Universidad Politécnica de Madrid

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

***METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE
ZONAS COSTERAS
BASADA EN UN MODELO SISTÉMICO***

Tesis Doctoral

Presenta:

Karina Griselda Ocaña Espinosa de los Monteros

Madrid, 2015

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL:
HIDRÁULICA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

***METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE
ZONAS COSTERAS
BASADA EN UN MODELO SISTÉMICO***

Tesis Doctoral

Presenta:

M. en C. Karina Griselda Ocaña Espinosa de los Monteros
Ingeniera Civil, Maestría en Ciencias con especialidad en Hidráulica
Marítima

Director de Tesis:

Dr. Francisco Javier Martín Carrasco
Ingeniero en Caminos, Canales y Puertos

Madrid, 2015

POLITÉCNICA

Universidad
Politécnica de Madrid

Escuela Técnica Superior de
Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos

Tribunal nombrado por el Sr. Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid, el día 3 de febrero de 2016.

- Presidente: D. Luis Garrote De Marcos, Catedrático de Universidad. ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid.
- Secretario: D. José Santos López Gutiérrez, Profesor Ayudante Doctor. ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid.
- Vocal: D^a Isabel Clara Rodríguez Medina, Profesor Asociado. ETS de Ingenieros, Universidad de Sevilla.
- Vocal: D^a María Dolores Esteban Pérez, Profesora de Universidad, Escuela Politécnica, Universidad Europea.
- Vocal: D^a Ángela Martínez Codina, Investigador/Proyectista. Canal De Isabel II. Madrid.
- Suplente: D. Luis José Balairón Pérez, Director del Laboratorio de Hidráulica. Centro de Estudios Hidrográficos (CEH), CEDEX.
- Suplente: D. Federico Estrada Lorenzo, Director del Centro de Estudios Hidrográficos, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX.

Realizado el acto de lectura y defensa de la Tesis el día 3 de febrero de 2016, en la E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos.

El Presidente

El Secretario

Vocal

Vocal

Vocal

Dedicatoria

Ésta tesis está dedicada con todo mi amor a mis padres y mi hermana, porque es de y para ellos, porque son mi motivo y razón, mi luz, mi estrella, mi brújula, mi camino y mi destino; por todos los gracias que me hace falta darles, por ser mis ángeles y mis compañeros de vida.

¡¡¡Gracias, los amo!!!

Agradecimientos

Ésta tesis está llena de gratitud.

En primer lugar a mi tutor el Dr. Francisco Javier Martín Carrasco, que sin duda fue el principal motivador de ésta tesis, con su ejemplo, con sus palabras de aliento, por sus atenciones para con sus alumnos, porque siempre estuvo ahí hasta el final; por ser una magnífica persona, con un gran respeto y cariño Dr. Francisco ¡¡¡UN MILLÓN DE GRACIAS!!! Gracias por ser mi guía en este proyecto y en este sueño.

A los miembros del Tribunal de la Pre-lectura de la Tesis, al Dr. Luis Garrote De Marcos, al Dr. Francisco Laguna Peñuelas y al Dr. José Santos López Gutiérrez, muchísimas gracias por su tiempo y por sus valiosas aportaciones a la mejora de éste trabajo ¡¡¡Gracias!!!

Muchas Gracias a los miembros del Tribunal de la lectura y defensa de la Tesis: Dr. Luis Garrote De Marcos, al Dr. José Santos López Gutiérrez, a la Dra. Isabel Clara Rodríguez Medina, a la Dra. María Dolores Esteban Pérez, a la Dra. Ángela Pérez Codina, al Dr. Luis José Balairón Pérez, y al Dr. Federico Estrada Lorenzo, por su precioso tiempo en la revisión de éste trabajo.

Agradezco con mucho cariño a mis papás que con todo su amor me han apoyado en todas mis decisiones y siempre están ahí dándome fortaleza, los amo y los admiro.

A Yury mi hermana, mi compañera de juegos y de vida, que me aterrizo, me impulsa y me da alas cuando más lo necesito, porque es un ejemplo de vida y de sabiduría, por ser mi maestra y una verdadera guerrera! Gracias hermanita, eres un regalo de Dios! Gracias por tu valiosa ayuda en éste trabajo.

A Angélica mi amiga del alma, que es un ejemplo de vida, de pasión, de amor, de madre, de hermana, de profesional pero sobre todo de ser humano, por estar ahí siempre. Gracias Doctora por tus aportaciones a éste trabajo y por ser una maestra tan cariñosa en las lecciones que me regalas día a día. ¡¡¡Gracias!!!

A mis muy amados tíos, primos y mis muy queridos sobrinos, con mucho cariño gracias por siempre estar ahí son una gran familia llena de cariño, ejemplo de trabajo y generosidad, los quiero! Y no pongo nombres porque somos muchos!!!

A mis amigos en todo momento siempre están ahí, con sus risas y locuras, con su confianza y su buen corazón me alegran la vida. Gracias Roge, Ricardo, Karla, Andrés y Ana. Muchas gracias a David C. y David S., Felipe, Esteban, Michelle, Cindy, Vero S., Lupita S., Noelia, Don Rodolfo (†), Manuel, Rodolfo. A mis amigos exfarianos Cecy, José Luis, Alejandra, Eva, Jorge, Rubén y Salvador. A mis amigos Lissis, Tania y Daniel con todo mi cariño, su amistad siempre a prueba del tiempo y la distancia. A todos mis amigos y compañeros que alentaron este sueño, compañeros de trabajo y de vida, Gracias!

Al Instituto Mexicano del Transporte por el apoyo para cursar y concluir este proyecto, Muchas gracias!!! En especial a Martha Lelis, que con su valioso apoyo también ha hecho posible este proyecto, ¡¡¡Gracias!!! Al Ing. Tristán Ruíz y al Ing. J. Miguel Montoya, muchas gracias.

Agradezco mucho a todos y cada uno de los profesores del Doctorado Conjunto en Hidráulica Ambiental en la UPM y en el Instituto Politécnico Nacional, por su tiempo, sus enseñanzas, sus viajes, por su lecciones, por todo muchas gracias!!!

Muchas gracias al Dr. Juan Manuel Navarro Pineda, al Dr. Feliu Sagols y al M. en C. Roberto Ruíz Zurvia, al Ing. Josue Cornejo (†) e Ing. Robie Bonilla, todos grandes maestros, espero seguir aprendiendo de ustedes!!! A mis compañeros del Doctorado, muy en especial a Gerardo y Trinidad, más que compañeros por ser grandes amigos. Trinidad muchas gracias por tu gran apoyo amigo, ¡¡¡Gracias!!!

Muchas gracias a Mary (†), que tu estrella siga brillando porque como amiga tuviste siempre palabras de aliento para este sueño, por tu confianza y tu gran amistad; por tu ejemplo de fortaleza y de fe hasta el último momento, siempre te voy a extrañar, ¡¡¡Gracias!!!

Dedico éste trabajo a toda la gente buena y honesta de México y España, a toda la gente trabajadora, luchona, que cree en el trabajo, que no se rinde y que no deja de dar lo mejor de sí cada día.

A la Universidad Politécnica de Madrid, sus autoridades y su personal, muchas gracias por permitirme culminar este proyecto, con una especial mención y cariño a la Dña. Olga Romo, mil gracias por estar siempre al pendiente de nosotros, por todas sus atenciones, sus gestiones y un gran cariño ¡¡¡Muchas gracias!!!

Al Personal de la Secretaría de Marina en México, en especial al Cap. Miguel Ibarra, al Capitán de Puerto en Mahahual, Q. Roo, C. Iván Ávila Morales, por su valiosa información para este trabajo, ¡¡¡Muchas gracias!!!

A la Dra. Ana Hansen, por sus valiosos comentarios y aportaciones.

A todas y cada una de las personas que me han ayudado y colaborado y que por falta de memoria o de conocimiento no he podido agradecer mil gracias.

Julio y David, Muchas gracias a ambos por no abandonarme en el momento que yo y ésta tesis más los necesitábamos, ¡¡¡Gracias!!!

Amor mío, muchas gracias por ser un hombre tan bueno y paciente, ¡¡¡Gracias!!!

Muchas gracias a Dios que me ha brindado una vida maravillosa y que me ha permitido cumplir este sueño, con su ayuda y la de todos me permitió culminar este proyecto, Muchas gracias por los sueños y los proyectos que vienen, por todo! ¡Gracias, Gracias, Gracias!

Con mucho cariño, respeto y admiración a todos, ¡¡¡Gracias!!!

Karina.

I. RESUMEN

Las obras de infraestructura que construye el ser humano para optimizar los recursos naturales y satisfacer sus necesidades, producen impactos tanto positivos como negativos en el ambiente. México cuenta con una gran cantidad de recursos naturales y lugares que han sido favorecidos por la naturaleza, donde la sobrecarga de las actividades antropogénicas genera problemas de impacto ambiental, especialmente en las zonas costeras y en su entorno.

El objetivo del presente trabajo fue aportar información acerca de las principales presiones que recibe el sistema y cómo esto afecta a las propuestas de soluciones integrales y a la capacidad para recuperar el estado de equilibrio en las zonas costeras.

En la presente investigación, se desarrolló una metodología para la caracterización de zonas costeras, basada en un modelo sistémico, con el propósito de tener una herramienta de planificación para proyectos ambientalmente sustentables, integrando una base de datos con las mejores prácticas de planificación, lo que facilitará el diagnóstico y la evaluación de la capacidad adaptativa de recuperación del sistema.

Asimismo, se utilizó un modelo sistémico como una metodología para organizar la gran complejidad que implica la interrelación e interconexión que existe entre los múltiples componentes, y con ello obtener el conocimiento para su caracterización. Con base en el modelo de Zachman, se realizó un análisis para la detección de las fortalezas y debilidades del sistema, lo que permitió visualizar el impacto de los riesgos a que está expuesta una zona costera.

Las principales aportaciones de este trabajo fueron el desarrollo de la *FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA COSTERA* y la inclusión, en dicha ficha, de la estimación del nivel de la resiliencia física, ambiental, social, económica y política.

La metodología propuesta, es una aportación que permite integrar los componentes, las relaciones e interconexiones que existen en el sistema costero. La metodología tiene la ventaja de ser flexible y se pueden agregar o desechar componentes de acuerdo a las particularidades de cada caso de estudio; adicionalmente, se propone utilizar esta herramienta como ayuda en el monitoreo periódico del sistema. Lo anterior como parte de un observatorio integrado al Sistema Nacional de Gestión Costera que se propone como parte de futuras líneas de investigación.

Como caso de estudio, se realizó la caracterización del complejo sistema Banco Chinchorro, lo que resultó en la inclusión (en la FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA COSTERA), de las lecciones aprendidas con la detección de buenas y malas prácticas, esto redundó en la mejora de la metodología propuesta para la gestión de la zona costera.

I.1 ABSTRACT

All infrastructures that build the human being to optimize natural resources and meet their needs, generate both, positive and negative impacts on the environment, since the acquisition and transformation of resources in coastal areas affect their balance. Mexico has a large number of natural resources and places that have been favored by nature, whereas the overhead of anthropogenic activities leads to problems of environmental impact, especially in coastal areas and in its surroundings.

The aim of this study was to provide information about the main pressures that a system receives and how this affects the proposed solutions and the ability to restore the state of balance in coastal areas.

In this research, a methodology for the characterization of coastal zones, based on a systemic model, in order to develop a planning tool for environmentally sustainable projects, was developed, integrating a database with the best practices for planning, conservation and balance of coastal areas. This will facilitate the diagnosis and evaluation of the adaptive resilience of the system.

A systemic model was used as a methodology to organize the vast complexity of the relationship and interconnection between the multiple components, and so thus gain knowledge for its characterization. Based on the Zachman model, an analysis to detect the strengths and weaknesses of the system was performed, allowing visualizing the impact of the risks that the coastal zone is exposed to.

The main contributions of this study was the development of the COASTAL CHARACTERIZATION RECORD, and the inclusion, on that record, of the estimation of the physical, environmental, social, economic and political resilience.

The proposed methodology is a contribution that allows integrating the components, relationships and interconnections existing in the coastal system. The methodology has the advantage of being flexible and components can be added or discarded according to the particularities of each case study; Additionally, this is not only a diagnostic tool, it is proposed to use it as an aid in monitoring periodically the system, this as part of an integrated monitoring into the National System of Coastal Management that is proposed as part of future research.

As a case study, the characterization of the coastal zone “Banco Chinchorro” was done, resulting in the inclusion, in the COASTAL CHARACTERIZATION RECORD, of the documented lessons learned from the good and bad practices detection, improvement of the methodology proposed for the management of the coastal zone.

ÍNDICE

	Pág.
I. Resumen	i
I.1 Abstract	ii
II. Índice de Figuras, Gráficas y Tablas	iv
III. Glosario	x
1 Capítulo 1. Introducción.	1
1.1 Introducción.	3
1.2 Antecedentes	4
1.3 Objetivo	5
2 Capítulo 2. Estado del arte.	7
2.1 Zonas costeras	9
2.2 Planteamiento de la problemática	14
2.3 Análisis de la problemática	15
2.4 Cambio climático	30
2.5 Caracterización de Zonas costeras	34
2.6 Base metodológica	44
2.7 Gestión costera y ambiental	45
2.7.1 Gestión costera	45
2.7.2 Gestión ambiental	52
2.7.3 Impacto, adaptación y vulnerabilidad ante cambio climático	58
2.8 Marco conceptual del modelo sistémico	61
2.8.1 Definición de Modelo Sistémico	61
2.8.1.1 Pensamiento sistémico	62
2.8.1.2 Características básicas de los sistemas	71
2.8.2 Conceptualización del Modelo Sistémico	76
2.8.3 Modelo de Zachman	79
2.9 Planteamiento del Problema	81
3 Capítulo III. Metodología para la caracterización de zonas costeras, basada en un modelo sistémico.	83
3.1 Definición de variables del sistema	85
3.2 Definición de relaciones del sistema	87
3.3 Definiciones del sistema	88
3.4 Conceptos para la construcción del modelo	95
3.5 Diseño de la Metodología para la caracterización de zonas costeras, basada en un modelo sistémico	101
3.6 Ficha para la caracterización de zonas costeras	119
4 Capítulo 4. Caso de Estudio: Banco Chinchorro	127
4.1 Banco Chinchorro	129
4.2 Caracterización de las corrientes	133
4.3 Caracterización física de Banco Chinchorro	143
4.3.1 Datos meteorológicos	143
4.3.2 Mareas	154
4.3.3 Huracanes en la zona de estudio	154
4.3.4 Línea de costa	163
4.3.5 Caracterización de flora y fauna en Banco Chinchorro	170
4.3.6 Hidrología	178
4.4. Aplicación de la Metodología	192
5 Capítulo 5. Resultados	203
5.1 Caracterización de la zona costera	205
5.2 Discusión de Resultados	217
6 Capítulo 6. Conclusiones	223
7 Capítulo 7. Bibliografía	227
8 Capítulo 8. Anexos	237
Anexo 1. Mapas temáticos del estado de Quintana Roo y propuesta del Sistema Nacional de Gestión Costera	239
Anexo 2. Resumen del Análisis de Cuencas Hidrológicas en el Arrecife Mesoamericano. Descripción del proyecto.	255

II. ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1.1 Tipos de costas que existen en México.	13
Figura 2.1.2 Tipos de costas: Rocosa, Bajas arenosas y Mixtas.	13
Figura 2.3.1 Sublíneas de Vulnerabilidad.	17
Figura 2.3.2 Sublíneas de Mitigación.	18
Figura 2.3.3 Índice de amenaza en arrecifes.	21
Figura 2.3.4 Índice de amenaza en arrecifes por región.	21
Figura 2.3.5 Arrecifes en peligro por categoría de amenaza.	23
Figura 2.3.6 Efectividad del manejo de áreas protegidas.	24
Figura 2.5.1 Perfil de playa y definición de terminología.	35
Figura 2.5.2 Determinación de la dirección del transporte litoral basado en la topografía de Mesoescala de la zona de estudio.	37
Figura 2.5.3 Determinación de la dirección del transporte litoral basado en la topografía de Macroescala de la zona de estudio.	37
Figura 2.5.4 Determinación de la dirección del transporte litoral basado en la topografía de escala geográfica de la zona de estudio.	38
Figura 2.7.1 Modelo Presión-Estado-Respuesta.	46
Figura 2.7.2 Modelo General de Indicadores Ambientales.	47
Figura 2.7.3 Pirámide de la información y el modelo de planeación ambiental.	48
Figura 2.7.4 Área de estudio y unidades ambientales.	51
Figura 2.8.1 Teoría sistémica	64
Figura 2.8.3 Sistemas abiertos y cerrados	65
Figura 2.8.4 Entropía negativa	65
Figura 2.8.5 Retroalimentación negativa	67
Figura 2.8.6 Retroalimentación positiva	67
Figura 2.8.7 Enfoque analítico	69
Figura 2.8.8 Perspectiva global	70
Figura 2.8.9 Características básicas de los sistemas	71
Figura 2.8.10 Instrumentos de análisis con enfoque sistémico	76
Figura 2.8.11 Comprensión de fenómenos a través del método científico	77
Figura 2.8.12 Desarrollo de Teorías	77
Figura 2.8.13 Conceptualización de un modelo	78
Figura 2.8.14 Matriz de Zachman	79
Figura 3.3.1 Instrumentos de Política ambiental	94
Figura 3.4.1 Desarrollo sostenible	96
Figura 3.4.2 Resiliencia y zonas costeras	97
Figura 3.4.3 Sectores que integran la resiliencia	97

Figura 3.4.4	Instrumentos para la resiliencia adaptativa	98
Figura 3.5.1	Enfoque analítico en zonas costeras	101
Figura 3.5.2	Enfoque sistémico en zonas costeras	102
Figura 3.5.3	Metodología para la caracterización de zonas costeras	103
Figura 3.5.4	Variables en la zona costera	106
Figura 3.5.5	Definición de actores del sistema	107
Figura 4.1	Imagen satelital de Banco Chinchorro.	130
Figura 4.2	Localización del área de estudio.	132
Figura 4.2.1	Ubicación de anclajes instalados durante la campaña Canek 5, en julio del 2000.	134
Figura 4.2.2	Trayectorias de sensores satelitales liberados en la zona durante Canek.	135
Figura 4.2.3	Distribución de instrumentos en los 8 anclajes instalados a través del Canal de Yucatán en septiembre de 1999 y recuperados en junio de 2000.	137
Figura 4.2.4	Serie de tiempo de los flujos a través del Canal de Yucatán.	137
Figura 4.2.5	Estructura de la corriente medida a partir de los 10 nodos en las campañas.	138
Figura 4.2.6	Análisis basado en funciones empíricas ortogonales del flujo normal al Canal de Yucatán.	139
Figura 4.2.7	Transporte en el canal como función de la temperatura.	139
Figura 4.2.8	Estructura media y elipses de variabilidad del flujo a 50 m de profundidad.	140
Figura 4.2.9	Espectro de potencia de la corriente del canal de Cozumel e Isla Contoy.	141
Figura 4.2.10	Balance transversal en el canal de Cozumel.	142
Foto 4.3.1	Estación meteorológica automática en Banco Chinchorro	144
Figura 4.3.3.1	Ciclones Tropicales del Océano Atlántico en 1997.	155
Figura 4.3.3.2	Trayectorias de huracanes en 2002, (Parte I).	158
Figura 4.3.3.3	Trayectorias Ciclónicas de la Temporada 2004 en el Océano Atlántico.	160
Figura 4.3.3.4	Huracanes moderados con impacto en México, de 1970 a 2008.	162
Figura 4.3.3.5	Huracanes intensos con impacto en México, de 1970 a 2008.	162
Figura 4.3.4.1	Línea de costa 1984.	164
Figura 4.3.4.2	Línea de costa 1991.	165
Figura 4.3.4.3	Línea de costa 1995.	166
Figura 4.3.4.4	Línea de costa 2006.	167
Figura 4.3.4.5	Línea de costa 2009.	168
Figura 4.3.4.6	Comparación de línea de costa.	169
Figura 4.3.6.1	Regiones hidrológicas prioritarias en la Región Sureste de México.	179
Figura 4.3.6.2	Regiones hidrológicas en México.	180

Figura 4.3.6.3	Escurrimiento y Cuencas hidrológicas en México.	181
Figura 4.3.6.4	Escurrimiento en México.	181
Figura 4.3.6.5	Escurrimiento en la zona de estudio.	182
Figura A2.1	Localización del Arrecife Mesoamericano.	257
Figura A2.2	Origen de los sedimentos y los nutrientes que llegan al Arrecife Mesoamericano.	259
Figura A2.3	Promedio Anual de fuentes de fósforo por subcuenca.	261
Figura A2.4	Promedio Anual de erosión del suelo, fuentes de nitrógeno y de fósforo.	261
Figura A2.5	Mapa de vulnerabilidad de erosión regional	262

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 4.3.1 Promedios datos meteorológicos 2003.	145
Gráfica 4.3.2 Máximos datos meteorológicos 2003.	145
Gráfica 4.3.3 Mínimos datos meteorológicos 2003.	146
Gráfica 4.3.4 Promedios datos meteorológicos 2004.	146
Gráfica 4.3.5 Máximos datos meteorológicos 2004.	147
Gráfica 4.3.6 Mínimos datos meteorológicos 2004.	147
Gráfica 4.3.7 Promedios datos meteorológicos 2005.	148
Gráfica 4.3.8 Máximos datos meteorológicos 2005.	148
Gráfica 4.3.9 Mínimos datos meteorológicos 2005.	149
Gráfica 4.3.10 Promedios datos meteorológicos 2006.	149
Gráfica 4.3.11 Máximos datos meteorológicos 2006.	150
Gráfica 4.3.12 Mínimos datos meteorológicos 2006.	150
Gráfica 4.3.13 Promedios datos meteorológicos 2007.	151
Gráfica 4.3.14 Máximos datos meteorológicos 2007.	151
Gráfica 4.3.15 Mínimos datos meteorológicos 2007.	152
Gráfica 4.3.16 Promedios datos meteorológicos 2009.	152
Gráfica 4.3.17 Máximos datos meteorológicos 2009.	153
Gráfica 4.3.18 Mínimos datos meteorológicos 2009.	153
Gráfica 4.3.19 Gráfica F.O.D.A.	200

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.3.1 Líneas de investigación formal.	16
Tabla 2.3.2 Temática de los proyectos.	19
Tabla 2.5.1 Formulario Análisis preliminar para caracterización de playas.	41
Tabla 2.5.2 Formulario Inspección de campo.	42
Tabla 2.5.3 Formulario Entrevistas de campo.	43
Tabla 2.7.1 Sistema de clasificación de unidades ambientales.	49
Tabla 2.7.2 Ejemplo parcial de ficha descriptiva para una unidad ambiental.	50
Tabla 2.7.2.1 Potencial de daños en función de uso de suelo y densidad de población.	58
Tabla 2.8.1.1 Comparación entre enfoque analítico y sistémico.	62
Tabla 4.1 Parámetros ambientales en el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres y Banco Chinchorro.	132
Tabla 4.3.1 Resumen de registros meteorológicos.	143
Tabla 4.3.2 Escalas de Parámetros meteorológicos.	154
Tabla 4.3.3 Tabla de mareas.	154
Tabla 4.3.3.1 Ciclones Tropicales del Océano Atlántico en 1997.	154
Tabla 4.3.3.2 Ciclones Tropicales del Océano Atlántico en 1998.	155
Tabla 4.3.3.3 Ciclones tropicales en el Océano Atlántico en 1999.	156
Tabla 4.3.3.4 Ciclones tropicales en el Océano Atlántico 2000.	156
Tabla 4.3.3.5 Ciclones tropicales en el Océano Atlántico 2001.	157
Tabla 4.3.3.6 Ciclones tropicales en el Océano Atlántico 2002, (Parte 1).	158
Tabla 4.3.3.7 Ciclones tropicales en el Océano Atlántico 2002 (Parte 2).	159
Tabla 4.3.3.8 Ciclones tropicales en el Océano Atlántico 2003.	160
Tabla 4.3.3.9 Ciclones que han impactado a México de 1980-2002, en el Océano Atlántico.	161
Tabla 4.3.5.1 Especies en alguna categoría de protección, registradas en el sitio (CONABIO).	175
Tabla 4.3.5.2 Especies listadas en la Carta Nacional Pesquera (CONABIO).	176
Tabla 4.3.6.1a Gerencias Regionales en México.	179
Tabla 4.3.6.1b Esguerramiento natural medio por región administrativa.	183
Tabla 4.3.6.2 Acuíferos sobre explotados por región administrativa.	184
Tabla 4.3.6.3 Cuerpos de superficie, de acuerdo a las estaciones de monitoreo.	184
Tabla 4.3.6.4 Precipitación media anual.	184
Tabla 4.3.6.5 Extracción total bruta por región administrativa.	185

Tabla 4.3.6.6	Disponibilidad natural media 2007, Precipitación y disponibilidad natural media de agua por países.	186
Tabla 4.3.6.7	Distribución porcentual de clima por entidad federativa.	187
Tabla 4.3.6.8	Declaración de Áreas Naturales Protegidas, 2005.	188
Tabla 4.3.6.9	Declaración de Áreas Naturales Protegidas, 2008.	189
Tabla 4.3.6.10	Impacto del deterioro ambiental en el Producto Interno Bruto (PIB).	190
Tabla 4.3.6.11	Superficie sin vegetación por entidad federativa.	190
Tabla 4.3.6.12	Censo poblacional de 1921 a 2005 para la población de Mahahual, que se encuentra en las proximidades del arrecife Banco Chinchorro.	191

III. G L O S A R I O

Actividad. Elemento de trabajo que se lleva a cabo durante el transcurso de un proyecto. (Chamoun, 2002).

Alcance. Son las características y funciones que deberán incluirse en un proyecto. (Chamoun, 2002).

Alimentación artificial. Proceso de rellenar una playa con material, el cual generalmente es arena, obtenido de otro sitio. (Frías, 1988).

Altura de ola significativa. Es el promedio del tercio más alto de un registro de oleaje, se identifica por la literal $H_{1/3}$. (Frías, 1988).

Altura de ola. Distancia vertical medida en metros, del punto más alto (cresta) al punto más bajo (valle). (Frías, 1988).

Ambiente. El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados. (LGEEPA, 2013).

Áreas Naturales Protegidas. Las zonas de territorio nacional y aquéllas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas, restauradas y están sujetas al régimen previsto en la Ley. (LGEEPA, 2013).

Arrecife. Roca consolidada fuera de la costa, formada por microorganismos, y que representa un peligro para la navegación con profundidades de 20 m o menos. (Frías, 1988).

Atolón. Arrecife de coral que encierra una laguna. (Frías, 1988).

Bahía. Entrante en la costa de las aguas de un mar que no es tan extenso como un golfo pero sí mayor a una ensenada, caleta o rada. (Frías, 1988).

Bajo. Notable elevación del fondo del mar, normalmente peligroso para la navegación. (Frías, 1988).

Banco. Elevación del fondo del mar de grandes dimensiones, localizado sobre la plataforma continental y sobre el cual las profundidades son relativamente bajas pero suficientes para la navegación de superficie segura. (Frías, 1988).

Barra. Acumulación de material sin consolidar, depositado sobre el fondo del mar, en aguas bajas. (Frías, 1988).

Batimetría. Medición de las profundidades del agua en océanos, mares, lagos y lagunas. (Frías, 1988).

Boca. Pequeña y estrecha faja de agua que conecta a una bahía, laguna o a un cuerpo de agua similar con otro mayor. (Frías, 1988).

Campaña de medición. Período o lapso de tiempo transcurrido para las mediciones en cada estación. (Frías, 1988).

Contaminante. Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmosfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural. (LGEEPA, 2013).

Contingencia ambiental. Situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas. (LGEEPA, 2013).

Criterios Ecológicos. Los lineamientos obligatorios contenidos en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente, para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, que tendrán el carácter de instrumentos de política ambiental. (LGEEPA, 2013).

Desarrollo Sostenible. El proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. (LGEEPA, 2013).

Desequilibrio Ecológico. La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos. (LGEEPA, 2013).

Dirección de oleaje. El sentido del que proviene o donde se genera un tren de olas referido al norte magnético de la tierra. (Frías, 1988).

Duna. Montículos de arena, transportados generalmente por el viento. Formas de fondo más pequeñas que barras pero más largas que rizos. (Frías, 1988).

Ecología. El estudio de las relaciones de los organismos o grupos de organismos con su medio, o la ciencia de las relaciones que ligan los organismos vivos a su medio (Odum, 1988).

Ecosistema. Todo el sistema (en el sentido físico), no solamente el complejo de organismos, sino también el complejo total de los factores físicos, que forman lo que se llama el medio del bioma. Es el conjunto de elementos abióticos y seres vivos que ocupan un lugar y un tiempo determinado (Sarmiento 1986).

Erosión. Remoción de material debido al oleaje y a las corrientes en la franja costera. (Frías, 1988).

Escollera. Estructura que se extiende dentro de un cuerpo de agua, diseñada para prevenir el azolvamiento de un canal por el transporte de sedimentos y también diseñada para confinar y dirigir las corrientes de oleaje y marea. (Frías, 1988).

Espigón. Estructura construida para proteger una costa que sirve para retener el sedimento y retardar la erosión en la costa (Frías, 1988).

Estado de mar. Descripción de la superficie del agua con respecto a la acción del oleaje (Frías, 1988).

Estrán. Parte de la playa comprendida entre el máximo alcance de la zona de rocío de la ola en marea alta y la marca ordinaria de la marea baja, cruzada por el ascenso y descenso del oleaje (Frías, 1988).

Estructura matricial. Considerada la combinación de estructuras en base a proyectos y a su funcionalidad. (Chamoun, 2002).

Estuario. Parte de un río que es afectada por las mareas, existiendo una mezcla del agua dulce del río y la salada del mar (Frías, 1988).

Hidrografía. Configuración de una superficie bajo el agua, incluyendo su relieve, materiales de fondo y estructuras costeras, entre otros (Frías, 1988).

Impacto ambiental. Cualquier cambio neto, positivo o negativo, que se provoca sobre el ambiente como consecuencia, directa o indirecta, de acciones antrópicas que puedan producir alteraciones capaces de afectar la salud, la calidad de vida, la capacidad productiva de los recursos naturales y los procesos ecológicos esenciales. Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o la naturaleza. (LGEEPA, 2013).

Lecciones aprendidas. Herramientas que permiten aprender de los logros, de los errores o malas prácticas, para buscar un mejor desempeño en la próxima experiencia (Chamoun, 2002).

Mapa de riesgos. Herramienta que sirve para identificar y calificar los riesgos (Chamoun, 2002).

Niveles de Organización Biológicos. La organización de la vida se da en forma jerárquica, desde lo más “simple” hasta lo más complejo. A su vez, en cada jerarquía se puede incluir la acción de la materia y la energía para formar diferentes tipos de sistemas (LGEEPA, 2013).

Oleaje extraordinario. También nombrado huracanado o de tormenta. Es en donde se presentan las alturas de ola más altas ocasionadas por vientos extremos y cambios de presión (Frías, 1988).

Oleaje normal. Oleaje que no es afectado por condiciones extremas del ambiente como tormentas y huracanes, por mencionar algunos (Frías, 1988).

Plan de riesgos. Procesos para reducir la repercusión negativa de los riesgos en un proyecto, así como identificar las áreas de oportunidad por alcanzar y las amenazas por controlar. (Chamoun, 2002).

Playa. Zona de material no consolidado que se extiende tierra adentro, desde la línea de marea baja hasta el lugar donde existe un cambio en el material o en la forma fisiográfica que comprende incluso hasta la línea de vegetación permanente (Frías, 1988).

Proyecto. Conjunto de esfuerzos temporales dirigidos a crear un producto, servicio o sistema, entre otros. (Chamoun, 2002).

Recursos costeros: Los componen el suelo, bosques, aguas costeras, (incluyendo mares cerrados y semi cerrados), estuarios, aguas interiores, recursos naturales e hidrocarburos así como recursos biológicos del mar (LGEEPA, 2013).

Recursos inagotables o de flujo. Son aquellos cuya disponibilidad no se ve afectada, independientemente de que se les utilice o se les deje fluir. En este grupo se puede incluir la energía solar, los vientos y el agua, entre otros. Es importante hacer notar que aunque no se afecta su disponibilidad, sí se puede afectar su calidad (LGEEPA, 2013).

Recursos naturales. Un recurso natural es cualquier cosa que se obtiene del medio ambiente, ya sea biótico o abiótico, esto para satisfacer las necesidades o deseos del ser humano (LGEEPA, 2013).

Recursos no renovables. Son aquellos que pueden agotarse, ya que su renovación ocurre sólo por procesos geológicos, físicos y químicos que tienen lugar a través de cientos, miles o millones de años (LGEEPA, 2013).

Recursos renovables. Entre ellos se encuentran todos los recursos bióticos. Son renovables únicamente cuando se respeta su índice de recuperación (LGEEPA, 2013).

Rizos. Pequeñas formas de fondo, con longitudes de onda menores de 30 centímetros (Frías, 1988).

Rompeolas. Estructura que sirve para amortiguar la energía de oleaje en una zona que requiere protección del oleaje (Frías, 1988).

Rompiente. Ola que rompe sobre una playa o arrecife por efecto de fricción con el fondo (Frías, 1988).

Swell. Olas generadas por el viento en la zona de generación y que viajan a la costa (Frías, 1988).

Transporte litoral. Material sedimentario movido en la zona litoral bajo la influencia de oleajes y corrientes (Frías, 1988).

Usuario. La entidad que hará uso de la información con distintos fines (Chamoun, 2002).

Zona costera. La zona costera es la tierra y aguas que se encuentran cerca de la costa, cuyos usos y ecología están afectados por el mar. Los límites de la zona costera dependen del objeto considerado, desde el punto de vista de gestión y de la ciencia, esta zona será más o menos amplia según la naturaleza del problema. Deberá extenderse tan lejos hacia alta mar y hacia el interior de las tierras como lo exija la realización de los objetivos de gestión (Silva, 2014).

Capítulo 1.

Introducción

1.1 INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras son estructuras naturales que sirven de interfaz entre el ambiente marino y el terrestre, son el enlace entre ambos medios y proveen de innumerables recursos y actividades, pero también son ambientes susceptibles de una gran cantidad de riesgos y daños. Las variables que intervienen en su delicado equilibrio son numerosas.

En México se cuenta con una gran cantidad de recursos naturales, pero las actividades de tipo antropogénicas dan lugar a problemas de impacto ambiental, sobre todo en las zonas costeras, es allí donde se hace presente la necesidad de caracterizar y monitorear el sistema costero y sus impactos, con el fin de proponer estrategias para el desarrollo de proyectos, con una planeación ambientalmente sostenible.

La derrama económica aportada por las actividades turísticas y comerciales en zonas costeras, resulta de suma importancia, ya que generan una importante captación de divisas. Dichas actividades generan impactos y afectan los servicios ambientales, por esta razón es necesario tener información que permita ayudar a la preservación del medio ambiente, por ello estudiar las condiciones que favorezcan su equilibrio permitirá una mejor convivencia entre las actividades humanas con los medios marino y terrestre.

Muchos de los proyectos que actualmente se están desarrollando, toman en cuenta la conservación del medio ambiente, pero hace falta incluir criterios que, mirando hacia el futuro, tomen en cuenta la influencia del cambio climático, el aumento del nivel del mar, el cambio de temperaturas, las velocidades de las corrientes. La influencia de estos parámetros en la morfodinámica costera, y con ello la alteración del medio marino tal como lo conocemos, provocando que algunos de los procesos ambientales y costeros se volverán más lentos (como el depósito de arena en playas) y otros se volverán más rápidos (como la erosión o los cambios del medio costero).

Las zonas costeras son indicadores de los cambios en el medio ambiente, debido a su alta sensibilidad ante los factores meteorológicos, biológicos, químicos y físicos que requieren para su equilibrio.

Los temas relacionados con las zonas costeras, su equilibrio y todas las actividades que se desarrollan en ellas, son de suma importancia para la preservación de las mismas, y tienen que seguirse estudiando desde varios enfoques que permitan relacionar la mayor cantidad de variables, por lo que éste tema tiene posibilidades infinitas de investigación.

1.2 ANTECEDENTES

Las zonas costeras son consideradas parte del equilibrio ecológico debido a que en ellas existe una inmensa diversidad biológica. Entre más actividades antropogénicas se vayan sumando, el equilibrio de las zonas costeras se irá perdiendo, ya que son sistemas altamente vulnerables y las condiciones para su existencia han sido alteradas por el ser humano. Una gran cantidad de flora y fauna que se alberga en las zonas costeras, son especies que sólo subsisten en ese ecosistema, de ahí su importancia en el equilibrio ecológico y también por ello lo indispensable de su estudio y monitoreo.

El cambio climático es uno de los componentes que se advierte, pone en riesgo a las zonas costeras, principalmente por el aumento en el nivel del mar, el incremento de la temperatura en la superficie y los elevados niveles de bióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, que por ende provoca preocupantes cantidades de este gas en el agua.

La problemática del incremento del nivel del mar, afecta también a los arrecifes, atolones de coral de baja elevación, las islas de coral, los deltas bajos, llanuras y barreras costeras y los humedales asociados (playas, estuarios, lagunas, marismas y manglares), por ello el estudio de la problemática no se reduce sólo a los arrecifes, sino a su entorno.

En México hay zonas costeras en el Océano Pacífico, el Golfo de México y Mar Caribe, es de sumo interés para éstos ambientes el aumento de la temperatura en las aguas oceánicas. De acuerdo con las temperaturas esperadas, que aumentarán de 1 a 2° C en el año 2100, (García, A., 2005), estos ecosistemas estarán bajo una enorme amenaza. Sin embargo, existen algunos debates sobre si los recientes cambios pueden atribuirse al calentamiento global esto considerando particularmente la ampliación de otras presiones como la contaminación, el incremento de la sedimentación, la sobreexplotación de la vida acuática, la depredación y las enfermedades, así como fenómenos naturales extremos.

Otros factores relacionados con el cambio climático que podrían afectar a las zonas costeras, incluyen la alteración de las corrientes marinas, que inciden en la dispersión y el transporte de sedimentos, así como la frecuencia en el incremento o la intensidad de severos cambios en el clima (Westmacott *et al.* 2000).

Las zonas costeras existen desde hace millones de años y son una muestra de sobrevivencia y adaptación ante los cambios ambientales. Actualmente están más amenazadas que nunca debido tanto a factores climáticos como a la presión humana provocada por la pesca excesiva y la contaminación ocasionada por las actividades agrícolas y la deforestación, entre otras. (García, 2005).

La mayoría de los estudios acerca de zonas costeras se refieren al punto de vista biológico y ecológico, pero para el desarrollo de proyectos ambientales y sostenibles en ellas, se debe tomar en cuenta el punto de vista sistémico. Existe una compleja problemática que acompaña a este tipo de proyectos, ya que los mismos son los que ocasionan los mayores impactos ambientales en los ecosistemas pero a su vez, son fuente de trabajo y proveen de satisfactores para la población que habita en éstas zonas.

La problemática en las zonas costeras detectada desde el punto de vista ambiental arroja que:

- Las zonas costeras se verán intensamente afectadas debido a los acelerados incrementos en la temperatura del mar y en el bióxido de carbono atmosférico.
- Las primeras víctimas del desequilibrio en las zonas costeras, serán más de 100 millones de personas que habitan y obtienen sustento de dichas áreas en los países en desarrollo, a lo largo de los trópicos. (García, 2005).
- El desequilibrio de las zonas costeras afectará los ecosistemas, la permanencia de la flora y la fauna, así como de las actividades antropogénicas propias de la zona.
- La falta de un enfoque sistémico para la integración de las variables que intervienen en el equilibrio de las zonas costeras obstaculizará llegar a soluciones integrales y sustentables.

1.3 OBJETIVO

El objetivo de éste trabajo, fue desarrollar una herramienta basada en un enfoque sistémico que permita caracterizar las zonas costeras con el fin de integrar una base de datos con las mejores prácticas de gestión para la conservación y equilibrio en estas zonas.

Esta herramienta tiene como objetivo ser utilizada como un instrumento de planificación para proyectos ambientalmente sostenibles en zonas costeras y con ello implementar estrategias dinámicas y rápidas que ayuden a realizar una evaluación de impacto ambiental y que permitan pronosticar la capacidad de recuperación del sistema, mediante un diagnóstico.

Se buscó encontrar el grado de influencia de las variables que intervienen en el equilibrio de la zona costera y la relación con su comportamiento ante tales efectos con el fin de aportar información acerca de las principales presiones y cómo afectarán en las propuestas de soluciones integrales y su capacidad para recuperar el estado de equilibrio en las zonas costeras.

Se considera de gran importancia desarrollar estrategias que proporcionen a México los fundamentos científicos y técnicos para apoyar la toma de decisiones, así como analizar opciones de políticas, programas, normas y uso de instrumentos metodológicos relacionados con la mitigación de impactos y la adaptación a los cambios en las zonas costeras.

Capítulo 2.

Estado del arte

2.1 ZONAS COSTERAS

Definición.

“La zona costera constituye la interfaz entre la atmósfera, la hidrósfera y la litósfera, lo que la hace especialmente dinámica y sensible a los cambios climáticos. El carácter de interfaz confiere a la franja litoral una gran diversidad de ambientes y recursos y así la convierte en un área especialmente atractiva para los asentamientos humanos, tanto como lugar de residencia, como por la gran variedad de actividades productivas que se pueden implantar en ella”. (Cendrero, et al, 2005).

La zona costera es la zona de transición entre el ambiente marino y terrestre, directamente bajo la influencia de los procesos hidrodinámicos marinos o lagunares, extendiéndose desde la plataforma continental en el límite oceánico, hasta el primer cambio topográfico importante (diferente en cada país) por encima del alcance del máximo oleaje de tormenta. (Silva et al, 2014).

La Zona Costera está comprendida por todos los municipios con frente de costa y hacia mar adentro hasta las 12 millas náuticas del Mar Territorial. (SEMARNAT, 2006).

En las zonas costeras reside una enorme riqueza biológica de diversas especies marinas y terrestres, su complejidad es incalculable y son de utilidad invaluable para el equilibrio ecológico, son fuente de recursos económicos, tienen la capacidad de crecer y adaptarse hasta cierto grado, de ahí la importancia de tener información acerca de los componentes de mayor influencia para su conservación y equilibrio.

Tipos de costas (Cendrero, et al, 2005)

Dentro del litoral, la vulnerabilidad de la zona costera ante los potenciales impactos derivados del cambio climático depende de las características de los sectores o grandes “unidades ambientales” que la constituyen. En este análisis se han distinguido los siguientes grandes tipos de costa:

Costas bajas asociadas a desembocaduras de cursos de agua

En las cuales la interacción entre los ecosistemas, las actividades humanas y los cambios que afecten al océano o a los caudales fluviales, puede dar lugar a problemas especiales.

Estuarios, bahías y rías.

Entrantes de dimensiones muy diversas, alrededor de los cuales se suelen situar costas bajas con humedales y amplias extensiones de zonas intermareales y playas en el interior o en la entrada. Son las zonas de mayor impacto potencial, tanto por su naturaleza como por los asentamientos que soportan.

Deltas.

Salientes formados en la desembocadura de cursos de agua cuyo aporte de sedimentos supera la capacidad de arrastre de las corrientes y oleaje marinos.

Zonas de costa baja.

No asociadas a estuarios ni a deltas normalmente separadas del mar por sistemas de flechas o cordones litorales y que pueden presentar vegetación propia de los marismas.

Playas confinadas.

Limitadas en su parte superior por

a) Acantilados o estructuras artificiales que restringen o impiden su migración hacia el interior.

b) En sus contornos laterales por estructuras también naturales (cabos) o artificiales (espigones) que limitan su dinámica longitudinal.

Playas no confinadas.

Como flechas litorales o cordones de arena adyacentes a costas bajas con posibilidades de desplazamiento hacia el interior. Cuando el volumen sedimentario y el clima de vientos lo permiten están asociadas a campos de dunas.

Humedales (marismas) y lagunas costeras.

Playas.

Acantilados “duros”.

Formados por rocas compactas resistentes a la erosión. Son zonas que no presentan problemas significativos.

Acantilados “blandos”.

Constituidos por materiales poco coherentes fácilmente erosionables y que pueden presentar tasas de retroceso.

Zonas rígidas.

Protegidas por estructuras tipo dique vertical o en talud.

Clasificación de las costas (Silva et al, 2014).

La clasificación, en base al análisis regional de la costa, se da a partir de las características identificadas en aspectos morfológicos, por geodinámica costera y por proceso dominante.

La clasificación se ha realizado en base a su origen (en términos geológicos o con el mecanismo generador). Una de las clasificaciones más usadas es la de Shepard (1973), que considera solamente las características morfológicas y ecológicas de la costa y está descrita en detalle en el Manual de Ingeniería Costera (CERC, 2000). Esta clasificación divide las costas del mundo en:

- a) Primaria. Formadas por agentes no marinos.
- b) Secundarias. Formadas por procesos marinos.

• Costas primarias (Procesos no marinos)

- a. Costas erosivas. Formadas por erosión y por incremento del nivel del mar.
 - i. Costas ria (valles fluviales inundados)
 - 1. Dendrítica (patrón erosional fluvial dendrítico en áreas horizontales y de sedimento homogéneo)
 - 2. Trellis o enrejado (patrón erosional fluvial en áreas con pendiente o consolidación no homogénea)
 - ii. Costas glaciales erosionales inundadas (profundas y con numerosas islas)
 - 1. Fiordos (entradas angostas bordeadas por costas montañosas)
 - 2. Valles glaciales (entradas anchas)
 - iii. Costas 'karst' inundadas (bahías con depresiones en forma oval)
- b. Costas deposicionales subaéreas.
 - i. Depositación fluvial
 - 1. Costas deltáicas
 - 2. Costas deltáicas compuestas (serie de deltas continuos)
 - 3. Abanicos aluviales compuestos, sujetos a erosión por oleaje
 - ii. Depositación glacial
 - 1. Morrenas parcialmente sumergidas
 - 2. 'Drumlins' sumergidos parcialmente
 - 3. Características de deriva parcialmente sumergidas
 - iii. Depositación eólica
 - 1. Dunas progradacionales (donde las dunas han avanzado más allá de la playa, hacia el mar)
 - 2. Dunas (donde las dunas están bordeadas por una playa)
 - 3. Dunas relictas (depósitos antiguos)
 - iv. Costas deposicionales por avalancha
- c. Costas volcánicas

• **Costas secundarias (formadas por procesos marinos y colonizadas por organismos)**

- a. Costas erosivas por oleaje
 - i. Costas rectas (acantilados)
 - ii. Costas irregulares (donde el oleaje ha creado numerosas bahías y salientes)
- b. Costas marinas deposicionales
 - i. Costas de barrera
 - 1. Playas de barrera (barra única)
 - 2. Islas barrera (varias barras, dunas)
 - 3. Flechas (conectadas a tierra)
 - 4. Barreras cerradas (cortan la comunicación con el océano totalmente)
 - ii. Cabos (salientes pronunciadas)
 - iii. Planicies costeras (difieren de las barreras por no tener laguna adyacente)
 - iv. Pantanos y esteros (formados a lo largo de costas deltáicas u otras costas de baja elevación)
- c. Costas colonizadas por organismos
 - i. Arrecifes de coral
 - ii. Manglares
 - iii. Pastos marinos

De acuerdo a esta clasificación, los tipos de costas que se pueden observar a lo largo del litoral en México son:

- Tipo 1. Procesos no marinos. Costas erosivas, como las costas de ría, y costas deposicionales, como las deltáicas y las que presentan grandes campos de dunas.
- Tipo 2. Procesos marinos. Costas erosivas rectas (acantilados), costas deposicionales como las costas de barrera, y costas colonizadas por organismos como arrecifes de coral, manglares y pastos marinos (ver Figura 2.1.1).

La mayoría de los tipos de costas son del Tipo 2, lo que se traduce en que son costas generadas y modificadas por procesos marinos.

De acuerdo a la clasificación por mecanismo generador propuesta por Ortiz (2004), se propone una clasificación geomorfológica simplificada donde se divide los tipos de costa de acuerdo a su proceso de formación:

- a) Costa erosiva (rocosa y sedimentaria)
- b) Costa erosiva-deposicional (mixta)
- c) Costa deposicional (baja arenosa) (ver Figura 2.1.2).

Figura 2.1.1. Tipos de costas que existen en México, (Silva et al, 2014).

Figura 2.1.2 Tipos de costas: Rocosa, Bajas arenosas y Mixtas. (Silva et al, 2014).

2.2 PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

Las zonas costeras son ambientes dinámicos que son extremadamente sensibles a los cambios ambientales. En la actualidad, la causa principal de su destrucción son los eventos extremos, los cuales se han incrementado en intensidad y frecuencia, la causa se atribuye al calentamiento de los océanos, se observó que el fenómeno climático conocido como *El Niño*, en 1998 incrementó la temperatura del mar, ocasionando daños severos (García, 2005).

Diversos estudios sugieren que las zonas costeras tienen cierto grado de vulnerabilidad, y tienen cierto grado de adaptabilidad, el cual en algún momento dejará de ser suficiente para mitigar el aumento del nivel de agua en los océanos (De Jesús, 2007; Burke 2005, García, 2005, Lizárraga, 2003). Pero, cuando las zonas costeras ya presentan algún tipo de daño o cierto grado de deterioro, se duda que éstas tengan la capacidad adaptativa, aunado a la continua presión por las actividades humanas, que difícilmente está regulada correctamente, por lo que se asume que la amenaza es potencial debido al aumento en los niveles del mar.

De acuerdo con pronósticos realizados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), se espera que las temperaturas aumentarán de 1 a 2° C en el año 2100, estos ecosistemas estarán bajo una enorme amenaza que va desde cambios temporales en la línea de playa hasta la pérdida de la misma.

Existen debates sobre si los daños en las zonas costeras se deben atribuir al calentamiento global o bien al aumento de otras presiones como la contaminación, el incremento de la sedimentación, la sobreexplotación de la vida acuática, el incremento de la población o de las actividades turísticas y comerciales, incluyendo, la depredación así como fenómenos naturales extremos.

El incremento de un grado centígrado sobre los promedios estacionales en las temperaturas de la superficie marina, puede provocar cambios en las corrientes, la magnitud de los efectos dependen de factores como la magnitud y duración de las anomalías en la temperatura y la profundidad del agua. Los fenómenos de eventos extremos se han relacionado con *El Niño*, que provoca temperaturas máximas que exceden 1° C (Hoegh-Guldberg 1999). Las implicaciones de esto son obvias dadas las predicciones de que en los trópicos se intensificarán los fenómenos climáticos provocados por *El Niño*.

Los efectos relacionados con el cambio climático que podrían afectar a las zonas costeras, incluyen la alteración de las corrientes marinas, que inciden en la dispersión y el transporte de sedimentos y la frecuencia en el incremento o la intensidad de severos cambios en el clima (Westmacott *et al*, 2000).

La deforestación es otro problema, ya que los suelos al no tener raíces que los retengan, cuando llueve son arrastrados hacia el mar, provocando turbidez y pérdida de material.

Al igual que los humedales, los arrecifes de coral, sobreviven con dificultad, ya que las presiones ocasionadas por las actividades humanas tanto económicas como recreativas y los incrementos de temperatura, cambios en las corrientes y otros efectos debidos a la contaminación, amenazan continuamente estos ecosistemas. (García, 2005).

