

PROGRAMA MUNICIPAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL,  
ECOLÓGICO Y DESARROLLO URBANO SUSTENTABLE DEL  
TULUM



**SEMA**  
SECRETARÍA DE ECOLOGÍA  
Y MEDIO AMBIENTE

**SEDETUS**  
SECRETARÍA DE DESARROLLO TERRITORIAL  
URBANO SUSTENTABLE



**SEMA**  
SECRETARÍA DE ECOLOGÍA  
Y MEDIO AMBIENTE

**SEDETUS**  
SECRETARÍA DE DESARROLLO TERRITORIAL  
URBANO SUSTENTABLE



**PROGRAMA MUNICIPAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL,  
ECOLÓGICO Y DESARROLLO URBANO SUSTENTABLE DE  
TULUM**

**ESTADO DE QUINTANA ROO**

**JULIO 2019**

PROGRAMA MUNICIPAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL,  
ECOLÓGICO Y DESARROLLO URBANO SUSTENTABLE DEL  
TULUM



**SEMA**  
SECRETARÍA DE ECOLOGÍA  
Y MEDIO AMBIENTE

**SEDETUS**  
SECRETARÍA DE DESARROLLO TERRITORIAL  
URBANO SUSTENTABLE

## CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b> .....	<b>I</b>
<b>1. FASE I COORDINACIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1. Presentación</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2. Introducción</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3. Antecedentes</b> .....	<b>8</b>
1.3.1. Plan Estatal de Desarrollo 2016 - 2022.....	8
1.3.2. Plan Estratégico de Desarrollo Integral de Quintana Roo 2025.....	11
1.3.3. Programa Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo, 2001.....	12
1.3.4. Programa Subregional de Desarrollo Urbano de la Región Caribe del Estado de Quintana Roo.....	13
1.3.5. Programa Estatal para la prevención y Gestión Integral Sustentable de los Residuos Sólidos Urbanos en el Estado de Quintana Roo.....	19
1.3.6. Plan Institucional de Infraestructura Hidráulica de Quintana Roo (CAPA). ....	21
<b>1.4. Agenda Ambiental -Territorial</b> .....	<b>22</b>
<b>1.5. Delimitación de la zona de estudio</b> .....	<b>22</b>
<b>1.6. Objetivos generales y específicos</b> .....	<b>26</b>
1.6.1. Objetivo General.....	26
1.6.2. Objetivos Particulares.....	26
<b>2. FASE II. CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO</b> .....	<b>26</b>
<b>2.1. Análisis del entorno regional</b> .....	<b>27</b>
2.1.1. Sistema de Ciudades.....	27
<b>2.2. Componente Natural</b> .....	<b>28</b>
2.2.1. Fisiografía.....	28
2.2.2. Geomorfología.....	30
2.2.3. Geología.....	34
2.2.4. Edafología.....	36
2.2.5. Agua Superficial y Subterránea: Disponibilidad y Calidad.....	41
2.2.5.1. Caracterización de las cuencas.....	41
2.2.5.2. Hidrología Superficial.....	42
2.2.5.3. Hidrología Subterránea.....	46
2.2.5.4. Localización de las actividades en las cuencas.....	55
2.2.5.5. Identificación de las zonas de recarga.....	56
2.2.5.6. Fractura de Holbox como zona de alta permeabilidad.....	59

2.2.5.7.	<i>Situación de los acuíferos, cálculo de balance hídrico.</i>	61
2.2.5.8.	<i>Disponibilidad de agua superficial (cuerpos de agua naturales y artificiales).</i>	63
2.2.5.9.	<i>Calidad del agua: situación actual y zonas vulnerables a la contaminación.</i>	65
2.2.5.10.	<i>Sistemas de cuevas inundadas, importancia y consideraciones.</i>	81
2.2.6.	Clima.....	88
2.2.7.	Vegetación.....	90
2.2.7.1.	<i>Distribución de los principales tipos de vegetación y usos del suelo.</i>	90
2.2.7.2.	<i>Metodología.</i>	90
2.2.7.3.	<i>Fase de planeación en gabinete.</i>	90
2.2.7.4.	<i>Fase de planeación en gabinete.</i>	92
2.2.7.5.	<i>Fase de análisis de datos.</i>	96
2.2.7.6.	<i>Distinción de tipos de vegetación.</i>	96
2.2.7.7.	<i>Metodología para vegetación de manglar</i>	99
2.2.7.8.	<i>Trabajo de Campo</i>	100
2.2.7.9.	<i>Selva baja subcaducifolia</i>	104
2.2.7.10.	<i>Selva mediana subperennifolia.</i>	110
2.2.7.11.	<i>Vegetación Secundaria de Selva mediana subperennifolia.</i>	119
2.2.7.12.	<i>Sabana.</i>	124
2.2.7.13.	<i>Duna costera.</i>	127
2.2.7.14.	<i>Vegetación de manglar.</i>	138
2.2.7.15.	<i>Distribución de la vegetación.</i>	150
2.2.7.16.	<i>Flora incluida en alguna categoría de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.</i>	152
2.2.7.17.	<i>Especies endémicas de la región.</i>	154
2.2.7.18.	<i>Especies que se utilizan en la zona.</i>	154
2.2.7.19.	<i>Especies incluidas en el Programa de conservación de especies en riesgo (PROCER).</i>	155
2.2.7.20.	<i>Uso del Suelo.</i>	156
2.2.8.	Fauna.....	157
2.2.8.1.	<i>Materiales y métodos.</i>	159
2.2.8.2.	<i>Resultados.</i>	163
2.2.9.	Identificación de corredores biológicos o zonas de importancia para la conservación y preservación de la flora y fauna.....	183
2.2.9.1.	<i>Parque Nacional Tulum.</i>	183
2.2.9.2.	<i>Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an.</i>	184
2.2.9.3.	<i>Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an.</i>	185
2.2.9.4.	<i>Santuario de la Tortuga Marina Xcacel-Xcacelito.</i>	185
2.2.9.5.	<i>Áreas de Importancia y Conservación de Aves (AICAS).</i>	186
2.2.9.6.	<i>Áreas de Atención Prioritaria.</i>	187
2.2.9.1.	<i>Sitios RAMSAR.</i>	189
2.2.9.2.	<i>Sitios Prioritarios para la Conservación de los Ambientes Costeros y Oceánicos de México.</i>	192

2.2.9.3. <i>Procesos o recursos que se deben mantener para asegurar la preservación de la biodiversidad</i> .....	194
<b>2.3. Componente Socioeconómico y demográfico</b> .....	<b>197</b>
2.3.1. Aspectos Demográficos.....	197
2.3.1.1. <i>Tamaño de Población</i> .....	198
2.3.1.2. <i>Relación Hombre Mujer y Estructura de Edades</i> .....	199
2.3.1.3. <i>Escolaridad</i> .....	200
2.3.1.4. <i>Tendencia de crecimiento</i> .....	201
<b>2.4. Componente sectorial</b> .....	<b>203</b>
2.4.1. Marco (Subsistema) Urbano – Regional .....	203
2.4.1.1. <i>Sistema de Enlaces</i> .....	203
2.4.1.1.A Vías de comunicación .....	203
2.4.1.1.B Estaciones de combustible.....	205
2.4.1.2. <i>Sistema de Transportes</i> .....	205
2.4.1.2.A Transporte público masivo .....	205
2.4.1.3. <i>Servicios De Agua Potable Drenaje Sanitario Y Tratamiento De Aguas Residuales</i> .....	206
2.4.1.3.A Servicios de Agua Potable, Drenaje Sanitario y Tratamiento de Aguas Residuales. .....	206
2.4.1.4. <i>Usos de suelo exterior</i> .....	207
2.4.2. Marco (Subsistema) Histórico – Cultural .....	208
2.4.2.1. <i>Patrimonio Arqueológico</i> .....	209
2.4.2.2. <i>Tradiciones y Costumbres</i> .....	212
2.4.2.3. <i>Oferta Turística</i> .....	214
2.4.2.4. <i>Oferta Turística Complementaria</i> .....	216
2.4.3. Marco (Subsistema) Político – Organizativo .....	219
2.4.3.1. <i>Instituciones Gubernamentales</i> .....	219
2.4.3.1.A Instituciones Federales.....	221
2.4.3.1.B Instituciones Estatales.....	224
2.4.3.1.C Instituciones Municipales.....	225
2.4.4. Marco (Subsistema) Institucional - Administrativo .....	227
2.4.4.1. <i>Instituciones Federales</i> .....	228
2.4.4.1.A Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).....	228
2.4.4.1.B Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) .....	230
2.4.4.1.C Secretaría de Turismo .....	232
<b>2.5. Análisis de la vulnerabilidad Territorial</b> .....	<b>232</b>
2.5.1. Métodos, Evidencias e Indicadores de Vulnerabilidad Ante Fenómenos Naturales. .....	232
2.5.1.1. <i>Métodos, Evidencias e Indicadores de Vulnerabilidad Ante Fenómenos Geológicos</i> .....	233
2.5.1.2. <i>Vulcanismo</i> .....	234
2.5.1.3. <i>Sismos</i> .....	236

2.5.1.4.	<i>Tsunamis o Maremotos.</i>	245
2.5.1.5.	<i>Deslizamientos.</i>	252
2.5.1.6.	<i>Flujos.</i>	254
2.5.1.7.	<i>Derrumbes (Caídos).</i>	255
2.5.1.8.	<i>Creep O Reptación.</i>	257
2.5.1.9.	<i>Avalancha de Detritos.</i>	257
2.5.1.10.	<i>Hundimientos.</i>	257
2.5.1.11.	<i>Fallas y Fracturas</i>	263
2.5.1.12.	<i>Erosión Hídrica.</i>	266
2.5.1.13.	<i>Erosión Eólica.</i>	266
2.5.1.14.	<i>Erosión Marina.</i>	267
2.5.1.15.	<i>Erosión Kárstica.</i>	273
2.5.1.16.	<i>Agrietamiento.</i>	278
2.5.1.17.	<i>Subsidencia.</i>	279
2.5.2.	Métodos, Evidencias e Indicadores de Vulnerabilidad Ante Fenómenos Hidrometeorológicos.....	281
2.5.2.1.	<i>Temperaturas Máximas Y Mínimas Extremas.</i>	281
2.5.2.2.	<i>Sequías.</i>	285
2.5.2.3.	<i>Heladas.</i>	290
2.5.2.4.	<i>Tormentas De Granizo.</i>	291
2.5.2.5.	<i>Tormentas de Nieve.</i>	292
2.5.2.6.	<i>Huracanes.</i>	293
2.5.2.7.	<i>Tornados</i>	306
2.5.2.8.	<i>Tormentas Eléctricas</i>	307
2.5.2.9.	<i>Lluvias Extremas.</i>	310
2.5.2.10.	<i>Inundaciones.</i>	311
2.5.2.11.	<i>Vientos.</i>	313
2.5.3.	Identificación De Amenazas, Peligros, Vulnerabilidad Y Riesgos Ante Fenómenos Perturbadores De Origen Natural.....	318
2.5.3.1.	<i>Procesos Perturbadores Y Su Rango De Peligrosidad Dentro Del Municipio De Tulum.</i>	328
2.5.3.2.	<i>Causalidad Del Peligro Natural En El Municipio De Tulum, Quintana Roo.</i>	331
2.5.4.	Escenarios de cambio climático. ....	343
2.5.4.1.	<i>Recursos hídricos.</i>	343
2.5.4.2.	<i>Captación de carbono.</i>	352
2.5.4.3.	<i>Intensidad de huracanes.</i>	352
2.5.4.4.	<i>Identificación de zonas potenciales de riesgo por efectos de cambio climático.</i>	353
2.5.5.	RECOMENDACIONES GENERALES. ....	359
<b>2.6.</b>	<b>Análisis de la Aptitud Territorial</b> .....	<b>359</b>
2.6.1.	Métodos.....	360
2.6.1.1.	<i>Unidades de Paisaje.</i>	360

2.6.1.2.	<i>Aptitud Sectorial</i> .....	366
2.6.2.	Resultados .....	375
2.6.2.1.	<i>Gremio Ejidal</i> .....	376
2.6.2.2.	<i>Gremio Empresarial</i> .....	381
2.6.2.3.	<i>Gremio Industrial</i> .....	382
2.6.2.4.	<i>Gremio Conservación</i> .....	383
<b>2.7.</b>	<b>Análisis de los conflictos territoriales</b> .....	<b>385</b>
2.7.1.	Métodos .....	386
2.7.2.	Resultados .....	388
<b>3.</b>	<b>FASE III PROSPECTIVA</b> .....	<b>397</b>
3.1.	Escenarios .....	397
<b>4.</b>	<b>FASE IV. MODELO DE OCUPACIÓN ECOLÓGICO TERRITORIAL</b> .....	<b>402</b>
4.1.	Esquema Nodal de Funcionamiento Municipal .....	402
4.2.	Definición de Unidades de Gestión Territorial Sustentable (UGTS) .....	405
4.3.	Criterios aplicables .....	485
4.3.1.	Criterios de regulación ecológica de carácter específico .....	488
4.3.2.	Criterios de regulación uso apícola .....	492
4.3.3.	Criterios de regulación uso acuícola .....	493
4.3.4.	Criterios de regulación uso forestal .....	494
4.3.5.	Criterios de regulación uso extracción de materiales .....	496
4.3.6.	Criterios de regulación uso conservación .....	501
4.3.7.	Criterios de regulación uso turismo alternativo .....	502
4.3.8.	Criterios de regulación uso turismo convencional .....	511
4.3.9.	Criterios de regulación uso suburbano .....	520
4.3.10.	Criterios de regulación uso urbano .....	526
4.3.11.	Criterios de regulación equipamiento .....	533
4.4.	Proyectos Estratégicos .....	536
<b>5.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>563</b>
<b>6.</b>	<b>GLOSARIO</b> .....	<b>566</b>

# 1. FASE I COORDINACIÓN

## 1.1. Presentación

Un proceso de planeación dirigido a reconocer y regular los procesos en el uso y aprovechamiento del territorio, considerando sus elementos físicos, económicos y sociales, así como sus relaciones con el medio ambiente natural, es lo que se define como Ordenamiento Territorial.

Encuentra su fundamento en la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, siendo su objetivo primordial el promover el desarrollo social, económico y ambiental del municipio, mediante el manejo integral y sustentable de los recursos naturales y el aprovechamiento del territorio de forma equilibrada, para contribuir con ello al mejoramiento de la calidad de vida de la población. Desde otra óptica, el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial, Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable no puede ser el resultado de los esfuerzos aislados de un ente gubernamental de la administración pública estatal, sino que es el mismo municipio, con todos sus elementos, interactuando ordenadamente para cambiar favorablemente la realidad actual, integrado en una sola unidad transformadora; de aquí que se demande la participación y el involucramiento de sociedad y gobierno en este esfuerzo de conocimiento y aplicación del mismo.

En el municipio de Tulum, a corto plazo se pretende tener una visión general de los problemas existentes, los lineamientos y políticas generales respecto al uso de los territorios vulnerables y las posibles medidas para reducir la vulnerabilidad de los territorios construidos. En cuanto a la visión a mediano plazo, el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial, Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable, permitirá prever la evolución de los procesos y ser proactivo, pudiendo dar respuesta a los conflictos territoriales antes de que ocurran. En una perspectiva de largo plazo se pretende ordenar de una manera global o integral el territorio, descomponiéndolo en unidades más pequeñas según criterios de homogeneidad o funcionalidad, asignando usos del suelo específicos a cada una de estas unidades y definiendo sus elementos estructurantes institucionalmente.

De esta manera, el institucionalismo ayudará a entender los procesos que conducen a la construcción de visiones de largo plazo en las que se logra aglutinar los intereses colectivos para trabajar en la procuración de un bien común.

## 1.2. Introducción

Se presenta el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable de Tulum, instrumento fundamental para establecer las políticas que orientarán el aprovechamiento del territorio y la actuación de los tres órdenes de gobierno, así como las inversiones privadas en los diversos sectores de la economía. Como parte de los trabajos para la elaboración del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable de Tulum, el equipo asesor de especialistas conformó un amplio grupo multidisciplinario de funcionarios y sociedad civil que establecieron las directrices a seguir.

El equipo asesor de especialistas integró el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable, con base en los términos de referencia establecidos por la Secretaría de Desarrollo Territorial Urbano Sustentable (SEDETUS).

Las Actividades Preliminares del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable, se refieren a la coordinación institucional necesaria que debe existir para al arranque de las Fases de construcción del PMOTEDUS.

En estas actividades, el gobierno municipal con apoyo del equipo de especialistas conforma e instala el Grupo de Trabajo Multisectorial con la finalidad de dar seguimiento a las fases del Ordenamiento Territorial Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable que se mencionan enseguida:

Fase I. Antecedentes y Coordinación inicia propiamente la elaboración del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable, se conforma el Grupo de Trabajo Multisectorial (GTM) en el que estén incluidos servidores públicos y especialistas de diversas áreas con conocimiento del territorio; se establece el Plan Operativo, a partir de un taller participativo, para definir las acciones a seguir en el diseño y desarrollo del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable, las líneas de comunicación y el intercambio de información.

Fase II. Diagnóstico y Escenarios, consiste en la caracterización, la integración de la información y el diagnóstico de la entidad en sus componentes físico natural, social, cultural, económico y las condiciones de equipamiento y de infraestructura. De igual manera se realiza una evaluación integral del territorio con apoyo de indicadores para el OT, se define la prospectiva por medio de escenarios en las Unidades Territoriales Estratégicas (UGTS), que serán la base para la implementación de políticas y acciones.

Fase III. Estrategias y metas. En ella se plantea un Modelo de ocupación territorial donde se recogen y proponen los objetivos y las acciones que deben llevarse a cabo para lograr el escenario concertado en términos económicos, sociales, ambientales, culturales y de equipamiento. Se determinan las políticas integrales, los objetivos estratégicos, las metas y proyectos integrales por cada UGTS. Y por último la

Fase IV. Acciones corresponsabilidad, en esta fase se identifican los programas de inserción y de instancias públicas, privadas y sociales para el cumplimiento de los objetivos del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial, Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable, considerando los plazos de planeación que se definan.

Fase V. instrumentación, evaluación y seguimiento al modelo y proyectos estratégicos, se identifica la instrumentación y corresponsabilidad de los sectores, así como la programación y su corresponsabilidad.

### **1.3. Antecedentes**

En este apartado se consideran los planes, programas, proyectos y acciones del gobierno Estatal y/o Municipal; su antecedente legal, así como se señalan las estrategias generales que habrá que considerar en la conformación del Ordenamiento a fin de prever aquellos aspectos que puedan originar incongruencias en el patrón de ocupación del territorio y generar conflictos entre las actividades productivas por la incompatibilidad de sus fines.

#### **1.3.1. Plan Estatal de Desarrollo 2016 - 2022**

Los antecedentes de planeación del municipio de Tulum están plasmados en el Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022, toda vez que fue documentado a partir del Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018 y los programas sectoriales que de él emanan.

- Objetivo

Consolidar un estado ordenado, habitable, sustentable, equitativo, con cohesión y desarrollo, que mejore la calidad de vida de los habitantes y en consecuencia detone su competitividad.

- Estrategia

Establecer y desarrollar las políticas de planeación y ordenamiento sustentable, territorial, urbano y metropolitano en un trabajo coordinado entre los tres niveles de gobierno, los sectores empresarial, social y académico.

- Meta:

Contar, al término de la administración, con al menos seis instrumentos jurídicos y normativos de competencia estatal, necesarios para la ordenación sustentable del territorio y su desarrollo urbano.

- Líneas de Acción

1. Implementar, en las principales ciudades y asentamientos humanos la acción, adopción y aplicación de políticas y planes hacia la inclusión social.
2. Desarrollar un diagnóstico preciso del potencial y los recursos del territorio.
3. Incorporar los objetivos y políticas de ONU-Hábitat, así como las metas y objetivos para el Desarrollo Sustentable de la Agenda 2030, en las acciones de desarrollo urbano sustentable del estado.
4. Promover, en coordinación con los municipios, la implementación de criterios de Ciudad Compacta, teniendo en cuenta los requerimientos de movilidad, equipamiento urbano, espacio público y servicios.
5. Asegurar el patrimonio social, económico, cultural y medioambiental natural en el estado, mediante el fortalecimiento a los instrumentos normativos.
6. Propiciar la participación del sector académico y sociedad civil en la conformación de estrategias para el ordenamiento sustentable del territorio.
7. Generar comunidades prósperas con índices de habitabilidad, que considere el fortalecimiento económico, la equidad social, el aprovechamiento sostenible del agua y el adecuado tratamiento de los desechos.
8. Incluir biocorredores del paisaje, en la ordenación del territorio, a fin de vincular e integrar las áreas naturales protegidas del estado.
9. Fortalecer y respetar el patrimonio cultural y natural fomentando la convivencia de las comunidades urbanas y rurales con los bienes culturales y ambientales.
10. Fomentar y promover mediante la construcción, rescate y mantenimiento de espacios públicos, la expresión cultural, la pertenencia, la dignidad y la memoria de toda la comunidad.
11. Promover la disminución de la huella ecológica estatal, priorizando el uso de energías limpias y eco tecnologías que ayuden a mitigar el cambio climático, y sus efectos adversos.
12. Desarrollar el ordenamiento territorial evitando la fragmentación de los paisajes naturales.
13. Crear políticas para evitar asentamientos humanos o actividades económicas en zonas vulnerables, de riesgo y recarga de mantos acuíferos.
14. Vincular, en coordinación con los gobiernos municipales y federal, los Programas de Desarrollo Urbano con los de Ordenamiento Ecológico.

15. Promover, la implementación de criterios de evaluación de los estudios de impacto urbano y prevención de riesgo, con los gobiernos municipales, a fin de lograr la sana inserción de los desarrollos en el entorno físico y cultural.
16. Elaborar el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Quintana Roo.
17. Elaborar los Programas Regionales del Caribe Norte, de la Zona Maya y de la Zona Sur para contar con ciudades sustentables, habitables y competitivas, que fomenten el equilibrio, el bienestar y la convivencia.
18. Elaborar el Programa de Desarrollo de la zona Metropolitana de Benito Juárez-Isla Mujeres.
19. Proponer en coordinación con los municipios la ampliación y/o creación de Zonas Metropolitanas, en consenso con las políticas nacionales y la Ley en la materia.
20. Implementar un programa de ordenamiento territorial y desarrollo urbano del área de influencia entre Chetumal y las localidades cercanas.
21. Realizar, en coordinación con los estados de Campeche y Yucatán, acciones que promuevan la funcionalidad entre ciudades y comunidades cercanas.
22. Colaborar, con los municipios, en la elaboración o actualización de sus Programas Municipales de Desarrollo Urbano o de Centro de Población para su desarrollo integral, acorde con las políticas nacionales y estatales.
23. Gestionar que los municipios actualicen sus reglamentos de construcción, de imagen y paisaje urbano.
24. Crear la unidad administrativa responsable del espacio público, para la aplicación de políticas en la materia
25. Gestionar el Espacio Público de manera integral, que incluya su rescate, construcción y mantenimiento.
26. Privilegiar el establecimiento de superficies de áreas verdes, corredores biológicos y bio corredores del paisaje en la gestión del espacio público.
27. Gestionar, en coordinación con el sector privado el cumplimiento con la dotación de superficie de áreas verdes por habitante, en los desarrollos de vivienda, establecido en los estándares internacionales.
28. Incluir propuestas de movilidad asequibles, seguras y no contaminantes, en los instrumentos de planeación, facilitando un acceso equitativo e incluyente.
29. Promover que el sector privado, incluya infraestructura para la movilidad ciclista y peatonal en los nuevos desarrollos habitacionales.

30. Impulsar que los nuevos desarrollos, cuenten de forma obligatoria con instalaciones de cableado subterráneo y nuevas tecnologías que abonen a la sustentabilidad e inserción amigable en el entorno.
31. Establecer un banco de reservas territoriales estatales, para planificar un estado sostenible, así como la materialización del espacio público.
32. Promover instrumentos que permitan financiar proyectos encaminados a desarrollar entornos sustentables, dignos, diversos e incluyentes.
33. Implementar políticas de diversificación turística y económica, en la planeación y el ordenamiento territorial.
34. Gestionar, en coordinación con el Congreso Local, la creación, actualización o reforma de las leyes, reglamentos e instrumentos normativos en materia de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo urbano del estado.
35. Realizar actividades para concientizar e informar a la población sobre el desarrollo urbano y ordenamiento territorial sustentable.
36. Fortalecer el sistema de información geográfica para administrar el suelo estatal.
37. Emitir las autorizaciones correspondientes de acuerdo a la normatividad aplicable.
38. Desarrollar una estrategia integral de procuración del desarrollo urbano y el ordenamiento territorial.
39. Atender las actividades administrativas, técnicas, jurídicas y de staff.

### **1.3.2. Plan Estratégico de Desarrollo Integral de Quintana Roo 2025**

Establece las bases para el desarrollo integral y sustentable de Quintana Roo que promuevan la competitividad de los sectores económicos clave y mejoren el nivel de vida y bienestar de sus habitantes. En este plan se determina la necesidad de plantear nuevas opciones de diversificación económica, a partir del desarrollo turístico, que permitan potencializar al sector primario. Las mayores fortalezas que reconoce este plan para la Riviera Maya son:

- Gran potencial para el turismo cultural.

Gran potencial en ecosistemas protegidos para el segmento del turismo de la naturaleza.

Sistema aeroportuario de alto desarrollo para consolidar un "Hub" del transporte aéreo.

Puerto de gran calado, con capacidad de aeropuertos y hoteles para transformarlo en un puerto emisor del turismo.

Importante zona continental de respaldo para nuevos asentamientos.

Integración al corredor industrial de Yucatán, como centro de abastecimiento.

La Riviera Maya, que ya se encuentra desarrollada, es el puntal del proceso de diversificación del turismo en Quintana Roo y la consolidación del Caribe Mexicano como un destino con personalidad propia en la Cuenca del Caribe, para lo cual se requiere de una nueva distribución de usos y servicios de los corredores. En el caso del Corredor Cancún- Riviera Maya, el Plan propone la especialización en el turismo masivo de sol y playa, pero complementado con segmentos muy importantes por su potencialidad: Parques temáticos y turismo de aventura; escaleras náuticas y campos de golf.

- Las principales estrategias que plantea el plan para el sector turismo son:

Consolidación e integración del sector turismo, a través de la consolidación de corredores turísticos regionales (Riviera Maya, Costa Maya y Eco-arqueológico Sur) en una sola imagen destino "Caribe Mexicano".

Diversificación de la oferta turística a partir de las ventajas comparativas.

Integración de cadenas productivas al sector turismo, privilegiando regiones con mayor rezago económico en el Estado.

Desarrollo y modernización de la infraestructura turística y urbana en el marco del desarrollo sustentable.

### **1.3.3. Programa Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de Quintan Roo, 2001**

Las políticas tendientes a conducir el desarrollo urbano y turístico previsto en este programa son:

- Desarrollo Urbano

La Política de Impulso se aplica a los centros urbanos estratégicos y consiste en estimular el crecimiento de los centros de población o adecuarlos para que cumplan una nueva función. Esta política se aplicará en los siguientes centros de población del corredor: Isla Mujeres Continental, Puerto Morelos, Nuevo Akumal, Chemuyil y Tulum.

La Política de Consolidación se aplica a los centros que sólo requieren del ordenamiento de su estructura básica, previendo los impactos negativos de la concentración, pero sin afectar su dinámica actual. Ninguno de los centros de población del corredor se incluye en ésta política.

La Política de Regulación se aplica a los centros que requieren la contención de su crecimiento para evitar problemas de congestión e ineficiencia económica y social y se aplicará a Cancún, Isla Mujeres, Playa del Carmen y Cozumel.

- Desarrollo Turístico

Promoción, que implica posicionar al Estado como multidestino, apoyado en la diversificación de productos turísticos.

Integración regional, que aprovecha las posibilidades del turismo alternativo en la Región Maya y Frontera Sur para equilibrar el desarrollo del Estado.

Provisión de infraestructura, mediante la cual se busca contar con la calidez en los servicios de apoyo al turismo.

Plantea además, la elaboración de los programas específicos que a continuación se indican:

- Programas de Desarrollo Económico:

Consolidación del Corredor Turístico Riviera Maya

Consolidación de la Escalera Náutica

Impulso a las actividades turísticas de la zona continental de Isla Mujeres

Impulso al turismo arqueológico y cultural a nivel estatal y regional

Fomento a la vinculación de cadenas productivas al sector turismo

- Programas de Desarrollo Urbano:

Programa emergente para la atención de rezagos

Programa Urbano Integral para la creación de nuevas ciudades

Programa para el crecimiento controlado de ciudades existentes

Subprograma de suelo y reservas territoriales

### **1.3.4. Programa Subregional de Desarrollo Urbano de la Región Caribe del Estado de Quintana Roo**

Con base en lo señalado en el Plan Básico de Gobierno del Estado de Quintana Roo y en el Plan Estratégico de Desarrollo Integral del Estado de Quintana Roo 2000-2025, el Corredor Isla Mujeres – Cancún – Cozumel – Tulum (El Corredor) deberá continuar sustentando su crecimiento económico a partir del desarrollo sostenido de la actividad turística, así como a través del fomento de nuevas oportunidades de desarrollo que permitan una diversificación de su economía. Las estrategias para lograrlo incluyen:

El aprovechamiento de la ubicación estratégica e infraestructura de transporte para convertir a la región en un Centro de Distribución de Comercio y Turismo de México a Centro y Sudamérica, Europa y EUA.

El fortalecimiento de una nueva economía de servicios vinculados con el sector financiero y de telecomunicaciones de alto valor que incluya centros corporativos, telecomunicaciones, maquila y procesamiento informático.

La creación de un cluster industrial de insumos para el sector turismo, que vincule las demandas de la actividad en El Corredor con nuevos centros de producción dentro del territorio. Éste incluirá los aspectos de producción de alimentos, actividades agroindustriales, agricultura tecnificada, actividad pecuaria, pesca y acuicultura, así como la manufactura de insumos y equipo para la hotelería (mueblería, iluminación, blancos, artículos de baño, materiales de construcción). Este agrupamiento industrial podrá atender la demanda de la región turística de la Península de Yucatán y de la Cuenca del Caribe, exportando a través de la infraestructura portuaria y aeroportuaria de El Corredor.

El fortalecimiento de los corredores industriales Cancún-Mérida y Felipe Carrillo Puerto-Chetumal, que permitan aprovechar el potencial comercial de la Región de cara al TLC Europeo, y orienten el desarrollo hacia el sur del estado.

Estrategia de aprovechamiento de los recursos naturales de la Región para el abastecimiento de productos hacia el Corredor: Actividad Forestal y Agua.

El fortalecimiento de enlaces carreteros regionales que articulen un circuito de comercio y turismo en torno a la Península de Yucatán, teniendo como vértices a las ciudades de Chetumal, Escárcega/Campeche, Mérida y Cancún.

La construcción de enlaces ferroviarios regionales que vinculen las actividades productivas y turísticas de la región con el resto del país, a través del sistema ferroviario nacional desde Tizimín y Valladolid. De esta manera se integrará a las rutas turísticas vía tren dentro del estado de Yucatán.

#### Estrategia para el Reordenamiento del Sistema Urbano

Derivado de la distribución lineal de la actividad turística a lo largo del cordón litoral, se establece la necesidad de fomentar una nueva distribución espacial del desarrollo urbano que reoriente el desarrollo urbano hacia El Corredor. Con base a esta estrategia se prevé albergar a una población adicional del orden de 1 millón de habitantes al año 2025. Asimismo se orientará la descentralización de parte de la población que no esté directamente ligada con el turismo hacia ciudades del interior en su segundo eje de desconcentración de hasta 100 km.

Para lograr la visión de desarrollo planteada y atender los impactos previstos en los escenarios, se propone considerar los siguientes criterios básicos:

Controlar el crecimiento de la zona urbana de Cancún creando un contrapeso con nuevos centros de población hacia el sur y el interior del continente.

Aprovechar las reservas territoriales existentes para el crecimiento ordenado de nuevos asentamientos humanos.

Dirigir actividades orientadas a la diversificación económica (manufactura, producción de alimentos) en poblados del interior.

Integrar El Corredor con sistemas eficientes de transporte.

