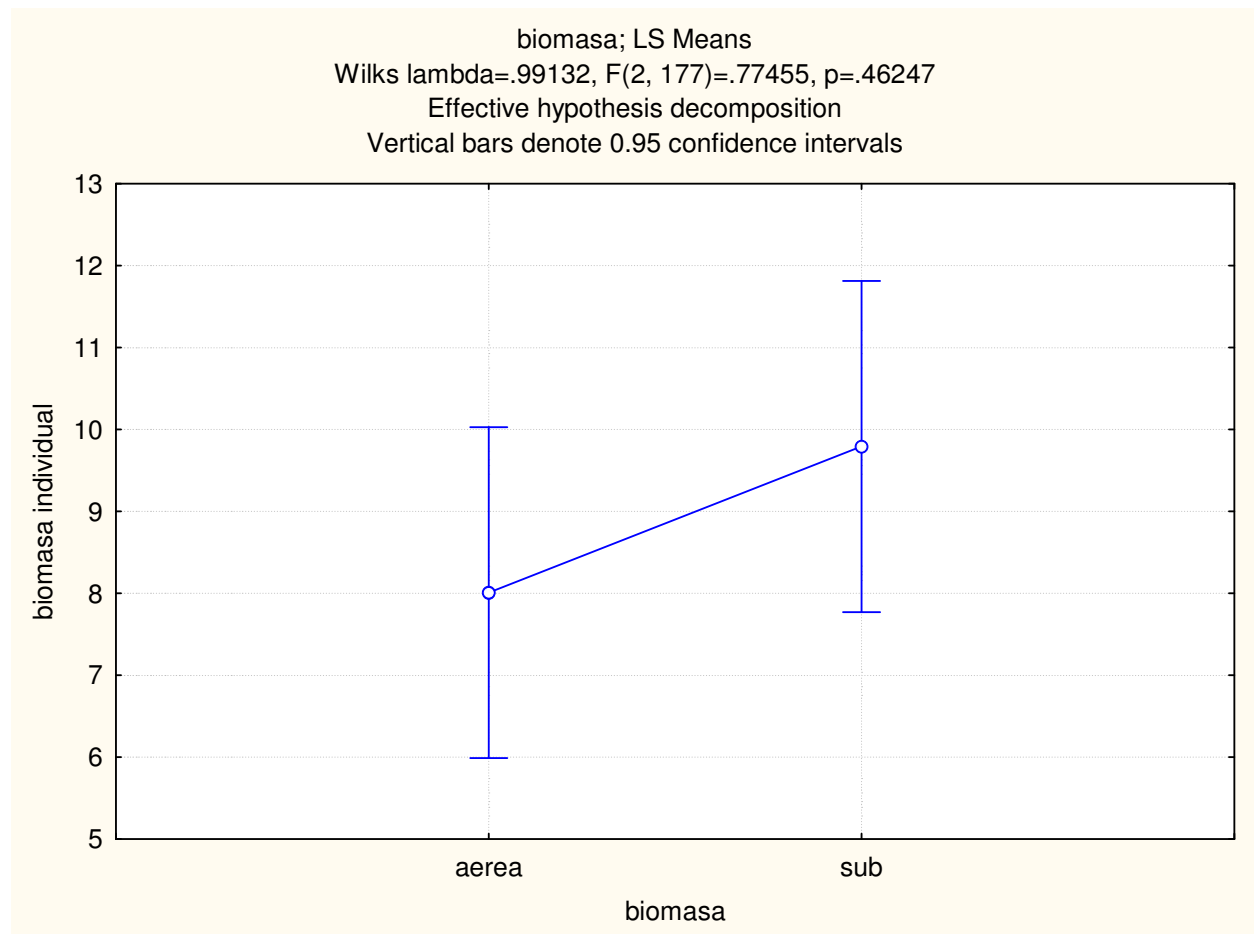
Con el fin de evaluar si existen diferencias significativas en las medias de la biomasa subterránea en las temporadas estudiadas, se estimó la prueba Tukey, concluyéndose que si existen diferencias significativas en las medias de la biomasa subterránea en las temporadas analizadas ($F=0.09890$, $p = 0.90593$) (Figura 20). Por consiguiente, éstas influyen en la biomasa subterránea de la especie *Thalassia testudinum*, siendo más abundante en la temporada de lluvias y nortes con una biomasa promedio de 39.14 y 39.16 gPS/m² respectivamente, y menos abundante en la temporada de secas con una biomasa promedio de 36.75 gPS/m² (Figura 2.22). Esto se puede explicar porque a pesar de que en la temporada de secas hay una mayor concentración de nutrientes, también hay un aporte excesivo de materia orgánica por los asentamientos humanos, lo que incrementa la turbidez del agua en esta temporada, repercutiendo negativamente en la fotosíntesis.

Figura 2.22 Biomasa promedio en las temporadas de muestreo dentro de la Laguna Yalahau



Es importante mencionar, que con base en el trabajo de campo realizado en el sitio de estudio se verifica con la prueba Tukey que la biomasa subterránea es mayor a el área, por lo que éstas presentan diferencias estadísticamente significativas, lo cual se verifica en los resultados de esta prueba rechazándose la H_0 ($SW=0.99132$, $p= 0.46247$) (Figura 2.23). De manera general la biomasa subterránea suele ser mayor que la de las hojas (Duarte, 1999), debido a que sirven como reservorio fotosintético que soporta el crecimiento de la planta y mantiene otros tejidos durante periodos de baja producción fotosintética e incluso puede generar CO_2 en rizomas y raíces que pueden ser utilizado por las hojas como recurso de carbono (Mateo et al., 2006).

Figura 2.23 Biomasa área y subterránea promedio dentro de la Laguna Yalahau



Cabe mencionar, que en esta investigación solo se analizó el comportamiento de las biomásas aéreas y subterráneas de la especie *Thalassia testudinum* durante las tres temporadas de colecta. Lo anterior, debido a que *T. testudinum* es la especie dominante y pionera en la pradera de pastos marinos de la zona de estudio, además de ser la especie de mayor importancia ecológica al actuar como “especie sombrilla” para otros organismos dentro del ecosistema de la Laguna Yalahau. Por consiguiente, este análisis no se realizó para las especies *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*, al tratarse de especies oportunistas y colonizadoras; sólo se determinó el peso seco de sus biomásas aéreas y subterráneas con el fin de identificar la relación que éstas presentan con la vegetación acuática sumergida. Sin embargo, representa un área de oportunidad profundizar en los análisis de la relevancia de la vegetación acuática sumergida (VAS) para futuras investigaciones en la zona, así como la vinculación con los parámetros ambientales evaluados en esta investigación, considerando los ciclos biogeoquímicos. Por lo anterior, el análisis de la estructura de edades en la presente investigación, también se centra en la especie *Thalassia testudinum*. A continuación, se detalla el paso seco registrado en las tres temporadas analizadas para las especies *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*.

2.9.2. Biomasa *Syringodium filiforme*

La biomasa aérea promedio de *Syringodium filiforme* fue de 105.6 gPS/m², la estación con la mayor biomasa aérea fue Hol 3 con 33.50 gPS/m² y la menor Hol 2 con 3.50 gPS/m². En el caso de las estaciones Hol 7 y 10 no se colectó la especie, ya que estos puntos de muestreo se encuentran menos afectados por factores meteorológicos y/o antropogénicos, por lo que la especie *Thalassia testudinum* fue la única que estuvo presente en las tres temporadas de colecta, al ser un bioindicador de la salud del ecosistema.

Para la biomasa subterránea de *Syringodium filiforme* se registró en promedio un peso seco de 87.6 gPS/m², siendo la estación Hol 4 la que presentó la mayor biomasa subterránea con 20.80 gPS/m² y Hol 2 la menor con 3.10 gPS/m². La estación donde la sumatoria de las biomásas área y subterránea de la especie *Syringodium filiforme* resultó mayor fue Hol 3 con 51 gPS/m² mientras que la estación con menor biomasa total fue Hol 2 con 6.6 gPS/m² (Tablas 2.9 y 2.10).

Tabla 2.9. Promedio biomasa aérea de *Syringodium filiforme*.

Estación	Biomasa Aérea <i>Syringodium filiforme</i> (gPS/m ²)			Total (gPS/m ²)
	Secas	Lluvias	Nortes	
1	-	2.80	2.70	5.50
2	-	3.50	-	3.50
3	1.50	4.50	27.50	33.50
4	5.90	4.00	16.70	26.60
5	6.10	1.20	5.30	12.60
6	3.90	-	-	3.90
7	-	-	-	-
8	-	12.00	-	12.00
9	6.20	-	1.80	8.00
10	-	-	-	-

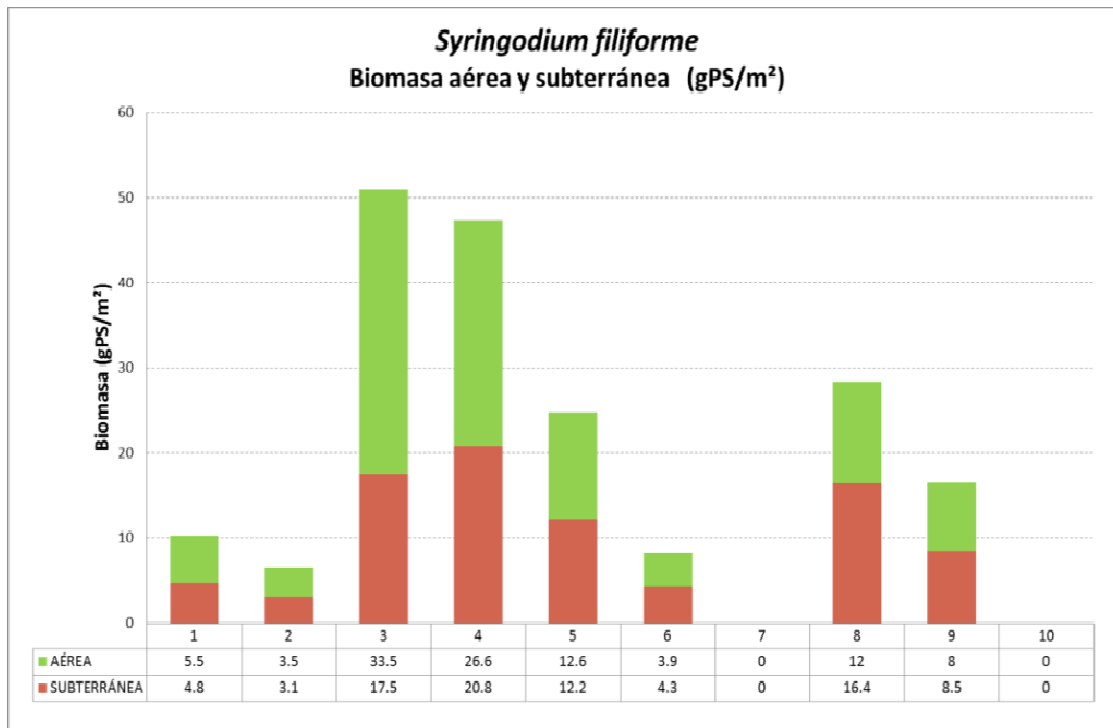
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.10. Promedio biomasa subterránea de *Syringodium filiforme*.

Estación	Biomasa Subterránea <i>Syringodium filiforme</i> (gPS/m ²)			Total (gPS/m ²)
	Secas	Lluvias	Nortes	
1	-	2.40	2.40	4.80
2	-	3.10	-	3.10
3	2.00	4.10	11.40	17.50
4	5.60	3.80	11.40	20.80
5	5.70	1.50	5.00	12.20
6	4.30	-	-	4.30
7	-	-	-	-
8	-	16.40	-	16.40
9	6.60	-	1.90	8.50
10	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.24. Promedio biomasa aérea de *Syringodium filiforme*.



Fuente: Elaboración propia.

2.9.3. Biomasa *Halodule wrightii*

La biomasa aérea promedio de *Halodule wrightii* fue de 59.9 gPS/m², la estación con la mayor biomasa aérea fue Hol 5 con 19.40 gPS/m², y la menor Hol 8 con 1.40 gPS/m². En el caso de las estaciones Hol 1, 7 y 10 no se colectó la especie, siendo predominante *T. testudinum*, por las razones explicadas anteriormente. Para la biomasa subterránea de *Halodule wrightii*, se registró un peso seco promedio de 61.3 gPS/m², siendo la estación Hol 5 la mayor biomasa subterránea con 17.50 gPS/m² y Hol 8 con la menor con 1.70 gPS/m² (Tablas 2.11 y 2.12).

La estación donde la sumatoria de las biomazas aérea y subterránea de la especie *Halodule wrightii* resultó mayor fue Hol 5 con 36.9 gPS/m², mientras que la estación con menor biomasa total fue Hol 8 con 3.1 gPS/m².

Tabla 2.11. Promedio biomasa aérea de *Halodule wrightii*

Estación	Biomasa Aérea <i>Halodule wrightii</i> (gPS/m ²)			Total (gPS/m ²)
	Secas	Lluvias	Nortes	
1	-	-	-	-
2	3.20	-	-	3.20
3	-	0.7	8.90	9.60
4	2.80	8.50	-	11.30
5	1.80	6.60	11.00	19.40
6	-	5.00	-	5.00
7	-	-	-	-
8	-	1.40	-	1.40
9	-	4.20	5.80	10.00
10	-	-	-	-

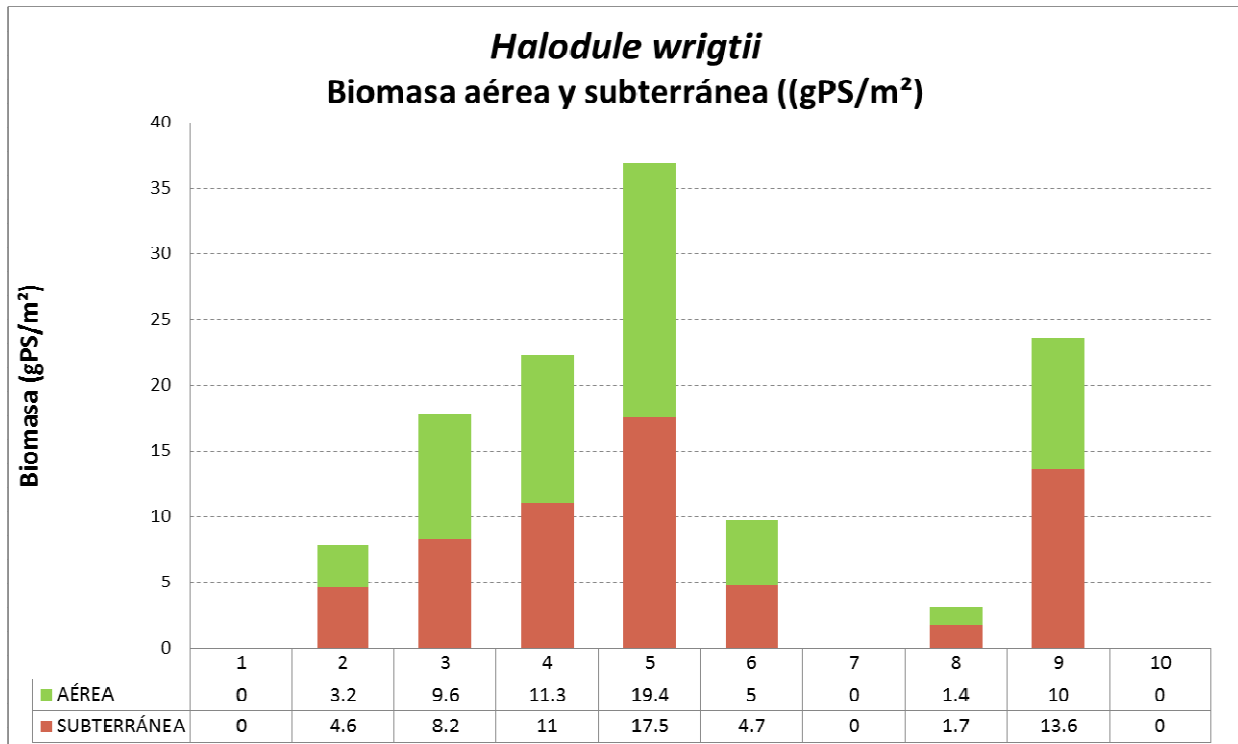
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.12. Promedio biomasa aérea de *Halodule wrightii*.

Estación	Biomasa Subterránea <i>Halodule wrightii</i> (gPS/m ²)			Total (gPS/m ²)
	Secas	Lluvias	Nortes	
1	-	-	-	-
2	4.60	-	-	4.60
3	-	0.7	7.50	8.20
4	4.60	6.40	-	11.00
5	2.60	5.80	9.10	17.50
6	-	4.70	-	4.70
7	-	-	-	-
8	-	1.70	-	1.70
9	-	6.20	7.40	13.60
10	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.25. Promedio biomasa aérea de *Halodule wrightii*



Fuente: Elaboración propia.

2.9.4. Biomasa de macroalgas

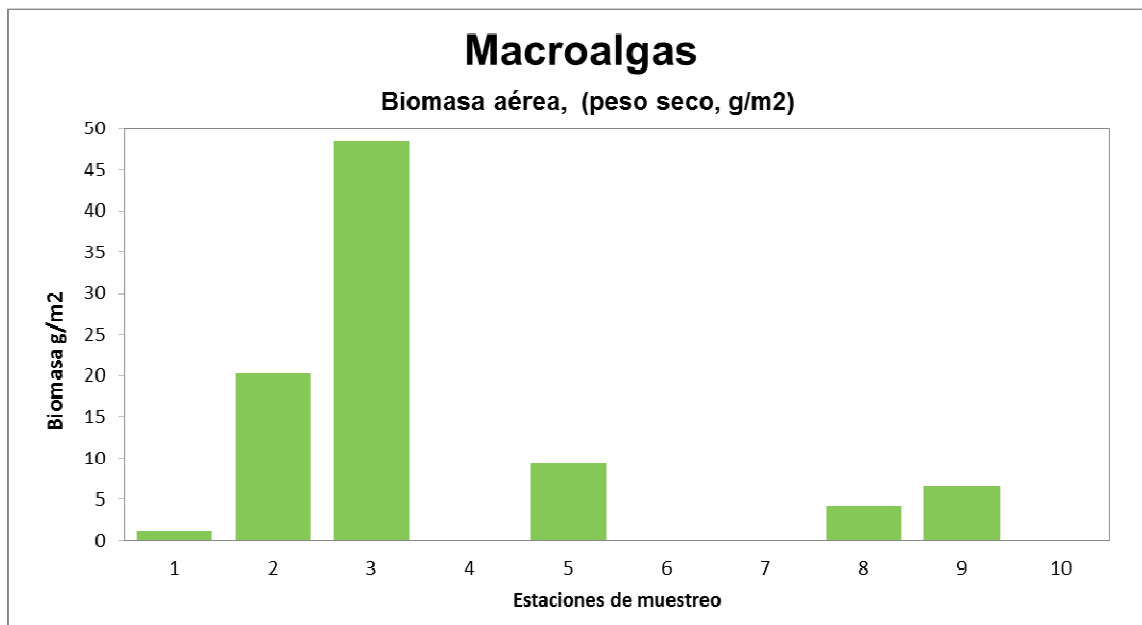
En el caso de la biomasa de las macroalgas, ésta se conforma por los géneros *Halimeda*, *Caulerpa* y *Penicillus*, así como especies de rodofitas. La biomasa promedio de las macroalgas fue de 15.06 gPS/m², siendo la estación 3 en donde se registró la mayor biomasa con 48.5 gPS/m², mientras que en la estación 1 se registró la menor con 1.2 gPS/m². Cabe mencionar en las estaciones 4, 6 y 7 no hubo evidencia de la presencia de macroalgas. Este comportamiento se explica por que las algas presentan competencia con otras especies tanto de algas como con los pastos marinos, en este caso *T. testudinum*. Martínez-Daranas et al. (2009), Williams (2007) y Ceccherelli & Cinelli (1997) confirman este tipo de interacción negativa sobre la cobertura de algunas macroalgas en lo que se refiere a la obtención exitosa de los nutrientes y a su administración efectiva cuando hay carencia o disminución de los mismos, como ocurriría durante la temporada de invierno. Este comportamiento fue estudiado por Marbá et al. (2009) para la especie *Caulerpa sp.* con respecto a las praderas de pastos. En el caso de *Caulerpa sp.*, su presencia afecta negativamente la colonización y cobertura de las praderas de pastos (Fuentes et al., 2014).

Tabla 2.13. Biomasa Macroalgas

Estación	Biomasa aérea (gPS/m²) Macroalgas
1	1.2
2	20.3
3	48.5
4	-
5	9.4
6	-
7	-
8	4.3
9	6.7
10	-
Totales	90.40

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.26. Biomasa de macrolagas en la Laguna Yalahau

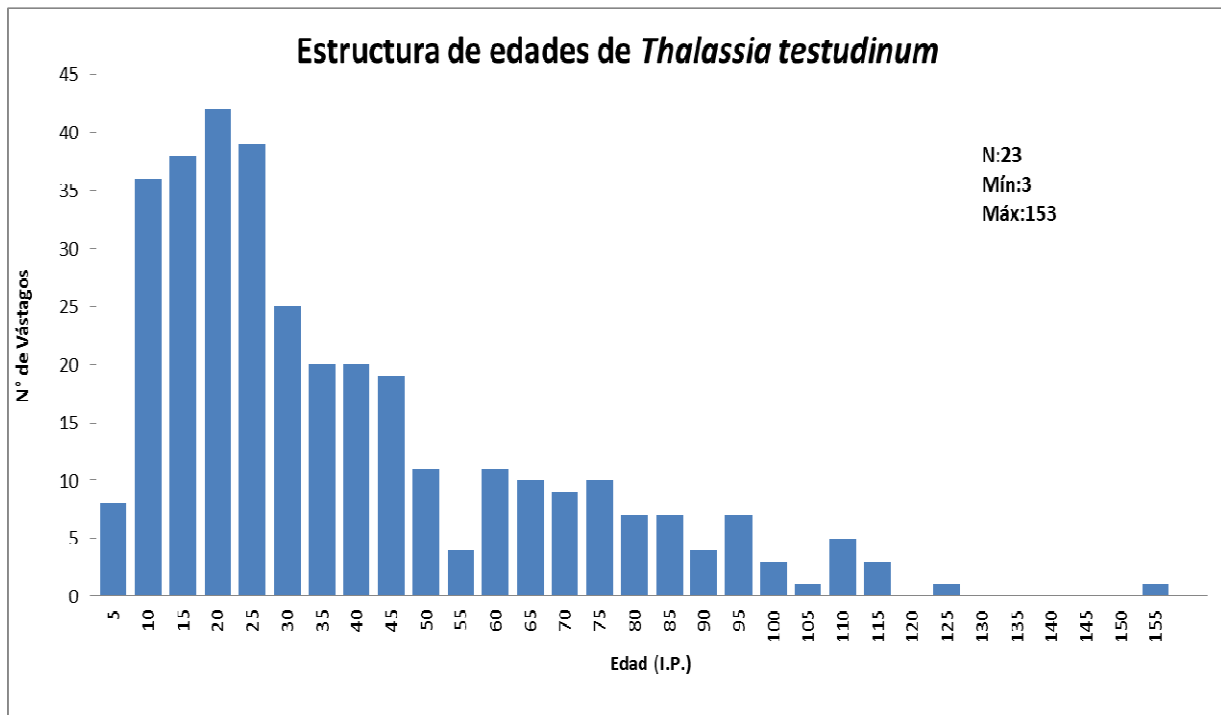


Fuente: Elaboración propia.

2.10. Estructura de edad

La distribución de edad de *T. testudinum* se hizo a partir de la técnica de determinación de la edad propuesta por Duarte et al. (1994). Esta determinación se basa en el cálculo del intervalo de plastocrono (I.P.), ya que éste representa una estimación indirecta del tiempo en escala anual. La edad por I.P. se determinó en los vástagos unidos al rizoma, a partir del conteo del número de cicatrices foliares más las hojas presentes. Lo anterior, debido a que la densidad de vástagos es una variable importante que se incluye en los programas de monitoreo o valoración del estado de la pradera (Daranas et al., 2013). En la Figura 2.27 se presenta la estructura de edades para la población de *T. testudinum* de la Laguna Yalahau; en esta se puede observar que la población está constituida por organismos jóvenes menores a 50 I.P, cuya expectativa de vida de los vástagos es de 153 I.P. Por consiguiente, en el análisis de la estructura de edades de la población de pastos marinos de la Laguna Yalahau se puede concluir que está compuesta por individuos jóvenes.

Figura 2.27. Estructura de edades de *Thalassia testudinum* en la Laguna Yalahau



Fuente: Elaboración propia.

En la distribución de edades de los pastos marinos en la Laguna Yalahau en Holbox (Figura 2.27) se puede identificar que aunque hay una mayor proporción de organismos jóvenes, cuando aumenta su edad, su presencia disminuye hasta presentarse sólo un individuo cuando En la distribución de edades de los pastos marinos en la Laguna Yalahau en Holbox (Figura 2.27) se puede identificar que aunque hay una mayor proporción de organismos jóvenes, cuando aumenta su edad, su presencia disminuye hasta presentarse sólo un individuo con una edad de 153 I.P. Estos resultados ponen en evidencia que la población en la zona de estudio mantiene un crecimiento constante, en donde los individuos viejos son remplazados por individuos jóvenes. La mayoría de los pastos marinos registraron una distribución de edades que va de los 15 a los 20 I.P identificándose en este intervalo de edad hasta 42 individuos.

En la Figura 2.28 se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los puntos de muestreo dentro de la Laguna Yalahau. La estación Hol 1 se encuentra en un área de transición entre la laguna y el mar, con aportes importantes de agua salada hacia la laguna, por lo que como se observa en la Figura 28a, los organismos que predominan en este punto son individuos jóvenes de entre 5 y 45 I.P (registrándose hasta 43 individuos en este rango). Este punto de muestreo presenta un número de reclutamiento de organismos jóvenes alto, aunque también se presentaron en menor medida organismos viejos, con una edad de hasta 113 I.P en cuyo caso sólo se identificó un organismo en este rango de edad.

La estación Hol 2 se ubica en la misma área que la estación Hol 1, por lo que también se encuentra en una zona de transición entre la laguna y el mar. Con base en la Figura 28b se observa que el mayor número de organismos se encuentra en un rango de edad de entre 10 y 20 I.P, registrándose hasta 8 organismos en este rango de edad; la siguiente frecuencia más alta con 6 individuos, se encuentra en el rango de edad de 60 a 65 I.P. Sin embargo, la estructura de edades en este punto muestra una población donde se presenta el número de nacimientos más alto, pero también registró el mayor número de organismos viejos, con una edad de hasta 107 I.P, siendo el de mayor edad (registrándose un individuo en este rango).

En la estación Hol 3, la cual colinda con el puerto de Chiquilá, se observa que la frecuencia de vástagos es más reducida con respecto a los puntos de muestreo 1 y 2, por la influencia de factores antropogénicos, siendo los rangos de edad más altos de la población de pastos marinos de entre 20 y 50 I.P. En este punto, se observa que el número de vástagos jóvenes es bajo, aunque el vástago más longevo encontrado presentó una edad 112 I.P (registrándose un individuo en este rango de edad) (Figura 28c).

La estación Hol 4 se ubica en la parte externa de la Isla Holbox, donde conecta la laguna y el Mar Caribe, por lo que se registra que el mayor número de organismos se encuentra en el rango de 10 a 15 I.P con una frecuencia de 7 organismos en este rango; asimismo, se presenta un número reducido de nacimientos y el organismo de mayor edad fue de 81 I.P (Figura 28d).