Existe un proceso natural de cambio en el clima, que sucede desde hace miles de millones de años, pero puede alterarse a causa de varios factores, el principal es el efecto que el calentamiento climático ejerce sobre el planeta al modificar el número y la intensidad de las tormentas tropicales o elevar la temperatura de los mares por encima del intervalo de adaptación de las zonas costeras; otro factor es la contaminación que es arrastrada por los ríos, alcanzando los lechos marinos hasta llegar a la costa.

El saqueo indiscriminado de especies con fines lucrativos; la producción y venta de especies, o el turismo poco planificado y sin regulación ni vigilancia, aportan beneficios económicos en el mundo e incluyen el desarrollo urbano en localidades costeras y la sobre explotación en la pesca lo que ocasiona cambios en las redes alimenticias del ecosistema y su alteración.

2.3 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

Se pronostica que en los próximos 15 años el fenómeno del cambio climático tendrá severas repercusiones para los mercados turísticos del mundo, provocando una pérdida de entre 25% y 80% de visitantes al Caribe si la temperatura se eleva de dos a cuatro grados y de 10% si el incremento es de un grado.

El aumento en la temperatura global provocará que habitantes de países con mayor emisión de turistas, se queden en su país a disfrutar de lo que habitualmente van a buscar al Caribe.

El coordinador de programas del Centro Mario Molina, indicó en una entrevista, que después del huracán *Katrina*, en 2005, existe evidencia científica que demuestra que el aumento de uno a dos grados en la temperatura del mar provoca que la intensidad de los huracanes crezca en 25%. "El océano ya tiene medio grado más de temperatura por los efectos del cambio climático, por lo que se espera una intensidad mayor y con ello problemas en zonas costeras, debido a que el océano es el que proporciona la energía a los huracanes".

De acuerdo a un proyecto realizado por la Secretaría de Investigación y desarrollo de la UNAM (Sánchez, 2008), donde se recopiló la información de los estudios que se han realizado en materia de cambio climático, en México, (ver Tabla 2.3.1), las principales preocupaciones con respecto al cambio climático son generar conocimientos que contribuyan a:

- Mitigar las emisiones de los gases de efecto invernadero.
- Determinar las zonas y actividades vulnerables en el país.
- Establecer las opciones de adaptación a los impactos ambientales, sociales y económicos generados por el cambio climático.

Tabla 2.3.1 Líneas de investigación formal.

Líneas de interés	No. de encuestados	%
Contactos formales	253	100.0
Vulnerabilidad	120	47.4
Mitigación	35	13.8
Estudio y observación del fenómeno	34	13.4
Política y economía	29	11.5
Variabilidad climática	26	10.3
Cambio climático	5	2.0
Opciones de adaptación	3	1.2
Actividades de apoyo	1	0.4

Las principales temáticas abordadas en México en materia de cambio climático son:

Vulnerabilidad

En la figura 2.3.1 se puede observar estudios generales regionales relacionados con los impactos económicos y sociales del cambio climático, tomando en cuenta los efectos sobre los asentamientos humanos.

Figura 2.3.1 Sublíneas de Vulnerabilidad, (Romero, 2005).

En México las líneas de investigación están directamente relacionadas con actividades productivas, donde se encuentran los estudios que tratan de determinar la forma en que, el aumento en los niveles y temperatura del mar, y los cambios en las corrientes marinas, afectan la producción pesquera.

Se estudia también, la contaminación de las zonas costeras y los efectos del cambio climático en arrecifes y lagunas, de la misma manera existe el interés institucional en problemas de investigación de corriente principal (main stream) con efectos locales.

La vulnerabilidad de la biodiversidad, de los bosques y de los ecosistemas al cambio climático, es otra de las líneas de investigación, donde la línea de indicadores abarca también, ya que se incluyen índices globales de vegetación que podrían ser útiles en las tareas de conservación.

Mitigación

Con respecto a líneas de investigación relacionadas con la mitigación, se identifican sublíneas de investigación que corresponden al desarrollo de escenarios de consumo de energía, el desarrollo de tecnologías de mitigación y la captura de carbono (Figura. 2.3.2).

Figura 2.3.2 Sublíneas de Mitigación, (Romero, 2005)

Los esfuerzos de mitigación incluyen los trabajos relacionados con la captura de carbono, donde las investigaciones tienen que ver principalmente con proteger los bosques, regular el cambio de uso de suelo y difundir formas alternativas de desarrollo comunitario, el tema se relaciona directamente con los arrecifes coralinos y la forma en que la producción de carbono afecta a estos ecosistemas.

Estudio y observación del fenómeno

Esta línea de investigación incluye las observaciones directas o el desarrollo de metodologías e indicadores que demuestren la variación climática, la elaboración de los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero.

Política y economía

METODOLOGÍA DEL IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE)

Las áreas sociales han dirigido su atención a la evaluación de los impactos de las alteraciones del cambio climático en sectores productivos como la agricultura y la pesca, la forma en que afectará los asentamientos humanos y la disponibilidad de recursos como el agua. Con respecto a la política internacional de México, se trata de evaluar la posición nacional al fenómeno y a los compromisos internacionales adquiridos.

Hace falta desarrollar temas relacionados con la legislación ambiental y los mecanismos económicos que pueden ser utilizados en México, ante los impactos del cambio climático.

En México, los estudios realizados con respecto a cambio climático, se engloban en 20 temas, el principal interés se pone en ecología y biodiversidad con el 11.2%, seguido de una distribución más uniforme de otros temas como son: clima y atmósfera, (8.8%), zonas costeras, (5.3%) y El Niño Southern Oscillation (ENSO), 3.7%, como puede verse en la Tabla 2.3.2.

Tabla 2.3.2 Temática de los proyectos (Romero, 2005).

Total de temas analizados	375	% (100.0)
Ecología y biodiversidad	42	11.2
Clima y atmósfera	33	8.8
Economía	28	7.5
Aspectos sociales	27	7.2
Zonas marinas	26	6.9
Recursos hídricos	25	6.7
Bosques	21	5.6
Energía	20	5.3
Zonas costeras	20	5.3
Agricultura y ganadería	18	4.8
Zonas áridas	17	4.5
Salud	16	4.3
Industria y transporte	15	4.0
Aspectos urbanos	14	3.7
ENSO	14	3.7
Inventarios	14	3.7
Cambio climático general	12	3.2
Política internacional	7	1.9
Política nacional	5	1.3
Educación y capacitación	1	0.3
Promedio de temas estudiados por contacto	1.5	

Fuente: "Potencial de la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático en México", Secretaría de Investigación y Desarrollo de la UNAM.

Para ambientes costeros en presencia de arrecifes se identificaron índices que aportan un mejor entendimiento de la magnitud de las presiones de las actividades humanas, por ello es importante conocer las aportaciones del Programa Arrecifes del Caribe en Peligro, que a continuación se describen.

La importancia del estudio de los arrecifes en el mar del Caribe se debe a que es la segunda barra más grande del mundo y una muy importante fuente de recursos naturales marinos y de biodiversidad.

APORTACIONES

1.- El Índice de Amenaza de Arrecifes en Peligro indica que casi dos tercios de los arrecifes del Caribe están amenazados por el impacto de las actividades humanas.

Al integrar los niveles de amenazas de todas las fuentes consideradas en este análisis (desarrollo costero, sedimentos y contaminación provenientes de las cuencas hidrográficas, amenazas provenientes del mar, y sobrepesca), la distribución del índice integral mostró que casi una décima parte de los arrecifes coralinos están altamente amenazados, una quinta parte lo están medianamente, y una tercera parte enfrentan una baja amenaza de degradación. Entre las áreas con un alto nivel de amenaza están el Caribe Oriental, la mayor parte del Caribe Sur, las Antillas Mayores, los Cayos de la Florida, Yucatán, y la zona cercana a la costa del Caribe Occidental y Suroccidental. En estas áreas, la degradación de los corales, incluyendo la reducción de la cobertura de coral vivo y diversidad de especies, y el incremento del recubrimiento de algas, ya ha ocurrido o probablemente ocurrirá en los próximos 5 a 10 años.

Amplias extensiones de arrecifes en Las Bahamas, las Islas Turcos y Caicos, los archipiélagos de Colombia y Nicaragua, y algunos arrecifes de Belice, Cuba y México (No incluidos los arrecifes de Yucatán), se clasificaron como zonas de baja amenaza con respecto al efecto de las actividades humanas.

2.- Se estima que un tercio de los arrecifes coralinos del Caribe está amenazado por el desarrollo costero.

El indicador de desarrollo costero arrojó que cerca de un tercio de los arrecifes de la región está amenazado por las presiones asociadas al desarrollo costero, incluyendo las descargas de las aguas residuales, las aguas de drenaje urbano, la construcción y el desarrollo turístico. Poco más del 15% se considera dentro del nivel de amenaza alta, y un porcentaje similar, con nivel medio.

El impacto del desarrollo costero es notable a lo largo de la costa en la mayor parte de las Antillas Mayores, Caribe Oriental, las Islas de la Bahía (Honduras), a lo largo de los Cayos de la Florida, Yucatán, y el Caribe Sur. (Ver Figuras 2.3.3 y 2.3.4).

Figura 2.3.3 Índice de amenaza en arrecifes.(Burke,2005).

Figura 2.3.4 Índice de amenaza en arrecifes por región. (Burke,2005).

3.- Los sedimentos y la contaminación por fuentes terrestres amenazan a cerca de un tercio de los arrecifes del Caribe.

El análisis de más de 3.000 cuencas hidrográficas en toda la región demostró que un 20% de los arrecifes coralinos están bajo un alto nivel de amenaza, y cerca de 15% bajo amenaza media por el daño causado por el aumento de los sedimentos y la contaminación, derivados de los campos agrícolas y otras modificaciones de la tierra.

La erosión producida en los suelos agrícolas, particularmente los de pendiente abrupta, puede producir sedimentos que bloquean la luz necesaria para la fotosíntesis, y que terminan por asfixiar a los arrecifes. A su vez, la contaminación producida por sustancias químicas utilizadas en la agricultura tales como abonos y plaguicidas puede impedir el crecimiento de los corales, llegando incluso a aniquilarlos.

Se han identificado zonas en Jamaica, La Española, Puerto Rico, las islas elevadas del Caribe Oriental, Belice, Costa Rica y Panamá en las que existe una gran proporción de arrecifes amenazados, tanto por los sedimentos como por la contaminación proveniente de las cuencas hidrográficas.

4.- Las amenazas de origen marino sobre los arrecifes coralinos se encuentran ampliamente extendidas por todo el Caribe.

El indicador del impacto de las amenazas que tienen su origen en las actividades humanas realizadas en el mar señaló que cerca del 15% de los arrecifes caribeños está amenazado por las descargas de las aguas residuales y de limpieza de sentinas de cruceros, buques cisterna y yates, las fugas o derrames de instalaciones petroleras, los vertimientos de combustible, y los daños producidos por encallamientos y anclaje. La amenaza se considera relativamente alta en muchas de las islas del Caribe Oriental, Bermuda, Puerto Rico, Jamaica, Panamá, Aruba y las Antillas Holandesas.

5.- La sobrepesca amenaza a más del 60% de los arrecifes coralinos caribeños.

La pesca por encima de niveles de explotación sostenible afecta a los arrecifes coralinos al alterar su balance ecológico. La extracción de peces herbívoros (consumidores de algas) facilita el recubrimiento de los arrecifes por algas. En toda la región se han observado reducciones en la cobertura de coral vivo y un aumento en el recubrimiento por algas. Este análisis reveló que cerca de un tercio de los arrecifes caribeños están dentro del nivel de amenaza alta por la presión de la sobrepesca, y cerca de 30% en el nivel de amenaza media. La amenaza fue considerada como alta en casi todas las plataformas estrechas y cercanas a núcleos de población. La presión pesquera es inferior en Las Bahamas, donde la población humana es menor, en el Caribe Occidental y Suroccidental, y en Cuba, donde muchos arrecifes están alejados de la isla principal.

En la Figura 2.3.5 se observa los arrecifes en peligro clasificados por categoría de amenaza.

Figura 2.3.5 Arrecifes en peligro por categoría de amenaza. (Burke, 2005).

6.- Las enfermedades y el aumento de la temperatura del mar amenazan con dañar los arrecifes coralinos en toda la región del Caribe.

Aunque no fueron evaluados de forma cuantitativa en este proyecto, las enfermedades y el calentamiento de la superficie del mar constituyen una amenaza adicional en la región del Caribe. Las enfermedades han causado profundos e importantes cambios en los arrecifes durante los últimos 30 años, y son escasas las áreas que no se han visto afectadas, incluyendo las situadas en zonas alejadas de la influencia humana.

Uno de los principales corales constructores de arrecifes de la región ya ha sido diezmado por la enfermedad.

Los episodios de blanqueamiento de corales, la cual es la evidencia más directa del estrés producido por el cambio climático sobre la biodiversidad marina caribeña, están en su apogeo. Las complejas interacciones y la sinergia entre las enfermedades, el cambio climático y otros tipos de estrés inducido por las actividades humanas posiblemente produzcan un aumento del nivel general de amenaza descrito arriba.

7.- El manejo inefectivo de las áreas protegidas constituye una amenaza adicional para los arrecifes del Caribe.

Con el incremento del turismo, la pesca y otros tipos de uso de las áreas arrecifales, las áreas marinas protegidas (AMPs) se erigen como una herramienta promisorio para salvaguardar estos ecosistemas. En la actualidad están declaradas más de 285 AMPs en todo el Caribe, pero el nivel de protección que ofrecen varía considerablemente.

El proyecto Arrecifes en Peligro encontró que solo 6% de las AMPs se puede considerar que posee un manejo efectivo, y en el 13% de ellas, éste es parcial.

Se estima que el 20% de los arrecifes coralinos se localiza dentro de AMPs, pero sólo un 4% lo está dentro de AMPs manejadas eficazmente.

Las AMPs son sólo una herramienta más para reducir los efectos del uso de los recursos costeros, pero de ninguna manera constituyen un refugio contra todas las amenazas. Los resultados del análisis de las AMPs como herramienta de manejo sólo indican que los esfuerzos existentes son inadecuados para manejar los recursos costeros y proteger los arrecifes coralinos, ver Figura 2.3.6.

Figura 2.3.6 Efectividad del manejo de áreas protegidas. (Burke, 2005)

8.- Las comunidades costeras y las economías nacionales del Caribe están a punto de sufrir pérdidas económicas considerables si la tendencia actual en la degradación de los arrecifes coralinos continúa.

Los arrecifes coralinos proporcionan importantes bienes y servicios que sirven de sustento a las economías locales y nacionales. La degradación de los arrecifes coralinos puede provocar pérdidas importantes en la economía, particularmente en los países en desarrollo, por la pérdida de medios de subsistencia como la pesca, la malnutrición por falta de proteínas, la pérdida de ingresos generados por el turismo, y el incremento de la erosión costera. El análisis realizado en el proyecto Arrecifes en Peligro indica que los arrecifes coralinos del Caribe proporcionaron bienes y servicios en el año 2000 por un valor neto estimado entre \$3.1 y \$4.6 mil millones de dólares norteamericanos, derivado de ingresos generados sólo por la pesca, el turismo de buceo y los servicios de protección de la costa.

Las pesquerías asociadas a los arrecifes coralinos de la región del Caribe proveen ingresos anuales netos estimados en 310 millones de dólares americanos. La degradación de los arrecifes coralinos de la región podría reducir los ingresos netos anuales de \$95 a \$140 millones de dólares americanos en el año 2015.

Se estima que los beneficios netos del turismo de buceo totalizaron \$2.1 mil millones de dólares en el año 2000. Este es un turismo de alta calidad, en el que los buceadores gastan habitualmente 60% a 80% más que otros turistas. Para el 2015, la degradación de los arrecifes coralinos podría ocasionar pérdidas anuales entre \$100 y 300 millones de dólares americanos al sector turístico del Caribe. Las pérdidas en ciertas áreas del Caribe podrían ser proporcionalmente mayores, ya que el turismo se desplaza de áreas donde los arrecifes coralinos se han degradado hacia otras donde permanecen intactos.

Los arrecifes coralinos protegen el litoral al disipar la energía de las olas y tormentas. El valor estimado de los servicios de protección costera que prestan los arrecifes del Caribe se sitúa entre \$700 millones y \$2.2 mil millones de dólares americanos al año. Durante los próximos 50 años, la degradación y muerte de los corales podría producir pérdidas anuales de \$140 a \$420 millones de dólares americanos.

ACCIONES

De acuerdo al estudio realizado por el programa Arrecifes del Caribe en Peligro, se recomendaron las siguientes acciones específicas de protección:

I. Crear una voluntad de cambio

1.- Elevar la conciencia de la importancia, valor y fragilidad de los arrecifes coralinos a través de campañas de educación dirigidas.

Muchos residentes y visitantes en el Caribe no están conscientes de la relación directa que existe entre las actividades que realizan y la salud de los arrecifes coralinos. Los educadores, las universidades, las organizaciones no gubernamentales (ONGs) y otros deben ayudar a cambiar estas conductas y a promover la voluntad política para el cambio, desarrollando y difundiendo materiales educativos dirigidos a audiencias clave, tales como grupos comunitarios, pescadores, trabajadores del sector turístico, turistas, urbanizadores, políticos y estudiantes.

2.- Considerar el valor económico de los bienes y servicios que generan los arrecifes coralinos en la planificación, la política y los proyectos de desarrollo.

Incorporar información sobre el valor económico de los bienes y servicios que ofrecen los arrecifes coralinos puede ayudar a reforzar los argumentos para consolidar y expandir los programas de protección y manejo de estos ecosistemas. Se requiere de los investigadores estudios adicionales de valoración económica a nivel regional, y los que toman las decisiones deben analizar el verdadero costo económico de las posibles opciones de desarrollo de la zona, seleccionando las que causen menos daño al ecosistema arrecifal.

II. Formar capacidades para el cambio

1.- Desarrollar la destreza local y nacional para un mejor manejo de los ecosistemas arrecifales mediante la capacitación de los responsables del manejo de los recursos y de los que toman las decisiones.

Los recursos financieros, los niveles de educación y la disponibilidad de capacitación varían a través del Caribe. El pequeño tamaño de muchos países afecta su capacidad para sustentar plenas capacidades en el área científica y administrativa.

Los gobiernos nacionales, las organizaciones internacionales, las ONGs y otros, deben apoyar y ejecutar esfuerzos de capacitación para administradores de recursos costeros y tomadores de decisiones de toda la región.

2.- Fomentar el flujo e intercambio libre de información y experiencias sobre el manejo y la protección de los arrecifes coralinos.

En diferentes partes del Caribe se pueden encontrar ejemplos de excelencia de manejo, programas de capacitación, participación del gobierno y la comunidad, e investigación y monitoreo. Las ONGs internacionales y las agencias intergubernamentales deben facilitar el incremento del intercambio de información y experiencia entre países, entre agencias de gobierno, y entre entidades de manejo y científicos.

3.- Facilitar la participación de los grupos de interesados en la toma de decisiones sobre el manejo y protección de los recursos de los arrecifes coralinos.

La falta de inclusión y participación de la comunidad ha desempeñado un papel importante en el fracaso de muchos esfuerzos de manejo de los recursos arrecifales. Los gobiernos nacionales y los que manejan los recursos necesitan aplicar enfoques de colaboración y cooperación a los esfuerzos de manejo de los arrecifes coralinos, asegurando que participen todos los grupos de interesados.

4.- Crear formas efectivas de gobierno para el manejo de los recursos de los arrecifes coralinos.

En muchos casos, las actividades que realizan diferentes grupos, agencias o incluso entidades internacionales involucradas en el manejo de los recursos marinos, se superponen y llegan a entrar en conflicto. Los gobiernos nacionales pueden facilitar un buen gobierno de la zona costera mediante la evaluación del marco institucional y legal para la ejecución de políticas, actualizando dicho marco cuando sea necesario.

5.- Integrar el monitoreo socioeconómico y ambiental para conocer mejor los hábitats costeros.

Un buen manejo requiere un acceso continuo a la información sobre los recursos naturales y cómo cambian con el tiempo y en respuesta a influencias naturales y humanas.

La comunidad científica y los que manejan los recursos deben orientarse hacia programas de monitoreo que integren datos físicos, ecológicos y sobre la actividad humana en la zona.

6.- Utilizar los indicadores de Arrecifes en Peligro y aplicar el método analítico con una mayor resolución para fundamentar la toma de decisiones de manejo de los arrecifes coralinos.

El análisis y las herramientas desarrolladas en este proyecto proporcionan un medio valioso y de bajo costo para comprender las amenazas que se ciernen sobre los arrecifes coralinos. Las agencias de recursos nacionales, provinciales y locales deben contribuir al desarrollo de indicadores similares a escala más detallada para ayudar a fundamentar convenientemente las decisiones de manejo y aumentar la confianza en las mismas.

III. Mejorar el manejo

1.- Desarrollar pesquerías sostenibles a través de la educación, la participación de los grupos de interesados y la reducción de la intensidad de la pesca.

La pesca está sobrepasando los niveles de sustentabilidad en la mayoría de los países del Caribe. Los gobiernos nacionales deben trabajar con los usuarios de los recursos y otros grupos de interesados para poner en marcha políticas y prácticas pesqueras sostenibles. Las licencias de pesca, los incentivos para ejecutar prácticas pesqueras sostenibles, y las penalizaciones a la pesca ilegal pueden ayudar a reducir la intensidad de la pesca. El establecimiento de “áreas de exclusión de pesca”, “áreas de no extracción” o “reservas marinas de pesca” pueden ser adoptadas como una de las estrategias para la recuperación de las poblaciones agotadas de peces. Para el éxito de estas medidas es crucial la participación, capacitación y educación de los grupos implicados, así como la creación de alternativas en la generación de ingresos a la población afectada.

2.- Aplicar enfoques holísticos al manejo de la zona costera.

El manejo exitoso de los ecosistemas arrecifales comprende el tratamiento correcto de múltiples influencias y amenazas, muchas de las cuales pueden estar ligadas a actividades que se desarrollan a una distancia considerable de los propios arrecifes. Los gobiernos nacionales necesitan ofrecer incentivos a agencias con diferentes facultades para que compartan información y trabajen juntos de manera efectiva.

3.- Ampliar las áreas marinas protegidas y mejorar su eficacia en la protección de los ecosistemas del arrecife coralino.

Las áreas marinas protegidas (AMPs) son importantes en el manejo integral de la zona costera; sin embargo, sólo un pequeño porcentaje de los arrecifes coralinos está ubicado dentro de áreas protegidas declaradas, y sólo un pequeño porcentaje de éstas puede calificar como AMP total o parcialmente eficaces. Se requiere que los gobiernos nacionales, las organizaciones donantes, las ONGs, y el sector privado apoyen la creación de AMPs que cubran otras áreas de arrecifes, a la vez que proporcionan la asistencia necesaria para fortalecer la efectividad del manejo de las existentes.

4.- Desarrollar turismo sostenible que asegure beneficios a largo plazo.

El turismo es vital para la región del Caribe, pero un desarrollo sin planificación y sin restricciones puede dañar gravemente los arrecifes coralinos. Los responsables de la toma de decisiones deben dar los pasos necesarios para limitar esos daños; esto incluye la educación de los turistas, el desarrollo de esquemas de certificación y acreditación, y de premios que fomenten prácticas ambientales idóneas como incentivos para un desarrollo compatible con la conservación del ambiente.

5.- Ejecutar prácticas marinas responsables para restringir los vertimientos residuales y de las aguas de lastre al mar.

Las entidades regionales, los gobiernos nacionales, las ONGs y el sector privado deben trabajar conjuntamente en el desarrollo de prácticas idóneas (por ejemplo, en la industria de cruceros). Los puertos, muelles y marinas deben ofrecer servicios de extracción por bombeo y de tratamiento de residuales para embarcaciones de todos los tamaños.

Acciones a nivel internacional:

1.- Ratificar y ejecutar acuerdos internacionales.

Los acuerdos internacionales son un importante instrumento para establecer objetivos y lograr metas de manera conjunta. Los gobiernos nacionales deben no sólo firmar, sino también ejecutar los acuerdos internacionales relativos a las amenazas evaluadas en este estudio. Entre ellos se encuentra el Convenio de Cartagena (que trata sobre las fuentes contaminantes de origen terrestre, los derrames de combustible, y la protección de áreas protegidas y la fauna y flora silvestres), el Convenio de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (que atiende el ordenamiento jurídico de mares y océanos), MARPOL (dedicado a la contaminación marina), y el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

2.- Promover la cooperación y el intercambio internacional.

Aún en ausencia de instrumentos legales internacionales, la colaboración regional en asuntos como la pesca y el manejo de cuencas hidrográficas podrían reducir en gran medida algunas amenazas. Las ONGs internacionales, las agencias intergubernamentales y las organizaciones donantes deben apoyar de forma activa la cooperación y el intercambio promoviendo sinergia y fomentando asociaciones dirigidas a la protección de los arrecifes coralinos del Caribe. (Burke, 2005).

2.4 CAMBIO CLIMÁTICO

El 6 de abril de 2007 se presentó en Bruselas, Bélgica la síntesis del Grupo de Trabajo II del Reporte de Evaluación **Cambio Climático 2007** del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC, siglas en inglés). Como parte de la difusión internacional de los reportes regionales, varios científicos latinoamericanos de México, Costa Rica y Venezuela que formaron parte de este Grupo de Trabajo presentaron los principales hallazgos del reporte a nivel mundial, así como aquellos impactos regionales más relevantes para América Latina.

Específicamente, el reporte del Grupo II evaluó las investigaciones ambientales y socioeconómicas más recientes con respecto a los *Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad ante el Cambio Climático*. Proporcionó un análisis exhaustivo de cómo el cambio climático está afectando los sistemas naturales y humanos, cuáles podrían ser los impactos en el futuro y cómo la adaptación y la mitigación pueden reducir estos impactos. El reporte también contiene capítulos sobre sistemas, sectores y regiones específicos.

El Grupo de Trabajo I concluyó que *la mayor parte del calentamiento global observado durante el siglo XX se debió muy probablemente (90% de confianza) al aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero causado por acciones humanas*.

Consistente con lo anterior, el Grupo de Trabajo II concluyó que:

- *En todos los continentes y en la mayoría de los océanos, un gran número de sistemas naturales han sido afectados por los cambios climáticos regionales, particularmente por los aumentos en la temperatura,*
- *La evidencia acumulada desde 1970 indica que el calentamiento ha tenido una influencia indiscutible en muchos sistemas físicos y biológicos.*

Cambios observados

Hay una alta confianza en que muchos sistemas hidrológicos se están afectando, tal como ha ocurrido con el calentamiento de lagos y ríos de muchas regiones, lo que afecta su estructura térmica y la calidad del agua que contienen. Además, se ha observado un incremento en caudales y máximo de descargas en primavera de muchos ríos que se nutren de glaciares y nieve en esta estación.

Otros cambios físicos evidentes son el incremento en el número de lagos glaciares, avalanchas de hielo y rocas en las regiones montañosas. Existe una mayor evidencia de que el calentamiento reciente está afectando de manera importante los sistemas biológicos, a través de efectos en un rango de especies y comunidades en ecosistemas terrestres y una nueva evidencia sustancial en sistemas marinos y de agua dulce.

Se documentó desde 1980 que se presenta un “reverdecimiento” prematuro de la vegetación en la primavera en muchas regiones. Asimismo, se han observado desplazamientos de especies en dirección a los polos o a mayores alturas.

Hay una coincidencia espacial entre las regiones que han sufrido un calentamiento significativo y las regiones en donde se han observado mayores cambios en los sistemas físicos y biológicos. Los modelos empleados para evaluar impactos de este cambio simulaban correctamente los cambios observados si además de la variabilidad natural del clima incluyen la contribución humana al calentamiento global.

En los sistemas humanos los efectos del calentamiento global no se detectan tan directamente debido a otros factores no climáticos y a que se dan acciones de adaptación. Los impactos en la agricultura y en la industria forestal se han observado en el inicio temprano de siembras en latitudes altas del hemisferio norte, mientras que en el sur de África hay estaciones secas más largas y una mayor incertidumbre en el periodo lluvioso. Por otra parte, se han observado alteraciones importantes en los bosques debido a incendios y plagas.

En cuanto a efectos en la salud humana, los eventos recientes de altas temperaturas extremas asociadas a excesos en la mortalidad en Europa, América del Norte y Asia. Existen además cambios en la distribución de algunas enfermedades humanas y animales transmitidas por vectores en partes de Europa y Asia. Se ha presentado una mayor producción estacional de sustancias alergénicas, así como más tempranamente en latitudes medias y altas del Hemisferio Norte.

El aumento del nivel del mar y el desarrollo de asentamientos humanos en las costas están contribuyendo a la pérdida de humedales y manglares costeros y ha aumentado el daño por inundaciones costeras en muchas áreas.

Las evidencias en el Reporte muestran, con un elevado grado de certidumbre, que los costos del cambio climático ya están siendo percibidos por la sociedad, si bien en forma desigual entre países, regiones y grupo socioeconómicos. En América Latina y el Caribe el costo por desastres o eventos extremos asociados a fenómenos climáticos supera los 5 mil millones de dólares al año. El año 2005 evidenció la estación ciclónica más fuerte en décadas y tuvo, sólo en México, un impacto superior a los 5 mil millones de dólares.

Impactos futuros

A partir de los hallazgos del Grupo de Trabajo I, se puede decir que las evaluaciones de los impactos del cambio climático futuro indican que serán afectados de manera importante las poblaciones humanas y el ambiente.

En la tabla se muestran los posibles efectos de los incrementos en la temperatura (entre 1 y 5 grados centígrados) en los recursos hídricos, los ecosistemas, la agricultura (alimentos), en los sistemas costeros, y en la salud.

En América Latina, como a nivel global, algunos sectores y sistemas son especialmente vulnerables:

- Es muy probable que los recursos hídricos se vean disminuidos (entre el 10% y 30%) en regiones de latitudes medias y en el trópico húmedo y que en el transcurso del siglo se reduzca el agua almacenada en los glaciares y nieve.

- Los ecosistemas experimentarán pérdida de especies (entre un 20% al 30% de las especies estudiadas en riesgo de extinción), así como reducciones en la biodiversidad y cambios en el rango.

- Si se presenta un aumento global menor a 3°C, es probable que la productividad agrícola se incremente en latitudes altas. En latitudes bajas, los decrementos en esta productividad se pueden dar aun con cambios locales de temperatura menores (entre 1-2°C. Si se presenta un aumento superior a los 3°C de incremento en la temperatura global, es probable que la productividad disminuya en la mayoría de las regiones del planeta.

2. Las costas están amenazadas por un aumento en el nivel del mar que conduciría a una pérdida del suelo costero y un incremento en el riesgo de inundación para millones de personas para finales de siglo. Existen algunos impactos específicos en América Latina que se pueden resaltar:

- Para mediados de este siglo, la combinación de aumentos de temperatura y los cambios en el uso del suelo conducirían a cambios muy importantes en la cobertura vegetal. En el este de la Amazonia, es probable que los bosques tropicales sean reemplazados por sabanas. Se proyecta que en las zonas semiáridas habrá cambios a vegetación de tierras áridas. Esto señala el riesgo de *pérdidas en la biodiversidad regional y la posible extinción de especies*, particularmente en las regiones tropicales.

- En áreas de climas secos el cambio climático puede conducir a una *salinización y desertificación* de la tierra agrícola. Se proyecta disminuciones en la productividad de algunos cultivos y en la ganadería y sólo en algunas regiones templadas la productividad de ciertos cultivos (soya) podría aumentar. Esto tendría consecuencias adversas para la seguridad alimentaria.

- El aumento en las temperaturas de los océanos de la región tendrán efectos negativos en los *arrecifes coralinos y en las pesquerías regionales*.

- Los cambios en los patrones de lluvia proyectados y la posible desaparición de los glaciares afectarán la *disponibilidad de agua* para consumo humano, para la agricultura y para la generación de energía eléctrica.

Algunos países en la región han hecho esfuerzos por adaptarse, particularmente a través de la conservación de ecosistemas, así como el impulso a sistemas de alerta temprana, a estrategias para el enfrentar las sequías, las inundaciones, y al manejo de sus zonas costeras y al apoyo a sus sistemas de salud. Sin embargo, la efectividad de esos esfuerzos se ha visto sobrepasada por falta de información básica y de sistemas de observación y monitoreo; por las condiciones de pobreza y por los asentamientos humanos

en zonas muy vulnerables, así como la falta de estrategias políticas, institucionales y tecnológicas apropiadas.

Los impactos futuros no sólo dependen del cambio climático sino también de la forma en que las sociedades se desarrollarán. La severidad de estos impactos puede variar regionalmente, pero a la larga implicarán un costo neto anual que se irá incrementando.

Si bien se están llevando a cabo medidas de adaptación actualmente y hacia un futuro proyectado de cambio climático, la capacidad adaptativa todavía es muy limitada. Estas estrategias de adaptación serán necesarias para enfrentar al calentamiento global que se está dando inevitablemente debido a las emisiones de gases de efecto invernadero en el pasado reciente. La capacidad de adaptación puede ser incrementada, pero hay ciertos costos y límites para lograrla. Contar con una serie de medidas de adaptación y mitigación puede disminuir los riesgos asociados con el cambio climático. (IPCC, 2007).

Marco Legal

En 1988 el Cambio Climático (C.C.) era un fenómeno casi desconocido para la mayoría de los habitantes del planeta. A pesar de ello, sus efectos ya se hacían sentir sobre la Tierra. Por ello el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) crearon el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el cual se ha dedicado desde su creación, al análisis exhaustivo de la información científica, técnica y socioeconómica necesaria para entender los elementos de riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo. En su primer reporte de evaluación del clima (1990) el IPCC denunció al acumulamiento de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, las consecuencias sobre el planeta y probable origen humano.

Para hacer frente al C.C., en 1992, en el Marco Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, Brasil, se estableció la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en el cuál 155 países acordaron tomar conciencia y tratar de encontrar soluciones para estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera en un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. (SEMAR).

2.5 CARACTERIZACIÓN DE ZONAS COSTERAS

Existen diversas clasificaciones y tipologías para la caracterización de zonas costeras, para ello se requiere amplia información, visitas y estudios de campo que toman mucho tiempo.

Para la caracterización inicial de zonas costeras se requiere:

1. Tablas de mareas y cartas náuticas en pequeña y gran escala
2. Mapas topográficos, fotografías aéreas e imágenes satelitales
3. Datos meteorológicos e hidrológicos
4. Datos de oleaje
5. Reportes técnicos de proyectos en el sitio y sus alrededores
6. Documentos históricos y periódicos

Las tablas de mareas son muy importantes debido a que los rangos de mareas dan un indicio del comportamiento del movimiento del mar así como de las corrientes generadas por este fenómeno lo que interviene en los procesos costeros de transporte litoral.

Las cartas topográficas y náuticas así como las imágenes satelitales describen de forma general las áreas costeras donde se pueden encontrar algunos indicios de la dirección del transporte de sedimentos y para buscar evidencias de cambios morfológicos en zonas costeras.

Se pueden analizar los diferentes cambios en la línea de costa a través de los años con fotografías aéreas, con cartas topográficas, etc. siempre y cuando estas cartas estén referenciadas y se toman los datos de la mayor cantidad de años posible, ya que entre más datos mayor posibilidad de realizar un análisis más certero.

Un problema técnico en el análisis de los cambios morfológicos es el efecto de los niveles de marea en la línea de costa, si el rango de marea es grande, es imprescindible que se tomen los registros de los cambios de nivel, con horarios y referencias las fotos de acuerdo a las horas en que se toman las fotografías, es el caso de que el rango de marea sea de pocos metros la variación de la marea puede despreciarse en la estimación inicial de la morfología costera.

En la Figura 2.5.1 se puede observar las definiciones de la terminología de la zona costera.

Figura 2.5.1 Perfil de playa y definición de terminología (Horikawa,1978).

En algunas fotos aparece la presencia de barreras a lo largo de la costa, en zonas con cambios de coloración debido a que se encuentran en zonas bajas, en caso de que se detecten algunas de estas formaciones es necesario hacer tomas en diferentes estaciones del año y diferentes años de ser posible, para examinar los cambios de las formaciones con respecto al tiempo.

Los datos meteorológicos en condiciones normales no se asocian directamente con el comportamiento de la línea de costa pero si dan un importante marco de estudio de los fenómenos y su comportamiento en, lo que permite tener un mayor número de elementos para la caracterización de la zona costera.

Los fenómenos meteorológicos como los huracanes y las tormentas afectan directamente a la zona costera generando grandes olas e incrementos en el nivel del agua por tormenta lo que se traduce en una sobreelevación del nivel del mar debido a los efectos de estos fenómenos, además de que generalmente son los principales causantes de inundaciones, así como de cambios en la línea de costa.

Es importante conocer los datos de viento, su magnitud y dirección así como su relación con el oleaje, es importante conocer la velocidad y si es posible la rosa de vientos, con estos datos se puede realizar un análisis o predicción de oleaje de tormenta por lo menos de manera local.

Los datos hidrológicos se relacionan con el aporte de sedimentos de los ríos cercanos a la desembocadura, ya que éstos son una fuente de alimentación, los datos más importantes a obtener son el aporte anual de sedimentos del río, así como el gradiente del fondo del río o las velocidades de las corrientes que se generan cercanas a la desembocadura.

El oleaje es la principal fuerza que genera el transporte de sedimentos y el cambio en la línea de costa, sin embargo los datos de oleaje son los más difíciles de obtener ya que no siempre se tienen equipos de medición, es importante que al menos se tengan registro visuales del comportamiento de oleaje en la zona, esto puede obtenerse de entrevistas a las autoridades portuarias o bien a las personas que trabajan en el mar.

Los documentos históricos y los periódicos, nos aportan datos como las tormentas y eventos extraordinarios que se presentan en la zona de estudio así como los daños que se ocasionaron y permiten relacionar los datos de cartas, fotografías, datos meteorológicos, etc., con los cambios de la línea de playa.

VISITAS DE RECONOCIMIENTO

Los principales aspectos que se deben observar en una vista de campo son:

1. Observación visual de la zona de estudio, topografía y configuración de la playa.
2. Observar la intensidad del oleaje, la elevación de la vegetación, etc.
3. Localizar fuentes de aporte de sedimentos y puntos donde se pueda apreciar la dirección del transporte litoral.
4. Muestreo de sedimentos para su posterior análisis en laboratorio.
5. Entrevistas con las personas del lugar para obtener datos de oleaje, vientos, tormentas y elevaciones por eventos extraordinarios, tsunamis, etc.

El principal objetivo en una visita de campo es realizar un estimado del comportamiento de la línea de playa y documentar los resultados que se obtengan así como adquirir la mayor cantidad de datos posibles, ya que esto ayudará a realizar un análisis más completo.

Fuentes de alimentación de sedimentos y dirección del transporte litoral

El transporte de sedimentos a lo largo de la línea de playa es el más importante factor de estabilidad de la playa llamado transporte litoral, los sedimentos que forman la playa y el fondo se transportan del mar hacia la costa, existen también movimientos que cruzan la línea de playa que ocasionan cambios en los perfiles playeros sobre todo entre oleaje de calma y oleaje de tormenta.

Por estas razones la magnitud y dirección del transporte litoral es tan importante ya que en base a este dato se realizan los planes y proyectos para la protección costera.

En la Figura 2.5.2 se muestran las diferentes formas de patrones topográficos de meso-escala que claramente son afectados por el transporte litoral. En la Figura 2.5.3 se muestra a escala geográfica un ejemplo de costa sometida a un fuerte transporte litoral en una dirección; la Figura 2.5.4 muestra algunos ejemplos.

Figura 2.5.2 Determinación de la dirección del transporte litoral basado en la topografía de Meso-escala de la zona de estudio. (Horikawa, 1978).

El análisis del transporte de sedimentos no es fácil, ya que la dirección puede cambiar de estación a estación o de la dirección del oleaje. Entre mayor sea el número observaciones con respecto a las estaciones y su relación con el oleaje que se presenta en cada una de ellas, se podrá dar un resultado más cercano a la realidad.

Figura 2.5.3 Determinación de la dirección del transporte litoral basado en la topografía de Macro escala de la zona de estudio. (Horikawa, 1978).

Figura 2.5.4 Determinación de la dirección del transporte litoral basado en la topografía de escala geográfica de la zona de estudio. (Horikawa, 1978).

Si los sedimentos en una estación del año se mueven hacia la izquierda o en otra estación hacia la derecha, la playa se encuentra en una condición de equilibrio siempre y cuando el valor neto del transporte de sedimentos sea cero; si el transporte litoral es unidireccional, los sedimentos son alimentados por un lado de la costa, las posibles fuentes de alimentación son:

1. Sedimentos fluviales que salen por la desembocadura.
2. Materiales formando un montículo el cual se ha erosionado por la acción del oleaje.
3. Sedimentos de playas cercanas que han sido arrastrados por las corrientes y el oleaje
4. Sedimentos arrastrados desde mar adentro.

Tanaka (1983) realizó una clasificación de los cambios en la línea de playa, basados en alrededor de 120 ejemplos, los cuales dividió en 11 grupos.

Para ello se basó en los siguientes axiomas:

1. En la costa el transporte litoral es predominantemente unidireccional y una estructura nueva siempre ocasiona un incremento de un lado y una erosión del otro.
2. Una playa natural tiene una forma de equilibrio la cual es cóncava y tiene dos salientes. Cuando una nueva estructura se coloca la playa interpreta a la estructura como una nueva saliente y tiende a equilibrarse nuevamente.
3. Los sedimentos se dirigen hacia un área protegida.

Grupos de clasificación de los cambios en la línea de playa:

- Tipo 1.a. Una estructura bloquea el transporte de sedimentos. La erosión se extiende dependiendo de la longitud de la estructura.
- Tipo 1.b. Si en planta la línea de costa es cóncava, la línea de costa avanza de un lado y retrocede del otro tal que esta líneas se mantienen en la misma dirección una de otra, si la línea es convexa avanza casi hasta alcanzar la estructura y del otro lado la erosión se extiende muy lejos de la línea de costa original.
- Tipo 2. Si la estructura se localiza cerca de la desembocadura de un río y próximo a la saliente de una playa, se forma una playa amplia y plana cerca de la estructura.
- Tipo 3. Si estructuras largas se localizan en el centro de una playa larga y cóncava, se distingue la acumulación de material a ambos lados de la estructura. En este tipo existe una zona amplia de acumulación y una pequeña de erosión.
- Tipo 4. La acumulación toma lugar inmediatamente corriente debajo de la punta del rompeolas por interferir con el proceso natural del transporte. Con el incremento en la acumulación se forma un banco de arena sumergido desde la punta del rompeolas creando el relleno de la cuenca.
- Tipo 5. Sólo se acumula el material cuando existe una zona de calma.
- Tipo 6.a. Un cusplate se forma en un área donde existe un rompeolas independiente.
- Tipo 6.b. Un tómbolo funciona como una estructura y ocasiona una erosión corriente abajo.
- Tipo 6.c. Si en el área protegida se extiende por la extensión de rompeolas independientes o por la construcción de un nuevo puerto en un lado de una isla y existe un cusplate, su posición cambia hacia el centro del área protegida.
- Tipo 7.a. El depósito de material se localiza corriente arriba de la zona protegida formando una especie de gancho y la erosión se forma corriente abajo del rompeolas o zona protegida.
- Tipo 7.b. La instalación de una estructura corriente debajo de un rompeolas con forma de gancho puede ocasionar el depósito de material en la dársena. Si la forma de gancho es muy prolongada, el depósito se localiza corriente debajo de la estructura frecuentemente resulta en un depósito en la dársena.

- Tipo 8. La aplicación de una estructura o rompeolas ocasiona una nueva estabilización en la línea de costa cóncava. Si el ancho o posición de la entrada del puerto o bahía cambia debido a la prolongación de las estructuras la línea de costa cambia su orientación y curvatura tratando de estabilizar su forma.
- Tipo 9.a. Si los rompeolas de pared vertical se prolongan en forma diagonal hacia la playa, la erosión local se localiza al pie de la estructura debido a la reflexión del oleaje.
- Tipo 9.b. Existirá una erosión similar si la parte normal de la costa de la estructura es corta.
- Tipo 10. Si un puerto se construye en el lado corriente abajo de una costa la cual se encuentra en una saliente, la acumulación de material se depositará rápidamente entre el rompeolas y la saliente.
- Tipo 11. Se muestran varios tipos de socavación.

Siempre que se construye una obra se presentan depósitos o erosiones, pero es de suma importancia tener los datos suficientes para prever qué tipo de formaciones se presentaran a lo largo del tiempo y así tomar las medidas necesarias para la mitigación de los posibles daños.

La caracterización de playas es un problema complejo ya que intervienen diferentes factores, los cuales no siempre tenemos los datos para poder identificar su magnitud.

Es importante conocer la caracterización para la protección de playas y la elaboración y desarrollo de proyectos costeros y portuarios.

La calidad y cantidad de la información son fundamentales para realizar un análisis que permita identificar el comportamiento de la playa y cuáles podrían ser los efectos principales si se construye alguna estructura, así como la prevención y mitigación de posibles efectos colaterales.

Un aspecto que no se menciona de forma directa es la experiencia del personal en el análisis, lo que determina mejores soluciones y aportaciones al estudio de la caracterización.

Para la caracterización de las zonas costeras se utilizaron los formularios de campo que se muestran en las tablas 2.5.1 a 2.5.3.

Tabla 2.5.1 Formulario de Análisis preliminar para caracterización de playas (Goda, 1995).

FORMULARIO DE ANÁLISIS PRELIMINAR PARA CARACTERIZACIÓN DE PLAYAS.

Playa: _____ Costa: _____ Área: _____

Concepto	Fuente	Comentarios																
Características de Tierra	Mapas	<p>Señale la característica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Costa plana que empieza desde la playa ☐ Marismas, lagunas y lagos colindantes a la costa ☐ Mesetas elevadas desde la costa con pendientes inclinadas ☐ Montañas o colinas cercanas a la costa ☐ Otro (describa) _____ 																
Características de costa	Mapas y cartas	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Líneas de costa que se extienden en una línea recta o una curva suave ☐ Línea de costa formando curvas con grandes retrocesos ☐ Línea de costa compuesta por un bloque de playas divididas por salientes ☐ El sitio se localiza cerca de la desembocadura de un río o laguna ☐ Otro (describa) _____ 																
Batimetría	Cartas y fotografías	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Gradiente aproximado del fondo: _____ 0-10m _____ 10-100m ☐ Contorno de la profundidad: __relativamente recto__complicado__sin determinar ☐ Barras __barra simple__múltiples barras__imperceptible 																
Mareas	Cartas y referencias	<p>Niveles de marea:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Pleamar máxima registrada</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel de pleamar media superior</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel de pleamar media</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel medio del mar</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel de media marea</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel de bajamar media</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel de bajamar media inferior</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Bajamar mínima registrada</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table> <p>Corrientes de marea: Magnitud: _____ m/s Dirección: _____</p>	Pleamar máxima registrada	<input type="text"/>	Nivel de pleamar media superior	<input type="text"/>	Nivel de pleamar media	<input type="text"/>	Nivel medio del mar	<input type="text"/>	Nivel de media marea	<input type="text"/>	Nivel de bajamar media	<input type="text"/>	Nivel de bajamar media inferior	<input type="text"/>	Bajamar mínima registrada	<input type="text"/>
Pleamar máxima registrada	<input type="text"/>																	
Nivel de pleamar media superior	<input type="text"/>																	
Nivel de pleamar media	<input type="text"/>																	
Nivel medio del mar	<input type="text"/>																	
Nivel de media marea	<input type="text"/>																	
Nivel de bajamar media	<input type="text"/>																	
Nivel de bajamar media inferior	<input type="text"/>																	
Bajamar mínima registrada	<input type="text"/>																	
Oleaje	Referencias	<p>Oleaje dominante: __distante __por monzones __por ciclones __sin clasificar Dirección predominante: _____ Intensidad: __moderada (0-3m) __media(3-6m) __severa (+ 6m) __sin clasificar</p>																
Ríos	Mapas y datos hidrológicos	<p>Nombres de ríos con aporte de sedimentos: _____, __ninguno Configuración de la desembocadura: __simple __múltiple (delta) Datos del río: Área de la cuenca _____ Km²; descarga _____ m³/s Gradiente del fondo: _____ m ; sedimentos _____ m³/año</p>																

Tabla 2.5.2 Formulario inspección de campo (Goda, 1995).

FORMULARIO INSPECCIÓN DE CAMPO

Playa:_____ Costa:_____ Área:_____

Concepto	Comentarios
Configuración de la Playa	<p>Señale la característica:</p> <p>Extensión de la playa: __corta __media __larga</p> <p>Características especiales:</p> <p>__con cuspates, distancia entre cuspates_____m</p> <p>__con tómbolo, la línea avanza hacia: _____</p> <p>_____izquierda __derecha __sin diferencia</p> <p>__con espigones y escolleras, la línea avanza: _____</p> <p>_____izquierda __derecha __sin diferencia</p> <p>__otro (describa):_____</p>
Perfil de playa	<p>Playa compuesta por: __arena __gravillas __rocas __otro:_____</p> <p>Tamaño de la arena de cara a la superficie: __fina __media __gruesa</p> <p>Tamaño de la arena debajo de la superficie: __fina __media __gruesa</p> <p>Pendiente de la playa:_____</p> <p>Elevación de la zona de mareas:_____m</p> <p>Ancho de la arena en playa:_____m</p> <p>Depósito de madera flotante: _____</p> <p>Distancia desde la línea de playa:_____m elevación:_____m</p>
Características de la costa detrás de la línea de playa	<p>Montículos: elevación_____m</p> <p>Árboles y arbustos: elevación_____m</p> <p>Dunas de arena: elevación:_____m</p> <p>Otros (describa)_____</p>

Tabla 2.5.3 Formulario Entrevistas de campo (Goda, 1995).

FORMULARIO ENTREVISTAS DE CAMPO

Playa:_____ Costa:_____ Área:_____

Concepto	Comentarios
Vientos	Mes de mayor viento:_____ Dirección y velocidad del viento más fuerte:_____ Dirección del viento que prevalece en el año:_____
Oleaje	Meses de calma:_____ Meses de oleaje fuerte:_____ Altura aprox. del oleaje fuerte:_____m Frecuencia de tormentas al año:_____ Altura aprox. de olas de tormenta:_____m
Playa	La línea de costa se mueve según la estación del año: ____si ____no Cambios en las barras de arena y desembocadura del río según las estaciones: ____si ____no Variación en la línea de costa a ambos lados de las estructuras debidas a cambios de estación: ____si ____no Cambios bruscos en la línea de playa en las últimas décadas: ____si ____no Cambios en la posición de montículos, árboles o arbustos en las últimas décadas: ____si ____no
Desastres	Describe el peor desastre en la localidad: _____ _____ Fecha:_____ magnitud de daños:_____ Registro de cambio de nivel del agua debido al desastre: _____ Referencia:_____

2.6 BASE METODOLÓGICA

Como base metodológica se revisó el análisis hidrológico implementado por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) como parte de la colaboración de la Alianza para el Arrecife Mesoamericano (*Mesoamerican Reef – MAR*) de la Red Internacional de Acción para los Arrecifes de Coral (ICRAN). El objetivo del análisis fue de cuantificar, basándose en amenazas terrestres, el impacto de las alteraciones humanas al paisaje en el Arrecife Mesoamericano para informar la planificación de uso de suelo, políticas y prácticas agrícolas, identificación de prioridades para la conservación, y esfuerzos para mitigar riesgos.