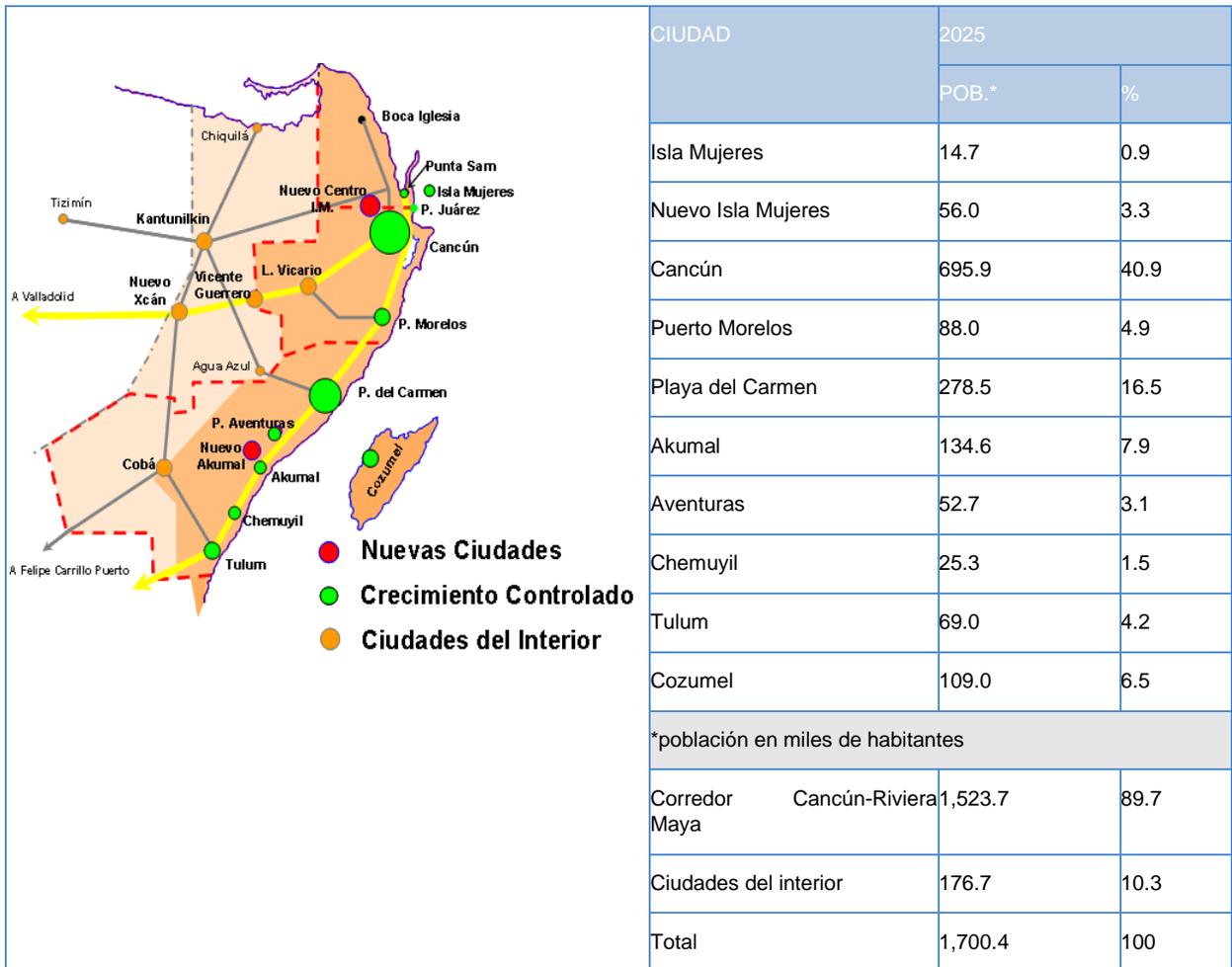
Conservar los recursos naturales como recursos turísticos de la región, apegándose a los Programas de Ordenamiento Ecológico.

Equilibrar el ritmo de crecimiento de la dotación de infraestructura en zonas urbanas, con el desarrollo turístico.

- Estrategia para la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población.

Esta estrategia se basa en el Sistema de Ciudades (Figura 3), a partir del cual se proyecta la población de las localidades involucradas al año 2025. Básicamente contempla la creación de tres nuevas ciudades a partir de las localidades de Akumal y Puerto Aventuras, y un nuevo centro de población en la porción continental de Isla Mujeres (conurbada con Cancún). Así como mantener el crecimiento urbano ordenado de áreas urbanas en reservas existentes: Cancún (696 mil habitantes), Playa del Carmen (278 mil hab) y Tulum (69 mil habitantes). Y controlar el desarrollo de Cozumel, Isla Mujeres, Puerto Morelos y Chemuyil.

**Figura 1 Gráfico de la Estrategia para el Sistema de Ciudades, visión 2025.**



**Estrategia de Regulación Ambiental**

Los Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Corredor Cancún-Tulum y de la Zona Continental de Isla Mujeres son la base para los planteamientos de ordenamiento territorial y regulación ambiental del Programa Subregional de Desarrollo Urbano – Turístico de la Región Caribe Norte, el cual adopta los lineamientos vertidos en ellos, en relación al uso e intensidad del aprovechamiento del suelo para el desarrollo urbano, turístico, industrial y de infraestructura.

Como complemento a la normatividad contenida en esos Programas, se establecen las siguientes estrategias en materia de regulación ambiental.

Mejoramiento de los procedimientos de gestión ambiental a través de: la elaboración de diagnósticos ambientales municipales precisos, la creación de instrumentos de consenso intermunicipales, la homologación de trámites para todos los municipios, la coordinación entre ventanillas únicas de los cuatro municipios de la región y el establecimiento de normatividad ambiental municipal.

Complementación, actualización y seguimiento de los instrumentos de Ordenamiento Ecológico. Quintana Roo deberá de mantener su liderazgo como uno de los estados con instrumentos de regulación ambiental vigentes y de amplia cobertura territorial, a través de concluir y aprobar los Ordenamientos faltantes para los municipios de Benito Juárez y Solidaridad (complemento del POET de la Riviera Maya, que garantice entre otros la conservación de las zonas de protección a los acuíferos), así como su seguimiento y actualización periódica.

Desarrollo del programa integral de manejo de aguas residuales: que contempla la construcción de plantas de tratamiento para zonas urbanas, construcción de sistemas para la reutilización de aguas residuales urbanas, ligadas a proyectos demandantes del recurso como son los distritos de golf, aplicar la normatividad en relación con el tratamiento de aguas por parte de la actividad turística y fomentar su reutilización y la conexión a las redes existentes de CAPA.

Desarrollo del programa integral de manejo de residuos sólidos incluyendo los temas de recolección, reciclamiento, composteo y disposición final

Estrategia productiva y de compensación por servicios ambientales: que considera programa de protección contra incendios forestales, programa de deforestación productiva, aprovechamiento ecoturístico de bajo impacto que complemente la actividad turística de playa (Aprovechamiento forestal y aprovechamiento de vida silvestre). Así como la instrumentación de esquemas de compensación del sector turismo por los servicios ambientales que proporcione el sector forestal que considere la protección del acuífero, producción de agua potable, paisajes y calidad ambiental e incorporación de áreas forestales al sistema de unidades de manejo y conservación de la vida silvestre.

- Estrategia de Desarrollo Turístico

La política planteada en los objetivos estratégicos es la de lograr un Desarrollo Turístico Diversificado, considerando que la zona deberá continuar siendo uno de los principales destinos del Caribe mediante una oferta turística balanceada que responda a las nuevas tendencias del mercado.

Para ello, se impulsará el crecimiento sostenido del turismo a través de la diversificación de la oferta para atraer nuevos segmentos de mercado y mantener la competitividad del destino a largo plazo.

Además del turismo de sol y playa, que seguirá siendo el principal segmento, con el 44% de la afluencia, se prevé incorporar oferta complementaria, entre los que destacan la creación de distritos de golf de clase mundial, que permitan la realización de torneos internacionales de los circuitos profesionales, la estructuración de la Escalera Náutica del Mar Caribe, que permita fomentar la actividad marítima y la navegación a lo largo del litoral del estado.

Se prevé consolidar una base de cruceros para la salida y llegada de embarcaciones hacia las rutas del Caribe Occidental y Centroamericano, así como del Golfo de México. La consolidación y diversificación de la oferta de parques temáticos ecológicos, étnicos, arqueológicos y otros que ofrezcan experiencias diferentes para el turismo nacional y extranjero. La introducción de infraestructura y servicios de salud de alto nivel, que además de satisfacer las demandas de la población, permitan detonar comunidades para el turismo de retirados.

También se prevé el aprovechamiento de áreas naturales protegidas, parques nacionales marinos y zonas de cenotes para el turismo alternativo y de aventura, a través de planes de manejo que normen las actividades de acuerdo con esquemas de recuperación económica dentro de los umbrales de capacidad de carga. Así como impulsar circuitos turísticos regionales arqueológicos que vinculen los atractivos culturales de la región (Tulum y Coba) con el resto del Mundo Maya (Chichen Itzá-Valladolid, Mérida-Uxmal, Chetumal-Kohunlich- Calakmul-Tikal, Palenque-Cascadas de Agua Azul-Bonampak), éste vinculado con el Desarrollo Turístico Complementario de Costa Maya, el cual deberá de orientarse a un producto diferente al de El Corredor, de muy baja densidad y apegado al medio ambiente. Adicionalmente se prevé la habilitación de ventanas al mar con acceso desde la carretera, que permitan el uso y disfrute del litoral en zona de playa pública.

- Estrategia de Comunicaciones y Transportes

La estrategia definida en el contexto regional del Corredor Isla Mujeres – Cancún – Cozumel – Tulum, contempla un programa de infraestructura regional que permita sustentar su desarrollo urbano-turístico de largo plazo en los siguientes rubros.

**Infraestructura Aeroportuaria:** Se contempla la construcción de un nuevo aeropuerto internacional en la Riviera Maya que se ubicará en la zona donde la SCT determine aceptable, de acuerdo a las normas de la materia y convenios existentes, que funcione como enlace de vuelos a la zona del Mundo Maya y Ciudades del Interior del País.

Se deberá de asegurar una reserva para el desarrollo del nuevo aeropuerto del orden de 1,000 ha similar a la que actualmente ocupa el de Cancún. El sistema de aeródromos menores, incluyendo a Isla Mujeres y Boca Paila, se deberá conservar como parte del sistema de enlaces dentro de la región, mientras que los aeródromos actuales de Playa del Carmen y de Tulum se deberán de reubicar ya que su situación actual dentro de las zonas urbanas representa un riesgo potencial considerable.

Consolidación y Fortalecimiento de Enlaces Terrestres: Se propone la realización de un plan maestro de infraestructura carretera que considere los siguientes componentes:

Bulevar Turístico: Se propone que la carretera Cancún-Tulum funcione como Bulevar Turístico, que permita la circulación fluida entre los diversos puntos turísticos ampliándolo hasta Isla Blanca. Como parte de este proyecto se requerirá de la ampliación de la vialidad de Cancún a Isla Blanca con una longitud de aproximadamente 19.5 km de dos carriles.

Vialidad Alternativa: Se prevé la necesidad de contar con una vialidad alterna para el largo plazo que atendería las demandas futuras de movimiento turístico, de la población y del transporte de carga, y serviría como vía alterna de desfogue en caso de emergencias por fenómenos hidrometeorológicos extremos. Este sistema estará diseñado para continuar con el servicio hasta Chetumal, con lo que se complementaría la infraestructura de enlaces regionales en favor de una mayor integración económica.

Fortalecimiento de comunicación con Ciudades del Interior: Comprende el fortalecimiento del circuito vial: Tulum–Coba–Nuevo Xcan-Kantunilkín y Puerto Morelos-Leona Vicario.

Sistema de Tren Suburbano Cancún – Tulum: Se propone la introducción de un sistema férreo tipo tren ligero que aproveche las condiciones planas de la topografía, y los derechos de vía existentes y previstos. El sistema contará con estaciones ubicadas en los centros de población y concentraciones hoteleras y de equipamiento recreativo regional. Dichas instalaciones guardarán una imagen acorde con el entorno y podrán servir como elementos estructuradores de desarrollos comerciales y de servicio.

Fortalecimiento de la Infraestructura Náutico-Portuaria: considera la construcción de Base(s) de Cruceros en El Corredor, consolidación del proyecto Industrial en Puerto Morelos, la ampliación de muelles de crucero en Cozumel para atender a barcos de nueva generación. Así como el establecimiento del programa de la Escalera Náutica del Mar Caribe y fortalecimiento de puertos comerciales y pesqueros de cabotaje en Puerto Morelos y Chiquilá.

Zona de Servicios, Amortiguamiento y Equipamiento: La estrategia propuesta para poder atender la infraestructura de transportes, servicios y equipamiento consiste en la creación de un eje de amortiguamiento a lo largo de El Corredor donde se alojen estas componentes. Los derechos de vía de la CFE, el corredor ferroviario propuesto y una posible carretera alterna a desarrollarse en el largo plazo.

### **1.3.5. Programa Estatal para la prevención y Gestión Integral Sustentable de los Residuos Sólidos Urbanos en el Estado de Quintana Roo.**

Se indica la información básica que contempla este instrumento en materia de residuos sólidos y la estrategia al respecto por la autoridad competente.

En la Ciudad de Playa del Carmen se generan aproximadamente 230 toneladas diarias de residuos sólidos, más 60 toneladas diarias originadas en Tulum, Chemuyil, Akumal, Coba, Francisco Uh-May, Macario Gómez y Manuel Antonio. El servicio de recolecta cubre al 100% de la población en la cabecera municipal, Tulum, Akumal Coba, Francisco Uh-May, Macario Gómez, Manuel Antonio y Chemuyil).

El destino de los residuos es el Basurero Municipal de Playa del Carmen, ubicado a la altura del Km 13 de la Carretera Federal No. 307, aproximadamente a 13 km de la cabecera municipal de Solidaridad en dirección a Cancún, y la misma distancia al mar Caribe. Otro sitio de disposición final se ubica en el basurero de Tulum, localizado en el Km. 10 de la Carretera a Coba, cuenta con una superficie de dos hectáreas, donde ingresan diariamente 60 toneladas y no se cuenta con un estudio de impacto ambiental que avale su localización. La distancia comprendida entre el sitio y el límite de la zona urbana es de 10 kilómetros; y la distancia estimada al límite más cercano del cuerpo de agua es de 4 kilómetros (cenote).

El servicio de recolección en los municipios del Estado de Quintana Roo es regular, sin embargo, en la mayoría de los municipios existen problemas de mantenimiento en los vehículos, derivados del uso excesivo o salinización en las cajas y motores.

El manejo de los Residuos sólidos urbanos (RSU) domiciliarios es realizado por el municipio, mientras que los residuos provenientes de los hoteles pertenecientes al territorio de Solidaridad son recolectados por una empresa privada.

A través de diez rutas se presta el servicio de recolecta de residuos en la Ciudad de Playa del Carmen, tres primeras cubren la zona centro con una frecuencia diaria y las restantes (en la Colonia Colosio y Ejido), 4 veces por semana. En la alcaldía de Tulum, se cuenta con tres camiones de ocho toneladas, se abarcan la zona domiciliaria, comercial y la turística al igual que las comunidades rurales. La frecuencia de recolección es diaria en Tulum, mientras que dos veces por semana en Akumal, Coba, Macario Gómez, Francisco Uh May, Manuel Antonio y Puerto Venturas; y tres veces a la semana en Chemuyil. Cabe mencionar que en los parques de Xcaret y Xel-Ha existen composteras.

En general la disposición final se realiza en 20 sitios, de los cuales sólo uno (Celda Emergente de Cancún Juárez e Isla Mujeres) cumple parcialmente con la normatividad vigente (NOM-083-SEMARNAT-2003), quedando los 19 restantes en la modalidad de tiraderos controlados o a cielo abierto.

En el estado de Quintana Roo, los ocho municipios tienen diferencias en el manejo de sus residuos. Estas diferencias se deben al grado de urbanización y al nivel de actividad turística que predomina; así pues, existen municipios que cuentan con la infraestructura y organización suficiente para atender un elevado porcentaje de su población. Municipios como Benito Juárez, Isla Mujeres (en la parte de la isla), Cozumel, Solidaridad y Othón P. Blanco cuentan con buena infraestructura para el manejo de sus residuos.

Con base en el análisis de distancia factible para el emplazamiento de una estación de transferencia, se propone construir a 1.5 km al norte de la localidad de Tulum una estación equipada con vehículo compactador de 30 m<sup>3</sup> de capacidad; ya que esta localidad se encuentra a una distancia aproximada de 51 km del sitio regional propuesto para disposición final. También es conveniente mencionar que los actuales sitios de disposición final tanto de la localidad de Tulum como el de la localidad de Cozumel, aún cuentan con capacidad remanente para seguir disponiendo.

### **1.3.6. Plan Institucional de Infraestructura Hidráulica de Quintana Roo (CAPA).**

En dicho programa se establecen los lineamientos y estrategias relacionadas con los problemas de suministro, drenaje y tratamiento de las aguas, así como el impacto que éstos tienen en la vida nacional, de manera que se puedan plantear las operaciones necesarias para la gestión y resolución de problemas que se presenten en el municipio y a nivel Estatal, así como del cuidado y preservación de los propios recursos hidráulicos y del tratamiento de las aguas residuales.

Para ello establece como objetivos principales:

#### **AGUA POTABLE PARA TODOS**

Establecer una nueva política institucional de gestión transversal del desarrollo social y humano que contribuya a la política estatal de disminución de las disparidades regionales con efecto positivo en la ampliación de la atención y cobertura de los servicios de agua potable de los quintanarroenses.

#### **SERVICIO DE AGUA DE CALIDAD**

Los habitantes reciben agua potable en cantidad y calidad suficiente para satisfacer sus necesidades.

#### **SERVICIO DE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE CALIDAD**

Calidad en la prestación del servicio de alcantarillado y saneamiento incrementada.

## DRENAJE Y SANEAMIENTO PARA TODOS

Incrementar y mantener la cobertura de los servicios integrales de saneamiento.

## SUSTENTABILIDAD

Contribuir a la gestión integral de los recursos hídricos del estado.

### **1.4. Agenda Ambiental -Territorial**

Con la preservación y aprovechamiento racional del medio físico natural y de sus zonas protegidas, de la recuperación de los recursos naturales empleados, al incremento de las áreas verdes por habitante y del ordenamiento territorial urbano-ecológico y con un visón del reciclaje.

Donde se garantice que los habitantes puedan satisfacer sus necesidades actuales y a futuro, en materia de vivienda y servicios urbanos, así como mejorar su calidad de vida.

El incremento de la conexión e interrelación con otras zonas del municipio de Tulum, a través de una estructura vial que favorezca la accesibilidad y fomente alternativas de transporte particularmente con la cabecera municipal, con la cual comparte una relación funcional de comunicación y enlace hacia la zona sur de la entidad, con grandes efectos en el intercambio y en el sector económico al interior de Tulum.

### **1.5. Delimitación de la zona de estudio**

El área de interés abarca la totalidad del Municipio de Tulum, el cual de acuerdo con el Decreto número 007 por el que se crea éste, con cabecera municipal en la Ciudad de Tulum tiene una extensión territorial de 2,040.94 Km<sup>2</sup>.

Dicho Municipio se sitúa en la zona Centro-Norte del estado de Quintana Roo, en la llamada Riviera Maya, colindando al Norte con el Municipio Solidaridad, al Sur con el Municipio Felipe Carrillo Puerto y la Bahía de la Ascensión, al Este con el Mar Caribe y la Bahía de la Ascensión y al Oeste con el Municipio Felipe Carrillo<sup>1</sup>.

En el siguiente cuadro se presenta el Cuadro de Construcción que delimita el área de estudio, mismo que fue tomado del Decreto número 007 por el que se crea el Municipio de Tulum.

---

<sup>1</sup> Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. Decreto número 007 por el que se crea el Municipio de Tulum, con cabecera municipal en la Ciudad de Tulum. Tomo II. Número 50 Extraordinario. Séptima Época. De fecha 19 de Mayo de 2008. Chetumal, Quintana Roo.

**Cuadro 1 Cuadro de construcción del área de estudio (Municipio Tulum).**

LADOS		RUMBOS	DISTANCIA	COORDENADAS		VÉRTICE
EST	P.V.			X	Y	
1	2	N 00° 10' 15" E	36,235.544	447,633.514	2,190,212.998	1
2	3	N 89° 46' 34" O	13,373.848	447,741.518	2,226,448.381	2
3	4	N 00° 12' 14" E	7,956.296	434,367.771	2,226,500.635	3
4	5	N 89° 11' 14" O	36,106.051	434,396.093	2,234,456.880	4
5	6	N 04° 32' 16" O	26,411.175	398,293.675	2,234,969.107	5
6	7	S 88° 30' 35" E	5,552.274	396,204.166	2,261,297.497	6
7	8	S 88° 06' 15" E	6,532.642	401,754.563	2,261,153.094	7
8	9	S 83° 31' 51" E	3,453.484	408,283.629	2,260,936.997	8
9	10	N 44° 00'08" E	11,448.321	411,715.123	2,260,547.876	9
10	11	S 84° 42' 19" E	186.033	419,668.120	2,268,782.795	10
11	12	S 89° 41' 55" E	13,874.745	419,853.359	2,268,765.628	11
12	13	S 42° 47' 43" E	7,058.483	433,727.912	2,268,692.650	12
13	14	S 16° 04' 28" E	3,139.733	438,523.315	2,263,513.240	13
14	15	S 37° 34' 18" E	9,492.914	439,392.658	2,260,496.260	14
15	16	N 74° 47' 36" E	8,323.167	445,180.982	2,252,972.250	15
16	17	S 60° 38' 07" E	8,437.449	453,212.717	2,255,155.446	16
17	18	N 26° 41' 51" E	3,046.781	460,566.088	2,251,017.999	17
18	19	N 60° 18' 15" O	1,653.997	461,934.151	2,253,740.365	18
19	20	N 59° 52' 54" O	1,635.003	460,497.378	2,254,559.749	19
20	21	N 61° 09' 25" O	1,902.772	459,083.117	2,255,380.176	20
21	22	N 30° 47' 51" E	5,429.505	457,416.394	2,256,298.095	21
22	23	S 63° 31' 50" E	2,084.395	460,196.329	2,260,961.943	22
23	24	N 30°47' 17" E	1,302.881	462,062.222	2,260,032.887	23
24	25	S 52° 45' 07" E	1,185.527	462,729.117	2,261,152.149	24
25	26	S 30° 31' 01" E	202.648	463,672.825	2,260,434.591	25
26	27	S 30° 31' 01" E	56.309	463,775.728	2,260,260.013	26

LADOS		RUMBOS	DISTANCIA	COORDENADAS		VÉRTICE
EST	P.V.			X	Y	
27	28	S 30° 31' 01" E	1,078.489	463,804.321	2,260,211.504	27
28	29	S 30° 31' 01" E	108.036	464,351.971	2,259,282.408	28
29	30	S 30° 31' 01" E	1,018.695	464,406.831	2,259,189.337	29
30	31	S 30° 31' 01" E	50.800	464,924.116	2,258,311.753	30
31	32	S 30° 31' 01" E	945.367	464,949.912	2,258,267.990	31
32	33	S 30° 31' 01" E	27.000	465,429.963	2,257,453.576	32
33	34	S 30° 31' 01" E	292.182	465,443.673	2,257,430.316	33
34	35	S 30° 59' 37" E	46.032	465,592.041	2,257,178.607	34
35	36	N 59° 14' 18" E	954.934	465,615.745	2,257,139.147	35
36	37	S 61° 22' 11" E	420.66	466,436.323	2,257,627.565	36
37	38	S 61° 22' 11" E	109.485	466,805.549	2,257,426.004	37
38	39	S 61° 22' 11" E	568.129	466,901.647	2,257,373.544	38
39	40	S 60° 50' 38" E	49.789	467,400.311	2,257,101.322	39
40	41	N 28° 47' 03" E	250.936	467,433.800	2,257,077.061	40
41	42	S 63° 50' 39" E	123.720	467,564.629	2,257,296.991	41
42	43	S 65° 25' 58" E	833.981	467,675.680	2,257,242.454	42
43	1	Sobre la línea de costa del Mar Caribe hacia el Sur hasta llegar, al vértice 1. se respeta el polígono de Xel-Ha perteneciente al Municipio de Cozumel descrito en el Artículo 128 fracción IV párrafo cuarto del al Constitución Política del Estrado Libre y Soberano de Quintana Roo		468,434.164	2,256,895.718	43

**FUENTE:** Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. Decreto número 007 por el que se crea el Municipio de Tulum, con cabecera municipal en la Ciudad de Tulum. Tomo II. Número 50 Extraordinario. Séptima Época. De fecha 19 de Mayo de 2008. Chetumal, Quintana Roo.

**Figura 2 Localización de Tulum.**



La Base Cartográfica digital georreferenciada del PMOTEDUS se asienta sobre lo que se denomina el Mapa Base, que constituye el vínculo geográfico de todas las capas temáticas que se incluyan en el Proyecto y que lo tienen como soporte. Tiene información topográfica básica de divisiones político-administrativas, caminos, ferrocarriles, ríos y cuerpos de agua, localidades, aprovechamientos hidroeléctricos, parques y reservas naturales.

Se trata de una Base de Datos cartográfica que tiene como sustento el “Sistema para la consulta de información censal 2010” (SCINCE 2010) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y se complementó con el Marco Geoestadístico 2014 (Versión 6.2). La proyección utilizada para la creación del sistema de información geográfica es “WGS84 – UTM 16N” siendo este el sistema marcado por los términos de referencia de este programa cuya información se encuentra almacenada en coordenadas geográficas.

La fuente básica de curvas de nivel, carreteras e infraestructura es la carta topográfica-vectorial escala 1:250,000 versión II para Tulum, Quintana Roo, a partir de cual se determinó que la unidad mínima cartografiada para el análisis, según la escala de representación, es de una hectárea. Para el componente físico, se utilizaron las cartas de edafológica serie II, de uso de suelo y vegetación serie V y la topográfica, todas a escala 1:250,000 para tener uniformidad en el análisis. Esta base sirve de soporte para la producción de los productos cartográficos del presente Ordenamiento Territorial.

## **1.6. Objetivos generales y específicos**

### **1.6.1. Objetivo General**

- Implementar un modelo de desarrollo territorial integral y equilibrado, socialmente consensado, a partir de un diagnóstico integral del Municipio.

### **1.6.2. Objetivos Particulares**

- Describir y analizar el estado de los componentes ambiental, social y económico del Municipio Tulum.
- Proponer las formas de ocupación y el aprovechamiento del territorio considerando las actividades económicas, sociales y culturales que se dan en el territorio, sin poner en riesgo la disposición de los recursos naturales para las futuras generaciones.
- Identificar y determinar las políticas, objetivos, metas y proyectos a seguir para maximizar el desarrollo municipal de acuerdo a sus potencialidades, y bienestar de la población.

## **2. FASE II. CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO**

## 2.1. Análisis del entorno regional

### 2.1.1. Sistema de Ciudades

Dentro del sistema de ciudades, se analizó el rol que la Ciudad Tulum debe de jugar en el corto, mediano y largo plazo como nodo de enlace regional y por su ubicación estratégica constituye uno de los eslabones principales del sistema de ciudades del Estado de Quintana Roo, es uno de los centros integradores regionales. La Ciudad de Tulum se encuentra ubicada en la parte central del Estado de Quintana Roo, dentro del Municipio de Tulum, pertenece a la región Caribe Norte y es el acceso desde el sur a la región denominada Riviera Maya en la latitud norte 20 grados 12 minutos, 29 segundos y longitud oeste 87 grados 28 minutos y 19 segundos, y se encuentra entre las ciudades de Felipe Carrillo Puerto y Playa del Carmen sobre la Carretera Federal 307.

- Sistemas de Ciudades del Estado de Quintana Roo

De estos, el Eje Tulum - Cobá está establecido y funge como un Sistema de Enlace Regional entre las zonas más desarrolladas del Estado (Norte y Sur) con la región Maya Central.

- Sistema Municipal de Ciudades

La conformación del sistema de ciudades dentro del Municipio, se estructura y jerarquiza en el Programa Estatal de Desarrollo Urbano, 2001-2006 que jerarquiza a los centros de población del Estado de Quintana Roo, con base en seis niveles estratégicos, según la dotación y nivel de servicios, equipamiento e infraestructura.

1. Los centros menores (entre 500 y 999 habitantes), son aquellos dotados de la infraestructura mínima, para facilitar la vida comunitaria y al mismo tiempo evitar la dispersión excesiva.
2. Los centros integradores rurales (entre 1,000 y 2,499 habitantes), son aquellos que cuentan (o contarán) con los servicios básicos para la atención de los habitantes de la zona y la infraestructura necesaria para garantizar la interacción social y económica con las pequeñas localidades circundantes.
3. Los centros integradores microregionales (entre 2,500 y 7,999 habitantes), tienen la función de complementar los servicios ofrecidos por los centros más pequeños de su zona de influencia.
4. Los centros integradores subregionales (8,000 y 34,999 habitantes), son aquellos que cuentan con una infraestructura formal y deberán ser dotadas con los servicios necesarios que les permitan cumplir con sus funciones de apoyo.

5. Los centros integradores regionales (entre 35,000 y 149,999 habitantes), actúan como vínculo entre el sistema urbano y el rural.

6. Los centros estatales de servicios (150,000 a más habitantes), son núcleos que conectan al sistema estatal con el exterior.

## 2.2. Componente Natural

### 2.2.1. Fisiografía

El Municipio de Tulum se ubica en la provincia fisiográfica (según la CONABIO) correspondiente a la zona 62 del "KARST YUCATECO", donde la importancia de esta clasificación se basa en el tipo de suelo.

Definición de KARST: procedente de Karst, (nombre alemán de la región eslovena de Carso) relieve kárstico, [K]Karst o carso se conoce a una forma de relieve originada por meteorización química de determinadas rocas, como la caliza, dolomía, yeso, etc., compuestas por minerales solubles en agua.

El relieve de estas zonas está condicionado principalmente por la disolución de las rocas; es lo que se llama karstificación. Las reacciones químicas responsables de la disolución de los carbonatos son las siguientes:

- Disolución del dióxido de carbono:  
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
- Disociación acuosa del ácido carbónico:  
 $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^-$
- Ataque ácido de carbonatos ("calcáreos"):  
 $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$
- Ecuación de balance:  
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$

Se observa que el contenido de hidrógeno carbonato, un átomo de carbono proviene de la matriz de calcárea y el otro proviene del dióxido de carbono (principalmente de origen biogénico ya que la concentración de este último en el suelo es mucho mayor que en la atmósfera). Estas dos fuentes también son diferenciables por sus niveles de isótopos de carbono (segregación de carbono 13 en los seres vivos).

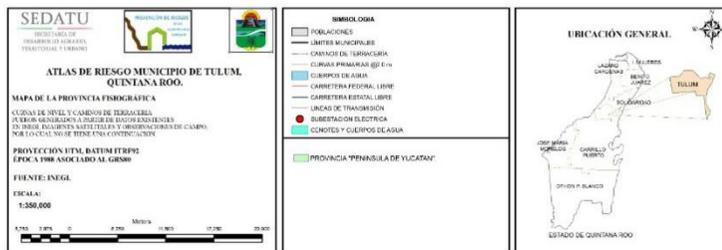
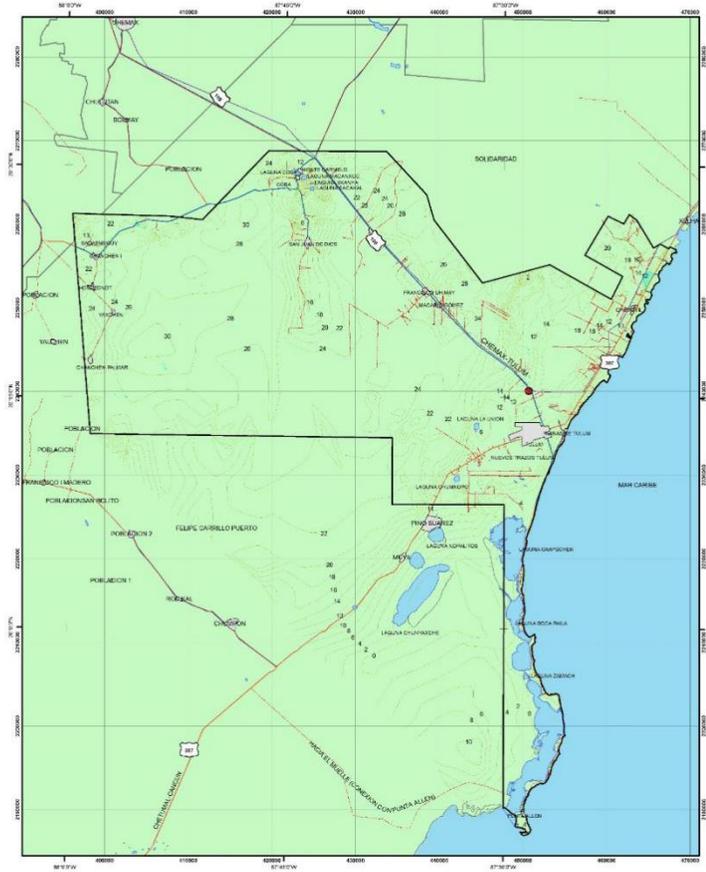
La disolución y por lo tanto la formación del relieve kárstico, se ve favorecida por:

- La abundancia de agua.
- La concentración de  $\text{CO}_2$  en el agua (que aumenta con la presión).
- La baja temperatura del agua (cuanto más fría este el agua, contiene mayor cantidad de  $\text{CO}_2$ ).

- Los seres vivos (que emiten CO<sub>2</sub> en el suelo por la respiración, lo que aumenta considerablemente su contenido).
- La naturaleza de la roca (fracturaciones, composición de los carbonatos, etc.).
- El tiempo de contacto agua-roca.

Una región fría, húmeda y calcárea, por tanto, es más propensa a desarrollar un relieve kárstico. Sin embargo, se encuentra este relieve en todo el globo, tanto en regiones cálidas como húmedas.

### Figura 3 Mapa Fisiografía



Fuente: Atlas de Riesgos de Tulum, 2015. SEDATU

## 2.2.2. Geomorfología

La Península de Yucatán muestra dos unidades morfológicas principales:

La primera está ubicada al norte, y en ella predominan las planicies y las rocas sedimentarias neogénicas; en el sur, las planicies alternan con lomeríos de hasta 400 m s.n.m. en rocas sedimentarias oligogénicas. Esta configuración expresa un levantamiento a partir del mioceno en la porción meridional, misma que continua en el Plioceno y en el Cuaternario en dirección al NE. Lo anterior permite suponer que el levantamiento de mayor duración en la parte meridional esté afectado en mayor grado por una erosión diferencial que origina un relieve de lomas y planicies; mientras que en el norte se produce un relieve muy joven de planicies basculadas y, por su constitución de rocas muy resistentes, una disección en el suelo, controlada por la fractura de rocas, resultando un sistema completo de formas kársticas.

La estructura general del relieve de la península tiene una relación estrecha con la estructura geológica profunda, aparentemente constituida en dos grandes bloques.

En lo que respecta al Municipio de Tulum, la geomorfología del sitio (de manera local), fue desarrollada a partir de las observaciones realizadas en campo, de igual manera de la topografía y modelo digital del terreno, esto en función de las modificaciones que el suelo ha sufrido a lo largo del tiempo por los efectos del clima, lluvia, hundimientos e inundaciones, por lo que fue dividida en 4 tipos que a continuación se mencionan.