En el caso de la estación de colecta Hol 5, en ésta se encontró el menor número de individuos; este punto se ubica dentro de la Laguna Yalahau, cercana al canal de navegación, por lo que enfrenta mayores presiones antropogénicas, las cuales han afectado la presencia de pastos marinos en la zona. En la Figura 28e se observa que la frecuencia de vástagos es reducida, sólo se identificaron 5 organismos en un rango de edades de entre 40 y 57 I.P, pero no se presentaron organismos jóvenes; esta situación pone en riesgo la permanencia de esta pradera, requiriéndose la implementación de estrategias de conservación efectivas.

Para la estación Hol 6, que se encuentra en la parte media de la Laguna Yalahau cercana a la orilla de Isla Holbox, se observa que el mayor número de organismos se encuentra en el rango de 10 a 25 I.P, con una frecuencia de 29 organismos; la otra frecuencia más alta (con 17 individuos) se encuentra en un rango de edad de entre 35 y 45 I.P. En la Figura 28f, en esta gráfica se presenta una población donde el número de nacimientos es alto, mientras que el número de organismos viejos decrece significativamente, siendo el de mayor, con una edad 109 I.P y una frecuencia de 2.

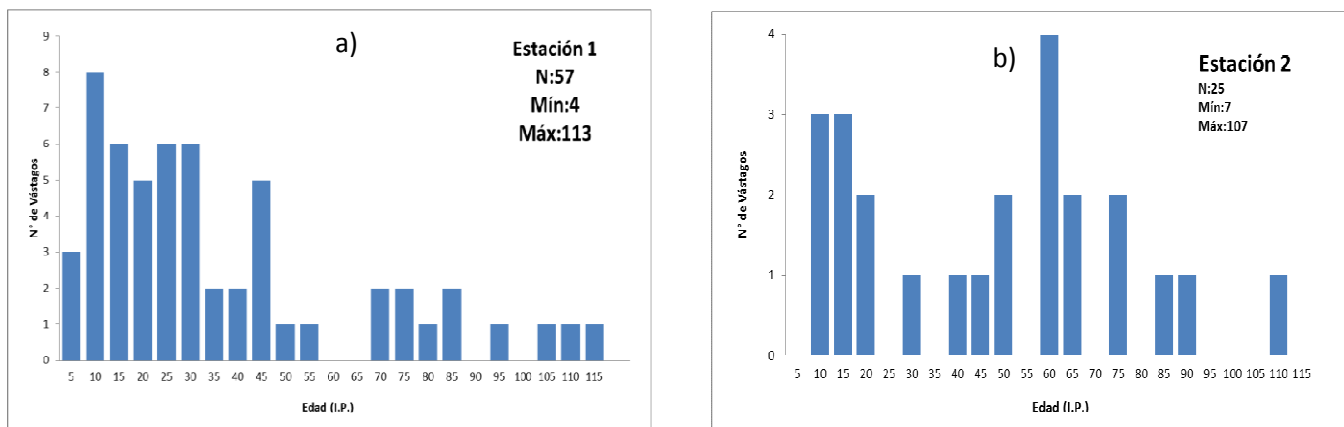
La estación Hol 7, se ubica, al igual que la estación Hol 6, en la parte media de la laguna Yalahau, cercana a la orilla de isla Holbox, por lo que se observa que el mayor número de organismos se encuentra en el rango de 10 a 35 I.P., con una frecuencia de 21 organismos; en esta población el número de nacimientos es alto, mientras que el número de organismos viejos decrece significativamente, registrando sólo uno de los individuos una edad de 89 I.P (Figura 28g).

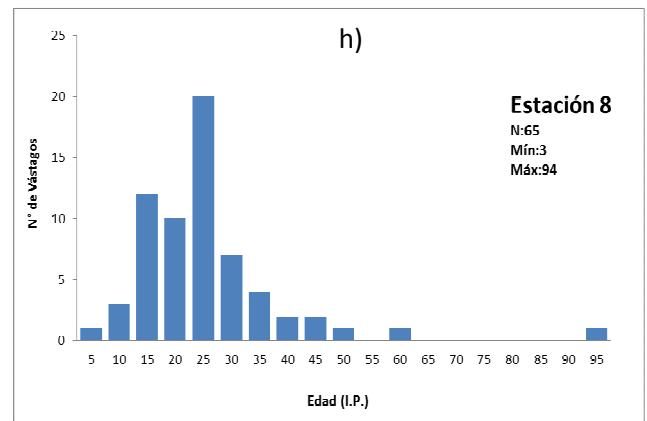
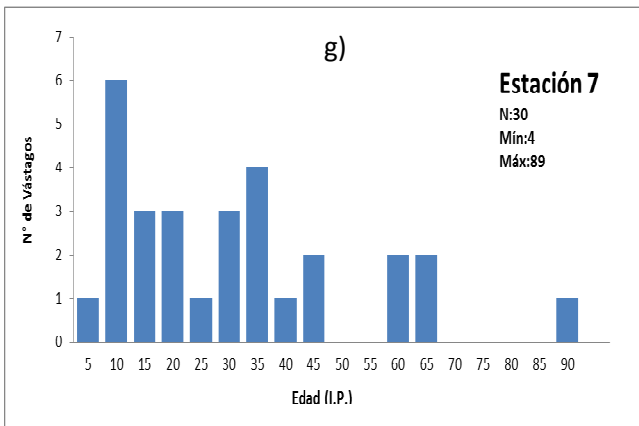
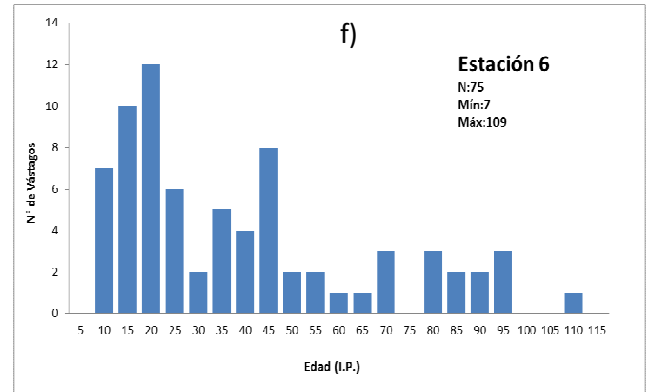
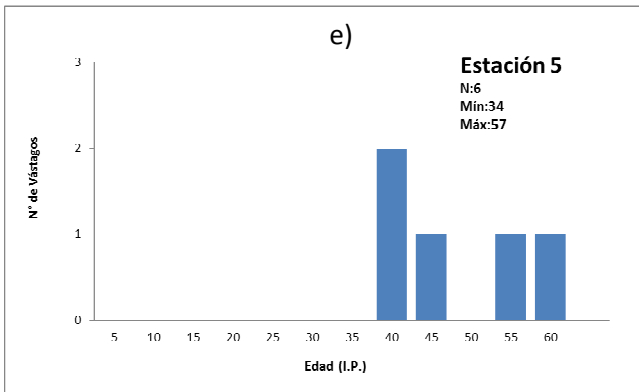
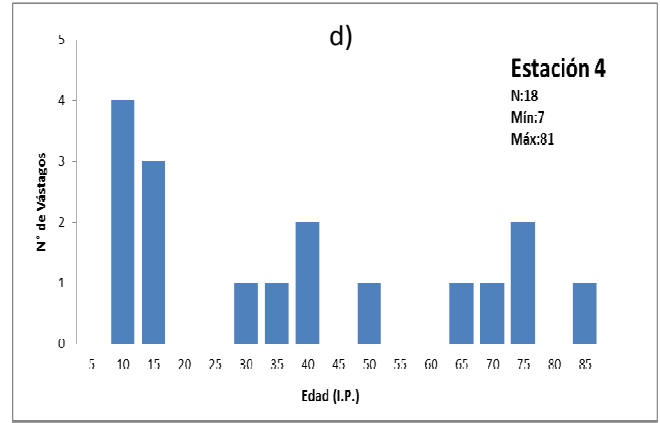
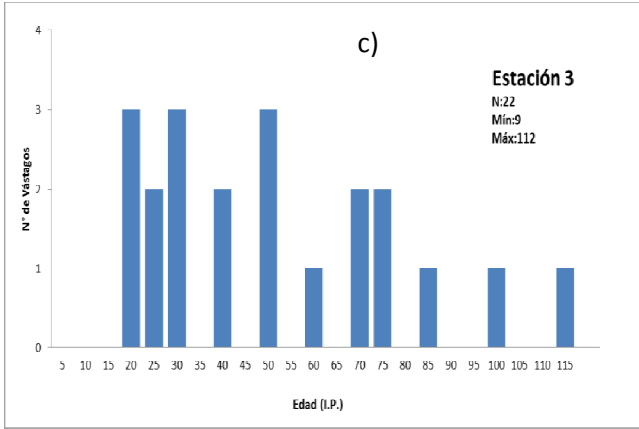
Para la estación de colecta Hol 8, ésta se encuentra en el área de la laguna cercana a Chiquila, por ende, no se identifica la permanencia de organismos tan longevos como en las otras estaciones, registrándose sólo dos individuos con edades de entre 60 y 94 I.P. Esto se explica principalmente por los impactos negativos de los factores antropogénicos. La presencia de organismos jóvenes podría hablar de que las poblaciones de esta zona de la Laguna sufren un recambio rápido. La mayoría de los individuos se encuentra en un rango de edad de entre los 15 y 30 I.P (Figura 28h).

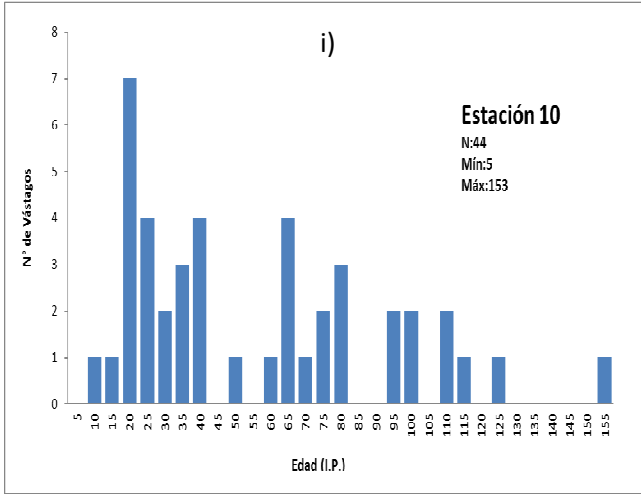
En la estación Hol 9 no se registro la especie por lo que no se realizó un análisis de las edades; mientras que en la estación 10, se encuentra en el area de la laguna del lado de la Isla Holbox, observándose que el mayor número de organismos se encuentra en un rango de edad de entre 20 y 90 I.P (registrándose 20 organismos en este rango de edad). Por lo que la población presenta un número de nacimientos bajo, aunque se observan individuos longevos, identificándose un individuo con una edad de hasta 153 I.P (Figura 28i).

De manera general, se observa en la distribución de edad obtenida para la Laguna Yalahau en Holbox que existe una mayor proporción de organismos jóvenes, de manera que cuando aumenta la edad de los organismo su presencia disminuye. Los organismos más longevos registran 153 I.P., lo que indica que la población de *Thalassia testudinum* en el sitio de estudio está formada por organismos jóvenes, con una población que aparentemente mantiene un crecimiento constante. Esto podría ser un indicador del buen estado de salud en cuanto a que mantiene una tasa de reclutamiento alta. Sin embargo, hay que considerar que están interactuando factores que afectan la permanencia de los organismos a largo plazo, lo que se relacionaría directamente con alteraciones de tipo ambiental y antropogénico, como bien se han señalado anteriormente.

Figura 2.28. Estructura de edades de *Thalassia testudinum* en la Laguna Yalahau en los sitios de muestreo







Conclusiones del capítulo

Las praderas de pastos en la zona costera realizan funciones básicas en el ecosistema, tales como ser fuente de alimentación para vertebrados, influyen en la biomasa relativa de una gran cantidad de organismos y estabilizan los sedimentos. A pesar de que las praderas de pastos marinos han resistido eventos negativos, su conservación, al igual que el de muchos ecosistemas costeros resulta incierto, pues el calentamiento global provoca el incremento del nivel medio del mar, períodos más largos con altas temperaturas del agua y mayor intensidad de las tormentas, lo que impactará y reducirá significativamente la capacidad de regeneración y crecimiento de las praderas.

Para un adecuado manejo de estos ecosistemas, se requiere conocimiento básico de la abundancia y riqueza específica de las vegetaciones en una red de monitoreo que a su vez sirva de indicadores de cambios en las condiciones del medio donde se desarrollan. Para lo cual, es importante contar con programas de monitoreo a largo plazo que registren los cambios en la comunidad, particularmente en la distribución y abundancia de la vegetación acuática sumergida, con el fin de poder evaluar los posibles efectos colaterales para otras especies que realizan algunas de sus funciones dentro de las praderas.

De acuerdo con la revisión del estado del arte sobre los factores que han contribuido a la degradación de los pastos marinos, se identifican las actividades antropogénicas y el cambio climático, debido a los efectos del incremento de la temperatura superficial y la acidificación del agua de mar. En este sentido, los resultados de esta investigación son una aportación que permite documentar el área de distribución de las praderas de pastos dentro de la Laguna Yalahau en el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (APFFYB). Asimismo, tiene como fin generar información para que los tomadores de decisiones puedan utilizarla para acciones más eficaces de protección o restauración de estos ecosistemas, ya que el monitoreo de los pastos marinos representa una herramienta fundamental para medir el estado de conservación y las tendencias de las condiciones ambientales que influyen sobre estos ecosistemas. Esto es especial relevancia, debido a que los pastos marinos son organismos sensibles a diferentes impactos, lo que les confiere un valor como indicador de problemas ambientales, incluyendo la contaminación.

Las especies de pastos marinos que se distribuyen dentro de la Laguna Yalahau son: *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme*. Por otro lado, la Vegetación Acuática Sumergida (VAS) está constituida por los géneros: *Halimeda*, *Caulerpa* y *Penicillus*, así como

especies de rodófitas y varias especies de invertebrados asociados a la VAS. La especie dominante fue *T. testudinum* por tener mayor distribución dentro de la Laguna Yalahau, es importante mencionar que en algunas estaciones no se registró la presencia de *T. testudinum* y están presentes las especies *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*, éstas especies son oportunistas con la capacidad de colonizar, producir semillas o plántulas persistentes y abundantes. Por consiguiente, la presencia de estas especies se explica por la presencia de alguna alteración a *T. testudinum* que es la especie persistente, lo que favoreció que se desarrollarán las especies *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii* en la zona, siendo indicadores de contaminación o impactos tanto de tipo meteorológico como antropogénico. En este sentido, la especie dominante en distribución es *Thalassia testudinum*, la cual podría actuar como especie indicador de impacto ambiental dentro de la laguna considerando que las estaciones donde se encontró es una zona bien conservada. En este sentido, los análisis sobre productividad de biomasa aérea y subterránea, así como de estructura de edades fueron contemplados para *T. testudinum*. Esta investigación pone en evidencia la necesidad de seguir profundizando en la investigación sobre los pastos marinos y su relación con los parámetros ambientales, su distribución y su estructura de edades, dado que existen pocos estudios que aborden estos aspectos para el Caribe Mexicano, y para otras zonas del país en donde están presentes estas especies.

Como lo definió Kilminster (2015), *Thalassia testudinum* es una especie persistente que presenta rotación prolongada de los ramets que va de meses a años, y que alcanzan la madurez sexual más lentamente requiriendo en ocasiones varios años. Sin embargo, el esfuerzo reproductivo para la producción de semillas no compromete el crecimiento vegetativo, y generalmente no se forman bancos de semillas. *Thalassia testudinum* forma un tipo de pradera clasificada como perdurable, lo cual significa que son persistentes a lo largo del tiempo, aunque pueden presentarse variaciones temporales en la composición de la especie, abundancia y fenología.

Kilminster (2015) identificó que las praderas mueren cuando las condiciones ambientales como la temperatura o la luz, cambian fuera de la tolerancia de la especie, entonces las praderas pueden o no restablecerse a partir de semillas, cuando regresan las condiciones ambientales favorables. El sitio de estudio presenta diferencias climáticas y fenómenos meteorológicos como nortes, huracanes y ciclones (Díaz *et al.*, 2009); estas condiciones determinan la concentración de nutrientes y salinidad en el agua, así como cambios en la temperatura, pH y

profundidad a la que podemos encontrar los pastos marinos. Se ha reportado que la especie *T. testudinum* tolera generalmente temperaturas entre 20°C y 36°C (van Tussenbroek *et al.*, 2006). En el caso de la profundidad, ésta es una variable importante, ya que la distribución de los pastos marinos está controlada principalmente por la disponibilidad de luz. De acuerdo con van Tussenbroek *et al.* (2006), *T. testudinum* se puede encontrar entre uno y dos m de profundidad en aguas turbias, y hasta 10 m en aguas claras. Las condiciones de salinidad donde se distribuyen las praderas de pastos pueden variar dependiendo de la temporada del año, después de largos períodos de lluvia, durante la estación húmeda en climas tropicales (Santelices *et al.* 2009) o después de eventos de lluvia o tormenta a gran escala (McKenna *et al.* 2015). La salinidad es uno de los factores ambientales detectados por Orth *et al.* (2000) que influyen en la germinación de semillas por el aumento de la absorción de agua que resulta en la hidratación del tejido y la división de la cubierta de la semilla (Loques *et al.*, 1990). También, hay evidencia de que la germinación en salinidades bajas puede tener un efecto negativo en la morfología y el crecimiento de las plántulas, en comparación con las salinidades más altas (Xu *et al.*, 2016). Cabe señalar que, las condiciones de salinidad reportadas en laboratorio a menudo no se asemejan a las condiciones reportadas en campo. Por ejemplo, Tussenbroek *et al.* (2006) observó que aunque el rango óptimo de salinidad se encuentra entre 24 y 35 ups, la especie *T. testudinum* tolera rangos desde 5 hasta 60 ups, lo que sugiere que los rangos de salinidad típicamente utilizados en estudios de laboratorio no son a menudo observados *in situ*. Las variaciones en la salinidad impactan en las relaciones hídricas de las plantas, las concentraciones de iones en el citoplasma y la vacuola, y en los procesos metabólicos como el crecimiento y la fotosíntesis.

En relación con las condiciones ambientales de pH, los pastos marinos viven en agua de mar con un pH de 8.0 y 8.2 (Larkum *et al.* 2006; Koch *et al.* 2013; Borum *et al.* 2016). En la actualidad no hay evidencia de distribución de las praderas de pastos marinos en zonas con aguas acidificadas y eutrofizadas (Raven y Hurd, 2012). Hemminga y Duarte (2008) reportan que las praderas de pastos marinos suele tener fluctuaciones de pH como resultado de los procesos metabólicos del ecosistema, y estas fluctuaciones están relacionadas con los cambios en las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) y bicarbonato (HCO₃⁻) en el agua; estos factores son importantes para la actividad fotosintética. Se tiene evidencia que existe una respuesta a los aumentos de pH en la fotosíntesis, según los experimentos de Invers (1997) para las especies *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa* se identificó que pueden existir

fluctuaciones diarias de pH dependiendo de la especie y sus procesos de fotosíntesis. Por ejemplo, el pH cercano a la superficie de la hoja puede ser diferente del pH en la columna de agua; también durante el día, el pH en la superficie aumenta debido a la eliminación fotosintética de CO₂; mientras que durante la noche se registra una disminución en los valores de pH (Hurd et al., 2009).

La vulnerabilidad a la acidificación de los océanos solo puede compensarse con ecosistemas metabólicos intensos capaces de eliminar el CO₂ (Duarte et al., 2013). Las praderas de *Posidonia oceanica* contribuyen a aliviar los impactos de la acidificación del océano, ya que según Hendriks et al., (2014) son capaces de modificar el pH en la columna de agua entre 0.2– 0.7 unidades de pH diurnamente, a través de la actividad fotosintética y metabólicas. Asimismo, Frankignoulle y Distèche (1984), Frankignoulle y Bouqueneau (1990) e Invers et al. (1997), reportaron variaciones diarias de pH de 8.2 a 8.4 en *Posidonia oceanica* y de 8 a 9 en *Zostera noltii*, observando una disminución en la fotosíntesis con el incremento del pH, el cual está relacionado con los cambios en la disponibilidad del CO₂ disuelto (Mijangos, 2018).

Al revisar el estado del arte sobre los parámetros ambientales óptimos para la distribución y salud de las praderas de pastos marinos, específicamente para la especie *Thalassia testudinum* no se encontró información para la zona de estudio. Por ello, se considera relevante avanzar en la generación de información que contribuya a la conservación de la especie y conocer los impactos que pudiera tener la variación de estos parámetros en la salud de la misma. Además de conocer la tolerancia de la especie a variaciones en la temperatura, turbidez, salinidad y pH, lo cual permitirá tener un mejor conocimiento tanto de los impactos como de las estrategias de atención para promover la conservación de estas especies.

Capítulo III

Gobernanza Ambiental para el manejo y conservación de los pastos marinos

3.1. Introducción

La relación entre el gobierno y los diferentes grupos sociales, así como la interacción de los actores en la toma de decisiones puede entenderse a partir del concepto de gobernanza la cual permite comprender como a partir de la participación equilibrada entre el Estado, el sector empresarial y la sociedad civil, se puede fomentar el desarrollo social y económico. La gobernanza también analiza los mecanismos de responsabilidad y co-responsabilidad en el ejercicio del poder y la rendición de cuentas. Con la idea de desarrollo sostenible local se plantea una descentralización efectiva del poder, y en la implementación de políticas regionales de desarrollo basada en la sustentabilidad y en la participación ciudadana, buscando un equilibrio dinámico entre la eficiencia de los mecanismos burocráticos de gestión y la participación de los sectores de la sociedad civil interesados en la sustentabilidad (Delgado et al., 2007).

Las discusiones sobre gobernanza iniciaron en la década de 1970, fue en esta época cuando se evidenció la temática en la agenda global a partir de la Conferencia de Estocolmo en el año de 1972. En 1983 la Comisión Bründtland de las Naciones Unidas hizo prioritario el tema de sostenibilidad ambiental; de allí surgió la primera definición del desarrollo sostenible: *La idea fundamental en una estrategia de gobernanza ambiental es que todos los actores participen y tomen decisiones informados y consientes de las consecuencias ambientales, económicas y sociales.*

En este capítulo, resultado del trabajo de campo realizado con los actores que influyen en el manejo de los pastos marinos se identificaron los obstáculos y avances en materia de gestión para crear las condiciones que permitan una participación informada y efectiva de los diferentes sectores sociales. Para conocer la opinión de los principales actores involucrados en el manejo de los pastos marinos se realizaron entrevistas semiestructuradas a tres grupos: 5 miembros reconocidos de la comunidad, 5 Organizaciones de la sociedad civil con proyectos en la isla de Holbox y 5 autoridades a nivel federal, estatal y local involucradas en la gestión de los pastos marinos. A partir de la revisión de los criterios identificados en la literatura como clave para crear las condiciones que permitan la participación social en la gestión ambiental se identificaron 5 principios, entre los que se encuentran (Graham, 2003; Piñeiro, 2004; UNDP, 1997; Bulkeley, 2005; Leeuwis y Van den Ban, 2004): la **legitimidad**, la **representatividad**, el **desempeño de la gestión**, la **normatividad y su cumplimiento**, y la

efectividad para participar en la toma de decisiones. Así mismo se les solicitó a los entrevistados que calificaran de 0 a 10 los cinco principios propuestos con base en su experiencia para la gestión de estos ecosistemas, con el fin de elaborar un indicador que nos permita conocer los obstáculos que enfrentan estos actores para su participación en la toma de decisiones que contribuya a la conservación de los pastos marinos.

3.2. Gobernanza y gobernabilidad: conceptos, diferencias y retos

3.2.1. Gobernanza y sus principios

Existen numerosas definiciones para describir el concepto gobernanza, la Real Academia de la Lengua Española define gobernanza como, *el arte o manera de gobernar que se propone como objetivo el logro de un desarrollo económico, social e institucional duradero, promoviendo un sano equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía.* La relación entre los diferentes grupos sociales y el gobierno, así como la interacción de los actores en la toma de decisiones pueden comprenderse a partir del concepto de gobernanza dado que su objetivo es crear las condiciones para la participación equilibrada entre el Estado, el sector empresarial y la sociedad civil. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2012), la gobernanza de los recursos naturales se refiere al conjunto de políticas soberanas de los países sobre la propiedad de los recursos naturales, y la apropiación y distribución de las ganancias por la explotación de esos recursos, para maximizar su contribución al desarrollo. De esta manera se relaciona con las interacciones entre los actores que influyen en la gestión de los recursos naturales, aquellos que se ven afectados debido a dichas decisiones, y las relaciones de colaboración y conflicto que pueden presentarse entre los actores para control y acceso de estos recursos. La gobernanza también comprende las reglas y los mecanismos que promueven la responsabilidad y corresponsabilidad en el ejercicio del poder y la rendición de cuentas. Dada la relevancia que tiene para una gestión efectiva, incluyente y justa de los recursos naturales, como son los pastos marinos, es fundamental evaluar los obstáculos y avances en materia de gestión que favorezcan las condiciones para la participación de los diversos actores lo cual permite el involucramiento en el diseño y formulación tanto de políticas como de estrategias para la

conservación. Además, también permite favorecer el reconocimiento de los beneficios que la naturaleza provee (Stoll-Kleemann et al., 2006).

Se considera que cualquier ejercicio de la gobernanza se deberá basar inicialmente en el involucramiento o representación de todos los actores interesados; la transparencia en la toma de decisiones; el acceso a la información y comunicación certera, efectiva y abierta; los principios adaptativos, aprender de los errores y corregirlos; un enfoque multidisciplinario; respeto por los derechos humanos y calidad de vida; la responsabilidad frente a terceros por los resultados en lo económico, social y ambiental; la aplicación de las normas legales de manera imparcial, transparente y consistente, a todos los niveles(Tosun, 2000).

El politólogo Eduardo Feldman (2001) señala que, “El concepto de gobernanza sirve como paraguas conceptual para referirse a las diferentes instancias de gobierno público y privado que existen en una sociedad, así como para analizar las consecuencias derivadas de la coexistencia de distintas redes locales, de distinto grado de sofisticación y desarrollo institucional”. Feldman ratifica la noción de gobernanza involucrando tanto el gobierno de lo público como de lo privado, e introduce la idea de los beneficios de crear redes con las instituciones de gobierno local.

Debemos reconocer así que la complejidad de los procesos biológicos y ecológicos, así como relacionados con la gestión de dichos ecosistemas y la manera en que los sectores de la sociedad se involucran en la toma de decisiones los cuales dependen de un contexto geográfico, social y político determinado. El manejo de los recursos naturales debe considerar esta complejidad y evaluar los obstáculos y avances con los que cuentan los actores sociales para participar en la gestión de los mismos con el fin de favorecer un uso y aprovechamiento más sustentable.

3.2.2. Gobernanza y gobernabilidad

La gobernanza implica un nuevo estilo de gobierno, distinto del modelo de control jerárquico y caracterizado por un mayor grado de cooperación e interacción entre Estado y actores no estatales, al interior de redes mixtas de decisión entre lo público y lo privado. Esta forma de gobernanza tiende a incrementar el diálogo entre sectores y a reducir la generación de conflictos. Sirve, además, como plataforma de concertación en temas que preocupan a la región (Barriga 2007).