Durante dos años, WRI trabajó con muchos colaboradores en la región para evaluar la descarga de sedimentos y nutrientes terrestres en más de 400 cuencas hidrológicas que drenan en la región adyacente al Arrecife Mesoamericano. El análisis evalúa la cantidad de sedimento y nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) proveniente de cada lote del terreno; la cantidad de sedimento erosionado y nutrientes que llegan a la boca de los ríos (punto de descarga costera); y la cantidad de sedimento que llega a los arrecifes de coral.

El análisis proporciona estimaciones sobre el incremento de sedimento y nutrientes que resultan de las actividades humanas, y predice el transporte futuro de sedimentos y nutrientes (en 2025) basándose en diferentes escenarios de uso de suelo. Este es el primer análisis de este tipo y nivel de detalle para la región del Arrecife Mesoamericano.

Los resultados proporcionan una perspectiva preliminar de los patrones de transporte y descarga de sedimento y nutrientes a nivel regional, e indican cómo las alteraciones humanas en el paisaje terrestre pueden influir estos patrones.

El Resumen del trabajo se presenta en el Anexo No. 2,(Burke, 2005).

2.7 GESTIÓN COSTERA Y AMBIENTAL

2.7.1 GESTIÓN COSTERA

La atención en el desarrollo sostenible y el interés público sobre el ambiente, ha estimulado a los gobiernos en el mundo a reexaminar su capacidad de evaluar y monitorear el estado del ambiente, con el objetivo de detectar cambios en sus condiciones y tendencias (OCDE, 1993). Por otro lado, el objetivo central de la planificación del desarrollo es lograr la dignificación del hombre, a través del mejoramiento de la calidad de vida de la mayoría de la población, en términos sociales y ambientales. De esta manera, los indicadores ambientales, cuya función principal es cuantificar y simplificar la información ambiental, han tomado gran importancia como herramientas para la planeación y seguimiento del curso hacia el desarrollo sostenible.

Se recomienda a los países en vías de desarrollo, utilizar enfoques técnicos de evaluación ambiental sencillos y que puedan aplicarse de acuerdo a las condiciones socioeconómicas particulares de cada uno. Los indicadores ambientales se definen como estadísticas o parámetros que proporcionan información y/o tendencias de las condiciones de los fenómenos ambientales. Su significado va más allá de la estadística misma, pretendiendo proveer información que permita tener una medida de la efectividad de las políticas ambientales, a lo que se conoce como desempeño ambiental.

El desempeño de los indicadores contiene tres elementos fundamentales: Cuantificación de la información; síntesis de la información sobre un complejo fenómeno para facilitar la comunicación y su análisis; son un instrumento eficaz para transmitir información de manera significativa, dentro del proceso de toma de decisiones.

Uno de los esquemas conceptuales de indicadores ambientales más aceptados a escala global, es el presentado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), denominado Presión- Estado-Respuesta (PER) (Figura 2.7.1).

Figura 2.7.1 Modelo Presión-Estado-Respuesta, (OCDE, 1993).

El modelo se propuso por solicitud del grupo de los siete países más desarrollados del mundo a partir de 1988, con la finalidad de identificar indicadores ambientales para apoyar la toma de decisiones, considerando tanto factores ambientales como económicos. El marco metodológico PER se basa en el concepto de la causalidad: es decir, las actividades humanas ejercen PRESIONES sobre el ambiente que cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales (ESTADO), finalmente la sociedad responde a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (OCDE, 1993).

Por otro lado, la planificación ambiental, se compone de dos etapas; la primera o caracterización e inventario del medio físico-natural y del medio entrópico a través del proceso de regionalización o zonificación y la segunda comprende la valoración de los elementos seleccionados del inventario ambiental con el objetivo de evaluar la capacidad del suelo para soportar determinada política ambiental de uso de los recursos naturales.

Se define al ambiente como el complejo de interacciones físicas y factores culturales que rutinariamente influyen la vida de los individuos y las comunidades y propone el uso de indicadores para evaluarlo. Posteriormente en 1988, el Grupo de los Siete solicitó a la OCDE identificar indicadores ambientales para apoyar la toma de decisiones, la planificación ambiental y particularmente la administración costera, inicia su aplicación formal en Estados Unidos en 1972, con la implementación de un programa de manejo de los recursos de la zona costera.

A partir de entonces, se ha mostrado un interés creciente en el manejo adecuado de los recursos naturales en muchos países, tanto de países desarrollados como en vías de desarrollo, cabe mencionar de manera especial los programas implementados por Costa Rica y Ecuador, como los más avanzados en Latinoamérica. En 1993, se llevó a cabo en Holanda la Conferencia Mundial de la Costa (WCC'93), donde se reconoció que el Manejo Integrado de la Zona Costera, podría ser considerado el proceso más apropiado para enfrentar los problemas actuales y futuros de manejo costero.

En 1998 se realizó un análisis de la efectividad de los programas de manejo costero en el mundo, concluyen que el éxito relativo en países desarrollados y medio desarrollados, sin embargo en países subdesarrollados estos programas han tenido un resultado incierto o no existen datos, con excepción de Sri Lanka y Filipinas, cuya efectividad ha sido de moderada a alta respectivamente. La Organización de Estados Americanos, en 1992, realizó el Programa de Ordenamiento Ecológico para el Desarrollo Urbano y Turístico de la Microregión La Bufadora-Estero de Punta Banda, México. Este estudio identificó los principales conflictos originados por las actividades de los distintos sectores en el área de ordenamiento, evaluó el impacto ambiental de las actividades económicas e identificó los mecanismos para la resolución, minimización y prevención de los conflictos e impactos ambientales.

Métodos

El modelo general propuesto (figura 2.7.2), integra los marcos metodológicos de planificación ambiental Gómez-Morín, (1994) y el modelo PER (OCDE, 1993).

Figura 2.7.2 Modelo General de Indicadores Ambientales (García, 2005).

El modelo de planeación ambiental en conjunto con el modelo de la pirámide de información se muestra en la Figura 2.7.3, la cual se compone de cuatro niveles de información, el primer nivel comprende los datos primarios (ambientales y socioeconómicos) recopilados del área a planificar posterior a ello, se realiza un análisis para formar el segundo nivel compuesto por la base de datos analizados, el tercer nivel se compone de los indicadores derivados de la base de datos que conforman el modelo y finalmente en el cuarto nivel o cima de la pirámide se ubican los índices derivados de la evaluación de indicadores de capacidad de uso del suelo.

Figura 2.7.3 Pirámide de la información y el modelo de planeación ambiental. (García, 2005).

El Modelo General de Indicadores Ambientales, toma como indicadores de las actividades humanas o de presión a los factores socioeconómicos que se describen en tablas denominadas fichas descriptivas y considera los factores bióticos y abióticos como indicadores de estado. La evaluación o análisis de aptitud territorial, de estos indicadores de presión y estado genera como resultado la capacidad de uso de suelo o índices de uso de suelo.

El proceso de caracterización e inventario del medio físico-natural o regionalización, se fundamenta en la definición de un sistema de clasificación que permite organizar la delineación y descripción de cada una de las unidades ambientales o naturales de acuerdo a los principales rasgos o factores que la caracterizan.

El proceso de delimitación se realiza a través del enfoque sintético o integrado, que considera a la superficie de la tierra como un mosaico de unidades ambientales integradas, donde el elemento básico es la región o unidad ambiental. Ésta se define como un área homogénea desde el punto de vista de los elementos o atributos físicos considerados como criterios de regionalización para su definición.

Se define un esquema jerárquico o sistema de clasificación de unidades ambientales (Tabla 2.7.1), (Gómez-Morín, 1994), basado en los patrones espaciales concurrentes de varias combinaciones de factores ambientales identificados a niveles regionales en este caso, los patrones espaciales de la información son representados geográficamente o cartografiados y asociados a características ambientales permanentes en términos de la perspectiva temporal humana.

La generación de las unidades ambientales se obtiene a través del trazo o delimitación de las fronteras de las regiones, ésta se realiza utilizando técnicas de superposición de los mapas temáticos de los cuatro niveles jerárquicos a distintas escalas.

Tabla 2.7.1 Sistema de clasificación de unidades ambientales. (García, 2005).

Ambiente	Sistema	Subsistema (Paisaje)	Unidad Ambiental (Natural)
<ul style="list-style-type: none"> • Costero • Terrestre 	<ul style="list-style-type: none"> • RH1 Ba • RH1 Af • RH1 Ae • RH1 Ad 	<ul style="list-style-type: none"> • Campo de dunas • Mesetas • Lomerio tendido • Sierra baja compleja • Llanura Costera con lomerios • Piso de valle • Barra • Ciénaga • Aparato volcánico • Planicie intermareal 	<ul style="list-style-type: none"> • Roca ignea • Roca metamórfica • Sedimentaria • Aluvión • Residual • Lacustre • Marisma • Litoral • Eólico • Palustre • Vegetación • Introducida • Removida • Nativa

Posteriormente se integra el inventario o base de datos compuesta con la información cartográfica y no cartográfica disponible para cada una de las unidades ambientales, dicha información se sintetiza en forma de tablas (Tabla 2.7.2), con la finalidad de describir los factores y atributos presentes, esta base de datos se utiliza como fundamento para el procedimiento de evaluación de la oferta ambiental, es decir la capacidad que presentan las unidades ambientales para soportar una política o uso de suelo específico.

Tabla 2.7.2 Ejemplo parcial de ficha descriptiva para una unidad ambiental. (García, 2005).

UNIDAD FACTOR	180 DESCRIPTOR	CLAVE FACTOR	1.2.5.4 b DESCRIPTOR
<ul style="list-style-type: none"> • Paisaje: • Distribución del P. • Atributo funcional • Geomorfología • Tipo de roca • Pendiente • Tipo de suelo • Cap. de cimentación • Textura • Cap. agrícola • Recursos Geol. • Banco de materiales • Hierro • Arena de dunas 	<ul style="list-style-type: none"> • Llanura costera • Amplia • No • ----- • Aluvión • Suave • Xi+Xlt+Je/2 • Alta • Media • ----- • Vegetación • No • No • No 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgos naturales • Corrientes fluviales • Deslizamientos • Erosión eólica • Incendios • Inundación terr. • Inundación marina • Fracturas • ----- • Atractivos naturales • Rasgos geomorf. • Rasgos hidrológicos • Fauna • Paisaje • Otros 	<ul style="list-style-type: none"> • -- • Si • No • No • No • Si • No • No • -- • -- • No • No • No • No • No

Con la implementación de un Sistema de Información Geográfico es posible generar un mapa de unidades ambientales (figura 2.7.4), a partir de información digitalizada, imágenes de satélite y distintas fotos aéreas en escalas.

La valoración de una unidad ambiental para el soporte de cierta intensidad de uso, constituye un elemento básico para la toma de decisiones dentro de cualquier programa de manejo. Si un uso específico causa un impacto inaceptable o, por el contrario si los atributos de la unidad la conforman como el sitio ideal para el desarrollo, es algo que se puede establecer a través de un sistema de valoración y ponderación.

Figura 2.7.4 Área de estudio y Unidades Ambientales. (García, 2005).

Las modificaciones producidas al medio natural, han provocado importantes desequilibrios en la tasa erosión-acumulación que regulan el equilibrio dinámico de la playa. En la mayoría de los casos, con consecuencias no deseables para la actividad turística tales como: altos costos de construcción y mantenimiento e instalación en la sociedad lo que ocasiona conflictos de intereses.

Matrices de vulnerabilidad:

1. ZONAS CON EROSION EXTREMA.
2. ZONAS CON EROSION MUY ALTA.
3. ZONAS CON ALTA EROSION.
4. ZONAS CON EROSION MODERADA.
5. ZONAS CON BAJA EROSION.

De la evaluación de las características naturales regionales, las restricciones de los sectores de aporte de sedimentos y las interrupciones de la dinámica litoral a la largo de la costa sirven para elaborar lineamientos principales para llevar adelante estrategias de carácter regional.

Para abordar la problemática de erosión según la zonificación propuesta se proponen estrategias locales para la mitigación de este proceso, aplicando tareas generales y específicas.

Para dar continuidad a los trabajos y aumentar su eficiencia se deberán llevar adelante tareas de monitoreo, evaluación y mantenimiento de las obras. (García, 2005).

2.7.2 GESTIÓN AMBIENTAL

La racionalización de las conductas puede hacerse desde los siguientes enfoques:

Planeación - Temporal - Espacial - Sectorial

Entre más complejos son los elementos a tener en cuenta y más complicados los mecanismos de interacción, las operaciones a llevar a cabo requerirán de mejores técnicas de apoyo.

1) Planificación ambiental

La regulación de las estrategias de protección del medio participa de las características enunciadas para la planificación en general.

La planificación tiene una importancia decisiva en relación con la ejecución de la política ambiental, en particular por el peso que aquí tiene en la prevención.

La pérdida de valores ambientales puede ser catastrófica para la Humanidad presente y sobre todo futura, la contaminación de la atmósfera y de los mares, con el correspondiente deterioro no es reversible.

En la Conferencia de las Naciones Unidas de Estocolmo de 1972, que constituye el punto de partida de la reacción generalizada ante la contaminación ambiental, se afirmó categóricamente que:

"La planificación racional constituye un instrumento indispensable para conciliar las diferencias que puedan surgir entre las exigencias del desarrollo y la necesidad de proteger y mejorar el medio ambiente".

Según los dictados de la Unión Europea la protección del medio ambiente deben integrarse en la definición y realización de las demás políticas de la Comunidad, lo que requiere obviamente de planificación y armonización. La legislación europea remite claramente a la planificación al prescribir la selección por el Consejo de las acciones que deban emprenderse para conseguir los objetivos planteados, entre los que se incluyen medidas de planeación, mitigación y conservación.

Ordenamiento Territorial.

Es imprescindible tomar en cuenta la trascendencia de la prevención de la contaminación marina y la necesidad de proteger este medio de múltiples perturbaciones potenciales.

La idea y propósito de la planificación oceánica subyace en la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas de Río 92 y se explicita en el Programa 21 que incluye el compromiso de los Estados de proceder a una ordenación integrada de las zonas costeras y de adoptar "enfoques preventivos y precautorios".

La gestión ambiental de los océanos debe basarse en la aplicación de una política que tenga en cuenta los diversos usos del medio marino que incluye actividades tan variadas como el transporte, la pesca y la acuicultura, la minería, el turismo, etc., lo que ha dado lugar a la adopción de múltiples acuerdos internacionales sobre contaminación por hidrocarburos, como los Convenios OILPOL de Londres de 1954-1958, el MARPOL 1973-78, la Convención de Barcelona de 1986 sobre el Mediterráneo, entre otros a los que hay que añadir el Convenio de Oslo de 1972 sobre inmersión en el mar, el de París de 1974 sobre contaminación marina desde tierra, y el del transporte marítimo de sustancias nocivas y peligrosas de 1996. Para los recursos naturales debe tenerse en cuenta el Convenio de las Naciones Unidas sobre el Derecho del mar 1982-1994.

Todas estas disposiciones tienen presente la planificación de las acciones a que dan lugar, siendo quizás esta perspectiva particularmente explícita en el denominado Convenio OSPAR, adoptado en París el 22 de Septiembre de 1992 para la protección del Atlántico Noreste. Aunque este Acuerdo todavía no esté en vigor, reemplazará los Convenios de Oslo y París, si bien su objetivo es más amplio pretendiendo establecer un nuevo cuadro marítimo para la protección del área marina acotada.

Las Partes se comprometen a adoptar "programas y medidas" sobre prevención y supresión de la contaminación marina, en su área de influencia, para lo que tienen que emplear las mejores técnicas disponibles.

El propósito de la protección de los mares y con ello la consecuente planificación, continúa en el primer plano de las preocupaciones de las Naciones Unidas, que han declarado 1998 año internacional del océano, lema asumido también por la Expo 98 de Lisboa. Con esta ocasión se ha adoptado la denominada Declaración de Lisboa de 1998 sobre Ocean Governance in the 21 Century, basada en los principios de Democracy, Equity and Peace in the Ocean.

2) Planificación espacial marina

Sólo áreas marinas relativamente acotadas y sometidas a la jurisdicción de un Estado y organizadas según Acuerdos concretos de ámbito internacional, son susceptibles de una planificación relativamente eficaz e integrada. Entre estas figuran las aguas territoriales y mares como el Mediterráneo, el mar del Norte, y el Báltico, si bien de momento, aunque existan mecanismos de ordenación la eficacia práctica de la planificación general es limitada, no pasa de ser una mera ambición, salvo algunos aspectos y ámbitos sectorialmente relevantes, e intensamente planificables.

A) Zonas singulares

- Franjas costeras. Estos espacios tienen una gran significación para la vida, y parten de la eficaz interacción mar-tierra-sol, con trascendencia económica relevante tanto para la pesca en aguas interiores como para el cultivo de mariscos. Se calcula que en tierra firme una hectárea puede producir, vía alimentación del ganado vacuno, 310 kilogramos de carne al año, frente a las 300 toneladas de mejillón y 57 de ostras de consumo en ciertos parajes marítimos del mundo.

En estas áreas se sitúan espacios tan importantes como las zonas de manglares y zonas húmedas en general, parques marinos, radas y estuarios, sobre los que frecuentemente recae la calificación de parques marinos, o espacios naturales protegidos.

Pero estos ámbitos son particularmente vulnerables, por los vertidos desde tierra firme: litoral y ríos y la incidencia de actuaciones indirectas sobre el mar: accidentes, o directas: minería, explotaciones del subsuelo marino.

El modelo de gestión integrado, aplicable también para la protección de parques marinos, trata de responder a las interrelaciones entre actividades humanas y ecosistemas marinos, intentando minimizar el impacto de aquéllas sobre éstos. Normalmente este espacio tendrá una anchura aproximada de 5 kms., aunque en función de circunstancias específicas: construcciones en tierra, pesca y minería en mar, podrá ampliarse.

- Cuencas. Las cuencas de capturas marinas pretenden responder a la problemática ya enunciada de los mares cerrados y semicerrados, atendiendo a las aportaciones de los ríos que desembocan en ellos y a los componentes ecológicos inmanentes.

- Ecosistemas de gran escala. Quizá la noción más útil para resolver, o mitigar los conflictos oceánicos que se mencionan, y que afectan a poblaciones migratorias y nómadas. Las áreas deberían abarcar una extensión de océano del orden de los 200.000 Kms² que albergarían a poblaciones marinas que dependen de las condiciones allí existentes: hidrográficas, batimétricas, productivas y geográficas. Este modelo aplicable a ecosistemas marinos muy extenso, es el que puede servir de base para la delimitación de las áreas en que se asientan las organizaciones internacionales de pesca en alta mar.

3) Planificación sectorial

El grueso de la planificación ambiental, aunque indudablemente con soporte territorial, tiene vocación especializada, y consiste en la adopción de programas para mejorar las acciones dirigidas a la tutela ambiental.

4) Planificación hidrológica.

La política de saneamiento de las zonas costeras, viene lógicamente influida por la estrategia aplicada a los usos del agua de los ríos interiores que desembocan a la postre en el mar. Desde el punto de vista de la prevención marina no solo interesa evitar la contaminación, sino también garantizar un caudal ecológico mínimo para asegurar la dilución, lo que lleva implícita una estrategia de planificación de cuenca, pues sabemos que sin ello es imposible regular adecuadamente la gestión de los ríos.

5) Vertidos desde el litoral.

Las autoridades de las naciones costeras no pueden permanecer impasibles ante la contaminación generada por el vertido en estas zonas de alcantarillas y colectores que recogen las aguas residuales de las ciudades ribereñas, sobre todo porque sabemos que la población tiende a asentarse en las costas y que estas además de los residentes estables, reciben grandes contingentes turísticos de temporada.

Los residuos líquidos urbanos son fatales para la delicada ecología de las aguas territoriales, al aportar exceso de nutrientes que determinan el empobrecimiento por eutroficación, del oxígeno disuelto, la turbiedad de las aguas impidiendo la entrada de luz solar y por supuesto debe evitarse el traslado de sustancias tóxicas que se incorporan a la cadena trófica.

Debe prevenirse la contaminación de origen agrícola originada por el exceso de nitratos que llegan a los mares como consecuencia del ciclo del agua, la que incluye también a los acuíferos contaminados por fertilizantes.

6) Vertido accidental de petróleo.

Estrategias para combatir o minimizar los efectos de un accidente marino que lleve consigo vertidos de petróleo, pero también de otras sustancias peligrosas y altamente contaminantes.

7) Contaminación atmosférica.

Las emisiones a la atmósfera pueden producir, vía lluvia ácida, trastornos marinos sensibles, pero solo graves en zonas en las que las aguas no se renuevan y autodepuran suficientemente.

Los efectos más importantes de este tipo de contaminación se relacionan con el cambio de clima y el efecto invernadero, que ocasionan, como es sabido, el aumento del nivel de los mares, la que ya es sensible en algunos Estados-

Archipiélagos y obligará con el tiempo a gran escala a planificar la ordenación del territorio litoral de muchas Naciones que verán las zonas bajas de sus costas sumergirse en el mar.

8) Ordenamiento pesquero.

La sobre pesca marina es un fenómeno constatado, la intensidad de las faenas derivado de la tecnología disponible, ha producido ya resultados alarmantes, como el detectado en las áreas marítimas tradicionalmente explotadas.

9) Limitación de las capturas.

La regulación de las artes de pesca, imprescindible por cierto, no constituye la solución definitiva para adecuar la pesca a la capacidad de producción biológica de los mares, que es el objetivo final de toda política pesquera responsable a escala mundial.

Uno de los principales fenómenos que afectan a la mayoría de los países costeros es la pérdida de territorio como consecuencia de la erosión que producen ciertos eventos, catastróficos o no, naturales o inducidos por el hombre; se ha estimado que debido al efecto combinado de éstos, el 70% de las playas arenosas del mundo están en retroceso hacia el continente y menos del 10% en avance hacia el mar. En México, aunque hay interés por el gobierno federal para desarrollar una estrategia global para el manejo de la zona costera no se ha planificado el manejo de la erosión costera y los problemas de erosión se han afrontado de manera individual, es decir, en respuesta a necesidades específicas de propietarios o concesionarios (Lizárraga-Arciniega y Fischer, 1998).

El continuo crecimiento de asentamientos humanos en la zona costera, particularmente sobre el litoral, la falta de conocimiento del comportamiento de la línea de playa a corto y mediano plazo y el inadecuado control sobre la regulación de los asentamientos y construcción de obras de protección costera (espigones, rompeolas, protecciones marginales, etc.) incrementan la susceptibilidad de riesgo por erosión costera con efectos potenciales de suma importancia para comunidades cuyo desarrollo socio-económico depende de las playas (Appendini y Lizárraga, 1998).

EVALUACION DE PROCESOS EROSIÓN-DEPÓSITO

La variabilidad de los rasgos litorales y la acción de los procesos naturales en cada uno de ellos en una misma celda litoral (Komar, 1996) definen el estado erosional - depositacional de la costa por lo que primeramente es necesario evaluar la susceptibilidad a la erosión a lo largo del litoral que comprende la celda litoral para posteriormente planear medidas adecuadas conforme a cualidades y usos de cada segmento de playa en particular.

La vulnerabilidad a la erosión costera es una medida de la susceptibilidad de la playa a perderse como depósito y a que se presenten daños en la infraestructura costera inmediata al mismo; por ello, para elaborar una estimación, se evalúan los factores naturales o inducidos por el hombre que controlan la erosión y/o depósito en la costa, como son:

- Morfología costera
- Estructuras de protección costera
- Uso de suelo y densidad de población
- Contribuciones y pérdidas de arena (balance sedimentario)
- Cambios en la línea de costa
- El aumento relativo del nivel del mar

VULNERABILIDAD A LA EROSIÓN

La vulnerabilidad a la erosión (VE) indicó que tan susceptible es un segmento de playa a erosionarse de manera que cause daños a la infraestructura costera. Es importante establecer este factor porque permitió la demarcación de áreas erosionables críticas y/o potenciales a lo largo de la celda litoral y facilita la generación de estrategias para minimizarla en segmentos de playa particulares.

Los criterios que se emplearon para evaluar la vulnerabilidad a la erosión son:

a) El potencial de pérdida de playa (PPP) y el potencial de daño a la infraestructura costera (PDI).

La evaluación de la primer variable se llevó a cabo considerando el ancho de playa; en el área de estudio, todas las playas angostas presentan en su playa algún tipo de estructura de protección (muros, enrocamiento) por lo que, si la playa es angosta, se considera que el PPP es alto debido a que la propia estructura limita el crecimiento o expansión hacia tierra de la playa. Si la playa es ancha, se consideró lo siguiente: a) si existe la presencia de cantiles, el PPP es medio ya que la línea de playa puede soportar un cierto retroceso y mantener su calidad de ancha, excepto bajo condiciones extremas de oleaje.

b) Si la playa es baja (sin cantiles ni estructuras en la playa), el PPP es bajo ya que el sistema de playa aún bajo condiciones de eventos erosivos extremos puede mantener un ancho igual o mayor de 70 m. Para establecer el potencial de daños a la infraestructura, se realiza una clasificación preliminar de la zona en estudio en función del uso de suelo y densidad de población con y el potencial de daño económico y social que resultarían en caso en caso de una erosión significativa de la playa. Esta clasificación se muestra en la tabla 2.7.2.1.

Tabla 2.7.2.1 Potencial de daños en función de uso de suelo y densidad de población (Lizarraga, 1998).

Uso de suelo	CU	IN	THM	HA	HM	HB	VTM	VTB	ST	C
Potencial de daño	A	A	A	MA	MA	MB	MB	MB	B	B

Donde:

CU=Centro urbano; IN=Industria; THM=Turístico hotelera densidad media.
HA=Habitacional densidad alta; HM=Habitacional densidad media.
HB=Habitacional densidad baja; VTM=Vivienda turística media; VTB=Vivienda turística baja; ST=Servicios turísticos; C=Conservación; A=Alta; MA=Media alta; MB=Media baja; B=Baja

A esta clasificación se añadió el criterio de protección costera, para lo cual se consideró que una zona con alto potencial de daños es aquella que no cuenta con estructura de protección (NP) o tiene protección no ingenieril (PNI) (estructura que se construyó con una intención distinta a la protección contra el oleaje y la erosión costera); y una zona con bajo potencial de daño a aquella con protección ingenieril (PI). (Lizarraga, 1998).

2.7.3 VULNERABILIDAD, ADAPTACIÓN E IMPACTO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO.

VULNERABILIDAD

Las causas además de las climáticas, que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad de los sistemas humanos son la presión demográfica, el crecimiento urbano sin planificación, la pobreza y la migración rural, la baja inversión en infraestructura y servicios, la población enfrenta riesgos (como enfermedades infecciosas, transmisibles, crónicas y degenerativas) las cuales se suman a los riesgos inundaciones y deslizamientos de tierra. Existe un grave problema de pobreza urbana en áreas donde prevalece la desnutrición, la baja calidad del agua, la falta de servicios sanitarios y de educación, otros factores que influyen en la vulnerabilidad son:

LA SOBRE-EXPLOTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Los fenómenos climáticos han cambiado las condiciones en los ecosistemas y muchas especies han sido eliminadas, la velocidad con la que se consumen los recursos naturales supera la velocidad con la que se regeneran causando un creciente deterioro en el planeta.

DEFORESTACIÓN

La devastación de los bosques debido a la actividad humana, causa la erosión del suelo, rompe la estabilidad de las aguas subterráneas y favorece las inundaciones y sequías. La población depende de los bosques para obtener alimentos, abrigo y combustible, la degradación y deforestación contribuyen a los desequilibrios climáticos y globales, los bosques son de gran importancia para el almacenamiento de carbono, si estos se eliminan el exceso de dióxido de carbono en la atmósfera puede ocasionar el calentamiento global de la Tierra.

BIODIVERSIDAD

Los cambios en el uso de la tierra conducen a la división de los ecosistemas naturales y la pérdida de la biodiversidad misma que es el producto de millones de años de evolución. El Cambio Climático incrementará la tasa actual de extinción de especies.

ADAPTACIÓN

Debido a los eventos de El Niño y La Niña, surgieron pronósticos climáticos estacionales de mayor confiabilidad para varias partes del mundo, estos sistemas de pronóstico se basan en el uso de modelos acoplados del océano y la atmósfera y pueden predecir con una anticipación de 3 meses a más de 1 año.

La conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas son estrategias para la adaptación al Cambio Climático, algunas medidas de adaptación como cambios en el uso de la tierra, manejos sustentables, seguros agrícolas, riego suplementario y cambios en las técnicas culturales de los cultivos, son utilizadas para enfrentar la variabilidad climática. La carencia de estrategias de adaptación para enfrentar eventos extremos y riesgos de inundaciones y sequías, se debe principalmente al reducido producto interno bruto, el incremento de la población asentada en áreas vulnerables, falta de políticas, y estructuras institucionales y tecnológicas adecuadas.

IMPACTO

Las especies tropicales son sensibles a variaciones climáticas debido a que los sistemas biológicos responden lentamente a los cambios relativamente rápidos del clima, lo que podría conducir a una disminución de la biodiversidad de las especies. Es probable que selvas y bosques sean reemplazados por ecosistemas con mayor resistencia a tensiones múltiples, causadas por incrementos en las temperaturas, sequías e incendios, tales como se observa en la sabanas tropicales.

Los bosques húmedos en regiones montañosas estarán en peligro si las temperaturas aumentan debido a cambios en la altitud de la base de las nubes durante la estación seca. En lugares con poca elevación y montañas aisladas, algunas plantas se extinguirán localmente por que el rango de elevación no les permitirá una adaptación natural al incremento de la temperatura.

La productividad de las praderas y pastizales se verá afectada por la pérdida de carbono en suelos orgánicos y por la pérdida de materia orgánica. El efecto combinado del Cambio Climático y el cambio en el uso de la tierra sobre la producción de alimentos y seguridad alimenticia está relacionado con una mayor degradación de las tierras y un cambio en los patrones de erosión. La demanda de agua para riego aumentará con un clima más cálido, acrecentando la competencia entre el uso doméstico, agrícola e industrial.

El crecimiento urbano acelerado contribuirá a escasez de agua, sin acceso a servicios sanitarios, la contaminación de las aguas subterráneas, la ocupación de valles inundables en época de sequía e impactos graves durante los periodos de inundación, los impactos importantes del Cambio Climático y del aumento del nivel del mar, producirá inundaciones y erosión que tendrán impacto sobre la población, los recursos y las actividades económicas, es probable que el C.C incremente el riesgo de incendios forestales mismos que están asociados con el aumento de enfermedades respiratorias.

Los asentamientos urbanos en zonas montañosas se verán afectados por avalanchas y torrentes de barro y la población que habita sería altamente vulnerable. (IPCC, 2007).

2.8 MARCO CONCEPTUAL DEL MODELO SISTÉMICO

2.8.1 DEFINICIÓN DE MODELO SISTÉMICO

El enfoque sistémico es una aproximación multidisciplinaria para identificar una situación que requiere una solución integral en muy diversos campos. El objeto común recibe el nombre de sistema y alrededor de él se desarrollan diferentes formas de enfoque sistémico.

El pensamiento sistémico consiste en reconocer la existencia de una serie de conceptos genéricos aplicables y aplicados en diversos estudios tratando el problema genérico como un sistema independientemente de la disciplina en la que éste se considere.

El enfoque sistémico no debe verse como una nueva ciencia, una nueva teoría o una disciplina sino como una metodología que trata de organizar el conocimiento para obtener una solución integral y eficiente (Rosnay, 1977). Por lo que se considera el enfoque sistémico como una herramienta que ayuda a la descripción de un sistema, la identificación de sus partes y las relaciones que existen entre ellas.

En el enfoque analítico, se establece una relación directa, se estudian los elementos por separado, aislando interacciones y componentes del resto del todo que forman.

En el enfoque sistémico se busca incluir la mayor cantidad de las partes del sistema la forma en las que se relacionan, interactúan e impactan en el sistema. Un sistema es un conjunto de elementos que interactúan y se relacionan entre sí.

En la Tabla 2.8.1.1 se muestran las diferencias entre el enfoque analítico y el enfoque sistémico.

Tabla 2.8.1.1 Comparación entre enfoque analítico y sistémico (Rosnay, 1977).

Enfoque Analítico	Enfoque sistémico
Aislado: se centra en los elementos	Relacionado: se centra en las interacciones entre elementos
Considera la naturaleza de las interacciones	Considera los efectos de las interacciones
Se preocupa por la precisión del detalle	Se preocupa de la percepción global
Modifica una variable cada vez	Modifica grupos de variables simultáneamente
Independiente de la duración: los fenómenos considerados son reversibles	Integra la duración y la irreversibilidad
La validación de hechos se realiza por prueba experimental dentro del marco de una teoría	La validación de hechos se realiza por comparación del funcionamiento del modelo con la realidad
Modelos precisos y detallados, pero difícilmente utilizables para la acción	Modelos insuficientemente rigurosos para servir de base al conocimiento, pero utilizables en la decisión y la acción
Enfoque eficaz cuando las interacciones son lineales y débiles	Enfoque eficaz cuando las interacciones son no lineales y fuertes
Conduce a una enseñanza por disciplinas	Conduce a una enseñanza multidisciplinaria
Conduce a una acción programada en detalle	Conduce a una acción por objetivos
Conocimiento de los detalles, metas mal definidas	Conocimiento de las metas, detalles borrosos

2.8.1.1 Pensamiento sistémico

La Teoría de sistemas tiene su origen con Ludwig von Bertalanffy, quién mencionó a Aristóteles como el primero que formuló el fundamento sistémico: "El todo es más que la suma de las partes".

A continuación se muestran las corrientes de pensamiento que dieron lugar al enfoque sistémico.

- La Filosofía biológica de Ludwig von Bertalanffy, sus ideas dieron origen a la Teoría General de Sistemas.
- La Cibernética de Norbert Wiener y Ross Ashby, se centraba en el estudio de los mecanismos de regulación en los organismos y en las máquinas.
- La Teoría de la información y de las comunicaciones de Shannon, Weaver y Cherry, proporcionaron un lenguaje matemático para el manejo de la información relacionados con la transmisión de mensajes.
- La Investigación de operaciones de E.C. Williams, se originó en Inglaterra durante la II Guerra Mundial.
- La Teoría de juegos de Von Neumann y Morgenstern, la cual se desarrolló paralelamente a la computadora.

La cibernética es la ciencia del control y la regulación, el enfoque sistémico se ocupa de las características de los elementos que conforman los sistemas, por lo que el enfoque sistémico es mucho más general y la engloba. La Teoría General de Sistemas pretende establecer un formalismo matemático para describir el conjunto de sistemas que existen en la naturaleza. El enfoque sistémico propone una forma de ver las cosas pero no una visión tan estricta con la de la Teoría General de Sistemas.

Es conveniente diferenciar el enfoque sistémico del análisis de sistemas, ya que el último es consecuencia del primero. El análisis de sistemas es la metodología que estudia los sistemas para llegar a sus componentes e interacciones elementales, para hacerlo, primero hay que reconocer los sistemas, que es de lo que trata el enfoque sistémico.

La principal crítica al enfoque sistémico es la falta de formalización de los conceptos que maneja más allá de las aplicaciones concretas. Las 4 debilidades en el enfoque sistémico señaladas (Lilienfeld, 1984) son:

- 1.- Debilidad por las propuestas pragmáticas asociada a una escasez de resultados concretos.
- 2.- Inclínación por fórmulas abstractas, esquemáticas y diagramas que tienen poca aplicación práctica.
- 3.- Cambio irregular e invisible desde los "sistemas" concretos en toda su plenitud y complejidad hasta modelos formales cerrados que se basan en supuestos simplificadores.
- 4.- Ausencia de trabajos concretos más allá del refinamiento del sistema mismo.

Se suman tres puntos como características de la teoría sistémica:

- 1.- Es una analogía, pese a la negación de muchos teóricos de sistemas.
- 2.- Con la teoría de sistemas se desarrollan pocas operaciones, a excepción de la teoría de la comunicación, donde la filosofía se derivó después del hecho; la filosofía misma no permite operaciones.
- 3.- Asume un determinismo en la ciencia que muchos científicos rechazan.

En el enfoque sistémico, la aplicación de ideas en el campo de las ciencias "duras" los sistemas se han aplicado con bastante éxito y hay también aproximaciones interesantes a problemas "blandos" que ciertamente son más propuestas de actuación o interpretación que aplicación práctica.

Los peligros de los sistemas (Rosnay, 1977) son:

- La idealización, para contrarrestarlo se debe tomar en cuenta la transdisciplinariedad, en la complejidad y en la interdependencia.
- Tener como base el propio método sistémico, se debe tener una visión global que permita percibir la realidad compleja de las cosas.
- Utilizar una aplicación sistemática de los principios sistémicos.
- Convertirse en una simplificación abusiva, una idea fija o una receta.

Se debe de tomar en cuenta que el enfoque analítico y el enfoque sistémico son complementarios; la utilización abusiva de analogías, homologías e isomorfismos complican las cosas en lugar de aclararlas.

La Teoría General de Sistemas incorpora conceptos de otras disciplinas afines que se desarrollaron paralelamente (retroalimentación, comunicación, información) hasta que se consolidó la Teoría Sistémica, como se muestra en la figura 2.8.1.

Figura 2.8.1 Teoría sistémica. (Sáez, 2009).

Los sistemas Abiertos, que mantendrían un intercambio de materia, energía e información con el entorno, tenderían hacia una evolución constante y un orden en su estructura, en contraposición con los Sistemas Cerrados, en los que no habría permeabilidad con el entorno, con una tendencia a la indiferencia y al desorden en sus elementos, los cuales se ejemplifican en la figura 2.8.2.

Figura 2.8.2 Sistemas abiertos y cerrados. (Sáez, 2009).

La entropía es aquella energía que se disipa como consecuencia de los procesos internos del sistema y que no puede reutilizarse para producir trabajo. Los sistemas abiertos, compensan la producción de entropía interna, incorporando materia, energía o información del ambiente, es decir entropía negativa o neguentropía.

Los sistemas biológicos y sociales son más o menos abiertos y están capacitados para mantener un estado más o menos constante de entropía, a base de incorporar entradas de materia energía o información a través de sus límites o fronteras, para alcanzar un equilibrio dinámico constante. Esta incorporación de energía o información corresponde con un aumento del orden y diferenciación progresiva de las partes, pero cuando esos intercambios con el entorno no producen cambios y transformaciones en el sistema, sino que dejan las cosas tal como estaban, se dice que el sistema funciona como cerrado, con una progresiva tendencia al aumento de entropía y a la indiferencia como consecuencia de la rigidez de sus límites, de su pobre interacción con el ambiente, o de la aparición de consecuencias repetitivas que impedirían todo cambio o novedad, ver figura 2.3.

Figura 2.8.3 Entropía negativa. (Sáez, 2009).

Si se aísla un sistema biológico o social y se abandona a su suerte sin del intercambio con el entorno, se aplicaría el 2º principio, llegando al equilibrio Termodinámico y a la muerte del sistema.

Dentro de la Teoría de Sistemas se pueden diferenciar varios postulados:

- A. Totalidad: El hecho de que “el todo es más que la suma de las partes”, resume la idea de totalidad. Los elementos de un sistema sólo pueden comprenderse como funciones del mismo. Cada elemento influye en los demás y es influido por ellos y por el sistema mismo.
- B. Protección y Crecimiento: Partiendo de las ideas sobre la homeostasis, en los sistemas existen dos tipos de fuerzas, unas encargadas de mantener la estabilidad (homeostáticas) y otras encargadas de adaptarse a situaciones nuevas (morfogenéticas), permitiendo un equilibrio dinámico constante.
- C. Causalidad Circular: Este concepto supone un cambio epistemológico, ya que la idea de totalidad y la posibilidad de retroalimentaciones, donde los elementos del sistema se influyen mutuamente, descartan la causalidad lineal donde el pasado ya no sería tan importante. Lo importante serían los círculos viciosos que se retroalimentan y bloquean otras vías posibles.
- D. Equifinalidad: Este principio incluye la idea de que partiendo de distintos estados iniciales los sistemas pueden alcanzar las mismas metas finales. Los sistemas abiertos no se pueden explicar en términos de causalidad lineal ya que las circunstancias iniciales no los determinan.

Cibernética y sistemas

Cibernética es una palabra que sugirió por 1ª vez Wiener en 1947 para definir a la Ciencia del control y la información. El concepto central de la nueva epistemología fue la idea de Circularidad que incluía todos aquellos aspectos relacionados con la retroalimentación. Circularidad y retroalimentación, pasaron a ser elementos comunes a todos los sistemas, y Wiener, padre de la cibernética, los denominó “fenómenos locales antientrónicos”. El concepto de retroalimentación rompió la idea de la causalidad tradicional, donde los efectos se encadenaron de forma lineal, conduciendo a la descripción de procesos circulares.

En todo sistema podríamos distinguir dos tipos de Retroalimentaciones:

- A. Retroalimentaciones Negativas (R -)
Su función reside en controlar las desviaciones del sistema y apoyar la estabilidad. Corresponde a las fuerzas homeostáticas, ver figura 2.8.4.

Figura 2.8.4 Retroalimentación negativa. (Sáez, 2009).

- B. Retroalimentaciones Positivas (R +)
Su función es facilitar el cambio y la transformación del sistema provocando un desequilibrio en el mismo y corresponde a las fuerzas morfogenéticas, ver figura 2.8.5.

Figura 2.8.5 Retroalimentación positiva, (Sáez, 2009).

Los Sistemas pueden cambiar de dos maneras:

- A. Sustituyendo patrones individuales o funciones, y manteniendo su estructura inalterable (cambio 1er. orden).
- B. Transformando las reglas y la estructura cualitativamente (cambio de 2º orden).

Los sistemas capaces de realizar cambios cualitativos (de 2º orden) tendrán más facilidad de adaptarse a las variaciones del entorno y por ende de aprender que los sistemas que solo admitan cambios de 1er. orden donde imperan las retroalimentaciones negativas.

Los cambios de 2º orden están en relación con la aparición de las retroalimentaciones positivas que tratan de alejar al sistema del equilibrio con el consiguiente aumento de las fluctuaciones y de la posibilidad de que alguna de ellas derivase en una nueva estructura (Estructuras disipativas).

La historia de la cibernética se divide en dos partes:

A. La Cibernética de 1er. orden, que a su vez tiene dos etapas:

- La 1ª Cibernética, donde los estudios inciden sobre los procesos de homeostasis.
- La 2ª Cibernética, cuyo objetivo de estudio fueron los procesos de desviación y su relación con la morfogénesis, el cambio y el desequilibrio.

B. La Cibernética de 2º orden o de los sistemas observantes, donde el acto de observar influye sobre lo observado y el observador forma parte del sistema. Se produce un cambio en el modelo, donde el conocimiento no implica una correspondencia con la realidad.

Teoría de la Comunicación

El estudio de la comunicación, entendida como intercambio de significados y símbolos entre individuos, ha sido elemento de preocupación desde hace muchos siglos, a partir de la 2ª guerra mundial cuando investigadores de diferentes disciplinas se dedican al estudio de los variados procesos y modos de comunicación.

Shannon y Weaver propusieron en 1949 un modelo de comunicación que incide sobre los aspectos lineales y cuantitativos de la misma, considerando que para que se produzca una comunicación deben tenerse en cuenta elementos como: emisor, canal, contenido y receptor, incorporando posteriormente dos conceptos. Primero el concepto de “Ruido” (que hace referencia a las perturbaciones en la claridad de la transmisión de la información), se asoció con la noción de entropía de la 2ª ley, ya que disminuía la integridad de la comunicación y producía desorden en los mensajes; y por último el concepto de Redundancia (repetición de elementos dentro de un mensaje) que trató de evitar el fracaso en la transmisión de la información y se asimiló con entropía negativa, favoreciendo la comunicación efectiva.

En síntesis, en el enfoque sistémico se mezclan conceptos derivados de la Teoría General de Sistemas, de la Teoría de la información, de la Cibernética y de la Teoría de la Comunicación, lo que implica entender los problemas y conflictos, como perturbaciones relacionales entre los elementos de un sistema y su entorno ambiental.

El modelo sistémico permite otra forma de visualizar la complejidad dinámica y evolutiva de los sistemas complementando los modelos lineales, que siguen teniendo vigencia.

Un modelo sistémico permite visualizar la complejidad de un mundo dinámico y las relaciones de sus elementos, porque lo ve de forma holística incluyendo sus interdependencias, cuenta con una serie de sencillas reglas que reducen las imprecisiones y mejoran la comprensión de situaciones dinámicas y complejas, y cuenta con herramientas visuales que facilitan la comunicación y la comprensión.

El enfoque sistémico parte de la premisa: Si no se sabe cómo obtener resultados, entonces es difícil determinar cómo obtener mejores resultados, ver figura 2.8.6.

Figura 2.8.6 Enfoque sistémico. (Sáez, 2009).

Las desventajas del modelo analítico es que al utilizar la visión de causa y efecto los elementos se mantienen siempre estrechamente relacionados en tiempo y espacio.

Al utilizar éste esquema, se simplifican las cosas creando relaciones lineales de causa efecto, y con ello se omiten importantes interacciones y relaciones entre muchos otros factores, ver figura 2.8.7.

Figura 2.8.7 Enfoque Lineal/analítico. (Sáez, 2009).

Se dificulta determinar la consecuencia de las acciones, cuando estás no se visualizan en el corto tiempo, y el lenguaje así como el tiempo se convierten en obstáculos para el pensamiento sistémico. (Sáez, 2009).

El modelo sistémico se rige por los siguientes principios:

1. Tener una Perspectiva Global.

Cambiar el pensamiento de sólo ver el evento a ver la estructura sistémica que está generando dicho evento o patrón, ver figura 2.8.8.

Figura 2.8.8 Principio de perspectiva global. (Sáez, 2009).

2. Equilibrio entre las perspectivas de corto y largo plazo.

Las decisiones se toman con base en evaluaciones de corto plazo que pueden llevarnos a crear obstáculos para el éxito a largo plazo.

3. Reconocer la naturaleza Dinámica, Compleja e Interdependiente de los Sistemas y sus elementos.

Cuando se trata de estructurar y simplificar, el pensamiento lineal lleva a realizar acciones que generan más problemas en el futuro y/o en otros elementos del sistema.

4. Se debe tomar en cuenta los aspectos cualitativos y cuantitativos, así como la diversidad de puntos de vista, los conocimientos, las perspectivas y las opiniones ya que son indispensables para entender el comportamiento de los sistemas y saber que los elementos tienen influencia y son influenciados por los sistemas de los cuales forman parte.

2.8.1.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS SISTEMAS

Todos los sistemas están insertos en un ambiente de acuerdo con el punto de vista que se estudie puede ser considerado:

- Suprasistema
- Sistema
- Subsistema

Los suprasistemas son aquellos cuyos componentes o elementos son varios sistemas y están interrelacionados e interconectados entre sí. Los subsistemas son cuando un componente es un sistema en sí mismo, y se pueden ver como sistemas completos, estableciendo jerarquías entre los sistemas. Un sistema se define como el conjunto de componentes que al interactuar e interrelacionarse entre sí, funcionan como un objeto, ver figura 2.8.9.

Figura 2.8.9 Características básicas de los sistemas. (Sáez, 2009).

CARACTERÍSTICAS SISTÉMICAS

El enfoque sistémico se utiliza para solucionar problemas, donde el objeto de estudio, forma parte de un sistema dinámico mayor y a su vez puede contener varios subsistemas. Tomando en cuenta las características fundamentales de un sistema, el enfoque sistémico permite ver cómo funciona el sistema con mayor precisión. Las características denominadas infra (en especial cuando se toman en su conjunto) influyen en el modo en que los sistemas responden a actores o intervenciones externas.

- **Auto-organización:** la dinámica del sistema surge espontáneamente de su estructura interna.
- **Cambio constante:** los sistemas se ajustan y reajustan en muchas escalas temporales interactivas.
- **Interconexión estrecha:** el alto grado de conectividad significa que un cambio en un subsistema afecta a los demás.
- **Retroalimentación:** respuesta positiva o negativa que puede alterar la intervención o los efectos previstos.
- **No linealidad:** las relaciones dentro de un sistema no se pueden ordenar según una simple línea de “entrada-salida”.
- **Dependencia:** los efectos a corto plazo de una intervención pueden diferir de los efectos a largo plazo.
- **Contraintuitivos:** causa y efecto suelen estar distantes en el tiempo y el espacio, lo que va contra la lógica de las soluciones que sitúan las causas cerca de los efectos que se pretenden abordar.
- **Resistencia al cambio:** las soluciones aparentemente obvias pueden fracasar o empeorar la situación.

El enfoque sistémico aporta herramientas para representar, evaluar y comprender la dinámica de un sistema, lo que permite anticiparse fácilmente los efectos que puede tener un cambio en el sistema. (Sandy, 2009).

Principio de la recursividad

Es la condición de que un sistema este compuesto a su vez de objetos que también son sistemas, lo que se traduce en que un sistema sea subsistema de otro más grande. Se representa como la jerarquización de todos los sistemas existentes unificando la realidad de los objetos.

Este principio se aplica a sistemas dentro de sistemas mayores, como una técnica de programación que puede utilizarse en lugar de la interacción, permite diseñar algoritmos recursivos que dan soluciones simples, y generalmente bien estructuradas y modulares, a problemas de gran complejidad.

Funcionalidad

El modelo sistémico, distingue 5 funciones:

1. Ambiente

- Conjunto de objetos exteriores que rodean, contienen e influyen al sistema
- Todos los sistemas existen en un ambiente o contexto
- El sistema no puede controlar al ambiente
- El ambiente afecta significativamente el desempeño o propiedades del sistema
- Entre el ambiente y el sistema existe una intensa interrelación e interdependencia
- El ambiente condiciona a los sistemas
- El sistema influye sobre el ambiente

2. Límites del sistema

- Define lo que le pertenece y lo que queda fuera del sistema
- El límite separa al sistema del ambiente
 - Puede ser de difícil definición
 - Pueden ser arbitrarios
 - Pueden ser subjetivos
- La permeabilidad de los límites determina el grado de apertura del sistema respecto del ambiente

3. Elementos de los sistemas

- Son sus Componentes
- Se interrelacionan de manera dinámica
- Conforman la estructura u organización del sistema
- Desde un punto de vista funcional, pueden definirse como las funciones que realizan cada uno de ellos.
- Los elementos que entran, son entradas (input)
- Los elementos que salen, son salidas (output)
- Los elementos que procesan o realizan transformaciones, son procesos (throughput).

Entradas

Son la manifestación de las interacciones del sistema con su ambiente, son cualquier ingreso desde el ambiente hacia el sistema que movilizan al sistema y se aplican recursos; como la energía, la materia prima, la información, etc.

Recursos

Son medios que poseen los sistemas, se utilizan para realizar las actividades necesarias para cumplir con los objetivos, se encuentran en el interior del sistema y pueden provenir del ambiente.

Retroalimentación

Es la corriente de control sobre las entradas, por lo que se busca detectar errores antes del ingreso al sistema y actúa como filtro antes del proceso, mejorando la eficiencia del sistema evitando procesamientos innecesarios.

Salidas (o resultados)

Son la consecuencia del proceso de transformación sobre las entradas, como cualquier elemento que sale desde el sistema hacia el ambiente (impactan sobre el ambiente) y se pueden conceptualizar como el propósito o razón de existir del sistema.