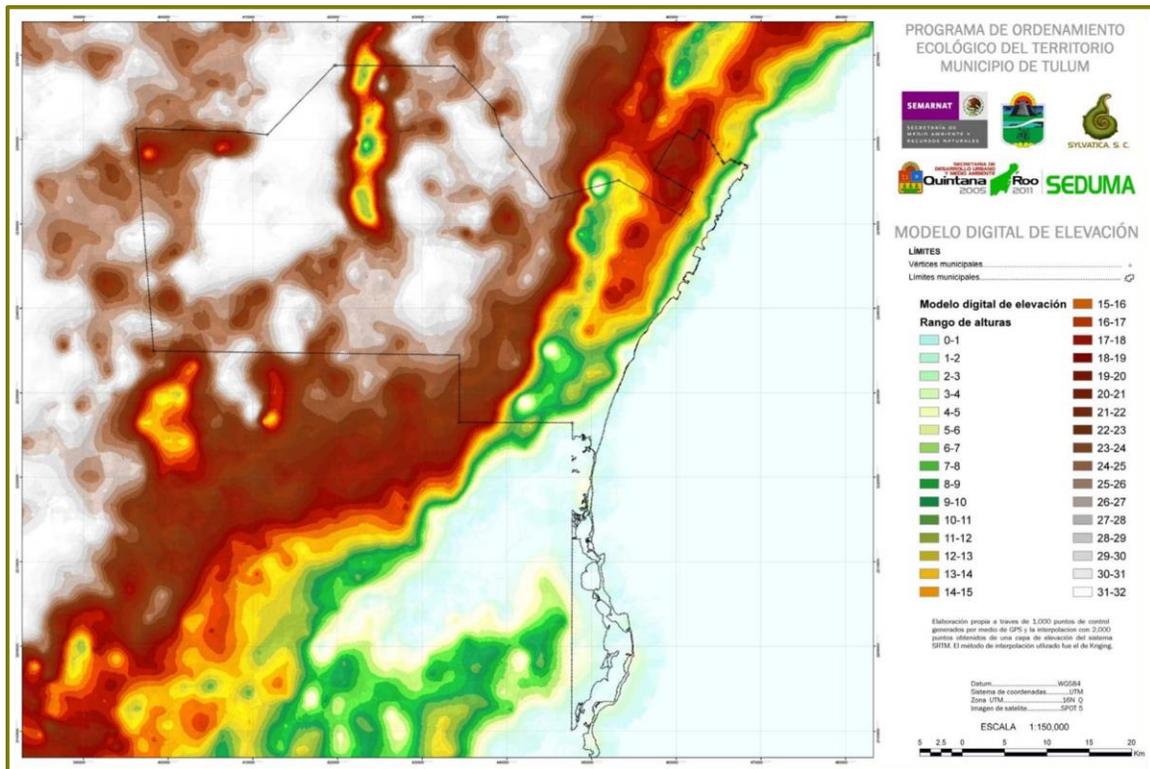
**Cuadro 2 Geomorfología**

TIPO	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE
Depresión Alargada Kárstica	106.85	5.24%
Depresión Litoral	403.278	19.76%
Depresión Litoral Lacustre	172.7	8.46%
Planicie con Lomeríos Menores	1358.112	66.54%

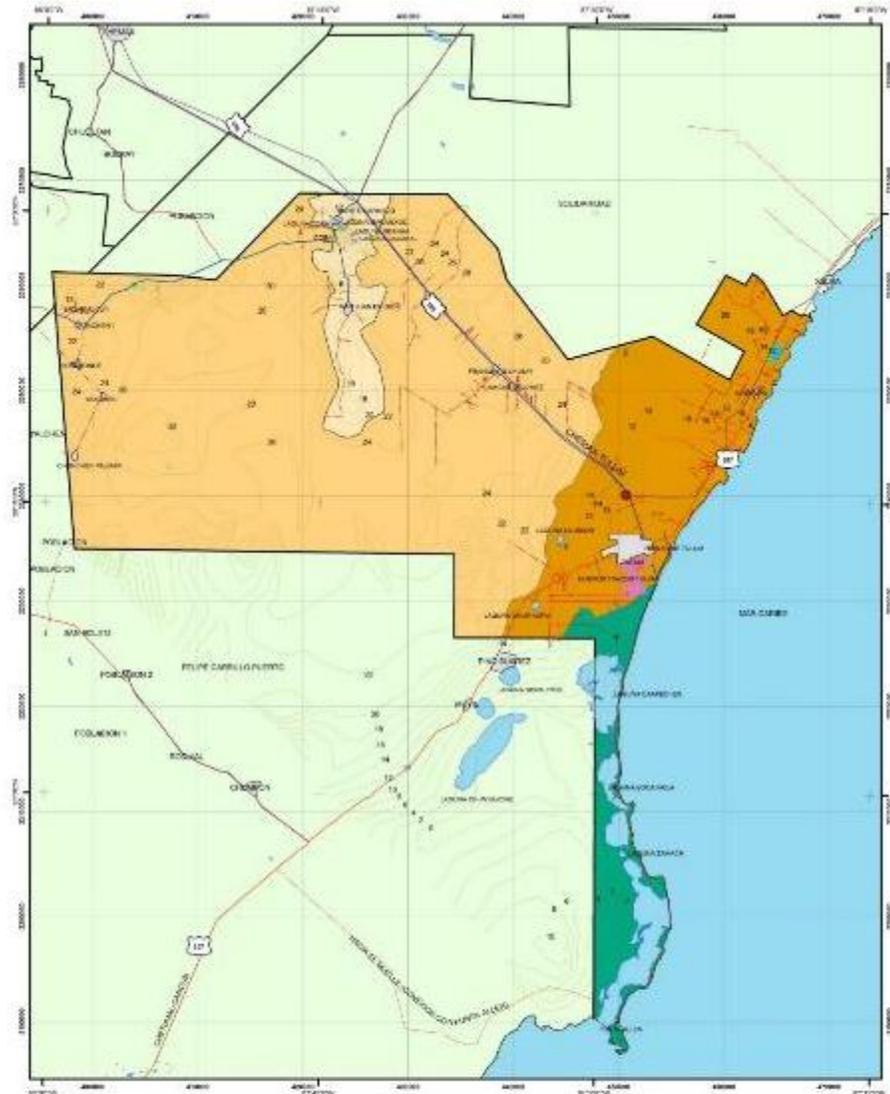
*Fuente: Atlas de Riesgos de Tulum, 2015. SEDATU*

Se generó un Modelo Digital de Elevación (MDE) a partir de datos recabados en las campañas de campo, durante las cuales se obtuvo un total de 1,000 puntos con valores de altura, esto a través de un receptor GPS. Sin embargo, para enriquecer la base de valores de Z se procesó un modelo digital del terreno con base en los datos de la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de la NASA, de la cual se extrajeron de forma aleatoria valores de altura para 2,000 puntos, que al ser conjuntados con los valores de campo arrojaron como resultado una red de 3,000 puntos con distribución aleatoria.

**Figura 4 Modelo Digital de Elevación**



**Figura 5 Geomorfología Tulum**



*Fuente: Atlas de Riesgos de Tulum, 2015. SEDATU*

### **2.2.3. Geología**

Los estudios geológicos más detallados de la Península de Yucatán son los de Butterlin (1958), Bonet (1963) y López Ramos (1975, la plataforma de rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas presentan un grosor de incluso más de 3,500 m, descansando sobre un basamento paleozoico. Encima de este se inicia la columna con rocas jurásicas, reconocidas en el subsuelo profundo de la porción centro septentrional de Belice (López Ramos, op.cit.). El Cretácico forma parte de la plataforma, en especial con la llamada Evaporitas Yucatán.

El espesor de las Evaporitas Yucatán demuestra que estas tuvieron su origen en dos cuencas principales. La primera, en el sur de la península y con extensión hacia Guatemala, donde el grosor de más de 2,000 m refleja un prolongado hundimiento-subsidencia que se reduce gradualmente hacia el norte, siendo el espesor de unos 1,000 m hacia el centro de la península y menor que 500 m en el oriente de la misma. Las isopacas indican un hundimiento más intenso-basculamiento de sur a norte en su parte suroccidental y otro en sentido nororiental en la otra región de la península.

La secuencia de rocas paleogénicas se encuentra en todo el subsuelo y consiste principalmente en caliza, arenisca y evaporita (López Ramos, op.cit.) del Paleoceno y Eoceno. El Oligoceno está ausente, excepto en la parte nororiental (caliza y lutita), donde se reconoce a los depósitos marinos del Neógeno y las calizas de la formación Carrillo Puerto. Durante el Mioceno, fueron depositados los sedimentos calcáreos de la formación Río Dulce en el oriente del Estado de Quintana Roo.

En las zonas de relieve más alto, las capas cretácicas están a menor profundidad 500 m lo mismo que en la planicie nororiental. En las zonas interiores continentales, estos valores aumentan a 1,000-1,500 m. es muy probable que estas irregularidades sean producto de la configuración de los bloques del basamentos, de acuerdo con López Ramos (1975).

La mayor parte del territorio municipal está formado por rocas sedimentarias del tipo caliza-coquina de edad Mioceno-Plioceno, pertenecientes al periodo Terciario y a la era Cenozoica. En la franja litoral se presentan zonas formadas por areniscas del Pleistoceno, así como rocas recientes de origen litoral y lagunar del Holoceno.

De acuerdo con Raisz (1964), el área está comprendida en la Plataforma de Yucatán, representada en general por una planicie con lomeríos de pendiente suave y poca altitud.

En la zona se presentan lineamientos importantes ocasionados por fallas con dirección predominante NE-SW, causadas, a su vez, por una tectónica distensiva; estas fallas conforman una depresión de aproximadamente 122 km de longitud.

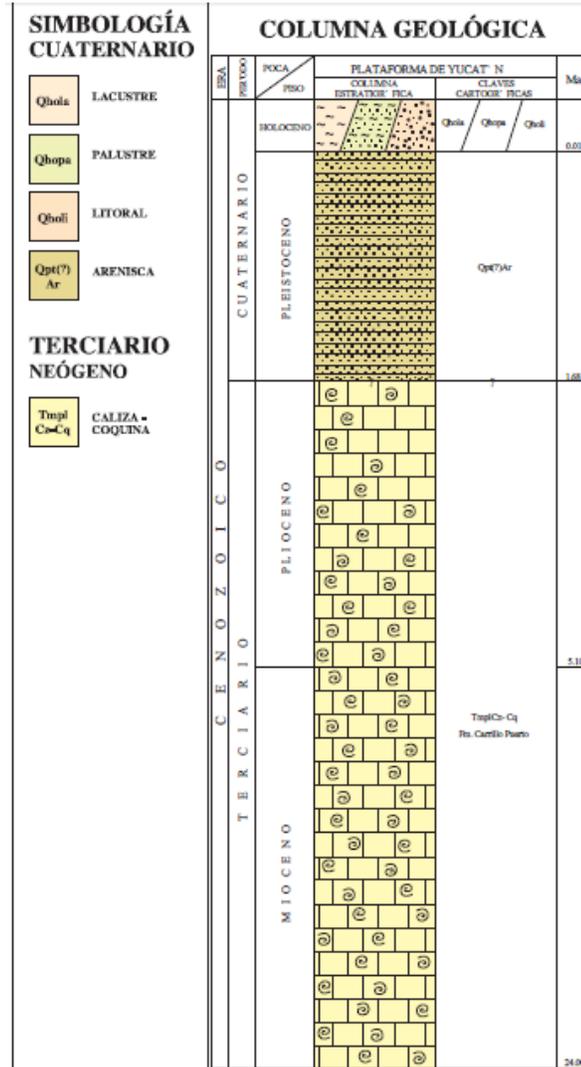
Geológicamente, el Cenozoico es la época en que los continentes se trasladaron a sus posiciones actuales, a partir del Terciario el nivel del mar ha oscilado en diversas ocasiones, teniendo como consecuencia que las facies sedimentarias depositadas varíen entre plataforma somera hasta evaporíticas restringidas, en ambiente de supramarea. Estas oscilaciones, entre otras razones históricas y la composición carbonatada de las rocas, ha originado, mediante los procesos de disolución, el sistema kárstico superficial y subterráneo distintivo del territorio municipal.

### Cuadro 3 Distribución geológica dentro del polígono municipal.

GEOLOGÍA		
TIPO	ÁREA Km2	PORCENTAJE
FORMACIÓN CENOZOICO CUATERNARIO	168.93	8.27%
FORMACIÓN CENOZOICO TERCIARIO	1,872.01	91.73%

*Fuente: Atlas de Riesgos de Tulum, 2015. SEDATU*

### Figura 6. Estratigrafía de la región



Fuente: SGM.

### 2.2.4. Edafología

De acuerdo con la carta edafológica de INEGI (escala 1:250,000) se identifican 6 unidades de suelo predominantes, las cuales generan 13 tipos de suelo considerando las subunidades presentes. Las unidades edáficas presentes de acuerdo con la clasificación de la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO/UNESO modificada por el CETENAL ahora INEGI) son: Gleysol, Litosol, Luvisol, Regosol, Rendzina y Solonchak; siendo los litosoles los suelos de mayor presencia en todo el municipio, abarcando cerca del 85% de la superficie de éste (Cuadro 4).

**Cuadro 4 Unidades edafológicas. Se muestran las unidades edafológicas presentes en el municipio de Tulum, incluyendo las subunidades**

UNIDAD 1	UNIDAD 2	UNIDAD 3	TEXTURA	FASE	CLAVE
Litosol	Rendzina	-----	Media	----- -	I+E/2
Solonchak gleyico	Gleyso lómico	Regosol calcárico	Gruesa	Química fuertemente salina	Zg+Gm+Rc/1/n
Rendzina	Litosol	-----	Media	Física lítica	E+I/2/L
Rendzina	Litosol	Luvisol crómico	Fina	Física lítica	E + I + Lc/3/L
Regosol calcárico	----- -	-----	Fina	----- -	Rc/1
Solonchak mólico	Gleyso létrico	-----	Media	Química fuertemente salina	Zm+Ge/2/n
Gleyso létrico	----- -	-----	Media	Física lítica	Ge/2/L
Gleyso lómico	----- -	-----		----- -	Gm/
Litosol	----- -	-----	Media	----- -	I/2

Gleysol: El término gleysol deriva del vocablo ruso "gley" que significa masa fangosa, haciendo alusión a su exceso de humedad. El material original lo constituye un amplio rango de materiales no consolidados, principalmente sedimentos de origen fluvial, marino o lacustre, del Pleistoceno u Holoceno. La mineralogía puede ser ácida o básica.

Se encuentran en áreas deprimidas o zonas bajas del paisaje, con mantos freáticos someros.

Se manifiesta en la zona Sureste del municipio, en porciones reducidas, de acuerdo con INEGI (2004) son suelos que se presentan donde se acumula o estanca el agua la mayor parte del año. Se caracterizan por presentar, en la parte donde se saturan con agua, colores grises, azulosos o verdosos, que al secarse o exponerse al aire se manchan de rojo. En México son más comunes los de textura arcillosa, lo cual genera un drenaje poco eficiente que deriva en zonas inundables y prácticamente no son susceptibles a la erosión. La vegetación nativa que generalmente presenta es pastizal y en algunas zonas costeras de cañaveral o manglar. En el Municipio Tulum estos suelos se presentan con una subunidad mólica, la cual se caracteriza por ser una capa superficial suave, oscura, fértil y rica en materia orgánica. Así mismo se pueden encontrar con una subunidad éutrica.

El perfil es de tipo ABgCr o HBgCr, si bien el horizonte Bg puede no existir. Es característica la evidencia de procesos de reducción, con o sin segregación de compuestos de hierro dentro de los primeros 50 cm del suelo.

Litosol: Son los suelos más abundantes del país, se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 cm, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión son muy variables dependiendo de otros factores ambientales. Es la unidad edafológica con mayor extensión dentro del municipio y puede estar asociada a rendzinas con fase física lítica. No presentan subunidades.

Luisol: El término Luisol deriva del vocablo latino "luere" que significa lavar, haciendo alusión al lavado de arcilla de los horizontes superiores para acumularse en una zona más profunda.

Los Luisoles se desarrollan principalmente sobre una gran variedad de materiales no consolidados como depósitos glaciares, eólicos, aluviales y coluviales. Predominan en zonas llanas o con suaves pendientes de climas templados fríos o cálidos pero con una estación seca y otra húmeda.

El perfil es de tipo ABtC. El amplio rango de materiales originales y condiciones ambientales, otorgan una gran diversidad a este Grupo. Cuando el drenaje interno es adecuado, presentan una gran potencialidad para un gran número de cultivos a causa de su moderado estado de alteración y su, generalmente, alto grado de saturación.

Son suelos que presentan acumulación de arcilla, generalmente se encuentran en zonas lluviosas, aunque en ocasiones pueden encontrarse en climas más secos. Se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos que no llegan a ser oscuros. Generalmente son ligeramente ácidos y altamente fértiles (Bautista, et al, 2005a). En el municipio este suelo se encuentra con una subunidad crómica, caracterizada por tonos pardos, rojizos y en ocasiones amarillentos, en donde la mayor parte del horizonte B tiene un matiz de 7.5 YR y una pureza en húmedo mayor de 4, o un matiz más rojo que 7.5 YR. Son de fertilidad moderada y con alta capacidad para proporcionar nutrientes a las plantas.

Regosol: Estos suelos no presentan diferenciación clara entre horizontes, además se les puede encontrar en muy distintos tipos de clima, vegetación y relieve (Bautista, et al, 2005b) y generalmente se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. Tienen poco desarrollo y por eso no presentan capas diferenciadas entre sí (el perfil es de tipo AC). En general son claros y pobres en materia orgánica asemejándose con demasía con la roca que les da origen, en consecuencia la evolución del perfil es mínima, o de un lento proceso de formación por una prolongada sequedad.

Muchas veces están asociados con litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a su profundidad y pedregosidad. En la municipio presentan una subunidad calcárica rica en cal y nutrientes para las plantas. Su uso y manejo varían muy ampliamente. Bajo regadío soportan una amplia variedad de usos, si bien los pastos extensivos de baja carga son su principal utilización. En zonas montañosas es preferible mantenerlos bajo bosque.

En el municipio se encuentran distribuidos en el extremo Sur abarcando la comunidad de Punta Allen.

Rendzina: Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal (más del 40% de carbonato de calcio). Generalmente son suelos arcillosos y poco profundos (por debajo de los 25 cm), pero llegan a soportar vegetación de Selva Alta Perennifolia. Presentan contenidos de materia orgánica entre 6 y 15% y capacidad de intercambio catiónico de 20 a 45 meq/100g de suelo. Si se desmontan pueden ser utilizados para la ganadería, obteniendo rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. Son moderadamente susceptibles a la erosión y no presentan subunidades. En el territorio municipal sólo se distribuyen en el extremo Norte, abarcando los alrededores de la comunidad de Coba.

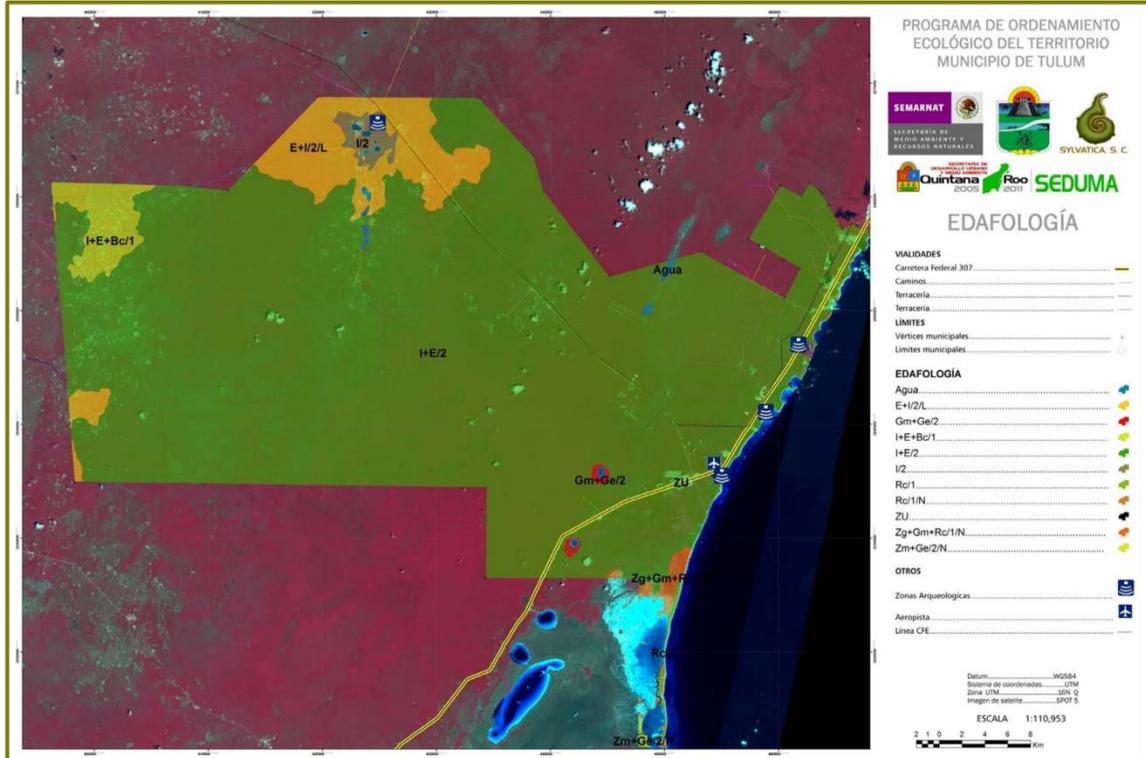
Solonchak: El término solonchak deriva de los vocablos rusos "sol" que significa sal y "chak" que significa área salina, haciendo alusión a su carácter salino. Se presentan en zonas donde se acumula el salitre tales como lagunas costeras y lechos de lagos, tienen alto contenido de sales en todo o en alguna parte o en todo el perfil, la vegetación típica asociada a este tipo de suelos es el pastizal y algunas especies halófitas. Presentan baja permeabilidad, valores de conductividad eléctrica alrededor de los 20 mmhos/cm a 60 mmhos/cm, son alcalinos con valores de pH entre 8 y 9, ricos en calcio y magnesio y relativamente bajos en fósforo (INEGI, 2002).

El perfil es de tipo AC o ABC y, a menudo, con propiedades gleicas en alguna zona. En áreas deprimidas con un manto freático somero, la acumulación de sales es más fuerte en la superficie del suelo, solonchaks externos. Cuando el manto freático es más profundo, la acumulación salina se produce en zonas subsuperficiales del perfil, solonchaks internos.

Los Solonchaks presentan una capacidad de utilización muy reducida, sólo para plantas tolerantes a la sal. Muchas áreas son utilizadas para pastizales extensivos sin ningún tipo de uso agrícola. En el municipio se presentan dos subunidades gleyico y mólico, ambos distribuidos en el extremo sur, en abarcando parte del extremo Norte de la Biosfera de Sian Ka'an.

Los tipos de suelos descritos anteriormente se distribuyen en el Municipio Tulum tal y como se muestra en siguiente figura:

### **Figura 7 Edafología Tulum**



## 2.2.5. Agua Superficial y Subterránea: Disponibilidad y Calidad

### 2.2.5.1. Caracterización de las cuencas

Generalmente el término “cuenca hidrográfica” se refiere a la definición geográfica de la misma y se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la “cuenca hidrológica” se suele entender como una unidad para la gestión que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica e incluye las aguas subterráneas (acuíferos). Sin embargo, la Ley de Aguas Nacionales utiliza “cuenca hidrológica” con el mismo sentido que otras fuentes atribuyen a “cuenca hidrográfica” que es el término correcto<sup>2</sup>.

Las cuencas dependiendo de sus características, disposición y espacio geográfico pueden ser de dos tipos:

<sup>2</sup> Carabias J., Landa R., Collado J. y Martínez P. 2005. Agua medio ambiente y sociedad, hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. Universidad Nacional Autónoma de México, El Colegio de México, A. C. y Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. México D.F. 221 p

Cuenca hidrográfica: Contienen los escurrimientos de agua que conducen hacia un punto de acumulación terminal.

Cuenca hidrográfica abierta: Cuando el punto de acumulación terminal en el mar; de no terminar en el mar, se trata de una cuenca cerrada.

En ese sentido podemos dividir la hidrología estatal en superficial como cuencas hidrológicas y la subterránea en zonas geohidrológicas.

### **2.2.5.2. Hidrología Superficial**

El Estado de Quintana Roo se ubica dentro de dos Regiones Hidrológicas: la RH-32 Yucatán Norte (Yucatán) que ocupa el 31.77 % del territorio estatal y la RH-33 Yucatán Este (Quintana Roo) que abarca el 68.23 % de la superficie estatal. A su vez estas regiones hidrológicas se dividen en cuencas hidrológicas y en la entidad se encuentra cuatro de ellas:

- En la RH-32 se encuentran las Cuencas 32A Quintana Roo (31 % de la superficie estatal) y la Cuenca 32B Yucatán (0.77% de la superficie del Estado).
- La RH-33 en la cual se distinguen las cuencas la 33 A Bahía de Chetumal y otras que ocupa el 34.76 % del territorio estatal y la 33 Cuencas Cerradas B con el 33.47 % de la superficie del Estado.

El Municipio Tulum está ocupado por las cuencas hidrológicas Quintana Roo y Cuencas Cerradas B; la primera se ubica al Norte del Estado y abarca la mayor parte de la superficie municipal con 91.27 %, mientras que la segunda se ubica al Suroeste de la entidad y abarca el 8.73 % del municipio (Figura 4).

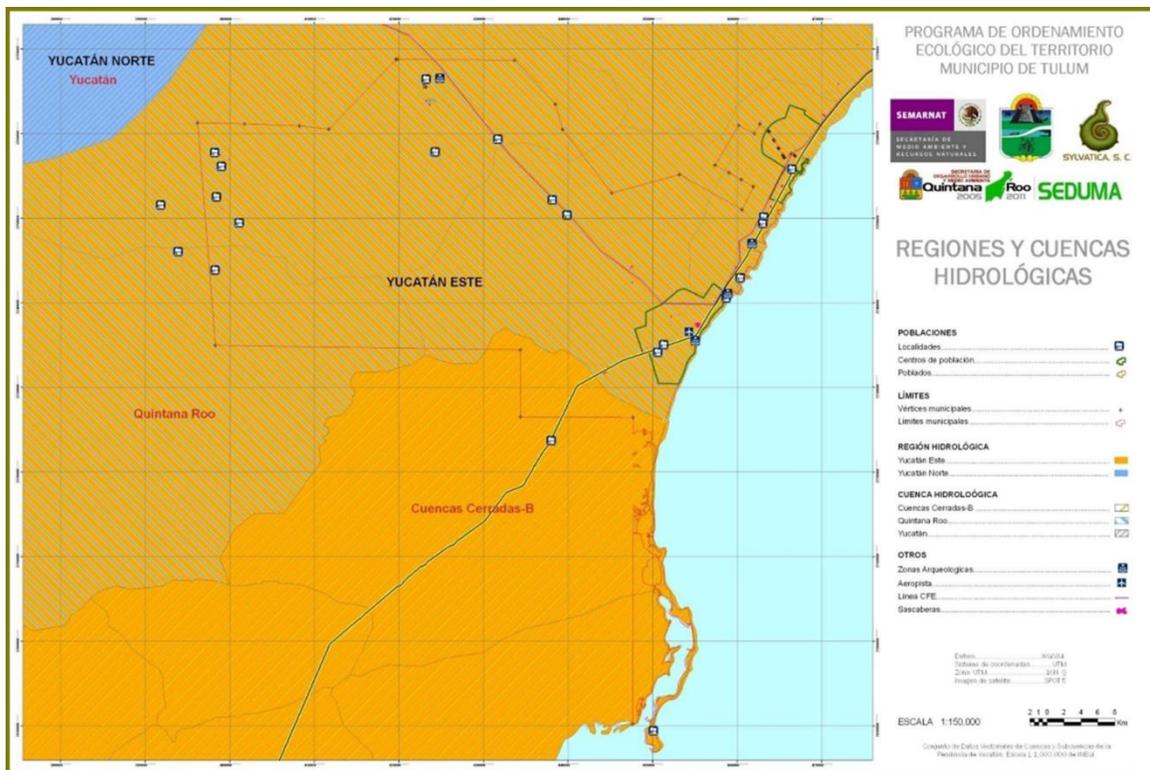
La cuenca Quintana Roo además de la superficie continental que ocupa, abarca las Islas de Cozumel, Mujeres y Contoy, ocupando en conjunto el 31 % del territorio estatal. La temperatura media anual en ella es de 26 °C, con una precipitación que va de 800 mm al Norte, a más de 1,500 mm al Sureste, con un rango de escurrimiento del 0 al 5 % que abarca prácticamente toda su superficie a excepción de las franjas costeras, que tienen 5 al 10 % o 10 a 20 % debido a la presencia de arcillas y limos. Dentro del municipio Tulum esta cuenca cuenta con cuatro microcuencas, Coba, Tulum, Ciudad Chemuyil y Tihosuco, que se distribuyen al Noroeste, Centro, Este, y Oeste del territorio municipal, respectivamente.

Por su parte la cuenca 33 B Cuencas Cerradas B, ocupa el 33.47 % de Quintana Roo; la temperatura media anual es de 26°C con una ligera variación en cuanto a rangos de precipitación, que va de 1,000 mm al Oeste, hasta 1,500 mm al Noroeste y un escurrimiento superficial de 0 al 5 %, aunque se pueden encontrar unidades con rango de escurrimiento de 5 al 10 %; en ella se localizan dos microcuencas dentro de Tulum, Javier Rojo Gómez y Chumpón, ubicadas al Sur del municipio.

Como en la mayor parte de la península, en el municipio de Tulum no existen corrientes superficiales de importancia, debido a las características de alta infiltración del terreno y al escaso relieve que presenta; existiendo algunas lagunas interiores como las de Coba, La Unión, Chumkopó, Nochakán y Verde y lagunas costeras como Caapechén, Boca Paila y Xamach.

Otros cuerpos de agua que se presentan y son de origen pluvial e intermitentes, son los Akalchés, como se les denomina localmente, los cuales se forman en suaves depresiones topográficas con sedimentos finos impermeables, hacia donde fluye el agua producto de la precipitación. La permanencia y temporalidad de estos cuerpos de agua dependen de factores climáticos como la temperatura, evaporación y precipitación pluvial.

**Figura 8 Cuencas hidrológicas**



Como se ha referido, las cuencas a su vez están formadas por micro cuencas, y el municipio de Tulum está conformado por seis de estas. Las cuales se describen a continuación.

Microcuenca Tihosuco: Ubicada en las coordenadas UTM X = 404,583.269; Y= 2, 238, 737.617. Dicha microcuenca pertenece a la Región Hidrológica Yucatán Este dentro de la Cuenca Hidrológica Quintana Roo; Subcuenca Hidrológica Mérida 2. No presenta cuerpos de agua perene y tiene un coeficiente de escurrimiento del 0 a 5%.

Presenta áreas con material consolidado con posibilidades altas (rocas que, por su fracturamiento intenso y alta porosidad intercomunicada, permiten el flujo del agua) y áreas de material no consolidado con posibilidades bajas (Depósitos de material con granulometría variada y alto porcentaje de arcilla y limo que los hacen casi impermeables) para convertirse en un acuífero.

Microcuenca Tulum: Localizada en las coordenadas UTM X= 429, 247.026; Y= 2, 242, 460.448. Dentro de la Región Hidrológica Yucatán Este; Cuenca Hidrológica Quintana Roo, Subcuenca Hidrológica Mérida 2 Presenta cuerpos de agua perene con coeficientes de escurrimiento de 0 a 5% y 10 a 20%. Presenta áreas con material consolidado con posibilidades altas (rocas que, por su fracturamiento intenso y alta porosidad intercomunicada, permiten el flujo del agua) y áreas de material no consolidado con posibilidades bajas (Depósitos de material con granulometría variada y alto porcentaje de arcilla y limo que los hacen casi impermeables) para convertirse en un acuífero.

Microcuenca Chumpon: Esta microcuenca se encuentra ubicada en las coordenadas UTM X= 440,803.314; Y= 2, 228, 112.036. de la Región Hidrológica Yucatán Este y forma parte de la Cuenca Hidrológica conocida como "Cuencas Cerradas B" y de la subcuenca hidrológica "Chunyahche – Santa Amalia. Parte de esta microcuenca se halla en parte del territorio que ocupa la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Presenta cuerpos de agua perene con coeficiente de escurrimiento de 0 a 5%, 10 a 20% y 20 a 30%. Esta microcuenca en particular presenta material consolidado con posibilidades bajas (rocas metamórficas, sedimentarias y extrusivas que por su origen, escaso fracturamiento y baja porosidad limitan en alto grado la circulación del agua), áreas con material consolidado con posibilidades altas (rocas que, por su fracturamiento intenso y alta porosidad intercomunicada, permiten el flujo del agua) y áreas de material no consolidado con posibilidades bajas (Depósitos de material con granulometría variada y alto porcentaje de arcilla y limo que los hacen casi impermeables) para convertirse en un acuífero.

Microcuenca Ciudad Chemuyil. Se ubica en la Región Hidrológica Yucatán Este y pertenece a la Cuenca Hidrológica de Quintana Roo y a la Subcuenca Hidrológica Mérida 2 en las coordenadas UTM X= 458,058.169 Y= 2, 247, 036.024. Presenta un coeficiente de escurrimiento de 0 a 5%. Presenta áreas con material consolidado con posibilidades altas (rocas que, por su fracturamiento intenso y alta porosidad intercomunicada, permiten el flujo del agua) y áreas de material no consolidado con posibilidades bajas (Depósitos de material con granulometría variada y alto porcentaje de arcilla y limo que los hacen casi impermeables) para convertirse en un acuífero.