Graham (2003) puntualiza que la gobernanza se centra en la interacción entre los gobiernos y los diferentes grupos sociales, la relación de todos los actores y la toma de decisiones que afectan a todos los elementos. Por otro lado, la gobernabilidad se enfoca en la interacción entre las estructuras, procesos y tradiciones que determinan cómo se ejerce el poder y las responsabilidades y cómo se toman las decisiones (Tabla 3.1).

Por otro lado, Cárdenas (2009) define la *gobernanza* como el proceso formal e informal de interacción entre actores para la conducción de una sociedad; mientras que la *governabilidad* implica el perfeccionamiento del sistema democrático en busca de un espacio para las interrelaciones sociales mediante la elección de la eficacia decisional y el mejoramiento del aparato estatal frente a la sociedad civil. También menciona que un sistema de gobernanza está integrado por las reglas y procedimientos, formales e informales, que configuran un marco institucional en el cual los diversos actores implicados tienen que operar. Este sistema tendrá más gobernabilidad cuánto más previsible, transparente y legítimo sea este marco. De esta manera, gobernanza es *"una noción más amplia que gobierno, puesto que no está referida a estructuras específicas, sino a una serie de procedimientos y prácticas que involucra una amplia gama de actores y redes"*.

En el caso de Bulkeley (2005), define la gobernanza, como "la asignación autoritaria de recursos y el ejercicio del control y la coordinación, en donde los actores gubernamentales no son necesariamente los únicos participantes ni los más importantes". Por otra parte, Leeuwis y Van den Ban (2004) señalan que una gobernanza efectiva requiere establecer un marco ampliamente aceptado que permita institucionalizar la interacción entre grupos interesados, negociar los intereses contrapuestos y mitigar los conflictos, para determinar así la forma en que se llevarán a cabo la toma de decisiones y el ejercicio del poder. Para Stoll-Kleemann et al.

(2006), “la gobernanza es la interacción entre instituciones, procesos y tradiciones de cómo se ejerce el poder, cómo se toman las decisiones en torno a cuestiones de interés público y a menudo privado, y cómo es que los grupos interesados se hacen escuchar”.

Complementando las definiciones anteriores, Piñeiro (2004) considera que la gobernanza representa una nueva filosofía de la acción de gobierno por la cual la gobernabilidad se asegura a través de una mayor participación de la sociedad civil en una relación horizontal entre instituciones del gobierno y organizaciones como sindicatos, grupos vecinales, asociaciones civiles, organizaciones no gubernamentales, movimientos sociales, asociaciones profesionales, y empresas privadas (Tabla 3.1).

Cabe mencionar, que Brenner (2010) diferencia la gobernanza de la gobernabilidad, precisando que son dos conceptos distintos pero complementarios, ya que el concepto de gobernanza surge como una estrategia para la gobernabilidad. Este autor define gobernabilidad como la capacidad y modalidad para implementar o imponer decisiones tomadas por las autoridades gubernamentales. En consecuencia, las instituciones estatales desempeñan un papel preponderante y se considera que son las únicas capaces de tomar y poner en marcha decisiones de manera adecuada y eficaz. Por su parte, este actor plantea que la gobernanza se refiere al ejercicio de poder en un sentido más amplio e implica ciertas modalidades de asignar recursos y de ejercer control y coordinación, donde los actores gubernamentales no necesariamente son los únicos participantes ni los más importantes. Por lo tanto, a diferencia de gobernabilidad, gobernanza se refiere al complejo proceso de interacción y negociación de intereses, con frecuencia contrapuestos, entre diferentes actores, incluida la población local, lo cual determina la forma y las modalidades concretas para tomar decisiones y ejercer el poder. La Tabla 3.1 detalla las diferencias entre el concepto de gobernabilidad y gobernanza.

En el caso de Van Vliet (2010) define la gobernabilidad a partir de las relaciones entre tres componentes esenciales, que conforman el “triángulo de gobierno”, en varios niveles de organización (local, intermedio y global). Estos componentes son: la naturaleza de los problemas enfrentados; la capacidad de conducción, que incluye la capacidad de leer los problemas, de descifrarlos, de identificar y movilizar los múltiples tipos de recursos para confrontarlos (poder y capital político, tiempo, recursos naturales, espacio, recursos financieros, conocimiento, capacidad organizacional); y la naturaleza de los proyectos de los actores.

Es importante destacar, que el concepto de gobernabilidad no se restringe al Estado, es válido desde la perspectiva de todo actor, la gobernabilidad depende del equilibrio dinámico entre el nivel de las demandas de la sociedad y la capacidad del sistema institucional de procesarlas de manera legítima y eficaz, tratando de buscar un equilibrio dinámico entre la eficiencia de los mecanismos burocráticos de gestión y la participación de los sectores de la sociedad civil interesados en la sustentabilidad del desarrollo (Fontaine 2006).

Tabla 3.1 Gobernabilidad y gobernanza ambiental en México

Criterios	Gobernabilidad	Gobernanza
Significado/objetivo	Capacidad de ejercer poder e influencia; implementación e imposición de decisiones tomadas por el Estado	Ejercer poder de manera consensual; negociación de intereses; mitigación de conflictos.
Relación Estado-sociedad	Estado como único actor capaz de tomar e implementar decisiones	Complementariedad entre Estado y sociedad civil; Estado como <i>primus inter pares</i>
Forma de toma de decisiones	Autoritario; unilateral; estructurado conforme a las estructuras administrativas	Participativo; resultado de negociaciones colectivas y de acuerdos comunes; complementario a las estructuras gubernamentales
Instrumentos	Normativos y administrativos; control y sanciones	Acuerdos ampliamente aceptados que comprometen efectivamente a todos los actores involucrados

Fuente: Elaboración propia con base en Brenner (2010).

3.2.3. Gobernanza Ambiental

La gobernanza implica un nuevo estilo de gobierno, caracterizado por un mayor grado de cooperación e interacción entre los diferentes actores, al interior de redes mixtas de decisión entre lo público y lo privado. Una plataforma de gobernanza que permite la interrelación horizontal y multisectorial en la toma de decisiones es un escenario posible donde se requiere la interacción entre el gobierno, la sociedad civil y el sector privado, para concertar intereses particulares que convergen en objetivos comunes. La gobernanza contribuye a aumentar el diálogo entre diferentes sectores y ayuda a reducir la generación de conflictos, funciona para exhibir temas que preocupan a la población, tales como pobreza, pérdida de biodiversidad, tenencia de la tierra, derechos humanos, equidad, contaminación, escasez de agua y reducción de la vulnerabilidad. Las iniciativas de gestión ambiental por su parte, implican procesos de concertación de intereses dentro de un panorama de actores participantes y la interrelación de los componentes ambientales, sociales, económicos e institucionales para la provisión y aprovechamiento sostenible de los servicios ecosistémicos. Por otro lado, la gobernabilidad ambiental es la capacidad de procesar y aplicar decisiones destinadas a mejorar las condiciones ambientales en el paisaje (Mika, 2007). Se refiere a los procesos de toma de decisión y de ejercicio de autoridad en el ámbito de bienes públicos, en los cuales intervienen los servicios gubernamentales en sus distintos niveles o instancias de decisión. Así como otras partes interesadas que pertenecen a la sociedad civil o empresas y que tienen que ver con la fijación de los marcos regulatorios y el establecimiento de los límites y restricciones al uso de los recursos naturales y de los ecosistemas (Piñeiro, 2004).

Para desarrollar una estrategia de gobernanza ambiental local, resulta indispensable, determinar algunas variables anticipadamente, los actores sociales, considerando todos aquellos que afectan y se ven afectados por un problema ambiental en un área o espacio determinado; los servicios ecosistémicos que los actores utilizan directa o indirectamente; el capital social de unión, ecológico, ambiental, o relacionado a alguna actividad productiva; el capital social de puente (políticas, programas, proyectos, fondos asociados a la economía y al medio ambiente); las políticas regionales de desarrollo económico. Uno de los objetivos de esta investigación es conocer los obstáculos y avances en materia de gestión para promover la participación de los diversos actores de la sociedad en la gestión de la conservación de los pastos marinos en la isla Holbox, por lo que reflexionar sobre las interrelaciones que existen

entre estos actores para la toma de decisiones es de vital importancia. A pesar del creciente reconocimiento de la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que proporcionan son fundamentales para la reducción de la pobreza. La pérdida de biodiversidad es reconocida como un desafío mundial, ya que contribuye al cambio climático, la pérdida de medios de subsistencia, la seguridad alimentaria y la desestabilización de las comunidades más vulnerables. A pesar del reconocimiento de los vínculos entre la conservación de la biodiversidad y el desarrollo humano, siguen existiendo obstáculos significativos para integrar al desarrollo y aplicación de políticas eficaces (Pisupati, n.d.).

La gobernanza aplicada a las áreas protegidas debería velar por la descentralización en las tomas de decisión y privilegiar la participación ciudadana a todos los niveles de toma de decisión. Estos criterios dependen a su vez de la existencia de actores independientes en la sociedad civil y de un alto nivel de confianza entre los miembros de la sociedad. En cuanto a los criterios de buena gobernanza para las áreas protegidas son la eficiencia de los costos, la capacidad, la coordinación por parte de los actores estratégicos. A ello, cabe agregar la información pública sobre los resultados (transparencia), la capacidad de respuesta ante críticas y quejas de otros actores, así como la posibilidad de llevar a cabo el monitoreo y la evaluación de la gestión (Guillaume Fontaine, 2007).

Las áreas protegidas desempeñan un importante papel para la conservación de la biodiversidad, con la preservación de la alta riqueza de especies, algunas en estatus de amenazadas, también representan un sitio donde las prácticas y aplicación de la gestión pueden tener resultados satisfactorios en cuanto a la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que proporcionan, si existen las condiciones que permitan una participación efectiva e informada de todos los actores involucrados en el manejo de los recursos naturales con los que cuentan estas áreas. Son sitios donde se puede promover el dialogo entre los actores involucrados en la gestión de los recursos, sitios para el estudio y divulgación científica y proporcionan beneficios económicos a la comunidad con el ingreso del turismo sustentable (UNEP y EDO NSW, 2013).

3.2.4. Buena Gobernanza y sus criterios

Existen diversas propuestas que definen los principios que determinan una buena gobernanza de los recursos naturales; estos principios representan los avances para crear las condiciones que permitan una participación efectiva, informada e incluyente con representantes que garanticen la legitimidad y con mecanismos que promuevan la rendición de cuentas y transparencia. Todos estos principios garantizan una gestión que promueva la conservación de los ecosistemas de manera exitosa.

Entre estos esfuerzos destaca la propuesta de la Declaración Universal de los Derechos Humanos del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en la cual se describe la buena gobernanza como participativa, en búsqueda de consensos, con una visión estratégica, con capacidad para responder, efectiva y eficiente, con rendición de cuentas, transparente y equitativa. Donde la **participación** implica que todos los grupos de la población puedan tomar parte en los procesos de decisión política y social que les afecten, por lo que se espera una participación amplia e informada. Dentro de una buena gobernanza la **búsqueda de consenso** es importante, ya que se trata de conocer y tomar en cuenta los diferentes intereses para lograr acuerdos sobre las decisiones que son más convenientes para lo colectivo. En la **visión estratégica**, los líderes y el público tienen una perspectiva amplia sobre la buena gobernanza y el desarrollo social y humano; asimismo conocen los elementos necesarios para tal desarrollo, el cual se debe potenciar a partir de la implementación de diversas estrategias que resulten de la interacción de los diferentes actores. Otro principio se refiere a la **capacidad de respuesta** de las instituciones y los procesos que intentan cumplir con base en las demandas de los interesados, las respuestas esperadas deben regirse por los criterios de **eficiencia y eficacia** para garantizar un mejor uso de los recursos alcanzando los resultados esperados. Por otro lado, con la **rendición de cuentas** de los tomadores de decisiones del gobierno, el sector privado y la sociedad civil, se transparenta el ejercicio de los recursos, además de eliminar la corrupción; la **transparencia** demanda el acceso a la información sobre las decisiones involucradas y los criterios de asignación de recursos para su consulta por otras instituciones y la sociedad en general, lo cual permite y facilita dar seguimiento a los acuerdos y acciones emprendidas en favor de la conservación de los recursos naturales. En el caso del principio de **equidad** todos los participantes deben tener las mismas oportunidades para mejorar o mantener su bienestar, siguiendo marcos jurídicos

aplicados de manera imparcial, procurando que las voces de los más pobres y los más vulnerables sean escuchados en la toma de decisiones para la asignación de los recursos. (UNDP, 1997).

En este sentido, Graham (2003) define como principios de la buena gobernanza la legitimidad y voz, la dirección, el desempeño, la rendición de cuentas y la equidad. En el caso de la **legitimidad y voz**, se refiere a la existencia de un contexto de apoyo democrático y de derechos humanos a través de instituciones basadas en elecciones libres, con respeto de los derechos humanos, como la libertad de expresión, la asociación, la religión, no discriminación, la promoción de la tolerancia y la armonía social, el respeto de los derechos de los pueblos indígenas, el contar con un grado apropiado de descentralización en la toma de decisiones para las áreas protegidas y el tener los poderes y la capacidad requeridos para realizar sus funciones; se deberá contar con participación ciudadana en todos los niveles de toma de decisiones relacionadas con las áreas protegidas (legislación, planificación de sistemas, planificación de gestión, operaciones) con especial énfasis en el nivel local y la participación equitativa de hombres y mujeres, donde exista la participación de grupos de la sociedad civil y un medios independientes para actuar como un control y equilibrio en el ejercicio de los poderes otorgados a los administradores de dichas áreas. La **dirección** tiene que ver con que exista una coherencia con los lineamientos internacionales en material de áreas protegidas, existencia de dirección legislativa (ley formal o tradicional) que establezca objetivos claros, con participación de autoridades y organizaciones que administren las áreas y donde se tome en cuenta la participación ciudadana en la toma de decisiones; la existencia de planes de manejo para áreas protegidas que reflejen la participación ciudadana, particularmente local e indígena y que cuenten con la aprobación formal de las autoridades correspondientes, con objetivos claros consistentes con la legislación. Por otro lado el **desempeño** involucra la capacidad para llevar a cabo las funciones requeridas, particularmente en relación con su mandato, capacidad para coordinar esfuerzos con los principales actores afectados, suministro de información suficiente para facilitar el evaluaciones del desempeño de los gobiernos y el público, capacidad de respuesta a las quejas y críticas públicas, capacidad para llevar a cabo un seguimiento y una evaluación periódicos y exhaustivos, incluida la supervisión a largo plazo de valores ecológicos y culturales clave, y para responder a los hallazgos, la capacidad de proporcionar el aprendizaje de políticas y el ajuste de las acciones de gestión sobre la base de la experiencia operativa como parte de una estrategia de gestión adaptativa. Con respecto al principio de **rendición de cuentas** tiene que existir una claridad en la asignación de responsabilidades y la

autoridad para actuar es fundamental para poder responder a la pregunta "¿quién es responsable ante quién y para qué?"; debe de incluir coherencia y amplitud, una adecuación de las responsabilidades asignadas a los líderes políticos y una ausencia de corrupción dentro de las instituciones públicas donde los ciudadanos, la sociedad civil y los medios tengan acceso a la información relevante para el desempeño de la gestión de las áreas protegidas.

Por último, el principio de **equidad** se refiere a la existencia de un contexto judicial de apoyo caracterizado por el respeto del estado de derecho, que incluye un poder judicial independiente, la igualdad ante la ley, el requisito de que el gobierno y sus funcionarios basen sus acciones en autoridades legales bien definidas, con la aplicación justa, imparcial y efectiva de cualquier regla de las diferentes autoridades, donde exista una ausencia de corrupción entre los funcionarios públicos y exista equidad en el proceso para establecer nuevas áreas naturales incluyendo el respeto de los derechos, usos y conocimiento tradicional de los pueblos locales e indígenas relacionados con el área, una participación pública en el proceso de establecimiento de la áreas protegidas donde se incluyan a los pueblos locales e indígenas.

A partir de la integración de los principios propuestos por Graham (2003) y la UNDP (1997), esta investigación considera como elementos centrales para crear las condiciones que permitan la participación de los diferentes sectores involucrados en el manejo y conservación de los pastos marinos los siguientes principios: **legitimidad, representatividad, desempeño de la gestión, normatividad y su cumplimiento, y participación efectiva**. Cabe mencionar que la evaluación de cada uno de los principios para la identificación de los obstáculos y avances para la gestión de los pastos marinos, fue realizada por cada entrevistado con base en sus experiencias y opiniones, por lo que la calificación recibida por cada principio resultó del promedio de las evaluaciones hechas por todos los entrevistados previo a que emitieran una calificación para determinar los obstáculos y avances de dichos principios, durante la entrevista se les clarificó en qué consistía cada principio y que aspectos lo integraban. Lo anterior con el fin de evita cualquier confusión y duda sobre lo que comprende cada uno de estos principios.

En el caso de la **legitimidad**, éste se entendió en la investigación como el reconocimiento entre los miembros del sistema para emprender acciones en favor del colectivo, de manera que cuando un integrante cuenta con legitimidad para tomar decisiones, se reconoce su liderazgo por los miembros de la comunidad quienes democráticamente lo eligen para representar sus intereses. Para el caso de la **representatividad**, ésta se vincula al concepto de representación, donde algo o alguien refleja a un sector o determinados intereses en la medida en que cuenta con el apoyo y reconocimiento de este sector se busca crear un espacio de participación, donde los actores puedan tomar decisiones de forma informada. El **desempeño de la gestión** se refiere a que las personas involucradas cuenten con las herramientas para generar e interpretar información e implementar acciones con eficiencia y con una comunicación efectiva, en donde existan competencias administrativas y financieras adecuadas para el funcionamiento del sistema. Para el caso de la **normatividad y su cumplimiento**, el sistema se integra de reglas y procedimientos que configuran un marco institucional en el cual los diversos actores implicados tienen que operar, se trata de incluir propuestas y opiniones de los grupos de interés con el desarrollo de mecanismos equitativos para acceso, uso y control de beneficios, bienes y servicios. Finalmente, la **participación efectiva** intenta generar herramientas de planificación local, regional y nacional estratégica y operativa, donde los actores involucrados tengan una voz que influya en la toma de decisiones, es decir, una participación informada sobre los instrumentos que dan cuenta de su institucionalidad (i.e., normas, reglamentos, estatutos).

En la tabla 3.2 se muestran los 5 principios que evalúan los obstáculos y avances en la gestión de los pastos marinos para crear las condiciones que favorezcan la participación de los sectores involucrados precisando los atributos que comprenden

Tabla 3.2 Principios de la buena gobernanza utilizados para evaluar los obstáculos y avances en la gestión de los pastos marinos.

Principios de la buena gobernanza utilizados en este trabajo	Variables e indicadores a tomar en cuenta
Legitimidad	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento para emprender acciones para el colectivo • Reconocimiento de liderazgo por los miembros • Elección democrática del representante
Representatividad	<ul style="list-style-type: none"> • Representación de los intereses de la comunidad
Desempeño de la gestión	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de acciones eficientes, eficaces y comunidades efectivamente
Normatividad y su cumplimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema integral de reglas y procedimientos claros y aplicables
Participación efectiva	<ul style="list-style-type: none"> • Involucramiento informado con voz y voto en la toma de decisiones • Se cuenta con espacio e instrumentos para la participación

Fuente: Elaboración propia con base en Graham (2003) y UNDP (1997).

Con el objetivo de que exista mayor participación de la gente en la toma de decisiones que afectan al medio que habitan y por lo tanto afecta la integridad de cada uno de los elementos, resulta indispensable mejorar la calidad de las políticas considerando la combinación de diferentes instrumentos regulatorios, donde las personas y organizaciones se involucren en el diseño y formulación de las políticas para la conservación. Ello llevará a establecer una conexión más estrecha con los ciudadanos y a promover la apertura y la responsabilidad para la implementación de políticas ambientales más eficientes. Por consiguiente es necesario identificar a los diversos actores involucrados en la toma de decisiones conociendo sus posiciones e intereses con respecto a la conservación; elementos cruciales; para evaluar los obstáculos y avances en la gestión de los pastos marinos, lo cual constituye uno de los objetivos de esta investigación.

3.3. Mapeo de los actores involucrados en la toma de decisiones

Los actores sociales pueden ser personas, grupos u organizaciones que tienen interés en un proyecto o programa. Los actores claves son usualmente considerados como aquellos que pueden influenciar significativamente, positiva o negativamente, o son muy importantes para que una situación se manifieste de determinada forma (Pozo Solís, 2007).

Un actor social es alguien que tiene algo que ganar o algo que perder a partir de los resultados de una determinada intervención o la acción de otros actores. Usualmente son considerados actores aquellos individuos, grupos o instituciones que son afectados o afectan el desarrollo de determinadas actividades, aquellos que poseen información, recursos, experiencia y alguna forma de poder para influenciar la acción de otros. Con el mapeo de los actores se intenta representar la realidad social en la que se intervendrá, comprenderla en su complejidad y diseñar estrategias de intervención con más elementos que solo sentido común o la sola opinión de un informante calificado (Tapella, 2007).

Brenner (2010) menciona que pueden existir actores aparentemente débiles, que pueden evadir los reglamentos y desafiar seriamente a las autoridades gubernamentales mediante formas de desobediencia de bajo perfil pero constantes. De esta manera pueden buscar alianzas estratégicas con otros actores más influyentes, como con aquellas OSC's que tienen como objetivo defender los "intereses legítimos" de las comunidades para la conservación (Brenner, 2010). En este sentido, la gestión ambiental de los ecosistemas debe ser un proceso "de abajo hacia arriba", es decir, colaborativo e incluyente, con la participación de diferentes miembros de la comunidad, así como entre otras comunidades, autoridades y alianzas con OSC's.

Fomentar la participación local y el uso sustentable de los recursos no sólo son necesarios sino que resultan indispensables para implementar políticas ambientales más eficientes. Al mismo tiempo, en los debates políticos y académicos se sustituye la necesidad percibida de desplazar a las poblaciones humanas de las áreas naturales por el imperativo de incorporarlas, de una u otra manera, en el proceso de toma de decisiones (Brenner y Vargas, 2010). En esta investigación se identificaron a los principales actores involucrados con el fin de analizar la información proporcionada sobre su involucramiento en la gestión de los pastos marinos. Lo anterior para identificar avances y obstáculos para la conservación de este ecosistema. Para ello en primer lugar, se preparó una lista de actores identificados como relevantes en la toma

de decisiones, reflexionando sobre cómo se involucran en la conservación y a partir de qué mecanismos. Se clasificaron dichos actores por categoría, como se muestra en la siguiente tabla, de tal forma que queden claros los papeles y posiciones de cada grupo. En esta investigación se identificaron tres grupos: miembros reconocidos de la comunidad, miembros de la OSC con proyectos de conservación en la zona de estudio y autoridades en los tres niveles de gobierno. A partir de estas categorías, se llevó a cabo la identificación de los obstáculos y avances en la gestión resultados de las entrevistas semiestructuradas realizada.

Tabla 3.3 Categorías de actores y definiciones del perfil

Categoría	Definición del perfil del actor
Beneficiarios	Actores que reciben beneficios del proyecto.
Afectados negativamente	Actores que reciben las influencias negativas del proyecto.
Encargados de decisiones	Actores con facultades para tomar decisiones.
Financiadores	Actores que cubren los gastos del proyecto.
Encargados de la ejecución	Actores que llevan a cabo el proyecto.
Líderes de comunidad	Actores que representan a las comunidades locales.
Opositores	Potenciales Actores que podrían oponerse al proyecto, o podrían obstaculizarlo.
Grupos colaboradores	Actores que cooperan en la ejecución del proyecto. Instituciones y organizaciones que están realizando las actividades de asistencia para el desarrollo en la misma área o en el mismo sector objeto del proyecto (OSCs).

Fuente: Elaboración propia.

Se hizo una propuesta inicial de clasificación de actores, mediante una lluvia de ideas realizando un listado de los diferentes actores que tiene una influencia positiva o negativa en el uso, aprovechamiento y conservación de los pastos marinos. Después se clasificaron por grupos de actores sociales con el objetivo de hacer un reconocimiento de los actores más importantes que intervienen en la conservación de estos ecosistemas. Después se realizó una identificación de funciones y roles de cada actor, en esta parte se identificaron las principales funciones y acciones que desarrollan los actores analizados con el fin de determinar las relaciones de afinidad o conflicto, así como la jerarquización del poder. Se entrevistaron 5 actores relevantes de cada sector. En el caso de los miembros de la comunidad estos fueron identificados por la mayoría de los pobladores, quienes también señalaron OSC que estaban presentes trabajando en la isla, así como a representantes de las autoridades locales. Para complementar la identificación de actores las OSC previamente identificadas señalaron otras que también trabajaban en la isla, tanto nacional como internacional así como representantes de las autoridades federales, estatales y locales con las cuales interactuaban. Por último se les solicitó a las autoridades de gobierno que precisaran que instancias eran las responsables de la gestión de los pastos marinos en la zona, con lo cual se completó la lista de los actores entrevistados. La Tabla 3.4 describe el análisis de los actores, relaciones de afinidad o conflicto y jerarquización del poder.

Tabla 3.4 Análisis de los actores, relaciones de afinidad o conflicto y jerarquización del poder

Relaciones: Afinidad o conflicto	Jerarquización del poder
<ul style="list-style-type: none"> • A favor • Indeciso / indiferente • En contra 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto: existe una considerable influencia de este actor sobre los demás para influir en la toma de decisiones para el aprovechamiento, uso y conservación de los pastos marinos. la postura de este actor termina prevaleciendo sobre la de los demás • Medio: su influencia en la toma de decisiones es medianamente aceptada. Se toman en cuenta sus recomendaciones en el uso, aprovechamiento y conservación de los pastos marinos; sin embargo no necesariamente estas recomendaciones se llevan a cabo u son contrarias a las propuestas por actores con un alto nivel de poder • Bajo: no tiene influencia en la toma de decisiones. Sus recomendaciones y opiniones no son tomadas en cuenta por el resto de los actores para el sobre uso, aprovechamiento y conservación de los pastos marinos

Fuente: Elaboración propia.

Se requirió hacer un reconocimiento de las relaciones sociales, para identificar si se mantienen relaciones de fuerte colaboración y coordinación, relaciones débiles o puntuales o relaciones de conflicto.

3.3.1 Mapas sociales

A partir de los elementos anteriores se realizó el mapeo de actores clave, lo cual representan una herramienta que pretende representar la realidad social en la que está inmerso algún objeto de estudio. Al realizar el mapeo de actores se buscó no solo tener un listado de los diferentes actores que participan en una iniciativa, también conocer sus acciones y los objetivos de su participación.

El sociograma es una técnica que permite comprender la estructura de grupos sociales, las afinidades y asperezas, las relaciones cercanas y las problemáticas. Es una herramienta de diagnóstico orientadora que puede ser útil para trabajar divisiones y dificultades en la estructura de grupos (Soliz Torres y Maldonado, 2012). Con el mapeo de actores claves se intenta identificar a los actores con incidencia directa sobre el uso y manejo de recursos naturales del territorio a nivel local, estatal o nacional.

La caracterización de los diferentes roles o poderes de los diferentes actores permitió detectar y analizar posibles relaciones, como alianzas y conflictos además de seleccionar mejor a los actores más relevantes. La Tabla 3.5 describe la matriz del mapa de actores.