4. Proceso

Es la actividad que el sistema aplica sobre las entradas para transformarlas en salidas, se espera que el proceso agregue valor y utilidad a las entradas y puede ser realizado por componentes químicos, máquinas, personas, procedimientos administrativos, etc.

Atributos de un sistema

Son las propiedades y características de los elementos de un sistema y pueden ser:

- Cuantitativos o cualitativos
- Definidores o concomitantes

5. Interfaces

Son Interconexiones e interacciones entre subsistemas, que son la materialización de las entradas y las salidas.

Tipos de interrelaciones de los sistemas

- Relaciones simbióticas: Requeridas por los elementos del sistema para seguir funcionando.
 - Pueden ser unidireccionales o bidireccionales.
- Relaciones sinérgicas: Interrelación que produce un resultado conjunto mayor que la suma de los resultados individuales.
 - La sinergia es una propiedad de los sistemas.
- Relaciones superfluas: Generan un mecanismo de control para asegurar que el sistema continúe funcionando en condiciones diferentes.

COMPLEJIDAD DEL SISTEMA

Es la condición que presenta un sistema cuando se manifiestan las siguientes situaciones:

- Estar conformado por muchos elementos que interactúan de modo no simple.
- Desconocer sus causas, efectos o estructuras.
- Necesitar mucha energía, tiempo o información para ser manejados.
- Producir efectos indeseados o difíciles de controlar.

La complejidad puede ser vista como una propiedad resultante de:

- El número de elementos que lo componen.
- Los atributos de esos elementos.
- La cantidad de vínculos e interacciones.
- El nivel de organización implícita.

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

- Vivientes / No vivientes.
- Abstractos / Concretos.
- Abiertos / Cerrados / Más o menos permeables.
- Predictibles / Probabilísticos.
- Hombre-máquina.

MODELO FUNCIONAL (SUBSISTEMAS)

- 1) Función de producción: transformación de las corrientes de entrada del sistema en el bien y/o servicio que caracteriza al sistema. Su objetivo es la eficiencia técnica.
- 2) Función de apoyo: busca proveer al subsistema de producción, desde el medio, de los elementos necesarios para las transformaciones.
- 3) Función de mantenimiento: Encargada de lograr que las partes del sistema permanezcan funcionales dentro del sistema.
- 4) Función de adaptación: buscan llevar a cabo los cambios necesarios para sobrevivir en un ambiente cambiante.
- 5) Función de dirección: coordina las actividades de los restantes subsistemas.

Niveles de organización de los sistemas

- Recursividad es la propiedad de un ente de repetirse indefinidamente dentro de sí mismo.
- Un sistema es, por un lado, parte de sistemas más amplios (suprasistemas) y, por otro, está compuesto por sistemas menores (subsistema).
- Se puede pensar que la idea de recursividad permite establecer niveles entre los sistemas. (Domínguez, 2002).

2.8.2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO SISTÉMICO

Para la conceptualización del modelo se tomaron en cuenta los conceptos de ciencia, teoría y las relaciones que existen en la Teoría de sistemas, los cuales proveen de instrumentos que permiten analizar un entorno desde un punto de vista sistémico.

Figura 2.8.10 Instrumentos de análisis con enfoque sistémico.

Para el estudio de los fenómenos y para poder llegar a su comprensión se recurre al método científico con el que se generan teorías, técnicas y tecnologías que ayudan al entendimiento de los fenómenos, ver figura 2.8.11.

Figura 2.8.11 Comprensión de fenómenos a través del método científico. (Berger, 2008).

Para el desarrollo de una teoría en general, se siguen los siguientes pasos, de acuerdo a la figura 2.8.12:

Figura 2.8.12 Desarrollo de teorías. Elaboración propia.

Cuando ya se puede describir un fenómeno y puede representarse, se establecen las correlaciones y pueden realizarse predicciones, esto puede hacerse mediante la utilización de modelos, un modelo es la interpretación de una teoría, el cual articula las relaciones, provee de estructura de nexos de formas al fenómeno que pretende describir.

Figura 2.8.13 Conceptualización de un modelo. Elaboración propia.

Un modelo es la interpretación teórica para un fenómeno o cuestión específica, la ciencia pura organiza los conocimientos, las relaciones e interacciones a través de las teorías, en el caso de los modelos son el resultado de la organización de técnicas y tecnologías, los cuales son muestras de los procesos.

Para establecer el campo u horizonte de acción de un modelo se debe determinar la representación ya sea de un referente, de un sujeto de estudio o de un fenómeno.

La función de un modelo debe de obedecer a un propósito, el cual se teoriza a través de la ciencia y la tecnología, realizando una interpretación de la teoría, la cual provee de entendimiento; en segundo lugar se establece un patrón de conexiones conceptuales para entender el fenómeno estableciendo límites y desarrollando la capacidad de describir y articular con lógica el fenómeno o proceso para poder cualificar y cuantificar, en tercer lugar se debe estimular el crecimiento de la teoría con nuevas preguntas e investigaciones para evolucionar el conocimiento.

Un modelo debe ser consistente, tener coherencia interna, así como adecuarse a las experiencias de tal forma que se evite llegar a sistemas o soluciones excluyentes.

Los principales instrumentos para la conceptualización de un modelo son la investigación interdisciplinaria e intercultural, el desarrollo de capacidades locales de respuesta y adaptación, la independencia en la capacidad de adaptación así como brindar opciones tecnológicas de bajo costo que sean funcionales y prácticas. (Berger, 2008).

2.8.3 MODELO DE ZACHMAN

En 1987, John Zachman propuso una metodología diferente para el desarrollo de sistemas. En vez de representar el proceso como una serie de pasos, organizó el proceso desde el punto de vista de los actores, ésta representación la llevo a una matriz llamada “Framework” o matriz de trabajo, ver figura 2.8.14. (Hay, 2000).

Características:

- Lógica simple
- Estructura lógica
- Comprensible
- Con un lenguaje sencillo
- Es un herramienta
- Neutral

Arquitectura del Sistema de Información	¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Por qué?
Alcance						
Modelo del Sistema						
Modelo de Procesos y relaciones						
Modelo Tecnológico						
Componentes						
Funcionalidad del Sistema						

Figura 2.8.14 Matriz de Zachman. (Hay, 2000).

REGLAS PARA LLENAR LAS CELDAS

- Los renglones describen los roles o puntos de vista de los actores (Objetivos, Propietario, Arquitecto, Diseñador, Implementador y funciones)
- Las columnas describen los aspectos del proceso (¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Dónde?, ¿Quién?, ¿Cuándo? ¿Por qué?

REGLONES

- Renglón 1. Objetivo, propósito.
- Renglón 2. Propietario, modelo de negocio, incluye estructura, funciones organización, etc.
- Renglón 3. Arquitectura, modelo del sistema de información, detalla las funciones y características del sistema.
- Renglón 4. Diseñador, tecnología utilizada, lenguajes, bases de datos, interfaces, etc.
- Renglón 5. Implementador, especificaciones de lenguajes, bases de datos
- Renglón 6. Funcionamiento, como el sistema se implementa y es parte de la organización.

COLUMNAS

- Columna 1. Datos (¿Qué?)
- Columna 2. Función (¿Cómo?)
- Columna 3. Lugar (¿Dónde?)
- Columna 4. Gente (¿Quién?)
- Columna 5. Tiempo (¿Cuándo?)
- Columna 6. Motivos (¿Por qué?)

REGLAS

- Los renglones representan las perspectivas de los actores, es importante reconocer que el sistema se desarrolla por grupos con distintos puntos de vista.
- Existen dos puntos de vista uno describe la situación en términos de negocios y el otro los términos de arquitectura del sistema.
- La matriz es más que datos y funciones.
- No necesita documentación o transición explícita.
- La matriz es simple y en ella intervienen los puntos de vista de los diferentes actores.
- Por su organización, en si es un sistema de información.
- En la matriz se contemplan aspectos técnicos y funcionales.
- Es una herramienta, no una respuesta.

2.9 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a la revisión que se realizó del estado del arte para éste trabajo, la principal problemática que existe para el estudio de una zona costera es no verla como un sistema, sino sólo tratar de dar solución a un problema en específico, en ésta investigación se propuso tener un enfoque sistémico para su caracterización.

Por tal razón, el principal interés de éste análisis fue desarrollar una herramienta que al recopilar y analizar datos de fuentes de información sobre el ambiente físico, los factores ambientales, sociales, económicos y políticos, asociados a las distintas presiones que la interacción humana ejerce sobre los ecosistemas costeros, permita establecer un diagnóstico integral del entorno, la vulnerabilidad ante los riesgos costeros, sus impactos y la estimación de la capacidad de resiliencia de éstos sistemas.

ESTUDIOS RELACIONADOS

En el material “Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable” (Silva, 2014), se consolidaron datos en mapas y tablas que incluyen información sobre la caracterización, las riesgos y vulnerabilidades detectadas, así como información sobre el manejo de los impactos en dos sitios de estudio.

Se estableció una regionalización, los riesgos y grado de vulnerabilidad sobre las zonas costeras y que por tanto pueden ser aplicados así:

1. Zonificación.
2. Delimitación de límites marinos y terrestres.
3. Identificación de ambientes costeros.
4. Análisis de impactos en el desarrollo de obras y actividades por tipo de ambiente.
5. Descripción de información y análisis requeridos a nivel local.
6. Caracterización y clasificación costera a nivel local.
7. Identificación de los principales peligros.
8. Identificación de parámetros de vulnerabilidad.

De acuerdo a la revisión del estado del arte, al realizarse una caracterización no siempre se incluyen todas las amenazas existentes sobre las zonas costeras, debido en gran medida a las limitaciones de información. Además, se observó, que dos de las principales amenazas existentes para la región del Caribe y el Océano Pacífico no fueron incorporadas al análisis: el incremento en el nivel del mar por el efecto del cambio climático y la consideración del fenómeno de mar de fondo y todos los impactos que genera cuando éste se presenta.

Es sumamente difícil obtener datos exactos con los diferentes tipos de modelos y metodologías para el análisis de las diferentes problemáticas que se presentan en las zonas costeras; los modelos son siempre una aproximación a los posibles escenarios, sin embargo, entre mayor sea la información del entorno para el diagnóstico de un sistema costero así como de la identificación de los riesgos pueden establecerse, mayores y mejores medidas de mitigación ante los posibles impactos.

Capítulo 3.

Metodología para la caracterización de zonas costeras, basada en un modelo sistémico

3 METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ZONAS COSTERAS BASADA EN UN MODELO SISTÉMICO

3.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES DEL SISTEMA

Para la definición de variables del sistema es necesario tomar en cuenta las características de una zona costera desde el punto de vista de un sistema.

Las principales variables identificadas son:

Variables de entrada

Delimitación de la zona costera

1. Caracterización física
 - Clima
 - Variables meteorológicas
 - Precipitación
 - Viento
 - Presión atmosférica
 - Humedad relativa
 - Configuración Topográfica
 - Características Geológicas
 - Caracterización hidrodinámica
 - Oleaje
 - Mareas
 - Corrientes
 - Eventos extraordinarios
 - Sobreelevación por tormenta
 - Mar de fondo
 - Huracanes
 - Inundaciones
 - Incremento del nivel del mar por efecto del cambio climático
 - Morfología costera
 - Geodinámica costera
 - Oleaje
 - Corrientes
 - Mareas
 - Viento
 - Oleaje-viento
 - Oleaje-Corrientes
 - Oleaje-Marea
 - Oleaje-Oleaje
 - Transporte de sedimentos
 - Oleaje
 - Corrientes
 - Viento
 - Transporte litoral
 - Modos de transporte
 - Arrastre, Suspensión, Saltación y Rodamiento

- Procesos costeros
 - Erosión
 - Acreción
 - Equilibrio
- 2. Caracterización ecológica
 - Manglares y Pastos Marinos
 - Humedales
 - Dunas
 - Lagunas costeras
 - Macro algas
 - Arrecifes coralinos
- 3. Escalas de tiempo-espacio
 - Micro escala (segundos a días, de 0 a 1 Km²)
 - Meso escala (días a 1 año, de 1 a 10 Km²)
 - Macro escala (meses a menos de 100 años, de 10 a 100 Km²)
 - Mega escala (más de 10 años a 1000 años, de más de 100 a 1000 Km²)
 - Meta escala (más de 1000 años, más de 1000 Km²)
- 4. Procesos ecológicos
- 5. Escalas espaciales
 - Sitio (Hectáreas)
 - Paisaje (Varios sitios, de 10 Km² a varios miles de Km²)
 - Eco-región (Varios paisajes interconectados e interrelacionados)
- 6. Posición de la costa
 - Comportamiento regresivo
 - Comportamiento transgresivo
 - Comportamiento estable
- 7. Procesos dominantes
 - Domina marea (alto)
 - Domina marea (bajo)
 - Energía mixta (domina marea)
 - Energía mixta (domina oleaje)
 - Domina oleaje

3.2 DEFINICIÓN DE RELACIONES DEL SISTEMA

Servicios ambientales

- Servicios de provisión y abastecimiento
- Servicios de regulación
- Servicios culturales
- Servicios de soporte

Vulnerabilidad costera

- Vulnerabilidad a erosión
- Vulnerabilidad a inundación costera
- Vulnerabilidad a erosión e inundación costera
- Vulnerabilidad de contaminación

Estrategias de mitigación

- Estrategia de acomodación o retirada.
- Estrategia de prevención y corrección
- Estrategia de protección y defensa.
- Estrategia de regeneración
- Estrategia nula.

Riesgos costeros

1.- Riesgos naturales

- Erosión costera.
- Inundaciones costeras.
- Cambio climático.
- Incremento del nivel del mar.
- Viento.
- Tsunami.

2.- Riesgos por actividades antropogénicas

- Desarrollo costero.
- Industria costera y puertos.
- Agricultura.
- Turismo y usos recreativos.
- Industria pesquera y acuicultura.
- Actividades mar adentro.
- Cambios en la calidad del agua.

FUENTE: (Goda, 1995), (Silva, 2014).

3.3 DEFINICIONES DEL SISTEMA

SERVICIOS AMBIENTALES

Los servicios ambientales son los beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas proveen a la sociedad, de manera natural o a través del manejo sustentable. Por lo tanto, el fundamento de los servicios ambientales se encuentra en los componentes y procesos que integran los ecosistemas.

Entre los principales servicios ambientales destacan:

- La regulación del clima y el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales.
- El abastecimiento de agua en calidad y cantidad suficientes.
- La generación de oxígeno.
- El control de la erosión, así como la generación, conservación y recuperación de suelos.
- La captura de carbono y la asimilación de diversos contaminantes.
- La protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y las formas de vida.
- La polinización de plantas y el control biológico de plagas.
- La degradación y el reciclaje de desechos orgánicos.
- La belleza del paisaje y la recreación.

Los servicios ambientales son los procesos y las funciones de los ecosistemas que influyen directamente en el mantenimiento de la vida y generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades.

FUNCIONES DE LOS ECOSISTEMAS

Todo ecosistema, natural o artificial, presenta funciones específicas como resultado de la interacción de sus componentes vivos (organismos productores y consumidores) y sus elementos no vivos o abióticos (suelo, sedimentos, aire, agua). Estas funciones (procesos particulares de naturaleza química, física, biológica y ecológica) pueden clasificarse en cuatro categorías:

1. Funciones de regulación. Se relacionan con la capacidad natural de los ecosistemas para ajustar y mantener procesos ecológicos esenciales en el mantenimiento de la vida. Como ejemplo están todos los ciclos naturales de la materia (bio-geo-químicos), incluidos los del agua, carbono, oxígeno y nitrógeno. El mantenimiento de estos ciclos es importante en términos ecológicos.
2. Funciones de hábitat. Los ecosistemas proveen a plantas, animales y microorganismos de espacio para el refugio, la reproducción u otras fases de su ciclo biológico. Estas funciones son fundamentales para el mantenimiento de la diversidad biológica y genética in situ.

3. Funciones de producción. Se refieren principalmente a la biomasa que producen los organismos vivos, e incluyen procesos de fijación de nutrientes, conversión de energía (solar a química) y transformación de energía en materia (sobre todo producción de carbohidratos).

4. Funciones de información. Son las funciones relacionadas con los mecanismos de la herencia: las que resultan de la evolución natural de las especies. Constituyen todo el reservorio genético de la vida. Incluyen también la información de la interacción de los organismos con su entorno, información que se almacena a lo largo del tiempo.

FUENTE: SEMARNAT, INTRODUCCIÓN A LOS SERVICIOS AMBIENTALES, SERIE: SABER PARA PROTEGER, ED. POSEIDÓN. ÁLVAREZ PÉREZ DUARTE, M. ET AL, MÉXICO, 2003.

VULNERABILIDAD COSTERA

La vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos, depende del carácter, magnitud y rapidez de los riesgos expuestos al sistema, de su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

La vulnerabilidad se calcula de acuerdo a la fórmula general, que incluye:

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Exposición} \times \text{Sensibilidad} / \text{capacidad adaptativa}$$

La vulnerabilidad y la exposición varían en el tiempo y en distintos contextos geográficos. Los cambios en el contexto socioeconómico tienen una influencia significativa en el resultado de las crisis asociados con los peligros relacionados con la materialización de las amenazas al sistema.

Para la evaluación de la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación, se toman en cuenta las interrelaciones entre los sistemas biofísicos con los socioeconómicos por lo cual se debe incorporar el capital natural, humano, social, cultural, físico construido y el capital financiero.

ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

Ante la materialización de un riesgo, se pueden tomar las medidas de evitarlo, mitigarlo, asumirlo o transferirlo.

Las estrategias de mitigación son las medidas de intervención las cuales están dirigidas a minimizar o atenuar el riesgo. Son el resultado de la combinación de una decisión política y social en relación con la aceptación de un nivel de riesgo, ya que en el caso de zonas costeras es difícil evitar o transferir un riesgo, en general o se asumen con el costo social y económico que esto representa o bien se busca mitigarlo con planes y programas.

Dentro de las principales estrategias de mitigación en zonas costeras se tienen:

- Rellenos de playa
- Regulación
- Estructuras de protección costera
 - Espigones
 - Escolleras
 - Rompeolas
 - Muros, revestimientos y gaviones
 - Otros sistemas (Hidráulicos, Geotubos, Estructuras biodegradables, mallas geotextiles, etc.)
- Restauración de ambientes naturales en la playa
- Manejo de recursos costeros

FUENTE: (Salles, 2014).

RIESGO COSTERO

El riesgo se define como la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un suceso dado y de la magnitud de sus consecuencias, se considera la frecuencia con que se presentan ciertos estados o eventos así como la magnitud de las consecuencias probables asociadas a la exposición a dichos estados o eventos de los bienes, personas, ecosistemas o actividades desarrolladas en la zona.

El riesgo costero se define como la expectativa de pérdidas (personales, daños materiales, perjuicios económicos, degradación ambiental) que podría producir un peligro particular de origen natural o humano en una zona costera y durante un período concreto. La severidad de estos riesgos potenciales depende fundamentalmente del nivel de vulnerabilidad y exposición al peligro (tormenta, vertido, erosión, impacto del oleaje), así como del valor de los bienes e intereses que podrían verse afectados. (Red Atlántica para la Gestión de los Riesgos Costeros, ANCORIM (Atlantic Network for Coastal Risk Management), Francia, 2012).

El riesgo resulta de la interacción de los peligros o amenazas con la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas humanos y naturales. Los cambios, tanto en el sistema natural y en los procesos socioeconómicos, incluyendo la adaptación y la mitigación son los conductores de los peligros, exposición y vulnerabilidad. (Consejo para el Cambio Climático, 2014).

TIPOS DE RIESGOS COSTEROS

Los principales riesgos costeros son:

1.- Riesgos naturales

- Erosión costera: se produce principalmente debido a vientos fuertes, grandes olas, mareas intensas y tormentas; pueden provocar un retroceso de la línea de costa y daños a infraestructuras.
- Inundaciones costeras: la ruptura o superación de medios de protección natural o artificial ante crecidas de ríos, tormentas y mareas provoca inundaciones costeras.
- Cambio climático: el clima influye en todo el ecosistema y puede suponer importantes riesgos que amenazan elementos básicos para la vida, como el suministro de agua, la producción agrícola, la salud o la seguridad.
- Incremento del nivel del mar: las causas pueden ser principalmente humanas, pero también naturales. Este fenómeno puede provocar inundaciones y variaciones en la línea de costa.
- Viento: la presencia de infraestructuras costeras las hace más expuestas a los vientos fuertes.
- Tsunami: es una ola gigante marítima provocada por un terremoto, erupción volcánica o deslizamiento de tierra. En Europa estos eventos son muy poco frecuentes, sin embargo históricamente se han registrado algunos eventos.

2.- Riesgos por actividades antropogénicas

- Desarrollo costero: incremento de la presión urbanística, infraestructuras y, en general, bienes y personas. Puede suponer una presión excesiva sobre los recursos.
- Industria costera y puertos: las ventajas de la comunicación por mar han atraído a numerosas empresas. Algunas de ellas son fuentes potenciales de vertidos o contaminación. También la ampliación de los puertos, para instalaciones económicas o de ocio, pueden invadir áreas de gran valor medioambiental y aislar sistemas naturales interdependientes.

- Agricultura: la agricultura intensiva puede reducir hábitats, disminuir la biodiversidad, reducir el caudal fluvial o subterráneo y sus residuos pueden modificar la composición del agua.
- Turismo y usos recreativos: aumenta la presión en las áreas de interés ecológico y puede suponer un uso intensivo de los recursos.
- Industria pesquera y acuicultura: la sobrepesca ha sido a menudo fuente de controversia, ciertas artes pesqueras y la acuicultura pueden alterar los hábitats.
- Actividades mar adentro: como extracción de petróleo y gas, extracción de áridos o instalación de parques eólicos marinos alteran el hábitat, además pueden ser fuente de contaminación y vertidos.
- Cambios en la calidad del agua: la gestión de residuos domésticos e industriales pueden afectar a la calidad del agua. La calidad del agua puede verse afectada por los materiales arrastrados de las zonas agrícolas o cambios realizados en los cauces de los ríos y marismas.

IMPACTO COSTERO

Es el efecto sobre los sistemas naturales y humanos. Se refiere a los efectos sobre la vida, los medios de vida, la salud, los ecosistemas, las economías, las sociedades, las culturas, los servicios y la infraestructura debido a la interacción de los cambios o fenómenos que afectan dentro de un período de tiempo específico y la vulnerabilidad de una sociedad o sistema expuesto.

Los impactos son las consecuencias y los resultados, como en los sistemas geofísicos, se presentan las inundaciones, sequías y aumento del nivel del mar.

INSTRUMENTOS JURÍDICOS Y NORMATIVOS

Entre los ordenamientos aplicables a la preservación, protección y aprovechamiento de los recursos naturales, cuya vigilancia corresponde a la PROFEPA, se encuentran:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2013).
- Ley General de Bienes Nacionales
- Ley Federal de Derechos
- Ley Federal de Procedimiento Administrativo
- Ley General de Vida Silvestre
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Código Penal Federal
- Reglamento de la LGEEPA en materia de Impacto Ambiental

- Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.
- Reglamento de la LGEEPA en materia de Áreas Naturales Protegidas
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico
- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Normas Oficiales Mexicanas en materia de recursos naturales
- Decretos y programas de Manejo de las Áreas Naturales Protegidas más representativas del país.

Marco Legal

Los Programas de Ordenamiento Ecológico establecen las políticas ambientales, los criterios ecológicos y las vocaciones de uso del suelo aplicables al desarrollo prioritario o ambientalmente críticos, políticas y criterios, que deben ser observados por las autoridades encargadas de regular el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, la localización de las actividades productivas y de los asentamientos humanos.

Con la expedición del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del 21 de enero de 2003, se consolidan las atribuciones de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, otorgando facultades para vigilar a nivel federal que las autoridades competentes consideren las disposiciones contenidas en los Programas de Ordenamiento Ecológico de competencia federal, previo al otorgamiento de las autorizaciones correspondientes, para el uso del suelo y el aprovechamiento de los recursos naturales, ver figura 3.3.1, (LGEEPA, 2013).

Figura 3.3.1 Instrumentos de Política Ambiental en México. (LGEEPA, 2013).

3.4 CONCEPTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

A continuación se presentan conceptos que se utilizaron como parte de la metodología, con el fin de tener un lenguaje claro y unificado en el desarrollo de la misma.

EXPOSICIÓN

La exposición es lo que está en riesgo por los efectos no deseados y los cambios que el sistema tendrá que enfrentar. La exposición, se define como todo aquello en el ecosistema que podría verse afectado de manera adversa.

SENSIBILIDAD

Es el grado que tienen los efectos de un cambio en el sistema, se define como el grado en que se ve afectado un sistema, ya sea de manera adversa o benéfica, por estímulos relacionados con la exposición de un riesgo.

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Es la capacidad de un sistema para ajustarse a los cambios, la variabilidad de los agentes que pueden modificar al sistema y los eventos extremos. Son las iniciativas y medidas dirigidas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio al sistema costero. Los diferentes tipos de adaptación son: preventiva y reactiva, privada y pública, y autónoma y planificada.

RESILIENCIA

Es la capacidad de un sistema social o ecológico para absorber una alteración sin perder ni su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni su capacidad de auto-organización, ni la capacidad de adaptación al estrés y al cambio.

Para la existencia de un desarrollo sostenible en una zona costera lo ideal es que las relaciones dinámicas entre los aspectos sociales, económicos y ambientales interactúen y permitan que el sistema se encuentre estable y en equilibrio, ver figura 3.4.1.

Figura 3.4.1 Desarrollo sostenible. (LGEEPA, 2013).

Para la caracterización sistemática de las zonas costeras, es necesario tomar en cuenta el nivel espacial/territorial, las principales interacciones e intercambios entre los sistemas sociales y ambientales, su gestión integrada en el corto, mediano y largo plazo y sobre todo el diagnóstico económico, social y ambiental, con ello se puede evaluar el nivel de resiliencia en cada uno de éstos aspectos, ver figura 3.4.2.

Figura 3.4.2 Resiliencia y Zonas costeras. Elaboración propia.

Es importante considerar que para que una zona costera sea considerada como un sistema sostenible, se debe considerar el grado de estabilidad y de resiliencia y que en muchos de los casos los modelos de desarrollo que incrementan el desarrollo del sector económico pueden estar actuando en contra de la sostenibilidad de la zona ya que no hay equilibrio con los otros dos sectores.

Por ello se considera que la resiliencia es multidimensional ya que se integra por los sectores económico, social y ambiental, ver figura 3.4.3.

Figura 3.4.3 Sectores que integran la Resiliencia. (Berger, 2008).

La resiliencia es la antesala del desarrollo sostenible en una zona costera, al tener instrumentos efectivos en cada una de las dimensiones que permitan al sistema, si bien no mantenerse en equilibrio, si reaccionar de forma positiva a los impactos ya que éstos están contemplados y existen planes y programas que permiten al sistema recuperarse o reorganizarse de forma positiva, ver figura 3.4.4.

Figura 3.4.4 Instrumentos para la Resiliencia adaptativa. Elaboración propia.

La resiliencia adaptativa es el concepto que interconecta el crecimiento económico sostenido, basado en una ideología capitalista y el desarrollo humano sostenible, basado en el compromiso de asegurar y garantizar la calidad de vida de la especie a largo plazo (Berger,2008).

PLAN DE RESPUESTA A RIESGOS

Para reducir el impacto negativo de la materialización de los riesgos, es necesario identificar las áreas de oportunidad que se pueden aprovechar y controlar las amenazas en medida de lo posible o al menos tener un plan de respuesta que permita aminorar su impacto.

La parte fundamental de un plan de riesgos es prever las amenazas y sus impactos para tomar acciones a tiempo en lugar de improvisar y dar soluciones que estén fuera de tiempo o que sean soluciones parciales que al final impliquen una nueva problemática o en el peor de los casos una problemática mayor a la inicial.

Para ello se utilizan como herramientas el Catálogo de Riesgos y el Catálogo de Estrategias de Mitigación, basado en las respuestas a riesgos, que permite visualizar que ante la materialización de un riesgo y su impacto los posibles planes de acción. Ambos planes se presentan más adelante.

RESPUESTAS	DESCRIPCIÓN
EVITARLO	Eliminar la causa, no aceptar el riesgo.
REDUCIRLO	Controlar y reevaluar los riesgos, tomar las medidas necesarias como el desarrollo de planes y programas de contingencia.
ASUMIRLO	Aceptar las consecuencias ante una inminente materialización del riesgo
TRASFERIRLO	Compartir los riesgos parcialmente con otros o transferirlos en su totalidad, como la utilización de seguros, fianzas, solicitud de fondos de ayuda o emergencia.
OBTENER MAYOR INFORMACIÓN	Desarrollar pruebas y simulacros que permitan anticiparse al riesgo y en caso de que se presente evaluar la mejor respuesta posible para disminuir los impactos

La utilidad de ésta herramienta es además de anticiparse a los riesgos, es asignar responsables de las respuestas para una acción pronta y eficaz por lo que se propone que para cada riesgo se presente una respuesta lo que permite desarrollar planes de contingencia al igual que la entidad responsable de dicha respuesta.

La propuesta es que las zonas costeras cuenten con un Plan de Respuesta a Riesgos, adicional a la caracterización física.

PUNTAJES E INTERPRETACIÓN

Estos puntajes se utilizan para el análisis cualitativo donde al multiplicarse se puede calcular el factor de exposición de cada riesgo y con ello darles prioridad.

Probabilidad	
Alta	3
Media	2
Baja	1

Impacto	
Alto	3
Medio	2
Bajo	1

3.5 DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ZONAS COSTERAS BASADA EN UN MODELO SISTÉMICO

Para el desarrollo de la definición del modelo sistémico aplicado a la caracterización de zonas costeras, primero se estableció el modelo analítico con el que comúnmente se abordan los problemas costeros, se hace énfasis que éste pensamiento lleva a abordar el problema que se presenta en forma aislada y el trabajo se enfoca en solucionar el problema sin tomar en cuenta que la problemática en zonas costeras es multidimensional y multidisciplinaria y se enfoca en muchas de las veces sólo el punto de vista físico, por ello los problemas que surgen a construirse una obra y encontrar todos los efectos e impactos en las actividades antropogénicas, la oposición y resistencia al cambio, ver figura 3.5.1.

Figura 3.5.1 Enfoque analítico en zonas costeras. Elaboración propia.

De acuerdo a las variables de entrada y de salida y a las interrelaciones se realiza la presentación del sistema.

Figura 3.5.2 Enfoque sistémico en zonas costeras. Elaboración propia.

La metodología que se propone es:

1. Definición de la zona de estudio.
2. Definición de actores que intervienen en el sistema.
3. Definición de las relaciones del sistema.
4. Elaboración de matriz de riesgo.
5. Determinación de índices de vulnerabilidad y resiliencia.
6. Caracterización de la zona costera.

Figura 3.5.3 Metodología para la caracterización de zonas costeras.
Elaboración propia.

A. DEFINICIÓN DE PLANTILLAS

1. DELIMITACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO

Para la delimitación de la zona de estudio se propone la utilización de los formatos de campo del apartado 7, los cuales se muestran a continuación.

FORMULARIO DE ANÁLISIS PRELIMINAR PARA CARACTERIZACIÓN DE ZONAS COSTERAS.

Playa: _____ Costa: _____ Área: _____

Concepto	Fuente	Comentarios																
Características de Tierra	Mapas	<p>Señale la característica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Costa plana que empieza desde la playa ☐ Marismas, lagunas y lagos colindantes a la costa ☐ Mesetas elevadas desde la costa con pendientes inclinadas ☐ Montañas o colinas cercanas a la costa ☐ Otro (describa) _____ 																
Características de costa	Mapas y cartas	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Líneas de costa que se extienden en una línea recta o una curva suave ☐ Línea de costa formando curvas con grandes retrocesos ☐ Línea de costa compuesta por un bloque de playas divididas por salientes ☐ El sitio se localiza cerca de la desembocadura de un río o laguna ☐ Otro (describa) _____ 																
Batimetría	Cartas y fotografías	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Gradiente aproximado del fondo: _____ 0-10m _____ 10-100m ☐ Contorno de la profundidad: __relativamente recto__ __complicado__ __sin determinar__ ☐ Barras __barra simple__ __múltiples barras__ __imperceptible__ 																
Mareas	Cartas y referencias	<p>Niveles de marea:</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Pleamar máxima registrada</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel de pleamar media superior</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel de pleamar media</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel medio del mar</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel de media marea</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel de bajamar media</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Nivel de bajamar media inferior</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Bajamar mínima registrada</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table> <p>Corrientes de marea: Magnitud: _____ m/s Dirección: _____</p>	Pleamar máxima registrada	<input type="text"/>	Nivel de pleamar media superior	<input type="text"/>	Nivel de pleamar media	<input type="text"/>	Nivel medio del mar	<input type="text"/>	Nivel de media marea	<input type="text"/>	Nivel de bajamar media	<input type="text"/>	Nivel de bajamar media inferior	<input type="text"/>	Bajamar mínima registrada	<input type="text"/>
Pleamar máxima registrada	<input type="text"/>																	
Nivel de pleamar media superior	<input type="text"/>																	
Nivel de pleamar media	<input type="text"/>																	
Nivel medio del mar	<input type="text"/>																	
Nivel de media marea	<input type="text"/>																	
Nivel de bajamar media	<input type="text"/>																	
Nivel de bajamar media inferior	<input type="text"/>																	
Bajamar mínima registrada	<input type="text"/>																	
Oleaje	Referencias	<p>Oleaje dominante:</p> <p>__distante__ __por monzones__ __por ciclones__ __sin clasificar__</p> <p>Dirección predominante: _____</p> <p>Intensidad: __moderada (0-3m)__ __media(3-6m)__ __severa (+ 6m)__ __sin clasificar__</p>																
Ríos	Mapas y datos hidrológicos	<p>Nombres de ríos con aporte de sedimentos: _____, __ninguno</p> <p>Configuración de la desembocadura: __simple__ __múltiple (delta)__</p> <p>Datos del río: Área de la cuenca _____ Km²; descarga _____ m³/s Gradiente del fondo: _____ m ; sedimentos _____ m³/año</p>																

FORMULARIO INSPECCIÓN DE CAMPO

Playa: _____ Costa: _____ Área: _____

Concepto	Comentarios
Configuración de la Playa	<p>Señale la característica:</p> <p>Extensión de la playa: ☐ corta ☐ media ☐ larga</p> <p>Características especiales:</p> <p>☐ con cuspatas, distancia entre cuspatas _____ m</p> <p>☐ con tómbolo, la línea avanza hacia: ☐ izquierda ☐ derecha ☐ sin diferencia</p> <p>☐ con espigones y escolleras, la línea avanza: ☐ izquierda ☐ derecha ☐ sin diferencia</p> <p>☐ otro (describa): _____</p>
Perfil de playa	<p>Playa compuesta por: ☐ arena ☐ gravillas ☐ rocas ☐ otro: _____</p> <p>Tamaño de la arena de cara a la superficie: ☐ fina ☐ media ☐ gruesa</p> <p>Tamaño de la arena debajo de la superficie: ☐ fina ☐ media ☐ gruesa</p> <p>Pendiente de la playa: _____</p> <p>Elevación de la zona de mareas: _____ m</p> <p>Ancho de la arena en playa: _____ m</p> <p>Depósito de madera flotante: _____</p> <p>Distancia desde la línea de playa: _____ m elevación: _____ m</p>
Características de la costa detrás de la línea de playa	<p>Montículos: elevación _____ m</p> <p>Árboles y arbustos: elevación _____ m</p> <p>Dunas de arena: elevación: _____ m</p> <p>Otros (describa) _____</p>

FORMULARIO ENTREVISTAS DE CAMPO

Playa: _____ Costa: _____ Área: _____

Concepto	Comentarios
Vientos	<p>Mes de mayor viento: _____</p> <p>Dirección y velocidad del viento más fuerte: _____</p> <p>Dirección del viento que prevalece en el año: _____</p>
Oleaje	<p>Meses de calma: _____</p> <p>Meses de oleaje fuerte: _____</p> <p>Altura aprox. del oleaje fuerte: _____ m</p> <p>Frecuencia de tormentas al año: _____</p> <p>Altura aprox. de olas de tormenta: _____ m</p>
Playa	<p>La línea de costa se mueve según la estación del año: ☐ si ☐ no</p> <p>Cambios en las barras de arena y desembocadura del río según las estaciones: ☐ si ☐ no</p> <p>Variación en la línea de costa a ambos lados de las estructuras debidas a cambios de estación: ☐ si ☐ no</p> <p>Cambios bruscos en la línea de playa en las últimas décadas: ☐ si ☐ no</p> <p>Cambios en la posición de montículos, árboles o arbustos en las últimas décadas: ☐ si ☐ no</p>
Desastres	<p>Describa el peor desastre en la localidad:</p> <p>_____</p> <p>Fecha: _____ magnitud de daños: _____</p> <p>Registro de cambio de nivel del agua debido al desastre: _____</p> <p>Referencia: _____</p>

2. MATRIZ DE TABAJO (FRAMEWORK)

Arquitectura del sistema	¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Por qué?
Alcance						
Modelo del sistema						
Modelo de Procesos y relaciones						
Modelo Tecnológico						
Componentes del sistema						
Funcionalidad del sistema						

3. DEFINICIÓN DE VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL SISTEMA

Figura 3.5.4 Variables en la zona costera. Elaboración propia.

DEFINICIÓN DE ACTORES DEL SISTEMA

Los principales actores del sistema son:

- El sistema costero, integrado por todos sus componentes físicos, ambientales, sociales, jurídicos, políticos, económicos, etc.
- Instrumentos de regulación ambiental, social, jurídica, política, económica, etc.
- Administración Pública (federal, estatal y municipal)
- Población costera
- Usuarios comerciales
- Usuarios turísticos
- Sector laboral
- Organizaciones Ambientales, sociales y empresariales
 - Sector Académico (Universidades y bachilleratos tecnológicos)
 - Sector Científico (Centros de investigación)

Figura 3.5.5 Definición de actores del Sistema. Elaboración propia.

4. CATÁLOGO DE RIESGOS

ID	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO
R-1	Riesgos naturales
R-1.1	Erosión costera
R-1.2	Inundaciones costeras.
R-1.3	Incremento del nivel del mar por efecto del Cambio climático.
R-1.4	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta.
R-1.5	Vientos fuertes.
R-1.6	Tsunami.
R-1.7	Incremento de corrientes por efecto de Mar de fondo
R-2	Riesgos por actividades antropogénicas
R-2.1	Desarrollo costero
R-2.2	Industria costera y puertos.
R-2.3	Agricultura
R-2.4	Turismo y usos recreativos.
R-2.5	Industria pesquera y acuicultura.
R-2.6	Actividades mar adentro.
R-2.7	Cambios en la calidad del agua (Contaminación).

5. IMPACTOS POR EFECTO DE RIESGOS COSTEROS

- Cambio de uso de suelo.
- Destrucción de la vegetación y alteración del hábitat.
- Afectaciones a la flora y fauna.
- Emisión de ruidos y vibraciones.
- Alteración de dunas costeras.
- Cambios en la topografía y el paisaje.
- Afectaciones a la hidrología superficial.
- Descargas de aguas residuales.

6. ACTIVIDADES EN LA ZONA COSTERA

- Construcción de infraestructura básica,
 - Obras de protección costera
 - Obras portuarias
 - Vías de comunicación
 - Marinas y obras complementarias.
- Pesca
- Extracción petrolera
- Turismo (Construcción de hoteles, condominios, campos de golf, etc.)
- Desarrollo urbano
- Actividades Comerciales
- Actividades Portuarias
- Industriales y mineras
- Actividades económicas

7. CATÁLOGO DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

ID	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN
M-1	Rellenos de playa
M-2	Regulación
M-3	Estructuras de protección costera
M-3.1	<ul style="list-style-type: none">• Espigones
M-3.2	<ul style="list-style-type: none">• Escolleras
M-3.3	<ul style="list-style-type: none">• Rompeolas
M-3.4	<ul style="list-style-type: none">• Muros, revestimientos y gaviones
M-3.5	<ul style="list-style-type: none">• Otros sistemas (Hidráulicos, Geotubos, Estructuras biodegradables, mallas geotextiles, etc.)
M-4	Restauración de ambientes naturales en la playa
M-5	Manejo de recursos costeros
M-5.1	<ul style="list-style-type: none">• Planes
M-5.2	<ul style="list-style-type: none">• Programas
M-5.3	<ul style="list-style-type: none">• Políticas

8. ANÁLISIS CUALITATIVO

R.ID	DESCRIPCIÓN DE RIESGOS	PROBABILIDAD	IMPACTO	EXPOSICIÓN	VULNERABILIDAD
R-1	Riesgos naturales				
R-1.1	Erosión costera				
R-1.2	Inundaciones costeras.				
R-1.3	Incremento del nivel del mar por efecto del Cambio climático.				
R-1.4	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta.				
R-1.5	Vientos fuertes.				
R-1.6	Tsunami.				
R-1.7	Incremento de corrientes por efecto de Mar de fondo				
R-2	Riesgos por actividades antropogénicas				
R-2.1	Desarrollo costero				
R-2.2	Industria costera y puertos.				
R-2.3	Agricultura				
R-2.4	Turismo y usos recreativos.				
R-2.5	Industria pesquera y acuicultura.				
R-2.6	Actividades mar adentro.				
R-2.7	Cambios en la calidad del agua (Contaminación).				

Puntuación: Alta=3, Media= 2 y Baja=1

8.1 MATRIZ DE RESILIENCIA

R.ID	DESCRIPCIÓN DE RIESGOS	RESILIENCIA SOCIAL	RESILIENCIA AMBIENTAL	RESILIENCIA ECONÓMICA
R-1	Riesgos naturales			
R-1.1	Erosión costera			
R-1.2	Inundaciones costeras.			
R-1.3	Incremento del nivel del mar por efecto del Cambio climático.			
R-1.4	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta.			
R-1.5	Vientos fuertes.			
R-1.6	Tsunami.			
R-1.7	Incremento de corrientes por efecto de Mar de fondo			
R-2	Riesgos por actividades antropogénicas			
R-2.1	Desarrollo costero			
R-2.2	Industria costera y puertos.			
R-2.3	Agricultura			
R-2.4	Turismo y usos recreativos.			
R-2.5	Industria pesquera y acuicultura.			
R-2.6	Actividades mar adentro.			
R-2.7	Cambios en la calidad del agua (Contaminación).			

Puntuación: Alta=3, Media=2, y Baja=1

9. MATRIZ DE ANÁLISIS CUANTITATIVO

R.ID	DESCRIPCIÓN DE RIESGOS	EXPOSICIÓN	COSTO MEDIO (MDP)
R-1	Riesgos naturales		
R-1.1	Erosión costera		
R-1.2	Inundaciones costeras.		
R-1.3	Incremento del nivel del mar por efecto del Cambio climático.		
R-1.4	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta.		
R-1.5	Vientos fuertes.		
R-1.6	Tsunami.		
R-1.7	Incremento de corrientes por efecto de Mar de fondo		
R-2	Riesgos por actividades antropogénicas		
R-2.1	Desarrollo costero		
R-2.2	Industria costera y puertos.		
R-2.3	Agricultura		
R-2.4	Turismo y usos recreativos.		
R-2.5	Industria pesquera y acuicultura.		
R-2.6	Actividades mar adentro.		
R-2.7	Cambios en la calidad del agua (Contaminación).		

Puntuación: Alta=3, Media=2, y Baja=1
MDP.- Millones de Pesos

10. ANÁLISIS FORTALEZAS-OPORTUNIDADES- DEBILIDADES- AMENAZAS (FODA (DAFO)).

El análisis FODA (DAFO) es una herramienta que puede ser aplicada a cualquier situación, individuo, producto, empresa, sistema, etc., que funcione como un objeto de estudio en un momento determinado del tiempo.

Es la fotografía de la situación actual del objeto que se estudie, las variables que intervienen en la matriz que se utiliza para el análisis, son propias del instante en que se desarrolle dicha herramienta, la principal aportación es su utilidad en la toma de decisiones estratégicas para la elaboración de un plan que permita conocer el grado de vulnerabilidad en este caso de la zona costera, así como la capacidad de reorganizarse y recuperarse ante los impactos negativos.

Como parte de la metodología, es recomendable realizar periódicamente este tipo de análisis tomando como punto de comparación el primer análisis, y ver el cambio del sistema y si las acciones tomadas, se dirigen a impactos positivos en el sistema, debido a que los componentes, los actores y las interrelaciones son en extremo dinámicas, cambiando en el tiempo y el espacio.

La importancia de este análisis radica en conocer si la zona costera será capaz de afrontar los cambios, el grado de adaptación a los mismos pero sobre todo que la zona costera siga manteniendo la estabilidad y su equilibrio.

Fortalezas Capacidades del sistema costero, que le permiten mantener su equilibrio e incrementar los servicios ambientales que proporciona. Son los recursos que se controlan, las capacidades y actividades que se desarrollan positivamente, etc.

Oportunidades Factores positivos, favorables, explotables, que impactan de forma positiva a la zona costera, y que incrementan los recursos y servicios ambientales mejorando y preservando el sistema.

Debilidades Factores que impactan de forma negativa al sistema, o que al disminuir ponen en peligro el equilibrio del sistema, son también recursos de los que se carece o actividades que no se desarrollan de forma positiva.

Amenazas Condiciones del entorno que ponen en peligro el equilibrio, la estabilidad, la capacidad de adaptación y la subsistencia de la zona costera como sistema.

Se proponen las variables que se deben tener en cuenta al momento de analizar las fortalezas, las debilidades, las oportunidades y las amenazas en las zonas costeras.

MATRIZ DE FORTALEZAS

No.	FORTALEZAS	PROBABILIDAD DE IMPACTO
1	Sistema costero en equilibrio	
2	Capacidad de reorganización del sistema	
3	Instrumentos de gestión integrada en zonas costeras	
4	Conocimiento de la zona costera y sus componentes	
5	Acceso a recursos económicos	
6	Servicios ambientales de buena calidad	
7	Posibilidades de acceder a créditos	
8	Monitoreo de la zona costera	
9	Capital humano con experiencia en el manejo integral de la zona costera	
10	Instrumentos de planeación	
11	Instrumentos Jurídicos y normativos	
12	Población, organizaciones sociales, ambientales y empresariales involucradas e integradas para la protección, preservación y ordenamiento de las zonas costeras	
13	Procesos técnicos y administrativos de calidad	
14	Planes y programas de fomento a la conservación de los ambientes marinos y costeros,	
15	El cuidado y la visión integral en el proceso de planeación, instalación, operación y mantenimiento de la infraestructura costera y marina	
16	Planes y programas para la conservación de las zonas costeras para sostenerlas a largo plazo.	

Puntuación: Alta=3, Media=2, y Baja=1

MATRIZ DE DEBILIDADES

No.	DEBILIDADES	PROBABILIDAD DE IMPACTO
1	Salarios bajos	
2	Pobreza	
3	Mala calidad de vida de la población	
4	Falta de oportunidad de desarrollo de actividades económicas	
5	Falta de conocimiento de la zona costera y sus componentes físicos, ambientales, económicos y sociales.	
6	Infraestructura dañada, no funcional o vieja	
7	Falta de oportunidad de educación	
8	Problemas con la calidad del agua, contaminación	
9	Reactividad en la gestión integral costera por una, varias o todas las entidades involucradas	
10	Rechazo al mejoramiento de la infraestructura costera	
11	Mala situación financiera de la administración local, estatal o federal	
12	Incapacidad para integrar a los actores del sistema en la gestión	
13	Capital de trabajo mal utilizado	
14	Falta de liderazgo	
15	Discontinuidad en los planes y programas de planeación y gestión integrada de zonas costeras	
16	Poca capacidad de acceso a créditos, programa de financiamiento para el mejoramiento de las zonas costeras.	

17	Falta de acceso a los programas de contingencia o emergencia para la recuperación ante alguna evento extraordinario que ponga en riesgo la estabilidad de la zona costera.	
18	Falta de motivación de la población para la conservación de la zona costera	
19	Toma de decisiones centralizadas que no estén acordes a las condiciones de la zona costera, ni estén alineadas a las necesidades propias de cada sistema.	
20	Discontinuidad en los planes y programas de gestión integrada de la costa debido a cambios políticos y administrativos.	

Puntuación: Alta=3, Media=2, y Baja=1

MATRIZ DE OPORTUNIDADES

No.	OPORTUNIDADES	PROBABILIDAD DE IMPACTO
1	Instrumentos de Gestión, Planeación y Regulación para la zona costera acorde a las condiciones propias de la zona	
2	Incremento de actividades económicas	
3	Que la zona esté rodeada de zonas con menor desarrollo	
4	Necesidad de los servicios ambientales que presta la zona costera	
5	Estabilidad del poder adquisitivo de la población	
6	Aprovechamiento la ubicación geográfica, sus litorales y zona económica exclusiva.	
7	Planes y programas de fomento a la conservación de los ambientes marinos y costeros.	
8	La riqueza natural de la zona costera.	
9	La diversidad biológica de la zona costera.	
10	El cuidado y la visión integral en el proceso de planeación, instalación, operación y mantenimiento de la infraestructura costera y marina.	
11	Planes y programas para la conservación de las zonas costeras para sostenerlas a largo plazo.	
12	Reducir la vulnerabilidad de la población a fenómenos naturales.	
13	Inducción de ambientes costeros artificiales con diseño ecológico, compatible con las condiciones específicas del sitio de acuerdo a su ubicación.	
14	Utilización sostenible de las actividades económicas, en especial el turismo, así como las actividades marítimas y portuarias,	
15	Potencialización del desarrollo económico y social de la población costera, para incrementar su calidad de vida.	
16	Incremento en el nivel educativo de la población	
17	Desarrollo de planes de educación ambiental para todos los actores que integran la zona costera.	
18	Programa de monitoreo de las características de la zona costera	
19	Elaboración de inventario de los servicios y recursos ambientales	
20	Declaración de zonas, especies de flora y fauna protegidas	
21	Planes y programas de protección y vigilancia para zonas costeras vulnerables	
22	Programas de impulso para el desarrollo sostenible, integral, incluyente y viable en el corto y largo plazo	
23	Implementación de Planes y programas coordinados en los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) para frenar las actividades que degraden el medio ambiente o que hagan uso irresponsable de los recursos.	

Puntuación: Alta=3, Media=2, y Baja=1

MATRIZ DE AMENAZAS

No.	AMENAZAS	PROBABILIDAD DE IMPACTO
1	Conflictos sociales	
2	Conflictos gremiales	
3	Inequidad económica en la población	
4	Regulación desfavorable	
5	Cambios en la legislación	
6	Competencia muy agresiva entre actores	
7	Aumento de precio de insumos	
8	Extracción de recursos irregular e indiscriminada	
9	Actividades económicas sin regulación	
10	Tendencias desfavorables en la actividades económicas	
11	Competencia consolidada en las actividades económicas	
12	Inexistencia de competencia en las actividades económicas	
13	Reducción del poder adquisitivo de la población	
14	Reducción de los servicios ambientales de la zona costera	
15	Reducción en la biodiversidad	
16	Reducción en los recursos económicos para la gestión y conservación de la zona costera.	
17	Población marginada y asentamientos irregulares	
18	Vulnerabilidad a fenómenos naturales	
19	Deterioro ambiental	
20	Presencia de especies amenazadas de flora y/o fauna	
21	Incremento no regulado de las actividades económicas y de extracción de recursos (industria de transformación, minería, hidrocarburos, etc.).	
22	Falta de diversificación de las actividades productivas.	
23	Sobrecarga de la capacidad del ecosistema por las actividades productivas.	
24	Disminución en la calidad de vida.	