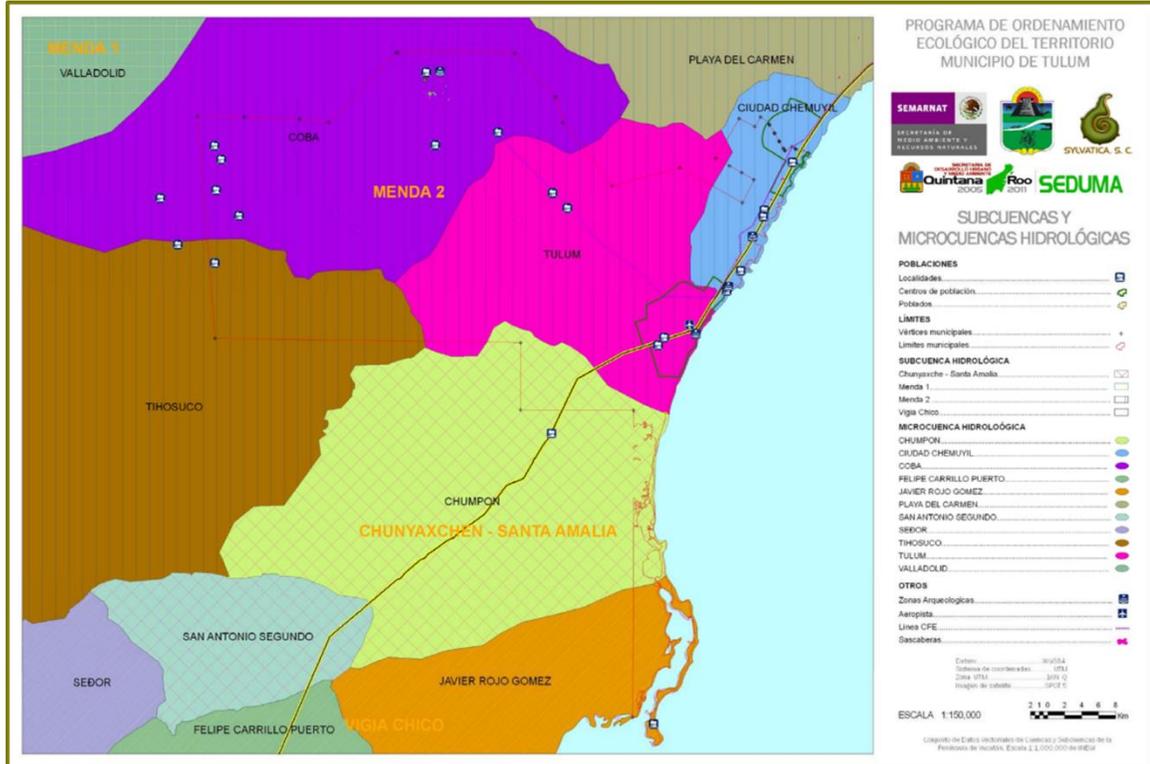
Microcuenca Rojo Gómez: Al igual que la microcuenca de Chumpon, esta microcuenca ocupa casi la mitad del territorio de la reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Sus coordenadas UTM son X= 451, 469, 802, Y= 2, 198, 903.524, y forma parte de la Región Hidrológica Yucatán Este; Cuenca Hidrológica "Cuencas Cerradas B" y de la Subcuenca Hidrológica Vigía Chico. Con un coeficiente de escurrimiento de 5 a 10%. Presenta áreas con material consolidado con posibilidades altas (rocas que, por su fracturamiento intenso y alta porosidad intercomunicada, permiten el flujo del agua) y áreas de material no consolidado con posibilidades bajas (Depósitos de material con granulometría variada y alto porcentaje de arcilla y limo que los hacen casi impermeables) para convertirse en un acuífero.

Microcuenca Coba: Se encuentra dentro de la Región Hídrica Yucatán Este; Cuenca Hidrológica de Quintana Roo y Subcuenca Hidrológica Mérida 2. Con coordenadas UTM. X= 410,012.398; Y= 2, 250, 526.582. Con presencia de cuerpos de agua perene cuyo coeficiente de escurrimiento es de 0 a 5%. Presenta áreas con material consolidado con posibilidades altas (rocas que, por su fracturamiento intenso y alta porosidad intercomunicada, permiten el flujo del agua) y áreas de material no consolidado con posibilidades bajas (Depósitos de material con granulometría variada y alto porcentaje de arcilla y limo que los hacen casi impermeables).

Cabe mencionar que la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) define a la zona ubicada entre Tulum y Coba como la Región Hidrológica Prioritaria número 107, al ser la que mayor aporte de agua dulce tiene hacia el mar, en virtud de la gran cantidad de ríos subterráneos y cenotes existentes.

En la siguiente figura se muestra el mapa de las subcuencas descritas y su extensión en el territorio municipal.

### **Figura 9 Subcuencas hidrológicas**



### 2.2.5.3. Hidrología Subterránea

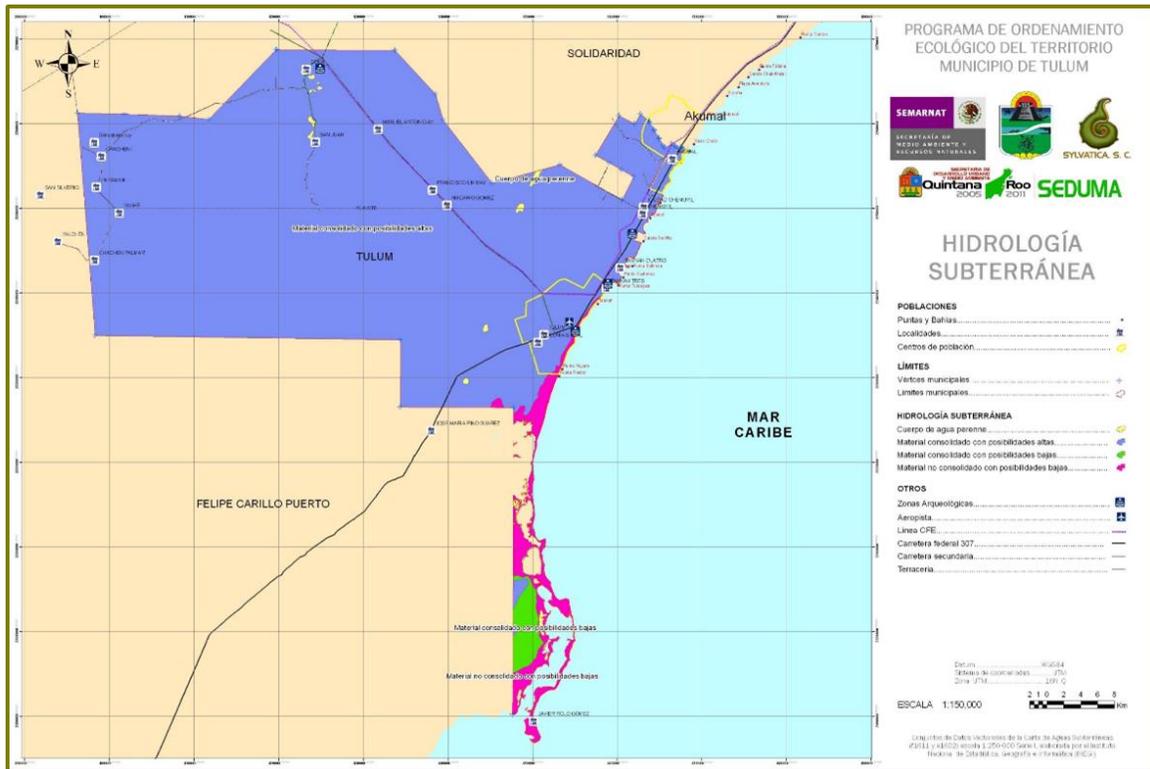
La naturaleza kárstica de gran parte del territorio de la Zona Norte del Estado, por ende, del Municipio de Tulum, le otorga condiciones distintivas a la hidrología subterránea, tanto local como regional. La naturaleza kárstica de la zona ha promovido que la totalidad del flujo hidrológico en la entidad sea subterránea, la cual se nutre de las abundantes precipitaciones pluviales. Su importancia radica en que se considera la única fuente permanente de abasto para las actividades productivas y el consumo humano. Sin embargo, otro aspecto de importancia a considerar es que la naturaleza kárstica del subsuelo también otorga vulnerabilidad al acuífero.

Los acuíferos kársticos se caracterizan por la presencia de componentes de flujo distintos: La matriz, que en el caso de la mayor parte del Municipio de Tulum está compuesta de roca caliza consolidada con altas posibilidades de funcionar como acuífero, y los conductos kársticos. Los sistemas kársticos presentan condiciones que dificultan el conocimiento de su funcionamiento general debido, por ejemplo, a la forma de recarga de agua y el flujo de corrientes subterráneas es diferencial, propiciado por la presencia de conductos, fisuras y poros de la matriz. El agua puede fluir muy rápido en los conductos o puede quedar almacenada en las fisuras y poros, en la matriz<sup>20</sup>. En los sistemas kársticos es un problema común, determinar el nivel freático y el gradiente hidráulico, en particular en aguas poco profundas y con redes de conductos. Otra condición probable que dificulta el conocimiento integral de este tipo de sistemas es la posibilidad de que cuencas kársticas se sobrepongan, así como la trayectoria de sus flujos, incluso pueden cruzarse entre sí.

Es así, que se desconoce la ubicación y geometría de las características kársticas que controlan el flujo del agua. En general, esta dificultad, además de las antes descritas, aunado a la importancia del agua subterránea como proveedora de las necesidades humanas, así como por su vulnerabilidad a la contaminación, ha motivado un sinnúmero de estudios, de los cuales se ha obtenido información valiosa, sin embargo, puntual, y debido a la complejidad del sistema, no es posible hacer generalizaciones.

En la Figura 10 se muestra el mapa de características de la hidrología subterránea con base en la consolidación del material y la posibilidad que tienen de funcionar como acuífero.

Figura 10 Hidrología subterránea



Debido a sus características kársticas y la naturaleza de su flujo, el acuífero de la zona de estudio se considera de tipo libre y a pesar de la complejidad que implica una descripción profunda del sistema subterráneo, se sabe de manera general que el flujo de agua corre hacia la costa con dirección preferente al este con un gasto medio instantáneo de 0.273 m<sup>3</sup>/s por cada kilómetro de línea de costa (CONAGUA- FIUADY, 2006), aunque como se mencionó en el párrafo anterior, no se ha definido totalmente ni a detalle su dinámica.

Una idea de la importancia del sistema kárstico del Municipio se refleja en los datos manifestados por Hausman (2009)<sup>21</sup>, quien reporta una red de 177 km de longitud para el sistema de cuevas Ox Bel Ha, el cual es reconocido como el sistema más largo del mundo (Gulden, 2009)<sup>22</sup>. Debido a que este sistema está aún en exploración, tanto su longitud como amplitud de distribución puede incrementarse. En este sistema de cuevas es posible entrar en un cenote ubicado a nueve kilómetros de la costa y viajar a través de las cuevas subterráneas hasta alcanzar la zona marina. Otro dato relevante consiste en el hecho de que 13 de los 20 sistemas de cuevas más largos del mundo, se encuentran en Quintana Roo, cerca de Tulum (Gulden, 2009).

Este componente natural, representan un recurso natural potencialmente aprovechado por el sector turístico. Así, el buceo, entre otras actividades recreativas como nado libre, snorkel, contemplación, se constituyen como una actividad turística en la zona. Por otra parte, es pertinente destacar, que los prestadores de este tipo de servicios han contribuido significativamente en el conocimiento de los sistemas subterráneos, por su condición de usuario frecuente, que desde hace años han ido aportando datos y descubriendo nuevos ramales. De hecho, diversos investigadores que han probado metodologías y herramientas tecnológicas que arrojen datos de calidad para los sistemas kársticos, han utilizado el trabajo de mapeo realizado por los buzos de la zona para determinar la fiabilidad de sus pruebas.

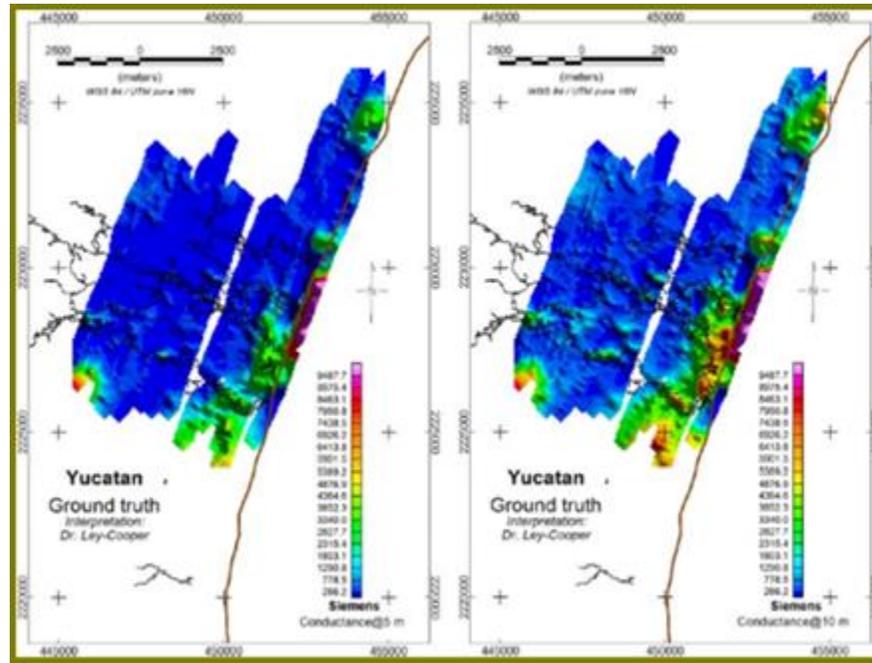
A lo largo del proceso de desarrollo de metodologías que permitan la identificación y delimitación de sistemas kársticos, sus características, dirección del flujo, magnitud de las corrientes, velocidad, calidad del agua, entre otros, o durante la realización de estudios puntuales, los investigadores involucrados han obtenido algunos datos que permiten hacer algunas inferencias; por ejemplo, se tienen los datos referentes a la relación de valores de resistividad del karst respecto a su ubicación con el manto freático. Así, por encima de la capa freática, las fracturas y los agujeros están, en su mayoría, llenos de aire, lo que representa una capa de resistividad relativamente alta superior (250-1000 ohmm), a continuación, las fracturas se llenan tanto de agua salobre (3-5 ohmm) o solución salina (0,2 ohmm). Estos valores están relacionados con la presencia y proporción de contenido de sales en el agua. En tanto que la resistividad eléctrica de la matriz de roca caliza saturada se determinó que varía entre 50 y 300 ohmm (dependiendo de la porosidad real), por encima de la haloclina, y por debajo de 4 a 15 ohmm<sup>23</sup>. Esta condición se registró en el Cenote denominado Bomba, ubicado al Norte de Tulum, a 4 o 5 km de distancia. Pese a que se trata de datos puntuales, podrían inferirse situaciones similares en otros puntos, sin dejar de estar sujetos a verificación.

Otros estudios, se refieren a la calidad del agua subterránea en la zona de Tulum, a través de los cuales se determinó que los registros de nitratos en altas concentraciones tienden a centralizarse en zonas donde es probable la contaminación directa desde la superficie<sup>24</sup>, casos como pozos cercanos a parcelas de cultivo o destinadas al cuidado o producción de animales para consumo humano.

Por otra parte, Ley-Cooper (citado por Gondwe, 2010) describe el comportamiento del acuífero con respecto a la conductividad eléctrica a diversas profundidades; lo cual ha permitido modelar la distribución de la haloclina y hacer inferencias sobre el comportamiento de la intrusión salina.

En la figura 11 se muestran las capas que modelan la distribución de la conductividad (salinidad) a una profundidad de 5 y 10 metros, en la primera capa (5 metros) se puede observar que los valores más altos de conductividad (>8,400 Siemens) se encuentran en una región que corresponde a una franja de mar de aproximadamente 2.5 kilómetros, ubicada a partir de donde se encuentra el arco de entrada a la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Así mismo es posible apreciar, en esta misma capa, que las zonas con valores de conductividad entre 2,500 y 8,200 Siemens se encuentran asociadas a regiones inundables cercanas a las lagunas costeras y con presencia de manglar, esto último se manifiesta sobre todo en la región inundable cercana a la zona arqueológica de Tulum. Con respecto a la capa que representa el modelo de distribución de la conductividad a una profundidad de 10 metros, es posible observar un patrón semejante al encontrado en el modelo de distribución de conductividad anterior, sin embargo, zonas que presentan valores de conductividad entre 2,500 y 8,200 a 5 metros de profundidad aumentan a un rango de 3,500 a 9,000 Siemens e incluso es posible observar valores de conductividad altos en determinadas porciones de algunos de los sistemas de ríos subterráneos, lo cual indica una mayor presencia de intrusión salina.

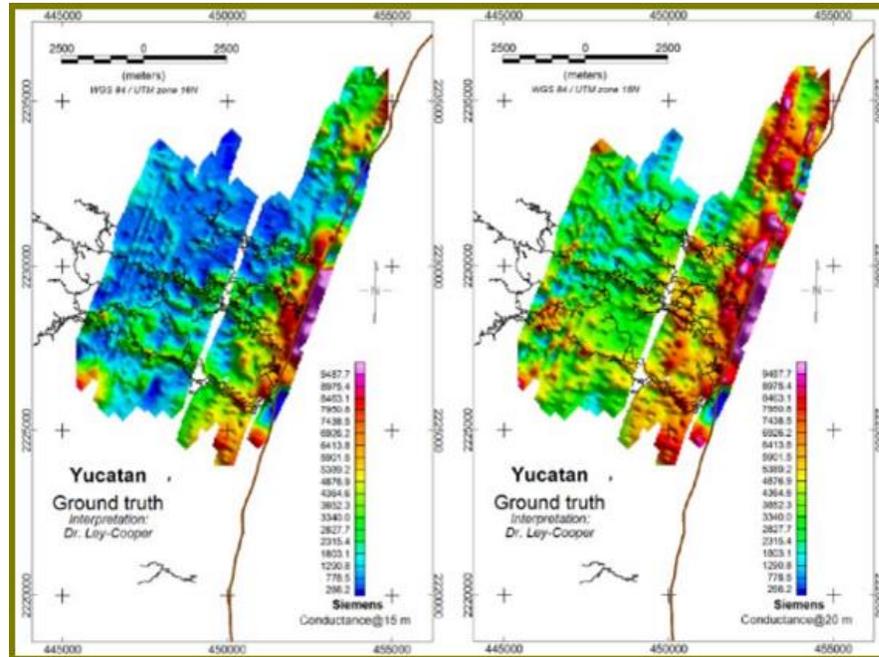
**Figura 11 Modelos de representación de la conductividad a 5 y 10 metros de profundidad. En la imagen se observa la variación de la conductividad a diferentes profundidades, con lo cual es posible inferir la extensión de la haloclina.**



**FUENTE: Ley-Cooper citado por Gondwe, 2010.**

Los resultados de la inversión realizada para 15 y 20 metros de profundidad muestran que la conductividad es mayor que en las capas anteriormente descritas, manifestándose un claro aumento en zonas que no se encuentran asociadas a los sistemas de ríos subterráneos e incluso figuran valores por encima de los 9,000 siemens en zonas con relativa lejanía a la línea de costa. En el modelo de representación de conductividad a 20 metros de profundidad (derecha en figura 12) es posible observar que existen franjas paralelas a la línea de costa que poseen valores de conductividad de superiores a 8,000 siemens, dejando al descubierto la heterogeneidad del flujo de agua salada a través del acuífero.

**Figura 12 Modelos de representación de la conductividad a 15 y 20 metros de profundidad. En la imagen se observa la variación de la conductividad a diferentes profundidades, con lo cual es posible inferir la extensión de la haloclina.**



FUENTE: Ley-Cooper citado por Gondwe, 2010.

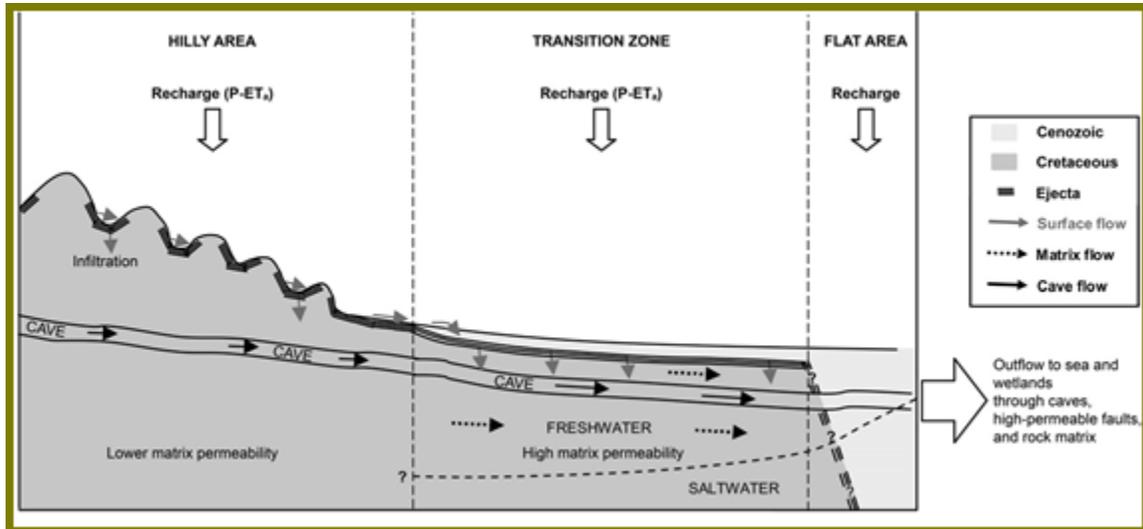
Se han documentado diversas propuestas para proteger los sistemas de cuevas, donde se consideró como criterio la presencia de conductos adyacentes a los ríos subterráneos, así se determinó una franja de 50 m a cada lado de tales sistemas. Este criterio, entre otros, fue propuesto por Milanović (2004), Con este mismo, Guillaum Charvet et al. (2009), realizó su trabajo de tesis donde describió el acuífero de la zona Norte de Quintana Roo para delimitar zonas de protección del área de pozos de captación que surten agua a Cancún. Así como los estudios de R. Supper et al. (2008) enfocado a desarrollar un modelo hidrológico del acuífero kárstico en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an para intervenir en la toma de decisiones respecto a los horizontes de desarrollo del Programa de Desarrollo Urbano de Tulum, y con base a datos confiables del sistema Kárstico, determinar zonas de amortiguamiento de los sistemas subterráneos existentes dentro del ámbito de aplicación de dicho PDU.

Por su parte, Gondwe (2010)<sup>28</sup>, quien realizó estudios en la zona ocupada por la Reserva de Sian Ka'an, indica que los datos del nivel del agua subterránea y geoquímica en dicha zona mostraron una división hidrogeológica clara, que involucra la topografía y la edad de los sedimentos expuestos en la superficie del suelo. Así, las áreas más elevadas, conformadas por sedimentos del cretácico, presentan menor permeabilidad hidráulica, mientras que la zona de transición y la zona plana del terreno, compuestos por sedimentos más jóvenes, tienen alta permeabilidad. Otro dato derivado de este estudio señala que la zona de transición y la zona plana, porción costera, se ve influida por intrusión salina, mientras que en las áreas elevadas no se ha tenido registro de dicho fenómeno. Destaca la presencia de una capa continua identificada en las porciones elevadas de la zona, así como en la zona de transición, entre dichas áreas y las zonas planas. Se trata de una capa superficial de baja resistencia casi continua en toda la región. Se anticipa que esta capa haya sido producida en el cretácico, como resultado del material expulsado por el impacto del meteorito Chicxulub. Sin embargo, podría tratarse de una capa de material arcilloso que no había sido identificada. La distribución de esta capa "anómala" referida y su efecto en el proceso de recarga y flujo del agua se presenta en la figura 13.

A la luz de los resultados de la aplicación de dicho modelo se anticipa que la capa de arcillas superficial sea la responsable de la formación de acuíferos locales y cuerpos de agua superficial efímeros que se presentan en la zona. La zona elevada, montañosa cercana a Valladolid, en el vecino estado de Yucatán, presentó mayor recarga que el área de transición y el área plana. Cerca de la costa, la evapotranspiración promedio supera la precipitación anual.

El modelo conceptual desarrollado por el autor contribuye al conocimiento de la hidrogeología de la región, en particular de la zona de la Reserva de Sian Ka'an, y sugiere que la metodología aplicada para llegar a esa propuesta podría ser útil también para otras cuencas kársticas de la zona.

**Figura 13 Modelo conceptual de recarga y descarga de agua subterránea que considera una capa de material arcilloso. El croquis muestra un perfil de la zona costera donde se distinguen tres niveles de elevación; zona de transición y área plana. Se indica, con línea gruesa, la capa de material arcilloso, cuyo origen se supone corresponde a material expulsado por el impacto del meteorito Chicxulub. La pertinencia de mostrar la imagen se debe a que ilustra las zonas con alta y baja permeabilidad, influenciadas por la presencia de la capa arcillosa referida.**



Fuente; B.R.N. Gondwe et al/Journal of Hydrology 389 (2010) 1-17. Copia del artículo referido fue proporcionada por Amigos de Sian Ka'an, A.C.

Tal situación se suponía previamente (Beddows, 2006), en el caso de las zonas costeras donde se presentan puntos (caletas o pozos submarinos) de fuerte descarga de agua. Cada uno de estos sitios de descarga se asocia a una zona de captación, que nutre el afluyente que descarga y se puede relacionar con la distancia existente entre la zona de captación y el punto de descarga. Por ejemplo, Xel ha (ó Casa Cenote, Punta Soliman, Dos palmas, entre otros) donde se podría suponer que hay una distancia de 4 a 10 km desde la costa hacia la zona de captación. Sin embargo, esto no quiere decir que se pueda determinar o poner límites a la zona de captación a dicha distancia. Más bien, hace alusión a la superficie necesaria para generar un volumen de descarga significativo, como el que presenta Xel-ha, pero se desconoce el origen del agua. Hipotéticamente, se puede suponer que la superficie de captación se extienda hacia el Norte, hacia Chichen Itzá.

Es pertinente mencionar que en el estudio realizado por la Dra. Patricia Beddows (2006) en la franja costera ubicada en el denominado Sistema de Ox Bel Ha, el cual se extiende desde las Playas de Tulum hasta 9 Km al interior del continente, permitió plantear los siguientes enunciados:

- a. El drenaje subterráneo se realiza por medio de redes organizadas de conductos de disolución a través del cual fluye del 94 al 99% del agua pluvial almacenada en la roca matriz.
- b. Existe una alta interconectividad y densidad de las redes de conductos de disolución del orden de 4.3 km/m<sup>2</sup> en el Sistema de Ox Bel Ha y, a una distancia de a 8-9 km de la costa la densidad de dichos conductos se reduce a 1.8 km/km<sup>2</sup>
- c. La influencia de las mareas en dichos sistemas se ha comprobado y corresponde a 39% de su amplitud a 5 km de distancia del mar y los flujos hidrológicos que se han registrado van de 0.5 a 2.5 km/día.
- d. La dirección de los flujos de agua salina hacia adentro del continente está controlada por los cambios de baja frecuencia (semanales, mensuales) del nivel del mar.
- e. Los ciclos anuales del acuífero no tienen relación con las épocas de lluvia y secas.
- f. El agua dulce y el agua salina somera fluyen hacia la costa, mientras que una contracorriente de agua salina entra al acuífero a una gran profundidad fluyendo hacia el interior de la Península.

Tal información permite visualizar la vulnerabilidad del manto acuífero, y unidades subyacentes, a la contaminación debido a que el agua residual que se genera en centros turísticos y urbanos a lo largo de la Riviera Maya es descargada en pozos profundos de 60 m o más. Pese a que no se ha comprobado, se pre-supone que existe la posibilidad de que dichas descargas suban y se mezclen con los flujos rápidos de agua salina debajo de la zona de mezcla; en pleamar las aguas residuales pueden ser transportadas en los pozos de captación de agua potable ubicados a unos cuantos kilómetros de la costa mientras que durante la bajamar son rápidamente descargadas a lo largo de la costa a través de los conductos.

#### **2.2.5.4. Localización de las actividades en las cuencas.**

Algunas de las actividades que se llevan dentro de la cuenca y hacen usos de los recursos hídricos de Quintana Roo; a la cual pertenece el municipio de Tulum, se mencionan el abastecimiento de agua potable y domesticas a través de la explotación de pozos y norias, en menor grado las relacionadas con la agricultura con técnicas tradicionales<sup>31</sup>; así como al espeleobuceo el cual se permite para fines turísticos y científicos, siempre y cuando se acredite la experiencia requerida y se cuente con los permisos correspondientes.

Para fines del buceo en cavernas, se permite la instalación de infraestructura de bajo impacto, que apoye las actividades turísticas, para investigación, así como las necesarias para el manejo y administración del área. Es pertinente destacar que el aprovechamiento turístico que se hace, permite también obtener información de los sistemas utilizados, tal es caso de las investigaciones realizadas por el Centro Investigador del Sistema Acuífero de Quintana Roo (CINDAQ A. C.) en el Sistema Ox Bel Ha en el año 2003, donde la exploración permitió trazar 15 kilómetros más de corredores de cuevas totalmente sumergidas, que se sumaron a los ya 134,000 km conocidos; así como se identificaron también 10 nuevos cenotes que corresponden al sistema antes mencionado. El Sistema de Ox Bel Ha ha sido explorado y topografiado en los últimos 20 años (UQROO, 2008).

Actividades recreativas, contemplativas, snorkel, nado y buceo se realizan en los cenotes conocidos como “Casa cenote” (ubicado a 11 km de Tulum), Cristal (4.5 km al sur de Tulum), Gran cenote (4 km de la carretera Tulum-Coba, el cual forma parte del sistema Sac Aktum); así como en el parque Xel-Ha (ubicado a 12 km de Tulum).

#### **2.2.5.5. Identificación de las zonas de recarga.**

Una región hidrológica se identifica y se caracteriza por estar compuesta por varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similares. La agrupación de las cuencas se basa principalmente en rasgos orográficos e hidrográficos, de tal manera que cada región hidrológica se distingue por su tipo de relieve y escurrimientos, presentando características similares en su drenaje.

Como se ha mencionado una cuenca hidrográfica es la unidad territorial en la cual se tiene un sistema hídrico que interactúa con los recursos naturales y las actividades humanas. La cual, se considera por muchas razones como la alternativa para evaluar los recursos hídricos y sus efectos consecuencias con los recursos suelo y bosque. Su principal herramienta de análisis es el ciclo hidrológico, ya que su alteración depende de las actividades humanas, principalmente el uso de la tierra, la utilización de los recursos naturales y la construcción de infraestructura en la cuenca. Es importante mencionar que la cuenca está compuesta por una parte alta, media y baja; siendo la parte alta la que recibe el agua, la cual desciende hasta llegar a almacenarse en la parte baja o continuar el escurrimiento a otros cuerpos de agua.

Los procesos de recarga de agua subterránea, de acuerdo a lo anteriormente descrito, se agrupan en tres:

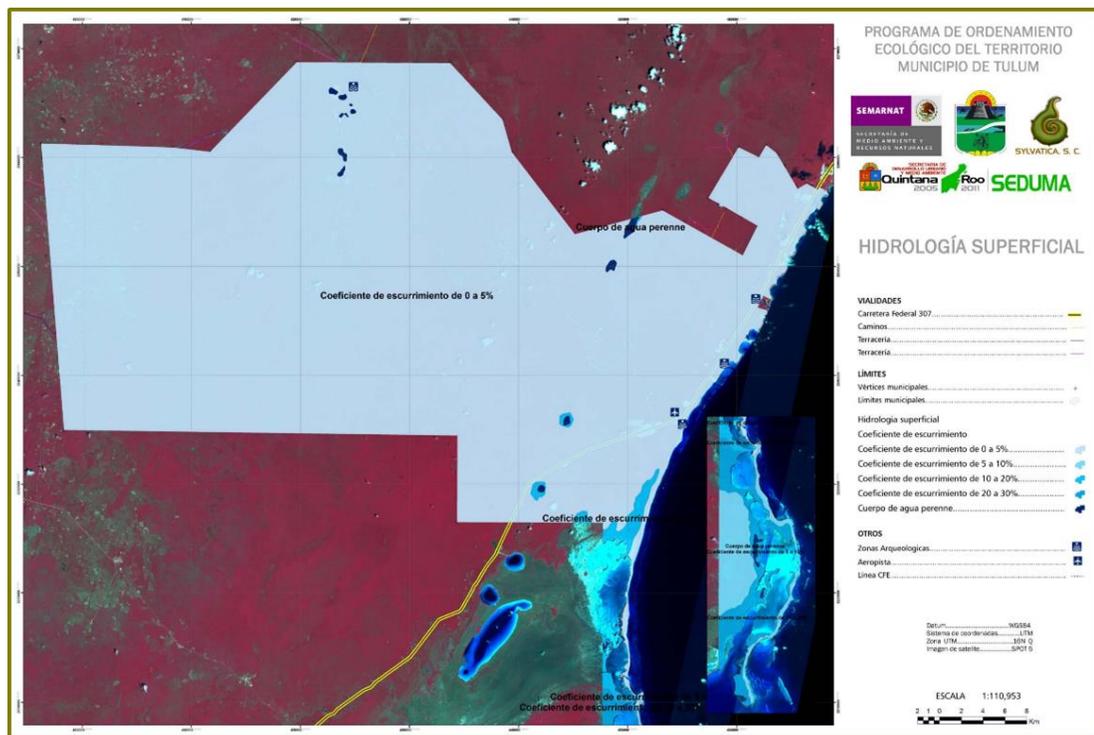
- 1) directa: agua agregada a un reservorio subterráneo, por el efecto directo de la percolación vertical de la precipitación a través de la zona no saturada,
- 2) indirecta: percolación del agua superficial a través de los estratos hasta alimentar el nivel freático y

3) Local: recarga del agua subterránea resultado de flujo subálveo en ausencia de canales bien definidos.