Tabla 3.5 Matriz de Mapa de actores

Concepto	Descripción
Grupo de Actores Sociales	<ul style="list-style-type: none"> • Gobierno Central: formado por empresas públicas o gubernamentales en el marco de los cuatro poderes del estado: ejecutivo, legislativo, judicial y electoral. • Gobierno Local • Sociedad Civil • Cooperación Internacional • Políticos • Autoridades • Empresa privada
Actor	<p>Delegaciones gubernamentales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centralizadas • Semiautónomas • Autónomas <p>Organizaciones No Gubernamentales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundaciones • Asociaciones • Cooperativas • Consejos o Comités de desarrollo • Centros educativos • Programas y Proyectos de cooperación internacional, nacional y sectorial. • Centros religiosos • Personas individuales de relevancia estratégica
Nivel de Presencia	<ul style="list-style-type: none"> • Nacional • Temporal • Local • Permanente
Rol en el Proyecto	Funciones que desempeña cada actor y el objetivo que persigue con sus accionar
Relación Predominante	<ul style="list-style-type: none"> • A Favor • Indiferente

	<ul style="list-style-type: none"> • En Contra
Jerarquización de su Poder	Capacidad del actor de limitar o facilitar las acciones: <ul style="list-style-type: none"> • Alto • Medio • Bajo

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de conocer los obstáculos y avances de la gestión de los pastos marinos, además de conocer las “representaciones” que tienen actores sobre la gestión de los servicios ecosistémicos proporcionados por éstos en la isla de Holbox, se realizaron entrevistas semiestructuradas, las cuales tienen la ventaja de que permiten conocer las prácticas y “representaciones” en temas de gestión y servicios ambientales de aquellos actores que participan en la toma de decisiones. Esto facilita la interpretación y reinterpretación de las respuestas obtenidas, las experiencias subjetivas, imágenes y creencias de los entrevistados. Asimismo, tienen la ventaja de permitirles expresar con detalle sus opiniones e incorporar algunas reflexiones sin tener que procesar un número abrumador de entrevistas, ya que se utilizó un muestreo no probabilístico denominado como muestreo de propósitos. La efectividad de esta técnica está sujeta a la colaboración, disponibilidad para expresarse y a la comprensión de las preguntas realizadas por parte del entrevistado (Tracy, 2013).

La importancia de realizar las entrevistas a grupos denominados de “elite”, radica en la influencia que estos ejercen sobre la toma de decisiones para el uso, aprovechamiento y conservación de los pastos marinos, además de conocer la percepción y reconocimiento de los servicios ambientales proporcionados por estos ecosistemas en la zona de estudio, así como la importancia de su conservación.

Las respuestas de las entrevistas realizadas fueron escritas, grabadas y transcritas para facilitar su análisis; dichas entrevistas fueron semi estructuradas para dar mayor flexibilidad a los entrevistados para responderlas. Una de sus ventajas es la posibilidad de adaptarse a los sujetos con enormes posibilidades para motivar al interlocutor, aclarar términos, identificar ambigüedades y reducir formalismos (Creswell, 2002). A partir del cuestionario aplicado se obtuvo información para conocer los obstáculos y avances en materia de gestión de los pastos marinos, siendo relevante conocer la percepción e información con la que cuentan los actores sobre las praderas de pastos marinos y los servicios ecosistémicos que prestan en la Laguna

Yalahau. El cuestionario se dividió en tres secciones: (1) Identificación de servicios ambientales por los actores; (2) Gestión actual de los pastos marinos (3) Obstáculos y avances en la gestión de los pastos marinos (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Cuestionario aplicado a los actores seleccionados

Sección I. Identificación de servicios ambientales por los actores	1. ¿Sabe usted que son los pastos marinos?
	2. ¿Cuáles cree que son las funciones/beneficios de los pastos marinos dentro de la laguna? Ordénelos por importancia-¿Por qué considera que x es la función más importante?
	3. ¿Cree que es importante la conservación de los pastos marinos? Y ¿por qué?
	4. ¿Sabe si le dan algún uso a los pastos marinos dentro de la comunidad de la isla Volvox?
	5. ¿Dentro de la laguna, ha notado cambio en la abundancia de pastos marinos en los últimos años?
	6. ¿En qué época del año ha notado mayor turbidez en la laguna? ¿Cree que la conservación de los pastos marinos ayudaría a reducir la turbidez de la laguna?
	7. ¿Sabe cuántas veces se ha dragado dentro de la laguna? ¿Considera que este dragado ha afectado la abundancia de pastos marinos dentro de la laguna?
	8. ¿Desde hace cuantos años ha notado un aumento o disminución de pastos marinos dentro de la laguna?
	9. ¿Realiza usted alguna actividad económica dentro de la laguna? ¿Cuál?
	10. ¿Qué animales ha visto viviendo en los pastos marinos o alimentándose de ellos? ¿Sabe si estos tienen un valor ecológico, económico para los habitantes de la isla?
Sección II. Gestión actual de los pastos marinos	11. ¿Sabes si existe alguna ley o normatividad que proteja y regule a los pastos marinos? ¿Cuál?
	12. ¿Conoce programas o proyectos dirigidos a promover la conservación de los pastos marinos? ¿Cuáles?
	13. ¿Que instituciones ha identificado que son las responsables de la implementación de dichos programas y si estas instituciones han involucrado a la comunidad?
	14. ¿Quiénes (actores y/o instituciones) participan en la conservación y manejo de los pastos marinos? ¿Estos actores/instituciones representan los intereses de la comunidad? Si no, ¿qué intereses representan?
	15. ¿En su opinión ¿cuáles son las barreras que enfrentan los habitantes para cumplir con la regulaciones del uso de recursos en la laguna? ¿Considera que es importante la capacitación o información para impulsar la conservación de las praderas de pastos marinos ?
	16. ¿Qué actores influyen de manera determinante en la conservación y manejo de pasos marinos y cómo?
	17. ¿Cómo eligen a los representantes que participan en la toma de decisiones

	sobre la conservación y manejo de los pastos marinos?
	18. ¿A qué nivel considera que los pastos marinos deberían ser regulados: a nivel federal, estatal, municipal o comunitario?
Sección III. Obstáculos y avances en la gestión de los pastos marinos	19. ¿Sabe si se ha involucrado a la comunidad en la regulación o en la conservación de los pastos marinos? Si, ¿Cómo participan? ¿Qué mecanismos utiliza para tomar decisiones? Y si los actores que participan representan los intereses de la comunidad? No, qué obstáculos han limitado su participación? cuáles considera que son las más importantes (ordenar) Y ¿Cómo cree que la comunidad pueda involucrarse en la conservación y manejo de los pastos marinos?
	20. ¿Sabe si existen conflictos entre los actores que participan en la toma de decisiones para la conservación y manejo de los pastos marinos? ¿Entre quiénes ha identificado dichos conflictos? Conoce su causa?
	21. ¿Cómo percibe el nivel de compromiso de los habitantes de la isla para participar en la gestión de los pastos marinos? Y ¿por qué?
	22. ¿Qué medidas/acciones se deben implementar para que la gestión comunitaria sea un instrumento de manejo que contribuya a la conservación de estos ecosistemas?

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Resultado del mapeo de los actores clave que influyen en la conservación de los pastos marinos

Por medio del mapeo de actores clave se realizó la caracterización de los diferentes roles y nivel de influencia en la toma de decisiones sobre el manejo y de los pasto marinos por parte de los diferentes actores involucrados, además de determinar los tipos de relaciones presentes entre estos como; relaciones de coordinación, colaboración, confrontación y distantes. Los actores sociales analizados fueron: autoridades federales, estatales y locales; OSCs internacionales, nacionales y locales; líderes comunitarios, cooperativas pesqueras, pescadores, operadores turísticos, habitantes de Chiquilá, grupos inmigrantes desplazados (dentro de Chiquilá), inmobiliarias, turistas temporales y turistas inmigrantes inversores. En las Tablas 3.8 y 3.9 y la Figura 3.1 se describen los roles y niveles de poder, así como los tipos de relaciones identificadas entre los actores entrevistados.

Se considera que los actores se encuentran a favor de la conservación cuando se involucran en proyectos vinculados a este objetivo, ya sea para el aprovechamiento sustentable de los recursos, para preservar especies carismáticas, como promotores de conservación de los pastos marinos o implementando actividades para evitar la destrucción de estos ecosistemas y

los efectos de la contaminación. En el caso de aquellos actores que se encuentran en contra de la conservación destacan aquellos que hacen un uso extractivo de los recursos sin respeto por vedas y sobreexplotándolos, los que destruyen el hábitat para promover actividades inmobiliarias o turísticas, los que promueven la sobre pesca y aquellas actividades económicas favorecen la contaminación, finalmente para las relaciones consideradas como distantes se encuentran aquellos grupos cuyas actividades no están vinculadas con la zona de estudio ya sea porque estas tengan una baja influencia o porque su localización geográfica limita sus impactos.

Para la influencia en la gestión de los pastos marinos, esta puede ser baja, media o alta. Se considera que los actores tienen una baja influencia en la gestión cuando sus acciones no tienen impacto en la conservación de los pastos además de que sus opiniones y sugerencias con respecto a la gestión no son tomadas en cuenta en las medidas implementadas. Para un nivel de influencia medio en la gestión, los actores tienen capacidades limitadas para influir en la toma de decisiones aunque las acciones que tomen pueden incidir favorable o desfavorable en la preservación de estos ecosistemas, en el caso del nivel alto en la gestión corresponde a aquellos actores cuyos opiniones, comentarios influyen determinadamente en la toma de decisiones para la conservación de los pastos marinos, incluyendo aquellos actores cuyas acciones tiene marcadas consecuencias positivas o negativas.

En el análisis de los roles y el nivel de poder se identificó que a favor de la conservación se encuentran los líderes comunitarios, las cooperativas pesqueras y los operadores turísticos, con un nivel alto de poder para el manejo de los recursos naturales, ya que estos grupos desarrollan actividades ecoturísticas, las cuales dependen del buen estado de conservación de los recursos naturales presentes en la isla. Estos actores suelen presentar relaciones de coordinación o de colaboración a favor de la conservación; se consideran relaciones de coordinación aquellas que unifican acciones de dos o más actores para la protección de los pastos marinos, por otro lado las relaciones de colaboración implican un trabajo en conjunto de los actores para el desarrollo de alguna actividad que favorezca la conservación. Por otro lado, en contra de la conservación se identificaron a los inmigrantes desplazados e inmobiliarias con una influencia alta; los primeros forman parte de grupos delictivos de la zona que se dedican a la pesca de especies en peligro de extinción y durante épocas de veda, además de no contar con registros de pesca o permisos, por lo que la distribución de lo que pescan se comercializa en mercados informales. En el caso de las inmobiliarias, sus objetivos se centran en la comercialización de lotes para el desarrollo habitación de alta plusvalía, algunos de estos lotes

forman parte de la reserva o se encuentran en tierras ejidales, teniendo un enorme impacto ambiental. Desafortunadamente, la falta de la presencia de las autoridades ambientales en la zona, ha evitado que la especulación inmobiliaria se frene. En general los actores que están a favor de la conservación presentan relaciones de confrontación con los actores previamente mencionados quienes promueven acción basadas en intereses económicos e inmobiliarios lo cual está en detrimento de la conservación.

La confrontación entre estos grupos se presenta desde intereses opuestos hasta la implementación de proyectos con objetivos contrarios. Con una relación a favor pero con actividades que impactan en la conservación de los pastos marinos de la zona se encuentran los turistas inmigrantes inversores, ya que estos realizan actividades económicas que pueden afectar la conservación de los pastos marinos. Finalmente con una relación distante se identificó la población de Chiquilá, ya que ellos no encuentran un beneficio directo de las medidas de protección y conservación de los recursos naturales de la isla Holbox además de que sus acciones tienen poca influencia en los recursos de la isla por su ubicación geográfica.

En la Tabla 3.7 se presentan los resultados del mapeo de actores de la isla Holbox y sus relaciones de poder.

Tabla 3.7 Roles y nivel de poder

Actor	Nivel de Presencia	Rol en la gestión de los pastos	Relación Predominante para la conservación	Nivel de poder
Líderes comunitario Cooperativas pesqueras (líderes) Operadores turísticos	Local	Conservación y aprovechamiento de recursos	A Favor	Alto
Pescadores	Local	Conservación y aprovechamiento de recursos	A Favor	Medio
Población de Chiquilá	Local	Aprovechamiento de recursos	Distante	Bajo
Grupos inmigrantes desplazados (dentro de chiquilá)	Local	Aprovechamiento exhaustivo de recursos, destrucción del hábitat	En contra	Alto

Actor	Nivel de Presencia	Rol en la gestión de los pastos	Relación Predominante para la conservación	Nivel de poder
Inmobiliarias	Local	Destrucción del hábitat y contaminación	En contra	Alto
Turistas temporales	Local	Promotores de la conservación de los pastos marinos	A favor	Bajo
Turistas inmigrantes inversores	Local	Aprovechamiento de recursos Destrucción del hábitat y contaminación	A favor pero con actividades que impactan	Medio

Tabla 3.8 Relaciones de colaboración, coordinación, confrontación y distantes

Actor	Relación de Coordinación	Relación de Colaboración	Relación Distante	Relación de Confrontación
Líderes comunitarios	Aut. locales y estatales* OSCs locales	Cooperativas pesqueras Pescadores Operadores turísticos	Autoridades federales OSCS internacionales y nacionales	Grupos inmigrantes desplazados
Cooperativas pesqueras (líderes)	Aut. locales y estatales* OSCs locales	Líderes comunitarios Pescadores Operadores turísticos	Autoridades federales OSCS internacionales y nacionales	Grupos inmigrantes desplazados
Pescadores	Coop. pesqueras Líderes comunitarios Operadores turísticos	Cooperativas pesqueras Líderes comunitarios Operadores turísticos	Autoridades federales estatales locales, OSCS locales internacionales y nacionales	Grupos inmigrantes desplazados
Operadores turísticos	Aut. locales y estatales OSCs locales	Cooperativas pesqueras Líderes comunitarios Pescadores	Autoridades federales* OSCS internacionales y nacionales	Grupos inmigrantes desplazados
Población de Chiquilá	Aut. estatales y locales (municipales)	-----	Autoridades locales de la isla OSCS internacionales, nacionales y locales	Grupos inmigrantes desplazados

Actor	Relación de Coordinación	Relación de Colaboración	Relación Distante	Relación de Confrontación
Grupos inmigrantes desplazados (dentro de Chiquilá)	-----	-----	-----	Con todos los actores
Inmobiliarias	Aut. federales y estatales	Autoridades estatales y locales	Autoridades locales (isla) OSCS internacionales, nacionales y locales	Líderes comunitarios Cooperativas pesqueras Pescadores Operadores turísticos
Turistas temporales	Líderes comunitarios Cooperativas pesqueras	Operadores turísticos	Autoridades locales, estatales y federales OSCS internacionales nacionales y locales	-----
Turistas inmigrantes inversores	Autoridades estatales y locales	-----	Autoridad federal, OSCS internacionales, nacionales y locales	Líderes comunitarios Cooperativas pesqueras Pescadores Operadores turísticos

3.4 Servicios ecosistémicos y la gobernanza comunitaria

El análisis de la percepción de los servicios ecosistémicos permite identificar el nivel de conocimiento que tienen los actores entrevistados sobre los beneficios que prestan estos ecosistemas; conocimiento que es crucial en la toma de decisiones para favorecer la conservación con el fin de mantener el nivel de bienestar de los grupos que se benefician de los pastos marinos. Asimismo, en esta sección se identifican los mecanismos de participación que utilizan los actores involucrados en el manejo de los pastos marinos, los usos que realizan de estos ecosistemas, los arreglos normativos y herramientas de planeación para la conservación, así como la participación de los diferentes actores para llevar a cabo estrategias de conservación.

3.4.1 Identificación de los pastos marinos y sus servicios ecosistémicos

Los sectores entrevistados (representantes de la comunidad, OSCs nacionales e internacionales y autoridades locales, estatales y federales), identifican que en la Laguna Yalahau en Holbox existen pastos marinos. Sin embargo, la percepción que tienen de ellos y de los servicios ecosistémicos que prestan varía dependiendo del sector. Por ejemplo, para la **comunidad**, los pastos marinos son similares al pasto terrestre, denominándolos “zacate”, y en algunos casos, los confunden con algas de diferentes tamaños; identifican que dependiendo de su ubicación cambian de color, aunque no tienen claro porqué se presenta esta variación asociada a la incidencia de luz. Asimismo, consideran que entre los servicios ecosistémicos el más importante es el de hábitat, ya que alberga gran diversidad de especies y regulan la cantidad de sedimento en la laguna (con un consenso total), lo cual les ayuda a poder realizar una de las actividades económicas más relevante del lugar que es la pesca.

Otro servicio prioritario es la provisión de alimentos, dado que de la pesca que realizan en la laguna, un porcentaje importante se destina al autoconsumo. Con menor relevancia, la comunidad identifica otros servicios ecosistémicos como la reducción de la erosión costera, ser barrera natural contra huracanes, y purificar el agua. Cabe mencionar, que ninguno de los representantes de la comunidad identificó entre los servicios ecosistémicos prioritarios la captura y almacenamiento de carbono, lo cual se podría explicar, porque el conocimiento sobre este servicio es más técnico y no está directamente relacionado con sus actividades económicas.

En el caso de las **OSC**, éstas los definen como plantas marinas ubicadas a baja profundidad (en aguas someras que tienen cierto grado de transparencia para realizar fotosíntesis), distribuidas en forma de praderas que coexisten con ciertas algas. Aunque en México conocen nueve especies de pastos marinos que se distribuyen a lo largo de las costas del país destacando en la zona de estudio cuatro especies², las OSC identifican como la especie más abundante *Thalassia testudinum*. Es importante mencionar, que este grupo destaca que las praderas de pastos marinos no cuentan con protección a pesar de ser uno de los ecosistemas costeros más severamente amenazado y prestar una gran variedad de servicios ecosistémicos entre los que identifican: la provisión de alimento, la retención de sedimentos y el refugio de especies. Para este grupo, todas las funciones son importantes dentro del ecosistema; sin embargo, 100% de los entrevistados de las OSC destacaron la relevancia que tiene el servicio ecosistémico de hábitat y refugio de especies y 80% la retención de sedimentos; sólo una persona mencionó como servicio prioritario el ciclo de nutrientes (20% del total), ya que los pastos marinos son productores primarios, y también sólo un representante de este sector identificó como beneficio de este ecosistema su capacidad para purificar el agua (20% del total).

Finalmente, para las **autoridades** los pastos marinos son un ecosistema de humedales salobres, marinos, compuestos por una variedad de especies entre la más conocida y abundante se encuentra *Thalassia testudinum*. Al igual que las OSC, identifican que se trata de un ecosistema sin protección y gravemente amenazado, a pesar de prestar diversos servicios ecosistémicos que benefician a las comunidades de la isla y a la biodiversidad del lugar. Consideran que todas las funciones tienen igual importancia dentro del ecosistema, pero destacan el papel que tienen en la captura y almacenamiento de carbono (100% de los entrevistados lo identifican), además de ser refugio y fuente de alimento de especies, algunas de ellas carismáticas (100% de los entrevistados lo mencionó) (i.e., Manatí (*Trichechus manatus*), Tortuga Verde (*Chelonia mydas*), Tortuga Blanca (*Dermatemys mawii*), Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*). Otra de las funciones prioritarias identificadas por este grupo es la retención de sedimento y reducción de la erosión costera (80% de los entrevistados los mencionaron). A diferencia de la comunidad, sólo 40% de las autoridades entrevistadas identificó al servicio de provisión alimentos como prioritario y sólo uno de los entrevistados

² En las Costas del Golfo de México y en el Caribe, la flora de pastos marinos está representada por las especies *Thalassia testudinum*, *Halophila engelmanni*, *Halophila decipiens*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii* (Gallegos 2011).

identificó la purificación del agua como un servicio ecosistémico relevante (20% del total). La Tabla 3.9 muestra los servicios ecosistémicos identificados por los tres grupos entrevistados.

Tabla 3.9 Servicios ecosistémicos identificados y sus porcentajes

Servicio Ecosistémico identificado	Comunidad	Autoridades	OSCs
	%	%	%
Hábitat con alta biodiversidad	100	100	100
Retención de sedimento	60	80	80
Reducción de erosión costera	20	80	60
Principales productores primarios	20	60	20
Provisión de alimento	60	40	60
Son barrera natural contra los huracanes	20	60	60
Captura y almacenamiento de carbono	0	100	60
Purifican el agua	20	20	20

Fuente: Elaboración propia.

Los tres grupos entrevistados identifican que las praderas de pastos marinos son hábitats que albergan una alta biodiversidad; de allí, que sea fundamental su conservación. Sin embargo, dependiendo de las funciones que realiza cada grupo y del conocimiento que tiene con respecto a este ecosistema, identifican y priorizan sus servicios. Por un lado, la **comunidad** cuenta con un conocimiento empírico que han adquirido a través de sus actividades comerciales y productivas, reconociendo dentro de las más importantes las que se relacionan con el sustento de sus actividades. Sin embargo, la **comunidad** desconoce todos los beneficios que estos ecosistemas pueden tener, y los centran a sus actividades económicas. Las **autoridades** entrevistadas mostraron un amplio conocimiento de lo que son los pastos marinos y las funciones que realizan. Han estado trabajando en proyecto de monitoreo, y reconocen perfectamente las funciones que prestan al ecosistema marino, no priorizando ninguna, pero señalando el papel fundamental que tienen para la captura y almacenamiento de

carbono, contribuyendo de esta manera a la mitigación de los efectos del calentamiento global. En el caso de las OSC, éstas se centran a la conservación de especies carismáticas, dándole una menor importancia a otros servicios en la Laguna. Identifican la labor de los pastos marinos dentro del ecosistema, a pesar de reconocer que no cuentan con el aprecio y difusión para su conservación. Si bien muchas de estas organizaciones tienen proyectos dentro del área de conservación Yum Balam, donde se encuentra la isla Holbox, ninguna ha trabajado en algún proyecto de monitoreo o conservación de las praderas de pastos marinos. Los proyectos de conservación mencionados involucran a las tortugas marinas, manatíes, tiburón ballena y aves migratorias de la zona. Estas diferencias en los servicios considerados como prioritarios por cada grupo, ha limitado que se pongan en marcha estrategias de conservación integrales, lo cual ha repercutido para que la comunidad no haya sido incluida en la toma de decisiones sobre la conservación de estos ecosistemas, lo cual ha frenado que sus miembros conozcan con mayor detalle estos ecosistemas y los beneficios que les prestan.

3.4.2 Usos dentro de la laguna y cambios en este ecosistema

Con relación a los usos que identifican los actores clave entrevistados que tienen los pastos marinos en la laguna, la **comunidad** menciona que no se les da ningún uso a los pastos marinos en la isla Holbox, incluso destacan que las personas que se dedica a actividades hoteleras los remueven para promover el desarrollo turístico costero; aunque reconocen que podrían ser utilizados como abono y composta. La comunidad destaca los beneficios que las praderas de pastos marinos prestan como hábitat y refugio para diversas especies, entre las que destaca por su valor comercial el camarón. Otras especies de alto valor comercial que son aprovechadas por los pescadores de la comunidad son la lisa, el jurel, el sábalo y el pulpo; éstas son las principales especies que se pescan y comercializan en la región. Al igual que la comunidad, las **OSC** y las **autoridades** concuerdan que no se les da ningún uso a los pastos marinos, y que éstos son removidos por el sector hotelero. Sin embargo, las autoridades mencionan que en la antigüedad, algunas comunidades ocuparon a los pastos marinos para hacer techos de chozas y relleno de colchones.

Las **OSC** y las **autoridades** no han identificado cambios en la abundancia de pastos marinos dentro de la laguna, ya que la mayoría de los entrevistados no conoce bien la zona de estudio; esta situación pone en evidencia la necesidad de mejorar el conocimiento que se tiene sobre la zona en aras de que tanto la participación de las **OSC** como la toma de decisiones por parte de

las autoridades sea más exitosa para favorecer la conservación de estos ecosistemas. Algunos de los entrevistados de estos grupos mencionaron que con base en estudios realizados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), los pastos marinos en la Reserva Yum Balam, área donde se encuentra la Isla Holbox, son saludables y abundantes; aunque identifican que el paso del Huracán Wilma por las costas del caribe mexicano disminuyó la cantidad de pastos marinos que existían, por lo que estos ecosistemas se encuentran altamente amenazados por la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos, la contaminación y los cambios de uso de suelo. En particular, algunos actores clave por parte de las **autoridades** identifican como principales causas la pérdida de los pastos marinos en Holbox, la contaminación, los efectos del cambio climático, la deforestación, las descargas de agua residuales sin tratamiento, el uso de herbicidas y fertilizantes, el arrastre de redes, y la remoción de los pastos por la proliferación de zonas turísticas. A pesar de que las autoridades identifican estas problemáticas, no hay estrategias concretas que hagan frente a estas problemáticas por medio de la implementación de programas y planes concretos en la zona (Tabla 3.9). La Tabla 3.10 detalla las causas que los actores clave identificaron para explicar el deterioro de las praderas de pastos marinos.

Tabla. 3.10 Causas del deterioro de las praderas de pastos marinos

Causas que han contribuido al deterioro de los pastos marinos	Comunidad %	Autoridades %	OSCs %
Contaminación	20	80	0
Cambio climático	20	80	0
Deforestación en tierras altas	0	20	0
Descargas de agua sin tratar	0	20	0
Uso de herbicidas y fertilizantes	0	20	0
Arrastre de redes	100	20	0
La gente los remueve	80	20	0
No se ha percatado	0	0	100

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de los grupos mencionados, la **comunidad** al estar en constante vinculación con la laguna de donde obtienen alimentos y materiales, han notado que las praderas de pastos marinos han disminuido en algunas áreas, resultado de una mayor intervención de la actividad humana. Cabe destacar, que la comunidad identifica que desde hace una década notaron una disminución importante en las praderas de pastos marinos que se ha ido recuperando lentamente, lo cual se puede verificar con el avistamiento más frecuente de manatís; una de las especies carismáticas de la zona. Atribuyen esta disminución de los pastos al arrastre de redes y a que la gente los remueve, así como a la contaminación de las aguas. La totalidad de los miembros de la **comunidad** entrevistados mencionaron que la laguna se ha dragado más de dos veces para crear canales de navegación, y hace 5 años se volvió a dar mantenimiento a dichos canales. Este tipo de prácticas repercutieron seriamente en la cantidad de peces disponibles y en la presencia de especies carismáticas en la zona; asimismo, se incrementó la turbidez del agua, reduciendo las funciones de fotosíntesis y, por ende, el alimento disponible para las especies de la zona.

La gran mayoría de los entrevistados de los tres grupos analizados consideraron que la conservación de los pastos marinos ayudaría a reducir la turbidez que presenta la laguna Yalahau, ya que retienen sedimento, ayudan en el proceso de oxigenación y mantiene la dinámica del ecosistema, además de que sostiene una gran cantidad de organismos acuáticos. Por lo que, consideran que dragar la laguna no es una práctica favorable para la conservación de este ecosistema. Sin embargo, dos entrevistados de la **comunidad** (40% del total) y una **autoridad** (20% del total) mencionaron que si bien la presencia de los pastos marinos contribuye a reducir la turbidez, éstos no son suficiente para resolver dicha problemática, requiriéndose tomar otro tipo de medidas. Sin embargo, no precisaron qué medidas se requieran implementar, tal vez por desconocimiento. La Tabla 3.11 describe la percepción de los actores entrevistados sobre la abundancia de las praderas de pastos marinos dentro de la laguna Yalahau.