Puntuación: Alta=3, Media=2, y Baja=1

11. CRITERIOS DE PUNTUACIÓN PARA LA MATRIZ FODA/DAFO

Para la elaboración de la matriz FODA se incluyen los criterios de puntuación, con el fin de que al realizar el análisis se pueda ver de forma clara el estado de la zona costera.

Probabilidad de Impacto	
Alta	3
Media	2
Baja	1

Se propone como matriz de evaluación FODA la siguiente:

	PROBABILIDAD		
	ALTA	MEDIA	BAJA
FORTALEZAS			
DEBILIDADES			
OPORTUNIDADES			
AMENAZAS			

12. GRÁFICA FODA

La gráfica FODA se construye como resumen, con la frecuencia de las probabilidades Alta, Media y Baja, de la Matriz de evaluación FODA, donde se agrupan los resultados de las matrices de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

13. ELABORACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA

Una vez analizados los grados de vulnerabilidad y resiliencia se propone realizar el Plan de Contingencia como herramienta, tomando en cuenta los riesgos presentados en el Catálogo de Riesgos y el Plan de Respuesta a Riesgos.

El plan de contingencia debe basarse también en el Análisis FODA, utilizando la herramienta para tener claras las áreas de oportunidad así como los factores que impacten de forma negativa a la zona costera.

Una vez establecido El Plan de Contingencia es importante estimar un monto para poder establecer un fondo de contingencia, que esté acorde a las principales debilidades y amenazas en el caso de que se materialicen los riesgos que ponen en peligro el equilibrio y estabilidad en el sistema así como la recuperación del mismo ante impactos negativos.

El monto está en función del tipo de riesgo, así como del servicio o componente ambiental que afecte.

Para el cálculo del fondo de contingencia se apoya en la Matriz de Análisis Cuantitativo y de acuerdo al nivel de exposición se elige el monto de mayor exposición e impacto ya que es el que pone en riesgo el equilibrio, estabilidad y capacidad de recuperación de la zona costera como sistema.

FONDO DE CONTINGENCIA COSTO: \$ 000.00

14. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA COSTERO

Una vez realizado el análisis de toda la información de la metodología, se procede a realizar la caracterización de la zona de estudio, definiendo si el sistema es vulnerable y la capacidad de resiliencia que tiene ante los impactos y presiones que resiste.

La metodología propuesta en éste capítulo, se aplicó al caso de estudio de Banco Chinchorro, Quintana Roo, México; en los capítulos siguientes se presenta la caracterización y recopilación de información así como la caracterización basada en un modelo sistémico. Cabe mencionar que la metodología propuesta es flexible en el sentido de que pueden aumentarse o reducirse los componentes de las matrices de análisis ya que cada zona costera tiene características y relaciones propias.

Para tal fin se propuso la siguiente Ficha de Caracterización de Zonas Costeras.

3.6 FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE ZONAS COSTERAS

I. IDENTIFICACIÓN

No.	DESCRIPCIÓN	INFORMACIÓN
I.1	NOMBRE DEL SITIO DE ESTUDIO	
I.2	FECHA DE ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS	
I.3	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
I.4	DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA	
I.5	PLANO O FOTOGRAFÍA CON VISTA AÉREA	

II. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA ZONA COSTERA

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
II.1	Extensión de la zona costera	
II.2	Tipo de costa (Costa plana, Marismas, lagunas y lagos colindantes a la costa, Mesetas elevadas desde la costa con pendientes inclinadas, Montañas o colinas cercanas a la costa)	
II.3	Configuración en planta (Línea recta, curvas con grandes retrocesos, costa compuesta por un bloque de playas divididas por salientes, costa compuesta por un bloque de playas divididas por salientes)	
II.4	Batimetría (Gradiente de profundidades en 10 m, configuración recta, o complicada, y presencia de barras)	
II.5	Configuración de playa (extensión: corta, media o larga, presencia de cuspatas, tómbolos o formaciones rocosas)	
II.6	Obras de infraestructura costera y/o portuaria (Espigones, rompeolas, escolleras, estructuras separadas de la costa, año de construcción, grado de protección o efectividad, grado de deterioro, problemáticas visibles de erosión o acreción atribuibles a éstas obras).	
II.7	Composición de la Playa (arena, gravillas, rocas, tamaño de los granos :fino, medio, grueso; pendiente de la playa, elevación de zona de marea, ancho de la playa, proximidad a vegetación, presencia de madera o sargazo, etc.)	
II.8	Características de la parte posterior a la playa (Montículos, árboles y arbustos, dunas de arena, manglares, etc., proximidad y elevación en su caso).	
II.9	Mareas (Rango de marea, niveles máximo y mínimos, corrientes de marea: velocidad y dirección estimada), eventos extraordinarios, fecha, daños, evidencias.)	
II.10	Oleaje (Descripción de fuente de generación, dirección predominante, altura, periodo, corrientes típicas,: velocidad; intensidad del oleaje: moderada, media, alta; eventos extraordinarios, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias.	
II.11	Ríos (Datos de gastos, configuración y distancia a la desembocadura, influencia en el aporte de sedimentos y en las corrientes, reducción en el aporte de gasto líquido o gasto sólido, de sedimentos) eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias.	
II.12	Lagunas costeras (Influencia en la zona costera, grado de interrelación con el sistema costero, eventos de ampliación, reducción o bloqueo de la boca, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias.	
II.13	Cambios en la topografía y el paisaje (eventos	

	que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias).	
II.14	Erosión costera (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias).	
II.15	Inundaciones costeras (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias).	
II.16	Detección de Incremento del nivel del mar por efecto del Cambio climático (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias, nivel de referencia).	
II.17	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias, nivel de referencia).	
II.18	Vientos fuertes (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias).	
II.19	Tsunamis (eventos registrados que hayan cambiado la configuración de la costa o que hayan puesto en peligro a la población, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias, nivel de referencia).	
II.20	Incremento de corrientes por efecto de Mar de fondo (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias).	
II.21	Desastres y eventos extraordinarios que hayan modificado el estado de equilibrio y/o estabilidad en la zona costera, fecha evidencia y niveles de referencia). Estimación de grado de recuperación y adaptación, tiempo en que el sistema se reestableció o reorganizó.	
II.22	Alteración de dunas costeras, manglares, bocas, desembocaduras.	
II.23	Existencia de base de datos de conocimiento de la zona costera y sus componentes	
II.24	Aprovechamiento la ubicación geográfica de sus litorales y zona económica exclusiva.	
II.25	Programa de monitoreo de las características de la zona costera	

III. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
III.1	Sistema costero en equilibrio	
III.2	Capacidad de reorganización del sistema	
III.3	Servicios ambientales (Regulación del clima, amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales, abastecimiento de agua, generación de oxígeno, control de la erosión, generación, conservación y recuperación de suelos, captura de carbono, asimilación de contaminantes, protección de la biodiversidad, polinización, control biológico de plagas, degradación y reciclaje de desechos orgánicos, belleza del paisaje y recreación).	
III.4	Capital humano con experiencia en el manejo integral de la zona costera	
III.5	Instrumentos para el cuidado y visión integral en el	

	proceso de planeación, instalación, operación y mantenimiento de la infraestructura costera y marina.	
III.6	Base de datos con conocimiento de la zona costera y sus componentes físicos, ambientales, económicos y sociales.	
III.7	Problemas con la calidad del agua, contaminación	
III.8	Reactividad en la gestión integral costera por una, varias o todas las entidades involucradas	
III.9	Incapacidad para integrar a los actores del sistema en la gestión	
III.10	Grado de necesidad de los servicios ambientales que presta la zona costera	
III.11	Riqueza natural de la zona costera.	
III.12	Diversidad biológica de la zona costera.	
III.13	Inducción de ambientes costeros artificiales con diseño ecológico, compatible con las condiciones específicas del sitio de acuerdo a su ubicación.	
III.14	Actividades antropogénicas	
III.15	Planes y/o programas de Desarrollo costero	
III.16	Cambio de uso de suelo.	
III.17	Destrucción de la vegetación y alteración del hábitat.	
III.18	Afectaciones a la flora y fauna.	
III.19	Emisión de ruidos y vibraciones	
III.20	Descargas de aguas residuales.	
III.21	Construcción de infraestructura básica (Obras de protección costera, Obras portuarias, Vías de comunicación, Marinas y obras complementarias)	
III.22	Desarrollo de planes de educación ambiental para todos los actores que integran la zona costera.	
III.23	Elaboración de inventario de los servicios y recursos ambientales	
III.24	Competencia muy agresiva entre actores	
III.25	Extracción de recursos irregular e indiscriminada	
III.26	Actividades económicas sin regulación	
III.27	Reducción de los servicios ambientales de la zona costera	
III.28	Reducción en la biodiversidad	
III.29	Deterioro ambiental	
III.30	Presencia de especies amenazadas de flora y/o fauna	
III.31	Incremento no regulado de las actividades económicas y de extracción de recursos (industria de transformación, minería, hidrocarburos, etc.).	
III.32	Falta de diversificación de las actividades productivas.	
III.33	Sobrecarga de la capacidad del ecosistema por las actividades productivas.	

IV. CARACTERIZACIÓN SOCIAL

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
IV.1	Población, organizaciones sociales, ambientales y empresariales involucradas e integradas para la protección, preservación y ordenamiento de las zonas costeras	
IV.2	Salarios bajos	
IV.3	Pobreza y nivel de marginación	
IV.4	Mala calidad de vida de la población	
IV.5	Falta de oportunidad de educación	
IV.6	Rechazo al mejoramiento de la infraestructura costera	
IV.7	Capital de trabajo mal utilizado	
IV.8	Falta de liderazgo	
IV.9	Falta de motivación de la población para la conservación de la zona costera	
IV.10	Que la zona esté rodeada de zonas con menor	

	desarrollo	
IV.11	Estabilidad del poder adquisitivo de la población	
IV.12	Reducir la vulnerabilidad de la población a fenómenos naturales.	
IV.13	Incremento en el nivel educativo de la población	
IV.14	Conflictos sociales	
IV.15	Conflictos gremiales	
IV.16	Inequidad económica en la población	
IV.17	Población marginada y asentamientos irregulares	
IV.18	Vulnerabilidad a fenómenos naturales	
IV.19	Disminución en la calidad de vida.	

V. CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
V.1	Actividades económicas (Agricultura, ganadería, Pesca, acuicultura, Turismo (Construcción de hoteles, condominios, campos de golf, etc.), Desarrollo urbano, Actividades Comerciales, Actividades Portuarias, Actividades mar adentro, Industria de extracción y manufacturera, Servicios)	
V.2	Acceso a recursos económicos	
V.3	Posibilidades de acceder a créditos	
V.4	Falta de oportunidad de desarrollo de actividades económicas	
V.5	Mala situación financiera de la administración local, estatal o federal	
V.6	Poca capacidad de acceso a créditos, programa de financiamiento para el mejoramiento de las zonas costeras.	
V.7	Falta de acceso a los programas de contingencia o emergencia para la recuperación ante alguna evento extraordinario que ponga en riesgo la estabilidad de la zona costera.	
V.8	Incremento de actividades económicas	
V.9	Utilización sostenible de las actividades económicas, en especial el turismo, así como las actividades marítimas y portuarias,	
V.10	Potencialización del desarrollo económico y social de la población costera, para incrementar su calidad de vida.	
V.11	Aumento de precio de insumos	
V.12	Tendencias desfavorables en la actividades económicas	
V.13	Competencia consolidada en las actividades económicas	
V.14	Inexistencia de competencia en las actividades económicas	
V.15	Reducción del poder adquisitivo de la población	
V.16	Reducción en los recursos económicos para la gestión y conservación de la zona costera.	

VI. CARACTERIZACIÓN POLÍTICA

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
VI.1	Instrumentos de gestión integrada en zonas costeras.	
VI.2	Instrumentos de planeación.	
VI.3	Instrumentos Jurídicos y normativos.	
VI.4	Procesos técnicos y administrativos de calidad.	
VI.5	Planes y programas de fomento a la conservación de los ambientes marinos y costeros.	
VI.6	Discontinuidad en los planes y programas de planeación y gestión integrada de zonas costeras.	
VI.7	Toma de decisiones centralizadas que no estén acordes a las condiciones de la zona costera, ni	

	estén alineadas a las necesidades propias de cada sistema.	
VI.8	Discontinuidad en los planes y programas de gestión integrada de la costa debido a cambios políticos y administrativos.	
VI.9	Declaración de zonas, especies de flora y fauna protegidas.	
VI.10	Planes y programas de protección y vigilancia para zonas costeras vulnerables.	
VI.11	Programas de impulso para el desarrollo sostenible, integral, incluyente y viable en el corto y largo plazo	
VI.12	Implementación de Planes y programas coordinados en los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) para frenar las actividades que degraden el medio ambiente o que hagan uso irresponsable de los recursos.	
VI.13	Regulación desfavorable	
VI.14	Cambios en la legislación	

VII. GRADO DE VULNERABILIDAD

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
VII.1	Vulnerabilidad Física	
VII.2	Vulnerabilidad Ambiental	
VII.3	Vulnerabilidad Social	
VII.4	Vulnerabilidad Económica	
VII.5	Vulnerabilidad Política	

VIII. GRADO DE RESILIENCIA

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
VIII.1	Resiliencia Física	
VIII.2	Resiliencia Ambiental	
VIII.3	Resiliencia Social	
VIII.4	Resiliencia Económica	
VIII.5	Resiliencia Política	

IX. ANÁLISIS F.O.D.A.

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
IX.1	Grado de fortalezas	
IX.2	Grado de debilidades	
IX.3	Grado de oportunidades	
IX.4	Grado de amenazas	

X. PRÁCTICAS RECOMENDABLES

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
X.1		
X.2		
X.3		
X.4		
X.5		
X.6		
X.7		

XI. DETECCIÓN DE MALAS PRÁCTICAS

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
XI.1		
XI.2		
XI.3		
XI.4		
XI.5		
XI.6		
XI.7		

XII. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN, ADAPTACIÓN Y REORGANIZACIÓN DE LA ZONA COSTERA

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
XII.1		
XII.2		
XII.3		
XII.4		
XII.5		
XII.6		
XII.7		

XIII. PLAN DE CONTINGENCIA

ID	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	PLAN DE RESPUESTA	RESPONSABLE
R-1	Riesgos naturales		
R-1.1	Erosión costera		
R-1.2	Inundaciones costeras.		
R-1.3	Incremento del nivel del mar por efecto del Cambio climático.		
R-1.4	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta.		
R-1.5	Vientos fuertes.		
R-1.6	Tsunami.		
R-1.7	Incremento de corrientes por efecto de Mar de fondo		
R-2	Riesgos por actividades antropogénicas		
R-2.1	Desarrollo costero		
R-2.2	Industria costera y puertos.		
R-2.3	Agricultura		
R-2.4	Turismo y usos recreativos.		
R-2.5	Industria pesquera y acuicultura.		
R-2.6	Actividades mar adentro.		
R-2.7	Cambios en la calidad del agua (Contaminación).		

XIV. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA COSTERA

No.	CONCLUSIONES
XIV.1	
XIV.2	
XIV.3	
XIV.4	
XIV.5	
XIV.6	
XIV.7	

Capítulo 4.

Caso de estudio:

Banco Chinchorro

4 CASO DE ESTUDIO

4.1 BANCO CHINCHORRO

La Reserva de la biosfera Banco Chinchorro está alejada de Playa del Carmen, 390 kilómetros. Se encuentra al sur de la Riviera Maya, en la denominada Costa Maya, a continuación de la Reserva de la biosfera de Sian Ka'an, en el Municipio de Othón P. Blanco, cuya capital es Chetumal.

Se trata de un complejo arrecife de coral que, según las últimas investigaciones, es considerado como un atolón. Forma parte del gran cinturón de arrecifes del Atlántico Occidental. Por dimensiones se puede observar la importancia del lugar: 46 kilómetros de largo, de norte a sur, y 15 de ancho, de este a oeste; en su interior se encuentra una laguna arrecifal. Esta laguna interna que ocupa todo el interior del arrecife, con 800 kilómetros cuadrados, apenas tiene una profundidad de dos metros en el norte, bajando hasta los diez en el sur. Su forma es elíptica.

Tiene cuatro zonas arenosas emergidas o cayos: Cayo Norte, Cayo Centro y al sur Cayo Blackford y Cayo Lobos. En estos cayos hay algunos faros y campamentos temporales de pescadores. También hay una estación para investigadores y un destacamento de la Secretaría de Marina. En el interior de Cayo Centro se encuentra la laguna de Los Rabios.

Estas zonas de tierra firme han permitido el desarrollo de especies animales, como el cocodrilo de los pantanos, especie altamente protegida, iguanas grises, diversos tipos de lagartijas y cangrejos. En los cayos se encuentran zonas de anidación de aves migratorias. De las que permanecen, las más características son el águila pescadora, el cormorán y el pelícano.

Actualmente no hay mamíferos, hasta 1976 hubo algunos ejemplares de foca monje, cazadas y casi extintas.

Respecto a la fauna marina, es zona de desove de diversas especies de tortugas: blanca, caguama, carey y laúd. Se pueden encontrar tiburones, morenas y hasta doscientas especies distintas de peces.

En la parte terrestre predominan los manglares, principalmente el rojo, y en la parte marina las algas y corales de diversas especies. (Reserva de la Biosfera, 2007).

Figura 4.1 Imagen satelital de Banco Chinchorro. (Googleearth).

Las poblaciones de nemátodos del Caribe son poco conocidas. La composición de Nematoda en aguas profundas en Venezuela y Puerto Rico fue estudiada por Tietjen (1984, 1989). Aspectos de taxonomía y composición de la nematofauna de Cuba fueron tratados por Botosaneanu (1970) y Andrassy (1973). Wagenaar Hummerlinck (1977) investigó la meiofauna de Martinica y de las Islas Guadalupe, Renaud-Mornant & Goubault (1981), y Boucher & Goubault (1990) estudiaron la distribución de la meiofauna y su relación con las características ambientales. Decramer & Goubault (1986, 1987), Goubault & Decramer (1986, 1987, 1988) y Goubault & Vincx (1990) describieron las nuevas especies de Guadalupe.

En México existen pocos trabajos sobre ecología y aún menos sobre taxonomía de nemátodos. Castillo & Lamshead (1992) revisaron el género *Elzalia* y describieron tres nuevas especies recolectadas en el Golfo de México. En 1993, Castillo & Decramer describieron a *Cheironchus paravorax* y re-describieron a *Cheironchus vorax* encontrados en la sonda de Campeche. En esta misma área, se identificaron 117 especies relacionando su distribución con la concentración de hidrocarburos totales en los sedimentos (de Jesús-

Navarrete 1993a). En Quintana Roo, la composición de los nematodos de la laguna de Buenavista fue realizada por De Jesús-Navarrete (1993b). En la bahía de Chetumal, se describió la nematofauna asociada a la zona urbana de la ciudad (De Jesús-Navarrete & Herrera-Gómez 1999, 2002). Sin embargo, no existe información sobre la nematofauna de los arrecifes del Caribe mexicano.

De acuerdo a un artículo de la Revista de biología marina y oceanografía, 2007, Nematodos de los arrecifes de Isla Mujeres y Banco Chinchorro, Quintana Roo, México, Alberto de Jesús-Navarrete (2007), el área de estudio se determinó en tres de los vértices del polígono del Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres: E1 (21°16'N, 86°46'30"W), E2 (21°16'N, 86°45'W) y E3 (21°13'N, 86°45'W), en julio de 1995 se recolectaron muestras de sedimentos.

La profundidad varió de seis a diez metros. En junio de 1996 se recolectaron muestras en cuatro sitios de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro Cayo Lobos (CL) (18°23'N, 87°22'W), Cayo Centro (CC) (18°23'N, 87°19'W), Isla Che, (ICh) (18°29'N, 87°26'W) y Cayo Norte (CN), (18°43'N, 87°21'W) (Fig. 9.2). La profundidad varió de dos a veinte metros.

Las muestras fueron recolectadas por duplicado, con un tubo de PVC de 5 cm de diámetro, que se enterró en el sedimento hasta una profundidad de 10 cm. La fauna se fijó con una solución de formol al 10% caliente (60°C). Una muestra se utilizó para el análisis granulométrico (Buchanan 1984) y materia orgánica (Dean 1974), mientras que la otra se usó para el análisis de los nematodos. Adicionalmente, en cada sitio se midieron temperatura, oxígeno disuelto y salinidad con un conductímetro modelo YSI 86). La meiofauna se extrajo por elutriación y los nematodos se separaron manualmente del resto de la meiofauna, se montaron en laminillas de vidrio y se determinaron a nivel de género con las claves de Tarjan (1980) y Platt & Warwick (1983). Para la identificación específica se usaron las descripciones originales. Los organismos identificados se depositaron en la Colección de Nematodos Acuáticos del Colegio de la Frontera Sur-Unidad Chetumal. La abundancia se expresó en individuos por $0,001\text{m}^{-2}$. En la Figura 4.2 se observa la Localización del área de estudio.

Figura 4.2 Localización del área estudio. (De Jesús, 2007).

Los parámetros ambientales medidos, como la temperatura, la salinidad, la turbidez, etc., indican aguas cálidas y típicas de los ambientes marinos tropicales, como se puede observar en la tabla 4.1.

En Banco Chinchorro se observaron temperaturas que variaron entre 28,5 y 28,8 °C, mientras que la salinidad varió entre 36,1 y 36,4 ups. El oxígeno disuelto fue mayor a 4,2 mg L⁻¹ en las cuatro estaciones de muestreo. Los sedimentos correspondieron a arenas medianas (CC y CN) y gruesas (CL e Ich) con tamaños medios de grano de 0,24 Φ hasta 1,4 Φ en la escala de Wenworth. Los porcentajes de materia orgánica variaron de 13,1% como mínimo en Ich, a 21,7% como máximo en CN (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Parámetros ambientales en el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres y Banco Chinchorro (De Jesús, 2007).

Estación/parámetro	BANCO CHINCHORRO			
	CL	CC	Ich	CN
Temperatura (°C)	28,6	28,8	28,5	28,7
Salinidad (ups)	36,1	36,0	36,1	36,4
Oxígeno (mg L ⁻¹)	4,2	4,3	4,5	4,34
Tamaño medio de grano (Φ)	0,24	1,4	0,89	1,29
Tipo de sedimento	Arena gruesa	Arena mediana	Arena gruesa	Arena mediana
Materia orgánica (%)	14,7	21,7	13,1	21,7

E1= Estación 1, E2= Estación 2, E3= Estación 3, CL= Cayo Lobos, CC= Cayo Centro, Ich= Isla Che, CN= Cayo Norte

Nota. Parámetros ambientales medidos en las estaciones que se observan en la figura 4.2.

El 34,6% de los organismos recolectados corresponden a especies descritas en otras áreas del mundo. Dominaron los nematodos desmodoridos y presentaron tamaños pequeños, formas anilladas y abundantes setas somáticas, características que les permiten mantenerse “anclados” en sedimentos de arenas calcáreas medianas y gruesas poco consolidadas. (De Jesús, 2007).

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS CORRIENTES

Existen aún muchas regiones de nuestros mares nacionales que siguen sin ser exploradas. El Caribe Mexicano, por su enorme importancia geográfica, oceanográfica, política, ambiental y económica es una de las que tiene una gran atención e interés de estudio, para conocimiento del medio, su conservación y manejo adecuado de los recursos que ahí se encuentran.

La zona costera de los estados de Yucatán y Quintana Roo es una de las regiones de mayor desarrollo turístico del país y su importancia económica es indiscutible. Esta zona es también el hábitat del segundo arrecife coralino más grande del mundo, después del que se encuentra en Australia. Su preservación y manejo adecuado son vitales no solo para el país, sino para toda la humanidad y por ello se requiere conocer las características principales de la circulación y en general de las condiciones físicas de la zona. Los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano son adyacentes a una de las corrientes de frontera más intensas y dinámicas del planeta, la Corriente de Yucatán. Características de esta corriente son las velocidades medias de 1.5 m/s, con fluctuaciones de hasta 3 m/s, meandros, remolinos y una estructura vertical compleja (Ochoa, et al, 2001, Proyecto CANEK 1996-2001). Si bien la Corriente de Yucatán no fluye directamente por encima del arrecife, sus aguas determinan en gran medida las condiciones físicas medias del mismo, pues sus aguas son transportadas al arrecife ya sea por corrientes de marea, por efectos del viento, por oleaje, o por meandros y remolinos que logran penetrar a la zona costera, sobre la plataforma.

El arrecife constituye la frontera occidental de la Corriente de Yucatán.

De diciembre de 1996 hasta junio del 2001, los investigadores de CICESE, realizaron un programa intensivo de observaciones bajo la denominación de Programa Canek, en el Canal de Yucatán y algunas de sus zonas adyacentes como el Canal de Cozumel (ver Fig. 4.2.1).

Se obtuvieron mediciones continuas de la Corriente en el Canal de Yucatán por un período de 23 meses (septiembre 1999 - junio 2001). Se colocaron anclajes (1996-1999) los cuales midieron la corriente en puntos clave del Canal cercano a la Península de Yucatán y unos sensores de presión colocados en Cabo San Antonio, Cuba, Isla Mujeres, Cozumel y Calica, lo cual permitió a los investigadores obtener series cuasi-continuas de observaciones de nivel del mar y de corrientes de casi 5 años (Candela, et al., 2001).

A su vez, los cruceros oceanográficos permitieron determinar la estructura termohalina de la zona y realizar una batimetría detallada de la misma.

Fig. 4.2.1 Ubicación de anclajes instalados durante la campaña Canek 5, Julio del 2000. (Sheinbaum, 2001).

El análisis de los datos del proyecto CANEK proporcionó los siguientes resultados:

- Alta variabilidad en diversas escalas espaciales y temporales.
- Corrientes de marea intensas (hasta 40 cm/s) en la zona profunda cercana a Cuba (Carrillo, et al., 2002).
- Flujo del Golfo de México hacia el Caribe por debajo de la isoterma de 5.8° y la existencia de dos contracorrientes (flujos hacia el sur) a profundidad una del lado de Yucatán y otra cerca de Cuba.
- En el Canal de Cozumel, se encontraron eventos con duración de 7 a 15 días en los que el flujo en el Canal de Cozumel se aparta del balance geostrófico y parece indicar la importancia de términos alinéales en el balance dinámico (Chávez, et al., 2003).

- La batimetría detallada, permitió determinar la existencia de dos canales cuya morfología parece controlar el flujo de la Corriente de Yucatán. Uno es el Canal de Cozumel, el cual se extiende cercano a la costa hasta el Canal de Yucatán y el otro es un canal externo a la Isla de Cozumel, más profundo y complejo, separado del canal interior por la Isla de Cozumel pero que converge para volverse adyacente al canal interior en la zona del Canal de Yucatán. El núcleo, o núcleos, de la Corriente de Yucatán fluyen controlados topográficamente por estos dos canales.
- Los estudios realizados con flotadores lagrangeanos durante la campaña Canek 4, mostraron que el origen de la Corriente de Yucatán se encuentra entre la Isla de Cozumel y el Banco Chinchorro (Badan, et al., 2005).
- Aquí parece ser el lugar de llegada a la costa mexicana de la Corriente de Cayman, la cual se origina desde las Antillas Menores en el Caribe Oriental, pero comúnmente incorporando una contribución importante del flujo que entra al Caribe a través del Paso de los Vientos entre Cuba y La Española. La variabilidad en el flujo, el punto preciso de entrada de esta corriente a la zona del Caribe Mexicano y las fracciones en que se divide al norte y al sur siguen sin conocerse.
- Los flotadores muestran que el flujo se bifurca en esta zona, generando remolinos y corrientes tanto al Sur como al Norte (ver Fig. 4.2.2).

Figura 4.2.2 Trayectorias de sensores satelitales liberados en la zona durante Canek. (Sheinbaum, 2001).

Las observaciones acumuladas señalan la necesidad de realizar mediciones a lo largo de la costa del Caribe Mexicano para determinar el balance físico y dinámico longitudinal de la Corriente de Yucatán y determinar si las variaciones observadas en el Canal de Yucatán son de origen local o expresiones de procesos que ocurren corriente arriba en el origen de la misma o en su trayecto a lo largo de la costa.

Un aspecto nuevo e importante del proyecto fue determinar la influencia que las variaciones de la Corriente de Yucatán pueden tener sobre los arrecifes coralinos.

Resultados del Programa Canek

En junio del 2000 se recuperaron los ocho anclajes instalados a través del Canal de Yucatán. Estos anclajes habían sido instalados 10 meses antes durante la campaña Canek 4, en septiembre de 1999.

La Figura 4.2.3 muestra la sección vertical con la distribución de los instrumentos mencionados, así como el porcentaje de datos recuperados en cada uno de ellos. Como se indica, en promedio se recuperaron alrededor del 85 % de los datos de los corrientímetros y cerca del 99% de los esperados por los ADCPs, una tasa de recuperación muy satisfactoria.

Uno de los resultados que más llama la atención, es que el flujo medio por el canal es entre 5 - 6 Sv (1 Sv = 106 m³/s) menor de lo esperado, pues el transporte en el Estrecho de Florida es de 30 a 32 Sv en promedio y las mediciones en el Canal de las Bahamas proporcionan entre 3 y 4 Sv, por lo que se deberían esperar alrededor de 28 - 29 Sv de transporte en el Canal de Yucatán.

Las mediciones dieron un promedio en 10 meses de 22.5 Sv, por lo que el flujo en el Canal de las Bahamas podría ser más variable de lo se piensa hasta ahora (Sheinbaum, et al., 2001).

Figura 4.2.3 Distribución de instrumentos en los 8 anclajes instalados a través del Canal de Yucatán en septiembre de 1999 (Canek4) y recuperados en junio de 2000 (Canek 5). (Sheinbaum, 2001).

El número al lado de cada instrumento indica el porcentaje de recuperación de datos. La estructura media del transporte a través del Canal así como su variabilidad se puede observar en la Figura 4.2.4 y 4.2.5, en la que se muestran los resultados del análisis de los espectros de potencia vectorial de las series de corriente observadas. Los cálculos espectrales están hechos con un ancho de banda grueso de 1 ciclo por día (cpd), por lo tanto las bandas resueltas corresponden a la subinercial (períodos mayores a 2 días, la diurna (centrada en 1 cpd) y la semidiurna (centrada en 2 cpd). (Sheinbaum, 2001).

Figura 4.2.4 Series de tiempo de los flujos a través del Canal de Yucatán.
(Sheinbaum, 2001).

En la figura 4.2.4 se muestra la serie del transporte (en Sverdrups= $10^6 \text{ m}^3/\text{s}$) entrando al Golfo de México. La gráfica del centro muestra el transporte saliendo del Golfo de México hacia el mar Caribe y la gráfica inferior muestra el transporte total (suma de las dos series superiores). Indicados al pie de cada gráfica están la media, valor máximo, valor mínimo y derivación estándar de cada serie. (Sheinbaum, 2001).

La estructura del flujo medio muestra claramente el núcleo de la Corriente de Yucatán y la existencia de contracorrientes profundas en ambos lados del Canal así como en la parte superficial del lado cubano.

Figura 4.2.5 En el recuadro superior izquierdo se muestra la estructura de la corriente medida a partir de los 10 nodos en las campañas Canek 4 y 5. (Sheinbaum, 2001).

La figura 4.2.6 muestra un análisis basado en funciones empíricas ortogonales del flujo normal al Canal de Yucatán. Los recuadros de la izquierda muestran la estructura espacial de los modos, mientras que los de la derecha representan sus componentes principales.

El cuadro superior de la izquierda representa la estructura del flujo medio, ya que se analizaron los datos sin quitar la media, cuyas características principales se mencionaron arriba. El segundo modo indica la estructura que representa la mayor variabilidad. Podemos observar que su componente principal tiene fluctuaciones de alta frecuencia (días) moduladas por una clara variación de menor frecuencia, posiblemente asociada al ciclo estacional. La tercer componente principal tiene variaciones de baja y alta frecuencia. Un análisis por medio de funciones empíricas complejas muestra que ambos modos pueden representarse como un modo empírico complejo relacionado a meandros de la corriente y fluctuaciones que se propagan desde ambos extremos del Canal hacia el Finalmente, la figura 4.2.7 muestra un análisis del transporte por capas de temperatura.

Con este análisis encontraron otro resultado interesante: el flujo por debajo de la isoterma de 7.3 grados es cero y existe un flujo neto hacia el sur (del Golfo hacia el Caribe) por debajo de la isoterma de 6 grados. El origen de este flujo no parece ser una recirculación local y los investigadores continúan explorando las posibles explicaciones del mismo.

Figura 4.2.6 Análisis basado en funciones empíricas ortogonales del flujo normal al Canal de Yucatán. (Sheinbaum, 2001).

Los recuadros de la izquierda muestran la estructura espacial de los modos, mientras que los de la derecha representan sus componentes principales.

Figura 4.2.7 Transporte en el canal como función de la temperatura. (Sheinbaum, 2001).

El flujo neto es cero por debajo de la isoterma de 7.3 grados. El flujo máximo hacia el Sur se encuentra por debajo de la isoterma de 6 grados. El origen y la razón de este flujo están por determinarse todavía. La diferencia entre las dos curvas mostradas reside en que la continua está calculada con las series filtradas de las corrientes (variaciones sub inerciales) mientras que la línea quebrada es el cálculo con las series totales incluyendo las variaciones de marea. Esta última representa un cálculo más completo ya que incluye efectos de la rectificación debido a los flujos de marea. (Sheinbaum, 2001).

Estructura de la Corriente de Yucatán

La figura 4.2.8 muestra la estructura media de la Corriente de Yucatán y su variabilidad a una profundidad de 50 m. Los datos usados para construir esta gráfica fueron obtenidos durante 6 de los cruceros del programa CANEK usando el perfilador acústico (Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP) montado en el casco del buque oceanográfico *Justo Sierra*. La Corriente de Yucatán queda claramente identificada por los vectores de mayor longitud, y que están concentrados en la región occidental cercana a la Península de Yucatán. Las elipses de varianza (recuadro de extrema derecha) muestra que la máxima variabilidad de la corriente se da a lo largo de su eje, excepto a la entrada del Canal de Cozumel.

Figura 4.2.8 Estructura media y elipses de variabilidad del flujo a 50 m de profundidad obtenido usando el perfilador acústico (ADCP) a bordo del B/O Justo Sierra. (Sheinbaum, 2001).

El panel de la izquierda indica el número de observaciones utilizadas para calcular la media y su variabilidad mostrada en los otros paneles. (Sheinbaum, 2001).

La figura 4.2.9 muestra un análisis espectral y coherencia de la corriente medida en Cozumel y la obtenida por un perfilador colocado cerca de Isla Contoy durante los primeros 6 meses de 1997. La estructura del espectro en los dos lugares es diferente y solo existe coherencia significativa en la banda de 0.6 cpd. Sin embargo, observaciones en el Canal de Cozumel y en el Canal de Yucatán recuperadas en junio de 2001 durante la campaña CANEK6, muestran una mejor correlación del flujo en Cozumel con el del Canal de Yucatán en una localidad al Este de las realizadas frente a Isla Contoy. Los investigadores siguen buscando la relación entre los flujos en estos dos canales.

Figura 4.2.9 Espectro de potencia de la corriente del canal de Cozumel y en Isla Contoy, el cual está por fuera de la continuación corriente arriba del canal de Cozumel. (Sheinbaum, 2001).

El conocimiento de la circulación es indispensable para estudios de circulación a un nivel más local, como estudios de circulación alrededor de la zona arrecifal frente a Puerto Morelos o en la zona costera frente a ciudades como Cancún, como se observa en la figura 4.2.10.

La temperatura que podría relacionarse con cambios observados en el arrecife coralino.

Figura 4.2.10 Balance transversal en el canal de Cozumel.

La línea gruesa muestra la corriente a lo largo del canal, medida en el centro del mismo a una profundidad de 30 metros. La línea delgada es la corriente estimada a partir del gradiente de presión transversal al canal, medido con los sensores instalados en Cozumel y Calica, suponiendo un balance geostrófico. (Sheinbaum, 2001).

Los bancos arrecifales a lo largo de la costa son sitios de reproducción y desarrollo de especies de importancia comercial, como son el caracol y la langosta. Las larvas de estos invertebrados se desplazan y de esa manera resiembran, de un banco al otro. La circulación costera es claramente fundamental para entender el comportamiento de esos organismos y la mejor manera de administrar en forma sustentable esos recursos. (Sheinbaum, 2001).

4.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE BANCO CHINCHORRO

4.3.1 DATOS METEOROLÓGICOS

Se recopilaron las bases de datos meteorológicos de la estación meteorológica ubicada en banco Chinchorro, propiedad de la Secretaría de Marina (SEMAR) misma que se muestra en la fotografía 4.3.1; los datos fueron proporcionados por la dirección de Meteorología, para su utilización en este trabajo; se analizaron datos de 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2009, no se cuentan con datos del año 2008 ya que la estación estuvo fuera de servicio.

Se realizó el análisis de los datos, obteniéndose valores promedio, mínimos y máximos de los parámetros: precipitación, temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, dirección y magnitud del viento, los cuales se muestran en las gráficas anexas.

En promedio se analizaron los datos de 6 años, ya que no se tienen datos del 2008, las mediciones de éstos parámetros se realizaron cada 15 minutos las 24 horas del día, analizándose en promedio los siguientes datos, de los cuales se realizaron las Gráficas de datos meteorológicos:

Tabla 4.3.1 Resumen de registros meteorológicos (elaboración propia, con datos de la Secretaría de Marina).

Año	Mediciones (aprox.)
2003 May, Jul-Sep	10,800
2004 Ene-Dic	32,400
2005 Ene-Dic	32,400
2006 Ene, Mar-Dic	29,700
2007 Ene-Ago	22,000
2008	Sin datos
2009	24,300
Total	151,600

Datos de la estación:

ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE SUPERFICIE
BANCO CHINCHORRO, Q. ROO.

Latitud:	018°45'02" N
Longitud:	087°18'02" W
Elevación del sitio:	3 m. Sobre el Nivel Medio del Mar
Clave OMM	En trámite.

Fotografía 4.3.1 Estación meteorológica automática en Banco Chinchorro.
(SEMAR).

Con los datos analizados se elaboraron las gráficas de variables meteorológicas de los datos registrados por la estación de 2003 a 2009 proporcionados por la Secretaría de Marina.

GRÁFICAS DE DATOS METEOROLÓGICOS

(Elaboración propia, con datos de la Secretaría de Marina)

Promedio 2003

Gráfica 4.3.1 Promedios de datos meteorológicos 2003.

MÁXIMOS 2003

Gráfica 4.3.2 Máximos de datos meteorológicos 2003.

MÍNIMOS 2003

Gráfica 4.3.3 Mínimos de datos meteorológicos 2003.

Promedios 2004

Gráfica 4.3.4 Promedios de datos meteorológicos 2004.

MÁXIMOS 2004

Gráfica 4.3.5 Máximos de datos meteorológicos 2004.

MÍNIMOS 2004

Gráfica 4.3.6 Mínimos de datos meteorológicos 2004.

Gráfica 4.3.7 Promedios de datos meteorológicos 2005.

Gráfica 4.3.8 Máximos de datos meteorológicos 2005.

MÍNIMOS 2005

Gráfica 4.3.9 Mínimos de datos meteorológicos 2005.

Promedios 2006

Gráfica 4.3.10 Promedios de datos meteorológicos 2006.

MÁXIMOS 2006

Gráfica 4.3.11 Máximos de datos meteorológicos 2006.

MÍNIMOS 2006

Gráfica 4.3.12 Mínimos de datos meteorológicos 2006.

Gráfica 4.3.13 Promedios de datos meteorológicos 2007.

Gráfica 4.3.14 Máximos de datos meteorológicos 2007.

MÍNIMOS 2007

Gráfica 4.3.15 Mínimos de datos meteorológicos 2007.

Promedios 2009

Gráfica 4.3.16 Promedios de datos meteorológicos 2009.

MÁXIMOS 2009

Gráfica 4.3.17 Máximos de datos meteorológicos 2009.

MÍNIMOS 2009

Gráfica 4.3.18 Mínimos de datos meteorológicos 2009.

La Tabla 4.3.2, describe la escala utilizada para la precipitación en Banco Chinchorro.

Tabla 4.3.2 Escalas de Precipitación.

LLUVIAS	
ESCASAS	MENORES DE 5 MILIMETROS
LIGERAS	5 A 10 MILIMETROS
MODERADAS	10 A 20 MILIMETROS
FUERTES	20 A 50 MILIMETROS
MUY FUERTES	50 A 70 MILIMETROS
INTENSAS	MAYOR DE 70 MILIMETROS

Fuente: SEMAR

4.3.2 Nivel de marea.

Los niveles de marea son otra de las variables que intervienen en la caracterización de la zona de estudio, para ello se presenta en la Tabla 4.3.2, los niveles registrados de marea para la zona de estudio.

Tabla 4.3.2 Tipo de marea (Mixta semidiurna). (UNAM, 1992).

Pleamar máxima registrada	0.342 m
Nivel de pleamar media superior	0.111 m
Nivel de pleamar media	0.088 m
Nivel medio del mar	0.000 m
Nivel de media marea	-0.002 m
Nivel de bajamar media	-0.093 m
Nivel de bajamar media inferior	-0.125 m
Bajamar mínima registrada	-0.334 m

4.3.3 HURACANES EN LA ZONA DE ESTUDIO

Como parte de la caracterización de la zona de estudio, se analizó la información de los huracanes en la zona, debido a que el oleaje y los vientos generados por estos fenómenos son los principales agentes modificadores de la zona costera.

Tabla 4.3.3.1 Ciclones Tropicales del Océano Atlántico en 1997

No.	Nombre	Categoría	Periodo	Avisos	Boletines	Vientos Máximos	Rachas km/h
1	Ana	TT	30 Jun-3 Jul	--	8	75	95
2	Bill	H1	11-12 Jul	--	1	120	150
3	Claudette	TT	13-16 Jul	--	--	75	90
4	Danny	H1	16-26 Jul	--	16	130	160
5	DT-5	DT	17-19 Jul	--	8	55	75
6	Erika	H3	3-15 Sep	--	28	205	250
7	Fabian	TT	7-8 Oct	--	1	75	90
8	Grace	TT	16- 17 Oct	--	1	75	90

DT: Depresión Topical

TT: Tormenta Tropical

H1-H5: Huracán y categoría alcanzada en la escala de intensidad Saffir-Simpson

Figura 4.3.3.1 Ciclones Tropicales del Océano Atlántico en 1997.

Tabla 4.3.3.2 Ciclones Tropicales del Océano Atlántico en 1998

No.	Nombre	Cat.	Periodo	Vientos Máx.	Rachas km/h	Boletines y Avisos			
						Vigilancia Permanente	Alerta Preventiva	Avisos de Alerta	Total
1	Alex	TT	27 Jul-2 Ago	85	100	14	26	--	40
2	Bonnie	H3	19-30 Ago	185	220	22	44	--	66
3	Charley(**)	TT	21-22 Ago	90	110	3	1	8	12
4	Danielle	H2	24 Ago-03 Sep	165	205	21	42	--	63
5	Earl(**)	H2	31 Ago-03 Sep	160	195	7	6	11	24
6	Frances(**)	TT	08-11 Sep	100	120	8	--	27	35
7	Georges(**)	H4	15-29 Sep	240	305	32	54	--	86
8	Hermine(**)	TT	17-20 Sep	75	90	7	13	--	20
9	Iván	H1	20-26 Sep	150	175	13	17	--	30
10	Jeanne	H2	21-30 Sep	165	205	20	26	--	46
11	Karl	H2	23-27 Sep	165	205	10	4	--	14
12	Lisa	H1	05-09 Oct	120	150	9	14	--	23
13	Mitch(*)(**)	H5	21 Oct-05 Nov	285	345	26	21	61	108
14	Nicole	H1	24 Nov-1 Dic	140	165	12	26	--	38
Total		--	--	--	--	204	294	107	605

(*)Entraron a tierra en México.

(**)Estados Unidos de América y otros países.

DT: Depresión Tropical

TT: Tormenta Tropical

H1-H5: Huracán y categoría alcanzada en la escala de intensidad Saffir-Simpson

Elaboraron: Alberto Hernández Unzón y Cirilo Bravo Lujano. Grupo de información meteorológica para la protección civil. Centro Nacional de previsión del tiempo - Gerencia del Servicio Meteorológico Nacional - Comisión Nacional del Agua. México.

Tabla 4.3.3.3 Ciclones Tropicales en el Océano Atlántico en 1999

Evento	Nombre	Categoría	Fechas	Vientos máx Km/h	Presión mín hPa	Duración Horas	Recorrido Km	Distancia más cercana a México km	Región origen
1	Arlene	Tormenta	11-17 Jun	100	1000	150	1620	2630 ENE QRoo	ATL
2	DT 2	Depresión	02-03 Jul	55	1004	6	105	20 S Tuxpan (Tierra)	GFO
3	Bret	Huracán IV	18-24 Ago	220	945	120	1405	100 N Matamoros (Tierra)	GFO
4	Cindy	Huracán IV	18-31 Ago	220	944	300	6105	2990 ENE QRoo	ATL
5	Dennos	Huracán II	23 Ago-05 Sep	165	962	300	3762	1170 E QRoo	ATL
6	Emily	Tormenta	24-28 Ago	100	1004	90	1830	3085 E QRoo	ATL
7	DT 7	Depresión	05-08 Sep	55	1005	42	515	65 E Cd.Victoria (Tierra)	GFO
8	Floyd	Huracán IV	08-17 Sep	250	921	228	4890	1115 NE QRoo	ATL
9	Pert	Huracán IV	11-23 Sep	240	930	288	7130	2535 ENE QRoo	ATL
10	Harvey	Tormenta	19-21 Sep	95	995	65	1320	405 NNE Yuc	GFO
11	DT 11	Depresión	04-06 Oct	55	1002	48	457	90 NE Coatzacoalcos (FTE INF)	GFO
12	DT 12	Depresión	05-08 Oct	55	1007	64	511	4115 E QRoo	ATL
13	Irene	Huracán II	13-18 Oct	170	958	132	3918	320 E Cancún	CAR
14	Jose	Huracán II	17-25 Oct	160	977	180	4485	2130 E QRoo	ATL
15	Katrina	Tormenta	28 Oct- 01 Nov	65	999	96	1640	45 NNW Chetumal(Tierra)	CAR
16	Jenny	Huracán IV	13-21 Nov	240	934	192	3145	725 SE Cozumel	CAR

Tabla 4.3.3.4 Ciclones Tropicales en el Océano Atlántico 2000

Nº	Nombre	Etapas y Categoría	Periodo	Vientos Máximos Sostenidos (km/h)	Rachas
1	DT-1	DT	07 - 08 Jun	45	65
2	DT-2	DT	24 - 25 Jun	55	75
3	Alberto	H3	04 - 23 Ago	205	250
4	DT-4	DT	09 - 11 Ago	55	75
5	Beryl(*)	TT	13 - 15 Ago	85	100
6	Chris	TT	17 - 19 Ago	65	85
7	Debby(**)	H1	19 - 24 Ago	120	150
8	Ernesto(**)	TT	01 - 03 Sep	65	85
9	DT-9	DT	08 - 09 Sep	55	75
10	Florence	H1	11 - 17 Sep	120	150
11	Gordon(*/**)	H1	14 - 18 Sep	120	150
12	Helene(**)	TT	15 - 22 Sep	100	120
13	Isaac	H4	21 Sep - 01 Oct	220	270
14	Joyce	H1	25 Sep - 06 Oct	150	175
15	Keith(*)	H4	28 Sep - 06 Oct	215	260
16	Leslie(**)	TT	04 - 07 Oct	65	85
17	Michael	H1	16 - 19 Oct	140	165
18	Nadine	TT	19 - 22 Oct	90	110

DT: Depresión Tropical

TT: Tormenta Tropical

H1-5: Huracán y Categoría alcanzada en la escala de intensidad Saffir-Simpson

(*) Entraron a tierra y/o afectaron México, (**) en Estados Unidos u otro país.

Tabla 4.3.3.5 Ciclones Tropicales en el Océano Atlántico 2001

N°	Nombre	Etapas y Categoría	Periodo	Vientos Máximos Sostenidos (km/h)	Rachas
1	Allison (**)	TT	05-06 Jun	95	110
2	DT-2	DT	11-12 Jul	45	65
3	Barry (**)	TT	02-06 Ago	110	140
4	Chantal (*)	TT	15-22 Ago	110	140
5	Dean	TT	22-28 Ago	95	110
6	Erin	H3	01-14 Sep	195	240
7	Felix	H3	07-18 Sep	185	220
8	Gabrielle (**)	H1	11-18 Sep	130	155
9	DT-9 (**)	DT	19 Sep	55	75
10	Humberto	H2	21-27 Sep	165	205
11	Iris (*)	H4	04-09 Oct	235	270
12	Jerry (**)	TT	06-08 Oct	85	100
13	Karen	H1	13-15 Oct	130	150
14	Lorenzo	TT	27-31 Oct	65	85
15	Michelle (**)	H4	29 Oct-06 Nov	215	265
16	Noel	H1	05-06 Nov	120	150
17	Olga	H1	26 Nov-04 Dic	150	185
DT: Depresión Tropical TT: Tormenta Tropical H1-5: Huracán y Categoría alcanzada en la escala de intensidad Saffir-Simpson (*) Entraron a tierra y/o afectaron México, (**) en Estados Unidos u otro país.					

Tabla 4.3.3.6 Ciclones Tropicales en el Océano Atlántico 2002 (Parte 1).

Nº	Nombre	Etapas y categoría	Periodo	Vientos Máximos Sostenidos	Rachas
1	Arthur	TT	14-16 Jul	90	110
2	Bertha	TT	4-9 Ago	65	85
3	Cristobal	TT	5-8 Ago	75	90
4	Dolly	TT	29 Ago-4 Sep	100	120
5	Edouard	TT	1-6 Sep	100	120
6	Fay	TT	5-7 Sep	90	110
7	DT-7	DT	7-8 Sep	55	75
8	Gustav	H1	8-12 Sep	150	175
9	Hanna	TT	11-14 Sep	85	100
10	Isidore (*)	H3	14-26 Sep	205	250
11	Josephine	TT	17-19 Sep	90	110
12	Kyle	H1	20 Sep-12 Oct	140	165
13	Lili	H4	21 Sep-4 Oct	230	285
14	DT-14	14	14-16 Oct	55	75

DT: Depresión tropical
TT: Tormenta tropical
H1-5: Huracán y categoría alcanzada en la escala de intensidad Saffir-Simpson

Figura 4.3.3.2 Trayectorias de Huracanes en el Océano Atlántico 2002 (Parte 1).

Tabla 4.3.3.7 Ciclones tropicales en el Océano Atlántico 2002 (Parte 2).