Una característica importante de las zonas de recargas son aquellos lugares donde el nivel topográfico corta el manto freático, formando ojos de agua, lagunas, manantiales y caños o canales de escorrentía de las marismas. De hecho, la superficie del Parque Nacional Tulum mantiene parte importante del Sistema Hidrológico conocido como Sac Actun.

La permeabilidad de las rocas que constituyen estas zonas es alta, dando lugar a la formación de un acuífero libre, con niveles estáticos someros (de 0.5 a 20 m); dirección flujo norestes-sureste hacia el litoral; con una condición de subexplotado con un tipo de recarga del orden de 199 Mm<sup>3</sup>/año; una extracción total de 23 Mm<sup>3</sup>/año, que se realiza con 35 aprovechamientos, pozos y norias, para satisfacer las necesidades de agua potable y domésticas y en menor grado las de la agricultura; por lo que se tiene una disposición potencial de 176 Mm<sup>3</sup>/año figura 14.

**Figura 14** Coeficiente de escurrimiento.



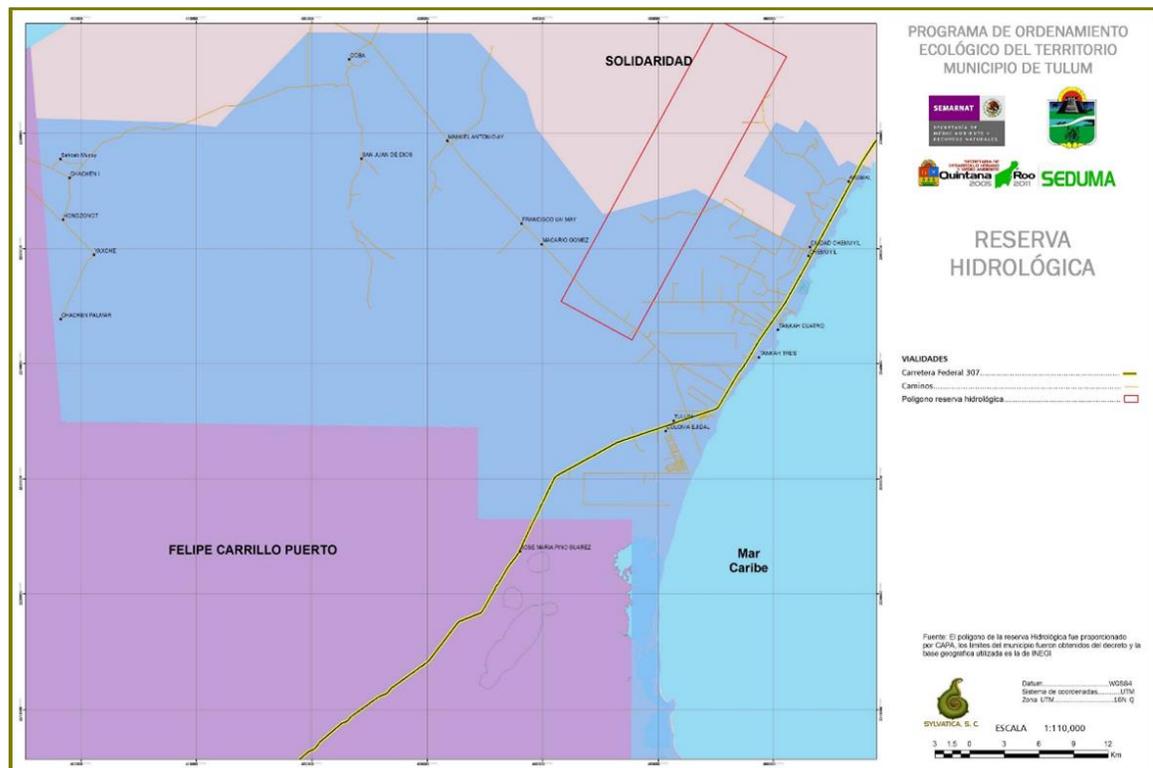
FUENTE: Conjunto de datos vectoriales de la carta de hidrología superficial INEGI.

De acuerdo con la CONAGUA (2001), a principal forma de recarga del acuífero se presenta a través de la precipitación pluvial, donde el agua precipitada infiltra a través del terreno hasta llegar al acuífero. Las geoformas que funcionan como medios de absorción e infiltración recargando al sistema acuífero son los cenotes, las dolinas, las fracturas y las fallas.

Otra forma de recarga del acuífero que no se puede despreciar es la aportación de agua a través de los flujos subterráneos. En la zona de estudio también se tienen pozos de absorción, donde los hoteles y las industrias suelen descargar aguas residuales tratadas al acuífero (recargándolo), aunque a una profundidad donde el agua es de mala calidad (agua salada). Por lo general estas profundidades se encuentran entre los 80 y 100 m de profundidad por debajo del nivel del terreno.

Cabe mencionar que diversas dependencias estatales como la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) han generado proyecciones de zonas de reserva básicas para garantizar la captación y abastecimiento de agua potable en la rivera maya. Dicha reserva comprende una superficie de 196 km<sup>2</sup>. En la figura 16 se presenta el polígono que delimita la zona de reserva hidrológica propuesta por CAPA y la porción que ocupa en el municipio de Tulum.

**Figura 15 Zona de reserva hidrológica.**



FUENTE: Polígono proporcionada por CAPA.

#### **2.2.5.6. Fractura de Holbox como zona de alta permeabilidad.**

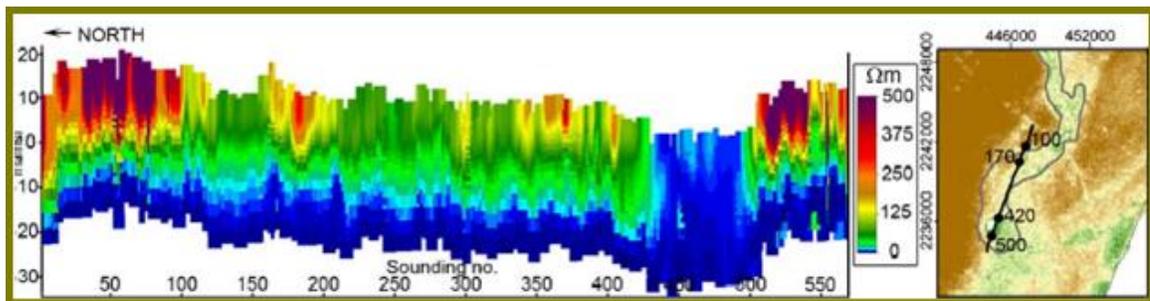
En toda la Península de Yucatán se encuentran cuatro estructuras geológicas de importancia: la Sierrita de Ticul en la parte central oeste, el Río Hondo en la parte este, los Anillos de Cenotes en el noroeste y la fractura de Holbox en la parte noreste (Charvet, 2009).

La Fractura de Holbox es un rasgo tectónico con una anchura media de 30 kilómetros y de aproximadamente 100 kilómetros de longitud, está compuesta por grandes y alargadas estructuras de fondo plano que corren en paralelo con la línea de costa este de la Península y donde comúnmente se encuentra vegetación de sabana. Gondwe et al., (2010) menciona que el extremo final sureste de la fractura no ha sido bien determinado, aunque es probable que se llegue a interceptar con el Río Hondo.

Actualmente se han llevado a cabo estudios en la región de Sian Ka'an mediante métodos geofísicos indirectos, tal es el caso del estudio realizado por Gondwe (2010), el cual se basa en la medición electromagnética aérea que genera información indirecta de las propiedades hidrogeológicas del subsuelo, específicamente de la conductividad eléctrica o resistencia del medio subsuperficial. Lo cual es analizado a través de la Ley de Archie, una relación petrofísica comúnmente usada para medir la conductividad o resistividad de la formación porosa y la conductividad o resistividad del líquido intersticial. De modo tal que el objetivo de dicho estudio fue localizar las áreas con mayor permeabilidad y flujo de agua subterránea y a través de los resultado de la medición electromagnética generar un modelo hidrológico de la zona de captación de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Cabe mencionar que las mediciones electromagnéticas aéreas llevadas a cabo para el estudio en comento, fueron enfocadas a regiones previamente identificadas como zonas con alta probabilidad de permeabilidad, esto a través de la delineación de estructuras por inspección visual en imágenes de satélite. Los resultados de obtenidos de las mediciones electromagnéticas aéreas sobre una zona que forma parte de la fractura de Holbox muestran una alta intensidad en la señal en comparación con el macizo calizo circundante.

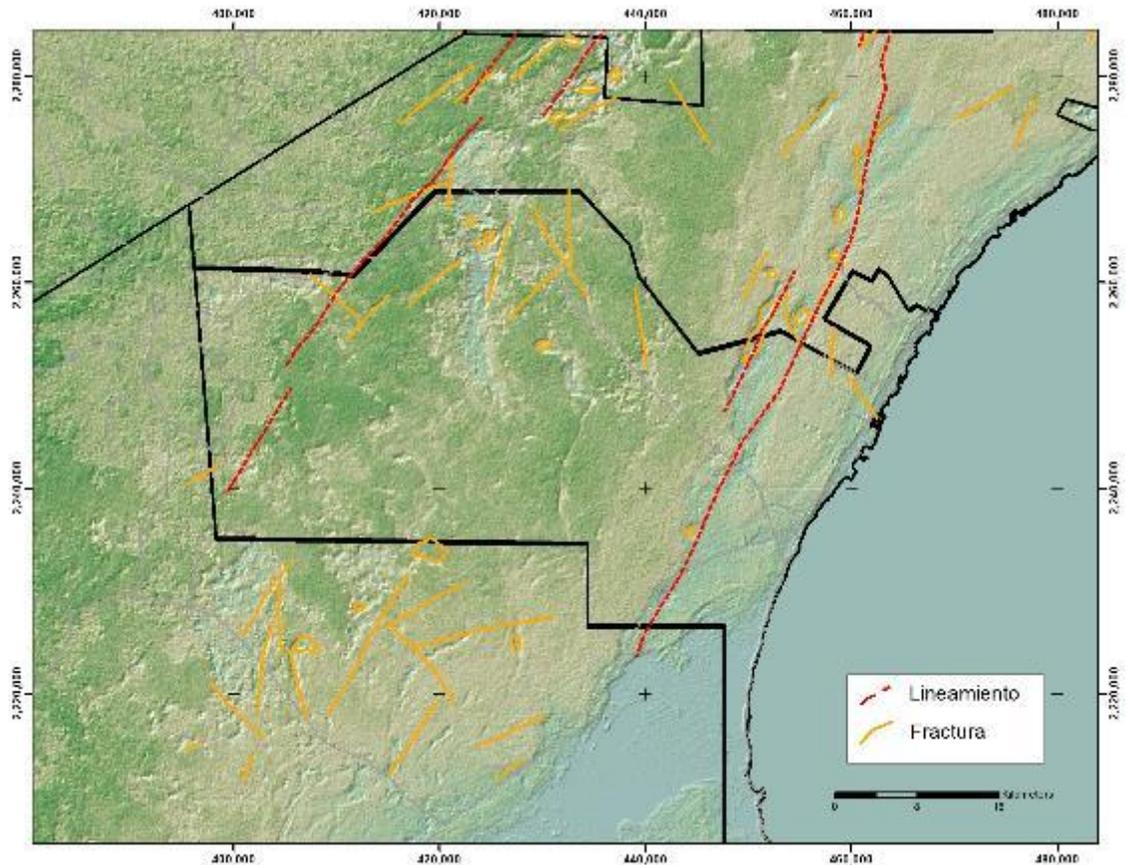
Los análisis de capas muestran que la resistencia o resistividad del agua dulce en la zona de la fractura de Holbox es de  $50 \Omega m$ , mientras que las áreas fuera de dicha zona presentan una resistividad mayor a  $130 \Omega m$  (figura 16). Aplicando la Ley de Archie y asumiendo una resistividad del agua dulce entre  $4$  y  $10 \Omega m$  (Beddows, 2004 en Gondwe, 2010) se tiene que la diferencia de resistividad en la fractura de Holbox corresponde a una zona con alta porosidad, ya que con una resistencia de  $4 \Omega m$  la porosidad de la zona de Holbox puede ser alrededor de  $0.35$ , mientras que el macizo calizo puede ser menor a  $0.25$ . Por otra parte, con una resistencia de  $10 \Omega m$  la porosidad de la zona de Holbox puede ser de  $0.55$  mientras que el macizo calizo puede ser menor de  $0.4$ . Por inferencia, la estructura en la zona de Holbox es probable que sea de mayor permeabilidad al flujo del agua.

**Figura 16 Resultado de la inversión de perfiles sobre una zona de la fractura de Holbox.**



FUENTE: B. R. N. Gondwe, 2010.

**Figura 17 Rasgos geológicos en la llamada “Fractura de Holbox”, nombrada por el Servicio Geológico Mexicano como Depresión Ignacio Zaragoza-Chumpón.**



Fuente: Servicio Geológico Mexicano e INEGI.

### 2.2.5.7. Situación de los acuíferos, cálculo de balance hídrico.

El cálculo del balance hídrico es un conjunto de procesos a través de los cuales se provocan importantes cambios a partir de las precipitaciones, el escurrimiento superficial, la infiltración, evapotranspiración, descargas de aguas residuales; sistema natural de drenaje; así como otros factores; los cuales ayudarán a establecer mejores parámetros que permitan el desarrollo de mejores técnicas para un mejor aprovechamiento de los cuerpos de agua, superficiales como subterráneas, tanto en espacio y tiempo.

Para conocer la dinámica de los cuerpos de agua del área en cuestión, hay que tomar en cuenta el principio de conservación de masas, también conocido como ecuación de la continuidad. Esta establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada.

De acuerdo con la CONAGUA (2002), en la Península de Yucatán se tiene una recarga anual estimada de 21,813.40 Mm<sup>3</sup>/año y una descarga de 14,542.2 Mm<sup>3</sup>/año, volumen que comprende las salidas naturales al mar y el flujo subterráneo. Considerando además el volumen concesionado de aguas subterráneas (1,512 Mm<sup>3</sup>/año), se tiene que la disponibilidad de aguas subterráneas de acuerdo con la CONAGUA es de 5,759.22 Mm<sup>3</sup>/año. Dichos volúmenes son calculados para la superficie total de la Península de Yucatán y por lo tanto no representan un balance de las condiciones presentes en el municipio de Tulum. Sin embargo, considerando los datos presentados por la CONAGUA (2006) es posible generar un balance aproximado.

De acuerdo con la CONAGUA en la zona geohidrológica que comprende desde Cancún hasta Tulum la recarga natural corresponde a 3,269.02 Mm<sup>3</sup> anuales con una descarga similar en condiciones naturales (Cuadro 6), lo cual indica que se tiene un sistema en balance.

**Cuadro 5 Balance de aguas subterráneas en condiciones originales.**

Recarga Natural			Descarga Natural			Cambio en el volumen de almacenamiento (Rt - Dt)
(Rp)	(Eh)	(Rt) Total	(ET)	(Dc)	(Sh)	
Recarga por lluvia	Flujo horizontal			E-T	Corrientes	Flujo horizontal
1,639.14	1,629.88	3,269.02	783.41		2,485.61	3,269.02
						0.00

FUENTE: CONAGUA, 2001

Cabe mencionar que los valores mostrados en el cuadro anterior corresponden a las condiciones naturales del sistema hidrológico subterráneo, sin embargo, tomando en cuenta las concesiones de agua y bombeo se tiene que la descarga total es de 3,239.97 Mm<sup>3</sup>/año (Cuadro 7).

**Cuadro 6 Balance de aguas subterráneas en condiciones actuales.**

Recarga natural		Recarga inducida	(RT) Total	Descarga natural			Descarga inducida	(Dt) Total	Cambio en el volumen de almacenamiento
(RP)	(EH)	(RI)		(ET)	(Dc)	(Sh)	(Di)		
Recarga por lluvia	Flujo horizontal	Retornos fugas		E-T	Corrientes	Flujo horizontal	Bombeo		
1,639.14	1,629.88	21.79	3,290.81	783.41	0.00	2,383.93	72.63	3,239.97	
								50.84	

FUENTE: CONAGUA, 2001

Morales (2007) definió un balance hidrológico en base a la precipitación, la evapotranspiración potencial, escurrimiento e infiltración, este último siendo estimado a través de los predecesores. Cabe mencionar que dicho balance fue aplicado para una cuenca definida por dicho autor y que posee una superficie menor a la del municipio de Tulum, sin embargo, los resultados obtenidos en lámina de agua pueden ser aplicables para ambas superficies (Cuadro 8).

**Cuadro 7 Balance hidrológico con respecto a la superficie municipal.**

Parámetro	Lámina media anual	Volumen	%
Entradas			
Precipitación	1,167 mm/año	2,381.78	100
Salidas			
Evapotranspiración	1,002 mm/año	2,045.02	85.86
Infiltración	73 mm/año	148.99	6.25
Escurrimiento	92 mm/año	187.77	7.88

FUENTE: Basado en Morales (2007).

#### **2.2.5.8. Disponibilidad de agua superficial (cuerpos de agua naturales y artificiales).**

La península de Yucatán al encontrarse sobre una amplia plataformas de piedra caliza, cuenta con un complejo sistema hidrológico, en su mayoría caracterizado por la gran cantidad de ríos subterráneos y cenotes existentes; los cuales se han formado por la deposición de carbonato de calcio proveniente de arrecifes ancestrales a lo largo de ciento de miles de años; así como a la acción de la lluvia mezclada con el dióxido de carbono formando un ácido débil en solución, el cual actuó sobre la plataforma mientras ésta se hallaba descubierta al retirarse las aguas durante las eras glaciares; dicha erosión química, disolvió la caliza y formó cuencas. Al terminar la última era glacial, hace aproximadamente 18,000 años, los casquetes polares se derritieron, el nivel medio del mar aumentó y las cuencas se inundaron formando sistemas inundados (2006. El sistema hidrológico de Quintana Roo. Memorias. P 12).

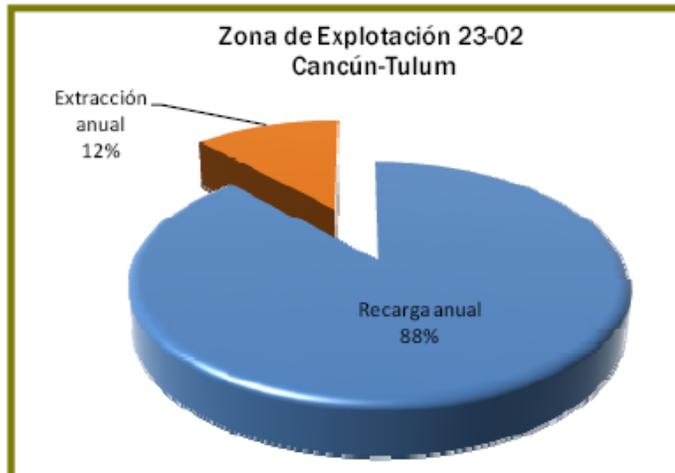
Dadas las características geohidrológicas que presenta el Estado de Quintana Roo, y de acuerdo a Carta de hidrología subterránea publicada por el INEGI, la mayor parte del Municipio de Tulum corresponde una unidad geohidrológica conformada por material consolidado con posibilidades altas de comportarse como un acuífero; al mismo tiempo, existen zonas que presentan condiciones diferentes las cuales se localizan en la angosta franja costera donde se intercalan áreas con material consolidado con posibilidades bajas y áreas compuestas con material no consolidado con posibilidades bajas también. En ambos casos, éstas últimas coinciden con áreas ocupadas por humedales.

Como se ha mencionado, en Tulum se encuentran áreas de alta permeabilidad, en las cuales, la mayor parte del agua pluvial se infiltra a las capas inferiores, formando corrientes subterráneas que se manifiestan, a través de cenotes, lagunas y aguadas. Y en aquellas áreas donde existen terrenos impermeables, se forman llanuras de inundación, las cuales permanecen temporal o permanentemente inundadas, permitiendo a los sitios que reciben lluvia la posibilidad de contribuir a las zonas de recarga; confiriendo así al municipio la posibilidad de convertirse en un gran acuífero (INEGI, 2002).

El acuífero dentro de este municipio es de tipo cárstico costero; y al igual que todos los acuíferos costeros, existe una cuña de agua salada que subyace al agua dulce. La interface salina limita la profundidad de los pozos de explotación y el volumen que éstos pueden extraer sin deteriorar la calidad del agua, especialmente en la zona costera. Se debe señalar que el agua dulce proviene de la acumulación del agua de lluvia y que los volúmenes que se extraen son remplazados por el agua salada mediante el proceso de intrusión salina. El nivel freático del acuífero es somero en el Municipio de Tulum, encontrándose a 1-10 m de profundidad y salinidades  $< 3 \text{ g L}^{-1}$ . Las características hidráulicas del acuífero son muy heterogéneas por el hecho de ser de tipo cárstico, con gran permeabilidad. Se notan manifestaciones superficiales como cenotes, cavernas, grutas y formación de tres ríos subterráneos, el Sistema de Ox Bel Ha (172.3 km.), el Sac Actun (156.4 Km.) y el Dos ojos (62.2 km.); estos tres ríos subterráneos son los más grandes de México y los dos primeros son el 8° y 9° a nivel internacional.

Según datos publicados por INEGI y el Gobierno del Estado de Quintana Roo (2002), la porción costera Norte del Municipio de Tulum se incluye en la zona de explotación 23-02 Cancún-Tulum. Esta zona de explotación cubre la franja costera Cancún-Tulum, por lo que incluye parte de los Municipios de Solidaridad y Benito Juárez. La superficie de explotación es de 244.3 Km<sup>2</sup>, por lo que representa aproximadamente el 0.62% del Estado de Quintana Roo. Esta zona presenta una recarga del orden de 199 Mm<sup>3</sup>/año, del cual se extrae un total de 23 m<sup>3</sup>/año, a través de 35 aprovechamientos, por medio de pozos y norias (figura 18)

**Figura 18 Condición de la zona de explotación 23-02 Cancún-Tulum.**



FUENTE: INEGI (2002).

Se trata de un acuífero libre; con niveles estáticos someros (de 0.5 a 20 m); con dirección de flujo noroeste-sureste, hacia el litoral y presenta riesgo de intrusión salina. En esta zona, la calidad del agua es generalmente tolerable con un total de sólidos disueltos superior a 1,500 mg/l, con predominancia de la familia de agua sódica-clorurada.

El abastecimiento de agua en la cuenca es a través del servicio que brinda la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) para las zonas urbanas y localidades cercanas, pero en la zona hotelera ubicada en la costa, se abastece a través de pipas y en algunas ocasiones extrayendo agua de pozos y cenotes cercanos. El agua que se extrae se utiliza principalmente para cubrir las necesidades domésticas (o uso popular como lo denomina CAPA) siendo el 82.20%. El resto es de uso comercial, hotelero y servicios en general que incluye el agua utilizada por las dependencias de gobierno y el municipio.

#### **2.2.5.9. Calidad del agua: situación actual y zonas vulnerables a la contaminación.**

La problemática identificada en el municipio de Tulum, Quintana Roo, que afecta directamente al acuífero y que se traslada al medio marino, corresponde principalmente a la falta de un sistema de colección y tratamiento de aguas residuales, disposición final inadecuada de las mismas, cambio de uso de suelo, pérdida de cobertura forestal, fuentes de recarga urbana, deficiencia de depósitos y tratamiento de residuos sólidos (rellenos sanitarios), falta de control y planeación de desarrollo de granjas porcícolas y avícolas, falta de control en el uso de fertilizantes y pesticidas, y contaminación de los acuíferos por agua salada debido a la sobre explotación.

Lo anterior expone a las aguas subterráneas y los cenotes presentes dentro de Tulum como el recurso natural más sensible; ya que las corrientes subterráneas transportan agua desde muchos kilómetros tierra adentro, pasando por debajo de campos de cultivo y poblados, con lo cual es posible que contengan contaminantes provenientes de estas zonas.

Antecedentes de registros fisicoquímicos y químicos de sistemas superficiales y subterráneos de calidad del agua en la Zona Norte del estado de Quintana Roo se indican en el Estudio geohidrológico del Norte de Quintana Roo, realizado a través de los Fondos Mixtos (CONACYT-Gobierno del Estado de Quintana Roo), mediante el proyecto QROO-2005- C01-1917750.

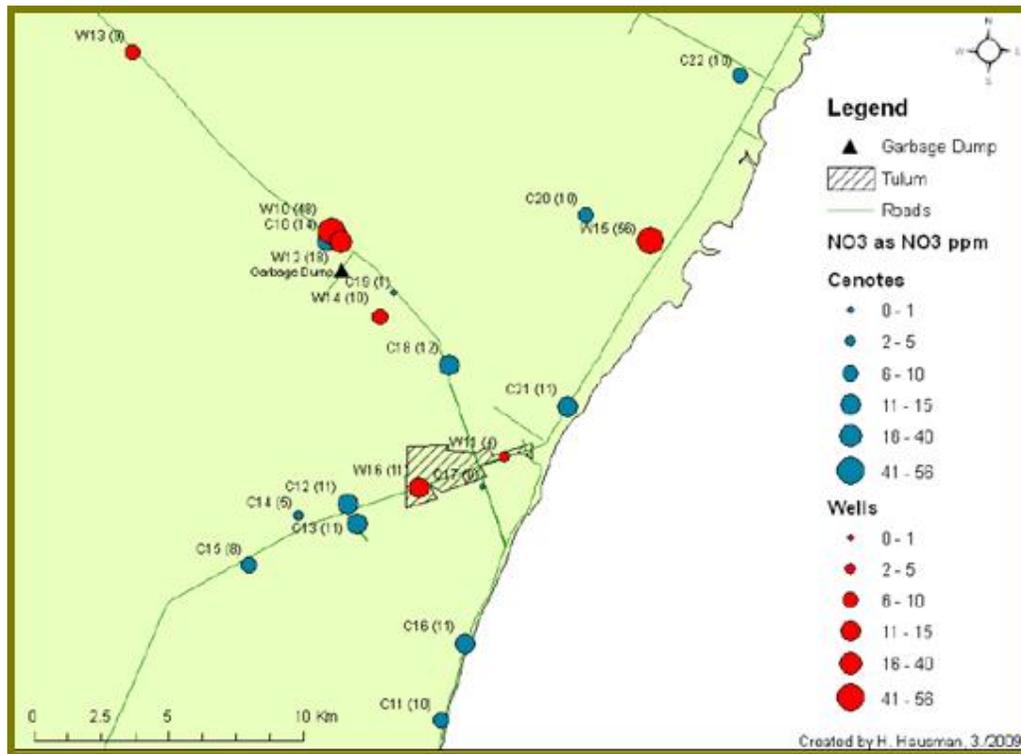
De acuerdo a lo indicado en el estudio, para el sistema de cavernas Yaxchen (cercano a Sistema de Ox Bel Ha), el agua presentó una variación en el pH de 7.3 a 7.6; condiciones salobres (8 a 10 ppt); con una concentración de 6-16 colonias de coliformes fecales por cada 100 ml (no apta como agua potable). La concentración de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) osciló de 0 a 0.24 mg/l, consideradas como bajas y típicas de ambientes bien oxigenados. El rango de fósforo total se encontró de 0.008 a 0.112 mg/l, encontrándose apenas en los límites de agua no contaminada. Finalmente, la turbidez del sistema es baja, con un rango de 0 a 7.3 FAU.

Por su parte, Navarro-Mendoza (1988) reportó análisis puntuales de temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto, transparencia y pH en los cenotes Zacate, Golondrinas, Catedrales, Cristal, Mayan blue, Ojo de Agua, Gigantes, Salvaje y Viejo, al sur de la ciudad de Tulum. En dichos sistemas se registró una temperatura del agua de 25 a 28.5 °C, una salinidad de 2 a 42 ‰, concentración de oxígeno disuelto de 2.32 a 4.54 mg/l, transparencia de 5.6 a 8.93 m y pH de 6.8 a 6.9.

De la Lanza-Espino et al. (2006), reportaron para el cenote Calavera (ubicado fuera del Municipio de Tulum, pero cerca de su límite); valores de 3.92 a 4.75 mg/l de oxígeno disuelto, así como 0.9 a 2.6 mg/l de DBO, 1.56 a 17 mg/l de DQO; 13.9 a 23.87 mg/l de  $\text{PO}_4^{3-}$ , 0 a 5 mg/l de  $\text{NH}_4^+$ ; 12.14 a 39.29 mg/l de  $\text{NO}_3^-$  y 14.43 mg/l de Nitrógeno Total. Se determinó que en el sistema hay elevada concentración de contaminantes de origen orgánico: 55 a 1500 NMP/100 ml de coliformes totales; de 73 a 10111 NMP/100 ml de coliformes fecales y de 0 a 600 NMP/100 ml de enterococos. En la misma situación se encontraron los cenotes Sacbé, Xcaret, Xcaret río y Edén (localizados fuera del Municipio). Es importante mencionar que los datos anteriores representan los valores mínimos y máximos de un análisis anual (2004-2005).

Datos más recientes de calidad del agua en la zona de Tulum fueron obtenidos por Hausman H. (2009), en 20 sitios, mismos que fueron plasmados en un croquis, donde se destacan también los resultados de las concentraciones de nitratos (ppm) obtenidas en cada sitio. En la figura 19 se muestra el mapa de las concentraciones de nitratos, donde la diferencia de concentración de nitratos fue superior a 14 mg/l entre los pozos y los cenotes.

**Figura 19 Concentración de Nitratos en pozos y cenotes ubicados en la Zona costera del Municipio de Tulum.**

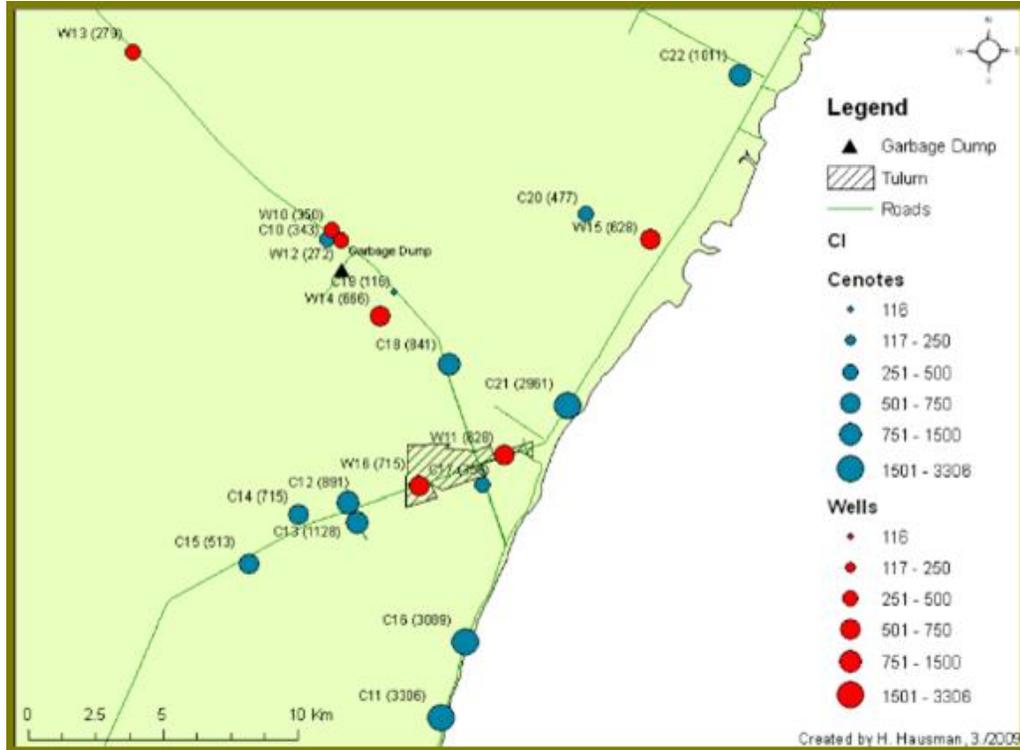


Fuente: Heidi Hausman, mayo 2009. Water Quality and Subaqueous Cave Locations. Masters project submitted in partial fulfillment of the requirements for the Master of Environmental Management degree in the Nicholas School of the Environment of Duke University. Pp. 28.

Las concentraciones de nitratos más altas se registraron en sitios cercanos a la presencia humana, en particular aquellas donde se realizaba algún tipo de agricultura o crianza de animales.

En la Figura 20 se muestran los resultados de concentración de cloruros (ppm) en agua subterránea colectada en pozos y cenotes en los alrededores de Tulum. Los resultados varían considerablemente, de muy salobre, en cenotes costeros, a bajas concentraciones, en aquellos que se encuentran más lejos del mar.

**Figura 20 Concentración de cloruros en pozos y cenotes ubicados en los alrededores de Tulum.**



Fuente: Heidi Hausman, mayo 2009. Water Quality and Subaqueous Cave Locations. Masters project submitted in partial fulfillment of the requirements for the Master of Environmental Management degree in the Nicholas School of the Environment of Duke University. Pp. 29.

En cuanto a la concentración de amoníaco ( $\text{NH}_4$ ), análisis realizados en 2007, se detectaron concentraciones muy altas, que van de 30 a 72 mg/l en el cenote de Chemuyil y Tulum (Matthes Lars, 2008). Pese a que se trata de valores muy altos, estos registros corresponden a grandes profundidades, en un entorno de reducción de aguas subterráneas.

El mismo autor hace referencia a la influencia del mar en la zona costera del Municipio, entre otros. Con base a los valores de salinidad registrados en su análisis, delimitó una franja de influencia marina que denomina entrada geogénica al acuífero, la cual es natural y por ende, ninguna actividad humana interviene en ello. Sin embargo, reconoce que una intensa actividad de bombeo de agua subterránea en la zona costera podría tener un efecto sobre el movimiento ascendente de la zona de transición. El efecto sería un cambio en la calidad del agua presentando alta salinidad por cloruro con alto contenido de sodio. La relevancia de este dato es que se podría considerar como un indicador de instrucción salina, siempre y cuando exista el valor de referencia inicial en el sitio donde se pretenda medir, considerando que existe una influencia marina natural.