Tabla 3.11 Cambios en la abundancia de pastos dentro de la laguna

Cambios en la abundancia de pastos marinos	Comunidad %	Autoridades %	OSCs %
No, los pastos marinos son saludables y abundantes	0	0	20
Sí, se han visto afectados por la contaminación y la explotación petrolera	0	40	0
Si, debido a eventos hidrometeorológicos	0	20	0
Si, se redujeron por el dragado de la laguna, pero en los últimos años las praderas se han recuperado	40	0	0
Si, debido a la actividad humana	40	0	0
No ha visitado la laguna, no se ha percatado	60	40	80

Fuente: Elaboración propia.

Autoridades, **OSC** y miembros de la **comunidad** identifican que una gran variedad de animales dependen de los pastos marinos, al ser su hábitat o proveerlos de alimentos; entre éstos se encuentran: una variedad de tortugas marinas (100% de los entrevistados) que arriban a las playas del caribe incluyendo la isla Holbox como la Tortuga Verde (*Chelonia mydas*), Tortuga Blanca (*Dermatemys mawii*), Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*), el manatí (93% del total); el camarón (93% del total); juveniles de peces (73% del total); peces de arrecife (67% del total); así como diversos crustáceos como el caracol rosado y la langosta (93% del total) y moluscos como el pulpo (40% del total). Otras especies identificadas en la zona incluyen: el pez globo (identificado por un miembro de la comunidad), delfines (mencionado por un miembros de las OSC), y caballitos marinos, rayas y algunas aves como flamings y garzas (reportado por un miembro de la comunidad y de las autoridades).

La mayoría de los entrevistados, 80% de la **comunidad**; el 100% de las **autoridades** y el 60 % de las **OSC**, consideran que la tortuga marina y el manatí, son especies que tienen un gran valor ecológico al ser consideradas como carismáticas; ambas se encuentran en peligro de

extinción, y por ende, están protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, que define la lista de especies en riesgo. En el caso de las especies con un gran valor económico, los tres grupos de entrevistados (60% de la **comunidad**, 60% de las **autoridades** y 40% de las **OSC**) identificaron que los crustáceos tienen un gran valor comercial, destacando las langostas, lizas, el jurel, el sábalo y el pulpo, entre otras. Estas especies no sólo son comercializadas, también son aprovechadas por los habitantes de la isla. Cabe destacar, que algunos entrevistados mencionaron el valor económico del avistamiento turístico de tortugas y manatíes; especies que habitan en la laguna o se alimentan de los pastos marinos. La Tabla 3.12 lista los animales presentes en el sitio de estudio.

Tabla 3.12 Animales identificados por los actores entrevistados

Animales identificados	Comunidad %	Autoridades %	OSCs %
Tortugas marinas (verde, blanca y carey)	40	100	100
Pez globo	20	0	0
Rayas	20	20	0
Manatí	80	100	100
Moluscos como el caracol rosado	20	60	0
Crustáceos (camarón y langosta)	100	100	80
Peces de arrecife	60	80	60
Juveniles de peces	80	80	60
Delfines	0	0	20
Caballitos marinos	20	20	0
Aves	20	20	0

Fuente: Elaboración propia.

Algunos de los entrevistados consideran que todos los animales son importantes porque forman parte de la regulación del ecosistema y cada uno cumple una función. En este sentido, los pastos marinos son un hábitat relevante para una gran variedad de especies. Sin embargo, aunque se reconoce que el dragado de la laguna afecta los servicios ecosistémicos al modificar la turbidez, no existen medidas concretas que garanticen la conservación de estos ecosistemas, lo cual incrementa el riesgo de que sean afectados por malas prácticas de gestión o por presiones de las actividades económicas de la zona. Esto pone en evidencia, la urgente necesidad de que esta zona cuente con un Plan de Manejo, dado que no existen planes ni programas enfocados en la conservación de estos ecosistemas, a pesar de ser identificados como especies en riesgo.

3.4.3 Eficacia de la normatividad y la planeación para la conservación de pastos marinos

Con relación a la existencia de alguna ley o normatividad que promueva la conservación de los pastos marinos, 60 % de las autoridades y 40% de las OSC fueron las que identificaron que se ha estado trabajando en el proceso de incluir a los pastos marinos como parte de las especies prioritarias, dentro de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010³ para la protección de especies nativas en riesgo. Entre los actores que mencionaron esta norma destacan las **autoridades** federales cuya responsabilidad es la conservación de la biodiversidad, por ejemplo, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); en el caso de las **OSC**, una internacional y una local, éstas participaron de manera coordinada con las autoridades para la identificación y caracterización de los pastos marinos, poniendo en evidencia la relevancia de estos organismos dentro del ecosistema de la Laguna. Las OSC (40% del total), identificaron que la NOM-022-Semarnat-2003 también promueve la protección de los pastos marinos. Esta norma establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar, por ende, aunque se enfoca en los manglares, también protege en general a los humedales costeros en donde se encuentran las praderas de pastos marinos.

³ NOM-059-SEMARNAT-2010 para la 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.

Otros mecanismos de regulación que identificó uno de los entrevistados por parte de las autoridades locales es el estatus RAMSAR del sitio, por lo cual tiene que cumplir con alguno o varios de los 8 criterios establecidos para la identificación de Humedales de Importancia Internacional, que son representativos para la conservación de la diversidad biológica, al contener tipos de humedales, raros o únicos. En este caso, el área de protección de flora y fauna Yum Balam, cumple con 5 de los 8 criterios que se detallan en la Tabla 3.13 se muestran los criterios con los que cumple el área de protección de flora y fauna Yum Balam dentro de la convención relativa a los humedales de importancia internacional (Ramsar).

Tabla 3.13 Criterios que cumple el Área de Protección Yum Balam como sitio RAMSAR

Criterio 1	El área cuenta con selva baja caducifolia, la cual sólo se encuentra en el Estado de Quintana Roo, en el corredor Cancún-Tulum. Esta zona también cuenta con cenotes y humedales costeros de cuevas cársticas, lo que lo hace un ecosistema representativo.
Criterio 2	Tiene un número significativo de especies de fauna listadas con algún estatus de riesgo para la Península de Yucatán.
Criterio 3	En cuanto a su biodiversidad, está constituida por numerosos elementos de flora endémica, y algunos de ellos con estatus de riesgo.
Criterio 4	Esta región tiene gran importancia para más de 30 especies de aves migratorias terrestres (principalmente de la subfamilia Parulinae), además de ser una zona relevante para la alimentación y reproducción del flamenco del Caribe (<i>Phoenicopterus ruber ruber</i>).
Criterio 8	La laguna de Yalahau es un área de alimentación, protección y crianza de varias especies de peces de importancia comercial local e internacional.

Fuente: Snedeker et al. (1991), Lazcano-Barrero et al. (1995), Remolina (1995), Rzedowski (1983), Durán et al. (1998).

Con relación a la instancia identificada por la mayoría de los entrevistados como la encargada de la regulación de las especies en estatus de riesgo destaca la SEMARNAT, mencionada por 40% de las autoridades y 20% de las OSC entrevistadas. Lo anterior, debido a que consideran que esta instancia debe evaluar los impactos que cualquier actividad económica o infraestructura puedan tener sobre estas especies, con base en lo cual aprobará (o rechazará)

la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) presentada. Es importante destacar, que en los ordenamientos territoriales marino-costeros no se autoriza la remoción de pastos marinos y que CONABIO junto con la CONANP trabajan para la regulación de los recursos naturales de las áreas naturales protegidas, aunque no directamente con pastos marinos. Las **OSC** destacaron que algunas evaluaciones de impacto ambiental (EIA) aprueban la remoción de los pastos marinos, favoreciendo los intereses de las inmobiliarias principalmente con fines turísticos, lo que pone en evidencia que se favorecen a los intereses económicos por encima de la conservación.

Debido a que Yum Balam es un área natural protegida, debería contar con un plan de manejo, en donde se establezcan las estrategias de conservación de los pastos marinos, siendo éste un instrumento que define las estrategias de conservación y uso de las áreas naturales protegidas. Desafortunadamente, a pesar de la importancia que esta zona tiene en materia de biodiversidad y prestación de servicios ecosistémicos, aún no cuenta con un plan de manejo, lo cual debería ser una prioridad para las autoridades en los tres niveles de gobierno.

Refirmando la urgente necesidad de mejorar la normatividad en materia de protección de los pastos marinos, 80% de las autoridades, 100% de las OSC y 80% de los miembros de la **comunidad** entrevistados consideran que la normatividad actual no ha sido efectiva para lograr de manera exitosa este objetivo; el resto de las autoridades entrevistadas (20% del total) reportaron que estas medidas normativas han sido efectivas pero enfrentan obstáculos para alcanzar todo su potencial entre los que destacan la carencia de capacidad operativa por la falta de recursos humanos y financieros. Otros obstáculos para el cumplimiento de la normatividad incluyen que no se le da la atención necesaria a la protección de estas especies, dado que no se cumplen los ordenamientos territoriales marino-costeros, en parte se piensa que esto se atribuye a un desconocimiento del marco normativo.

Al igual que en los arreglos normativos, 60% de las autoridades, 100% de la OSC y 80% de los miembros de la comunidad entrevistados consideran que tampoco los programas para la protección de los pastos marinos han sido efectivos, ya que no se han realizado acciones concretas para su conservación. Por otra parte, 40% de las **autoridades** y 20% de los miembros de la **comunidad** consideran que estos programas han sido efectivos, aunque no suficientes. A pesar de que no pudieron mencionar en concreto los programas que consideran que han sido efectivos, identifican que se ha logrado mejorar la conservación de algunas especies carismáticas de la zona de estudio como las tortugas marinas y el tiburón ballena.

Consideran que la protección de estas especies, ayudan de manera indirecta a la conservación de los pastos marinos, aunque estos programas no fueron creados con este fin. El total de los actores entrevistados por parte de la comunidad mencionaron que no conoce programas dirigidos a la conservación de los pastos marinos, sólo reconocen acciones para la protección de los manglares. Cabe mencionar que entre los programas de protección que se aplica a esta zona es que está considerado como un sitio RAMSAR, sin embargo a pesar de ser un Área Natural Protegida no cuenta con un plan de manejo, por lo que la comunidad no idéntica acciones concretas para la protección de estos ecosistemas.

Las autoridades mencionaron que el Gobierno Federal está apoyando la investigación para la caracterización de los pastos marinos en México, con el fin de conocer en qué estado se encuentran, ya que para poder implementar cualquier programa o medida legal para su conservación es indispensable tener este conocimiento. En este proyecto conocido con el nombre de *Carbono Azul* dirigido por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, están participando diversas instituciones y universidades en el país. Entre las que se encuentran la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana, CINVESTAV, entre otras. En la zona de estudio se está realizando el mapeo de Pastos Marinos y determinación de Carbono Azul en las poblaciones distribuidas en el Caribe, recibiendo financiamiento por parte de la Cooperación Ambiental 2016-2017; este trabajo ha sido realizado por el Laboratorio de Pastos Marinos de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, a cargo de la Dra. Margarita Gallegos Martínez. Cabe mencionar que el capítulo 2 en donde se realiza una caracterización ambiental de los pastos marinos formó parte de esta investigación.

Por otro lado, existe un claro desconocimiento sobre los arreglos normativos que regulan la conservación de los pastos marinos en la zona, dado que la mayoría de los entrevistados carecían de información al respecto: 100% de los miembros de la comunidad, 60% de las OSC y 40% de las autoridades entrevistadas reconocieron que desconocían la normatividad aplicable a los pastos marinos este hallazgo en parte se explica porque los pastos marinos son un grupo que no cuentan con protección ambiental, salvo la norma NOM-022-SEMARNAT-2003. Existen algunas iniciativas por parte de CONABIO por incorporar a los pastos marinos en la norma NOM-059-SEMARNAT-2010 relacionada con especies con algún estatus de protección. Sin embargo hasta el momento no se ha logrado este avance normativo.

En general se percibe que la comunidad no participa en la definición de los arreglos normativos para la protección de los recursos del sitio que habitan, reconocen a algunas especies que están en algún estatus de vulnerabilidad, por lo tanto de protección legal, pero es por el trabajo que han desarrollado las OSC locales o CONANP local para informarles o integrarlos en las medidas de protección de especies como: tales como cocodrilo, flamingo, manatí, tiburón ballena, tortugas marinas y los manglares de la zona. No saben con certeza qué instancias les compete la conservación de estas especies reconocen a instituciones gubernamentales como las encargadas de la protección de los recursos naturales, mencionando principalmente a la SEMARNAT, CONABIO y la Marina.

Otros de los obstáculos que han inhibido la conservación de los pastos marinos incluyen la falta de reconocimiento de la relevancia de los pastos marinos en los ecosistemas marinos, de las características del área; este grupo coincide con las OSC en que los intereses económicos están por encima de la conservación, lo que favorece la explotación de los recursos costeros.

La comunidad identifica que no se han implementado programas de conservación lo cual coincide con lo previamente mencionado; aunque identifican que si se han realizado medidas para la conservación de los manglares en Holbox y en la reserva Yum Balam, principalmente sanciones económicas o arrestos en caso de que se descubra a gente de la comunidad realizando cortes de mangle, sin embargo no sucede lo mismo para los pastos marinos y de hecho mencionan que son removidos por parte de los hoteleros para que no den mal aspecto a los turistas.

3.4.4 Representación de intereses y participación de la comunidad en la gestión de los pastos marinos

En el caso de las autoridades entrevistadas, 80% a nivel federal, estatal y local considera que los actores involucrados en la gestión de los pastos marinos representan los intereses de la comunidad, ya que son instituciones del sector gubernamental, académico y los propios miembros de la comunidad los que definen la medidas que se implementaran para la conservación de los pastos marinos, y consideran que estos grupos tienen como objetivo cuidar los ecosistemas en beneficio de la comunidad y toda la población. Entre estas medidas se encuentran evitar el dragado de la laguna, evitar la pesca de redes de arrastre, no extraer los pastos marinos frente a las zonas hoteleras. Sin embargo, 20% de las autoridades entrevistadas consideran que los intereses de la comunidad no están representados, debido a

que los proyectos que se están llevando a cabo en esta zona no han sido socializados adecuadamente para favorecer la participación de la comunidad; estos proyectos han estado dirigidos a la conservación de especies carismáticas como la tortuga marina y el manatí dejando al lado la conservación de las praderas de pastos. A pesar de ello, mencionan que el gobierno en sus tres niveles está realizando importantes esfuerzos para mejorar el manejo de los pastos marinos, dado que han estado trabajando con diversas dependencias para la elaboración de un plan de manejo, el cual todavía no ha sido publicado.

La publicación de este plan de manejo ha generado preocupación sobre las actividades económicas que se podrán realizar en la zona, ya que algunas de ellas han afectado irreversiblemente la conservación de estos ecosistemas al favorecer los cambios de uso de suelo, la expansión de agricultura y la ganadería, el desarrollo de asentamientos humanos, la mayor generación de residuos sólidos, el repunte de las actividades turísticas, la erosión de suelos, la extracción ilegal de especies, la contaminación de los mantos freáticos y el crecimiento demográfico que ha provocado una mayor descarga de aguas residuales. Contrario a lo mencionado por las autoridades, 60% de las OSC entrevistadas identifican que las autoridades representan los intereses de la comunidad de manera institucional, pero que, en la práctica al desconocer las necesidades y prioridades a nivel local, no pueden representar dichos intereses de manera efectiva. Por otro lado, 20% de las OSC reportaron que son las organizaciones sociales que crean los mismos pobladores o las alianzas con otras organizaciones con las que tienen una afinidad, las instancias que de manera efectiva representan los intereses de la comunidad, debido a su cercanía a las problemáticas de la zona; mientras que el 20% restante de este grupo consideran que son las instituciones del sector académico y la comunidad misma, las que pueden representar los intereses de la comunidad, dada su preocupación por el cuidado de los ecosistemas en beneficio de los pobladores de la zona.

Finalmente, la comunidad considera que los actores involucrados en la toma de decisiones sobre la conservación de los pastos marinos no representan sus intereses, dado que buscan favorecer a otros sectores económicos, cuyas actividades tendrán un elevado impacto en los ecosistemas marino-costeros, por ejemplo, aquellos orientados al desarrollo inmobiliario y al turismo. La comunidad identifica que los actores que representan sus intereses son las organizaciones sociales conformadas por los propios pobladores de la isla, quienes al saber que los pastos marinos están seriamente amenazados por intereses económicos, se han tenido que organizar para implementar medidas de protección.

Con respecto a qué tan informada está la comunidad sobre las funciones y beneficios de los pastos marinos en aras de que participe de manera efectiva en la toma de decisiones, 20% de las autoridades entrevistadas (que forman parte del gobierno federal), consideran que la comunidad cuenta con información sobre estos beneficios como resultado de su experiencia cotidiana para el aprovechamiento de los recursos de la Laguna, por lo que considera que a pesar de este conocimiento, se ven en la necesidad de explotar los recursos para poder realizar sus actividades económicas, afectando las condiciones en que se encuentran los pastos marinos. Contrario a la opinión de las autoridades federales, las instancias estatales y locales (que representan a 80% del total de los entrevistados de este sector) consideran que la comunidad no está informada sobre la existencia de las praderas de pastos marinos y menos sobre su importancia en el ecosistema, ya que los pastos marinos son ecosistemas poco conocidos; lo anterior, ha limitado su participación efectiva en la toma de decisiones para la conservación de estos ecosistemas. Sin embargo, reconocen que el involucramiento de la comunidad en la conservación de estas especies es un requisito fundamental para alcanzar este objetivo.

Coincidiendo con la visión de las autoridades, las OSC también mencionan que la comunidad está muy poco informada sobre los pastos marinos y los servicios ecosistémicos que prestan, lo cual ha restringido su participación en la toma de decisiones, a pesar de que son los principales afectados por el deterioro de este ecosistema. La comunidad menciona que están poco informados sobre qué son los pastos marinos, qué beneficios les proporcionan y cómo pueden involucrarse en la toma de decisiones sobre su gestión; sólo los habitantes de la comunidad cuyo modo de vida depende de los ecosistemas marinos o trabajan en temas relacionados con la conservación están más informados sobre estos ecosistemas y podrían participar de manera más exitosa. En este sentido, la falta de información sobre los pastos marinos ha limitado la participación y un mayor involucramiento de la comunidad en la gestión de estos ecosistemas.

3.4.5 Actores que influyen en la conservación y manejo de pastos marinos

Las autoridades consideran que todos los actores son importantes si se trata de mejorar las condiciones para la inclusión de las praderas de pastos marinos en algún estatus de protección. En específico mencionaron que los actores que influyen en la conservación y manejo de los pastos marinos son: con 100% la CONANP (comisión de áreas naturales protegidas) en sus 3 órganos de gobierno: federal, estatal y local, 20% la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 40% la academia, 20% las asociaciones civiles nacionales e internacionales, 40% al gobierno estatal y municipal, 40% pescadores de la zona, 40% al gremio hotelero y con 80% para la comunidad involucrada en la conservación de algún recurso.

Un actor por parte de las autoridades mencionó que es la misma comunidad, específicamente la que se dedica a la pesca quienes aprovechan e impactan el medio con sus actividades extractivas, de esta manera contribuyen significativamente con el deterioro de los recursos naturales de la laguna, por lo que queda mucho trabajo que realizar en materia de educación y concientización; así mismo mencionó que las autoridades de la CONANP, la secretaria de medio ambiente local no tiene presencia dentro de la comunidad ya que la relación entre estos grupos es muy distante y rara vez coordinada. Coincidieron en que el exceso de turismo en la zona perjudica la estabilidad de los recursos de la zona, ya se han presentado problemas por el mal manejo de los residuos urbanos que se generan dentro de la isla ya que no se cuenta con un lugar adecuado para reciclar o procesar, de la misma forma cuantas con varios problemas de suministro de agua potable, esto se realiza mediante pipas, otra gran problemática es el manejo de las aguas residuales ya que no se tiene planta de tratamiento de estas, además de algunas malas técnicas de pesca como son el arrastre con redes que no cumplen con las épocas de vedas.

Para las OSC, los actores que influyen son: la CONANP con 60%, la comunidad que desarrolla actividades económicas que promuevan la conservación de algún recurso con 60 %, con 20 % el cinvestav, con 20 % los operadores turísticos, 20% CEMDA, 40 % los hoteleros, 20 % los pescadores, 20% el gobierno municipal y 20% estatal, la SEMARNAT mencionando que es la institución gubernamental que otorga las autorizaciones en materia ambiental con un 60 %, las asociaciones civiles nacionales e internacionales con 20 %.

Las OSC mencionaron que la gente de la comunidad se involucra en trabajos de conservación de los recursos, ya que se encuentran en contacto directo con éstos, consideran que se

deberían otorgar apoyos económicos para la generación y continuación de proyectos de conservación. Mencionaron que las asociaciones civiles son las únicas que han tocado los temas de deterioro ambiental en la isla, pero poco se ha tomado en cuenta a las praderas de pastos marinos.

La comunidad identificó a la CONANP local (40%), SEMARNAT con un 20 %, se auto identifican como cuidadores de los recursos naturales, principalmente la comunidad involucrada en actividades de conservación de los recursos como parte de su actividad económica 60%, pescadores 20% (Tabla 3.14). Estos actores influyen en la gestión de los pastos marinos como resultado de las actividades que realiza. En general, los miembros de la comunidad apoyan en la conservación, ya que se encuentran en contacto directo con los recursos, sin embargo, no cuentan con el apoyo económico necesario para participar y vincularse en proyectos de conservación con otras instituciones.

Tabla 3.14 Actores que influyen de manera determinante en la conservación y manejo de pastos marinos

Actores influyen de manera determinante en la conservación y manejo de pastos marinos	Comunidad %	Autoridades %	OSCs %
CONANP (federal, estatal y local)	40	100	60
Comunidad involucrada en la conservación	60	80	60
Cinvestav	0	0	20
Operadores turísticos	0	0	20
Cemda	0	0	20
Hoteleros	0	40	40
Pescadores	20	40	20
Gobierno municipal	0	40	20
Gobierno estatal	0	40	20
SEMARNAT	20	20	60
A. C. nacionales e internacionales	0	20	40
Academia	0	40	0

Fuente: Elaboración propia.

3.4.6 ¿Estos actores o instituciones representan los intereses de la comunidad?

El 40 % de las autoridades y el 40% de las OSC consideran que si representan los intereses de la comunidad. Dos autoridades federales consideran que los intereses de la comunidad los representan las instituciones del sector académico, comunidad y autoridades que trabajan y tiene el interés de cuidar los ecosistemas en beneficio de la comunidad y toda la población.

Una OSC local y una nacional mencionaron que los principales actores que representan los intereses de la comunidad son las organizaciones sociales que crean los mismos pobladores o con las que tienen una afinidad

El 40 % de las autoridades consideran que esos actores no representan los intereses de la comunidad. Una autoridad federal mencionó que los proyectos no han sido socializados, se están haciendo esfuerzos pero el plan de manejo aún no se ha publicado El 40 % de las OSC consideran que esos actores no representan los intereses de la comunidad. Dos OSC consideran que se representan los intereses de la comunidad pero de manera institucional, no en la práctica. El 100% de la comunidad considera que esos actores no representan sus intereses. Consideran que son Intereses ajenos a la comunidad los que mueven las decisiones sobre los recursos naturales de la zona, ya que predominan los intereses económicos.

3.4.7 Elección de representantes que participan en la toma de decisiones

Las autoridades reconocen que no existen las bases legales para crear los espacios que permitían la participación de la comunidad y la sociedad civil en general en la toma de decisiones sobre la conservación de los pastos marinos. Sin embargo, la elaboración de un plan de manejo de en esta zona, dado que carece de uno, puede ser una oportunidad para crear las condiciones que permitan normar la participación de la comunidad y la elección de sus representantes. Las autoridades reportan que dentro de las Áreas Naturales Protegidas se tienen consejos consultivos en los que se promueve la participación de la comunidad. Desafortunadamente, estos consejos consultivos no están funcionando en Holbox, no existe un consejo asesor dentro de Yum Balam, por lo que el trabajo en materia de conservación que se realiza en la zona se hace con sectores interesados como grupos de pescadores, algunas organizaciones comunitarias y grupos hoteleros. Las autoridades consideran que la toma de

decisiones para la protección de las praderas de pastos marinos debería promover la coordinación y colaboración entre la comunidad y las autoridades locales y estatales, en particular con CONANP. Asimismo, 20% de los entrevistados reconocieron que la elección de los representantes de la comunidad, en los casos en que se lleguen a realizar, tiene a favorecer a grupos con mayor peso político, algunos de estos grupos están interesados en la conservación ambiental de la isla, mientras que otros tienden a favorecer las actividades económicas. Reconocen que no existe una amplia participación de los miembros de la comunidad en las labores de conservación, y suelen ser los mismos liderazgos, quienes están involucrados en estas actividades. Por consiguiente, consideran que es fundamental involucrar a más miembros de la comunidad en la gestión de los recursos naturales de la isla.

En el caso de las OSC, consideran que no se han incorporado a los representantes de la comunidad en la toma de decisiones, reconociendo que es a través de la comunidad la mejor forma de promover la conservación de los pastos marinos. Es a partir de liderazgos dentro de la comunidad, la manera en que se eligen líderes comunitarios de cooperativas pesqueras, ejidatarios y otros actores sociales relevantes, quienes de manera voluntaria se proponen promover labores ambientales incluyendo la conservación de la laguna y la participación en proyectos ambientales. Sin embargo, en general, son las mismas personas las que están interesadas en participar en estos proyectos y en la conservación, por lo que suele no haber una rotación. Asimismo, estos liderazgos son reconocidos por la comunidad por lo que no existe un reconocimiento legal de estos líderes comunitarios por parte de las autoridades. Lo deseable es que existiera una coordinación entre las autoridades encargadas de la conservación y cuidado de las áreas naturales protegidas como la CONANP a nivel local y estatal. Cabe mencionar, que 60% de los entrevistados de las OSC mencionaron desconocer cómo es el proceso de elección de representantes y si estos procesos se llevan a cabo.

En el caso de los entrevistados de la comunidad, 60% reconoció que es a partir de liderazgos de algunos de los miembros, quienes cuentan con el reconocimiento de la comunidad en general para promover acciones en materia de conservación y promover proyectos con este fin. Estos líderes se proponen de manera voluntaria y no reciben ninguna compensación económica por el tiempo que le dedican a esta labor; son líderes que forman parte de cooperativas o miembros de la comunidad y de organizaciones comunitarias. No existen procesos de elección formales, de manera que no se puede considerar que sean elegidos por un voto popular; en general, los miembros de la comunidad reconocen su labor y cuentan con la confianza de los mismos para participar y apoyar las labores de conservación. A pesar de

ello, 60% de los entrevistados mencionan que son las mismas personas las que participan en estas actividades de conservación, existiendo poca rotación, ya que un grupo amplio de la comunidad no participa activamente. Es importante mencionar, que 50% de los miembros de la comunidad entrevistados consideran que los cargos públicos designados por las autoridades no representan los intereses de la comunidad en materia de conservación y tienen una comunicación y colaboración limitada para la protección de los pastos marinos, dado que existe una clara falta de interés por los problemas de la isla, además de su desconocimiento en todos los niveles de gobierno (local, estatal y federal). Asimismo, manifiesta que es necesario promover una mayor participación de la comunidad, dado que son pocos los que están activamente involucrados en la conservación de especies relevantes en la isla. En este sentido, es indispensable contar con el apoyo de las autoridades para crear las condiciones que motiven a los miembros de la comunidad a interesarse y trabajar por la protección de los pastos marinos.