N°	Nombre	Etapas y categoría	Periodo	Vientos Máximos Sostenidos	Rachas
1	Ana	TT	20-23 Abr	85	100
2	DT-2	DT	10-11 Jun	55	75
3	Bill	TT	29 Jun-01 Jul	95	110
4	Claudette(*)(**)	H1	08-16 Jul	140	165
5	Danny	H1	16-20 Jul	120	150
6	DT-6	DT	19-21 Jul	55	75
7	DT-7(**)	DT	25-26 Jul	55	75
8	Erika(*)	H1	14-16 Jul	120	150
9	DT-9	DT	21-22 Ago	55	75
10	Fabian (**)	H4	27 Ago-08 Sep	220	270
11	Grace(**)	TT	30-31 Ago	65	85
12	Henri(**)	TT	03-08 Sep	85	100
13	Isabel(**)	H5	06-19 Sep	260	315
14	DT-14	DT	08-10 Sep	55	75
15	Juan(**)	H2	25-29 Sep	165	205
16	Kate	H3	25 Sep-07 Oct	205	250
17	Larry(*)	TT	01-06 Oct	95	110
18	Mindy	TT	10-13 Oct	75	90
19	Nicholas	TT	13-23 Oct	110	140
20	Odette(**)	TT	04-07 Dic	100	120
21	Meter	TT	09-10 Dic	110	140

DT: Depresión tropical

TT: Tormenta tropical

H1-5: Huracán y categoría alcanzada en la escala de intensidad Saffir-Simpson

Entraron a tierra y/o afectaron en México (*), en Estados Unidos u otro país (**)

Tabla 4.3.3.8 Ciclones Tropicales en el Océano Atlántico 2003

N°	Nombre	Etapas y categoría	Periodo	Vientos Máximos Sostenidos	Rachas
1	Andrés	TT	20-23 Abr	85	100
2	Blanca	TT	10-11 Jun	55	75
3	Carlos(*)	TT	29 Jun-01 Jul	95	110
4	Dolores	TT	08-16 Jul	140	165
5	Enrique	TT	16-20 Jul	120	150
6	Felicia	TT	19-21 Jul	55	75
7	Guillermo	TT	25-26 Jul	55	75
8	Hilda	TT	14-16 Jul	120	150
9	Ignacio (*)	H2	21-22 Ago	55	75
10	Jimena	H2	27 Ago-08 Sep	220	270
11	Kevin	TT	30-31 Ago	65	85
12	Linda	H1	03-08 Sep	85	100
13	Marty (*)	H2	06-19 Sep	260	315
14	Nora (*)	H2	08-10 Sep	55	75
15	Olaf (*)	H1	25-29 Sep	165	205
16	Patricia	H1	25 Sep-07 Oct	205	250

DT: Depresión tropical

TT: Tormenta tropical

H1-5: Huracán y categoría alcanzada en la escala de intensidad Saffir-Simpson

Entraron a tierra y/o afectaron en México (*), en Estados Unidos u otro país (**)

Figura 4.3.3.3 Trayectorias Ciclónicas de la Temporada 2004 en el Océano Atlántico.

Fuente: <http://smn.cna.gob.mx/>

Tabla 4.3.3.9 Ciclones que han impactado a México de 1980-2002 en el Océano Atlántico.

Año	Océano	Nombre	Categoría	Lugar de entrada a tierra	Estados Afectados	Período	Velocidad máxima (Km/hr)	Lluvia máxima en 24 hr (mm)
2002	Atlántico	Isidore	H3	Telchac, Yuc.	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco	18-25 septiembre	205	250 Becanchen, Yucatán.
2001	Atlántico	Chantal	TT	Chetumal, Q. Roo	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco	15-22 agosto	115	211 Chetumal, Quintana Roo
2000	Atlántico	Gordon	DT	Tulum, Q. Roo	Quintana Roo, Yucatán, Campeche	14-18 septiembre	55	230 Cancún, Quintana Roo
2000	Atlántico	Keith	H1	Chetumal, Q. Roo, Tampico, Tams.	Q. Roo, Campeche, Tabasco, Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí, Veracruz	3-5 octubre	140	366 Sabinas, Tamaulipas.
1999	Atlántico	Katrina	DT	Chetumal, Q. Roo	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Chiapas	28 octubre-1° noviembre	55	146 Cárdenas, Tabasco
1996	Atlántico	Dolly	H1	Felipe Carrillo Q. Roo.; Pueblo Viejo, Ver.	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí, Nuevo León	19-24 agosto	130	328 Micos, San Luis Potosí
1995	Atlántico	Opal	DT	B. Espíritu Santo, Q. Roo	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco	27 septiembre-2 de octubre	55	100 Tapijulapa, Tabasco
1995	Atlántico	Roxanne	H3	Tulum, Q. Roo; Martínez de la Torre, Ver.	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz	8-20 octubre	185	297 Martínez de la Torre, Veracruz
1988	Atlántico	Gilbert	H5	Puerto Morelos, Q. Roo; La Pesca, Tams.	Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila	8-13 septiembre	270	342 San Carlos Tamaulipas
1988	Atlántico	Keith	TT	Cancún, Q. Roo	Quintana Roo	17-24 noviembre	110	
1982	Atlántico	Alberto	DT	Holbox, Q. Roo	Quintana roo	2-6 junio	37	
1980	Atlántico	Hermine	TT	Coatzacoalcos, Ver.	Quintana Roo, Campeche, Veracruz, Oaxaca	20-26 septiembre	110	435 San Pedro T. Oaxaca.

DT: Depresión tropical
TT: Tormenta tropical
H1-5: Huracán y categoría alcanzada en la escala de intensidad Saffir-Simpson
Entraron a tierra y/o afectaron en México (*), en Estados Unidos u otro país (**)

Fuente: <http://smn.cna.gob.mx/>

Figura 4.3.3.4. Huracanes moderados con impacto en México de 1970 a 2008.
Fuente: Huracanes sobre México 1970 a 2008, CONAGUA, SEMARNAT.

Figura 4.3.3.5. Huracanes intensos con impacto en México de 1970 a 2008.
Fuente: Huracanes sobre México 1970 a 2008, CONAGUA, SEMARNAT.

4.3.4 LÍNEAS DE COSTA

Se recopilaron datos de diferentes fuentes para la revisión de las líneas de costa, se compararon cartas náuticas así como una imagen satelital, con ello se digitalizaron las diferentes líneas de playa y se realizaron los planos que se presentan a continuación, los cuales son de elaboración propia con los datos de las fuentes de información citadas en casa uno de ellos.

A continuación se muestran los datos obtenidos, ordenados por año.

Fotografía del muelle de transbordadores de Playa del Carmen, Q. Roo. (Karina Ocaña, 2012.).

Figura 4.3.4.1 Línea de costa 1984.

Fuente: Carta náutica SM900. Canal de Yucatán y proximidades, escala 1:906,530, Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía, México. (1984).

Figura 4.3.4.2 Línea de costa 1991.

Fuente: Carta náutica 28190. Ambergris Cay to Isla Cozumel, from various sources to 1988, scale 1:300,000. Defense Mapping Agency Hydrographic/Topographic center, Washington, D.C. (1991).

Figura 4.3.4.3 Línea de costa 1995.

Fuente: Carta náutica SM030. Río Bravo a Bahía Chetumal, escala 1:1'200,000, Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía, México. (1995).

Figura 4.3.4.4. Línea de costa 2006.

Fuente: Carta náutica SM900. Canal de Yucatán y proximidades, escala 1:906,530, Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía, México. (2006).

Figura 4.3.4.5 Línea de costa 2009.

Fuente: Imagen google eart. www.googleearth.com (2009)

Figura 4.3.4.6 Comparación de las líneas de costa.

4.3.5 CARACTERIZACIÓN DE FLORA Y FAUNA EN BANCO CHINCHORRO

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO

REGIÓN HIDROLÓGICA PRIORITARIA No. 109

HUMEDALES Y LAGUNAS DE LA BAHÍA DE CHETUMAL

Estado(s): Quintana Roo Extensión: 3,230.31 km²

Polígono: Latitud 19°19'12" - 18°11'24" N
 Longitud 88°23'24" - 87°26'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagunas del Ocho, Bacalar, Xel-Há y Mariscal, cenotes, humedales, pantanos, bahías

lóticos: arroyos, sistema subterráneo con una capa delgada de agua dulce

Limnología básica: salinidad: 2-17 g/l

Geología/Edafología: ND

Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28 °C. Precipitación total anual 1300-2000 mm.

Principales poblados: Chetumal, Bacalar, Mahahual

Actividad económica principal: comercio de importación, turismo, ecoturismo, agricultura y pesca.

Indicadores de calidad de agua: coliformes, plaguicidas e hidrocarburos.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja perennifolia, manglar, sabana, vegetación de dunas costeras y pastizal cultivado. Flora característica: las palmas *Coccoloba floribunda*, *nakax Coccothrinax readii*, *kuka Pseudophoenix sargentii* y *Thrinax radiata*, los manglares de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*, *Ambrosia hispida*, la chaca *Bursera simaruba*, *Caesalpinia gaumeri*, *Cladium jamaicense*, *C. mariscus*, *Conocarpus erectus*, *Eleocharis cellulosa*, *Ficus obtusifolia*, *Hibiscus tiliaceus*, *Hymenocallis* sp., el chechén *Metopium brownei*, *Nymphaea ampla*, *Vallisneria americana*. Fauna característica: de moluscos *Congerina leucophaeta*, *Pomacea flagellata*, *P. yucatanensis*; el poliqueto *Ficopomatus miamensis*; el misidáceo *Antromysis* (*Antromysis*) *cenotensis*; los copépodos *Arctodiaptomus dorsalis*,

Pseudodiaptomus marshi; el palemónido *Creaseria morleyi*; el anfípodo *Mayaweckelia cenotocola*, el remípedo *Speleonectes tulumensis*; los decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. Pearsei*; abundancia de peces *Anguilla rostrata*, *Arius felis*, *Astyanax aeneus*, *Cichlasoma friedrichstali*, *C. meeki*, *C. Salvini*, *C. synspilum*, *C. Urophthalmus*, *Cyprinodon artifrons*, *Gambusia yucatanica*, *Garmanella pulchra*, *Gobiomorus dormitator*, *Mugil cephalus*, *Petenia splendida*, *Poecilia latipinna*, *P. latipunctata*, *P. orri* y *Rhamdia guatemalensis*; de aves como el loro yucateco *Amazona xantholara*, el ralón cuello gris *Aramides cajanea*, el garzón albo *Ardea herodias*, la paloma cabeciblanca *Columba leucocephala*, el hocofaisán *Crax rubra*, el halcón peregrino *Falco peregrinus*, la fragata *Fregata magnificens*, el cormorán *Phalacrocorax olivaceus*, el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus*; entre los reptiles destacan la boa *Boa constrictor*, los cocodrilos *Crocodylus acutus* y *C. moreleti*, las tortugas caguama *Caretta caretta* y blanca *Chelonia mydas*; entre los mamíferos los tlacuaches *Didelphis marsupialis* y *D. virginiana* y el puma *Puma concolor*. Endemismo de la palma chit *Thrinax radiata*; de crustáceos como el isópodo *Bahalana mayana*; el ostrácodo *Danielopolina mexicana*, el termosbenáceo *Tulumella unidens*, los anfípodos *Bahadzia bozanici* y *Tuluweckelia cernua*; de peces *Ogilbia pearsei* y *Ophisternon infernale*; de aves como el pavo ocelado *Agriocharis ocellata*, el colibrí vientre-canelo *Amazilia yucatanensis*, el loro yucateco *Amazona xantholara*, *Caprimulgus badius*, *C. vociferus*, el carpintero yucateco *Centurus pygmaeus*, la chara yucateca *Cyanocorax yucatanicus*, el bolsero yucateco *Icterus auratus*, el mímido negro *Dumetella glabrirostris*, el copetón yucateco *Myiarchus yucatanensis*, *Nyctiphrynus yucatanicus*, *Phaethornis superciliosus*, *Piranga roseogularis*, la troglodita yucateca *Thryothorus albinucha*. Especies amenazadas de plantas *Astronium graveolens*, las palmas *Coccothrinax readii*, *Pseudophoenix sargentii*, *Thrinax radiata* y las orquídeas *Brassavola* sp., *Encyclia alata* y *E. cochleata*; de reptiles los cocodrilos *Crocodylus acutus* y *C. moreleti*; de aves el loro de frente blanca *Amazona albifrons*, la anhinga americana *Anhinga anhinga*, el chinito *Bombycilla cedrorum*, *Buteogallus anthracinus*, el zopilote cabeza amarilla *Cathartes burrovianus*, el hocofaisán *Crax rubra*, *Dendrocincla anabatina*, la garza rojiza *Egretta rufescens*, *Geranospiza caerulescens*, *Glaucidium brasilianum*, el bolsero yucateco *Icterus auratus*, el bolsero cuculado *I. cucullatus*, la cigüeña jabirú *Jabiru mycteria* que anida en esta área, la cigüeña americana *Mycteria americana*, el águila pescadora *Pandion haliaetus*, *Penelope purpurascens*, *Rostrhamus sociabilis*, el zopilote rey *Sarcoramphus papa*, la golondrina marina *Sterna antillarum*, los bobos patas cafés *Sula leucogaster* y patas rojas *S. sula*, la primavera *Turdus migratorius*, el chipe encapuchado *Wilsonia citrina*; de mamíferos el mono aullador *Alouatta pigra*, el mono araña *Ateles geoffroyi*, el puercoespín *Coendou mexicanus*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, la nutria *Lutra longicaudis*, el jaguar *Panthera onca*, el oso hormiguero *Tamandua mexicana*, el tapir *Tapirus bairdii*, el manatí *Trichechus manatus*. Área de refugio para aves y de reproducción de peces *Epinephelus itajara*, *E. striatus* y *Eugerres plumieri* y del molusco *Strombus gigas*. Zona de mayor abundancia de manatíes *Trichechus manatus* y nutrias *Lutra longicaudis*.

Aspectos económicos: pesquerías de caracol *Strombus gigas*, langosta *Panulirus argus* y mero. Turismo, ecoturismo, comercio de importación, agricultura y pesca.

Problemática:

- Modificación del entorno: aguas subterráneas impactadas por el urbanismo; manglar impactado por la carretera; dragados, desforestación y agricultura intensiva.
- Contaminación: aguas residuales en aumento, agroquímicos, materia orgánica, basura, derivados del petróleo y contaminación industrial; flujo constante de contaminantes hacia ríos.
- Uso de recursos: varias especies de palmas amenazadas por desforestación y el mero por sobrepesca; trampas no selectivas en canales. Introducción de tilapia *Oreochromis mossambicus*.

Conservación: preocupan las modificaciones a la vegetación, la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación de recursos y la creciente contaminación. Faltan estudios sobre la dinámica del acuífero. Se requiere un control de los contaminantes y de la conservación de la biodiversidad. Se desconoce la mayor parte de las formas dulceacuícolas de los cuerpos de agua epicontinentales (lagunas y cenotes).

Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; PRONATURA; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Amigos de Sian Ka'an; Universidad de Quintana Roo; Instituto Tecnológico de Chetumal. (CONABIO, 2006).

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SITIO

Aspectos geológicos y fisiográficos:

Placa Tectónica: Norteamericana
Tipo de rocas: sedimentarias
Sedimento: arenas, coral rubble
Topografía: arrecife de plataforma (Pseudo atolón)
Tipos de costa: playas
Plataforma continental: estrecha

Aspectos oceanográficos:

Corrientes: Caribe
Tipo de marea: diurna
Surgencia: permanente
Oleaje: medio
Profundidad: 0-200m¹
Temperatura: 24-28° C¹

Fenómenos naturales extraordinarios: huracanes, nortes y tormentas tropicales

Aspectos fisicoquímicos:

Luz y transparencia: alta
Productividad primaria: baja
Productividad secundaria: alta
Eutrofización: baja

DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Grupos taxonómicos con elevada riqueza de especies en el sitio

Alto:

Moluscos (alto)
Poliquetos (alto)
Equinodermos (alto)
Crustáceos (alto)
Peces (alto)
Reptiles (bajo)

Bajo:

Corales (bajo)
Aves (bajo)
Mamíferos marinos (bajo)
Macroalgas (chlorophyta¹, cyanophyta¹, pheophyta¹, Rhodophyta¹, Corallinaceae¹)
Esponjas²

Especies clave ^a y argumentos para su consideración

Manglares²

Especies bandera ^b

Tortugas marinas (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*)
Delfines (*Tursiops sp.*) (carismática)
Manatí (*Trichechus manatus*) (protección, ecoturismo)
Cocodrilos (*Crocodylus acutus*, *C. moreletii*) (bandera)
Todos los peces de arrecife (bandera y carismáticos)

Especies endémicas en el sitio (nacional o regional)

Bajo (falta información)
Reptiles: *Anolis (Anolis sp.)*²
Plantas: Liana (*Echites umbellata*)¹ (regional), Mala sombra (*Guapira linearibracteata*)¹ (regional)

RIQUEZA AMBIENTAL

Grado de heterogeneidad ambiental: (diferencias de condiciones que permiten riqueza de hábitats):

Alto: diversidad gamma (o regional) y riqueza en hábitat alga ^b
Mediano: arrecifes, escarpes, manglares
lagunas¹, playas¹, esteros¹, pastos marinos¹,
arenales², vegetación halófila o de duna costera²

Servicios ambientales:

Alto:

Protección de huracanes

Pesquerías

Turismo

Pastos marinos: áreas de crianza, refugio y reproducción a especies de importancia ecológica y/o económica.²

Integridad ecológica: ^c

Alto: Arrecifes de coral, general¹

Mediano: Manglares

IMPORTANCIA BIOLÓGICA DEL SITIO

Importancia del sitio como área de alimentación, refugio, reproducción y anidación, desarrollo y crecimiento para diferentes especies. Especificaciones por grupo taxonómico y función del sitio.

Alta: arribazones algales bianuales (importantes durante los primeros estadios de la sucesión vegetal adyacente a la playa)^b

Alto: diversidad gamma (o regional) y riqueza en hábitat alga^b

Alta: caracol rosado (*Strombus gigas*), Langosta (*Palinurus argus*) y corales (desarrollo y crecimiento)

Alta: Tortugas marinas, cocodrilos¹ (alimentación, reproducción¹)

Alta: peces (desarrollo, reproducción¹, migración¹)

Aves (migración, descanso y alimentación)¹

Nivel (global, nacional, regional)

Es el único pseudo-atolón del Caribe mexicano (nivel nacional)^a y el que presenta mayor diversidad y cantidad de corales, constituyendo la mejor calidad y mayor cantidad de arrecifes coralinos¹.

Especies invasoras^d

Bajo: Ratas (*Rattus rattus*), gatos (*Felis catus*)

Especies exóticas

Especies con alto valor comercial

Alto: Caracol rosado (*Strombus gigas*) (pesquero)

Peces de arrecifes (sector comercial- acuarios)

Langosta (*Palinurus argus*) (pesquero)

Mediano: Especies de escama (pesquero)^a

Interesante potencial de uso algal^b

Tiburón²

Listado de especies en alguna categoría de protección

El listado se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 4.3.5.1 Especies en alguna categoría de protección registradas en el sitio (CONABIO).

Grupo	Familia	Género	Espiteto específico	Nombre común	Categoría NOM-059-SEMARNAT-2001	Categoría IUCN Red list
Plantas	Cobrelaceae	Conocarpus	erectus	Mangle botoncillo	Sujeta a protección especial	
	Cobrelaceae	Laguncularia	recemosa	Mangle blanco	Sujeta a protección especial	
	Palmae	Thinax	radiata	Palma chil	Amenazada	
	Rhizophoraceae	Rhizophora	mangle	Mangle rojo	Sujeta a protección especial. Endémica	
	Verbenaceae	Avicennia	germinans	Mangle negro	Sujeta a protección especial	
Corales	Acroporidae	Acropora	cervicomis	Coral cuerno de ciervo	Sujeta a protección especial	
	Acroporidae	Acropora	palmata	Coral cuerno de alce	Sujeta a protección especial	
	Antipathidae	Antipathes	bichitcena	Coral negro	Sujeta a protección especial	
	Antipathidae	Antipathes	grandis	Coral negro	Sujeta a protección especial	
	Antipathidae	Antipathes	ulex	Coral negro	Sujeta a protección especial	
	Plexauridae	Plexaura	homomalla	Candelabro de mar	Sujeta a protección especial	
	Plexauridae	Plexaurella	dichotoma	Candelabro de mar	Sujeta a protección especial	
Aves	Ciconiidae	Mycteria	americana	Cigüeña de mar americana	Sujeta a protección especial	
Herpetofauna	Cheloniidae	Caretta	caretta	Tortuga marina cahuama	En peligro de extensión	a,b,d
	Cheloniidae	Chelonia	mydas	Tortuga blanca	En peligro de extensión	b,d
	Cheloniidae	Eretmochelys	imbricata	Tortuga marina de carey	En peligro de extensión	b,d

Tabla 4.3.5.2 Especies listadas en la Carta Nacional Pesquera (CONABIO).

Grupo	Especie objetivo		Grupo	Especie objetivo
Peces marinos de escama	Caranx hippos		Pulpo	Octopus vulgaris
	Caranx latus		Tiburones	Carcharhinus brevipinna
	Cephalopholis fulva			Carcharhinus falciformis
	Dasyatis americana			Carcharhinus isodon
	Epinephelus adscensionis			Carcharhinus leucas
	Epinephelus morio			Carcharhinus limbatus
	Epinephelus nigritus			Carcharhinus obscurus
	Epinephelus niveatus			Carcharhinus plumbeus
	Esuthynnus alletteratus			Carcharhinus porosus
	Haemulon plumieri			Carcharhinus signatus
	Lachnolaimus maximus			Galeocerdo cuvier
	Lagocephalus laevigatus			Ginglymostoma cirratum
	Lopholatilus chamaeleonticeps			Isurus oxyrinchus
	Lutjanus buccanella Lutjanus campechanus			Mustelus canis
	Lutjanus purpureus			Rhizoprionodon terraenovae
	Lutjanus synagris			Sphyrna lewini
	Lutjanus vivanus			Sphyrna mokarran
	Mycteroperca bonaci			Sphyrna tiburo
	Myctioperca interstitialis			Squalus cubensis
	Myctioperca microlepis			Squatina dumeril
	Myctioperca venenosa		Caracol	Busycon carica
	Priacanthus srenatus			Busycon contrarium
	Rachycentron canadum			Fasciolaria tulipa
	Seriola dumerili			Melongena corona bispinosa
	Seriola rivoliana			Melongena melongena
	Thunnus albacares			pleuroploca gigantea
	Ocyurus chrysurus			Strombus gigas
	Rhomboplites aurorubens			Strombus pugilis
				Turbinella angulatus
			Langosta	Panulirus argus
				Panulirus guttatus
				Panulirus laevicauda

Fuente: FICHA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS AMBIENTES COSTEROS Y OCEÁNICOS DE MÉXICO, Nombre del sitio: Banco Chinchorro Clave del sitio: 79, Mesa de Trabajo: Mar Caribe.

Referencias particulares de la ficha.

- ¹ The Ramsar Convention on Wetlands, CONANP. 2003. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Parque Nacional Isla Contoy. (<http://www.wetlands.org/RSDB/default.htm>)
 - ² Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. (http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rmp_062.html)
 - ³ Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación, Segunda sección Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 15 de marzo de 2004. México.
-
- ^a Especie clave: *sensu lato* Aquella que enriquece los procesos de un ecosistema de una manera única y significativa a través de sus actividades. Su remoción implica cambios estructurales en el ecosistema y, frecuentemente, la pérdida de diversidad. (Miller *et al.* 1998/1999)
 - ^b Especie bandera: Aquella que es carismática y atractiva para la gente y que por lo tanto, puede servir para llamar la atención del público hacia objetivos de conservación (Miller *et al.* 1998/1999).
 - ^c Integridad ecológica: Criterio de valor biológico que intenta evaluar cuán próxima a su estado natural se encuentra una región. Se relaciona con la degradación producida por las actividades humanas y con la pérdida de las características funcionales de la misma (Arriaga *et al.*, 2000).
 - ^d Especie invasora: Especie naturalizada que ha producido descendencia en áreas diferentes al sitio de introducción original. Es posible encontrar este término en literatura relacionada con la ecología de invasiones biológicas que se refiere a especies con una gran capacidad de colonización y de dispersión, por lo que también puede ser aplicado a especies nativas con estas características (Daehler 2001, Davis y Thompson 2000, Richardson *et al.* 2000).
 - ^e Especie exótica, introducida o no nativa: Especie que se encuentra fuera de su área de distribución original o nativa (histórica o actual), no acorde con su potencial de dispersión natural. Este término también puede aplicarse a niveles taxonómicos inferiores, como "subespecie exótica" (Lever 1985, IUCN 2000).

4.3.6 HIDROLOGÍA

La precipitación media anual en México es de 772 mm (serie 1941-1998), que suponen un volumen de agua en todo el territorio de 1,512 km³. De este volumen total, cerca del 73 por ciento se pierde en evapotranspiración y evaporación directa de las masas de agua, por lo que los Recursos Hídricos Internos Renovables anuales (RHIR) son de 409 km³.

El escurrimiento superficial es de 410 km³/año de los cuales 361 km³/año se generan por la lluvia en el propio país y los 49 km³/año restantes en los países limítrofes. De Guatemala se reciben 47 km³/año, aunque no existen convenios, y con Estados Unidos hay acuerdos internacionales que comprometen el aporte de 1,85 km³/año en la cuenca del río Colorado y 0,07 km³/año en la cuenca del río Bravo (región Norte). En esta última región y hacia EEUU, existen compromisos de cesión de 0.43 km³/año de la cuenca del río Conchos.

La recarga natural media de los acuíferos se estima en 48 km³/año. Los RHIR son, por tanto, cercanos a los 458 km³/año. Las estimaciones de la recarga total en los acuíferos, natural e inducida en las zonas de riego, era cercana a los 67 km³/año (CNA, 1998) según se detalla en la Tabla 4.3.6.1a.

Estos recursos hídricos se encuentran repartidos de una forma desigual en el territorio mexicano, lo que da lugar a variaciones significativas de las disponibilidades de agua según regiones (ver tabla 4.3.6.1a y figura 4.3.5.1a). El 50 por ciento del escurrimiento superficial se genera en el sureste, en tan sólo el 20 por ciento del territorio, mientras que el norte, que abarca el 30 por ciento del territorio, genera sólo el 4 por ciento de dicho escurrimiento.

En México existen 314 cuencas de aguas superficiales agrupadas en 37 regiones hidrológicas y 13 gerencias regionales administrativas de la CNA, que han sido actualizadas en enero de 1999. Dichas Regiones aparecen en la tabla 4.3.6.1a en la que se detallan sus principales características hidrológicas.

Figura 4.3.6.1a Regiones hidrológicas prioritarias en la Región Sureste de México. (Arriaga, 2008).

Tabla 4.3.6.1a Gerencias Regionales en México (CNA, 1998).

Región Administrativa	Superficie (km ²)	Prec. media mm)	Ecurr. virgen ¹ (10 ⁶ m ³)	Recarga acuíferos ² (10 ⁶ m ³)	Extracción total (10 ⁶ m ³)	Disponibilidad per capita (1998) m ³ /hab.
I. Península de Baja California	144	147	2600	1364	4139	1432
II. Noroeste	212	367	5210	2759	7044	3419
III. Pacífico Norte	149	891	21000	1331	9557	5824
IV. Balsas	118	1129	39540	3387	8366	4397
V. Pacífico Sur	80	1445	36812	1645	1674	10034
VI. Río Bravo	377	436	6738	5269	10142	1321
VII. Cuencas Centrales del Norte	206	393	2067	1666	4084	995
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	192	735	14019	7044	15221	1135
IX. Golfo Norte	127	881	22860	1950	6634	5218
X. Golfo Centro	105	1932	98063	2335	4474	11076
XI. Frontera Sur	102	2362	155548	6220	1978	28383
XII. Península de Yucatán	139	1196	3250	31054	1308	10872
XIII. Valle de México	16	519	2293	712	4737	157
TOTAL	1,967	772	410,000	66,737	79,358	4,977

1. Se trata del escurrimiento virgen total, incluidos los aportes procedentes de EEUU y Guatemala.

2. Dentro de la recarga de acuíferos se incluye la recarga inducida procedente de los retornos del agua de riego.

Fig. 4.3.6.2 Esgurrimiento y Cuencas hidrológicas en México. (INEGI).

Fig. 4.3.6.3 Esgurrimiento en México (INEGI).

Fig. 4.3.6.4 Esgurrimiento en la zona de estudio. (INEGI).

En la Figura 4.3.6.4 se muestra es escurrimiento en la Península de Yucatán, y el estado de Quintana Roo, donde se encuentra la zona de estudio.

En las Tablas 4.3.6.1b a 4.3.6.6 se presentan los datos hidrológicos disponibles para la zona de estudio de acuerdo a datos de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA).

En la Tabla 4.3.6.7 se presenta la Distribución porcentual de clima para Quintana Roo, en la Tabla 4.3.6.8 se presenta la lista de las Áreas naturales Protegidas (ANP) en 2005 donde se resalta la Declaratoria para Banco Chinchorro, zona definida como caso de estudio en este trabajo, en la Tabla 4.3.6.9 se listan las ANP en 2008. En la Tabla 4.3.6.10 se presenta el Impacto del deterioro ambiental en el Producto Interno Bruto (PIB). La Tabla 4.3.6.11 presenta la superficie sin vegetación por entidad federativa.

Finalmente la Tabla 4.3.6.12 presenta el Censo poblacional de 1921 a 2005 para la población de Mahahual, la cual se encuentra en las proximidades de Banco Chinchorro.

Estas tablas proporcionaron los datos que se utilizaron para la caracterización de zona costera de Banco Chinchorro con las herramientas descritas en la metodología propuesta, la cual se presenta en el siguiente apartado.

Tabla 4.3.6.1b Esguerrimiento natural medio por región administrativa.

Esguerrimiento natural medio - región administrativa - CNA - 2001-2007 - nacional												
Indicadores seleccionados de agua por región administrativa de CNA, 2001 a 2007												
Región administrativa	Disponibilidad natural media total (Hectómetros cúbicos/año) a						Disponibilidad natural media per cápita (Metros cúbicos por habitante al año) a					
	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2001	2002	2004	2005	2006	2007
Estados Unidos Mexicanos	469 199	476 456	474 638	472 194	465 139	458 095	77 167	74 621	74 184	75 461	74 041	72 771
XII Península de Yucatán d	26 496	29 063	29 646	29 646	29 645	29 645	7 900	8 178	8 255	8 011	7 750	7 603
NOTA:	Las cantidades expresadas en esta tabla son de carácter indicativo y para fines de planeación; no pueden ser utilizadas por sí solas para realizar concesiones de agua o determinar la factibilidad de un proyecto.											
a	Las medias se refieren a valores históricos de acuerdo con la disponibilidad de estudios hidrológicos.											
b	Con base en proyecciones de población al año 2003, de CONAPO.											
c	Incluye importaciones y excluye exportaciones.											
d	Cifra preliminar del esguerrimiento natural superficial medio del año 2005.											
e	Se consideran las aguas residuales de la Ciudad de México del esguerrimiento natural medio superficial.											
FUENTE:	Para 2001: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Compendio Básico del Agua en México</i> , 2001. México, D.F. Para 2002-2007: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Estadísticas del Agua en México</i> (varios años). México, D.F. CONAPO. Proyecciones de la Población de México 2005-2050, México, D.F.											

Región administrativa	Esguerrimiento natural medio superficial (Hectómetros cúbicos/año) a						Recarga media total de acuíferos (Hectómetros cúbicos/año) a					
	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2001	2002	2004	2005	2006	2007
Estados Unidos Mexicanos	393 980	398 962	396 823	395 210	386 575	378 451	75 219	77 494	78 053	76 984	78 564	79 652
XII Península de Yucatán d	1 348	3 747	4 330	4 330	4 329	4 329	25 148	25 316	25 316	25 316	25 316	25 316
NOTA:	Las cantidades expresadas en esta tabla son de carácter indicativo y para fines de planeación; no pueden ser utilizadas por sí solas para realizar concesiones de agua o determinar la factibilidad de un proyecto.											
a	Las medias se refieren a valores históricos de acuerdo con la disponibilidad de estudios hidrológicos.											
b	Con base en proyecciones de población al año 2003, de CONAPO.											
c	Incluye importaciones y excluye exportaciones.											
d	Cifra preliminar del esguerrimiento natural superficial medio del año 2005.											
e	Se consideran las aguas residuales de la Ciudad de México del esguerrimiento natural medio superficial.											
FUENTE:	Para 2001: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Compendio Básico del Agua en México</i> , 2001. México, D.F. Para 2002-2007: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Estadísticas del Agua en México</i> (varios años). México, D.F. CONAPO. Proyecciones de la Población de México 2005-2050, México, D.F.											

Región administrativa	Extracción total bruta de agua (Hectómetros cúbicos/año)					
	2001	2002	2004	2005	2006	2007
Estados Unidos Mexicanos	72 564	72 643	75 430	76 500	77 323	78 950
XII Península de Yucatán d	1 838	1 601	1 708	1 871	1 997	2 134
NOTA:	Las cantidades expresadas en esta tabla son de carácter indicativo y para fines de planeación; no pueden ser utilizadas por sí solas para realizar concesiones de agua o determinar la factibilidad de un proyecto.					
a	Las medias se refieren a valores históricos de acuerdo con la disponibilidad de estudios hidrológicos.					
b	Con base en proyecciones de población al año 2003, de CONAPO.					
c	Incluye importaciones y excluye exportaciones.					
d	Cifra preliminar del esguerrimiento natural superficial medio del año 2005.					
e	Se consideran las aguas residuales de la Ciudad de México del esguerrimiento natural medio superficial.					
FUENTE:	Para 2001: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Compendio Básico del Agua en México</i> , 2001. México, D.F. Para 2002-2007: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Estadísticas del Agua en México</i> (varios años). México, D.F. CONAPO. Proyecciones de la Población de México 2005-2050, México, D.F.					

Tabla 4.3.6.2 Acuíferos sobre explotados por región administrativa.

Acuíferos sobreexplotados - región administrativa - intrusión salina - 2007 - nacional						
Acuíferos sobreexplotados por región administrativa según intrusión salina y salinización de suelos, 2007						
Región administrativa	Total	Sobreexplotados	Con intrusión salina	Con el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres		Recarga media (Hectómetros cúbicos)
				Acuífero	Causa de la salinización	
Estados Unidos Mexicanos	653	101	17	17		79 651
XII Península de Yucatán	4	0	0	1	Presencia de calizas	25 316
NOTA: La suma de los parciales puede no coincidir con los totales, debido al redondeo de las cifras.						
FUENTE: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Estadísticas del Agua en México, 2008</i> . México, D.F., Septiembre 2008.						

Tabla 4.3.6.3 Cuerpos de superficie de acuerdo a las estaciones de monitoreo.

Cuerpos superficiales - estaciones de monitoreo - categoría DBO5 y DQO - región administrativa - 2003 - nacional													
Distribución porcentual de estaciones de monitoreo en cuerpos de agua superficial, según la categoría de DBO5 y DQO para cada región administrativa, 2003													
Región administrativa	Total		Excelente a		Buena calidad b		Aceptable c		Contaminada d		Fuertemente contaminada e		
	DBO5	DQO	DBO5	DQO	DBO5	DQO	DBO5	DQO	DBO5	DQO	DBO5	DQO	
Estados Unidos Mexicanos	100	100	51.8	28.8	12.9	21.4	15.7	18.4	14.3	20.4	5.3	11	
XII Península de Yucatán	100	100	91.7	79.9	8.3	6.7	0	6.7	0	6.7	0	0	
NOTA: DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días. DQO: Demanda Química de Oxígeno. a Para DBO5: Menor o igual a 3 mg/l. y para DQO: Menor o igual a 10 mg/l. No contaminada. b Para DBO5: Mayor a 3mg/l y menor o igual a 6 mg/l. y para DQO: Mayor a 10 mg/l o igual a 20 mg/l. Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable para DQO. c Para DBO5: Mayor de 6mg/l y menor o igual a 30 mg/l. y para DQO: Mayor de 20 mg/l y menor o igual a 40 mg/l. Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. d Para DBO5: Mayor de 30mg/l y menor o igual a 120 mg/l. y para DQO: Mayor de 40mg/l y menor o igual a 200 mg/l. Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal. e Para DBO5: Mayor a 120 mg/l. y para DQO: Mayor de 200mg/l. Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales. ND No disponible.													
FUENTE: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Estadísticas del Agua en México, 2005</i> . México, D. F., 2005.													

Tabla 4.3.6.4 Precipitación media anual.

Precipitación media - anual - 2000-2006 - entidad federativa							
Precipitación media anual por entidad federativa, 2000 a 2006							
(Milímetros)							
Entidad Federativa	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Estados Unidos Mexicanos	772	772	771	772	773	635	808
Quintana Roo	1 249	1 256	1 258	1 258	1 260	1 263	1 132
NOTA: 2000: Promedio anual - mensual histórico del periodo 1941-2000. 2001: Promedio anual - mensual histórico del periodo 1941-2001. 2002: Promedio anual - mensual histórico del periodo 1941-2002. 2003: Promedio anual - mensual histórico del periodo 1941-2003. 2004: Promedio anual - mensual histórico del periodo 1941-2004. 2005 y 2006: La información de estos años no es histórica, se refiere a la precipitación anual correspondiente.							
FUENTE: SEMARNAT. CONAGUA, Unidad del Servicio Meteorológico Nacional. Marzo 2008. SEMARNAT. CONAGUA, <i>Estadísticas del Agua en México</i> , 1a edición, CNA, México, 2007.							

Tabla 4.3.6.5 Extracción total bruta por región administrativa.

Extracción - total bruta - región administrativa - CNA - 2001-2007 - nacional
Indicadores seleccionados de agua por región administrativa de CNA, 2001 a 2007

Región administrativa	Disponibilidad natural media total (Hectómetros cúbicos/año) a						Disponibilidad natural media per cápita (Metros cúbicos por habitante al año) a					
	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2001	2002 b	2004	2005	2006	2007
Estados Unidos Mexicanos	469 199	476 456	474 638	472 194	465 139	458 095	77 167	74 621	74 184	75 461	74 041	72 771
XII Península de Yucatán d	26 496	29 063	29 646	29 646	29 645	29 645	7 900	8 178	8 255	8 011	7 750	7 603
NOTA:	Las cantidades expresadas en esta tabla son de carácter indicativo y para fines de planeación; no pueden ser utilizadas por sí solas para realizar concesiones de agua o determinar la factibilidad de un proyecto.											
a	Las medias se refieren a valores históricos de acuerdo con la disponibilidad de estudios hidrológicos.											
b	Con base en proyecciones de población al año 2003, de CONAPO.											
c	Incluye importaciones y excluye exportaciones.											
d	Cifra preliminar del escurrimiento natural superficial medio del año 2005.											
e	Se consideran las aguas residuales de la Ciudad de México del escurrimiento natural medio superficial.											
FUENTE:	Para 2001: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Compendio Básico del Agua en México</i> , 2001. México, D.F. Para 2002-2007: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Estadísticas del Agua en México</i> (varios años). México, D.F. CONAPO. Proyecciones de la Población de México 2005-2050, México, D.F.											

Región administrativa	Escurrimiento natural medio superficial (Hectómetros cúbicos/año) a						Recarga media total de acuíferos (Hectómetros cúbicos/año) a					
	2001	2002 c	2004	2005	2006	2007	2001	2002	2004	2005	2006	2007
Estados Unidos Mexicanos	393 980	398 962	396 823	395 210	386 575	378 451	75 219	77 494	78 053	76 984	78 564	79 652
XII Península de Yucatán d	1 348	3 747	4 330	4 330	4 329	4 329	25 148	25 316	25 316	25 316	25 316	25 316
NOTA:	Las cantidades expresadas en esta tabla son de carácter indicativo y para fines de planeación; no pueden ser utilizadas por sí solas para realizar concesiones de agua o determinar la factibilidad de un proyecto.											
a	Las medias se refieren a valores históricos de acuerdo con la disponibilidad de estudios hidrológicos.											
b	Con base en proyecciones de población al año 2003, de CONAPO.											
c	Incluye importaciones y excluye exportaciones.											
d	Cifra preliminar del escurrimiento natural superficial medio del año 2005.											
e	Se consideran las aguas residuales de la Ciudad de México del escurrimiento natural medio superficial.											
FUENTE:	Para 2001: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Compendio Básico del Agua en México</i> , 2001. México, D.F. Para 2002-2007: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Estadísticas del Agua en México</i> (varios años). México, D.F. CONAPO. Proyecciones de la Población de México 2005-2050, México, D.F.											

Región administrativa	Extracción total bruta de agua (Hectómetros cúbicos/año)					
	2001	2002	2004	2005	2006	2007
Estados Unidos Mexicanos	72 564	72 643	75 430	76 500	77 323	78 950
XII Península de Yucatán d	1 838	1 601	1 708	1 871	1 997	2 134
NOTA:	Las cantidades expresadas en esta tabla son de carácter indicativo y para fines de planeación; no pueden ser utilizadas por sí solas para realizar concesiones de agua o determinar la factibilidad de un proyecto.					
a	Las medias se refieren a valores históricos de acuerdo con la disponibilidad de estudios hidrológicos.					
b	Con base en proyecciones de población al año 2003, de CONAPO.					
c	Incluye importaciones y excluye exportaciones.					
d	Cifra preliminar del escurrimiento natural superficial medio del año 2005.					
e	Se consideran las aguas residuales de la Ciudad de México del escurrimiento natural medio superficial.					
FUENTE:	Para 2001: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Compendio Básico del Agua en México</i> , 2001. México, D.F. Para 2002-2007: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Estadísticas del Agua en México</i> (varios años). México, D.F. CONAPO. Proyecciones de la Población de México 2005-2050, México, D.F.					

Tabla 4.3.6.6 Disponibilidad natural media 2007. Precipitación y disponibilidad natural media de agua por países.

Disponibilidad - natural media - 2007 - comparativo internacional			
Precipitación y disponibilidad natural media de agua por países seleccionados, 2007			
Países seleccionados	Precipitación media anual (Milímetros)	Disponibilidad natural media (Miles de millones de metros cúbicos)	Disponibilidad natural media per cápita (Metros cúbicos por habitante por año)
África			
Congo	1 646	910	281 618
Gabón	1 831	164	126 154
Liberia	2 391	232	80 573
América			
Belice	1 705	19	61 566
Bolivia	1 146	623	67 472
Brasil	1 782	8 233	44 081
Canadá	537	2 902	93 549
Chile	1 522	922	57 291
Colombia	2 612	2 132	46 302
Estados Unidos de América	715	3 051	10 293
Guyana	2 387	241	320 667
Guyana francesa	2 895	134	680 203
México	760	458	4 312
Paraguay	1 130	336	65 076
Perú	1 738	1 913	69 446
Surinam	2 331	122	250 501
Asia			
República de Lao	1 834	334	56 836
Turquía	593	214	2 891
Europa			
Francia	867	204	3 320
Groenlandia	350	603	10 595 305
Islandia	1 940	170	574 588
Noruega	1 414	382	81 967
Oceanía			
Islas Salomón	3 028	45	90 298
Nueva Zelanda	1 732	327	78 146
Papua	3 142	801	146 651
FUENTE: SEMARNAT. CONAGUA. <i>Estadísticas del Agua en México, 2008</i> . México, D.F., 2008.			

Tabla 4.3.6.7 Distribución porcentual de clima en Quintana Roo.

Clima – distribución según tipo – 2005 – entidad federativa				
Distribución porcentual del clima según clasificación para cada entidad federativa, 2005				
Entidad federativa	Total	Cálido		
		Húmedo		Subhúmedo
		Con lluvias abundantes	Con lluvias todo el año	Con lluvias en verano
Quintana Roo	100	1.08	NA	98.92
<p>NOTA: La clasificación de los climas se basa en el Sistema de Köepen, modificado por E. García.</p> <p>NA No aplicable.</p> <p>FUENTE: INEGI. <i>Carta de Climas escala 1:1 000 000. México 1980.</i> (versión digital 2005).</p>				

Tabla 4.3.6.8 Declaración de Áreas Naturales Protegidas, 2005.

Área	Superficie (Hectáreas)	Diario Oficial de la Federación
Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado	934 756	2 de julio de 1996
El Pinacate y Gran Desierto de Altar	714 557	2 de julio de 1996
Laguna de Términos	706 148	4 de junio de 1997
Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc	8 673	6 de agosto de 1998 Aclaración del aviso: 2 de octubre de 1998
Arrecifes de Cozumel	11 988	2 de octubre de 1998
Cuatrociénegas	84 347	24 de marzo de 2000
Calakmul	723 185	7 de abril de 2000
Río Lagartos	60 348	12 de abril de 2000
Sierra Gorda	383 567	8 de mayo de 2000
El Vizcaíno	2 546 790	1 de septiembre de 2000
La Encrucijada	144 868	13 de septiembre de 2000
El Triunfo	119 177	15 de septiembre de 2000
La Sepultura	167 310	15 de septiembre de 2000
Arrecife de Puerto Morelos	9 067	18 de septiembre de 2000
Banco Chinchorro	144 360	25 de septiembre de 2000
Pantanos de Centla	302 707	26 de septiembre de 2000
Montes Azules	331 200	16 de noviembre de 2000
Sierra de Manantlán	139 577	17 de noviembre de 2000
Islas del Golfo de California	358 000	17 de abril de 2001
Complejo Insular Espíritu Santo (Islas del Golfo)	ND	18 de abril de 2001 Modificación: el 24 de julio de 2001
Mariposa Monarca	56 259	30 de abril de 2001
La Primavera	30 500	22 de mayo de 2001
Selva El Ocote	101 288	19 de diciembre de 2001
Bahía de Loreto	206 581	11 de noviembre de 2002 Modificación: el 6 de enero de 2003
Río Celestún	81 482	22 de noviembre de 2002
Huatulco	11 891	2 de diciembre de 2002
Barranca de Metztitlán	96 043	11 de marzo de 2003
Sierra La Laguna	112 437	19 de junio de 2003
Cañón de Santa Elena	277 210	ND
Chamela-Cuixmala	13 142	ND
Isla Contoy	5 126	ND
Maderas del Carmen	208 381	ND
Sian Ka'an	528 148	ND
Xcalak	17 949	8 de octubre de 2004
Revillagigedo	636 685	ND
Isla Isabel	194	ND
<p>NOTA: Con base en el reglamento en materia de ANP del 2000 en su artículo 3º se define como: Instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y administración del ANP.</p> <p>ND No disponible.</p> <p>FUENTE: www.semarnat.gob.mx, (23 de mayo de 2005).</p>		

Tabla 4.3.6.9 Declaración de Áreas Naturales Protegidas, 2008.

Áreas protegidas - superficie - categoría - 2008 - entidad federativa				
Áreas naturales protegidas por entidad federativa, según categoría y ecosistema, 2008				
Categoría	Entidad federativa	Superficie (Hectáreas)	Año de decreto	Ecosistemas
Nombre				
Total superficie		22 961 697		
Área de protección de flora y fauna (APFF)				
Bal' An'k' Aax	Quintana Roo	128 390	2005	ND
Laguna de Términos	Campeche	706 148	1994	Praderas de pastos sumergidos, bosques de manglar, tular, vegetación riparia.
Manglares de Nichupte	Quintana Roo	4 257	2008	ND
Uaymil	Quintana Roo	89 118	1994	Selva baja inundable, selva mediana, manglar.
Valle de los Cirios	Baja California	2 521 776	1980	Matorral xerófilo micrófilo, bosque de pino, vegetación halófila de dunas costeras y manglar.
Yum Balam	Quintana Roo	154 052	1994	Selva tropical mediana-baja y bajas inundable; bosque de manglar chaparro o mangle rojo.
Área de Protección de Recursos Naturales (APRN)				
Parque Nacional (PN)				
Arrecife Alacranes	Yucatán	333 769	1994	Arrecife coralino
Arrecife de Puerto Morelos	Quintana Roo	9 067	1998	Arrecife coralino
Arrecifes de Cozumel	Quintana Roo	11 988	1996	Arrecife coralino.
Arrecifes de Xcalak	Quintana Roo	17 949	2000	Arrecifes de coral
Bahía de Loreto	Baja California Sur	206 581	1996	Asociaciones de manglares y matorral espinoso, dunas costeras, matorral xerófilo
Cabo Pulmo	Baja California Sur	7 111	1995	Arrecife coralino
Costa occidente de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc	Quintana Roo	8 673	1996	Arrecife coralino
Huatulco	Oaxaca	11 891	1998	Selva baja caducifolia, vegetación riparia, humedales, manglares, ambiente marino con bancos de coral, algas y pastos marinos
Isla Contoy	Quintana Roo	5 126	1998	Manglar, selva baja caducifolia, coctal, zona costera y halófitas
Lagunas de Chacahua	Oaxaca	14 187	1937	Selva mediana perennifolia y baja caducifolia, manglar y vegetación de dunas costeras
Sistema Arrecifal Veracruzano	Veracruz de Ignacio de la Llave	52 239	1992	Arrecife coralino y vegetación halófila
Tula	Hidalgo	100	1981	Matorral xerófilo
Tulum	Quintana Roo	664	1981	Selva mediana, manglar y vegetación de dunas costeras
Xicoténcatl	Tlaxcala	680	1937	Reforestación ornamental
Reserva de la Biósfera (RB)				
Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado	Baja California y Sonora	934 756	1993	Matorral xerófilo, vegetación de dunas costeras, ecosistema marino y estuarino
Arrecifes de Sian ka'an	Quintana Roo	34 927	1998	Arrecife coralino
Bahía de los Ángeles, Canales de Ballenas y Salsipuedes	Baja California	387 957	2007	ND
Banco Chinchorro	Quintana Roo	144 360	1996	Arrecife coralino
Islas Mariás	Nayarit	641 285	2000	Arrecifes, manglares, selvas bajas deciduas y selvas medianas subdeciduas
Pantanos de Centla	Tabasco	302 707	1992	Pantanos y marismas, selva mediana y baja subperennifolia y manglar
Ría Celestún	Yucatán y Campeche	81 482	2000	Manglar, vegetación de dunas costeras, petenes, sabana, tulares, carrizales, selva baja inundable y selva baja caducifolia con cactáceas
Ría Lagartos	Yucatán	60 348	1999	Selva baja caducifolia, dunas costeras, manglar
Sian ka'an	Quintana Roo	528 148	1986	Selva mediana y baja subperennifolia, selva baja caducifolia, manglar, tinal, marismas, petenes, vegetación de dunas costeras y arrecifes
Santuario				
Playa adyacente a la localidad denominada Río Lagartos	Yucatán	0	1986	ND
Playa Ceuta	Sinaloa	77	1986	ND
Playa Cuitzmala	Jalisco	4	1986	ND
Playa de Escobilla	Oaxaca	30	1986	ND
Playa de la Bahía de Chacahua	Oaxaca	0	1986	ND
Playa de la Isla Contoy	Quintana Roo	0	1986	ND
Playa de Maruata y Colola	Michoacán de Ocampo	33	1986	ND
Playa de Mismaloya	Jalisco	168	1986	ND
Playa de Puerto Arista	Chiapas	63	1986	ND
Playa de Rancho Nuevo	Tamaulipas	30	1986	ND
Playa de Tierra Colorada	Guerrero	54	1986	ND
Playa El Tecuán	Jalisco	17	1986	ND
Playa El Verde Camacho	Sinaloa	63	1986	ND
Playa Mexiquillo	Michoacán de Ocampo	25	1986	ND
Playa Piedra de Tlacoyunque	Guerrero	29	1986	ND
Playa Teopa	Jalisco	12	1986	ND
NOTA: La información se encuentra actualizada a junio de 2008. El total puede no coincidir con la suma de los parciales				
ND No disponible.				
FUENTE: INEGI. Dirección de Estadísticas de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Con base en SEMARNAT. Comisión				

Tabla 4.3.6.10 Impacto del deterioro ambiental en el Producto Interno Bruto (PIB).