Por otra parte, la Comisión Nacional del Agua ha realizado estudios a lo largo de la red piezométrica del Estado de Quintana Roo, en los cuales se han realizado análisis para la obtención de 18 parámetros de calidad del agua en 21 pozos. Dichos análisis expresan claramente la condición del acuífero en el noreste del Estado de Quintana Roo, región que abarca desde Chiquilá hasta Tulum. Cabe mencionar que de los 21 pozos analizados sólo 7 se encuentran en el municipio de Tulum y cercanías, mientras que el resto corresponde a los municipios de Solidaridad y Benito Juárez. Los pozos que se encuentran en el municipio de Tulum y cercano a este son: Cobá, Rancho viejo, Chemuyil (caseta), Chemuyil 3 reyes, Uxuxubi 1, Akumal 1 y Akumal 2. En el cuadro 9 se encuentran los resultados de los análisis químicos (en mg/l) para los 21 pozos muestreados por la CONAGUA, así mismo se resaltan los pozos que se encuentran en el municipio de Tulum y linderos.

**Cuadro 8 Resultados de análisis químicos en 21 pozos de la red piezométrica de la zona norte de Quintana Roo.**

N°	Nombre del pozo	Ca	Mg	Na	K	SAAM	Alc total	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	Cl	N-NH <sub>3</sub>	N NO <sub>2</sub>	N NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	F O <sub>4</sub>	DQO	SDT	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Profundidad ad agua dulce
1	Zona agrícola	147.2	36.207	89.2	3.28	0.025	318.59	388.68	0	176.9	<0.056	0.01	<0.192	<6.802	<0.295	8.11	941	7	4	47
2	Santo domingo	134.8	31.347	27.4	0.94	0.0141	345.72	421.78	0	61.59	<0.056	<0.009	1.76	8.83	<0.295	2.62	525	15	7	
3	Nuevo Xcan	112.8	23.814	37.7	0.98	0	251.25	306.53	0	65.54	<0.056	0.05	1.04	7.03	<0.295	2.14	551	23	23	
4	Tres reyes	214.8	57.105	141.1	2.65	0	314.57	383.78	0	349.86	0.42	<0.009	3.56	67.65	<0.295	8.82	1214	150	150	60
5	Coba	141.2	31.347	44.5	2.6	0	239.19	291.81	0	99.04	0.11	0.01	<0.192	15.07	<0.295	11.11	554	93	93	33
6	Rancho viejo	180.4	45.684	167.2	4.65	0.031	287.43	350.66	0	340	<0.056	0.01	<0.192	22.82	<0.295	13.83	1141	11	<3	0
7	Chemuyil caseta	167.6	31.347	219.4	8	0.061	247.86	302.39	0	424.75	0.53	<0.009	<0.192	<6.802	<0.295	2.8	1009	28	<3	18
8	Chemuyil 3 reyes	109.6	14.337	14.4	14	0.018	224.4	273.77	0	30.06	0.42	<0.009	<0.192	<6.802	<0.295	2.94	238	210	150	31
9	Uxuxubi-1	188	43.74	330.4	11	0	296.82	367.1	0	601.16	0.42	0.01	<0.192	62.42	<0.295	17.29	1503	9	<3	0
10	Akumal 1	158.4	37.179	179.2	6	0	300.9	367.1	0	371.54	0.42	<0.009	1.42	42.47	<0.295	3.27	891	43	<3	28
11	Akumal 2	144.4	25.758	63.1	1.6	0.034	287.64	350.92	0	142.41	0.32	<0.009	1.78	15.98	<0.295	1.64	424	4	4	32
12	Rancho loma bonita	136.4	29.646	134.5	23.2	0.132	293.34	357.87	0	272.99	0.2	<0.009	5.73	37.78	<0.295	3.72	872	43	23	
13	Central Vallarta	136.4	31.347	97.8	3.76	0.017	313.64	382.64	0	195.13	<0.056	0.02	0.76	19.43	<0.295	11.17	648	43	23	29
14	Pozo Km.10	133.2	26.73	102.4	3.32	0.165	334.95	408.64	0	208.44	<0.056	<0.009	<0.192	30.82	<0.295	2.93	724	240	240	34
15	Aeropuerto 17	128.4	27.702	24.4	1.36	0.228	232.44	283.58	0	64.06	<0.056	<0.009	1.11	8.73	<0.295	0.8	354	460	460	23
16	Basurero Playa del Carmen	205.6	53.46	353.2	13	0	301.92	368.34	0	524.29	0.21	<0.009	3.71	77.01	<0.295	3.27	1334	2400	2400	8

PROGRAMA MUNICIPAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL,  
ECOLÓGICO Y DESARROLLO URBANO SUSTENTABLE DEL  
TULUM



15	Chiquilá 1 (5A)	102	17.253	34.9	1.32	0	346.73	423.01	0	70.96	<0.056	<0.009	<0.192	13.67	<0.295	9.55	570	43	<3	23
18	Chiquilá 2 (5b)	127.2	32.319	96.1	1.72	0	427.13	521.1	0	150.78	<0.056	0.02	1.64	29.7	<0.295	12.38	714	460	93	19
19	Solferino (5C)	105.2	29.646	31.1	1.1	0	335.67	409.52	0	72.93	<0.056	<0.009	3.04	11.79	<0.295	1.06	592	9	9	
20	El ideal	136.4	40.095	71.6	3.4	0	306	373.32	0	142.41	0.11	<0.009	4.84	23.07	<0.335	1.39	705	23	23	
21	San ángel	108	22.842	36.82	2.6	0	304	370.88	0	56.67	0.22	<0.009	3.08	22.33	<0.335	3.71	501	23	232	

Fuente: CONAGUA-FIUADY. 2006. Ampliación de la red piezométrica en la región costera norte del Estado de Quintan Roo, segunda parte.

De la tabla anterior es posible observar que 4 de los 7 pozos establecidos en el municipio de Tulum y sus linderos se encuentran con algún parámetro químico por encima del límite máximo permisible establecido en la NOM-127-SSA1-1994 (Cuadro 10). El pozo Akumal-1 tiene concentraciones de cloruros (Cl<sup>-</sup>), de la misma forma los pozos Rancho viejo y Uxuxubi- 1 poseen concentraciones de cloruros por encima del límite permitido en la Norma, además de ello ambos también contienen Sólidos Disueltos Totales (SDT) en cantidades que rebasan los límites permisibles. Un caso particular es el pozo denominado Chemuyil (caseta), el cual, además de contener SDT y Cl<sup>-</sup> en concentraciones por arriba de los límites establecidos, contiene nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>) en concentraciones que, si bien no manifiestan un grado de contaminación severo, si hacen que el agua contenida en el subsuelo no se ha apta para el consumo humano.

**Cuadro 9 Límites máximos permisibles por la NOM-127- SSA1-1994 para cloruros, sólidos disueltos y amoniaco.**

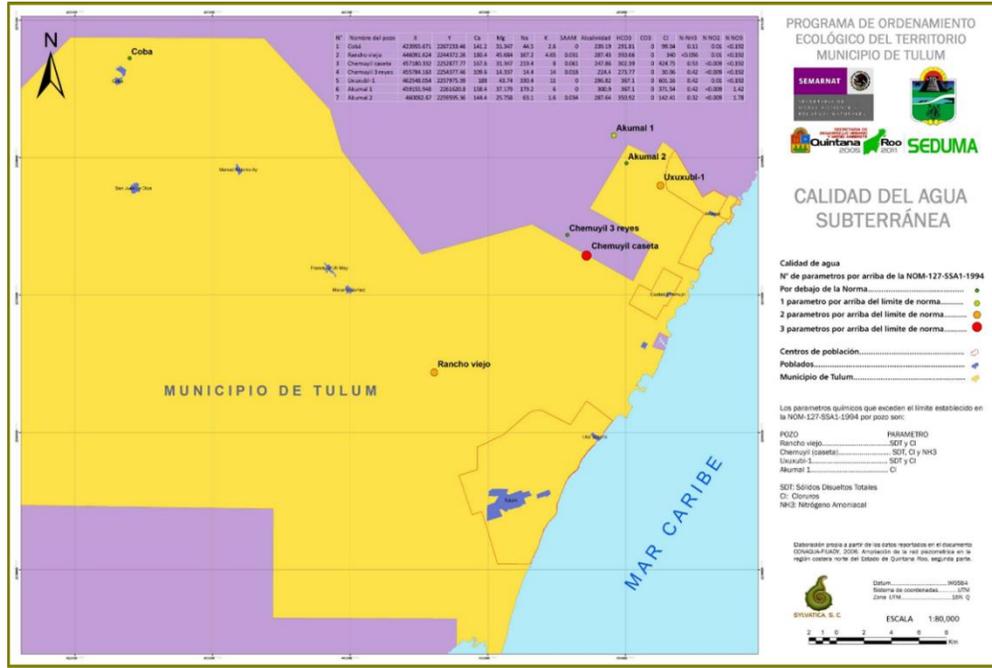
Parámetro	Límite máximo permisible
Cl <sup>-</sup>	250 mg/l
SD T	1,000 mg/l
NH <sub>3</sub>	0.5 mg/l

Fuente: <http://www.salud.gob.mx>

Cabe señalar que, de los 21 pozos analizados en el estudio citado, los que presentan mayores parámetros por encima de la Norma son precisamente los de la región sur, aunque los mayores valores de contaminantes se pueden encontrar en el municipio de Solidaridad, específicamente en el pozo “basurero de Playa del Carmen”. Por otra parte, es necesario señalar que en todos los pozos fueron encontrados coliformes fecales, indicando que existe contaminación por materia orgánica, lo cual significa que no se cuenta con un manejo adecuado de aguas residuales.

En la Figura 21 se muestra la localización espacial de los pozos muestreados que se encuentran dentro del municipio de Tulum y cercanos a este, así mismo se muestran los pozos con cuyos parámetros químicos obtenidos de las muestras de agua rebasan los límites permisibles de calidad de agua establecidos en la NOM-127-SSA1-1994.

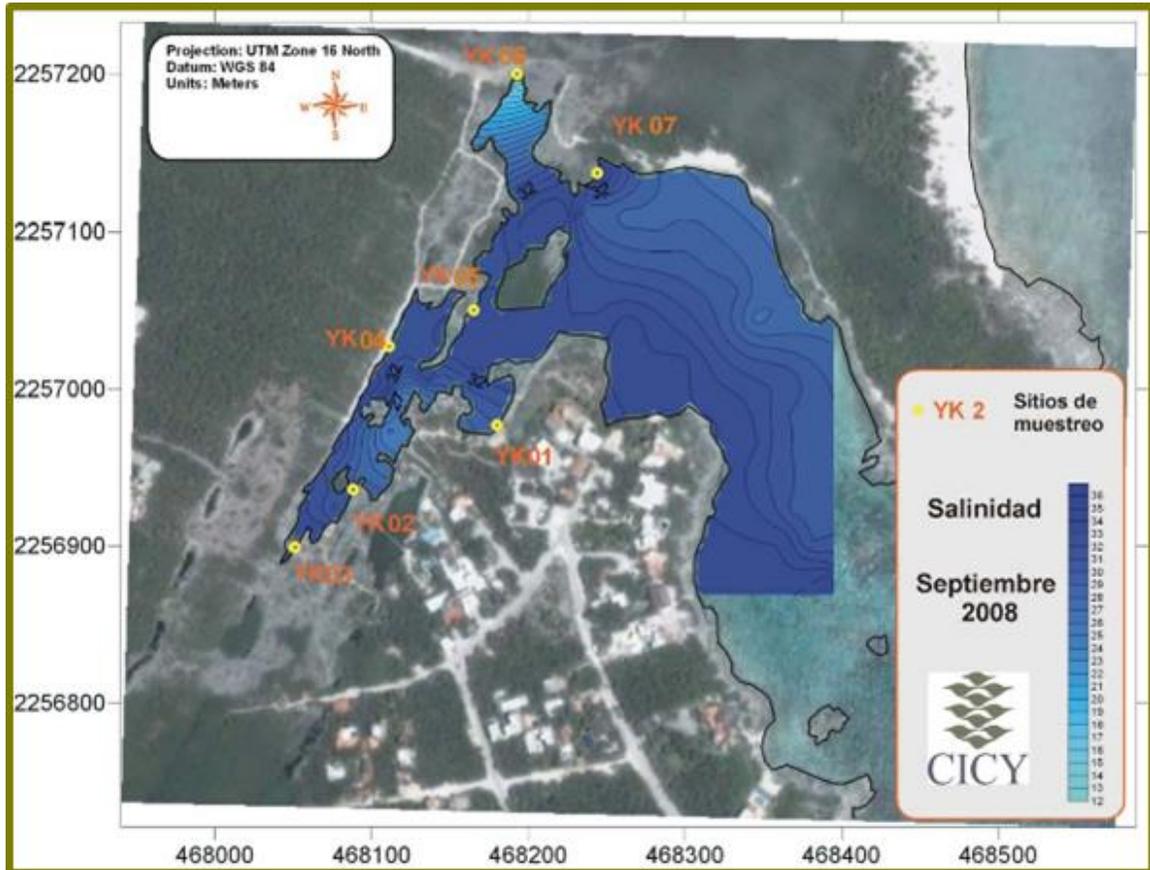
**Figura 21 Ubicación de los pozos de la red piezométrica de la región costa norte de Estado de Quintana Roo.**



Fuente: CONAGUA-FIADY, 2006.

Cabe mencionar que los muestreos en la red piezométrica, así como en los pozos de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA), no son la única fuente donde se manifiesta evidencia de contaminación. El Centro de Investigación Científica de Yucatán y el Centro Ecológico Akumal, han elaborado un estudio que consta de siete puntos de muestreo perimetrales en la caleta de Yal Ku, en los cuales fueron determinados el pH, salinidad, nutrientes (nitratos, nitritos, SRP, amonio) y bacterias coliformes fecales (*Escherichia coli*). Los resultados de dichos parámetros, en particular la concentración de nitratos ( $NO_3 > 20 M$ ), y la densidad de coliformes fecales ( $> 70 NMP/100 ml$ ) manifiestan un indicio de contaminación claramente antropogénico (figura 22).

**Figura 22 Mapa de ubicación de puntos de muestreo perimetral.**



FUENTE: Centro de Investigación Científica de Yucatán y Centro Ecológico Akumal

Por otra parte, en el recorrido establecido para la zona de Akumal como parte del trabajo de campo realizado, fue posible encontrar evidencia de eutrofización en cuerpos de agua de considerable extensión. La Figura 23 y 24 ilustran las condiciones en las que se encuentra un cuerpo de agua ubicado a 1,200 metros al Sur de la caleta de Yal Ku y a 380 metros de las playas y desarrollos turísticos de Akumal.

**Figura 23 Vista Sur de la laguna eutrofizada.**



FUENTE: SYLVATICA, S. C. /GGN, 2011

**Figura 24 Vista Norte de la laguna eutrofizada.**



FUENTE: SYLVATICA, S. C. /GGN, 2011

Como se puede apreciar en las figuras anteriores el contenido de algas en la laguna es considerable, así mismo el olor fétido que se manifiesta en todo el cuerpo de agua, condiciones singulares puesto que en todo el municipio de Tulum no se encontró sitio en similar.

La laguna en comento se encuentra en una formación de bloque caído y posiblemente tiene su origen por una falla o fractura del material cárstico, las cuales son comunes en la zona de Akumal. La Figura 25 muestra la ubicación de la laguna con respecto a la caleta de Yal Ku y las playas de Akumal, es altamente probable que el origen de la eutrofización presente se deba a las instalaciones ubicadas en la playa de Akumal o incluso del centro de población.

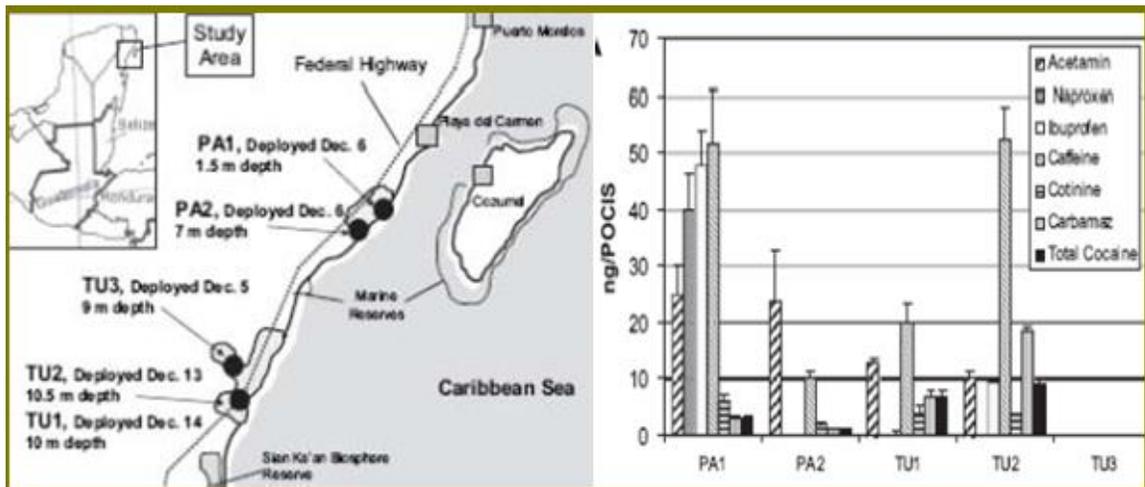
**Figura 25 Vista Norte de la laguna eutrofizada.**



FUENTE: SYLVATICA, S. C.

Cabe mencionar que existen estudios recientes cuyo objetivo es evaluar la contaminación del agua subterránea mediante el monitoreo de determinados sitios de descarga de agua, utilizando técnicas de muestreo pasivo. Tal es el caso del estudio de Metcalfe et al. (2010), en el cual fueron utilizados tanto dispositivos de membrana semipermeable como muestreadores integrados de productos químicos orgánicos con el fin de monitorear contaminantes polares, farmacéuticos, productos de cuidado personal y compuestos de perturbación endocrina. Para tal fin fueron establecidos 5 puntos de monitoreo en cuevas inundadas, tres en la comunidad de Tulum y dos en la localidad de Puerto Aventuras. Como resultado se tuvo que las muestras pasivas acumularon diversos contaminantes a nivel del nanogramos y en los sitios de monitoreo establecidos en la localidad de Puerto Aventuras fueron encontrados herbicidas clorofenoxi, además de sustancias farmacéuticas. En la Figura 26 se muestran algunos de los contaminantes encontrados y su concentración en ng/l por sitio de monitoreo.

**Figura 26 Concentración de contaminantes en los sitios monitoreados.**



FUENTE: Metcalfe et al. (2010).

Dados los resultados de dicho estudio, se concluye que es importante que se adopten estrategias de mitigación que permitan que el crecimiento del desarrollo urbano y turístico planeado sea sustentable.

### Vulnerabilidad

Un evento que modifica la calidad del agua subterránea es la extracción de agua por bombeo, ya que altera las condiciones naturales que previamente existían y produce una disminución del flujo del agua dulce hacia el mar, generando como consecuencia el avance tierra adentro de las aguas marinas (intrusión salina) (INEGI, 2002). Sin embargo, como se explicó previamente, existe una intrusión marina natural, independiente de la participación del hombre. Esta influencia cubre una amplia franja a lo largo del corredor Cancún-Tulum. Por tal razón, se considera este riesgo como posibilidad a largo plazo, sin embargo, es pertinente tenerlo presente para futuros aprovechamientos en la zona costera.

Otras actividades que generan impactos indirectos son la disposición de aguas residuales y las actividades turísticas en la costa. Al respecto, los datos de calidad del agua que se han expuesto antes señalan que los sitios más vulnerables son aquellos donde se realiza alguna actividad antrópica, agricultura o crianza de animales, y principalmente en donde existen pozos, que constituyen vías directas a corrientes subterráneas.

La falta de infraestructura de servicios para el tratamiento de agua potable constituye un riesgo de contaminación, al cual los suelos kársticos del estado son altamente vulnerables.

Otros riesgos antropogénicos se refieren a la posibilidad de derrames de hidrocarburos en la zona costera por las embarcaciones destinadas a la transportación de carga y pasajeros entre Playa del Carmen y Cozumel

Considerando que diversos autores, ya referidos, coinciden en el hecho de que los cenotes, pozos y norias se constituyen como vías de acceso rápido a las corrientes subterráneas, se consideró adecuado tomar el listado de amenazas identificadas para cenotes elaborado para fines del Plan de Conservación Akumal-Tulum (cuadro 11). Lo anterior debido a que permite ver la vulnerabilidad de dichas geoformas ante actividades antrópicas.

**Cuadro 10 Lista de amenazas identificadas para cenotes.**

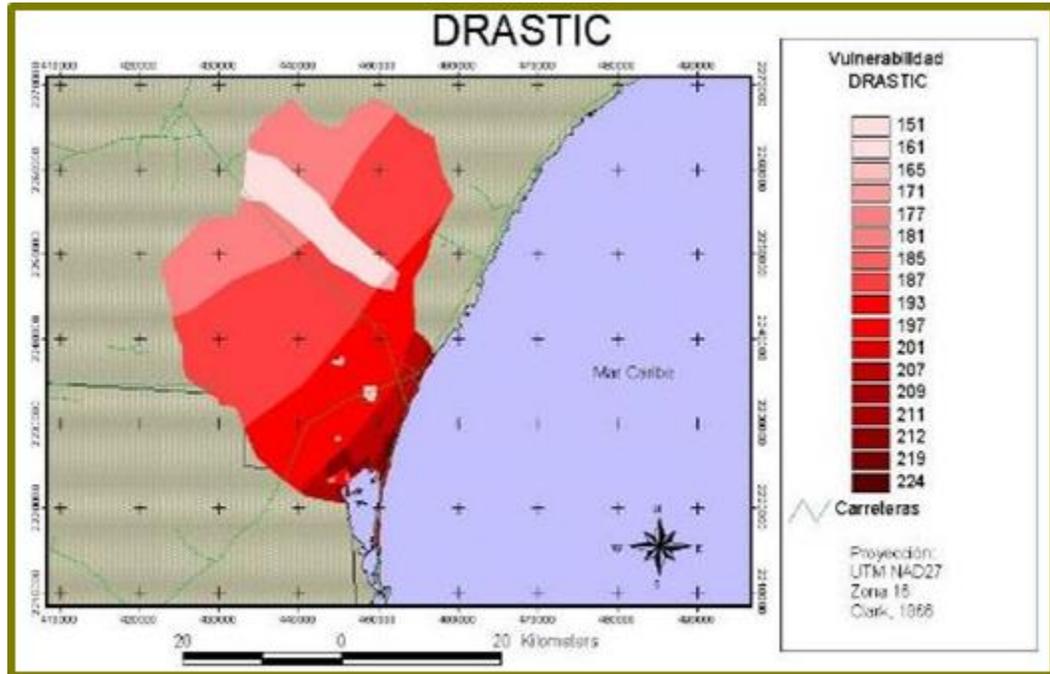
Presiones y fuentes de Presión Cenotes	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Valor jerárquico de la amenaza
	Contaminación	Modificación de la estructura geológica	Alteración de la estructura poblacional de flora y fauna terrestre	Alteración de la estructura poblacional de flora y fauna acuática	Perdida de cobertura vegetal	
Fuente de la presión						
1. Descarga de aguas residuales domésticas y de servicios	Medio	-	Bajo	Medio	-	Medio
2. Descarga de aguas residuales industriales	Medio	-	Bajo	Medio	-	Medio
3. Desarrollos de infraestructura turística inadecuada para la zona	-	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio
4. Introducción de especies exóticas	-	-	Bajo	Medio	-	Medio
5. Inadecuado manejo de agroquímicos en áreas verdes y campos de golf	Bajo	-	Bajo	Medio	-	Medio
6. Prácticas inadecuadas de turismo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	-	Bajo
7. Inadecuado manejo de residuos sólidos	Bajo	-	Bajo	Bajo	-	Bajo
8. Modificación de la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos	Bajo	-	Bajo	Bajo	-	Bajo

FUENTE: Amigos de Sian Ka'an A.C., Centro Ecológico Akumal, Centro Investigador del Acuífero de Quintana Roo A.C., Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad, Quintana Roo, Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C., Colectividad Razonatura A.C., Comisión Nacional, del Agua, Comisión Nacional de Áreas Naturales, Protegidas, H. Ayuntamiento de Tulum, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente y The Nature, Conservancy, 2009, Planificación para la conservación de Akumal-Tulum.

Por otra parte, Morales (2007) llevó a cabo un estudio de vulnerabilidad del acuífero a través de dos métodos conocidos como DRASTIC y SINTACS, ambos consideran siete parámetros o factores que son: profundidad del nivel estático, infiltración, material del acuífero, tipo de suelo, topografía, material de la zona no saturada y conductividad hidráulica; el segundo método deriva del primero y la principal diferencia radica en que el método SINTACS ofrece una amplia gama de posibilidades para adaptar los parámetros a la situación real, dicha diferencia resulta contrastante en los resultados obtenidos en ambos métodos, lo cual se refleja en las Figura 27 y 28.

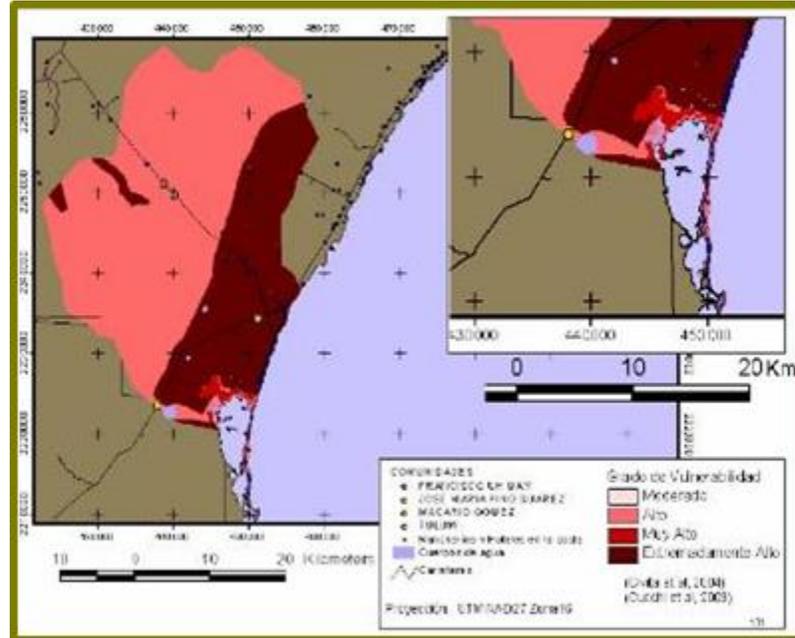
De acuerdo con Chivita (1975) en Morales (2007), el método SINTACS toma en cuenta las características particulares de la red de drenaje del acuífero, estableciendo una diferenciación en tres tipos: drenaje disperso y poco jerarquizado (tipo 1), con jerarquización parcial pero con presencia de drenajes intermitentes (tipo 2); y con algunos drenajes dominantes y jerarquizados (tipo 3). Dadas las condiciones del acuífero de la zona delimitada para el estudio realizado por Morales, fue posible distinguir los tres tipos de drenajes mencionados, lo que arroja quizá, la mayor diferencia en entre los dos métodos.

**Figura 27 Vulnerabilidad del acuífero de acuerdo con el método DRASTIC.**



FUENTE: Morales L. J. A., 2007. Estrategia de manejo y conservación de recursos hídricos para la zona de influencia norte de Sian Ka'an. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro

**Figura 28 Vulnerabilidad del acuífero de acuerdo con el método SINTACS.**



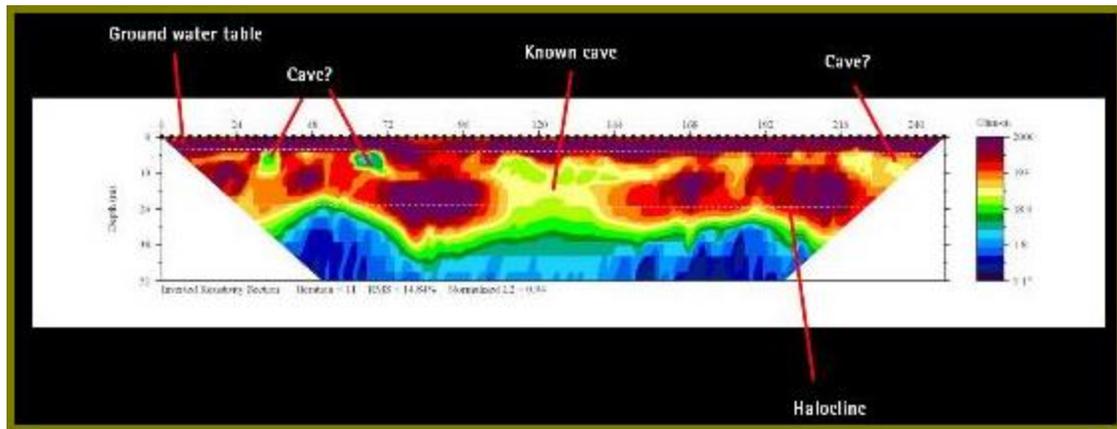
FUENTE: Morales L. J. A., 2007. Estrategia de manejo y conservación de recursos hídricos para la zona de influencia norte de Sian Ka'an. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro

#### 2.2.5.10. Sistemas de cuevas inundadas, importancia y consideraciones.

Como se ha mencionado en los párrafos anteriores en el territorio del Municipio Tulum se han detectado extensos sistemas de cuevas inundadas, las cuales además de constituir los canales por los que fluye de manera preferente el acuífero hacia el mar, representan además el ecosistema único de un ensamble faunístico exclusivo de la Península de Yucatán, mismo que en la actualidad se encuentra en riesgo por el desarrollo de actividades subacuáticas sin control alguno. Los sistemas de cuevas representan en ocasiones limitantes estructurales para el desarrollo ya que reducen la estabilidad del sustrato sobre el cual se realiza el desplante de determinadas estructuras, además de que son sitios extremadamente vulnerables a la contaminación ambiental derivado del flujo de sus aguas (Supper, et al, 2009), las fuentes de contaminación más comunes son derrames de aguas residuales, otros contaminantes y por la inadecuada disposición de residuos sólidos.

Existen varios estudios recientes en los que se han realizado levantamientos con sensores para la medición de resistividad de la roca y estudios geoelectrónicos de campo en los que se han obtenido imágenes que develan la compleja estructura del sistema de cuevas inundadas, así como las características del acuífero de la zona cercana a Tulum (Figura 29).

Figura 29 Estructura del Karst.

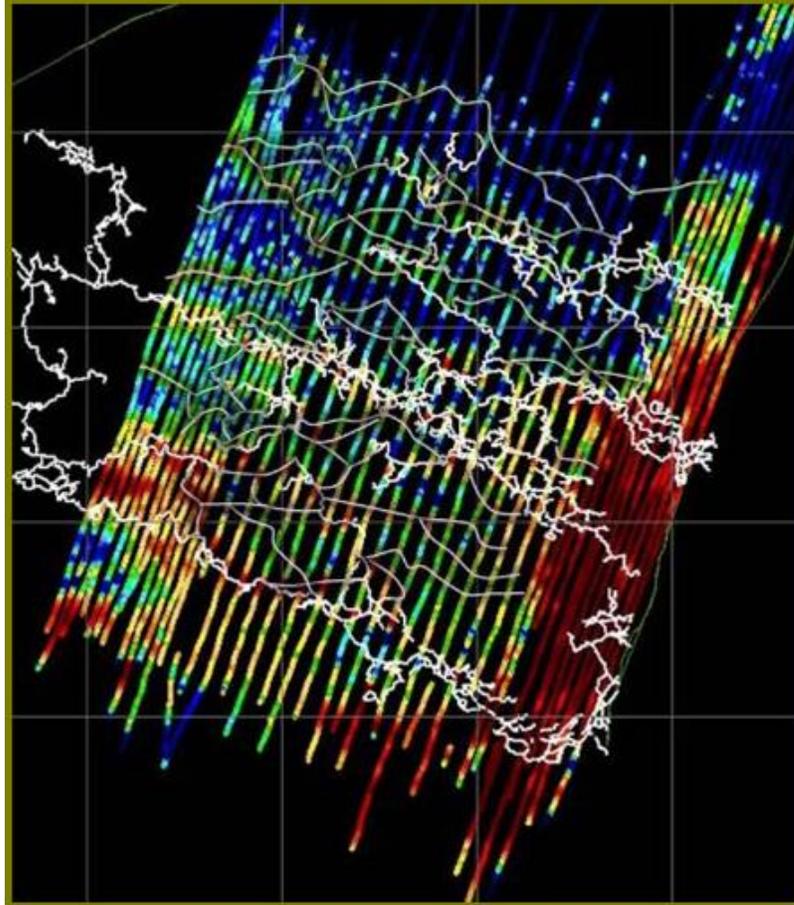


Fuente: Supper, et al. 2009

Así mismo se han llevado a cabo estudios detallados de una porción al Sur de Tulum, en donde existe una extensa red de cuevas inundadas, mismas que con un estudio geofísico aéreo ha revelado la existencia de una gran cantidad de cuevas aún no exploradas, lo que evidencia la complejidad del territorio ocupado por estos sistemas, lo que debe ser considerado en la planeación futura de los usos en estas zonas. En la Figura 30 se muestran los resultados de la exploración realizada por Supper, et. al. 2009.

Entre los sistemas de ríos subterráneos o sistemas de cuevas inundadas destacan el de Sistema de Ox Bel Ha con 172.3 km. De longitud, Sac Actun con una longitud de 156.4 Km., Dos ojos 62.2 km.; estos tres ríos subterráneos son los más grandes de México y los dos primeros son el 8° y 9° a nivel internacional, así como los sistemas Yax chen y Mayan Blue.