3.4.8 Mecanismos de regulación de los pastos marinos

Con relación al nivel más apropiado en que deberían ser regulados los pastos marinos, no existe un consenso entre los grupos de actores si estos ecosistemas deberían ser regulados a nivel federal, estatal municipal o comunitario; aunque si hay consensos al interior de cada grupo. Por ejemplo, en el caso de las autoridades, 80% considera que la regulación de las praderas de pastos marinos debería involucrar a los tres órdenes de gobierno, además de involucrar a la comunidad, dado que reconocen que son los habitantes de la isla los que están más relacionados y tienen más conocimiento de los problemas ambientales que enfrenta este ecosistema. Es fundamental que se fortalezca la coordinación entre todos estos niveles y que se dé mayor atención al nivel comunitario, dado que finalmente, son los miembros de la comunidad los que implementarán las medidas requeridas para la protección de estos ecosistemas, por lo que tienen que estar convencidos de los beneficios y relevancia que tienen los pastos marinos para la isla. Sin embargo, reconocen que pocas iniciativas y esfuerzos se han realizado a nivel de gobierno para crear y fortalecer estos vínculos con la comunidad, lo cual debería ser una prioridad. Sólo 20% de los entrevistados de las autoridades consideran que la regulación de los pastos marinos debe estar centralizado a nivel Federal, dado que los otros niveles no cuentan con el conocimiento ni los recursos para implementar medidas que favorezcan la protección de estos ecosistemas, además que son sus competencias,

adicionalmente, considera que la comunidad muchas veces tienen intereses económicos que hace que el aprovechamiento de estos recursos naturales no sea el adecuado, y por ende, terminen degradando las praderas de pastos marinos.

En el caso de las OSC, 20% considera que la regulación debe involucrar a los tres órdenes de gobierno y a la comunidad; mientras que 80% considera que la regulación más eficaz tendría que involucrar a las autoridades federales y municipales, en coordinación con las comunidades, dado que una parte importante de estos ecosistemas se ubican en la zona marítima federal; además que son los habitantes de la isla los que viven día a día los problemas ambientales asociados a la degradación de los pastos marinos y requieren realizar estrategias que favorezcan su utilización. Asimismo, la legislación ambiental a nivel federal debe establecer mecanismos claros que favorezcan la conservación de estas especies, además de incluirlas en la norma 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, al reconocer los pastos marinos como parte de las especies prioritarias. Reconocen la relevancia de la vinculación entre el gobierno Federal y Municipal, dado que existen ciertas competencias que se le delegan a los gobiernos locales, los cuales al estar más cercanos a los sitios de interés que se busca regular, pueden apoyar en la regulación y conservación de especies prioritarias, por ejemplo mediante, los planes de ordenamiento ecológico y los planes de ordenamiento territorial.

En el caso de la comunidad, no existe consenso sobre la mejor forma de regular los pastos marinos. Por ejemplo, 20% considera que la regulación de los pastos marinos es competencia a nivel Federal, y la comunidad no cuentan con los conocimientos ni recursos para poder intervenir en la regulación de este ecosistema; asimismo, considera que algunos miembros de la comunidad privilegian sus intereses económicos sobre los de la conservación, por lo que se requiere la intervención de las autoridades federales para sancionar este tipo de conductas. Por otro lado, otro 20% considera que esta labor debe realizarse entre el nivel Federal y Estatal, dado que son los encargados de definir el marco normativo en materia de conservación en el país y en las entidades federativas. De manera contraria, 40% consideran que la regulación de estos ecosistemas prioritarios debe realizarse por la autoridad Federal en coordinación con las comunidades, dado que el gobierno Federal establece las normas que favorezcan la regulación de estos ecosistemas y las estrategias que se requieren realizar para apoyar su protección y conservación; mientras que la comunidad es quien finalmente implementa estos mecanismos; para lo cual requiere que el gobierno federal promueva la creación de capacidades.

Finalmente, 20% de los entrevistados de la comunidad consideran que para que la regulación de los pastos marinos sea efectiva, esta debe realizarse a nivel comunitario, ya que es la comunidad la más interesada en la protección de este ecosistema y la que se beneficia directamente de los servicios ambientales; asimismo, sólo la comunidad sabe la importancia de los pastos marinos en sus actividades diarias y es la que directamente aprovecha o protege estos ecosistemas. Sin embargo, es necesario que todos los habitantes de la isla conozcan los beneficios que estos ecosistemas prestan para que se involucren activamente en su conservación. La Tabla 3.15 describe los resultados del nivel de regulación considerado por los actores entrevistados.

Tabla 3.15 Nivel de regulación considerado por los actores entrevistados

Nivel	Autoridades	Comunidad	OSCs
Federal	20%	20%	
Estatad			
Local			
Federal-Estadad-Local-Comunitario	80%		20%
Federal-Local-Comunitario			80%
Federal-Estadad		20%	
Federal-Comunitario		40%	
Comunitario		20%	
Total	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

3.4.9 Obstáculos y avances en la gestión de los pastos marinos

Con respecto a la participación de la comunidad en la gestión de los pastos marinos, 20% de las autoridades entrevistadas a nivel local consideran que la comunidad participa e involucra en actividades de conservación por medio de talleres y divulgando información en la radio local y medios impresos. Sin embargo, estas actividades son escasas y en ocasiones son las mismas personas las que participan, consideran que la información no permea en todos los sectores de la comunidad, generalmente los más interesados son los que están involucrados en actividades de ecoturismo, por lo que consideran que esto no representa una comunidad participativa en la

toma de decisiones sobre temas de conservación en la isla, y específicamente, de los pastos marinos. Se requiere que las autoridades reflexionen sobre cómo puede apoyar la participación efectiva de la comunidad en la conservación de las especies de pastos marinos de la laguna Yalahau. En general, la mayoría de las autoridades entrevistadas (80%) consideraron que la comunidad no se ha involucrado efectivamente en la regulación o conservación de los pastos marinos. Consideran que la comunidad desconoce completamente de las funciones que proveen las praderas de pastos marinos en la zona y que en algunos casos no se interesan por temas de conservación, ya que las actividades que realizan son extractivas. Las autoridades reconocen que existen conflictos entre grupos de interés en la isla que incluyen a los pescadores, hoteleros, cooperativas turísticas, dado que cada grupo tiene sus propios intereses, los cuales suelen ser contrarios. Sin embargo, no tienen un conocimiento más detallado del origen de estos conflictos, y desconocen si han implementado mecanismos para evitarlos, lo cual pone en evidencia la falta de cercanía a las problemáticas actuales que se enfrentan en la isla no solo en materia socioambiental sino también relacionada con la protección de los pastos marinos. Entre las estrategias que identifican las autoridades para mejorar la participación de la comunidad en la gestión de los pastos marinos destacan: la aplicación de un plan de manejo y de programas que apoyen la conservación, además de informar a la comunidad que habita en un área de conservación (20%), la modificación del marco legal en aras de favorecer la inclusión de la comunidad en las toma de decisiones sobre la conservación de los pastos marinos involucrando los tres órdenes de gobierno (40%), y finalmente, fortalecer la capacitación de la comunidad, OSC y las propias autoridades, para conciliar los diferentes intereses de las partes involucradas, informando sobre los beneficios de la conservación de estos ecosistemas, además mejorar el apoyo institucional (40%).

Las OSC entrevistadas, 40% respondieron que consideran que la comunidad no ha participado en la gestión de los pastos marinos porque desconocen sobre los servicios que prestan las praderas de pastos en el ecosistema o simplemente porque no les interesan los temas de conservación de recursos. Contrario a esta opinión, 60% de los entrevistados respondieron que la comunidad de la isla Holbox se ha involucrado en la conservación de los pastos marinos esto a partir de actividades como asambleas, consultas públicas, talleres, radio local, medios impresos y campañas de difusión en redes sociales, cabe mencionar que las OSC que respondieron que la comunidad si se ha involucrado en temas de conservación es porque han trabajado en algún proyecto con la comunidad de la Isla Holbox, relacionado a la conservación de tortuga marina o tiburón ballena. Cabe mencionar, que 40% de las OSC identifican la

presencia de conflictos entre diferentes grupos de interés, en particular entre los grupos que promueven la conservación en la isla y los grupos que buscan proteger sus intereses económicos a partir de la pesca, la especulación inmobiliaria o el desarrollo hotelero. Reconocen que desafortunadamente, la conservación de los pastos marinos no es un tema que figure en las decisiones de política, lo cual deja estos ecosistemas en una situación de gran vulnerabilidad ante la falta de regulación y una gestión asertiva por parte de las autoridades en los diferentes niveles de gobierno. Una de las estrategias que considera 20% de las OSC que podría favorecer a resolver los obstáculos que promuevan la participación de todos los actores en la conservación de los pastos marinos es favorecer un mayor diálogo entre el sector académico, OSC y las comunidades, con el fin de proporcionar a los habitantes de la isla la información que requieren para conocer las funciones de los pastos marinos y su distribución.

En el caso de la comunidad, la mayoría de los entrevistados (60%) coinciden con las autoridades a cerca de que no se han involucrado en la regulación o conservación de los pastos marinos ya que no habían escuchado de ningún proyecto que involucrara a estos organismos. Mencionaron que estarían dispuestos e interesados en poder participar activamente involucrarse más en esta actividad, resaltando que su falta de participación en la gestión de los pastos marinos se debe en parte a la falta de conocimiento sobre la importancia, funciones, beneficios y valor de los pastos marinos; en algunos lugares se remueven las praderas de pastos marinos por "estética", por lo que es fundamental que la comunidad reciba capacitación, información y educación sobre estos ecosistemas desde los niveles básicos escolares. Otra de las razones por las que consideraron que existe poca participación, es porque no existe la estructura legal que permita que la comunidad participe y sea tomada en cuenta, además de que existen conflictos fuertes entre grupos de interés; el total de los entrevistados (100%) reconocieron que existen conflictos entre las cooperativas de pescadores de Holbox con las cooperativas de pescadores de Chiquilá, localidad de pescadores ubicada en el municipio de Lázaro Cárdenas, Quintana Roo y es el punto de enlace marítimo hacia la isla Holbox, dado que no respetan las vedas ni los acuerdos con respecto a los volúmenes de pesca, en aras de proteger a los ecosistemas y garantizar la reproducción de todas las especies donde podemos mencionar al caracol rosado, el pepino de mar y la tortuga marina.

Esta situación ha puesto en evidencia la falta de interés por parte de las autoridades, quienes no realizan acciones de vigilancia de la laguna que sancione la pesca ilícita, dado los severos impactos que ha tenido en la degradación de los ecosistemas y en la diversidad de especies

que se encuentran en la Laguna. Sólo 20% de los entrevistados considera que la comunidad efectivamente se ha involucrado en la conservación de los pastos marinos en la isla de Holbox, por medio de pequeños grupos de conservacionistas que han identificado los beneficios proporcionados por este ecosistema; pero son pocos los miembros de la comunidad que han participado activamente en esta labor. Finalmente, 20% de los entrevistados de la comunidad reconocieron que existe poco interés por parte de los habitantes de la isla en involucrarse en actividades de conservación, debido a que no encuentran un beneficio real por esta actividad. En parte esto se puede explicar por la falta de continuidad en los proyectos de conservación, lo cual termina provocando desinterés y apatía por parte de la comunidad; asimismo como por la lejana relación que existe entre la comunidad con las autoridades, en particular con las estatales y federales. La comunidad considera que para involucrarse en la gestión de manera asertiva requiere de capacitación y educación sobre estos ecosistemas y los servicios que prestan a la población (40%), también consideran que requieren de inclusión legal y de la asignación de recursos económicos a proyectos dirigidos a la conservación y capacitación (20%), y finalmente, consideran que se requieren desarrollar estrategias de participación para que la población se involucre por medio de la divulgación de los proyectos existentes y aquellos que se quieran implementar en aras de que la comunidad participe desde su definición hasta su implementación (40%).

Cabe mencionar, que todos los actores entrevistados consideraron que los habitantes de Holbox están interesados en participar en la gestión de los pastos marinos y trabajar para su conservación si estuvieran informados sobre los beneficios y funciones que proporcionan estos ecosistemas, además de reconocer que la laguna es una fuente importante de servicios que incluyen la provisión de alimentos, ser un hábitat que alberga alta diversidad de especies y sustrato para otras especies, retienen sedimento, reduce la erosión costera, ser barrera natural junto con los manglares contra los huracanes y ayudar a purificar el agua. Finalmente, se tendría que implementar trabajo de educación ambiental con niños, ya que son un sector determinante en la conservación.

Tabla 3.16. Medidas o acciones a implementar para resolver los obstáculos para la gestión de los pastos marinos.

Medidas o acciones	Comunidad %	Autoridades %	OSCs %
Trabajo de educación ambiental con la comunidad y principalmente con los niños	80	0	20
Que exista un mayor dialogo entre el sector académico y las organizaciones de la sociedad civil así como información disponible sobre la distribución de pastos en el país	0	0	20
Aplicación del plan de manejo, informar a la comunidad que se encuentra en un área de protección	0	20	0
Capacitación, talleres, fomentando la participación de la gente, tratando de lograr conciliación de partes interesadas, informar sobre los beneficios de la conservación	100	40	80
Toma de decisiones basadas en lo que necesita la comunidad, tomando en cuenta los 3 órdenes de gobierno	0	40	0

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Indicadores para evaluar los avances en la gestión de los pastos marinos

En este apartado se reflexiona sobre los avances para la gestión de los pastos marinos en la Laguna Yalahau, por medio de la construcción de un índice. Para esto se le solicitó a los entrevistados que calificaran los cinco principios propuestos con base en su experiencia en la gestión de estos ecosistemas de 0 a 10: (1) la normatividad existente y su nivel de cumplimiento; (2) la efectividad en el desempeño de las autoridades en los tres niveles de gobierno y de la sociedad civil; (3) los niveles de participación y conocimiento de la comunidad; (4) la representación de los intereses de la comunidad; y (5) el reconocimiento y legitimidad de los actores e instituciones que participan en la toma de decisiones. A continuación se presenta el análisis de los resultados en los tres sectores estudiados.

3.5.1 Normatividad y cumplimiento

En el caso de las autoridades, la calificación con respecto a los avances en materia de normatividad y cumplimiento para la conservación y manejo de los pastos marinos fue de 4.4 con respecto a 10, lo cual pone en evidencia que las propias autoridades identifican que no existe un marco normativo que garantice la conservación de estos ecosistemas. Cabe mencionar, que la incorporación de los pastos marinos como especie prioritaria dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 todavía este en trámite. Las autoridades federales y estatales fueron las que más bajo calificaron los avances en términos normativos, incluso consideran que la legislación actual no ha sido efectiva. En el caso de las autoridades locales, las cuales evaluaron con una calificación de 8 el criterio relacionado con la normatividad y su cumplimiento, consideran que los pastos marinos se encuentran indirectamente protegidos al ser el área de estudio un sitio RAMSAR, por lo que con esta disposición se garantiza de manera efectiva su protección. Sin embargo, identifican que atender problemas relacionados con la carencia de capacidades operativas por la falta de recursos humanos y financieros, podría mejorar su cumplimiento. Las autoridades en general mencionaron que la comunidad desconoce los arreglos normativos, y es este desconocimiento lo que ha provocado el deterioro de los pastos marinos, resultado del incumplimiento de la ley.

Para las OSC, este principio lo calificaron con un número reprobatorio de 2.8, lo cual coincide con la evaluación otorgada por parte de la comunidad. Mencionaron que no identifican alguna ley o normatividad que proteja a los pastos marinos, y a pesar de que existen ordenamientos territoriales marino-costeros donde no se autoriza la remoción de pastos marinos, estos lineamientos no se cumplen en la mayoría de los casos, ya que predominan los intereses económicos que se contraponen a la conservación, favoreciéndose en general al sector turístico. Tres de los actores entrevistados de las OSC, mencionaron conocer la propuesta por parte de CONABIO y SEMARNAT para incluir a los pastos dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, lo cual contribuirá a la conservación de estos ecosistemas en caso de ser aprobada. Asimismo, identifican que la NOM-022-Semarnat-2003 aunque se enfoca en los manglares, también protege en general a los humedales costeros, que es donde se encuentran los pastos marinos. Destacan que no existe un Plan de Manejo de la isla Holbox, aunque forma parte de un área natural protegida, por lo que consideran que los mecanismos normativos existentes no han sido efectivos para garantizar la protección de los pastos marinos. El interés de las inmobiliarias para la adquisición de terrenos dentro de la isla con fines turísticos está

provocando conflictos en la zona, además de contribuir al deterioro ambiental, ya que ante la falta de normatividad, la laguna se ha dragado en diversas ocasiones y se ha estado construyendo infraestructura que remueve las praderas de pastos marinos.

Finalmente, la comunidad fue el sector más crítico con respecto a la evaluación sobre la normatividad y su cumplimiento, calificando este criterio con 2.8 con respecto a 10, ya que consideran que la comunidad en general desconoce los arreglos normativos para la protección de estos ecosistemas en la isla; tampoco saben con certeza qué instancia es la responsable de esta actividad, y por ende, a quienes deberían contactar cuando se presentan violaciones a los periodos de veda. Lo anterior, lo atribuyen a la nula difusión de esta información, aunque existe un claro interés por los pobladores de conocer dichos arreglos para fortalecer la protección de los recursos naturales de la isla, incluyendo los pastos marinos. Algunos identifican que se realizan actividades de vigilancia hacia manglares y especies carismáticas, así como programas orientados a su conservación por parte de las OSC, con quienes suelen colaborar para su realización. La comunidad reconoce que el propio desconocimiento de la normatividad, ha contribuido no sólo al deterioro de la Laguna, sino también ha promovido prácticas poco sustentables en materia de pesca. Adicionalmente, existe una ausencia de autoridades que vigilen la conservación de los diversos recursos naturales de la Laguna, siendo los propios miembros de la comunidad quienes realizan estas funciones con el fin de evitar la pesca durante las épocas de reproducción de diversas especies. Por lo que, la concientización y socialización de la normatividad representa un área de oportunidad para la conservación de los pastos marinos. Los resultados de la evaluación de este principio se presentan en las Tablas 3.17, 3.18 y 3.19.

3.5.3 Desempeño en la gestión

Para el desempeño de la gestión orientada al manejo adecuado de los pastos marinos en aras de promover su conservación, contrario a lo esperado, las autoridades evaluaron este criterio con un 2.6 en promedio, siendo muy críticas con respecto al alcance de sus funciones en particular las autoridades federales y estatales; aunque las autoridades locales también evaluaron este criterio muy bajo con una calificación de 5. En general, esta respuesta se explica porque consideran que los programas para la protección de los pastos marinos no han sido efectivos y tampoco exitosos, ya que no se han realizado acciones concretas para su conservación o las medidas implementadas han sido insuficientes. Asimismo, no existe un seguimiento de las acciones implementadas en colaboración con la comunidad, las cuales dependen de las prioridades definidas en cada periodo de gobierno; situación que obstaculiza tener una planeación y estrategias para la conservación de largo plazo. Esta falta de seguimiento y de continuidad en los programas y acciones de conservación de los pastos marinos ha contribuido a que la comunidad pierda interés, siendo un grupo pequeño de miembros de la comunidad los que siguen participando de manera activa. Por otro lado, las autoridades federales y estatales consideran que están lejanas a las problemáticas que se presentan en la Laguna de Yalahau, reconociendo que es fundamental que las autoridades locales estén más involucradas y colaboren de manera cercana con la comunidad para lograr la protección de este ecosistema prioritario.

Las OSC evaluaron el principio de desempeño con 5.26; a pesar de ser una calificación no aprobatoria fue el principio que obtuvo la mayor calificación por parte de este grupo. Sólo uno de los entrevistados otorgó una calificación aprobatoria de 6 mencionando que identifican la presencia de conflictos entre diferentes grupos de interés, en particular entre los grupos que promueven la conservación en la isla y los grupos que buscan proteger sus intereses económicos a partir de la pesca, la especulación inmobiliaria o el desarrollo hotelero. Reconocen que desafortunadamente, la conservación de los pastos marinos no es un tema que figure en las decisiones de política, lo cual deja estos ecosistemas en una situación de gran vulnerabilidad ante la falta de regulación y una gestión asertiva por parte de las autoridades en los diferentes niveles de gobierno; también consideran que existe poca coordinación en los diferentes órganos de gobierno. Uno de los actores entrevistados mencionó que una estrategia que podría favorecer a crear las condiciones que fortalezcan la conservación de los pastos

marinos es mejorar el diálogo entre el sector académico, OSC y las comunidades, con el fin de proporcionar a los habitantes de la isla la información que requieren para conocer las funciones de los pastos marinos y su distribución. Otro de los actores entrevistados recomendó la publicación de mapas de distribución de las praderas de pastos marinos, ya que actualmente no están disponibles.

En el caso de la comunidad, la evaluación que hace con respecto al desempeño de la gestión obtuvo un puntaje total de 3, esto se debió a que tres de los actores entrevistados mencionaron que no existe una cercanía entre la gente de la comunidad y las autoridades en sus tres niveles de gobierno. Hasta el momento, no han recibido información ni capacitación que permita una gestión más sustentable de los recursos marino-costeros, aunque algunos manifiestan haber sido sancionados por pescar en periodos no permitidos. Uno de los actores entrevistados calificó con 7 el desempeño de la gestión, precisando que existe un apoyo legal, vigilancia y capacitación en materia de manglares y especies animales carismáticas como la tortuga y el manatí. Esto en parte se explica a que las actividades económicas que realizan están relacionadas con el avistamiento de dichas especies, por lo que ha colaborado con las OSC en proyectos de conservación. Sin embargo, destaca que no se han realizado proyectos o acciones concretas para la conservación de los pastos marinos. Otro de los miembros de la comunidad, asignó una calificación de 8 a este criterio, mencionando que las autoridades locales dedicadas a la conservación de la biodiversidad, tiene una presencia dentro de la isla y realizan diversas funciones de gestión ambiental. A pesar de ello, no cuentan con el apoyo económico necesario para realizar suficientes proyectos de conservación, por lo que los pastos marinos no han sido identificados como una prioridad con respecto a otras especies carismáticas como el manatí y la tortuga. Los resultados de la evaluación de estos principios se presentan en las Tablas 3.17, 3.18 y 3.19.

3.5.4 Participación efectiva

En el caso del principio de participación efectiva, este fue calificado por las autoridades con un 2.8, siendo las calificaciones más bajas asignadas por las autoridades federales dedicadas a la conservación de la biodiversidad y las autoridades estatales. Este criterio, fue el segundo más bajo evaluado por las autoridades, teniendo una visión muy crítica sobre los obstáculos que se han presentado para lograr una participación efectiva por parte de la comunidad y otros actores de interés. Existe un acuerdo de que la información relacionada con los beneficios de los servicios ecosistémicos prestados por los pastos marinos son desconocidos por la comunidad en general, este desconocimiento ha obstaculizado que la comunidad participe de manera informada y activa, para proteger estos ecosistemas. Sin embargo, mencionan que se han realizados talleres y consultas participativas que no han tenido los resultados esperados, debido a que pocos miembros de la comunidad están interesados en participar en acciones de carácter ambiental, ya que una parte importante se dedica a la explotación de los recursos naturales de la Laguna para su subsistencia, lo cual impacta de manera negativa a los pastos marinos. Las autoridades federales consideran que, si se mejoran los mecanismos de comunicación y sensibilización de la comunidad sobre los beneficios que estos ecosistemas, más miembros estarán interesados en su conservación y participarán activamente en este objetivo.

En el caso de la participación efectiva, las OSC lo calificaron con 3.7, debido a que consideran que no existe coordinación ni colaboración entre los diferentes actores, lo cual limita la comunicación y divulgación de la información, lo que es un requisito clave para una participación activa e informada por parte de la comunidad. La comunidad desconoce la distribución de las praderas de pastos marinos y las acciones que deberían realizar para favorecer la conservación de estos ecosistemas, dado que no identifican que existan un plan de manejo. Asimismo, reportan que se requiere de un mayor dialogo entre el sector académico y las OSC para informar a la comunidad. Uno de los entrevistados mencionó que se encuentran trabajando en un proyecto con miras a la valoración económica de los servicios ambientales que presta los ecosistemas marinos incluyendo los pastos marinos, en colaboración con la comunidad, lo cual considera que podría sensibilizar a los habitantes de la isla en los beneficios que prestan estos ecosistemas. Se espera que, con ello, más miembros de la comunidad

participen, ya que en general predomina la apatía por la mayoría de los habitantes de la isla de Holbox para la conservación de los pastos marinos, lo cual ha limitado su protección.

Para la comunidad, este criterio fue evaluado con una calificación de 1.6, siendo dicho criterio el que obtuvo el puntaje más bajo por este grupo. Cuatro de los cinco actores clave entrevistados asignaron una calificación de 0, mencionando que la comunidad requiere de capacitación y educación sobre los servicios ambientales que prestan los pastos marinos dentro del ecosistema, lo cual ha limitado su participación. Asimismo, destacan que no existen las condiciones normativas ni los recursos económicos, que permitan una participación efectiva e informada por parte de los miembros de la comunidad, y que sus opiniones sean incorporadas en la toma de decisiones. Finalmente, consideran que se requieren desarrollar estrategias de participación para que la población se involucre desde la conceptualización de los proyectos para la conservación de los recursos naturales de la isla, y por ende, también en su implementación. Solo uno de los actores entrevistados calificó con un número aprobatorio de 8 este criterio, mencionando que pocos miembros de la comunidad dedicados a la conservación ambiental, se ha involucrado en la protección de los pastos marinos, debido a que reconocen los beneficios proporcionados por estos ecosistemas. Destacan que hay poco interés por parte de los habitantes de la isla en involucrarse en actividades de conservación, debido a que no encuentran un beneficio económico por esta actividad. Esta situación evidentemente debe modificarse, lo cual requiere de la sensibilización por parte de la comunidad para que reconozcan los servicios ecosistémicos proporcionados por los pastos marinos. Los resultados de la evaluación de este principio se desarrollan en las Tablas 3.17, 3.18 y 3.19.

3.5.5 Representatividad

La calificación de las autoridades para el principio de representatividad fue de 3.6, la autoridad federal dedicada a la conservación fue la que otorgó la mayor calificación, aunque está es de 5. Al igual que en los otros criterios analizados, las autoridades fueron muy críticas con respecto a si existen las condiciones que garanticen que los actores que toman las decisiones para el manejo y conservación de los pastos marinos representan los intereses de la comunidad con este fin. Las autoridades mencionan que la baja participación de la comunidad en las estrategias de conservación que se han implementado en la isla de Holbox ha limitado que sus intereses y preocupaciones sean tomados en cuenta. En general, son las autoridades locales las que tienen un mayor vínculo con los miembros de la comunidad, aunque este no ha sido

muy cercano, ya que sólo existe una persona encargada de esta atribución, y estando sus capacidades sobrepasadas por las diversas problemáticas que requiere atender. Por otro lado, la falta de organización de los diferentes sectores para involucrarse en la toma de decisiones ha sido muy restringida, de manera que no se siguen procesos participativos para elección de representantes por parte de la comunidad que sean el vínculo con las autoridades, cuyas funciones se orientan a la conservación.

Las OSC evaluaron este principio con una calificación de 4.7; sólo uno de los actores entrevistados dio una calificación aprobatoria de 6, ya que consideró que las autoridades representan los intereses de la comunidad de manera institucional, pero en la práctica su relación con la comunidad es distante, lo cual se pone en evidencia la falta de coordinación para realizar iniciativas conjuntas que favorezcan la conservación de estos ecosistemas. Por ello, en general, los miembros de la comunidad se sienten relegados y que no cuentan con el apoyo de las instituciones o de la ley para emprender acciones a favor de los pastos marinos.