Concepto	2003	2004 P	2005	2006	2007
Producto interno bruto, a precios de mercado	7 555 803	8 557 291	9 221 553	10 344 757	11 175 985
Consumo de capital fijo	683 354	759 221	804 311	883 676	967 127
Producto interno neto	6 872 450	7 798 070	8 417 242	9 461 081	10 208 858
Costos totales	725 660	773 498	724 743	886 745	871 819
Costos por agotamiento	154 693	187 908	131 856	268 144	227 396
Costos por degradación	570 967	585 591	592 887	618 601	644 423
Producto interno neto ecológico	6 146 790	7 024 572	7 692 499	8 574 336	9 337 039

(Millones de pesos a precios corrientes)

Cifras preliminares a partir de la fecha que se indica.

FUENTE: INEGI. Sistema de Cuentas económicas y ecológicas de México, 2003-2007.

Costos por agotamiento y degradación del medio ambiente

(Proporción del PIB a precios de mercado)

Concepto	2003	2004 P	2005	2006	2007
Producto interno bruto a precios de mercado	100	100	100	100	100
Costos totales	9.6	9	7.9	8.6	7.8
Costos por agotamiento	2	2.2	1.4	2.6	2
Costos por degradación	7.6	6.8	6.4	6	5.8

Cifras preliminares a partir de la fecha que se indica.

FUENTE: INEGI. Sistema de Cuentas económicas y ecológicas de México, 2003-2007.

Costos por agotamiento y degradación del medio ambiente

Tabla 4.3.6.11 Superficie sin vegetación de México y del estado de Quintana Roo.

Superficie sin vegetación – condición de suelo – 2007 – entidad federativa

Superficie sin vegetación de las unidades de producción según condición del suelo, por entidad federativa, 2007

Entidad federativa	Total	Con arenales o pedregales	Ensalitrada	Erosionada	Cubierta con agua	Contaminada	Otra superficie
Estados Unidos Mexicanos	2 123 896.7	823 169.2	139 255.0	115 549.3	1 004 205.7	10 692.6	31 025.0
Quintana Roo	4 065.6	1 543.5	13	38.4	2 222.6	14.5	233.6

FUENTE: INEGI. Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009.

Tabla 4.3.6.12 Censo poblacional de 1921 a 2005 para la población de Mahahual, que se encuentra en las proximidades del arrecife Banco Chinchorro.

Evento Censal	Fuente	Total de Habitantes	Hombres	Mujeres
1921	Censo	00000001	00000001	00000000
1930	Censo	00000016	00000010	00000006
1940	Censo	00000008	00000008	00000000
1950	Censo	00000007	00000004	00000003
1960	Censo	00000005	00000004	00000001
1970	Censo	00000001	00000000	00000000
1980	Censo	00000000	00000000	00000000
1995	Conteo	00000125	00000072	00000053
2000	Censo	00000149	00000084	00000065
2005	Conteo	00000282	00000156	00000126

4.4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

DELIMITACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO

FORMULARIO DE ANÁLISIS PRELIMINAR PARA CARACTERIZACIÓN DE ZONAS COSTERAS.

Zona costera: Banco Chinchorro, Quintana Roo, México, Municipio de Othón P. Blanco

Concepto	Fuente	Comentarios																
Características de Tierra	Mapas	<p>Señale la característica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Costa plana que empieza desde la playa ☐ Marismas, lagunas y lagos colindantes a la costa ☐ Mesetas elevadas desde la costa con pendientes inclinadas ☐ Montañas o colinas cercanas a la costa ☐ Otro (describa) <u>Barrera de Arrecife de coral</u> 																
Características de costa	Mapas y cartas	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Líneas de costa que se extienden en una línea recta o una curva suave ☐ Línea de costa formando curvas con grandes retrocesos ☐ Línea de costa compuesta por un bloque de playas divididas por salientes ☐ El sitio se localiza cerca de la desembocadura de un río o laguna ☐ Otro (describa) <u>Atolón formado por 4 islotes o cayos</u> 																
Batimetría	Cartas y fotografías	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Gradiente aproximado del fondo: ☒ 0-10m ☐ 10-100m ☐ Contorno de la profundidad: ☒ relativamente recto ☐ complicado ☐ sin determinar ☐ Barras ☐ barra simple ☒ múltiples barras ☐ imperceptible 																
Mareas	Cartas y referencias	<p>Niveles de marea:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Pleamar máxima registrada</td> <td>0.342 m</td> </tr> <tr> <td>Nivel de pleamar media superior</td> <td>0.111 m</td> </tr> <tr> <td>Nivel de pleamar media</td> <td>0.088 m</td> </tr> <tr> <td>Nivel medio del mar</td> <td>0.000 m</td> </tr> <tr> <td>Nivel de media marea</td> <td>-0.002 m</td> </tr> <tr> <td>Nivel de bajamar media</td> <td>-0.093 m</td> </tr> <tr> <td>Nivel de bajamar media inferior</td> <td>-0.125 m</td> </tr> <tr> <td>Bajamar mínima registrada</td> <td>-0.334 m</td> </tr> </tbody> </table> <p>Corrientes de marea: Bajas Magnitud: <u>0.25</u> m/s Dirección: <u>NNW y W</u></p>	Pleamar máxima registrada	0.342 m	Nivel de pleamar media superior	0.111 m	Nivel de pleamar media	0.088 m	Nivel medio del mar	0.000 m	Nivel de media marea	-0.002 m	Nivel de bajamar media	-0.093 m	Nivel de bajamar media inferior	-0.125 m	Bajamar mínima registrada	-0.334 m
Pleamar máxima registrada	0.342 m																	
Nivel de pleamar media superior	0.111 m																	
Nivel de pleamar media	0.088 m																	
Nivel medio del mar	0.000 m																	
Nivel de media marea	-0.002 m																	
Nivel de bajamar media	-0.093 m																	
Nivel de bajamar media inferior	-0.125 m																	
Bajamar mínima registrada	-0.334 m																	
Oleaje	Referencias	<p>Oleaje dominante:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☒ distante ☐ por monzones ☒ por ciclones ☐ sin clasificar <p>Dirección predominante: <u>Este</u></p> <p>Intensidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☒ moderada (0-3m) ☐ media(3-6m) ☐ severa (+ 6m) ☐ sin clasificar 																
Ríos	Mapas y datos hidrológicos	<p>Nombres de ríos con aporte de sedimentos: _____, ☒ ninguno</p> <p>Configuración de la desembocadura: ☐ simple ☐ múltiple (delta)</p> <p>Datos del río: Área de la cuenca _____ Km²; descarga _____ m³/s Gradiente del fondo: _____ m ; sedimentos _____ m³/año Otro: <u>Laguna interior "Los Rabios", 2 a 8 m de profundidad</u></p>																

FORMULARIO INSPECCIÓN DE CAMPO

Zona costera: Banco Chinchorro, Quintana Roo, México, Municipio de Othón P. Blanco

Concepto	Comentarios
Configuración de la Playa	<p>Señale la característica:</p> <p>Extensión de la playa: ☐ corta ☐ media ☒ larga</p> <p>Características especiales:</p> <p>☐ con cuspatas, distancia entre cuspatas _____ m</p> <p>☐ con tómbolo, la línea avanza hacia: _____</p> <p>_____ izquierda _____ derecha _____ sin diferencia</p> <p>☐ con espigones y escolleras, la línea avanza: _____</p> <p>_____ izquierda _____ derecha _____ sin diferencia</p> <p>☒ otro (describa): Atolón, barrera de arrecifes formada por 4 islotes</p>
Perfil de playa	<p>Playa compuesta por: ☒ arena ☐ gravillas ☐ rocas ☐ otro: _____</p> <p>Tamaño de la arena de cara a la superficie: ☒ fina ☒ media ☐ gruesa</p> <p>Tamaño de la arena debajo de la superficie: ☒ fina ☒ media ☐ gruesa</p> <p>Pendiente de la playa: suave</p> <p>Elevación de la zona de mareas: 0.50 m</p> <p>Ancho de la arena en playa: 12 m</p> <p>Depósito de madera flotante: _____</p> <p>Distancia desde la línea de playa: _____ m elevación: _____ m</p>
Características de la costa detrás de la línea de playa	<p>Montículos: elevación _____ m</p> <p>Árboles y arbustos: elevación 4 m</p> <p>Dunas de arena: elevación: _____ m</p> <p>Otros (describa): Manglares, palmeras y Laguna Los Rabios</p>

FORMULARIO ENTREVISTAS DE CAMPO

Zona costera: Banco Chinchorro, Quintana Roo, México, Municipio de Othón P. Blanco

Concepto	Comentarios
Vientos	<p>Mes de mayor viento: Noviembre</p> <p>Dirección y velocidad del viento más fuerte: ESTE</p> <p>Dirección del viento que prevalece en el año: NNO y ESTE</p>
Oleaje	<p>Meses de calma: Marzo a Mayo</p> <p>Meses de oleaje fuerte: Mayo a Enero</p> <p>Altura aprox. del oleaje fuerte: 1 m</p> <p>Frecuencia de tormentas al año: 3 a 5</p> <p>Altura aprox. de olas de tormenta: 2 a 3 m</p>
Playa	<p>La línea de costa se mueve según la estación del año: ☒ si ☐ no</p> <p>Cambios en las barras de arena y desembocadura del río según las estaciones: ☒ si ☐ no</p> <p>Variación en la línea de costa a ambos lados de las estructuras debidas a cambios de estación: ☐ si ☒ no</p> <p>Cambios bruscos en la línea de playa en las últimas décadas: ☐ si ☒ no</p> <p>Cambios en la posición de montículos, árboles o arbustos en las últimas décadas: ☐ si ☒ no</p>
Desastres	<p>Describe el peor desastre en la localidad:</p> <p>Huracán Dean</p> <hr/> <p>Fecha: Octubre 2007, magnitud de daños: Daños a los manglares, daños en las estructuras de coral, turbidez en el agua, daño en cabañas, campamentos y palafitos</p> <p>Registro de cambio de nivel del agua debido al desastre: Sin registro</p> <p>Referencia: Sin registro</p>

MATRIZ DE TABAJO

Arquitectura del sistema	¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Por qué?
<i>Alcance</i>	Caracterización de zona costera	Metodología de caracterización	Zonas costeras que funcionan como sistema	Grupo interdisciplinario para el manejo de la zona costera	A la brevedad para diagnóstico y Anual para seguimiento	Como herramienta de gestión, regulación y planificación sostenible
<i>Modelo del sistema</i>	Modelo sistémico	Utilizando herramientas de análisis desde un enfoque sistémico	Sistemas complejos con interconexiones e interrelaciones que los hacen multi y transdisciplinarios	El proyectista de la metodología	Se realizó en 1 año	Para llegar a la arquitectura del modelo
<i>Modelo de Procesos y relaciones</i>	Elaboración del Marco teórico y conceptual	Recopilación y análisis de información	En todas las fuentes de información relacionadas con zonas costeras y enfoque sistémico	Diseñador del modelo	Posterior al desarrollo de la fase de conceptualización de la metodología	Para fundamentar teóricamente la metodología
<i>Modelo Tecnológico</i>	Desarrollo de la metodología para la caracterización de zonas costeras	Con un modelo sistémico	Un plano de investigación multidisciplinaria	Desarrollador de la metodología	Posterior al análisis de los componentes de un sistema costeros	Para la construcción de la metodología
<i>Componentes del sistema</i>	Desarrollo del Modelo conceptual	Desarrollo de la metodología	Zona costera	Desarrollador de la metodología	Posterior a la conceptualización del modelo	Para definir los componentes de la metodología
<i>Funcionalidad del sistema</i>	Integración de Ficha de caracterización	Integrando los componentes de la caracterización costera y del modelo sistémico	Caso de estudio: Banco Chinchorro	Diseñador y Desarrollador de la metodología con apoyo de especialistas en zonas costeras así como con los actores que intervienen en un sistema costero o un actor que tenga el conocimiento del sistema	Es la última fase del modelo y debe retroalimentarse en la fase de seguimiento anual	Para la validación del funcionamiento de la metodología y verificar la integración de la los componentes que más intervengan e impacten en el sistema

La definición de los componentes del sistema, los actores, el catálogo de riesgo, la matriz de respuesta a riesgos (Mitigación), se presentaron en el apartado de la metodología en el Capítulo 3.

ANÁLISIS CUALITATIVO

R.ID	DESCRIPCIÓN DE RIESGOS	PROBABILIDAD	IMPACTO	EXPOSICIÓN	VULNERABILIDAD
R-1	Riesgos naturales				
R-1.1	Erosión costera	1	1	0.30	1
R-1.2	Inundaciones costeras.	1	2	0.67	2
R-1.3	Incremento del nivel del mar por efecto del Cambio climático.	2	3	2.00	3
R-1.4	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta.	2	3	2.00	2
R-1.5	Vientos fuertes.	2	2	1.33	2
R-1.6	Tsunami.				
R-1.7	Incremento de corrientes por efecto de Mar de fondo	1	3	1.00	2
R-2	Riesgos por actividades antropogénicas	3	3	3.00	3
R-2.1	Desarrollo costero	2	3	2.00	2
R-2.2	Industria costera y puertos.	1	3	1.00	2
R-2.3	Agricultura	1	2	0.67	1
R-2.4	Turismo y usos recreativos.	3	3	3.00	3
R-2.5	Industria pesquera y acuicultura.	3	3	3.00	3
R-2.6	Actividades mar adentro.	2	2	1.33	2

Puntuación de nivel de probabilidad de ocurrencia, impacto y vulnerabilidad, Alta=3, Media=2 y Baja=1

NOTA.-Para el cálculo de la exposición se multiplicó la columna de la probabilidad de ocurrencia por el nivel de impacto y el resultado se dividió entre el número 3 para obtener los mismos rangos de puntuación.

MATRIZ DE RESILENCIA

R.ID	DESCRIPCIÓN DE RIESGOS	RESILENCIA SOCIAL	RESILIENCIA AMBIENTAL	RESILIENCIA ECONÓMICA
R-1	Riesgos naturales	2	3	1
R-1.1	Erosión costera	2	3	1
R-1.2	Inundaciones costeras.	2	3	1
R-1.3	Incremento del nivel del mar por efecto del Cambio climático.	2	2	1
R-1.4	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta.	1	3	2
R-1.5	Vientos fuertes.	2	3	1
R-1.6	Tsunami.			
R-1.7	Incremento de corrientes	1	2	1
R-2	Riesgos por actividades antropogénicas	2	2	1
R-2.1	Desarrollo costero	2	2	1
R-2.2	Industria costera.	3	2	1
R-2.3	Agricultura	1	2	1
R-2.4	Turismo y usos recreativos.	2	2	1
R-2.5	Industria pesquera y acuicultura.	2	2	2
R-2.6	Actividades mar adentro.	2	1	1
R-2.7	Cambios en la calidad del agua (Contaminación).	1	1	1

Puntuación de nivel de resiliencia, Alta=3, Media=2 y Baja=1.

MATRIZ DE ANÁLISIS CUANTITATIVO

R.ID	DESCRIPCIÓN DE RIESGOS	EXPOSICIÓN	COSTO \$ (MDP)	COSTO TOTAL
R-1	Riesgos naturales			
R-1.1	Erosión costera	0.30	2	0.60
R-1.2	Inundaciones costeras.	0.67	3	2.01
R-1.3	Incremento del nivel del mar por efecto del Cambio climático.	2.00	5	10.00
R-1.4	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta.	2.00	9	18.00
R-1.5	Vientos fuertes.	1.33	2	2.66
R-1.6	Tsunami.			0.00
R-1.7	Incremento de corrientes	1.00	2	2.00
R-2	Riesgos por actividades antropogénicas	3.00	6	18.00
R-2.1	Desarrollo costero	2.00	3	6.00
R-2.2	Industria costera y puertos.	1.00	3	3.00
R-2.3	Agricultura	0.67	0.50	0.34
R-2.4	Turismo y usos recreativos.	3.00	1	3.00
R-2.5	Industria pesquera y acuicultura.	3.00	1	3.00
R-2.6	Actividades mar adentro.	1.33	3	3.99
R-2.7	Cambios en la calidad del agua (Contaminación).	1.00	5	5.00
			45.50	77.56

Puntuación de nivel de exposición, Alta=3, Media=2 y Baja=1. MDP.- MILLONES DE PESOS

FONDO DE CONTINGENCIA = \$18'000,000.00

Es el costo del riesgo con mayor exposición.

ANÁLISIS FODA/DAFO MATRIZ DE FORTALEZAS

No.	FORTALEZAS	PROBABILIDAD DE IMPACTO
1	Sistema costero en equilibrio	3
2	Capacidad de reorganización del sistema	2
3	Instrumentos de gestión integrada en zonas costeras	2
4	Conocimiento de la zona costera y sus componentes	2
5	Acceso a recursos económicos	1
6	Servicios ambientales de buena calidad	2
7	Posibilidades de acceder a créditos	1
8	Monitoreo de la zona costera	1
9	Capital humano con experiencia en el manejo integral de la zona costera	2
10	Instrumentos de planeación	1
11	Instrumentos Jurídicos y normativos	1
12	Población, organizaciones sociales, ambientales y empresariales involucradas e integradas para la protección, preservación y ordenamiento de las zonas costeras	2
13	Procesos técnicos y administrativos de calidad	1
14	Planes y programas de fomento a la conservación de los ambientes marinos y costeros,	1
15	El cuidado y la visión integral en el proceso de planeación, instalación, operación y mantenimiento de la infraestructura costera y marina	2
16	Planes y programas para la conservación de las zonas costeras para sostenerlas a largo plazo.	2

Puntuación de nivel de impacto, Alta=3, Media=2 y Baja=1.

MATRIZ DE DEBILIDADES

No.	DEBILIDADES	PROBABILIDAD DE IMPACTO
1	Salarios bajos	3
2	Pobreza	3
3	Mala calidad de vida de la población	3
4	Falta de oportunidad de desarrollo de actividades económicas	3
5	Falta de conocimiento de la zona costera y sus componentes físicos, ambientales, económicos y sociales.	2
6	Infraestructura dañada, no funcional o vieja	2
7	Falta de oportunidad de educación	3
8	Problemas con la calidad del agua, contaminación	1
9	Reactividad en la gestión integral costera por una, varias o todas las entidades involucradas	3
10	Rechazo al mejoramiento de la infraestructura costera	3
11	Mala situación financiera de la administración local, estatal o federal	3
12	Incapacidad para integrar a los actores del sistema en la gestión	3
13	Capital de trabajo mal utilizado	3
14	Falta de liderazgo	3
15	Discontinuidad en los planes y programas de planeación y gestión integrada de zonas costeras	3
16	Poca capacidad de acceso a créditos, programa de financiamiento para el mejoramiento de las zonas costeras.	2
17	Falta de acceso a los programas de contingencia o emergencia para la recuperación ante alguna evento extraordinario que ponga en riesgo la estabilidad de la zona costera.	2
18	Falta de motivación de la población para la conservación de la zona costera	2
19	Toma de decisiones centralizadas que no estén acordes a las condiciones de la zona costera, ni estén alineadas a las necesidades propias de cada sistema.	3
20	Discontinuidad en los planes y programas de gestión integrada de la costa debido a cambios políticos y administrativos.	3

Puntuación de nivel de impacto, Alta=3, Media=2 y Baja=1.

MATRIZ DE OPORTUNIDADES

No.	OPORTUNIDADES	PROBABILIDAD DE IMPACTO
1	Instrumentos de Gestión, Planeación y Regulación para la zona costera acorde a las condiciones propias de la zona	2
2	Incremento de actividades económicas	1
3	Que la zona esté rodeada de zonas con menor desarrollo	2
4	Necesidad de los servicios ambientales que presta la zona costera	2
5	Estabilidad del poder adquisitivo de la población	1
6	Aprovechamiento la ubicación geográfica, sus litorales y zona económica exclusiva.	2
7	Planes y programas de fomento a la conservación de los ambientes marinos y costeros.	2
8	La riqueza natural de la zona costera.	3
9	La diversidad biológica de la zona costera.	3
10	El cuidado y la visión integral en el proceso de planeación, instalación, operación y mantenimiento de la infraestructura costera y marina.	1
11	Planes y programas para la conservación de las zonas costeras para sostenerlas a largo plazo.	2
12	Reducir la vulnerabilidad de la población a fenómenos naturales.	2
13	Inducción de ambientes costeros artificiales con diseño ecológico, compatible con las condiciones específicas del sitio de acuerdo a su ubicación.	1
14	Utilización sostenible de las actividades económicas, en especial el turismo, así como las actividades marítimas y portuarias,	1
15	Potencialización del desarrollo económico y social de la población costera, para incrementar su calidad de vida.	2
16	Incremento en el nivel educativo de la población	1
17	Desarrollo de planes de educación ambiental para todos los actores que integran la zona costera.	1
18	Programa de monitoreo de las características de la zona costera	2
19	Elaboración de inventario de los servicios y recursos ambientales	3
20	Declaración de zonas, especies de flora y fauna protegidas	3
21	Planes y programas de protección y vigilancia para zonas costeras vulnerables	2
22	Programas de impulso para el desarrollo sostenible, integral, incluyente y viable en el corto y largo plazo	1
23	Implementación de Planes y programas coordinados en los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) para frenar las actividades que degraden el medio ambiente o que hagan uso irresponsable de los recursos.	1

Puntuación de nivel de impacto, Alta=3, Media=2 y Baja=1.

MATRIZ DE AMENAZAS

No.	AMENAZAS	PROBABILIDAD DE IMPACTO
1	Conflictos sociales	1
2	Conflictos gremiales	1
3	Inequidad económica en la población	3
4	Regulación desfavorable	2
5	Cambios en la legislación	2
6	Competencia muy agresiva entre actores	1
7	Aumento de precio de insumos	2
8	Extracción de recursos irregular e indiscriminada	2
9	Actividades económicas sin regulación	2
10	Tendencias desfavorables en la actividades económicas	1
11	Competencia consolidada en las actividades económicas	3
12	Inexistencia de competencia en las actividades económicas	1
13	Reducción del poder adquisitivo de la población	2
14	Reducción de los servicios ambientales de la zona costera	2
15	Reducción en la biodiversidad	2
16	Reducción en los recursos económicos para la gestión y conservación de la zona costera.	2
17	Población marginada y asentamientos irregulares	2
18	Vulnerabilidad a fenómenos naturales	3
19	Deterioro ambiental	2
20	Presencia de especies amenazadas de flora y/o fauna	3
21	Incremento no regulado de las actividades económicas y de extracción de recursos (industria de transformación, minería, hidrocarburos, etc.).	1
22	Falta de diversificación de las actividades productivas.	3
23	Sobrecarga de la capacidad del ecosistema por las actividades productivas.	2
24	Disminución en la calidad de vida.	2

Puntuación de nivel de impacto, Alta=3, Media=2 y Baja=1.

Los resultados de la matriz de evaluación FODA son los siguientes, y se resumen de forma gráfica en la Gráfica FODA:

	PROBABILIDAD		
	ALTA	MEDIA	BAJA
FORTALEZAS	1	9	7
DEBILIDADES	14	5	1
OPORTUNIDADES	4	10	9
AMENAZAS	5	13	6

GRÁFICA FODA

PLAN DE CONTINGENCIA

Con el análisis de los grados de vulnerabilidad y resiliencia se propone el Plan de Contingencia, el cual toma en cuenta el Catálogo de Riesgos, la Matriz de resiliencia y el Plan de Respuesta a Riesgos.

Se observó con el análisis FODA de la zona costera de Banco Chinchorro en el aspecto de fortaleza tiene un nivel medio a bajo, en el aspecto de debilidades tiene un nivel alto, el nivel de oportunidades es medio al igual que el nivel de amenazas, lo que se traduce en que el sistema es estable mientras las condiciones antropogénicas no ejerzan presiones con el incremento en las actividades de pesca y turísticas, otro punto que se observa y que es crítico es la vulnerabilidad ante el cambio en la turbidez del agua y en su calidad, ya que de ello depende que el arrecife mantenga su entorno, el nivel de debilidades es alto lo que quiere decir que el sistema es vulnerable a los cambios y que lo más importante es mantener las condiciones que lo mantienen en equilibrio.

Ante amenazas como lo son huracanes, la zona después de huracán Dean en 2007 se dañó, sobre todo en la parte de vegetación, la cual fue arrancada, la parte de la infraestructura hotelera y costera también fue dañada, la estructura del arrecife de coral se dañó en la cara oriente que fue donde recibió el mayor impacto, pero se recuperó con ayuda de la población y de los sectores, académico, científico y gubernamental a través de la Secretaría de Marina (SEMAR). El aprendizaje de la situación fue que el sistema se recuperó física y biológicamente pero es vulnerable a recibir presiones mayores relativas a las actividades antropogénicas por lo que el sistema no acepta sobrecargas.

El Plan de contingencia consiste en reforzar y fortalecer la regulación de las actividades antropogénicas, afortunadamente Banco Chinchorro cuenta con la declaratoria de Área Natural Protegida, Región Hidrológica Prioritaria y Sitio RAMSAR.

ID	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	RESPUESTA
R-1	Riesgos naturales	Restauración de ambientes naturales en la playa
R-1.1	Erosión costera	Restauración de ambientes naturales en la playa
R-1.2	Inundaciones costeras.	Restauración de ambientes naturales en la playa
R-1.3	Incremento del nivel del mar por efecto del Cambio climático.	Manejo de recursos costeros
R-1.4	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta.	Restauración de ambientes naturales en la playa
R-1.5	Vientos fuertes.	Restauración de ambientes naturales en la playa
R-1.7	Incremento de corrientes	Estructuras biodegradables, monitoreo
R-2	Riesgos por actividades antropogénicas	Regulación
R-2.1	Desarrollo costero	Manejo de recursos costeros, Regulación
R-2.2	Industria costera y puertos.	Manejo de recursos costeros, Regulación
R-2.4	Turismo y usos recreativos.	Manejo de recursos costeros, Regulación
R-2.5	Industria pesquera y acuicultura.	Manejo de recursos costeros, Regulación
R-2.6	Actividades mar adentro.	Manejo de recursos costeros, Regulación
R-2.7	Cambios en la calidad del agua (Contaminación).	Planes, programas y normas de vigilancia para mantener la calidad del agua

Para el cálculo del fondo de contingencia se usó la Matriz de Análisis Cuantitativo y de acuerdo al nivel de exposición se eligió el monto de mayor exposición e impacto, ya que es el que pone en riesgo el equilibrio, estabilidad y capacidad de recuperación de la zona costera como sistema.

**FONDO DE CONTINGENCIA COSTO: \$ 18'000,000.00
(DIECIOCHO MILLONES DE PESOS, 00/100 M.N)**

Capítulo 5. Resultados

5. RESULTADOS

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA COSTERA

Una vez realizado el análisis de toda la información de la metodología se procede a realizar la caracterización de la zona de estudio, definiendo si el sistema es vulnerable y la capacidad de resiliencia que tiene ante los impactos y presiones que resiste.

La metodología propuesta, se aplicó para el caso de estudio de Banco Chinchorro, Quintana Roo, México; en los párrafos siguientes se presenta la caracterización de la zona costera con la metodología basada en un modelo sistémico. Cabe mencionar que la metodología propuesta es flexible en el sentido de que pueden aumentar o reducir los componentes de las matrices de análisis ya que cada zona costera tiene características y relaciones propias y el análisis es espacial acorde a cada zona costera.

Para tal fin se propuso la siguiente ficha de caracterización.

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE ZONAS COSTERAS

I. IDENTIFICACIÓN

No.	DESCRIPCIÓN	INFORMACIÓN
I.1	NOMBRE DEL SITIO DE ESTUDIO	Banco Chinchorro
I.2	FECHA DE ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS	Mayo 2015
I.3	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	Quintana Roo, México, Municipio Othón P. Blanco
I.4	DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA	Frente a las Costas de Majahual
I.5	PLANO O FOTOGRAFÍA CON VISTA AÉREA
	COORDENADAS:	18°48'44.24" N, 87°28'28.27" W; 18°48'46.03" N, 87°12'01.85" W; 18°21'39.10" N, 87°11'59.95" W; 18°21'37.36" N, 87°28'23.77" W.

II. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA ZONA COSTERA

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
II.1	Extensión de la zona costera	43 x 15 Km
II.2	Tipo de costa (Costa plana, Marismas, lagunas y lagos colindantes a la costa, Mesetas elevadas desde la costa con pendientes inclinadas, Montañas o colinas cercanas a la costa)	Atolón, Banco de arrecifes
II.3	Configuración en planta (Línea recta, curvas con grandes retrocesos, costa compuesta por un bloque de playas divididas por salientes, costa compuesta por un bloque de playas divididas por salientes)	Islote formado por 4 cayos
II.4	Batimetría (Gradiente de profundidades en 10 m, configuración recta, o complicada, y presencia de barras)	0 a 10 m
II.5	Configuración de playa (extensión: corta, media o larga, presencia de cuspatos, tómbolos o formaciones rocosas)	Playas cortas
II.6	Obras de infraestructura costera y/o portuaria (Espigones, rompeolas, escolleras, estructuras separadas de la costa, año de construcción, grado de protección o efectividad, grado de deterioro, problemáticas visibles de erosión o acreción atribuibles a éstas obras).	1 Muelle y palafitos
II.7	Composición de la Playa (arena, gravillas, rocas, tamaño de los granos :fino, medio, grueso; pendiente de la playa, elevación de zona de marea, ancho de la playa, proximidad a vegetación, presencia de madera o sargazo, etc.)	Arena media lado Este, Arena fina lado Oeste, ancho de 12 m.
II.8	Características de la parte posterior a la playa (Montículos, árboles y arbustos, dunas de arena, manglares, etc., proximidad y elevación en su caso).	Cuenta con una Laguna interior “Los Rabios”
II.9	Mareas (Rango de marea, niveles máximo y mínimos, corrientes de marea: velocidad y dirección estimada), eventos extraordinarios, fecha, daños, evidencias.)	Rango de marea de 35 a 50 cm,
II.10	Oleaje (Descripción de fuente de generación, dirección predominante, altura, periodo, corrientes típicas.; velocidad; intensidad del oleaje: moderada, media, alta; eventos extraordinarios, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias.	Oleaje en condiciones normales moderado, el oleaje en condiciones extremas del lado Este es alta, olas de hasta 3 m, el lado Oeste queda protegido con alturas menores.
II.11	Ríos (Datos de gastos, configuración y distancia a la desembocadura, influencia en el aporte de sedimentos y en las corrientes, reducción en el aporte de gasto líquido o gasto sólido, de sedimentos) eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias.	No existen ríos, sólo canales naturales entre los cayos que forman el atolón con profundidades de 2 a 8 m, no se atribuyen cambios o afectaciones por este componente
II.12	Lagunas costeras (Influencia en la zona costera, grado de interrelación con el sistema costero, eventos de ampliación, reducción o bloqueo de la boca, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias.	Laguna interior Los Rabios con profundidades de 2 a 8 m.
II.13	Cambios en la topografía y el paisaje (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias).	Los huracanes son un componente que afecta el paisaje, el huracán Dean en 2007 arrancó vegetación y destruyó estructuras coralinas
II.14	Erosión costera (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias).	No se tiene registrado ningún evento que haya erosionado la costa.
II.15	Inundaciones costeras (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias).	Con las tormentas y los huracanes se ha incrementado el nivel del agua pero una vez que se termina los eventos el sistema recupera su nivel.
II.16	Detección de Incremento del nivel del mar por	De acuerdo a los estudios realizados se ha hecho

	efecto del Cambio climático (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias, nivel de referencia).	una predicción en el incremento pero no se encontró registro o documentación que precise la magnitud de dicho incremento. Es muy importante conocer el dato ya que el sistema arrecifal es altamente vulnerable a éste componente.
II.17	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias, nivel de referencia).	Se sabe que con las tormentas y huracanes se incrementa el nivel del agua pero no se encontró un registro o documentación al respecto.
II.18	Vientos fuertes (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias).	Los vientos de los huracanes, que en el caso del huracán Dean superaron los 110 Km/hr
	Tsunamis (eventos registrados que hayan cambiado la configuración de la costa o que hayan puesto en peligro a la población, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias, nivel de referencia).	No se tiene registro de un evento
II.20	Incremento de corrientes (eventos que hayan cambiado la configuración de la costa, fecha y daños, documentación de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales, evidencias).	1.02 a 3.89 km/h
II.21	Desastres y eventos extraordinarios que hayan modificado el estado de equilibrio y/o estabilidad en la zona costera, fecha evidencia y niveles de referencia). Estimación de grado de recuperación y adaptación, tiempo en que el sistema se restableció o reorganizó.	Huracanes y tormentas, Dean 2007, hubo daños al arrecife y a la vegetación pero el sistema se recuperó
II.22	Alteración de dunas costeras, manglares, bocas, desembocaduras.	Alteración de vegetación por huracán Dean 2007
II.23	Existencia de base de datos de conocimiento de la zona costera y sus componentes	Si existen, sobre todo estudios e la estructura arrecifal y de las especies que habitan la zona
II.24	Aprovechamiento la ubicación geográfica de sus litorales y zona económica exclusiva.	Zona de turismo y ecoturismo, pesca
II.25	Programa de monitoreo de las características de la zona costera	Sobre componentes bióticos y en menor grado sobre los componentes físicos, pero son estudios puntuales, la Secretaría de marina tiene una estación meteorológica en el sitio.

III. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
III.1	Sistema costero en equilibrio	Si
III.2	Capacidad de reorganización del sistema	Si
III.3	Servicios ambientales (Regulación del clima, amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales, abastecimiento de agua, generación de oxígeno, control de la erosión, generación, conservación y recuperación de suelos, captura de carbono, asimilación de contaminantes, protección de la biodiversidad, polinización, control biológico de plagas, degradación y reciclaje de desechos orgánicos, belleza del paisaje y recreación).	Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales, generación de oxígeno, control de la erosión, generación, conservación y recuperación de suelos, captura de carbono, protección de la biodiversidad, belleza del paisaje y recreación
III.4	Capital humano con experiencia en el manejo integral de la zona costera	Entidades poco integradas en la gestión
III.5	Instrumentos para el cuidado y visión integral en el proceso de planeación, instalación, operación y mantenimiento de la infraestructura costera y marina.	Si existen
III.6	Base de datos con conocimiento de la zona costera y sus componentes físicos, ambientales, económicos y sociales.	Si
III.7	Problemas con la calidad del agua, contaminación	No
III.8	Reactividad en la gestión integral costera por una, varias o todas las entidades involucradas	No
III.9	Incapacidad para integrar a los actores del sistema en la gestión	Si
III.10	Grado de necesidad de los servicios ambientales que presta la zona costera	Alto

III.11	Riqueza natural de la zona costera.	Alta
III.12	Diversidad biológica de la zona costera.	Alta
III.13	Inducción de ambientes costeros artificiales con diseño ecológico, compatible con las condiciones específicas del sitio de acuerdo a su ubicación.	No
III.14	Actividades antropogénicas	Si, turismo, ecoturismo, pesca e investigación científica
III.15	Planes y/o programas de Desarrollo costero	Área natural protegida
III.16	Cambio de uso de suelo.	No
III.17	Destrucción de la vegetación y alteración del hábitat.	Si por huracanes y pesca excesiva
III.18	Afectaciones a la flora y fauna.	Por eventos climáticos y pesca excesiva
III.19	Emisión de ruidos y vibraciones	No
III.20	Descargas de aguas residuales.	Si pero la población es muy pequeña para que ocasione daño
III.21	Construcción de infraestructura básica (Obras de protección costera, Obras portuarias, Vías de comunicación, Marinas y obras complementarias)	Construcción de un camino
III.22	Desarrollo de planes de educación ambiental para todos los actores que integran la zona costera.	No
III.23	Elaboración de inventario de los servicios y recursos ambientales	Si
III.24	Competencia muy agresiva entre actores	No
III.25	Extracción de recursos irregular e indiscriminada	En temporadas la pesca
III.26	Actividades económicas sin regulación	No
III.27	Reducción de los servicios ambientales de la zona costera	No
III.28	Reducción en la biodiversidad	No
III.29	Deterioro ambiental	No
III.30	Presencia de especies amenazadas de flora y/o fauna	Si especies endémicas
III.31	Incremento no regulado de las actividades económicas y de extracción de recursos (industria de transformación, minería, hidrocarburos, etc.).	Sólo de la pesca
III.32	Falta de diversificación de las actividades productivas.	No
III.33	Sobrecarga de la capacidad del ecosistema por las actividades productivas.	La pesca en temporadas

IV. CARACTERIZACIÓN SOCIAL

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
IV.1	Población, organizaciones sociales, ambientales y empresariales involucradas e integradas para la protección, preservación y ordenamiento de las zonas costeras	Si cooperativas pesqueras y de servicios turísticos
IV.2	Salarios bajos	Si
IV.3	Pobreza y nivel de marginación	Si
IV.4	Mala calidad de vida de la población	Regular
IV.5	Falta de oportunidad de educación	Si
IV.6	Rechazo al mejoramiento de la infraestructura costera	Si
IV.7	Capital de trabajo mal utilizado	Si
IV.8	Falta de liderazgo	Si
IV.9	Falta de motivación de la población para la conservación de la zona costera	Si
IV.10	Que la zona esté rodeada de zonas con menor desarrollo	Si
IV.11	Estabilidad del poder adquisitivo de la población	No
IV.12	Vulnerabilidad de la población a fenómenos naturales.	Si
IV.13	Incremento en el nivel educativo de la población	No
IV.14	Conflictos sociales	No
IV.15	Conflictos gremiales	No
IV.16	Inequidad económica en la población	Si
IV.17	Población marginada y asentamientos irregulares	Si
IV.18	Vulnerabilidad de la población a fenómenos naturales	Si
IV.19	Disminución en la calidad de vida.	No

V. CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
V.1	Actividades económicas (Agricultura, ganadería, Pesca, acuicultura, Turismo (Construcción de hoteles, condominios, campos de golf, etc.), Desarrollo urbano, Actividades Comerciales, Actividades Portuarias, Actividades mar adentro, Industria de extracción y manufacturera, Servicios)	Pesca, turismo y ecoturismo
V.2	Acceso a recursos económicos	Si
V.3	Posibilidades de acceder a créditos	Si
V.4	Oportunidad de desarrollo de actividades económicas	No
V.5	Situación financiera de la administración local, estatal o federal	Media
V.6	Capacidad de acceso a créditos, programa de financiamiento para el mejoramiento de las zonas costeras.	Media
V.7	Acceso a los programas de contingencia o emergencia para la recuperación ante alguna evento extraordinario que ponga en riesgo la estabilidad de la zona costera.	Media a baja
V.8	Incremento de actividades económicas	No
V.9	Utilización sostenible de las actividades económicas, en especial el turismo, así como las actividades marítimas y portuarias,	Si
V.10	Potencialización del desarrollo económico y social de la población costera, para incrementar su calidad de vida.	No
V.11	Aumento de precio de insumos	Si, combustible y servicios
V.12	Tendencias desfavorables en la actividades económicas	No
V.13	Competencia consolidada en las actividades económicas	Si
V.14	Inexistencia de competencia en las actividades económicas	No
V.15	Reducción del poder adquisitivo de la población	No
V.16	Reducción en los recursos económicos para la gestión y conservación de la zona costera.	Si

VI. CARACTERIZACIÓN POLÍTICA

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
VI.1	Instrumentos de gestión integrada en zonas costeras.	Si
VI.2	Instrumentos de planeación.	No
VI.3	Instrumentos Jurídicos y normativos.	Si
VI.4	Procesos técnicos y administrativos de calidad.	No
VI.5	Planes y programas de fomento a la conservación de los ambientes marinos y costeros.	Si
VI.6	Discontinuidad en los planes y programas de planeación y gestión integrada de zonas costeras.	Si
VI.7	Toma de decisiones centralizadas que no estén acordes a las condiciones de la zona costera, ni estén alineadas a las necesidades propias de cada sistema.	Si
VI.8	Discontinuidad en los planes y programas de gestión integrada de la costa debido a cambios políticos y administrativos.	si
VI.9	Declaración de zonas, especies de flora y fauna protegidas.	Si
VI.10	Planes y programas de protección y vigilancia para zonas costeras vulnerables.	Si
VI.11	Programas de impulso para el desarrollo sostenible, integral, incluyente y viable en el corto y largo plazo.	No

VI.12	Implementación de Planes y programas coordinados en los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) para frenar las actividades que degraden el medio ambiente o que hagan uso irresponsable de los recursos.	No están integrados y faltan algunos
VI.13	Regulación desfavorable	No
VI.14	Cambios en la legislación	No

VII. GRADO DE VULNERABILIDAD

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
VII.1	Vulnerabilidad Física	Media
VII.2	Vulnerabilidad Ambiental	Media
VII.3	Vulnerabilidad Social	Alta
VII.4	Vulnerabilidad Económica	Alta
VII.5	Vulnerabilidad Política	Alta

VIII. GRADO DE RESILIENCIA

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
VIII.1	Resiliencia Física	Alta
VIII.2	Resiliencia Ambiental	Media
VIII.3	Resiliencia Social	Media
VIII.4	Resiliencia Económica	Baja a media
VIII.5	Resiliencia Política	Baja

IX. ANÁLISIS F.O.D.A.

No.	DESCRIPCIÓN	DETECCIÓN
IX.1	Grado de fortalezas	Media
IX.2	Grado de debilidades	Alta
IX.3	Grado de oportunidades	Media a baja
IX.4	Grado de amenazas	Media

X. PRÁCTICAS RECOMENDABLES

No.	DESCRIPCIÓN
X.1	Integrar los instrumentos jurídicos, administrativos y normativos para la administración y gestión costera
X.2	Incrementar el grado de educación y el grado de educación ambiental tanto en Banco Chinchorro como en Mahahual y Bacalar para reforzar la importancia de los servicios ambientales que presta la zona costera y la importancia de su conservación y preservación.
X.3	Establecer un organismo o entidad que integre todos los planes y programas de conservación para que sea una entidad de gestión e integración costera.
X.4	Integrar a este organismo a los sectores académico y científico para tener una base de datos que concentre e integre todas las investigaciones realizadas a la zona para enriquecer en todas las áreas de conocimiento y no duplicar investigaciones sino evolucionar y aplicar lo aprendido para un mejor manejo de la zona.
X.5	Regular la actividad turística de acuerdo a la vulnerabilidad del sistema tanto en temporalidad como geográficamente.
X.6	Que la entidad u organismo que gestione la zona Involucre a todos los actores en la gestión y toma de decisiones para que éstas no obedezcan sólo a planes centrales que no estén acorde a las características propias del sistema costero.
X.7	Establecer un reglamento o instrumento normativo y de gestión a la medida para la zona costera de Banco Chinchorro.

XI. DETECCIÓN DE MALAS PRÁCTICAS

No.	DESCRIPCIÓN
XI.1	La regulación a medias de la pesca como actividad económica y de recreación.
XI.2	La falta de integración de los actores por una sola entidad que gestione la zona costera
XI.3	La inequidad de ingresos para los pobladores
XI.4	La falta de una base de datos de la zona costera como capital de información para poder emigar a una gestión basada en la experiencia y el conocimiento académico.

XII. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN, ADAPTACIÓN Y REORGANIZACIÓN DE LA ZONA COSTERA

No.	DESCRIPCIÓN
XII.1	Regular las actividades económicas, turismo y pesca, basadas en la dinámica propias del la zona costera y restringir los usos ambientales de acuerdo a su disponibilidad en tiempo y espacio.
XI.2	Establecer un sistema de monitoreo y alerta temprana que detecte a tiempo o tome previsiones ante la materialización de impactos negativos en la zona costera.
XII.3	Se propone la creación de un observatorio de zonas costeras que esté integrado con los sectores de los tres órdenes de gobierno, federal, estatal y municipal así como de los habitantes, sectores empresariales, gremiales, académicos y científicos, para articular la gestión e integración de la zona, que pueda observar el grado de recuperación del sistema ante un impacto negativo, que fomente las prácticas positivas y que refuerce entre todos los actores el capital de conocimiento para anticiparse y mitigar los riesgos en medida de lo posible.
XII.4	Realizar el diagnóstico de la zona con toda la información que ya se ha generado y a partir de ello, dar seguimientos semestral o anual de los cambios y del comportamiento de la zona costera, realizando un análisis cualitativo y de ser posible cuantitativo para revisar la capacidad de recuperación y adaptación o el deterioro de los diferentes servicios ambientales que presta la zona costera.

XIII. PLAN DE CONTINGENCIA

ID	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	PLAN DE RESPUESTA	RESPONSABLE
R-1	Riesgos naturales	Restauración de ambientes naturales en la playa	Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación
R-1.1	Erosión costera	Restauración de ambientes naturales en la playa	Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales
R-1.2	Inundaciones costeras.	Restauración de ambientes naturales en la playa	Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación
R-1.3	Incremento del nivel del mar por efecto del Cambio climático.	Manejo de recursos costeros	Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales
R-1.4	Incremento del nivel del mar por efecto de tormenta.	Restauración de ambientes naturales en la playa	Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación
R-1.5	Vientos fuertes.	Restauración de ambientes naturales en la playa	Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación
R-1.7	Incremento de corrientes	Estructuras biodegradables, monitoreo	Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Marina, Sector académico y científico
R-2	Riesgos por actividades antropogénicas	Regulación	Municipio, Gobierno de estado de Quintana Roo, Capitanía de Puerto, Organizaciones civiles y mercantiles.

R-2.1	Desarrollo costero	Manejo de recursos costeros, Regulación	Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales
R-2.2	Industria costera y puertos.	Manejo de recursos costeros, Regulación	Municipio, Gobierno de estado de Quintana Roo, Capitanía de Puerto, Organizaciones civiles y mercantiles.
R-2.3	Agricultura	Manejo de recursos costeros, Regulación	Municipio, Gobierno de estado de Quintana Roo, Capitanía de Puerto, Organizaciones civiles y mercantiles.
R-2.4	Turismo y usos recreativos.	Manejo de recursos costeros, Regulación	Municipio, Gobierno de estado de Quintana Roo, Capitanía de Puerto, Organizaciones civiles y mercantiles. Municipio, Gobierno de estado de Quintana Roo, Capitanía de Puerto, Organizaciones civiles y mercantiles.
R-2.5	Industria pesquera y acuicultura.	Manejo de recursos costeros, Regulación	Municipio, Gobierno de estado de Quintana Roo, Capitanía de Puerto, Organizaciones civiles y mercantiles. Municipio, Gobierno de estado de Quintana Roo, Capitanía de Puerto, Organizaciones civiles y mercantiles.
R-2.6	Actividades mar adentro.	Planes, programas y normas de vigilancia para mantener la calidad del agua	Municipio, Gobierno de estado de Quintana Roo, Capitanía de Puerto, Organizaciones civiles y mercantiles. Municipio, Gobierno de estado de Quintana Roo, Capitanía de Puerto, Organizaciones civiles y mercantiles.
R-2.7	Cambios en la calidad del agua (Contaminación).	Restauración de ambientes naturales en la playa	Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales

XIV. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA COSTERA

No.	CONCLUSIONES
XIV.1	Banco Chinchorro es una zona costera, compuesta por barreras de arrecifes, es un atolón de cuatro cayos, forma parte de la segunda barrera de arrecifes más grande del mundo.
XIV.2	Tiene una gran riqueza natural y biodiversidad, es un sistema estable pero vulnerable principalmente al incremento del nivel del agua a largo plazo, a la turbidez en el agua ya sea por agentes naturales o antropogénicos, pero tiene una gran capacidad de recuperación y adaptación.
XIV.3	De acuerdo al análisis FODA el sistema costero es fuerte, tiene un nivel medio de oportunidades y de amenazas pero el nivel de debilidades es alto por lo que el plan de contingencia que se presenta se enfoca en reducir la probabilidad de que las debilidades se materialicen o aumenten ya que es la principal vulnerabilidad de esta zona costera.
XIV.4	Se considera de suma importancia tener un organismo integrador tanto de los actores que intervienen el sistema así como del capital de conocimiento generado para fortalecer las acciones de los planes, programas e instrumentos de gestión, administración y regulación costera.
XIV.5	El sistema de Banco Chinchorro es en extremo complejo por la cantidad de componentes que lo integran así como por la cantidad de interrelaciones e interconexiones que existen entre ellos, es una zona que provee de importantes servicios ambientales, dentro de los principales son el amortiguamiento del oleaje a las zona de Mahahual, Quintana Roo,
XIV.6	Las principales presiones que recibe la zona costera son producto de las actividades humanas, por lo que la regulación y el incremento del nivel de educación de la población para la autogestión de los servicios ambientales son de suma importancia.
XIV.7	De acuerdo al análisis realizado Banco Chinchorro como sistema costero, posee una resiliencia física alta por la capacidad de recuperación que tiene, desde el punto de vista ambiental, se consideró que el nivel de resiliencia es medio ya que aunque tiene una capacidad alta de recuperación, el sistema tiene un gran número de debilidades lo que lo hace vulnerable, en el aspecto social, se consideró que tiene un nivel medio debido a que la población es muy pequeña y la capacidad económica que tienen de recuperación está muy limitada por sus bajos ingresos, en los aspectos económico y político se consideró también un nivel medio, por la razón de que tanto la capacidad de recuperación económica como los aspectos e instrumentos normativos y jurídicos, dependen del Gobierno Federal, después del Estatal (Gobierno del estado de Quintana Roo) y del Municipal (Municipio de Othón P. Blanco; las decisiones en éstos dos aspectos son centralizadas y el acceso a fondos de contingencia, gestión y conservación provienen de la centralización por lo que es largo el tiempo de espera para tener recursos disponibles o instrumentos acordes a las necesidades de la zona costera de Banco Chinchorro.

Como resultado de la aplicación de la metodología a la zona costera de Banco Chinchorro, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Banco Chinchorro es una zona costera, compuesta por barreras de arrecifes, es un atolón de cuatro cayos, forma parte de la segunda barrera de arrecifes más grande del mundo.
- Tiene una gran riqueza natural y biodiversidad, es un sistema estable pero vulnerable principalmente al incremento del nivel del agua a largo plazo, a la turbidez en el agua ya sea por agentes naturales o antropogénicos, pero tiene una gran capacidad de recuperación y adaptación ante eventos extraordinarios como huracanes, como prueba el paso del Huracán Dean en 2007.
- De acuerdo al análisis FODA el sistema costero es fuerte mientras permanece estable, tiene un nivel medio de oportunidades y de amenazas, pero el nivel de debilidades es alto debido a amenazas como la contaminación, el incremento de la turbidez o del nivel del mar por efecto de cambio climático, por lo que el plan de contingencia que se presenta se enfoca en reducir la probabilidad de que las debilidades se materialicen o aumenten ya que es la principal vulnerabilidad de esta zona costera.
- Se considera de suma importancia tener un organismo integrador tanto de los actores que intervienen el sistema así como del capital de conocimiento generado para fortalecer las acciones de los planes, programas e instrumentos de gestión, administración y regulación costera.
- El sistema de Banco Chinchorro es en extremo complejo por la cantidad de componentes que lo integran así como por la cantidad de interrelaciones e interconexiones que existen entre ellos, es una zona que provee de importantes servicios ambientales, siendo el principal el amortiguamiento del oleaje a las zona de Mahahual, Quintana Roo.
- Las principales presiones que recibe la zona costera son producto de las actividades humanas, por lo que la regulación y el incremento del nivel de educación de la población para la autogestión de los servicios ambientales son de suma importancia.
- De acuerdo al análisis realizado Banco Chinchorro, como sistema costero posee una resiliencia física alta por la capacidad de recuperación que tiene, desde el punto de vista ambiental, se consideró que el nivel de resiliencia es medio ya que aunque tiene una capacidad alta de recuperación, el sistema tiene un gran número de debilidades lo que lo hace vulnerable, en el aspecto social, se consideró que tiene un nivel medio debido a que la población es muy pequeña y la capacidad económica que tienen de recuperación está muy limitada por sus bajos ingresos, en los aspectos económico y político se consideró también un nivel medio, por la razón de que tanto la capacidad de recuperación

económica como los aspectos e instrumentos normativos y jurídicos, dependen del Gobierno Federal, después del Estatal (Gobierno del estado de Quintana Roo) y del Municipal (Municipio de Othón P. Blanco; las decisiones en éstos dos aspectos son centralizadas y el acceso a fondos de contingencia, gestión y conservación provienen de la centralización por lo que es largo el tiempo de espera para tener recursos disponibles o instrumentos acordes a las necesidades de la zona costera de Banco Chinchorro.