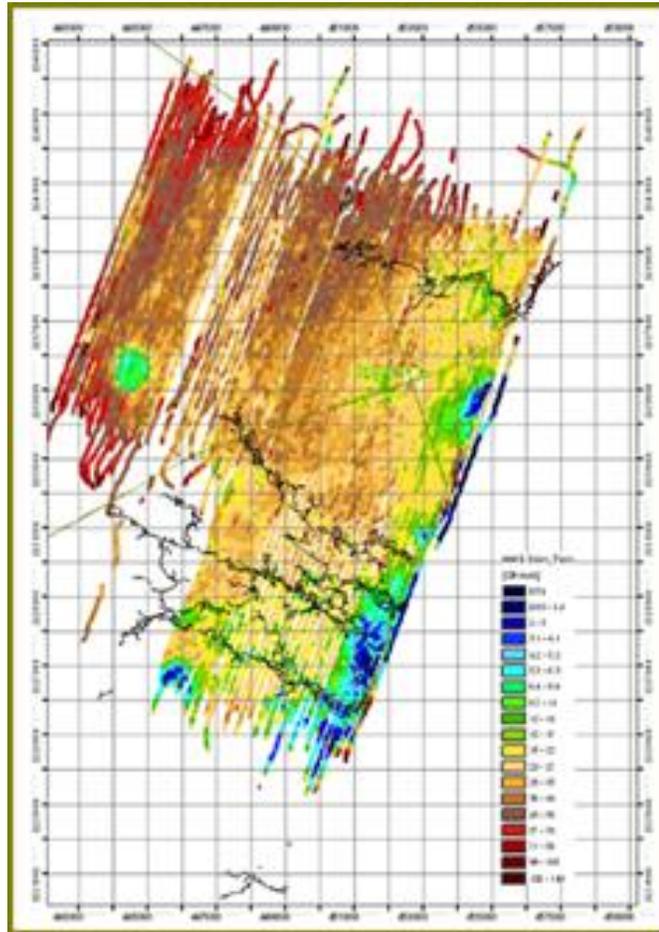
**Figura 30 Resultados del muestreo a 7,200 hz.**



FUENTE: Supper, et al. 2009.

Para la zona de Tulum el mismo autor, realizó muestreos adicionales en 2007 y 2008 los que se sumaron a los realizados en 2006 y completaron el análisis de una extensa zona de la zona costera Figura 31.

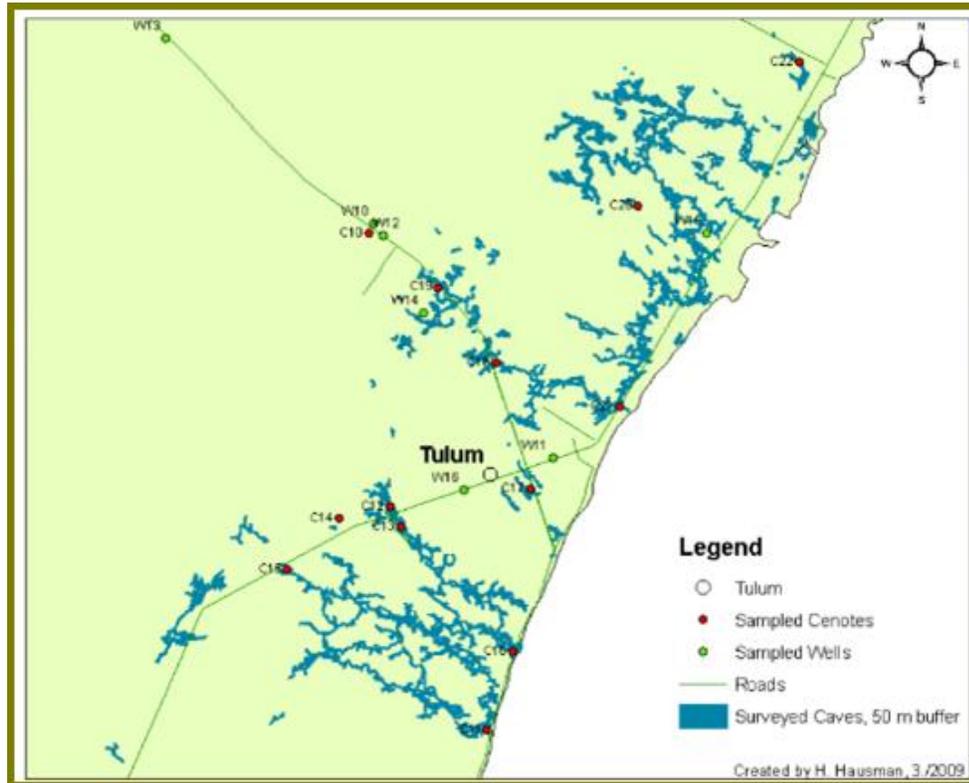
**Figura 31 Resultados del muestreo utilizándolas frecuencias de 3,200 y 7,200 hz.**



FUENTE: Supper, et al. 2009.

Otras fuentes de información manifiestan también la compleja estructura del sistema de cuevas inundadas, lo que hace evidente la vulnerabilidad de la zona ante las posibilidades de un desarrollo futuro sobre estas estructuras Figura 32.

**Figura 32 Sistemas de cuevas inundadas exploradas.**

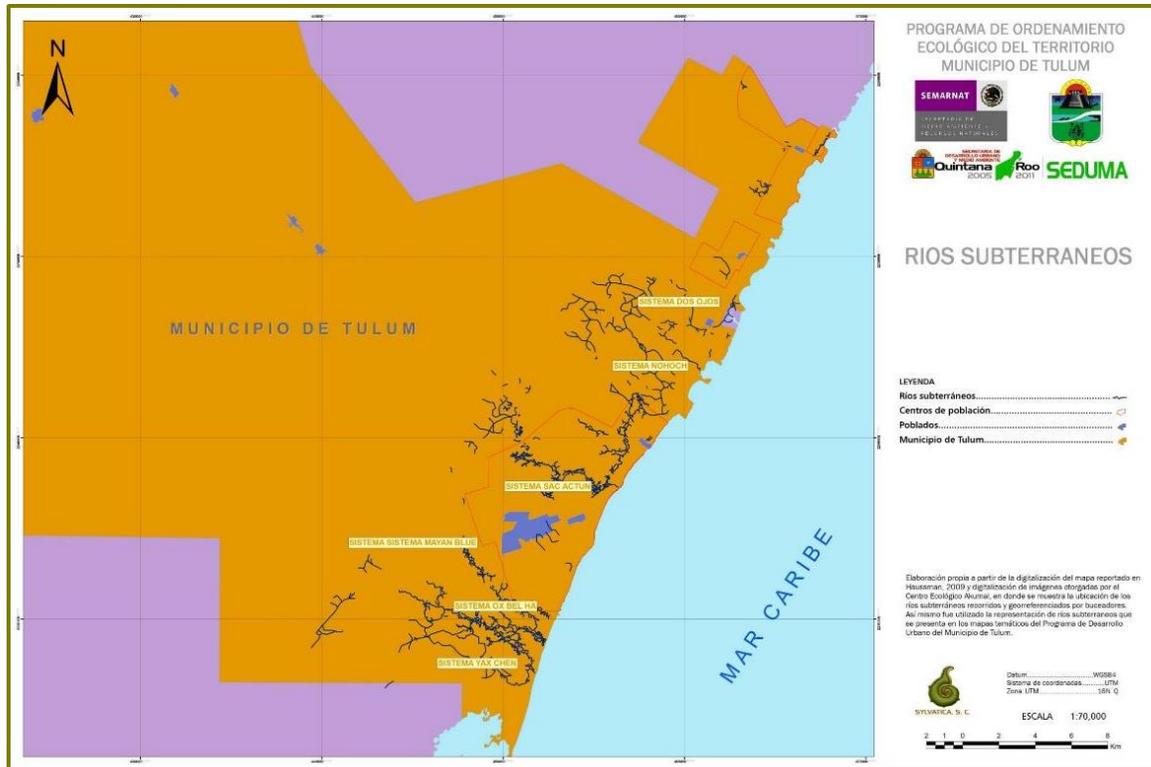


FUENTE: Hausman, 2009.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por las investigaciones realizadas en la zona, se considera que los sistemas de cuevas requieren de una particular atención en el desarrollo futuro del Municipio de Tulum, por lo que se deberán tener en consideración una serie de medidas para evitar la afectación de los mismos por el uso de ellos en actividades turísticas y en la planeación de los diversos usos del territorio que se regulará con el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial, Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable.

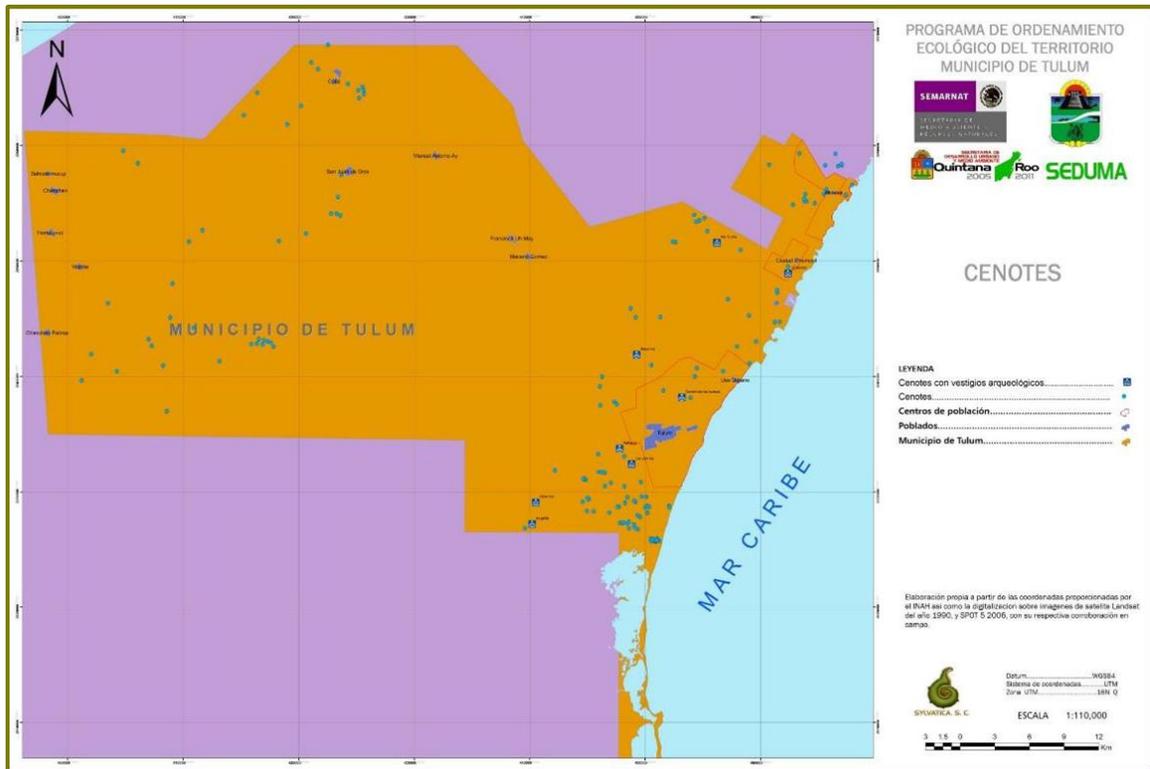
En la Figura 33 se muestra el mapa de los sistemas de cuevas inundadas generado con base en la información disponible, misma que se podrá complementar con los resultados que se vayan recopilando de diversas fuentes. En la Figura 34 se muestra la distribución de los principales cenotes identificados en el municipio.

**Figura 33 Sistemas de cuevas inundadas descubiertas en el municipio.**



FUENTE: Con base en Hausman (2009) y digitalización de imágenes otorgadas por el Centro Ecológico Akumal.

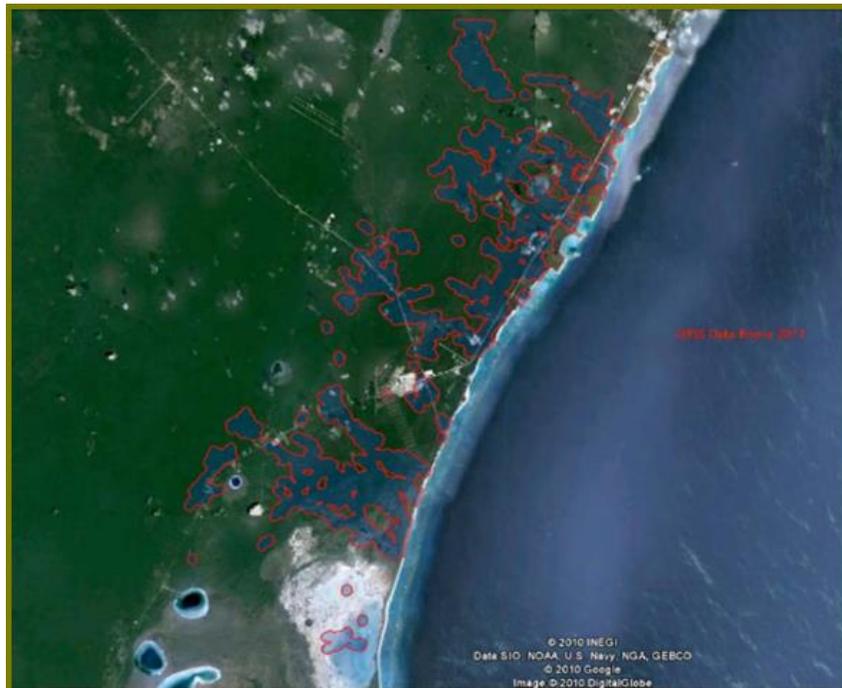
**Figura 34 Principales cenotes.**



FUENTE: Con base en datos proporcionados por el INAH e interpretación de imágenes de Satélite SPOT y LANDSAT y verificación de campo.

De acuerdo con la QRSS (Quintana Roo Speleological Survey) en Tulum la distribución de sistemas de ríos subterráneos hasta ahora conocida se encuentra conforme se muestra en la Figura 35, en la cual se manifiestan las zonas de influencia de los sistemas.

**Figura 35 Zonas de influencia de los sistemas de ríos subterráneos.**



FUENTE: QRSS, Enero 2011

## 2.2.6. Clima

Las clasificaciones climáticas agrupan características relacionadas con las condiciones atmosféricas más importantes para entender la distribución de los seres vivos y, por otro lado, la disponibilidad o limitación de éstos como recursos naturales para el ser humano. A través de las clasificaciones climáticas se describe el comportamiento de estos elementos a lo largo del año, comparando unas regiones con otras. La descripción del clima de una zona o región sintetiza en forma de letras o siglas sus características más importantes. A partir de 1964 Enriqueta García adaptó para las condiciones de México la clasificación mundial de Wilhelm Köppen.

Ésta ha recibido el denominativo de sistema de Köppen modificado por García y ha sido usado oficialmente en el país, cuyos mapas a varias escalas han sido publicados por el actual INEGI y la Conabio. Básicamente, el sistema modificado consiste en que a la clasificación original se adicionaron algunos parámetros que son muy importantes para diferenciar los climas en México, los que se organizaron en grupos, tipos, subtipos y variantes climáticas. Los grupos climáticos originales de Köppen son los A cálidos húmedos tropicales; los B subdivididos en los subtipos BW secos desérticos y BS secos esteparios; los C templados; los D templados fríos, y los E subdivididos en los ET fríos de tundra o páramos y los EF muy fríos con nieves permanentes. Los regímenes de lluvia posibles en México son con lluvias en verano (w); abundantes todo el año (f); escasas todo el año (x'), y con lluvia en invierno (s). En el caso del Estado de Quintana Roo se presenta el cálido con lluvias en verano con sus diferentes variables.

Así, cuando aparecen algunas letras del sistema modificado, éstas se encuentran en paréntesis para diferenciarlo del original de Köppen. La tabla que se presenta a continuación explica los colores y las siglas usadas.

**Cuadro 11 Variaciones del clima cálido subhúmedo presentes en Quintana Roo.**

POR SU HUMEDAD TEMPERATURA	SUBHÚMEDOS						RÉGIMEN
	EL MÁS HÚMEDO		INTERMEDIO		EL MÁS SECO		
CÁLIDO T. media anual De 22 a 26°C	Aw2 Aw2(w)		Aw1 Aw1(w)		Aw0 Aw0(w)		V
	Aw2(x') Aw2(x')w2		Aw1(x') A(x')w1		Aw0(x') Ax'(w0)		I

Fuente: [http://www.cambioclimatico.yucatan.gob.mx/atlas-cambio-climatico/pdf/tipos\\_climas.pdf](http://www.cambioclimatico.yucatan.gob.mx/atlas-cambio-climatico/pdf/tipos_climas.pdf)

El clima en el Municipio de Tulum de acuerdo a los datos que se obtuvieron de los registros de diferentes estaciones climatológicas del servicio meteorológico nacional, presenta una temperatura media anual de 25.45°C, la cual se obtuvo como un promedio de cuatro diferentes estaciones meteorológicas tomándose en cuenta la estación de Cobá, Tulum, Carrillo Puerto Y Playa Del Carmen, con ello se logra abarcar de manera satisfactoria las variaciones que se presentan en el municipio, de acuerdo a los datos obtenidos se tiene una evaporación media de 1,546.03 mm, tanto la temperatura como la evaporación corresponden a periodos de 1951 al 2010.

La unidad climática de acuerdo a los datos del INEGI, el clima del Municipio de Tulum es cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw2 (x').

Los climas tropicales se extienden de norte a sur a partir del Trópico de Cáncer, a lo largo de las llanuras costeras del Golfo de México y del Océano Pacífico, así como en el Istmo de Tehuantepec y en gran parte de la Península de Yucatán. Estos climas se caracterizan porque su temperatura media anual es mayor a 18°C y llueve de 800 a 4 000 mm al año. La región está comprendida dentro de la zona ciclónica tropical del Caribe, y los vientos dominantes tienen una dirección este-sureste. Exceptuando la presencia eventual de los ciclones.

## **2.2.7. Vegetación**

### **2.2.7.1. Distribución de los principales tipos de vegetación y usos del suelo.**

Para la determinación de los tipos de vegetación presentes en el municipio, fue necesaria la recopilación de información cartográfica existente, la cual tuvo que ser corroborada en campo a través de un muestreo representativo que diera como resultado la delimitación de unidades de vegetación con una representación cartográfica con mayor escala que la información cartográfica disponible (escala 1:50,000).

### **2.2.7.2. Metodología.**

El proceso para la determinación de los tipos de vegetación y su distribución fue estructurado en tres etapas, la primera etapa abarcó principalmente actividades de planeación en gabinete, en ésta fue necesaria la recopilación de información bibliográfica existente, así como el procesamiento de información geográfica digital disponible. La segunda etapa corresponde al trabajo de campo, el cual consistió en un muestro aleatorio estratificado. Por último, la tercera etapa implicó el análisis de la información recabada y generada en las etapas anteriores, para lo cual fue necesaria una clasificación supervisada de imágenes de satélite soportada por el análisis de variables ecológicas. A continuación, se presenta de forma detallada el proceso llevado a cabo en cada una de las etapas mencionadas.

Por otra parte, a pesar de que la vegetación de manglar fue delimitada en primera instancia por la clasificación supervisada, se llevó a cabo un procedimiento distinto para su delimitación, esto debido a la importancia ecológica y legal que representa la vegetación de manglar y la necesidad de caracterizarlo con mayor detalle; dicha metodología se describe en apartados posteriores.

### **2.2.7.3. Fase de planeación en gabinete.**

El objetivo de la etapa de planeación fue el diseño de un muestreo que cumpliera con la representatividad y congruencia necesaria para la determinación de los tipos de vegetación presentes en el municipio y su distribución. Para ello, se estructuró un muestreo que considerará a las diferentes unidades de vegetación descritas en la cartografía existente, por lo tanto fueron utilizadas como base de referencia las cartas de uso de suelo y vegetación serie III de INEGI y el Inventario Nacional Forestal (2000), sin embargo, dada la escala de dichas coberturas (escala 1:250,000) y la temporalidad de edición (2003 y 2000 respectivamente) fue necesario utilizar una imagen de satélite SPOT, considerada como imagen de alta resolución (Blas et al., 2006). Los metadatos de dicha imagen, y que distinguen los alcances y limitaciones de la misma se muestran en el cuadro 12.

**Cuadro 12 Metadatos de la Imagen de satélite SPOT.**

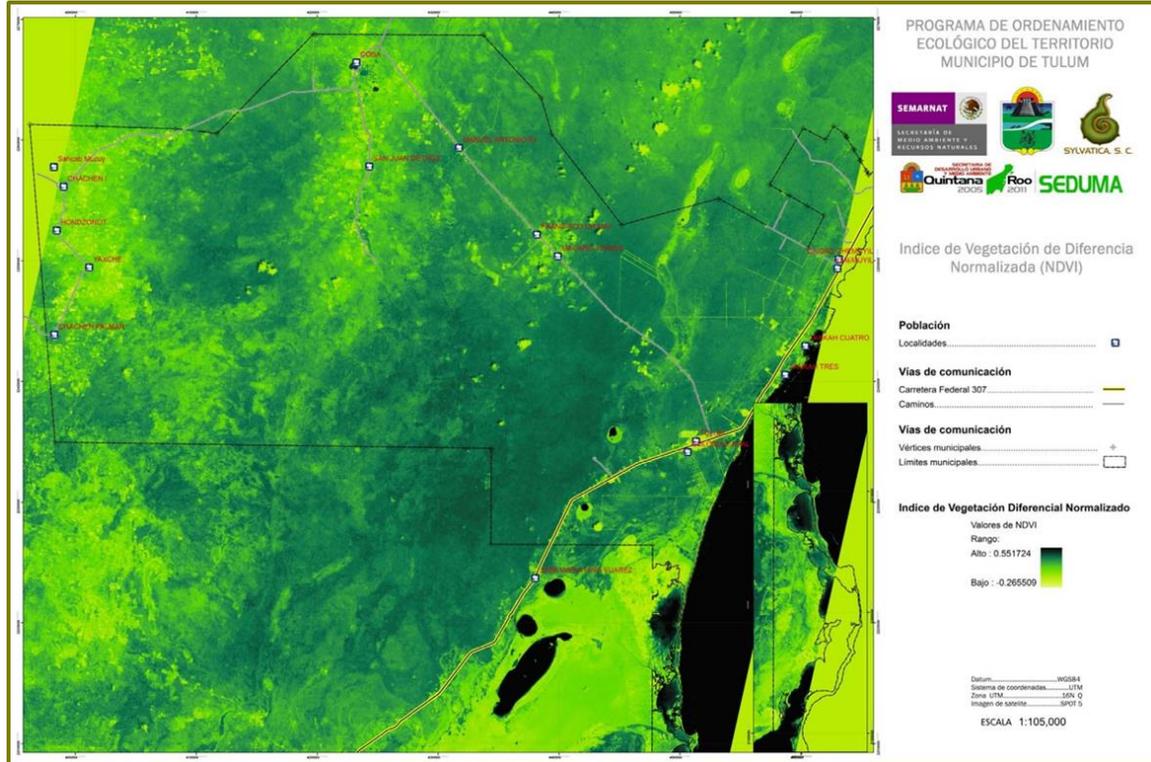
SENSOR	ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	TAMAÑO DEL PIXEL (RESOLUCIÓN ESPACIAL)	BANDAS ESPECTRALES (RESOLUCIÓN ESPECTRAL)	COBERTURA MEDIA ESCENA (KM)
SPOT 5 multiespectral	B1: verde	10 m	0.50-0.59 $\mu\text{m}$	40 x 40
	B2: rojo	10 m	0.61-0.68 $\mu\text{m}$	
	B3: Infrarrojo cercano	10 m	0.78-0.89 $\mu\text{m}$	
	B4: Infrarrojo medio	10 m	1.58-1.75 $\mu\text{m}$	

Dicha imagen de satélite fue sujeta a una ortorectificación para posteriormente obtener con ella el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI por sus siglas en inglés), el cual se calcula con las bandas del rojo e infrarrojo cercano.

De acuerdo con Hori (1998) el empleo de los cocientes del NDVI para la discriminación de la vegetación tiene su fundamento en el hecho de que la respuesta espectral característica de la vegetación sana muestra un claro contraste entre las bandas visibles, especialmente la banda roja (0.6-0.7  $\mu\text{m}$ ), y las comprendidas en el infrarrojo cercano (0.7-1.1  $\mu\text{m}$ ).

Una vez obtenido el NDVI, cuyos valores se presentan en un rango que va de -1 a 1, se procedió a diferenciar coberturas en base a los mismos, ya que en las áreas con vegetación el NDVI varía de 0.1 a 0.6, siendo los valores más altos los correspondientes a una mayor densidad y verdor del dosel de la vegetación Figura 36, con ello se discriminaron unidades homogéneas que servirían posteriormente como sitios de entrenamiento y de muestreo.

**Figura 36 Resultado del procesamiento NDVI.**



Haciendo uso de toda la información espacial mencionada anteriormente, fue posible diseñar el muestreo utilizando las unidades homogéneas generadas como factor de estratificación, para lograr la mayor representatividad e inclusión de los factores de variación, que en este caso estuvieron determinados por la diferenciación de valores del NDVI.

Los sitios de muestreo fueron establecidos aleatoriamente en las unidades homogéneas derivadas del NDVI y en aquellas cuya fotointerpretación sugería la corroboración del tipo de vegetación para evitar una clasificación errónea de la imagen; de tal manera que el arreglo del muestreo fue aleatorio estratificado.

#### 2.2.7.4. Fase de planeación en gabinete.

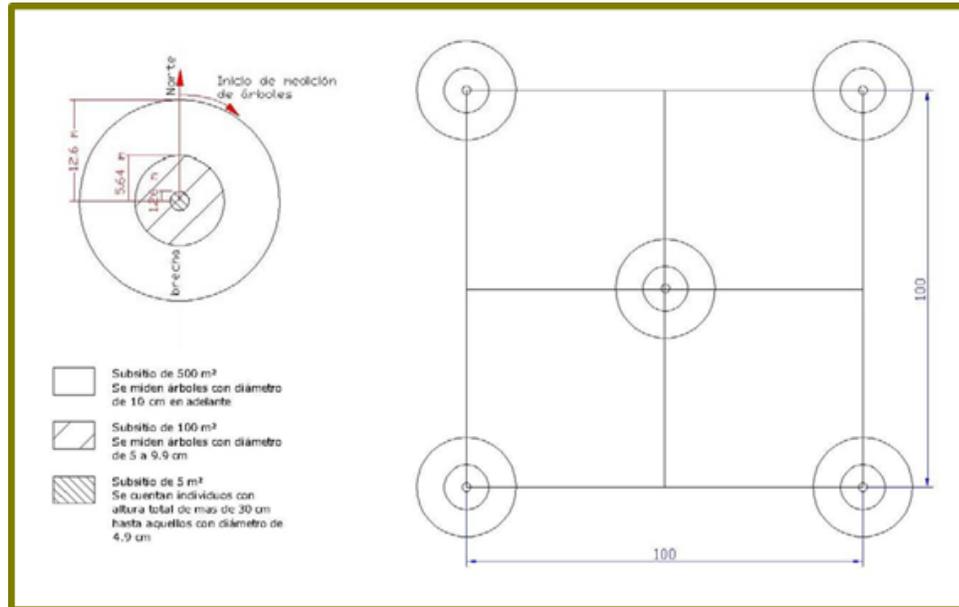
Como se mencionó anteriormente se estableció un muestreo aleatorio estratificado, esto debido a que se contó con información cartográfica que permitió delimitar áreas homogéneas y definir puntos de entrenamiento (puntos de verificación). Además, de acuerdo con Bautista, et al. (2004), este método se utiliza comúnmente en poblaciones heterogéneas, en el cual la población se subdivide en estratos más homogéneos y en cada estrato se lleva a cabo un muestreo aleatorio simple. Las principales razones por la que se utiliza este plan de muestreo son el obtener datos específicos para cada subpoblación (en este caso unidad de vegetación) y aumentar la precisión en los datos sobre la población.

Se establecieron sitios de muestreo circulares, cada uno con un radio de 12.6 m, de tal manera que cada sitio abarcó una superficie de 500 m<sup>2</sup>, en la cual fueron medidos todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (D.A.P.) mayores o iguales a 10 cm, adicionalmente fueron delimitadas dos áreas inmersas en dicha superficie, las cuales consistieron en círculos concéntricos de 5.64 y 1.26 m de radio que delimitan una superficie de 100 y 5 m<sup>2</sup> respectivamente, esto con el fin de registrar a los individuos con D.A.P. de 5 a 9.9 cm y a los individuos con D.A.P. menores a 5 cm.

Bajo este esquema, fueron establecidos un total de 111 sitios de muestro, distribuidos en 20 conglomerados o puntos de control; cada uno de los cuales, fue georreferenciado y ubicado en campo con la ayuda de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés). Cabe mencionar que el arreglo de los sitios de muestreo dentro de los conglomerados varió en función de la necesidad de verificar los límites entre dos tipos de vegetación identificados en la fotointerpretación del NDVI y la imagen de satélite en composición infrarrojo.

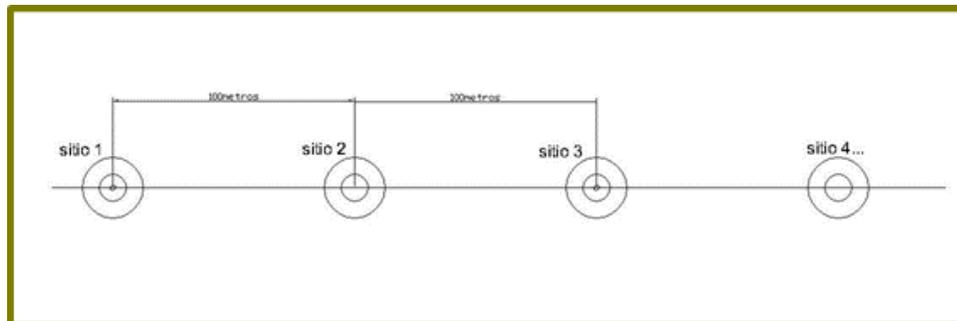
En las unidades con mayor homogeneidad la mayoría de los conglomerados poseen un arreglo de distribución de sitios de tipo cuadrangular (Figura 37).

**Figura 37 Sitios de muestreo en arreglo cuadrangular.**



Por el contrario, en las unidades que poseen heterogeneidad el arreglo de los sitios de muestreo dentro de los conglomerados fue lineal, esto con el objetivo de verificar los posibles límites entre tipos de vegetación (Figura 38)

**Figura 38 Sitios de muestreo con arreglo lineal.**



Como se mencionó anteriormente cada uno de los conglomerados fueron ubicados espacialmente, esto bajo el sistema de coordenadas UTM y Datum WGS84, las coordenadas del sitio central e inicial de cada conglomerado se muestran en el cuadro 13 y su representación cartográfica en base al NDVI se muestra en la Figura 39

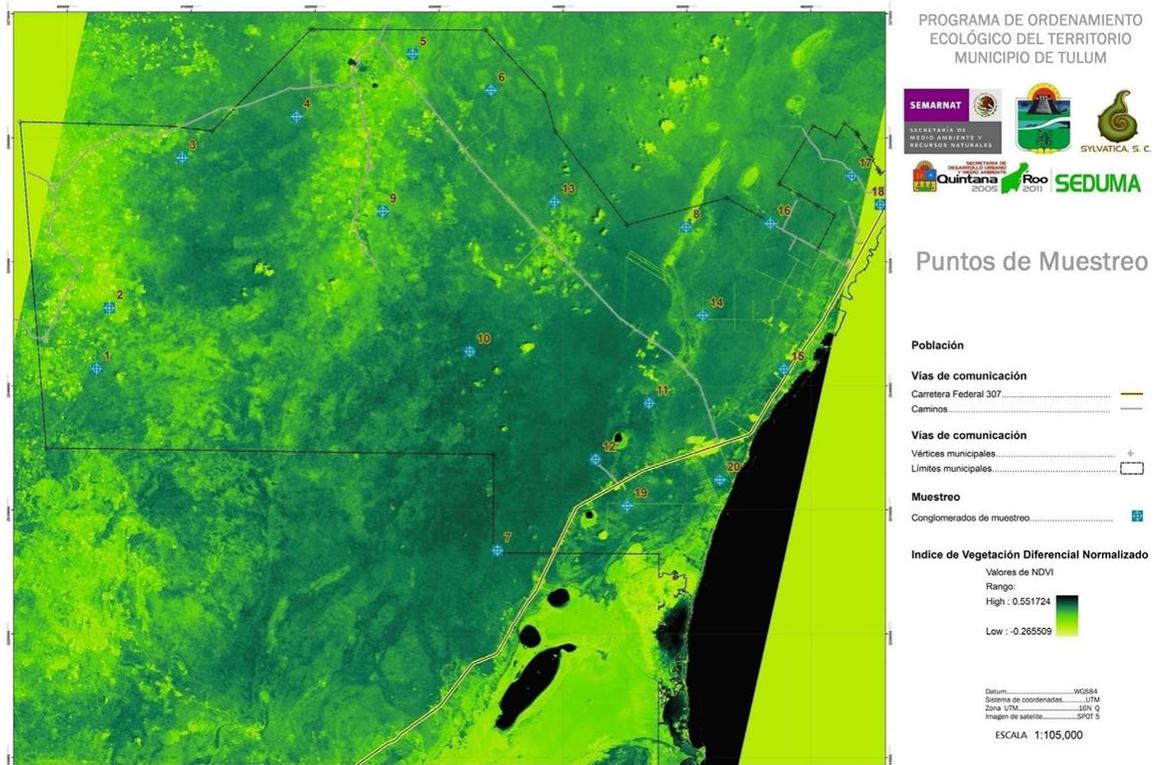
**Cuadro 13 Coordenadas centrales de los conglomerados establecidos.**

		LOCALIDAD	X	Y
CONGLOMERADO NUEVO	NÚMERO DE SITIOS	LOCALIDAD	X	Y
1	9	Chanchen Palmar	402,376.527	2,241,388.304

2	9	Yaxchen	403,410.256	2,246,288.302
3	9	Chanchen	409,279.000	2,258,392.000
4	9	San Pedro	418,513.000	2,261,720.000
5	5	Coba	427,865.000	2,266,751.000
6	5	Manuel Antonio Ay	434,203.000	2,263,841.000
7	5	Extremo Suroeste Ejido Tulum	434,714.000	2,226,725.000
8	5	Laguna El Continente	449,938.000	2,252,796.000
9	5	San Juan de Dios	425,461.000	2,254,073.000
10	5	Macario Gómez	432,489.000	2,242,770.000
11	5	Noroeste de Tulum Pueblo	446,957.000	2,238,595.000
12	5	Laguna La Unión	442,628.091	2,234,057.412
13	5	Francisco May	439,328.000	2,254,852.000
14	5	Jacinto Pat-1	451,281.675	2,245,678.850
15	5	Jacinto Pat-2	457,835.193	2,241,333.129
16	5	Oeste de Xel-Ha	456,735.000	2,253,086.000
17	5	Akumal Oeste	463,305.510	2,256,942.005
18	5	Akumal Este	465,594.000	2,254,627.000
19	5	Laguna ChumKopo	445,173.053	2,230,324.180
20	5	Tulum Sur Pueblo	452,667.000	2,232,416.000

Por último, el trabajo de campo consistió en la ubicación espacial de los conglomerados a través en dispositivo GPS y una vez encontrados en base a sus coordenadas, se procedió a la medición y determinación de las especies encontradas en los sitios de muestreo, de modo que las variables obtenidas para cada uno de los individuos arbóreos y arbustivos fueron: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura de fuste limpio y altura total.