La comunidad calificó el criterio de representatividad con 3.2; dos de los actores entrevistados lo evaluaron con 0, ya que consideran que los cargos públicos designados por las autoridades no representan los intereses de la comunidad en materia de conservación; además los funcionarios públicos tienen una comunicación y colaboración limitada con los habitantes de la isla por lo que desconocen sus prioridades en materia de conservación, y desconocen las problemáticas ambientales más urgentes de atender. Reconocen algunos liderazgos por parte de miembros de la comunidad, quienes, de manera voluntaria, realizan acciones de conservación, algunos de estos líderes forman parte de cooperativas o de organizaciones comunitarias. Uno de los actores entrevistados calificó a la representatividad con 6 y otro con 9, argumentando que la comunidad identifica que los actores que representan sus intereses son las organizaciones sociales conformadas por los propios pobladores de la isla, no las autoridades.

Los resultados de la evaluación del principio de representatividad se detallan en las Tablas 3.17, 3.18 y 3.19.

3.5.6 Legitimidad

En el caso del criterio de legitimidad, las autoridades lo evaluaron con una calificación de 4, siendo una de las autoridades federales entrevistadas la que otorgó la mayor calificación, la cual asciende a 8. Cabe mencionar, que esta postura se debe a que las autoridades consideran que son los tres niveles de gobierno los que deberían estar involucrados de manera más activa en la conservación de estos ecosistemas. Los principales obstáculos que las instituciones enfrentan para fomentar estrategias conjuntas son la continuidad en los cargos y la elevada rotación del personal sujeta a los tiempos políticos; esto termina desincentivando la participación de la comunidad. Desafortunadamente, hasta el momento, son las autoridades locales las que han participado de manera más estrecha en impulsar acciones para la conservación de la biodiversidad en la isla de Holbox. Sin embargo, estas acciones no se han dirigido en concreto a proteger las praderas de pastos marinos. Asimismo, reconocen que se han realizado pocas iniciativas y esfuerzos a nivel de gobierno para crear y fortalecer los vínculos con la comunidad, lo cual debería ser una prioridad de gobierno. Sólo uno de los actores entrevistados consideró que la regulación de los pastos marinos debe estar centralizada a nivel Federal, dado que los otros niveles no cuentan con el conocimiento ni los recursos para implementar medidas que favorezcan la protección de estos ecosistemas, además que forman parte de sus competencias. Adicionalmente, considera que la comunidad muchas veces tienen intereses económicos que hace que el aprovechamiento de estos recursos naturales no sea el adecuado, y por ende, terminen degradando las praderas de pastos marinos.

Para las OSC, el principio de legitimidad recibió una calificación de 4.1. Uno de los actores entrevistados consideró que la regulación debe involucrar a los tres órdenes de gobierno y a la comunidad; mientras que cuatro actores consideraron que la regulación más eficaz tendría que involucrar a las autoridades federales y municipales, en coordinación con las comunidades. Una OSC entrevistada mencionó que son las mismas organizaciones y algunas instituciones las que han participado en la conservación y manejo de los pastos marinos, señalando que es la SEMARNAT el actor que influye de manera determinante en la conservación y manejo de pastos marinos por medio de la autorización de proyectos en la zona, por lo que la gestión de los recursos naturales que lleva a cabo incide en la permanencia o no de los pastos marinos en coordinación con la CONANP. Mencionaron que para la comunidad, muchos de los temas

sobre las funciones y beneficios de los pastos marinos son desconocidos, reconocen que se han organizado talleres para difundir el valor ecológico de los ecosistemas de Yum Balam, pero la participación de la comunidad se ha restringido a los miembros que tiene una relación estrecha con los temas de cuidado ambiental. Señalaron que una de las grandes problemáticas es la compra de tierras a los propietarios en la isla Holbox, debido a que algunos nuevos propietarios han hecho de la tierra un escenario urbano, donde se han construido muelles que ha perjudicado a los pastos marinos. Se han ocupado de poner muelles y dragar canales para tener acceso a la zona porque no existen caminos, y eso ha incrementado la vulnerabilidad de estos ecosistemas. Otra de las críticas que expresó una OSC fue que el sector académico no comparte información ni trabaja de manera coordinada con otros grupos, dado esto no existe un mapa de la distribución de los pastos marinos en Quintana Roo disponible para su consulta pública. También critica que no existan herramientas dirigidas la sociedad para hacerlas entender que se está dañando este ecosistema. Hasta hoy las autoridades dan el financiamiento para realizar estas tareas de investigación, no es hasta con la cuestión de cambio climático, que se ha dado este presupuesto para llevar a cabo la investigación.

Considera que dentro de la isla Holbox existen actores de la sociedad que genera un liderazgo, como las cooperativas pesqueras, los ejidatarios. También existen grupos empresariales que son dueños en Isla grande, y tiene una relevancia importante dentro de la toma de decisiones en temas de conservación. Consideran que se pueden hacer acuerdos comunitarios entre los miembros de la sociedad para presionar a las autoridades a generar un ordenamiento ecológico marino que estipule la protección legal a los pastos marinos. Reconocen que no conocen un ejemplo en nuestro país en donde la comunidad se haya involucrado en acciones de conservación para proteger los pastos marinos, sólo de manera indirecta algunas acciones de las comunidades y las OSC han tratado de hacer algo para la regulación de éstos. Este grupo destacó que no existe un plan de manejo en el área y existe poca información con la que cuenta la comunidad para realizar acciones en materia de conservación. Consideran que tener mapeados los pastos marinos sería algo muy importante, así como realizar trabajo en materia de educación ambiental, un mayor dialogo entre las organizaciones de la sociedad civil y el sector académico para dar a conocer investigaciones sobre los pastos marinos, son acciones fundamentales para favorecer la protección.

Finalmente, una OSC señaló que faltan alternativas reales, útiles, duraderas, que concuerden con las características del área y con los intereses de la comunidad, ya que estos deberían ser

los actores principales ya que son ellos los que se encuentran en contacto directo con los recursos y deberían contar con el apoyo de las instituciones correspondientes. Cabe mencionar, que las OSC se autodenominan como las que mejor representan los intereses de la comunidad, aunque esta visión no coincide con la que reportó la comunidad. Las OSC consideran que quiénes alzan la voz para la protección ambiental, pero hasta hace muy poco sus esfuerzos se han orientado hacia la conservación de los pastos marinos.

Para las comunidades, el principio de legitimidad fue evaluado con 1.8; tres actores entrevistados calificaron con 0 este criterio, ya que consideran que los actores involucrados en la toma de decisiones sobre la conservación de los pastos marinos no representan los intereses de la comunidad, sino intereses particulares de otros sectores económicos que están en contra de la conservación. Por ejemplo, mencionan que se están promoviendo los intereses económicos de desarrolladores inmobiliarios y el sector hotelero, quienes por medio de actos de corrupción influyen en la toma de decisiones. A pesar de realizar denuncias sobre prácticas ilegales en materia ambiental, éstas no son atendidas. En particular, han denunciado la pesca ilegal de pepino de mar y otras especies dentro de la laguna, sin tener respuesta por las autoridades. Consideran que las autoridades locales y estatales, al ser más cercanas a las problemáticas, deberían ser las responsables de atenderlas, siempre en colaboración con la comunidad, ya que finalmente, son los habitantes de la isla los que implementan las estrategias en materia de conservación de sus recursos naturales. Sin embargo, la elevada rotación de personal y la falta de capacitación de los funcionarios públicos en temas ambientales, ha obstaculizado la conservación de diversas especies en la isla, incluyendo los pastos marinos.

Destaca la respuesta de uno de los entrevistados de la comunidad, quien calificó con 8 este criterio, considerando que para que la regulación de los pastos marinos sea efectiva, ésta debe realizarse a nivel comunitario, ya que es la comunidad la más interesada en la protección de este ecosistema y la que se beneficia directamente de los servicios ambientales; asimismo, sólo la comunidad sabe la importancia de los pastos marinos en sus actividades diarias y es la que directamente aprovecha o protege estos ecosistemas. Los resultados de la evaluación de este principio se detallan en las Tablas 3.17, 3.18 y 3.19.

Tabla 3.17 Resultados del Índice para las Autoridades

Principios de la buena gobernanza	A1	A2	A3	A4	A5	Total
1 Normatividad y su cumplimiento	8	4	0	7	3	4.4
2 Desempeño de la gestión	5	0	0	5	3	2.6
3 Participación efectiva	4	2	0	3	5	2.8
4 Representatividad	4	4	5	3	2	3.6
5 Legitimidad	3	0	5	8	4	4.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.18 Resultados del Índice para la Comunidad

Principios de la buena gobernanza	C1	C2	C3	C4	C5	Total
1 Normatividad y su cumplimiento	3	0	3	8	0	2.8
2 Desempeño de la gestión	0	0	0	7	8	3.0
3 Participación efectiva	0	0	0	8	0	1.6
4 Representatividad	1	6	0	9	0	3.2
5 Legitimidad	0	1	0	8	0	1.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.19 Resultados del Índice para las OSC

Principios de la buena gobernanza	O1	O2	O3	O4	O5	Total
1 Normatividad y su cumplimiento	0	3	4.5	4	2.5	2.8
2 Desempeño de la gestión	6	5	5	5	5.3	5.26
3 Participación efectiva	3	4	4	4	3.7	3.7
4 Representatividad	3	5	6	5	4.7	4.7
5 Legitimidad	6	3	5	2	4.7	4.1

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Conclusiones del capítulo

En este capítulo, con base en los resultados identificados, se concluye que es fundamental fortalecer la idea de que la gestión de los pastos marinos es un proceso "de abajo hacia arriba"; un proceso incluyente con la participación de diferentes actores, donde se promueve la colaboración entre los diferentes grupos interesados y que tienen injerencia en las acciones en favor del manejo y conservación de los recursos naturales. Es necesario promover una mayor participación de la comunidad, para esto es indispensable contar con el apoyo de las autoridades para crear las condiciones que motiven a los miembros de la comunidad a interesarse y trabajar por la protección de los pastos marinos. Para ello, se requiere la implementación de talleres que cumplan con el objetivo de informar a la población sobre los servicios ecosistémicos que prestan las praderas de pastos marinos, con el fin de que la población identifique los beneficios que les presta este ecosistema y las consecuencias en su nivel de bienestar por su deterioro. Existe un camino largo por recorrer para poder crear las condiciones que permitan la buena gobernanza de los pastos marinos en la Isla de Holbox, para lo cual es indispensable es necesario que se cuente con un Plan Manejo del Área Natural Protegida.

Existe un consenso entre los diferentes actores involucrados en el manejo y aprovechamiento de estos ecosistemas que no existen las condiciones que informen a la población para su participación efectiva en la toma de decisiones en materia de conservación. La comunidad entrevistada considera que las autoridades federales no han logrado entablar relaciones más cercanas con los miembros de la comunidad para su adecuada gestión. Por lo anterior, es fundamental que se fortalezca la coordinación entre todos los niveles de gestión y que se dé mayor atención al nivel comunitario, dado que es el nivel más vulnerable por no contar con el respaldo legal, y recae en este grupo el implementar las medidas requeridas para la protección de estos ecosistemas.

Se reconocen pocas iniciativas y esfuerzos realizados a nivel de gobierno para crear y fortalecer estos vínculos con la comunidad, a pesar de que estos vínculos de común acuerdo y trabajo coordinado deberían ser una prioridad, con el trabajo de revisión del estado del arte se refuerza la idea de que las prácticas de gestión a nivel local han demostrado mejorar y promover el cuidado de la biodiversidad y han contribuido a mantener ecosistemas saludables. Otro punto importante de destacar es que los actores entrevistados consideran que la legislación ambiental a nivel federal debe establecer mecanismos claros que favorezcan la

conservación de estas especies y que se encuentren en estatus de protección legal, al reconocer los pastos marinos como parte de las especies prioritarias.

Asimismo, es fundamental que se trabaje en la publicación del plan de manejo de la zona, esto podría representar una oportunidad para crear las condiciones que permitan el acceso de la participación de la comunidad en la toma de decisiones, así como la elección democrática de sus representantes ante las autoridades.

Por otro lado, se identificaron como elementos centrales para avanzar en una mejor gestión de los pastos marinos la **legitimidad, representatividad, desempeño de la gestión, normatividad y su cumplimiento, y participación efectiva**. La evaluación de estos principios en la zona de estudio, la cual se basa en la percepción de los actores entrevistados, pone en evidencia que se requiere promover el trabajo coordinado en la Isla de Holbox para poder crear las condiciones que permitan la participación para la toma de ediciones de los actores involucrados. Existe un consenso entre los diferentes actores entrevistados, que ninguno de los criterios mencionados se cumplen a cabalidad, dado que no existen la normatividad que guíe la gestión para un desempeño adecuado; tampoco las condiciones que informen a la población para su participación efectiva en la toma de decisiones en materia de conservación, además que no existe una relación cercana entre los miembros de la comunidad y las autoridades federales donde el tema de la gestión y conservación de las praderas de pastos marinos figure.

En el caso particular del principio de **Normatividad y cumplimiento**, se considera que existen muchas áreas de oportunidad en términos normativos, dado que la legislación actual no ha sido efectiva, además que hay una carencia de capacidades operativas por la falta de recursos humanos y financieros que garantice la conservación de los pastos marinos. En general, la comunidad desconoce los arreglos normativos, y es este desconocimiento lo que ha provocado el deterioro de los pastos marinos por el incumplimiento de la ley. Adicionalmente, hay una ausencia de autoridades que vigilen la conservación de los diversos recursos naturales de la Laguna, siendo los propios miembros de la comunidad quienes realizan estas funciones con el fin de evitar la pesca durante las épocas de reproducción de diversas especies. Por lo que, la concientización y socialización de la normatividad representa una importante área que no ha sido atendida correctamente para favorecer la conservación de los pastos marinos.

Con respecto al principio de **Desempeño en la gestión**, se consideran que los programas para la protección de los pastos marinos no han sido efectivos y tampoco exitosos, ya que no se han realizado acciones concretas para su conservación o las medidas implementadas han sido insuficientes. Asimismo, no existe un seguimiento de las acciones implementadas en colaboración con la comunidad, las cuales dependen de las prioridades definidas en cada periodo de gobierno; situación que obstaculiza tener una planeación y estrategias para la conservación de largo plazo. Esta falta de seguimiento y de continuidad en los programas y acciones de conservación de los pastos marinos ha contribuido a que la comunidad pierda interés, siendo un grupo pequeño de miembros de la comunidad los que siguen participando de manera activa.

Para el principio de **Participación efectiva**, existe un acuerdo de que la información relacionada con los beneficios de los servicios ecosistémicos prestados por los pastos marinos son desconocidos por la comunidad, este desconocimiento ha obstaculizado que la comunidad participe de manera informada y activa, para proteger estos ecosistemas. Aunque se han realizado talleres y consultas participativas, no se han obtenido los resultados esperados, debido a la falta de interés de gran parte de la comunidad. Por ende, se requiere mejorar los mecanismos de comunicación y sensibilización de la comunidad sobre los beneficios que estos ecosistemas prestan a la comunidad, con el fin de que más miembros estén interesados en su conservación, y como consecuencia, participen activamente en esta actividad.

Por otro lado, para el principio de **Representatividad**, se identifica que existe una falta de organización de los diferentes sectores para involucrarse en la toma de decisiones, de manera que no se siguen procesos participativos para la elección de sus representantes por parte de la comunidad que sean el vínculo con las autoridades, y cuyas funciones se orienten a la conservación. Existen liderazgos por parte de miembros de la comunidad, quienes, de manera voluntaria, realizan acciones de conservación, pero la conservación de estos ecosistemas prioritarios no pueden basarse solo en estos liderazgos, sino que se requiere la participación activa de las autoridades a nivel local y estatal.

Por último, para el principio de **Legitimidad** se considera que son los tres niveles de gobierno los que deberían estar involucrados de manera más activa en la conservación de estos ecosistemas. Los principales obstáculos que las instituciones enfrentan para fomentar estrategias conjuntas son la continuidad en los cargos y la elevada rotación del personal sujeta a los tiempos políticos; esto termina desincentivando la participación de la comunidad. Otra

problemática que afecta la legitimidad es que no existen herramientas dirigidas la sociedad para hacerlas entender que se está dañando este ecosistema. En escenarios recientes es cuando se ha otorgado mayor financiamiento para realizar tareas de investigación en materia de cambio climático que se relacionan con el monitoreo de las praderas de pastos que habitan los océanos de nuestro país. Adicionalmente, la comunidad considera que sus intereses no están representados, solo los de ciertos sectores económicos que están en contra de la conservación, como por ejemplo, los desarrolladores inmobiliarios y el sector hotelero. Lo anterior, pone en evidencia, la urgente necesidad de definir estrategias concretas de ordenamiento territorial ecológico que frene las presiones inmobiliarias en favor de la conservación de las praderas de pastos marinos, dada la relevancia que tienen en material de prestación de servicios ecosistémicos, y en particular, para el secuestro de carbono.

4.0 Conclusiones generales

Las praderas de pastos en la zona costera realizan funciones básicas en el ecosistema, tales como ser fuente de alimentación para vertebrados, influir en la biomasa de una gran cantidad de organismos y estabilizar los sedimentos. A pesar de que las praderas de pastos marinos han resistido eventos negativos, su futuro, igual que el de muchos ecosistemas costeros, se presenta sombrío, pues los impactos negativos en las poblaciones de pastos se ha debido tanto a procesos naturales como por actividades antropogénicas; estas actividades incluyen métodos de pesca inapropiados y sobrepesca, eutrofización, contaminación del agua, agricultura extensiva y con uso de agroquímicos, industrialización y las consecuencias del cambio climático. Las consecuencias de estos impactos han provocado el incremento relativo del nivel medio del mar, períodos más largos con altas temperaturas del agua y mayor intensidad de las tormentas, lo que reduce significativamente la capacidad de regeneración y crecimiento de las praderas de pastos.

Por lo anterior, la Laguna Yalahau representa un importante sitio para la conservación de las praderas de pastos marinos. En este sentido, los resultados de esta investigación son una aportación que permite documentar el área de distribución de las praderas de pastos dentro de la zona de estudio y las condiciones ambientales en las que se encuentra este ecosistema. Por lo que, éstos resultados permitieron generar información para que los tomadores de decisiones puedan utilizarla para definir acciones más eficaces de protección o restauración de estos ecosistemas, desarrollando mejores programas de monitoreo de las praderas para dar seguimiento al estado de conservación y las tendencias de las condiciones ambientales que influyen sobre estos ecosistemas. Esto es especial relevancia, debido a que los pastos marinos son organismos sensibles a diferentes impactos, lo que les confiere un valor como indicador de problemas ambientales. Por ello, resulta indispensable contar con información que involucren aspectos de caracterización ambiental del sitio, así como elementos que describan el contexto social para realizar un diagnóstico integral del lugar que permita identificar cómo estos ecosistemas pueden verse afectados por las actividades antropogénicas para poder determinar qué políticas públicas se requieren promover para el manejo sustentable de los recursos naturales.

Dentro de la isla Holbox se desarrollan dos principales actividades económicas: las que tienen que ver con el turismo y la pesca; esto muestra un entorno de vulnerabilidad dado que no existe diversificación de actividades y esto ha generado graves problemáticas ambientales. Actualmente, la Isla Holbox sufre durante las épocas vacacionales de un arribo masivo de turistas, lo que acentúa los problemas que ya enfrentan los habitantes de la Isla relacionados con la generación de residuos, la falta o intermitencia de los servicios públicos básicos como electricidad, la falta de agua, el insuficiente drenaje sanitario y pluvial, por lo que se requiere la implementación de instrumentos que tengan el propósito de generar cambios en las prácticas de uso y cuidado de los recursos naturales. Asimismo, la isla enfrenta severos problemas de especulación inmobiliaria por la presión del sector turismo, el cual busca promover este sitio de gran fragilidad ambiental como un destino turístico y habitacional. Desafortunadamente, la falta de un plan de manejo y del involucramiento de la población para la adecuada gestión de la riqueza natural del sitio, ha favorecido a la degradación ambiental de la zona y a la pérdida de importantes extensiones de pastos marinos, y con ello, de los numerosos servicios ecosistémicos que prestan.

Para lograr acuerdos para un adecuado manejo de estos ecosistemas, se requiere conocimiento básico de la abundancia y riqueza específica de las vegetaciones en una red de monitoreo que a su vez sirva de indicadores de cambios en las condiciones del medio donde se desarrollan y que permita dar seguimiento a las fuentes móviles y puntuales de contaminación, así como a los impactos que la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos tienen sobre estos ecosistemas, dado que cada vez se presentan con mayor intensidad y frecuencia. Para lo cual, es importante contar con proyectos de monitoreo de largo plazo que registren los cambios en la comunidad de pastos marinos; particularmente en la distribución y abundancia de la vegetación acuática sumergida. Esto con el fin de poder evaluar los posibles efectos colaterales para otras especies que realizan algunas de sus funciones dentro de las praderas.

Como se describió en capítulo 2 de esta investigación, las especies de pastos marinos encontradas que se distribuyen dentro de la Laguna Yalahau son: *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme*. Por otro lado, la Vegetación Acuática Sumergida (VAS) está constituida por los géneros: *Halimeda*, *Caulerpa* y *Penicillus*, así como especies de rodófitas y varias especies de invertebrados asociados a la VAS. La especie dominante en distribución es *Thalassia testudinum*, la cual podría actuar como especie indicador de impacto ambiental dentro de la laguna considerando que las estaciones donde se encontró es una zona bien conservada. De acuerdo a la revisión de arte, se identificó que las praderas mueren

cuando las condiciones ambientales como la temperatura o la luz cambian fuera de la tolerancia de la especie, entonces las praderas pueden o no restablecerse a partir de semillas, cuando regresan las condiciones ambientales favorables. Sin embargo, es importante destacar que en la zona de estudio no se cuenta con investigaciones que estén disponibles para la consulta del público sobre las tolerancias de las especies de pastos marinos y VAS a cambios en las condiciones ambientales (i.e., temperatura, pH, turbidez y salinidad), lo cual obstaculiza la implementación de estrategias eficaces para su conservación. Realizar estos estudios es una tarea pendiente en el sitio que se tiene que llevar a cabo en el corto plazo, por ende, se considera relevante avanzar en la generación de información que contribuya a la conservación de las especies y al conocimiento de los impactos que pudiera tener la variación de los parámetros ambientales en la salud de la misma. El sitio de estudio presenta diferencias climáticas y fenómenos meteorológicos que determinan la concentración de nutrientes y salinidad en el agua, así como cambios en la temperatura, el pH y la profundidad a la que podemos encontrar los pastos marinos; éstas condiciones pueden variar dependiendo de la temporada del año o después de eventos de lluvia o de tormentas de gran escala, influyendo en la biomasa y en la distribución de las especies analizadas.

Por otro lado, garantizar la conservación de los pastos marinos requiere de fortalecer la participación de todos los actores en la toma de decisiones tanto para la definición e implementaciones normativas como de los instrumentos de planeación. Cabe destacar que son los miembros de la comunidad los principales beneficiados de los servicios ecosistémicos que prestan las praderas de pastos, y por consiguiente, serán los primeros en enfrentar un deterioro en su calidad de vida, resultado de su pérdida o degradación. Bajo este contexto, es necesario promover una mayor participación de la comunidad, para lo cual es indispensable contar con el apoyo de las autoridades con el fin de crear las condiciones que motiven a los miembros de la comunidad a interesarse y trabajar por la protección de los pastos marinos. Lo anterior, requiere de la implementación de talleres que cumplan con el objetivo de informar a la población sobre los servicios ecosistémicos que prestan las praderas de pastos marinos, con el fin de que la población identifique los beneficios que les presta este ecosistema y las consecuencias en su nivel de bienestar por su deterioro. Existe un camino largo por recorrer para poder crear las condiciones que permitan una conservación exitosa de los pastos marinos en la Isla de Holbox, siendo fundamental que estos mecanismos de gestión sean integrados y promovidos en el Plan Manejo del Área Natural Protegida que deberían estar en proceso de elaboración.

Es importante destacar que existe un consenso entre los diferentes actores involucrados en el manejo y aprovechamiento de estos ecosistemas, quienes señalan que no existen las condiciones que informen a la población para su participación efectiva en la toma de decisiones en materia de conservación. De manera general, la comunidad entrevistada consideró que las autoridades federales no han logrado entablar relaciones más cercanas con los miembros de la comunidad para su adecuada gestión. Por lo anterior, es fundamental que se fortalezca la coordinación entre todos los niveles de gestión y que se dé mayor atención al nivel comunitario, dado que es el nivel más vulnerable por no contar con el respaldo legal, y recae en este grupo el implementar las medidas requeridas para la protección de estos ecosistemas.

La comunidad reconoce pocas iniciativas y esfuerzos realizados a nivel de gobierno para crear y fortalecer estos vínculos entre estos grupos, con el trabajo de revisión del estado del arte se refuerza la idea de que las prácticas de gestión a nivel local han demostrado mejorar y promover el cuidado de la biodiversidad y han contribuido a mantener ecosistemas saludables. También es importante señalar que los actores entrevistados consideran que la legislación ambiental a nivel federal debe establecer mecanismos claros que favorezcan la conservación de estas especies y que se encuentren en estatus de protección legal, al reconocer los pastos marinos como parte de las especies prioritarias. Asimismo, es fundamental que se trabaje en la publicación del plan de manejo de la zona, esto podría representar una oportunidad para crear las condiciones que permitan el acceso de la participación de la comunidad en la toma de decisiones, así como la elección democrática de sus representantes ante las autoridades.

Una de las problemáticas identificadas es que no existen herramientas dirigidas a la población para concientizarla sobre el daño que se está ejerciendo sobre este ecosistema. Adicionalmente, la comunidad considera que sus intereses no están representados, sólo los de los sectores económicos más poderosos como los desarrolladores inmobiliarios y el sector hotelero, mismos que se han identificado como actores que están en contra de la conservación. Lo anterior, pone en evidencia, la urgente necesidad de definir estrategias concretas de ordenamiento territorial ecológico que frene las presiones inmobiliarias en favor de la conservación de las praderas de pastos marinos, dada la relevancia que tienen en material de prestación de servicios ecosistémicos, y en particular, para el secuestro de carbono.

Existe un distanciamiento entre las autoridades y los miembros de la comunidad para la protección de los pastos marinos, dejando estos ecosistemas en una situación de alta

vulnerabilidad ante la especialización inmobiliaria. Se destaca como urgente, la necesidad de contar con un plan de manejo del área natural protegida donde los pastos marinos sea una prioridad para la conservación, así como crear los mecanismos que favorezcan el involucramiento de los miembros de la comunidad y las Organizaciones de la Sociedad Civil en diversos proyectos orientados a reducir los impactos antropogénicos y la degradación ambiental de estos ecosistemas. Desarrollar mecanismos para evaluar los cambios de la diversidad biológica debidos a actividades humanas, ya que estos cambios han sido más acelerados que en cualquier otro momento, siendo las poblaciones los impulsores del cambio que llevaron a la pérdida de la diversidad biológica y a cambios en los servicios ecosistémicos de manera permanente. Asimismo, es importante vincular las políticas de conservación existente a los valores culturales en beneficio de la conservación. Derivado de lo anterior, se concluye que el desarrollo no ha sido sustentable ni equilibrado; los intereses económicos de desarrolladores inmobiliarios se sobreponen a la fragilidad de los ecosistemas.