Los sistemas de arrecifes coralinos son tan sensibles que en ellos impactan los cambios físicos, socioeconómicos, y ambientales del entorno tanto de la zona costera como de las cuencas cercanas, su estudio y conocimiento puede facilitar el uso racional de los recursos naturales y de infraestructura en estas zonas.

Al conocer los grados de vulnerabilidad en la zona costera, se proponen estrategias y acciones específicas, con lo que se dan las bases para establecer planes y programas de gestión costera, lo que daría las herramientas para un balance entre el desarrollo costero y la preservación del sistema.

El trabajo para la construcción del caso de estudio en la zona costera de Banco Chinchorro, fue recopilar, organizar y acoplar información documental y geográfica para el conocimiento de la zona de estudio con el fin de tener una caracterización del lugar, aplicando la metodología propuesta, para facilitar la toma de decisiones y establecer planes y programas que permitan un manejo sustentable e integral.

La información cartográfica incluyó la digitalización de las líneas de costa en 5 diferentes años, lo cual permitió realizar una comparación de la evolución que ha tenido la zona, debido a los cambios de escala y a las imprecisiones que se tienen por el tipo de fuente de donde se obtuvieron, se tuvieron que realizar algunas correcciones para acoplar los datos digitales en un solo mapa que permitió hacer la comparación.

Se observó que en cuanto a la morfología costera, la línea de playa en Mahahual, costa que se localiza a 30 Km. frente a Banco Chinchorro, mantiene hasta ahora un balance, la razón se presume es que el arrecife de Banco Chinchorro tiene una gran extensión lo que da una protección amplia a la zona costera que abriga, lo cual es uno de los principales servicios ambientales y de mayor valor que ésta zona costera proporciona.

Definitivamente la información en este aspecto es escasa ya que no existe un programa de monitoreo en la línea de playa de Mahahual y durante la realización de este trabajo se observó la necesidad de realizar monitoreos de la línea de costa, de la granulometría en la zona costera así como en Banco Chinchorro para poder establecer una relación, así mismo se requiere realizar campañas para la obtención de perfiles playeros estacionales y vincularlos con la información meteorológica e hidrológica, y al mismo tiempo estudiar la hidrodinámica del lugar en los mismos tiempos para poder establecer un análisis más preciso del comportamiento de la zona.

La información documental para la caracterización de la zona costera de Banco Chinchorro abarcó los siguientes temas: Meteorológica, se obtuvo del análisis de información de 7 años los datos promedios, máximos y mínimos de la precipitación, temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, dirección y magnitud del viento, los datos permitieron caracterizar el sitio desde el punto de vista físico pero los registros no fueron continuos en tiempo, faltó el año de 2008 y parte de 2007, los siguientes años no hay información ya que por problemas administrativos la estación dejó de funcionar; en el caso de los instrumentos que midieron la humedad relativa y la presión atmosférica se encontró que tampoco tenían registros continuos se presume que fueron debido a fallas de los instrumentos, aun así la base de datos es muy útil por lo mucho que se necesita por saber de la zona de estudio.

En el presente trabajo se realizó una amplia recopilación de información del caso de estudio de Banco Chinchorro, con la mayor cantidad de datos posibles adquiriéndose de un gran número de fuentes dedicadas al mismo sitio de estudio, estudios físicos, biológicos y de vulnerabilidad. Se realizó una entrevista de campo utilizando los formularios propuestos en la metodología, lo que permitió enriquecer la información agregando el punto de vista integral de la percepción del entorno.

5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente investigación, se desarrolló una metodología para la caracterización de zonas costeras, basada en un modelo sistémico, con el propósito de desarrollar una herramienta como un instrumento de planificación para proyectos ambientalmente sustentables en zonas costeras, y con ello poder implementar estrategias dinámicas y rápidas que faciliten el diagnóstico y la evaluación de la capacidad adaptativa de recuperación del sistema, con el fin de integrar una base de datos con las mejores prácticas de planificación para la conservación y equilibrio en estas zonas.

Se encontró el grado de influencia de las variables que intervienen en el equilibrio de la zona costera y a través de la metodología se encontraron las interrelaciones e interconexiones entre sus componentes, lo que define su comportamiento, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar una herramienta basada en un enfoque sistémico que permita caracterizar las zonas costeras con el fin de integrar una base de datos con las mejores prácticas de gestión para la conservación y equilibrio en estas zonas.

Debido a la importancia que tiene el desarrollar estrategias que proporcionen fundamentos para apoyar la toma de decisiones así como para analizar opciones de políticas, programas o el uso de instrumentos jurídicos y normativos, relacionados con la mitigación de impactos ante la materialización de riesgos en las zonas costeras, la metodología propuesta se basó en un modelo sistémico.

Silva et al (2014) realizaron una caracterización de las zonas costeras en México, con un análisis a nivel regional desglosando los componentes de un sistema costero en una forma muy completa y agrupando por características geográficas las costas del país. En éste trabajo se propone una metodología para realizar la caracterización a nivel local, donde además se incluye la estimación del nivel de resiliencia así como la documentación de las buenas prácticas que se fortalecen al sistema y la documentación de las malas prácticas lo que permite establecer oportunidades de mejora en la zona costera.

La Metodología del IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change) (2007), que integra las áreas sociales dirigiendo su atención a la evaluación de los impactos de las alteraciones del cambio climático en sectores productivos como la agricultura y la pesca, implementó instrumentos que indican en qué forma afectarán los asentamientos humanos y la reducción de la disponibilidad de recursos como el agua. En la metodología propuesta se integran a los aspectos físicos y medio ambientales los aspectos sociales y se toman en cuenta los instrumentos normativos y jurídicos, así como los aspectos políticos, ya que son una parte muy importante en el comportamiento de la zona costera como sistema, adicionalmente se integró una encuesta de campo para tener una visión más precisa.

En la “Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable” (Silva, 2014), se consolidaron datos en mapas y tablas que incluyeron información sobre la caracterización, los riesgos y vulnerabilidades detectadas, así como información sobre el manejo de los impactos en los sitios de estudio, éste trabajo no incluye todas las amenazas existentes sobre las zonas costeras debido a las limitaciones de información, tres de las principales amenazas existentes en la región del Caribe no fueron incorporadas al análisis: El efecto del cambio climático, el incremento en el nivel del mar y el fenómeno de mar de fondo, importantes riesgos costeros.

Es imposible desarrollar modelos en los que se tomen en cuenta todos los componentes que integran un sistema costero, los modelos son siempre una aproximación a los escenarios, sin embargo, entre mayor sea la información del entorno sobre el diagnóstico de la situación existente, así como de la identificación de los riesgos, pueden establecerse mayores y mejores medidas de mitigación ante los impactos.

En el Programa Arrecifes del Caribe en Peligro (Burke, 2005), se identificaron índices que aportan un mejor entendimiento de la magnitud de las presiones de las actividades humanas, y se integran algunos instrumentos jurídicos y normativos pero éste análisis es a nivel regional en la zona del Caribe.

En la presente investigación se desarrolló una metodología para la Caracterización de zonas costeras basada en un modelo sistémico. El enfoque sistémico es una aproximación multidisciplinaria para identificar una situación que requiere una solución integral en muy diversos campos. El objeto del estudio da el nombre al sistema y alrededor de él se desarrollan diferentes formas de enfoque sistémico, el cual consiste en reconocer la existencia de una serie de conceptos genéricos aplicables y aplicados en diversos estudios tratando el problema genérico como un sistema. Rosney (1977), Saéz (2009).

Se utilizó un modelo sistémico como una metodología para organizar la gran complejidad que implican la interrelación e interconexión que existe entre los múltiples componentes y con ello obtener el conocimiento para su caracterización, para ello se desarrolló con base en el modelo de Zachman (Hay, 2000), una matriz de trabajo que sirvió para definir la metodología; como parte de ésta se hizo un análisis para la detección de las fortalezas y debilidades del sistema, lo que permitió visualizar el impacto de los riesgos a que está expuesta una zona costera.

Éste trabajo integró además un Plan de contingencia con el que se calculó el fondo de contingencia, el cual se considera que es un fondo que contempla la materialización de los riesgos en función de la exposición calculada en la matriz de riesgo, si bien el fondo se calculó como la suma de los costos, y es poco probable que todos los riesgos se materialicen en un solo evento, se consideró que puede tomarse como fondo inicial al menos el costo del riesgo de mayor impacto y exposición.

Lo anterior se propone como la creación de un fondo con un monto mínimo para la recuperación de la zona costera ante un evento destructivo, el cual de estar disponible facilitaría y aceleraría los trabajos de recuperación, al menos desde el punto de vista económico, aumentaría el grado de resiliencia económica aumentando el grado de capacidad adaptativa del sistema en uno de sus componentes.

Se realizó la comparación entre un modelo analítico con el que comúnmente se abordan los problemas costeros, de forma aislada y el esfuerzo se centraliza en solucionar el problema; y el estudio de las zonas costeras desde el punto de vista sistémico que le da el carácter multidimensional y multidisciplinario.

En la presente investigación se integró a la metodología la estimación de la probabilidad de que la zona costera tenga capacidad adaptativa en los aspectos social, ambiental y económico de la resiliencia, lo cual se plasma en la matriz de resiliencia, se revisaron las diferentes metodologías para el cálculo de la resiliencia UNISDR (2013), Henao (2013), Vaquerizo (2015), Jacob (2010), Luffiego (2015), Berger (2008), y se revisó la metodología de la resiliencia relativa USAID (2014), Piñeiro (2014).

Con base en la caracterización de zonas costeras realizada por Arriaga (1998), Aguilar (1993), Loreto (2003), García (2003), CONANP (2005), Garduño (2005), Silva (2014), se tomaron en cuenta los componentes del sistema y con base en ello se desarrolló la *FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA COSTERA*, en dicha herramienta se concentraron todos los aspectos que la componen, físicos, ambientales, sociales, económicos y políticos.

Se integraron también los análisis de vulnerabilidad, FODA y resiliencia, los cuales sirvieron de base para la formulación del Plan de Contingencia y en el cálculo del monto del Fondo de contingencia, se incluyeron como parte de la metodología la documentación de las mejores y las malas prácticas en la zona costera, por tanto dicha ficha es la integración de las variables que tienen mayor influencia en la zona costera y en ella se concentra la información para la caracterización.

Se utilizó como caso de estudio la caracterización de la zona costera de Banco Chinchorro, se seleccionó ésta zona debido a que es un Banco de arrecifes, por tal razón es un sistema altamente complejo por todos los componentes y relaciones que integran el sistema. Para la implementación de la metodología en el caso de uso se realizó la recopilación de información acerca de la zona costera, utilizando datos de diversos estudios: Arriaga (1998), Aguilar (1993), Loreto (2003), García (2003), CONANP (2005), Garduño (2005); se completó la información con la encuesta de campo, lo que permitió tener mayor información. Con la implementación en el caso de estudio se pudo revisar y validar la metodología para completar la ficha de caracterización.

La metodología es una herramienta de integración, es flexible para integrar más componentes o desechar los que se sugieren; es susceptible de mejora y se considera puede ser precedente en líneas futuras de investigación como el desarrollo de una base de datos del Sistema de Gestión costera en México.

Si bien existen muchas investigaciones acerca de zonas costeras, la mayoría se enfocan en el aspecto físico, biológico, social, económico o político, y en la mayoría de los casos se realizan estudios para la solución de una problemática, por lo que se estudian desde el punto de vista analítico las componentes que se consideran parte del problema.

El establecer fichas de diagnóstico y caracterización por zonas costeras que espacialmente pueden estar integradas no por una región, un municipio o un estado, sino por el funcionamiento mismo del sistema costero, el comportamiento del mismo dará el dato de la delimitación geográfica, ya que ésta se limitará por el área de influencia del sistema.

Desde el punto de vista de gestión se considera que existen muchas áreas de oportunidad para fomentar la implementación y formalización de un Sistema de Gestión Costera en México que en primer lugar automatice la metodología de caracterización como un primer paso, independientemente de la problemática de cada sitio o bien si es un Área protegida o no, la motivación principal es incrementar el capital de conocimiento de las zonas costeras para un manejo eficiente y sobre todo sostenible, en segundo lugar, dicho sistema deberá concentrar la información a nivel nacional y con ello documentar el estado actual y real de las costas en México.

La Ficha es un diagnóstico real de las zonas costeras en México y con la estimación de los diferentes grados de resiliencia, así como de los grados de vulnerabilidad de acuerdo a las particularidades de cada sistema costero, con la elaboración de planes de contingencia a la medida de cada sistema costero y la estimación de fondos de contingencia para los riesgos de mayor impacto y grado de exposición, los recursos costeros pueden llegar a tener un manejo más eficiente e integral buscando mantener la estabilidad y equilibrio en cada sistema.

Los beneficios de una base de datos completa y unificada son los siguientes:

- Proporciona las bases para el establecimiento de Áreas naturalmente protegidas y reservas naturales.
- Proporciona áreas de oportunidad a la inversión conociendo las fortalezas y debilidades de la región así como el grado de aceptación de las presiones que se generan con el fin de no debilitar al sistema.
- Apoya en la distribución de los usos del suelo y su ocupación espacial tomando en cuenta las potencialidades y restricciones del entorno.

- Provee información sistematizada para la toma de decisiones, en el marco de un desarrollo sostenible.
- Vincula aspectos físicos, sociales, políticos, económicos y ambientales.
- Identifica los principales componentes, los procesos, sus interacciones e interrelaciones del sistema costero.
- Son una herramienta que facilita la solución de conflictos ambientales al definir usos de suelo y lineamientos para la regulación de las actividades productivas y el manejo de los recursos naturales.

Una de las principales iniciativas que existen para disminuir la contaminación está el manejo sustentable e integrado de zonas costeras; ésta herramienta permite de forma rápida realizar mejoras a los programas de planificación de uso de suelo, reforestación y conservación de suelos en los sistemas costeros.

En el Anexo 1, se presenta la primera propuesta para el Sistema Nacional de Gestión Costera (SINAGC), donde se presenta la concepción de la arquitectura del sistema.

También se incluyen los mapas temáticos del estado de Quintana Roo, en el Anexo 2, con lo que se completó la información para la caracterización de la zona costera de Banco Chinchorro.

Capítulo 6. Conclusiones

6.1. CONCLUSIONES

La metodología para la caracterización de zonas costeras, basada en un modelo sistémico, es una herramienta que dimensiona el sistema de forma multidimensional y multidisciplinaria, la cual no se enfoca en solucionar un problema, y sólo estudiar la zona desde el punto de vista físico, sino que permite determinar los componentes con sus interrelaciones e interconexiones, las presiones y sus impactos así como la capacidad de recuperación del sistema; puede utilizarse como un instrumento de gestión y planificación para proyectos ambientalmente sustentables en zonas costeras y busca implementar estrategias dinámicas para el diagnóstico del sistema de forma integral.

Debido a la revisión realizada en el estado del arte se detectó que las problemáticas en zonas costeras se abordan en su gran mayoría de forma analítica, por tal motivo se propuso realizar el análisis desde el enfoque sistémico, obteniendo como resultado de la metodología, el desarrollo de la *FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA COSTERA*, donde se concentraron los aspectos físicos, ambientales, sociales, económicos y políticos.

La principal aportación de ésta investigación fue el enfoque sistémico aplicado a la caracterización integral de zonas costeras, así como la inclusión de la estimación del nivel de la resiliencia física, ambiental, social, económica y política; además se incluyen como parte de la documentación las lecciones aprendidas con la detección buenas y malas prácticas, con el objetivo de mejorar la gestión de la zona costera.

El modelo sistémico es la base de ésta metodología, como elemento integrador con la matriz de trabajo propuesta, sin duda es una aportación que permite conjuntar los componentes, las relaciones e interconexiones que existen en el sistema costero. La metodología tiene la ventaja de ser flexible y se pueden agregar o desechar componentes de acuerdo a las particularidades de cada caso de estudio; adicionalmente ésta herramienta no es sólo de diagnóstico, se propone utilizarla como ayuda en el monitoreo ya sea semestral, anual o cada que exista un cambio en el sistema, lo anterior como parte de un observatorio integrado al Sistema Nacional de Gestión Costera en México que se propone como parte de futuras líneas de investigación, como apoyo en la toma de decisiones estratégicas.

Las encuestas de campo que se incluyeron en la metodología tienen la gran ventaja de ser el enlace de la visión de los diferentes actores con la información histórica y documental, dando un sentido integrador.

El principal reto es la obtención de la información debido a lo complejo que resulta conjuntar datos, estudios y proyectos de diferentes instancias gubernamentales, académicas y científicas, sectores civiles, comerciales, rurales, turísticos, etc., sin dejar de lado todos los organismos regulatorios y legislativos que intervienen, todos ellos parte importante del conocimiento y el manejo en las zonas costeras.

Capítulo 7.

Bibliografía

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Perera, A. & Aguilar-Dávila, W.. 1993. Banco Chinchorro: arrecife coralino en el Caribe. Pp. 807-816 in S.I. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.), Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO/CIQRO, México. 865 pp.
- Aguilar-Perera, A. & Aguilar-Dávila, W.. 1993. Banco Chinchorro: arrecife coralino en el Caribe. Pp. 807-816 in S.I. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.), Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO/CIQRO, México. 1993.
- Andrassy I. Nematoden aus Strand and Höhlenbiotopen von Kuba. Acta Zoologica, Academic Science Hungarian. 1973.
- Arrecifes del Caribe en Peligro, Resumen.
- Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 1998.
- Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). 1998. Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Última actualización: viernes 19 diciembre, 2008.
- Badan, A., Candela J, Sheinbaum J, Ochoa J. Upper-layer circulation in the approaches to the Yucatan Channel. In: Sturges W, Lugo-Fernandez A (eds.), Circulation in the Gulf of Mexico: Observations and Models. Geophysical Monograph . 2005.
- Berger, DeW. M, Azurdia, B.I., Resiliencia adaptativa y sincretismo tecnológico, adaptación al cambio climático, Observatorio de la sostenibilidad, Red Latinoamericana, San José de Costa Rica, 2008.
- Boletín de Prensa, Presentación Regional del Reporte, *Cambio Climático 2007: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad*, Por autores del Grupo de Trabajo II del IPCC de México, Costa Rica y Venezuela.
- Botosaneanu L., L'expédition biospéologique a Cuba (mars-juin 1969) organisée par les Academies des Sciences de Cuba et de Roumanie: presentation sommaire des stations explorées pour le prélèvement échantillons de faune aquatique souterraine. Travail Institute Spéologie. "Emile Racovitza" . 1970.
- Boucher G & N Goubault. Sublittoral meiofauna and diversity of nematode assemblages of Guadeloupe Islands (French West Indies). Bulletin of Marine Science. 1990.
- Buchanan JB. Sediment analysis, pp. 41-65. En: Holme A & R McIntyre (eds). Methods for the study of marine benthos. Blackwell, London. 1984.
- Bulletin British Museum Natural History (Zoology), 1992.
- Burke, 2005. Análisis de Cuencas Hidrológicas en el Arrecife Mesoamericano Descripción del Proyecto.
- Burke, Lauretta; Maidens, Jonathan; , Análisis de Cuencas Hidrológicas en el Arrecife Mesoamericano. Descripción del Proyecto., World Resources Institute (WRI). USA, 2005.
- Burke, Lauretta; Maidens, Jonathan; Arrecifes del Caribe en peligro, World Resources Institute (WRI). USA, 2005. <http://reefsatrisk.wri.org>.
- Campbell, Sandy. "Aplicación del pensamiento sistémico al fortalecimiento de los Sistemas de salud". Organización Mundial de la Salud. Suiza, 2009.
- Candela J, Sheinbaum J, Ochoa J, Badan A. Potential vorticity flux through the Yucatan Channel and the Loop Current in the Gulf of Mexico. Geophys. 2002.

- Carta Náutica 28190. Ambergris Cay to Isla Cozumel, from various sources to 1988, scale 1:300,000. Defense Mapping Agency Hydrographic /Topographic center, Washington, D.C. (1991).
- Castillo D & PJ Lambshead. Revision of the genus *Elzalia* Gerlach, 1957 (Nematoda: Xyalidae) including three new species from oil producing zones in the Gulf of México, with a discussion of sibling species problem.
- Castillo D & W Decramer. *Cheironchus paravorax* n. sp. and *Cheironchus vorax* Cobb, 1917 from the Campeche Sound, an oil producing zone in the Gulf of México (Nemata: Selachinematidae). Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie. 1993.
- Cendrero Uceda, Antonio et al, "Impactos sobre las zonas costeras", Impactos del cambio climático en España. España, 2005.
- CERC, "Coastal Engineering Manual". US Army Corps of Engineers, Virginia, MA. E.U., 2000.
- Comisión Nacional del Agua. Grupo de información meteorológica para la protección civil. Centro Nacional de previsión del tiempo - Gerencia del Servicio Meteorológico Nacional. México. <http://smn.cna.gob.mx/>
- Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), "Los Humedales Prioritarios de México", Ed. CONANP, México, 2006.
- CONABIO, Comisión Nacional de la Biodiversidad.
- CONAGUA, SEMARNAT. Huracanes sobre México 1970 a 2008, presentación Internet.
- CONANP, The Ramsar Convention on Wetlands, 2003. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Parque Nacional Isla Contoy. (<http://www.wetlands.org/RSDb/default.htm>)
- Consejo para el cambio climático y mecanismo de desarrollo limpio, evaluación de la vulnerabilidad y capacidad (VCA) frente al cambio climático en la agricultura en la provincia de San Juan y Subzona de Hondo Valle en Elías Piña, Ministerio de Agricultura, Unión Europea. República dominicana, 2014.
- Chamoun, Yamal, "Administración Profesional de Proyectos, La Guía", Ed. IAN, México 2002.
- Chávez G, Candela J, Ochoa J. Subinertial flows and transports in Cozumel Channel. J. Geophys. 2003.
- De Jesús-Navarrete A & J Herrera-Gómez. Nematofauna asociada a la zona urbana de la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Revista de Biología Tropical. 1999.
- De Jesús-Navarrete A & J Herrera-Gómez. Vertical Distribution and feeding type of nematodes from Chetumal Bay, Quintana Roo, Mexico. Estuaries. 2002.
- De Jesús-Navarrete A. Distribución, abundancia y diversidad de los nematodos (Phylum Nematoda) bénticos de la Sonda de Campeche, México. Enero 1987. Revista de Biología Tropical. 1993a.
- De Jesús-Navarrete A. Nematodos (Nematoda) de la laguna de Buena Vista, Quintana Roo, México. Revista de Biología Tropical. 1993b.
- De Jesús-Navarrete, Alberto. Revista de biología marina y oceanografía, ISSN 0718-1957 versión on-line, Rev. Biol. Marina y Oceanografía. V.42 No.2 Valparaíso Ago. 2007, Nematodos de los arrecifes de Isla Mujeres y Banco Chinchorro, Quintana Roo, México.
- De la Guardia, Gabriel. Presentaciones de clase "Elaboración del Presupuesto del Proyecto" Fundación Arturo Rosenblueth. México, 2003.
- Dean WE. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. Journal of the Sedimentary Petrology. 1974.

- Decramer W & N Goubault. Marine nematodes from Guadeloupe and other Caribbean Islands. II Draconematidae. Zoologica Scripta 15: 107-118. 1986.
- Decramer W & N Goubault. Marine nematodes from Guadeloupe and other Caribbean Islands. VII. The genus Epsilonema (Epsilonematidae). Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. 1987.
- Diario Oficial de la Federación. Actualización de la Carta Nacional Pesquera., Segunda sección Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 15 de marzo de 2004. México. 2004
- Domínguez Torres, Alejandro., "Cambio y Conocimiento en los Sistemas, Los principios y los métodos". México, 2002
- Estudio desarrollado a partir del Capítulo 13 (América Latina) de la contribución del Grupo de Trabajo II al cuarto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). 2007.
- Ficha técnica para la evaluación de los sitios prioritarios para la conservación de los ambientes costeros y oceánicos de México, Nombre del sitio: Banco Chinchorro Clave del sitio: 79, Mesa de Trabajo: Mar Caribe.
- Flores, Martín. Presentación "El Plan de Calidad" Fundación Arturo Rosenblueth. México, 2004.
- Frías Valdez, Armando; Moreno Cervantes, Gonzalo; "Ingeniería de Costas", Ed. Limusa, México, 1988.
- García Ayala, Gabriel H., Boletín electrónico "Agua y Desarrollo Sustentable". Los arrecifes de coral: verdaderos bosques en el mar., http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=16175_201&ID2=DO_TOPIC
- García Ayala, Gabriel H., Los arrecifes de coral: verdaderos bosques en el mar <http://www.imacmexico.org/>
- García Gastelum, Alejandro; Ferman Alamada, José Luis; Arredondo García, María Concepción et al. "Modelo de planeación ambiental de la zona costera a partir de indicadores ambientales". SAPIENS, dic. 2005, vol.6, no.2, p.9-24. ISSN 1317-5815., no.2 [citado 12 Febrero 2008], p.9-24. ISSN 1317-5815. http://www2.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1317-58152005000200002&lng=es&nrm=iso.
- Garduño López, René, Sánchez-Santillán, Norma y Sánchez-Trejo, Rubén, "Los arrecifes de coral: especies indicadoras de los cambios climáticos", Departamento de Climatología. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. Departamento El Hombre y su Ambiente. UAM-Xochimilco. México, 2005.
- Garduño López, René, Sánchez-Santillán, Norma y Sánchez-Trejo, Rubén, Cambio climático: Una controversia entre científicos, Departamento de Climatología. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. Departamento El Hombre y su Ambiente. UAM-Xochimilco. Diciembre 01, 2004.
- Garduño López, René, Sánchez-Santillán, Norma, Sánchez-Trejo, Rubén. Los arrecifes de coral: especies indicadoras de los cambios climáticos, Departamento de Climatología. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. Departamento El Hombre y su Ambiente. UAM-Xochimilco. México, 2005. Núm. 51.
- Goda, Yoshimi, Analysis of wave grouping and spectra of long travelled swell. Rept. Port and Harbour Res. Inst., Vol. 22, No. 1, Japón, 1983.
- Goda, Yoshimi; Tanaka, Norio. "Guidelines for coastal reconnaissance for shore protection and coastal development. International Conference on coastal and port engineering for developing countries". Brazil. 1995.
- Goubault N & M Vincx. Two new species of brood protecting Desmodoridae (Nematoda) from Guadeloupe. Nematologica. 1990.

- Gourbault N & W Decramer. Nematodes marins de Guadeloupe VIII. Le genre *Perepsilonma* (Epsilonematidae). Bulletin Institute Museum Naturelle Paris 4, Serie 10^a. 1988.
- Gourbault N & W Decramer. Nematodes marins de Guadeloupe. III. Epsilonematidae des genres nouveaux *Metaglochinema* n.g. (Glochinematidae) et *Keratonema* n. g. (Keratonematidae) n. sufam.). Bulletin Institute Museum Naturelle Paris 4, Serie 8^a. 1986.
- Gourbault N & W Decramer. Nematodes marins de Guadeloupe. VI. Les genres *Bathypsilonema* et *Leptepsilonema* (Epsilonematidae). Bulletin Institute Museum Naturelle Paris. 1987.
- Guild, L., B. Ganapol, R. Furfaro, P. Kramer, R. Armstrong, A. Gleason, J. Torres. Radiative Transfer Modeling, Spectral Analysis, and Remote Sensing of Coral Reefs. AGU Fall Meeting, Dec. 13-17, San Francisco, CA., 2004.
- Hay, David C., A Different Kind of Life Cycle: The Zachman Framework, Essential Strategies, Inc., Estados Unidos, 2000.
- Hoegh-Guldberg, O., "Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs". Report for Greenpeace, Australia, 1999.
- Horikawa, K., Coastan Engineering, University of Tokyo, Press, Tokyo, 1978.
- http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/basicos/hidrologia/rios/regiones_hidrologicas.cfm?c=519
- http://meteorologia.semar.gob.mx/cambio_climatico.htm
- http://meteorologia.semar.gob.mx/datos_emas/chinchorro.htm
- <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrosse.html>
- http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rmp_062.html
- <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/367/potencial.html>
- http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=43&id_art=348&id_ejemplar=56
- INEGI. 2005. Cartografía del Territorio Insular de México. Continuo Nacional, primera edición, escala 1:250,000. Instituto Nacional de Geografía y Estadística, Aguascalientes, Ags, Mexico.
- Instituto de Formación, Evaluación y desarrollo INLAC, S.C., Presentación "Introducción al pensamiento sistémico".
- Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA), "Efectos del cambio climático en los recursos hídricos en México, Vol. II. Ed. IMTA, México, 2008.
- Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA), "Tecnología y Ciencias del Agua". Ed. IMTA, México, 2011.
- IPCC, Estudio desarrollado a partir del Capítulo 13 (América Latina) de la contribución del Grupo de Trabajo II al cuarto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. 2007.
- IPCC, Reporte, Cambio Climático 2007: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad, Por autores del Grupo de Trabajo II del IPCC de México, Costa Rica y Venezuela.
- Komar, P.D., Beach processes and sedimentation. Prentice Hall. E. U., 1996.
- La crisis del carbono es letal para los arrecifes de coral. <http://www.marfund.org/noticias1.html>
- Leff, Enrique, "Racionalidad Ambiental", Siglo XXI Editores, México, 2004.
- Lilienfeld, R., Teoría de Sistemas, Editorial Trillas, México, 1984.
- Lizárraga Arciniega, Román; Appendini Albrechtsen, Christian; Fischer, David. "Planificación para el manejo de la erosión de playa en playas de Rosarito, B.C., un prototipo para México. Parte I: vulnerabilidad a la erosión", México, 1998.
- López Gutiérrez, Héctor, "Planeación del Desarrollo Costero", AMIP, ISBN: 978-970-94-2624-4. México, 2009.

- Loreto, R.M., Lara, M. & Schmitter-Soto, J.J., Coral reef fish assemblages at Banco Chinchorro, Mexican Caribbean. *Bulletin of Marine Science* 73(1): 153-170. 2003.
- Marcomini, Silvia C. y López, Rubén A., Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Erosión y manejo costero en Villa Gesell.
- Martín Mateo, Ramón. "PLANIFICACIÓN AMBIENTAL OCEÁNICA, Universidad de Alicante. España.
- Martínez, Alejandro, Presentaciones de clase "Elaboración del Plan de riesgos y fondo de contingencia", Fundación Arturo Rosenblueth. México, 2003.
- Montalvo, Manuel. Presentaciones de clase "Ejecución y Control de Proyectos Tecnológicos" Fundación Arturo Rosenblueth. México, 2004.
- Moreno Jiménez, Antonio, "Sistemas de Análisis de la Información Geográfica", "a. Edición, Ed. Alfaomega, México, 2008.
- Ochoa J, Sheinbaum J, Badan A, Candela J, Wilson ZD. Geostrophy via potential vorticity inversion in the Yucatan Channel. *J. Mar.* 2001.
- Odum Eugéne, P., Fundamentos de Ecología, Fundación Calouste Goulbekian, 1988.
- OECD, "OECD core set of indicators for environmental performance reviews. Environmental monographs". E.U., 1993.
- Ortiz Pérez, M.A.; Méndez Linares, A.P., Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar y sus implicaciones en las costas bajas del Golfo de México y Mar Caribe, El manejo costero en México. Centro EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche, México, 2004.
- Planificación Ambiental Oceánica, Ramón Martín Mateo, Catedrático de Derecho Administrativo. Universidad de Alicante.
- Planificación para el Manejo de la erosión de playa en playas de Rosarito, B.C., Un Prototipo para México. Parte I: Vulnerabilidad a la erosión, M.C. Román Lizárraga Arciniega, M.C. Christian Appendini Albrechtsen, Dr. David Fischer. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/155/planifica.html>
- Platt HM & RM Warwick. A synopsis of free-living marine nematodes, Part I. *British Enoplids*, 307 pp. Cambridge University Press, London. 1983.
- Potencial de la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático en México, Secretaría de Investigación y Desarrollo de la UNAM. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/367/potencial.html>
- Protocolo de proyecto de grupo DG/2001-575, Estudio de la Circulación en el Caribe Mexicano Por: Julio Sheinbaum, Julio Candela, Antonio Badán, José Luis Ochoa y Roberto Iglesias. México. 2001.
- Reátegui Lozano, Rolando, Ciencia, Enfoque Sistémico y Complejidad Ambiental, FIPA-UNICA-, Perú. 2011.
- Red Atlántica para la Gestión de los Riesgos Costeros, ANCORIM (Atlantic Network for Coastal Risk Management), Francia, 2012.
- Reserva de la biosfera Banco Chinchorro, México, Noviembre 2007.
- Revista de Biología Marina y Oceanografía, ISSN 0718-1957 versión on-line, Rev. biol. mar. oceanogr. v.42 n.2 Valparaíso ago. 2007, Nematodos de los arrecifes de Isla Mujeres y Banco Chinchorro, Quintana Roo, México, Alberto de Jesús-Navarrete. Chile. 2007.
- Romero Hernández, Omar. Inventario de la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático en México, I.T.A.M., México, 2005.
- Rosnay, J. de (1977) *El Macroscopio*, Editorial AC, Madrid (Traducción de F. Sáez Vacas).
- Sáez Vacas, Fernando, Complejidad y Tecnologías de la Información (Generalidades), Historia del Enfoque Sistémico.

- Sáez Vacas, Fernando, Complejidad y Tecnologías de la Información (Generalidades), Historia del Enfoque sistémico. España. 2009.
- Sagols Troncoso, Feliú D.; Navarro Pineda, Juan M.; Ulloa Ramírez, Mario; Hernández Juárez, Estela; López Godínez, Manuel. "Sistema Integral para Construir y Explotar Bases de Datos Geográficas Vía Internet". México.
- Salles, S. P., Appendini, A. C., Vulnerabilidad y peligro en las costas mexicanas, Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros del Instituto de Ingeniería, SISAL, Yucatán, Gaceta electrónica. UNAM, México, 2014.
- Sánchez, Gonzalo, Presentaciones de clase "Evaluación de Proyectos Tecnológicos". Fundación Arturo Rosenblueth. México, 2003.
- Sánchez, Ricardo, "Potencial de la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático en México", Secretaría de Investigación y Desarrollo de la UNAM. <http://naturales.org/2008/02/01/en-foro-de-minitros-tratan-de-unificar-agenda-ambiental-en-america-latina-y-el-caribe/>
- Sarmiento, F. O., "Diccionario Ecológico Energético Ecuatoriano". UNP Quito. Ecuador, 1986.
- Secretaría de Marina (SEMAR), base de datos meteorológicos de la Estaciones Meteorológicas de la Secretaría de Marina de la Dirección de Meteorología.
- Secretaría de Marina (SEMAR), Carta náutica SM900. Canal de Yucatán y proximidades, escala 1:906,530, Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía, México. (1984).
- Secretaría de Marina (SEMAR), http://meteorologia.semar.gob.mx/cambio_climatico.htm
- Secretaría de Marina (SEMAR), www.semar.gob.mx
- Secretaría de Marina, Carta náutica SM030. Río Bravo a Bahía Chetumal, escala 1:1'200,000, Dirección General de Oceanografía, México. (1995).
- Secretaría de Marina, Carta náutica SM900. Canal de Yucatán y proximidades, escala 1:906,530, Dirección General de Oceanografía, México. (2006).
- SEGOB., Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación, Segunda sección Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 15 de marzo de 2004. México.
- SEMARNAT, "La Gestión Ambiental en México", México, 2006.
- SEMARNAT, Introducción a los servicios ambientales, Serie: Saber para proteger, Ed. Poseidón. Álvarez Pérez Duarte, M. et al, México, 2003.
- SEMARNAT, Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al medio Ambiente (LGEEPA), México, 2013.
- Sheinbaum J, Candela J, Badan A, Ochoa J. Flow structure and transport in the Yucatan Channel. Geophys. 2002.
- Sheinbaum, Julio; Candela, Julio; Badán, Antonio; Ochoa, José Luis y Iglesias, Roberto. Protocolo de proyecto de grupo DG/2001-575, Estudio de la Circulación en el Caribe Mexicano. México, 2001.
- Shepard, F.P., "Submarine geology". Harber & Row Publishers, New York, E.U., 1973.
- Silva Casarín, R., et al "Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable", Universidad Autónoma de México, Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales ISBN: 978-607-02-6287-6. México, 2014.
- Tanaka, N., A study on characteristics of litoral drift along the coast of Japan and topographic change result from construction of harbors on sandy beaches, Tech. Note of Port and Harbour Res. Inst., No. 43, Japón, 1983.
- Tarjan AC. Marine Nematodes, 135 pp. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville. 1980.

- The Ramsar Convention on Wetlands, CONANP. 2003. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Parque Nacional Isla Contoy. (<http://www.wetlands.org/RSDB/default.htm>)
- Tietjen JH. Distribution and species diversity of deepsea nematodes in the Venezuela Basin. Deep Sea Research. 1984.
- Tietjen JH. Ecology of deep sea nematodes from the Puerto Rico Trench area and Hatteras Abyssal Plain. Deep Sea Research. 1989.
- Tomlinson, Roger. "Pensando en el SIG. Planeación del Sistema de Información Geográfica dirigida a Gerentes". 3ª. Edición., México.
- United Nations Framework Convention on Climate Change, Cap. 5, Riesgos Costeros.
- Universidad Nacional Autónoma de México. Tablas de predicción de mareas. Instituto de Geofísica de la UNAM. 1992. Datos geofísicos serie A oceanografía. ISSN-0187-6635.
- Varillas, Adriana. Artículo: Prevén debacle turística por el cambio climático, El Universal, Jueves 25 de enero de 2007 y *Climate Change and Internacional Tourism: A Simulation Study*, Jacqueline Hamilton.
- Varillas, Adriana. Prevén debacle turística por el cambio climático, El Universal, Jueves 25 de enero de 2007 y *Climate Change and Internacional Tourism: A Simulation Study*, Jacqueline Hamilton.
- Wagenaar Hummerlinck P. Marine localities. Studies of the fauna of Curacao and other Caribbean Islands. Foundation for Research in Suriname and Netherland, Antilles Utrech. 1977.
- Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S., and West, J. Management of bleached and severely damaged coral reefs. IUCN, Gland, Switzerland, 2000.
- www.googleearth.com.
- www.inegi.gob.mx

Capítulo 8.

A n e x o s

ANEXO 1

Fotografía Muelle de Transbordadores Playa del Carmen, Q. Roo, Karina Ocaña 2012.

MAPAS TEMÁTICOS DEL ESTADO DE QUINTANA ROO Y PROPUESTA DEL SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN COSTERA (SINAGC)

Tipología según ritmo de crecimiento demográfico por municipio, 1950-1990
Estado de Quintana Roo

Especialización económica por sector de actividad según población ocupada por municipio, 2000
Estado de Quintana Roo

MODELO DEL SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN COSTERA (SINAGC)

ESTRUCTURA DEL PROYECTO

ESQUEMA DE APLICACIÓN SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN COSTERA (SINAGC)

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

DIAGRAMA DE PROCESOS

DISEÑO DE BASE DE DATOS

<p>SITIO</p> <ul style="list-style-type: none">• NOMBRE• COORDENADAS <p>LÍNEA DE PLAYA</p> <ul style="list-style-type: none">• AÑO DE LEVANTAMIENTO• CARACTERIZACIÓN• SEDIMENTO• GRADO DE VULNERABILIDAD• GRADO DE RIESGO• GRADO DE RESILIENCIA <p>DATOS METEOROLÓGICOS</p> <ul style="list-style-type: none">• PRECIPITACIÓN• HUMEDAD RELATIVA• TEMPERATURA• PRESIÓN ATMOSFÉRICA• VELOCIDAD DEL VIENTO• DIRECCIÓN DEL VIENTO <p>OLEAJE</p> <ul style="list-style-type: none">• ALTURA DE OLA PROMEDIO• PERÍODO DE OLA PROMEDIO• DIRECCIÓN DE OLEAJE PROMEDIO• ALTURA DE OLA MÁXIMA• PERÍODO DE OLA MÁXIMA <p>MAREA</p> <ul style="list-style-type: none">• NIVEL MÍNIMO REGISTRADO• NIVEL DE BAJAMAR MEDIA• NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR• NIVEL MEDIO DEL MAR• NIVEL DE PLEAMAR MEDIA• NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR• NIVEL MÁXIMO REGISTRADO <p>DATOS HIDROLÓGICOS</p> <ul style="list-style-type: none">• ESCURRIMIENTO• APOORTE DE SEDIMENTOS DE RÍOS CERCANOS• APOORTE DE RÍOS SUBTERRÁNEOS	<p>DATOS DEMOGRÁFICOS Y ECONÓMICOS</p> <ul style="list-style-type: none">• DENSIDAD DE POBLACIÓN• ACTIVIDADES ECONÓMICAS• CRECIMIENTO <p>INSTRUMENTOS JURÍDICOS Y NORMATIVOS</p> <p>SISTEMA POLÍTICO</p> <p>ZONA COSTERA</p> <ul style="list-style-type: none">• TIPO DE COSTA• ESTADO DE LA ZONA• GRADO DE VULNERABILIDAD• GRADO DE RIESGO• GRADO DE RESILIENCIA <p>EVENTOS EXTRAORDINARIOS</p> <ul style="list-style-type: none">• HURACAN (NOMBRE)• FECHA• DURACIÓN• CATEGORÍA• SOBREELEVACIÓN POR TORMENTA• VELOCIDAD DE VIENTO MÁXIMO• DIRECCIÓN PREDOMINANTE <p>CORRIENTES</p> <ul style="list-style-type: none">• VELOCIDAD• DIRECCIÓN <p>RELACIÓN ARRECIFE-PLAYA</p> <ul style="list-style-type: none">• VULNERABILIDAD DEL SISTEMA• AFECTACIONES POR PARÁMETROS CLIMÁTICOS• NIVELES DE RIESGO PARA EL SISTEMA• NIVELES DE EROSIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA• DETERIORO DE LA ZONA• ESTADO DE LA CUENCA COLINDANTE• NIVELES DE RECUPERACIÓN ANTE HURACANES• NIVEL DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA <p>INTEGRACIÓN DE IMÁGENES</p> <ul style="list-style-type: none">• SATELITALES• FOTOGRAFÍAS AÉREAS• DIGITALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS
--	---

ANEXO 2

Fotografía Vista aérea Villahermosa, Tabasco, Karina Ocaña, 2014.

Resumen del Análisis de Cuencas Hidrológicas en el Arrecife Mesoamericano Descripción del Proyecto.

Resumen del Análisis de Cuencas Hidrológicas en el Arrecife Mesoamericano Descripción del Proyecto (Burke, 2005).

Antecedentes del Proyecto

Compartido por México, Belice, Honduras y Guatemala, el Arrecife Mesoamericano se extiende sobre 1,000 km y es el arrecife continuo más grande del Hemisfero Occidental. La alteración de los paisajes terrestres para el desarrollo, construcción de caminos, o agricultura puede tener impactos adversos en los arrecifes de coral a través del incremento de transporte de sedimentos, nutrientes y otros contaminantes a las aguas costeras. Las amenazas del clareo de terrenos son más altas en áreas donde el relieve es más vertical, la precipitación pluvial es intensa y los suelos erosivos.

El uso apropiado de suelo es esencial para el manejo de las cuencas hidrológicas para poder minimizar el transporte de sedimentos, nutrientes, y otros contaminantes a los arrecifes de coral. En la región mesoamericana, más de 300,000 hectáreas de terreno son destinadas a la producción de bananas, aceite de palmera, caña de azúcar, cítricos, y ananá. Tanto sedimentos ya erosionados, como residuos de fertilizantes y pesticidas utilizados en este tipo de industrias, se filtran a través de ríos y corrientes y entran a las aguas costeras del Arrecife Mesoamericano.

Figura A2.1 Localización del Arrecife Mesoamericano. (Burke, 2005).

Las herramientas buscan examinar los impactos posibles que los diferentes usos de suelo y distintas opciones en desarrollo podrían tener en la región, así como también los impactos asociados con la calidad del agua en la región del Arrecife Mesoamericano.

De acuerdo al proyecto mencionado, es de suma importancia en la relación arrecife-línea de costa:

- Relacionar diferentes modelos de uso de suelo dentro de las cuencas hidrológicas con los impactos en los arrecifes de coral, e identificar los arrecifes que corren alto riesgo de degradación.
- Identificar las cuencas hidrológicas más vulnerables a la erosión y aquellas que aportan la mayor cantidad de sedimentos y contaminantes a las aguas costeras.
- Adaptar herramientas para poder pronosticar tendencias importantes, poder evaluar diferentes opciones en decisiones políticas o de desarrollo, y poder facilitar mejoras en el manejo de las tierras a través de la región.
- Apoyar nuevas relaciones y alianzas estratégicas con grupos claves como gobiernos locales, compañías agro-industriales de gran nivel, así como comunidades agrícolas independientes.
- Utilizar los resultados de los modelos y herramientas de diagnóstico para asistir en la educación y promover el uso, por parte de ciertos grupos de interés, de “mejores prácticas de manejo” para reducir los impactos en las costas y los recursos marítimos.

El proyecto incluyó componentes analíticos que investigaron los cambios en la cobertura terrestre y los impactos relacionados con la descarga de los ríos, la erosión, la descarga de sedimentos y contaminantes, y el transporte dentro de las aguas costeras. También incluyó actividades directas con negocios agrícolas para implementar mejores prácticas de manejo.

Metodología

Para la realización del proyecto se siguió la metodología:

- Implementación de la delimitación de cuencas hidrológicas en todas las tierras que drenan en la región del Arrecife Mesoamericano.
- Implementación de un análisis hidrológico para examinar las fuentes de sedimentos y nutrientes provenientes de toda ésta área de drenaje, así como también la descarga de sedimentos y nutrientes en aguas costeras.

- Aplicación de una herramienta de análisis hidrológico para examinar la descarga de sedimentos y nutrientes usando varios escenarios de cobertura terrestre (cobertura terrestre “actual”, cobertura terrestre original o “natural”, y tres escenarios de cobertura terrestre para el año 2025).
- Incorporación de los resultados del análisis hidrológico en un modelo de circulación para examinar el transporte de sedimentos a través de la región del Arrecife Mesoamericano.
- La calibración y validación de los resultados de los modelos.

Contribuciones

Este análisis hidrológico ayuda a integrar una gran variedad de información, y adapta herramientas de modelación para hacer un análisis regional del Arrecife Mesoamericano.

Origen de los sedimentos y los nutrientes que llegan al Arrecife Mesoamericano.

De las 400 cuencas hidrológicas de la región del Arrecife Mesoamericano, la cuenca del Río Ulúa en Honduras contribuye con la mayor cantidad de sedimentos, Nitrógeno y Fósforo. Otros ríos grandes que transportan sedimentos y nutrientes en cantidades significativas son el Río Patuca (en Honduras), el Río Belice (en Belice), y el Río Tinto ó Negro (en Honduras).

Figura A2.2 Origen de los sedimentos y los nutrientes que llegan al Arrecife Mesoamericano. (Burke, 2005).

La mayoría del sedimento y nutrientes transportados por las cuencas hidrológicas que desembocan en el Arrecife Mesoamericano se originan en Honduras. Se estima que más del 80 por ciento del sedimento, y más de la mitad de los nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) se originan en Honduras.

Guatemala fue identificada como la fuente de cerca de un sexto ($1/6$) de todos los sedimentos y casi un cuarto ($1/4$) de todo el Nitrógeno y Fósforo que entra a las aguas costeras a lo largo del Arrecife Mesoamericano.

El modelo indica que, comparado con otros países, un porcentaje relativamente menor de sedimento a nivel regional proviene de Belice y México. Belice contribuye con entre 10-15 por ciento de los nutrientes, y se estima que México contribuye con un 5 por ciento de los nutrientes para todos las cuencas del modelo. Es probable que el porcentaje para México este sub-estimado puesto que la contribución de los ríos subterráneos no se consideró en el modelo.

El escurrimiento, la erosión y el transporte de nutrientes a las aguas costeras se están incrementando como resultado de las alteraciones humanas en el paisaje terrestre, el escurrimiento, y las descargas asociadas en la desembocadura de los ríos casi se ha duplicado; la descarga de sedimentos en la desembocadura de los ríos ha incrementado por un factor de veinte; la descarga de Nitrógeno ha incrementado por un factor de tres, y la descarga de Fósforo por un factor de siete (las proporciones están basadas en los resultados del modelo usando información de uso de suelo actual (2003/2004) y cobertura terrestre natural hipotética (no alterada).

Los posibles impactos de las diferentes opciones de desarrollo y de uso de suelo varían, de acuerdo con el escenario de uso de suelo que favorece los mercados y políticas ambientales limitadas, la descarga de nutrientes muy probablemente incrementará un 10 por ciento en el 2025, mientras que la descarga de sedimento podría incrementar un 13 por ciento o más.

Si se implementan políticas ambientales que favorecen el desarrollo sostenible, la descarga de nutrientes y sedimentos probablemente será reducida por al menos 5 por ciento de los niveles actuales, promoviendo la recuperación de corales degradados.

Figura A2.3 Promedio Anual de fuentes de fósforo por sub-cuenca. (Burke, 2005).

Figura A2.4 Promedio Anual de erosión del suelo, fuentes de nitrógeno y de fósforo. (Burke, 2005).

Análisis

Es necesario que las acciones políticas se enfoquen hacia la contribución de los terrenos agrícolas.

La mayoría del sedimento y nutrientes que son transportados al Arrecife Mesoamericano a través de las cuencas hidrológicas de la región provienen de terrenos agrícolas en Honduras y Guatemala. La contribución de Belice y México es sustancialmente menor aunque todavía constituye una amenaza a lo largo de la costa. Existen muchas iniciativas promisorias para reducir la contaminación en la región. Entre estas iniciativas se encuentra el manejo sustentable de los bosques y el manejo integrado de cuencas en Guatemala; un mejor programa de planificación de uso de suelo, reforestación y conservación de suelos en Honduras; así como iniciativas similares en México y Belice. Es necesario que estos importantes esfuerzos tengan el apoyo del público, reciban reconocimiento e inversiones continuas.

Figura A2.5 Mapa de vulnerabilidad de erosión regional. (Burke, 2005).

Es necesario realizar una modelación más detallada para crear información más exacta y con mayor resolución.

Los análisis regionales son útiles y proporcionan un panorama para priorizar áreas donde se necesita actuar inmediatamente; sin embargo, los análisis locales proporcionan la información detallada y exacta que los políticos necesitan para encauzar mejor sus intervenciones. (Burke, 2005).