Finalmente, para enfrentar las amenazas de origen antropogénico, así como las resultantes de los cambios climáticos globales se tiene que generar una cohesión en el que todos los sectores vinculados trabajen en el uso de los recursos de la laguna con la intención de garantizar su persistencia en largo plazo; de igual forma, se considera que la participación de los actores involucrados en el manejo de las praderas de pastos representa una importante herramienta para determinar las estrategias de conservación de estos ecosistemas, ya que son los actores locales los principales involucrados en estas actividades, siendo su participación indispensable para el desarrollo de cualquier iniciativa.

5.0 Bibliografía

- Arber, A. (1920). The vegetative morphology of *Pistia* and the Lemnaceae. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 91(636), 96-103.
- Alonzo Marrufo, E. R., & Paz Hernández, C. (2015). Generación y manejo de residuos sólidos en áreas naturales protegidas y zonas costeras: el caso de Isla Holbox, Quintana Roo. *Sociedad y Ambiente*, 1(5).
- Arellano-Méndez, L. U., Liceaga-Correa, M. D. L. Á., Herrera-Silveira, J. A., & Hernández-Núñez, H. (2011). Impacto por huracanes en las praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) en el Caribe Mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 385-401.
- Armando Fuentes, S., & Gallegos, M., & Mandujano, M. (2014). Demografía de *Caulerpa paspaloides* var. *wudermannii* (Bryopsidales: Caulerpáceae) en la zona costera de Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 62 (2), 729-741.
- Axis-Arroyo, J., Morales-Vela, B., Torruco-Gómez, D., & Vega-Cendejas, M. E. (1998). Variables asociadas con el uso de hábitat del manatí del Caribe (*Trichechus manatus*), en Quintana Roo, México (Mammalia). *Revista de biología tropical*, 46(3), 791-803.
- Barriga, M., Campos, J. J., Corrales, O. M., & Prins, C. (2007). Gobernanza ambiental, adaptativa y colaborativa en bosques modelo, cuencas hidrográficas y corredores biológicos. *Diez experiencias en cinco países latinoamericanos. Serie Técnica. Informe Técnico*, 358.
- Berlanga, H., Oliveras de Ita, A., Benítez, H., Escobar, M. (Eds.) 2006. Taller para la Identificación de Prioridades para la Conservación de Aves en la Red DE AICAS y ANP de México. NABCI/CONABIO
- Bezaury-Creel, J., Gutiérrez-Carbonell, D., & Remolina, J. F. (2009). Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. *Capital natural de México*, 2, 385-431.
- Bulkeley, H. (2005). Reconfiguring environmental governance: Towards a politics of scales and networks. *Political geography*, 24(8), 875-902.
- Bulkeley, H., & Betsill, M. (2005). Rethinking sustainable cities: Multilevel governance and the 'urban' politics of climate change. *Environmental politics*, 14(1), 42-63.
- Bulkeley, H., & Moser, S. C. (2007). Responding to climate change: governance and social action beyond Kyoto. *Global environmental politics*, 7(2), 1-10.
- Brenner, L. (2006). Áreas naturales protegidas y ecoturismo: el caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 27(105), 237-265.
- Brenner, Ludger; Vargas del Río, David. (2010). Gobernabilidad y gobernanza ambiental en México. La experiencia de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. *Polis: Investigación y Análisis Sociopolítico y Psicosocial*, Sin mes, 115-154.
- Brenner, L. (2009). Aceptación de políticas de conservación ambiental: el caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. *Economía, sociedad y territorio*, 9(30), 259-295.

- Brenner, Ludger, (2010) Gobernanza ambiental, actores sociales y conflictos en las áreas naturales protegidas mexicanas, *Revista Mexicana de Sociología*, vol. 72, núm. 2, pp. 283-310.
- Borum, J., Pedersen, O., Kotula, L., Fraser, M. W., Statton, J., Colmer, T. D., & Kendrick, G. A. (2016). Photosynthetic response to globally increasing CO₂ of co-occurring temperate seagrass species. *Plant, cell & environment*, 39(6), 1240-1250.
- Cárdenas Gustavo. (2009) Desafíos para la gobernanza de los recursos naturales en América latina y la región andina. Conferencia electrónica: Desarrollo Rural Territorial y Gobernanza de los Recursos Naturales: Reflexiones en los Andes. Pp. 1-8.
- Camarero, J. J., & Fortin, M. J. (2006). Detección cuantitativa de fronteras ecológicas y ecotonos. *Revista Ecosistemas*, 15(3).
- Cendejas, V., & Eugenia, M. (2004). Ictiofauna de la Reserva de la Biosfera Celestún, Yucatán: una contribución al conocimiento de su biodiversidad. *Anales del Instituto de Biología serie Zoología*, 75(001).
- Cervantes Maldonado, A. y E. Quintero 2016. La importancia de conservar las praderas de pastos marinos. *CONABIO. Biodiversitas*, 128:12-16128
- CEPAL, C. (2012). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *Santiago de Chile*.
- Colmenero R., L. C. y M. E. Hoz Z. 1986. Distribución de los Manatíes, Situación y su Conservación en México. *An. Inst. Biol. UNAM. Serie Zool.* 56 (3): 955-1022.
- CONANP (2008). Informe final del proyecto GR011, *Atención de incendios en el área de protección de Flora y Fauna Yum Balam*.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., & Raskin, R. G. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, 387(6630), 253.
- Collier, C., & Waycott, M. (2009). *Drivers of change to seagrass distributions and communities on the Great Barrier Reef: Literature review and gaps analysis*. Reef and Rainforest Research Centre.
- Creswell, J.W. (2002). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications, London, UK.
- Dachary C. y S. Arnaiz. 1984. Estudios Socioeconómicos Preliminares de Quintana Roo. *El Territorio y la Población (1902-1983)*. CIQRO, Q. ROO.
- Dawson, T. E., & Pate, J. S. (1996). Seasonal water uptake and movement in root systems of Australian phreatophytic plants of dimorphic root morphology: a stable isotope investigation. *Oecologia*, 107(1), 13-20.
- Den Hartog, C., & Kuo, J. (2007). Taxonomy and biogeography of seagrasses. In *Seagrasses: biology, ecology and conservation* (pp. 1-23). Springer Netherlands.
- Delgado, Luisa E., Pamela L. Bachmann y Bárbara Oñate (2007), "Gobernanza ambiental: una estrategia orientada al desarrollo sustentable local a través de la participación ciudadana", *Ambiente y Desarrollo*, 23 (3), pp. 68-73.

Díaz Martínez, S Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C., Ávila-Ortiz, (2013). Algas marinas bentónicas del litoral de Campeche, México. *Acta botánica mexicana*, (104), 53-92.

Duarte, C.M; N. Marbà; N. Agawin; J. Cebrián; S. Enríquez; M.D. Fortes; M.E. Gallegos; M. Merino; B. Olesen; K. Sand-Jensen; J. Uri y J. Vermaat. (1994). Reconstruction of seagrass dynamics: age determinations and associated tools for the seagrass ecologist. *Marine Ecology Progress Series*. 107:195-209.

Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I., & Marbà, N. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3(11), 961-968.

Espinoza-Avalos, J., Hernández-Arana, H. A., Álvarez-Legorreta, T., Quan-Young, L. I., Oliva-Rivera, J. J., Valdez-Hernández, M., & Worumference, P. (2009). Vegetación acuática sumergida. *El sistema ecológico de la Bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del mar Caribe*, 148-158.

Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005. *Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua*. Informe de Síntesis, Washington, DC.

Feldman, E. (2001). La reflexión de la evolución politológica sobre la democratización en América Latina: del cambio de régimen a la gobernabilidad y las instituciones (en línea). *Revista Instituciones y Desarrollo*, (8).

Fontaine, G., Van Vliet, G., & Pasquis, R. (2006). Experiencias recientes y retos para las políticas ambientales en América Latina. *Políticas ambientales y gobernabilidad en América Latina*, 9-5.

Fuentes, S.A.; M.E. Gallegos y M.C. Mandujano. (2014). Demografía de *Caulerpa paspaloides* var. *wudermannii* (Bryopsidales: Caulerpaceae) en la zona costera de Campeche, México *Rev. Biol. Trop.* 62(2):729-741.

Frankignoulle, M., & Distèche, A. (1984). CO₂ chemistry in the water column LS TTT. *Oceanologica acta*, 7(2), 209-219.

Frankignoulle, M., & Bouquegneau, J. M. (1990). Daily and yearly variations of total inorganic carbon in a productive coastal area. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 30(1), 79-89.

Gallegos Martínez, M.E., 2011. Efectos del cambio climático sobre las praderas de pastos marinos, p. 255-276. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (eds.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, unam-icmyl, Universidad Autónoma de Campeche. 754 p.

Gutiérrez-Aguirre, M. A., de la Fuente-Betancourt, M. G., & Cervantes-Martínez, A. (2000). Biomasa y densidad de dos especies de pastos marinos en el sur de Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 48(2-3), 313-316.

Guillaume Fontaine, G. (2007). Experiencias recientes y retos para las políticas ambientales en América Latina. En Guillaume Fontaine, Políticas ambientales y gobernabilidad en América Latina (págs. 9-25). Ecuador: Flacso.

Graham J. Amos B. & Plumptre T., 2003. Governance principles for protected areas in the 21st century. Prepared for the Fifth World Parks Congress Durban, South Africa, Durban, South Africa: 50 p

Graham J. Amos B. & Plumptre T., 2003. Governance principles for protected areas in the 21st century. Prepared for the Fifth World Parks Congress Durban, South Africa, Durban, South Africa: 50 p

Hemminga, M. A., & Duarte, C. M. (2000). *Seagrass ecology*. Cambridge University Press.

Hernández G. 1995. Reptiles y Anfibios. En: Yum Balam A. C. 1995. Diagnóstico de la Región maya del Norte del Estado de Quintana Roo.

Hanisak, M. D. (2001). *Photosynthetically active radiation, water quality, and submerged aquatic vegetation in Indian River Lagoon*. Marine Botany Department, Harbor Branch Oceanographic Institution.

Harper, J. & L Schmid, B. (1985). Clonal growth in grassland perennials: I. Density and pattern-dependent competition between plants with different growth forms. *The Journal of Ecology*, 793-808.

Herrera-Silveira, J. A. (2006). Lagunas costeras de Yucatán (SE, México): investigación, diagnóstico y manejo. *Ecotrópicos*, 19(2), 94-108.

Hernández-Zanuy A. C. y Alcolado P. M. (eds). 2014. Métodos para el estudio de la biodiversidad en ecosistemas marinos tropicales de Iberoamérica para la adaptación al cambio climático. Red CYTED 410RT0396. E. Book. Instituto de Oceanología, La Habana. 272 p

Hernández-Fernández, L., Olivera, Y., González-De Zayas, R., Torres, H. S., Bermejo, M. G., Díaz, Y. V., & Pina-Amargós, F. (2014). Caracterización fisicoquímica e inventario de especies del Gran Banco de Buena Esperanza, golfo de Guacanayabo, Cuba/Physical-chemistry characterization and species inventory in the Great Bank of Buena Esperanza, Guacanayabo Gulf, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 33(2), 43-57.

Herrera-Silveira, J. A. (2006). Lagunas costeras de Yucatán (SE, México): investigación, diagnóstico y manejo. *Ecotrópicos*, 19(2), 94-108.

Hendriks, I. E., Krause-Jensen, D., Duarte, C. M, Meire, L., Blicher, M. E., Marbà, N., & Sejr, M. K. (2015). Macroalgae contribute to nested mosaics of pH variability in a subarctic fjord. *Biogeosciences*, 12(16), 4895-4911.

Hurd, C. L., Hepburn, C. D., Currie, K. I., Raven, J. A., & Hunter, K. A. (2009). Testing the effects of ocean acidification on algal metabolism: considerations for experimental designs 1. *Journal of Phycology*, 45(6), 1236-1251.

Invers, O., Romero, J., & Pérez, M. (1997). Effects of pH on seagrass photosynthesis: a laboratory and field assessment. *Aquatic Botany*, 59(3-4), 185-194.

Jiménez-sabatini, T., F., Aguilar-Salazar, J. de D., Martínez- Aguilar, R., Figueroa-Paz y C., Aguilar-Cardozo. 1998. Una Visión Pesquera Sobre la laguna de Yalahau en el área de Holbox, Quintana Roo, México. Federación Regional de Sociedades Cooperativas de la Industria pesquera del Estado de Quintana Roo. Instituto Nacional de Pesca. México

Kenworthy, W. J., Wyllie-Echeverria, S., Coles, R. G., Pergent, G., & Pergent-Martini, C. (2007). Seagrass conservation biology: an interdisciplinary science for protection of the seagrass biome. In *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (pp. 595-623). Springer Netherlands.

Kilminster, K., McMahon, K., Waycott, M., Kendrick, G. A., Scanes, P., McKenzie, L., & Glasby, T. (2015). Unravelling complexity in seagrass systems for management: Australia as a microcosm. *Science of the Total Environment*, 534, 97-109.

Koch, E.W.; J.D. Ackerman; J. Verduin y M. van Keulen. (2006). Fluid dynamics in seagrass ecology from molecules to ecosystems. In: Larkum, A.W.D.; R.J. Orth and C.M. Duarte (Eds.). *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer. 193- 225 pp.

Kuo, J., & den Hartog, C. (2006). *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*.

Lazcano-Barrer, M.; M. A. Vásquez-Sánchez; I. March; M. H. Núñez y M. Fuller. 2010. La región de Yalahau. Consultado en: http://reservaeleden.org/research/Manuscripts/Yalahau_Lazcano.pdf.

Lara-Domínguez, A. L., & Yáñez-Arancibia, A. (1999). Productividad secundaria, utilización del hábitat y estructura trófica. *Ecosistemas de Manglar en América Tropical. Instituto de Ecología AC México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring Maryland, USA*, 153-166.

Lara-Domínguez, A. L. (2005). Pastos marinos. *Manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal, Instituto de Ecología/Comision Nacional de Areas Naturales Protegidas, Xalapa, Ver. México*, 1, 266.

Larkum, A. W., Orth, R. J., & Duarte, C. M. (2006). *Seagrasses* (p. 691). Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Lee, J. 1980. An Ecogeographic Analysis of the Herpetofauna of the Yucatán Península. *Misc. Pub. Univ. Of Kansas*. 67:1-75

Lee, J. C. 1996. *The Amphibians and Reptiles of the Yucatan Peninsula*. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press.

Leeuwis, C., & Van den Ban, A. (2004). Knowledge and perception. *Communication for Rural Innovation: Rethinking Agricultural Extension. 3rd ed. Blackwell Science Ltd, Oxford*.

Liceaga-Correa, M. A., Méndez, L. A., & Hernández-Núñez, H. (2010). Efectos de los huracanes y cambio climático sobre el Caribe mexicano: adaptabilidad de los pastos marinos. *En memoria*, 211.

Loques, F., Caye, G., & Meinesz, A. (1990). Germination in the marine phanerogam *Zostera noltii* Hornemann at Golfe Juan, French Mediterranean. *Aquatic Botany*, 38(2-3), 249-260.

Mandujano-Sánchez, M. C. (2007). La clonalidad y sus efectos en la biología de poblaciones. *Eguarte LE, Souza V. y Aguirre X. Comps. Ecología Molecular*, 217-250

Marbá, N., & Terrados, J. (2004). Distribución y requerimientos ecológicos. *Luque, ÁA y Templado, J.(Coords.). Praderas y Bosques Marinos de Andalucía*, 133-134.

Martínez Daranas, B. R. (2007). Características y estado de conservación de los pastos marinos en áreas de interés del Archipiélago Sabana Camagüey, Cuba.

Morales L. 1999. *Instrumentos de Gestión Ambiental*, Córdoba Argentina, Ediciones Derecho Ambiental.

Martínez-Daranas, B., Esquivel, M., Guimaraes, M., Perdomo, M. E., Alfonso, Y., & de la Guardia, E. (2013). Distribución de *Halophila engelmanni* Ascherson (Hydrocharitaceae) en Cuba. *Re vista de Investigaciones Marinas*, 33, 21-27.

Mateo, M.A.; J. Cebrián; K. Dunton y T. Mutchler. (2006). Carbon flux in seagrass ecosystems. In: Larkum, A.W.D.; R.J. Orth and C.M. Duarte (Eds.). *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer. 159-192 pp.

Mijangos (2018) Análisis de la productividad de *Thalassia testudinum* Banks ex Koenig y su relación con los factores ambientales de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche.

Milka Barriga, J. J. (2007). Gobernanza ambiental, adaptativa y colaborativa en bosques modelo, cuencas hidrográficas y corredores biológicos. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

Montague, C. L., & Ley, J. A. (1993). A possible effect of salinity fluctuation on abundance of benthic vegetation and associated fauna in northeastern Florida Bay. *Estuaries*, 16(4), 703-717.

Morales Lopez, N., Pérez-Díaz, E., & Brulé, T. (2007). Análisis espacio temporal de los ensamblajes de peces presentes en áreas de pastos marinos en la laguna de Yalahau, Quintana Roo, México.

Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.

Navarro, D. 1994. Biogeografía, Conservación y Diversidad de Mamíferos. En: Biodiversidad Faunística en la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.

Navarro, D., Jiménez, T. Juárez, J. 1990. Los Mamíferos de Quintana Roo en: Diversidad biológica en la Reserva de Sian kaan, Quintana Roo, México. Daniel Navarro y John G. Robinson (Editores).

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*.

Orellana, R., Espadas, C., Conde, C., & Gay, C. (2009). Atlas escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán. Mérida: Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY).

Orth, R.J.; T.J.B. Carruthers; W.C. Dennison; C.M. Duarte; J.W. Fourqurean; K.L. Heck Jr.; A.R. Hughes; G.A. Kendrick; W.J. Kenworthy; S.Olyarnik, F.T. Short; M. Waycott y S.L. Williams. (2006). A global crisis for seagrass ecosystems. *Bio. Science*. 56(12):987-996.

Paynter Jr, R. A. (1955). The ornithogeography of the Yucatán Peninsula. Peabody Museum of Natural History. *Museum Bulletin*, (9).

Pergent, G. y Royo, C. L., Casazza, G., Pergent-Martini, C. (2010). A biotic index using the seagrass *Posidonia oceanica* (BiPo), to evaluate ecological status of coastal waters. *Ecological Indicators*, 10(2), 380-389.

Pisupati, B., & Warner, E. (2003). Biodiversity and the millennium development goals. *IUCN Biodiversity Program. Asia*, 40.

Phillips, R. C. (1960). *Observations on the ecology and distribution of the Florida seagrasses* (No. 44). Florida State Board of Conservation, Marine Laboratory.

Pisupati, B. (n.d). Connecting the Dots: Biodiversity, adaptation, food security and livelihoods. Nairobi, Kenya: UNEP

Piñeiro, D. (2004) Movimientos sociales, gobernanza ambiental y desarrollo territorial rural, (RIMISP) Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural, Montevideo. 47P.

Pozo Solís, Antonio (2007). Mapeo de actores de actores sociales. Lima, Perú.

Quammen, M. L., & Onuf, C. P. (1993). Laguna Madre: seagrass changes continue decades after salinity reduction. *Estuaries*, 16(2), 302-310.

Ramsar. 2003. Ficha informativa de los humedales de Ramsar, Área de protección de flora y fauna Yum Balam. Consultado en: <http://ramsar.conanp.gob.mx/>.

Ramírez, J.P.G.A. (2017). Variabilidad morfológica de *Thalassia testudinum* Banks ex König en la costa occidental de la Península de Yucatán: Potencial bioindicador temprano del enriquecimiento de nutrientes sobre las praderas de pastos marinos. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. 98 pp.

Raven, J. A., & Hurd, C. L. (2012). Ecophysiology of photosynthesis in macroalgae. *Photosynthesis research*, 113(1-3), 105-125.

Remolina, F. 1995. Mamíferos. En: Yum Balam A. C. 1995. Diagnóstico de la Región maya del Estado de Quintana Roo.

Riosmena Rodríguez, R., & Sánchez-Lizaso, J. L. (1996). El límite sur de distribución de *Zostera marina* L. y *Phyllospadix torreyi* Watson para el noroeste mexicano.

Rincón Ruiz, A., Rojas, C., & Nieto, M. (2018). Entre el mercado y la construcción local: reflexiones para una gestión más incluyente de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en el marco de los pagos por servicios ambientales (Between Market and Local Participation: Reflections for Biodiversity and Ecosystem Management in the Context of Payments for Environmental Services).

Rodríguez-Martínez, R. E., Ruíz-Rentería, F., Tussenbroek, B. V., Barba-Santos, G., Escalante-Mancera, E., Jordán-Garza, G., & Jordán-Dahlgren, E. (2010). Environmental state and

tendencias of the Puerto Morelos CARICOMP site, Mexico. *Revista de biología tropical*, 58, 23-43.

Rubio Maldonado, E., Murad Robles, M., Sanroque, R., & Vicente, J. (2010). Crisis ambiental en la costa de Quintana Roo como consecuencia de una visión limitada de lo que representa el desarrollo sustentable. *Argumentos (México, DF)*, 23(63), 161-185.

Santelices, B. (2002). RECENT ADVANCES IN FERTILIZATION ECOLOGY OF MACROALGAE 1. *Journal of Phycology*, 38(1), 4-10.

Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., & Anta, S. (2009). Capital natural de México. *Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, 100.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales, Pesca, Instituto Nacional de Ecología (México), Comisión Nacional para el Conocimiento, & Uso de la Biodiversidad (México). (1995). *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Solana-Arellano, E. (2001). Utilización de métodos cuantitativos para el estudio de la dinámica de los pastos marinos: Una revisión crítica. *Revista de biología marina y oceanografía*, 36(2), 165-180.

Soliz Torres, M. F., & Maldonado, A. (2012). Guía de metodologías comunitarias participativas: Guía No. 5.

Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., & Waycott, M. (2007). Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350(1), 3-20.

Short, F.T., Polidoro, B., Livingstone, S.R., Carpenter, K.E., Bujang, J.S., Calumpong, H.P., Carruthers, T.J.B., Coles, R.G., Bandeira, S., Dennison, W.G., Erftemeijer, P.L.A., Fortes, M.D., Freeman, A.S., Jagtap, T.G., Kamal, A.H.M., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., La Nafie, Y.A., Nasution, I.M., Prathep, A., Sanciangco, J.C., van Tussenbroek, B., Vergara, S.G., Waycott, M., Zieman, J.C., Orth, R.J. (2011). Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biological Conservation* 144: 1961–1971.

Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., & Waycott, M. (2007). Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350(1), 3-20.

Smith, R. L., & Smith, T. M. (2007). *Ecología*. Pearson Education.

Stoll-Kleemann, S., & Welp, M. (2008). Participatory and integrated management of biosphere reserves: Lessons from case studies and a global survey. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 17(1), 161-168.

Tapella, E. (2007) El mapeo de Actores Claves, documento de trabajo del proyecto Efectos de la biodiversidad funcional sobre procesos ecosistémicos, servicios ecosistémicos y sustentabilidad en las Américas: un abordaje interdisciplinario”, Universidad Nacional de Córdoba.

Tosun, C. (2000). Limits to community participation in the tourism development process in developing countries. *Tourism management*, 21(6), 613-633.

Tracy, S.J. (2013). *Qualitative Research Methods: Collecting Evidence, Crafting Analysis, Communicating Impacts*. Wiley-Blackwell, Sussex, UK.

UNDP. (1997). *Governance for sustainable human development*. UNDP.

UNEP and EDO NSW. (2013). *Community Protocols for Environmental Sustainability: A Guide for Policymakers*. UNEP, Nairobi and EDO NSW, Sydney.

Van Tussenbroek, B. I. (2011). Dynamics of seagrasses and associated algae in coral reef lagoons Dinámica de los pastos marinos y macroalgas asociadas en lagunas arrecifales coralinas. *Hidrobiológica*, 21(3), 293-310.

Van Dijk, J. K., & van Tussenbroek, B. I. (2010). Clonal diversity and structure related to habitat of the marine angiosperm *Thalassia testudinum* along the Atlantic coast of Mexico. *Aquatic Botany*, 92(1), 63-69.

Van Vliet, M. Kooiman, J., & (2000). Self-governance as a mode of societal governance. *Public Management an International Journal of Research and Theory*, 2(3), 359-378.

West, J. A., Calumpong, H. P., Martin, G., y Gaever, S. van. 2016. “Kelp Forests and Seagrass Meadows”, en L. Inniss, A. Simcock, A. Y. Ajawin, A. C. Alcala, P. Bernal, H. P. Calumpong, (eds.), *The First Global Integrated Marine Assessment. World Ocean Assessment I*. Nueva York: United Nations General Assembly, Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea.

Williams, S. L., & Smith, J. E. (2007). A global review of the distribution, taxonomy, and impacts of introduced seaweeds. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 38, 327-359.

Vázquez-Lule, A. D.; J. R. Díaz-Gallegos y M. F. Adame. Caracterización del sitio de manglar Yum Balam, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.

Xu, S., Zhou, Y., Wang, P., Wang, F., Zhang, X., & Gu, R. (2016). Salinity and temperature significantly influence seed germination, seedling establishment, and seedling growth of eelgrass *Zostera marina* L. *PeerJ*, 4, e2697.

Yum Balam A. C. 1995. Diagnóstico de la Región maya del Norte del Estado de Quintana Roo.

Enlaces consultados

Periodico La Jornada. (Viernes 28 de julio de 2017). Holbox, paraíso plagado de basura, apagones, aguas negras y multitudes. La Jornada. Recuperado de <http://www.jornada.com.mx/2017/07/28/estados/030n1est>

Caballero, Sergio, Proceso, 2015, abril 28. *Denuncian construcción de puentes en área donde anidan aves en Holbox*. Consultado el 04/10/2015

Enlace: <http://www.proceso.com.mx/?p=402663>

Chan Itzel, SIPSE, 2015, mayo 23. *Nuevo proyecto en Holbox, a consulta pública*, consultado el 04/10/2015

Enlace: <http://sipse.com/novedades/nuevo-proyecto-en-holbox-a-consulta-publica-152933.html>

Olivares A., Periódico La Jornada en línea, 2015, junio 5. *Hace 19 años se debió declarar área protegida la isla de Holbox*, Consultado el 19/10/2015.

Enlace: <http://www.jornada.unam.mx/2014/06/05/sociedad/035n1soc>

Águila A. C., Periódico La Jornada en línea, 2015, junio 27. *Activistas demandan respeto a las reservas naturales de Holbox*, Consultado el 25/10/2015.

Enlace: <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2015/06/27/activistas-demandan-respeto-a-las-reservas-naturales-de-holbox-2430.html>

Caballero S., Periódico Proceso, 2015, agosto 11. *Edil pretende frenar plan ecológico para resguardar Holbox*, Consultado el 02/11/2015.

Enlace: <http://www.proceso.com.mx/?p=412686>

Caballero S., Periódico Proceso, 2015, agosto 22. *Surge movimiento separatista en Holbox*, Consultado el 08/11/2015.

Enlace: <http://www.proceso.com.mx/?p=413501>



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00059

Matrícula: 2151802767

Caracterización de las praderas de pastos marinos de la isla Holbox y los obstáculos y avances para su gestión.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 11:00 horas del día 11 del mes de noviembre del año 2019 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DRA. MARGARITA CASO CHAVEZ
DR. FERNANDO CAMACHO RICO
DRA. ANGELICA ROSAS HUERTA

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretaria la última, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS (ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE)

DE: LUCERO UGALDE QUINTANA

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobar

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

REVISÓ

MTRA. ROSALÍA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBI

DR. JESUS ALBERTO OCHOA TAPIA

PRESIDENTA

DRA. MARGARITA CASO CHAVEZ

VOCAL

DR. FERNANDO CAMACHO RICO

SECRETARIA

DRA. ANGELICA ROSAS HUERTA