**Figura 39 Ubicación de los puntos de muestreo.**



### 2.2.7.5. Fase de análisis de datos.

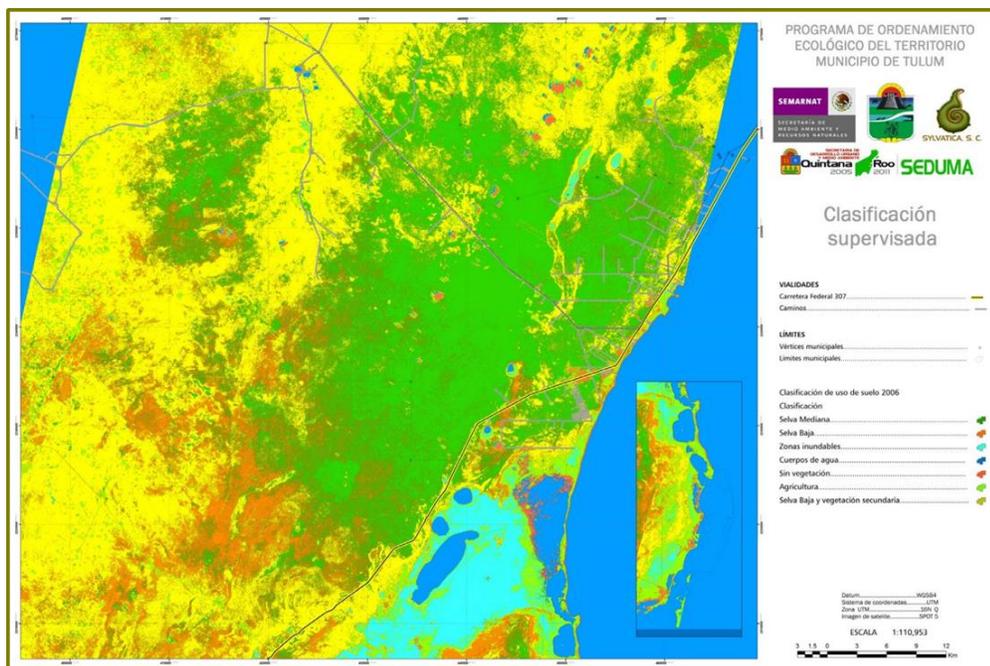
Esta etapa consistió en la captura y procesamiento de los datos obtenidos del muestreo, para ello fue necesario generar una base de datos con los valores de las variables obtenidas. Una vez estructurada dicha base se procedió a la obtención de parámetros de los tipos de vegetación encontrados, tal y como sugiere Mostacedo y Fredericksen (2000), donde los parámetros de diámetro medio, cobertura, y abundancia nos permiten obtener referencia de las condiciones en las que se encuentra la vegetación. Con estos datos es posible obtener un índice de diversidad, el cual será integrado junto con otros parámetros en la etapa de diagnóstico, en la cual el objetivo será determinar el estado en el que se encuentran los tipos de vegetación identificados en campo junto con el análisis de imágenes de satélite mencionado anteriormente.

### 2.2.7.6. Distinción de tipos de vegetación.

La delimitación de los tipos de vegetación fue establecida con base en una clasificación supervisada, sin embargo, las condiciones espectrales entre la vegetación de selvas bajas y vegetación secundaria derivada de selva mediana imposibilitaron su distinción, por tal motivo, fue necesario recurrir a una clasificación de cubiertas vegetales en base a los resultados de los sitios muestreados (tipo de vegetación observada en campo) y la variación espacial del NDVI. La clasificación de entidades vegetales obtenidas fue comparada con la cartografía de uso de suelo vegetación del INEGI serie III (véanse las figuras correspondientes).

La clasificación de coberturas utilizando el NDVI resultó más consistente con los datos además de efectiva dado que dicha imagen no sólo puede reflejar el comportamiento espectral de la vegetación sino patrones particulares del relieve. Esto último de gran importancia, ya que en el trabajo de campo fue posible observar que las Selvas Bajas con frecuencia se encuentran asociadas a zonas inundables con patrones intrínsecos de conformación del relieve. De modo tal que la discriminación de coberturas además de incluir un análisis espectral requirió un análisis de los patrones de elevación presentes en el municipio, para lo cual fue de gran utilidad el Modelo Digital de Elevación que será descrito en el siguiente apartado.

**Figura 40 Clasificación supervisada.**



**Figura 41 Clasificación de entidades vegetales con base en NDVI.**

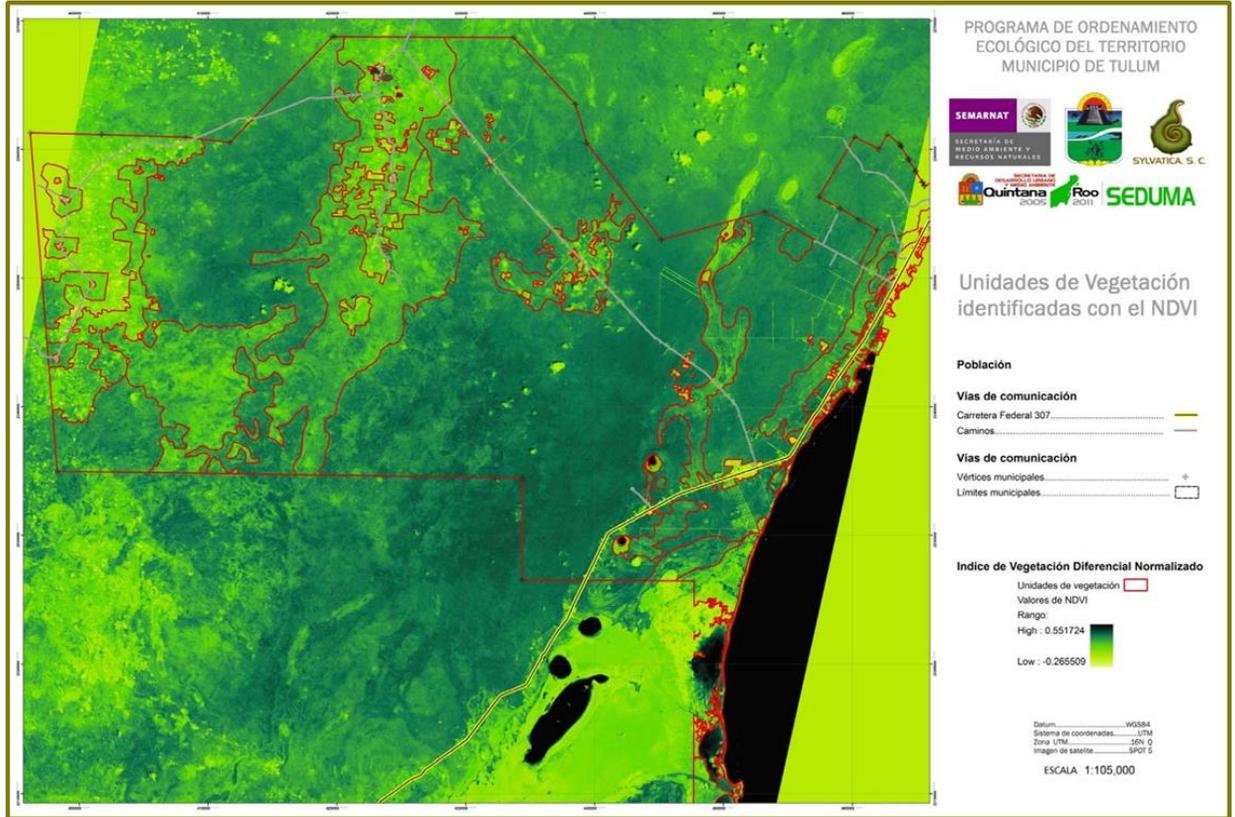
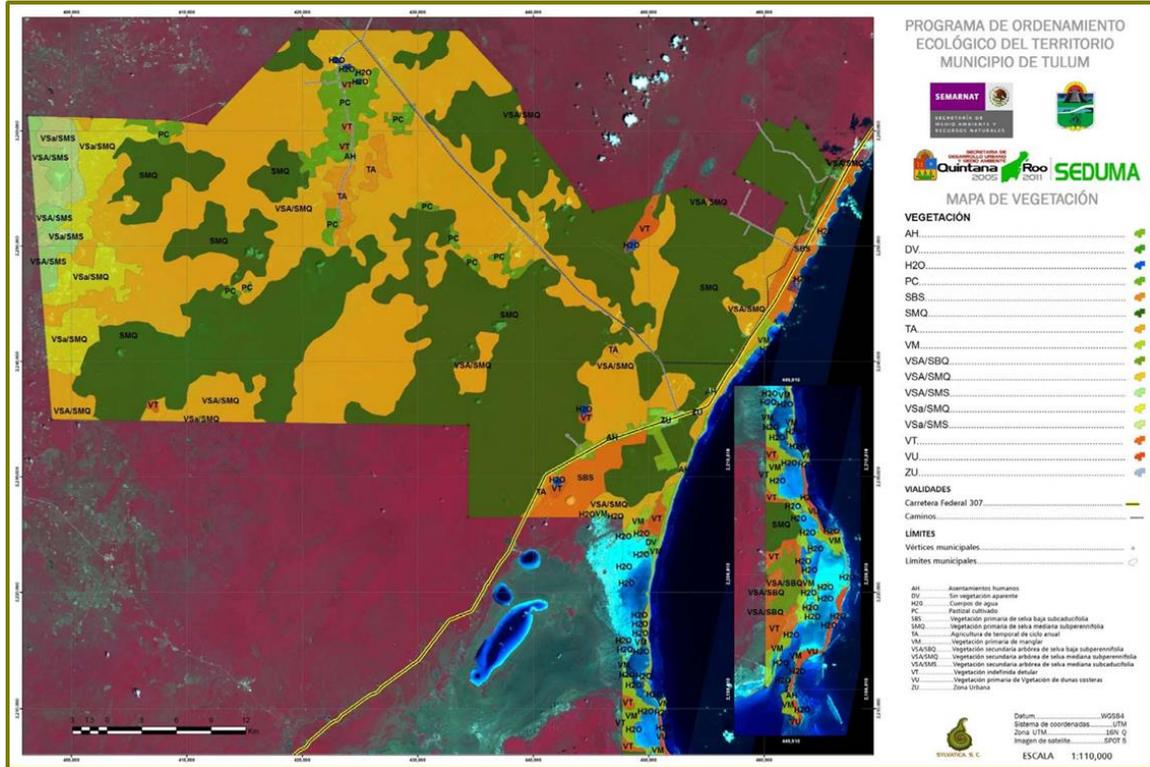


Figura 42 Tipos de vegetación de acuerdo con INEGI.



### 2.2.7.7. Metodología para vegetación de manglar

El primer paso consistió en la obtención de material fotográfico y de imágenes de satélite del municipio, para lo cual se contó con el apoyo de la SEDUMA para la utilización de cuatro imágenes SPOT del año 2006 y cuatro más del año 2009, así mismo se utilizaron las ortofotos aéreas del INEGI del año 2004 del banco de información de Sylvatica, S. C, así como las fotografías aéreas del INEGI, series 1991 y 2001. Debido a la limitada la resolución o cobertura de las imágenes disponibles, se consideró necesario realizar un vuelo para fotografiar la zona costera, para este fin se llevó a cabo un vuelo el día 3 de septiembre de 2010, en una avioneta Cessna 206, matrícula XA-TDE, el vuelo se realizó a una altura de 6,000 pies y se realizó la toma de fotografías verticales del territorio, en la medida de lo posible.

Las fotografías se tomaron con una cámara digital marca Canon, modelo 5d Mark II, con una resolución de 21 megapíxeles, por lo que se obtuvieron imágenes digitales con un tamaño de píxel menor de 50 cm. De esta manera se obtuvo un material con una resolución muy adecuada para el análisis de la vegetación. La cámara fue facilitada para este trabajo por parte de la SEDUMA.

Las imágenes SPOT y las Ortofotos del INEGI se cargaron en el Mapa Base en el sistema de coordenadas UTM, referido al Datum WGS 84, Zona 16 N, posteriormente, se utilizaron estas imágenes como referencia para realizar el montaje o georreferenciación de las fotografías digitales. Las imágenes se insertaban en el SIG y con la utilización de la herramienta de georreferenciación se cargaron algunas de las fotografías, a las que se les establecían entre 10 y 30 puntos de control, y dependiendo de la deformación de la imagen se utilizaba alguno de los métodos de ajuste, a la primera, segunda o tercera polinomial, siendo esta última con la que se logró la mejor georreferenciación. De esta manera se realizó la corrección de las fotos digitales, reduciendo la curvatura de las mismas.

Con este procedimiento se realizó la ubicación de las fotografías digitales sobre las Ortofotos del INEGI, desde el límite Norte del municipio a la altura de la caleta de Yalku, hasta la Punta Cadena. A partir de este sitio se utilizaron las imágenes SPOT, y los datos obtenidos en la georreferenciación de las vialidades y caminos, obtenidos con GPS portátiles marca Garmin, modelos GPS 72 y GPS 76.

Una vez que se logró llevar a cabo la georreferenciación de las imágenes, se realizó el trazo de las áreas ocupadas por manglar, en el programa Arc GIS 9.2 para lo cual se creó la capa correspondiente a la vegetación de manglar.

#### 2.2.7.8. Trabajo de Campo

Con la finalidad de conocer las características de los manglares presentes en el municipio se establecieron 22 sitios de muestreo distribuidos principalmente en la zona ubicada entre Tulum y Akumal, y con una intensidad menor en Sian Ka'an. En el cuadro 14 se presenta la ubicación de los mismos.

**Cuadro 14 Coordenadas de los sitios de muestreo.**

SITIO	X	Y	TIPO DE MANGLE	LOCALIDAD
1	468,010	2,256,791	Chaparro Denso	Yalku al final de relleno de sascab
2	467,894	2,256,736	Manglar de Borde	Yalku
3	467,832	2,256,637	Chaparro Denso	Akumal
4	467,325	2,255,491	Manglar Mixto	Akumal
5	458,768	2,240,945	Manglar de Borde	Brecha al Sur del Cenote Tankah borde W
6	458,824	2,240,909	Chaparro Denso	Brecha al Sur del Cenote Tankah Parte Central
7	460,028	2,242,443	Chaparro Denso	Brecha al Sur de Punta Soliman
8	463,291	2,249,122	Manglar de Borde	Acceso a Xcaceal
9	465,414	2,252,825	Manglar Mixto	Acceso a Akumal Caribe
10	464,816	2,252,347	Manglar Mixto	Manglar Continental Bahía Príncipe
11	465,109	2,251,880	CH_Disperso	Aventuras Akumal
12	465,018	2,251,931	Manglar Mixto	Bahía Príncipe
13	462,727	2,247,476	Asocc Pura	Xcacealito I

14	462,807	2,247,565	Asocc Pura	Xcachelito II
15	463,573	2,249,414	Manglar Mixto	Xcachel N
16	455,120	2,235,878	Manglar Mixto	Manglar N Tulum Ruinas
17	454,834	2,235,357	Manglar Mixto	Manglar Tulum Ruinas Camino de acceso
18	454,347	2,235,046	Marisma	SW Tulum Ruinas
19	460,754	2,243,413	Chaparro Denso	S Punta Soliman cerca de Cenote
20	460,195	2,244,130	Continental	Rancho al W de Punta Soliman
21	459,397	2,243,111	Continental	Rancho San Ignacio
22	450,731	2,223,824	Manglar de Borde	Capechen, Sian Ka'an

La razón por la cual no se realizaron más sitios dentro de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an es porque esta zona está dedicada a la protección y conservación de los recursos naturales, además de que los usos en esta zona dependen del Programa de Manejo, y el Programa de Ordenamiento Ecológico de la Zona Costera de Sian Ka'an.

El trabajo de campo se llevó a cabo en dos periodos, el primero del 7 al 9 de septiembre y el segundo del 21 al 23 de septiembre. Durante la realización de estos trabajos se contó con la participación de la Bióloga Liliana Ximena López de la Asociación Amigos de Sian Ka'an quien participó en los muestreos de la primera semana y el Biol. Christopher González Baca, del Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) quien participó en la segunda salida de campo, ambos participaron activamente en el levantamiento de datos en los sitios de muestreo y aportaron comentarios y esfuerzo que complementó el trabajo en la zona.

Utilizando las coordenadas de cada sitio establecido se procedió a llevar a cabo el muestreo de la vegetación de manglar, para lo cual se consideró adecuado el muestreo de una parcela cuadrada de 5 m x 5 m (25 m<sup>2</sup>), no se consideró viable la realización de sitios más grandes (10 x 10 m) ya que el esfuerzo del muestreo hubiera prolongado innecesariamente los trabajos de campo.

En cada sitio se contó la totalidad de los individuos presentes sin importar el diámetro ni la altura de los mismos, así mismo, se realizó la medición de los diámetros de los troncos principales (cuando esto fue posible) y la de las raíces aéreas que se encontraban dentro del cuadrante.

Para delimitar el cuadrante se empleó una cinta métrica o una cuerda metrada, con las que se determinaban los vértices del sitio. En cada esquina se ubicaba alguna rama o tronco o raíz, en las que se amarró cinta flagging. Así mismo se determinó la coordenada de cada sitio con el empleo de un Geoposicionador Satelital marca Garmin, modelo GPS 72 con capacidad de recepción de 12 satélites, con sistema de precisión WAAS activado, lo que permitió trabajar con una precisión de  $\pm 2$  m.

En cada sitio se realizaron las determinaciones de los parámetros fisicoquímicos básicos, (Salinidad (ppm), Temperatura del agua (°C) y oxígeno disuelto (mg/l), con el empleo del multimetro marca Yellow Spring Instruments, modelo YSI 85.

Con la finalidad de tener una aproximación en cuanto a la prestación de servicios ambientales de los manglares, se determinaron de manera adicional, el nivel de inundación presente, la presencia de peces, la comunicación con el mar o con el acuífero subterráneo, la determinación de las posibilidades de la zona como sitio de refugio, percha, anidación, alimentación, alevinaje de especies marinas y reproducción, éstos últimos se determinaron mediante la observación directa en el sitio y en los alrededores.

Los datos obtenidos en campo se capturaron en una hoja electrónica de Excel, en donde se realizaron las conversiones matemáticas necesarias. Se realizó la determinación de los siguientes parámetros:

- Altura del arbolado

Se obtuvo de manera directa mediante la medición de los individuos de mayor altura o bien mediante la estimación de la misma. Se expresó en metros lineales.

- Individuos por hectárea

Los valores obtenidos para el número de individuos de una especie se dividieron entre 25 y se multiplicó por 10,000 de esta manera se realizó la transformación a individuos por hectárea.

- Diámetro

Debido a que algunas mediciones se realizaron con cinta métrica, fue necesario transformar los datos de perímetro a diámetro mediante la siguiente fórmula:

$$D = P/3.1416/100$$

*En donde:*

D = Diámetro.

P = Perímetro en centímetros

El diámetro resultante se encuentra expresado en metros lineales.

- El Área Basal o Área Basimétrica se determinó mediante la siguiente fórmula:

*En donde:*

$$AB = 0.7854 \times d^2$$

En donde:

$$AB = \text{Área Basal en m}^2 \quad 0.7854 = \frac{1}{4} \text{ de Pi}$$

$$d^2 = D \text{ en metros elevado al cuadrado.}$$

□ **Análisis Cluster:**

Con la finalidad de poder conocer el grado de similitud entre los sitios de muestreo, en los diferentes parámetros que se analizaron, se aplicó un análisis cluster con el empleo del paquete estadístico StatistiXL, versión 1.8, que utiliza MS Excel como plataforma de trabajo. Se aplicó el método de medición distancia/similitud de Byrne – Curtiss, para una muestra de datos cuantitativa, con el método de cluster basado en los promedios de grupo.

El resultado de este análisis se expresa mediante un dendrograma en el que aparecen unidos por líneas los sitios que presentan mayor similitud. En escala horizontal de la gráfica se indica la distancia o separación que existe en la similitud de determinado parámetro en cada sitio, por lo que entre más cerca se encuentren del cero dos o más sitios que estén unidos por una línea, más parecidos son.

Cabe mencionar que posterior a las brigadas de campo mencionadas fue necesario establecer un recorrido de inspección sobre la superficie de manglar con mayor mayor extensión para corroborar la presencia de manglar, el recorrido consistió en un transecto de aproximadamente 4.5 km de distancia (Figura 43).

**Figura 43 Recorrido de inspección.**



Los datos obtenidos del recorrido fueron utilizados para generar una clasificación supervisada de la imagen de satélite SPOT y de esta forma modificar los límites del polígono que define la distribución de manglar en el municipio de Tulum.

Una vez que se logró integrar el mosaico de fotografías aéreas georreferenciado, se procedió al trazado de las superficies ocupadas por manglares, para este fin se fijó una escala cartográfica de 1:2,500, dado que la resolución espacial de las imágenes es muy alta (Tamaño del pixel de 40-50cm) y permitió tener un área mínima cartografiable de 6.5 m<sup>2</sup>

Con base en la metodología descrita anteriormente, se tiene que en el municipio de Tulum fueron identificados seis tipos de vegetación y un uso agrícola: Selva Mediana Subperennifolia (SMQ), Selva Baja Subcaducifolia (SBS), Vegetación Secundaria derivada de Selva Mediana Subperennifolia (VS/SMQ), Vegetación de duna (VD), Sabanas (Sab), Manglar (VM) y Cultivos de maíz (Ag).

#### **2.2.7.9. Selva baja subcaducifolia**

La mayor parte de la Selva Baja Subcaducifolia se presenta a manera de franja longitudinal que corre adyacente a la Carretera Federal No. 307, por lo que se desarrolla hacia ambos lados de ella. Sin embargo, aunque en mucho menor proporción, también se presenta al interior del Municipio (Al Oeste de la Carretera Federal 307), donde está asociada a zonas bajas que circundan tres cuerpos lagunares denominados Laguna Chumkopó y Laguna la Unión, ubicadas al Suroeste de la ciudad de Tulum, y la Laguna El Continente, ubicada al Noroeste de la misma Ciudad. Se anticipa que este tipo de vegetación también se distribuye en las áreas bajas, sujetas a encharcamientos, cercanos a los cuerpos lagunares de Coba, Laguna verde y Laguna Nochacam, ubicadas en la porción Noroeste del Municipio, más o menos cerca de los límites con el Municipio de Solidaridad y el Municipio de Lázaro Cárdenas (INEGI, 2009).

El resultado de la revisión documental preliminar permitió seleccionar sitios idóneos para realizar algunos recorridos y verificar en primer lugar la presencia de esa comunidad vegetal, así como sus condiciones. Esto se realizó para la Zona Costera del Municipio y debido a que en el área continental adyacente a Chemuyil y Chemuyilito se encuentran múltiples áreas bajas propicias a inundaciones periódicas donde la Selva Baja Subcaducifolia está bien representada, por lo que se consideró adecuado utilizarla para fines del presente estudio, asumiendo que dicho tipo de vegetación presentará condiciones similares a lo largo de toda la franja costera donde se desarrolla bajo el criterio de ha estado, y está, expuesta a los mismos eventos naturales y antropogénicos que mantienen su condición actual.

En la zona costera indicada, se realizaron estudios descriptivos durante 15 jornadas de trabajo, en distintos puntos a manera de cubrir la mayor parte ocupada por ese tipo de vegetación. El predio, desde la playa en el límite Este hasta el lindero Oeste. La técnica utilizada fue de transectos, que permitieron cubrir la extensión transversal de la franja ocupada por Selva Baja Subcaducifolia.

Para complementar la información respecto a este tipo de vegetación, se utilizaron los resultados de campo realizados en los sitios ubicados al interior de la zona continental del Municipio, área que se refiere a la porción Oeste del mismo a partir de la Carretera Federal no. 307 en su límite Oeste. De los 18 sitios registrados en esa área, dos corresponden a vegetación de selva baja sub caducifolia. Se trata de los sitios 19 y 14, el primero ubicado en las inmediaciones de la Lagunas Chumkopó y la Unión y el segundo en las inmediaciones de la Laguna El Continente, localizado cerca de la Carretera Tulum-Coba, aproximadamente a 5.5 km de la Ciudad de Tulum.

La vegetación de Selva Baja Subcaducifolia fue descrita por Rzedowski (1981) como propia de regiones de clima cálido y dominado por especies arborescentes que pierden sus hojas en la época seca del año, que por lo general es de seis meses. De acuerdo con este autor, dentro de los tipos de vegetación de clima cálido reportados para México y siguiendo el gradiente de mayor a menor humedad a este tipo de vegetación le corresponde el lugar entre el bosque tropical subcaducifolio y el bosque espinoso.

Olmsted et al. (1983) describen este tipo de vegetación para Sian Ka'an con el nombre de Selva Baja Subcaducifolia, caracterizada por vegetación que alcanza de 8 a 9 m con árboles de 2 a 9 m de altura. Está dominado por numerosos individuos de menos de 2 cm de diámetro, los cuales usualmente no tienen más de 2 a 3 m de altura.

En este tipo de selva hay gran cantidad de bajos con suelo de ak'alche que se inundan durante la época de lluvias y forman charcos dispersos entre la selva. Otras especies que caracterizan a este tipo de vegetación son: *Gymnopodium floribundum*, *Myrcianthes fragans*, al menos en la zona de Chemuyil, donde existe una amplia zona ocupada por Selva Baja Subcaducifolia.

De acuerdo con estos autores los terrenos ocupados por las selvas bajas subcaducifolias aparentemente no están alterados por el hombre, tal situación posiblemente debido a la baja potencialidad agrícola de los suelos del tipo Chac-luum. Sin embargo, en algunos sitios del corredor Cancún-Tulum la vegetación de selva fue eliminada para el establecimiento de ranchos ganaderos, actualmente en abandono por su baja productividad.

La Selva Baja Subcaducifolia, se distingue del resto de la vegetación circundante porque se desarrolla en zonas sujetas a periodos variables de inundación. De acuerdo con Olmsted et al. (1983) tal descripción corresponde a Selvas Bajas Subcaducifolias inundables. La vegetación tiene el dosel cerrado y en general se presentan dos estratos dominantes, el arbóreo y el arbustivo, en el cual la palma chit (*Trinax radiata*) y el sulub (*B. tubiflora*) adquieren gran importancia por su abundancia ya que dominan la mayor superficie de este nivel. En general, la Selva Baja Subcaducifolia presenta altura máxima de 8 a 10 m y el porcentaje de individuos sin follaje es inferior al 20%.

En la zona costera, con base a estudios de caracterización ambiental realizados en la zona de Chemuyil, la composición florística registrada en las áreas ocupadas por Selva baja sub caducifolia ascendió a un total de 57 especies. Sin embargo, Durán (1986) quien realizó un estudio en dos localidades con esta comunidad vegetal, reportó un total de 101 especies para la zona de Xel-Ha.

En los dos sitios de muestreo, se obtuvo un registro de 88 especies. Entre las especies de mayor abundancia se encuentran el Palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), Chicozapote (*Manilkara zapota*), Yaite (*Gymnanthes lucida*), *Sebastiania adenophora* y *Coccoloba cozumelensis* (Cuadro 15).

**Cuadro 15 Listado de especies propias de la Selva Baja Subcaducifolia. A: Árbol; a: arbusto; h: herbácea; e: epífita.**

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA DE VIDA
Acanthaceae	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Sulub	h
Amaryllidaceae	<i>Agave angustifolia</i>	Babki	h
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem	A
	<i>Spondias</i> sp.	Abal	A
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i>	Flor de mayo	A
	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits	A
Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Hoja de cuero	h
Bromeliaceae	<i>Aechmea bracteata</i>	Xchu	e
	<i>Tillandsia dasiliriifolia</i>	Humpets'k'in	e
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chaca	A
Cactaceae	<i>Nopalea gaumeri</i>	Tsakam	h
	<i>Selenicereus testudo</i>	Pitaya tortuga	h
	<i>Selenicereus donkelaarii</i>	Choh kan	h
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i> var. <i>erectus</i>	Mangle botoncillo	A
	<i>C. erectus</i> var. <i>Seríceea</i>	Mangle botoncillo	A
	<i>Diospyros verae-crucis</i>		h
	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil	h
Gramineae	<i>Sporobolus virginicus</i>	Zacate	h
Leguminosae	<i>Acacia cornígera</i>	Subín	a
	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamche	A
	<i>Lysiloma latisiliqua</i>	Tzalam	A
	<i>Pithecellobium keyense</i>	Xocoy	A
	<i>Piscidia piscipula</i>	Ha'abin	A
	<i>Senna racemosa</i>	Xkanlol	h
Liliaceae	<i>Beaucarnea ameliae</i>	Despeinada	A
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua	A
	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo	a

Moraceae	<i>Ficus tecolutensis</i>	Matapalo	A
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragans</i>	Guayabillo	A
	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo	A
Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi	h
Orchidaceae	<i>Myrmecophyla tibicinis</i>	Hom-ikim	e
Palmae	<i>Chamaedorea seifrizii</i>	Xiat	p
	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax	p
	<i>Pseudophoenix sargentii</i>	Kuka	p
	<i>Sabal yapa</i>	Huano	p
	<i>Thrinax radiata</i>	Chit	p
Polygonaceae	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	Sakboob	a
	<i>C. cozumelensis</i>	Tohyub	a
	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'its'ilche'	A
Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>	Cruceta	a
Sapotaceae	<i>Bumelia retusa</i>	Puts'mukuy	A
	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	A
Solanaceae	<i>Solanum verbascifolium</i>	Tomatillo	a
Theophrastaceae	<i>Jacquinia aurantiaca</i>	Chak si'ik	A
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'axnik	A

En este tipo de vegetación se distinguen dos estratos que predominan, el arbóreo y el arbustivo. El estrato herbáceo es incipiente y representado por pocas especies. En el cuadro 16 se indican las especies dominantes en los estratos de la vegetación de selva baja sub caducifolia existente en la zona de Chemuyil, en la porción Sur de la zona costera del Municipio de Tulum.

La altura promedio del estrato arbóreo en la vegetación registrada fue de 7 m a 8 m y los mayores diámetros alcanzan 30 cm que corresponden a individuos de guayabillo. En cuanto a su composición florística, en este estrato las especies dominantes son chaca (*B. simaruba*), guayabillo (*M. fragans*), flor de mayo (*P. rubra*) palma chit (*T. radiata*), chicozapote (*M. zapota*), palma kuka (*P. sargentii*), chechem (*M. brownei*) y el Jabin (*Piscidia piscipula*).

**Cuadro 16 Listado de especies dominantes de la Selva Baja Subcaducifolia. existentes en la zona costera Chemuyil.**

ESPECIES DOMINANTES POR ESTRATO		
ARBÓREO	ARBUSTIVO	NOMBRE COMÚN
<i>Bursera simaruba</i>	<i>Coccothrinax readii</i>	
<i>M. fragans</i>	<i>T. radiata</i>	<i>Sporobolus virginicus</i>
<i>P. rubra</i>	<i>B. tubiflora</i>	<i>Bravaisia tubiflora</i>
<i>T. radiata</i>	<i>Randia aculeata</i>	<i>Agave angustifolia</i>
<i>M. zapota</i>	<i>Bumelia retusa</i>	<i>Senna racemosa</i>
<i>P. sargentii</i>	<i>G. floribundum</i>	<i>Neea psychotrioides</i>

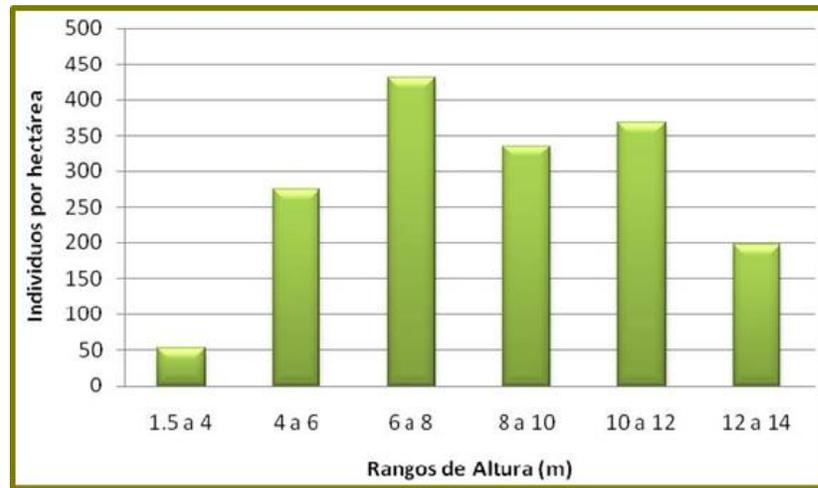
<i>M. brownei</i>	<i>Malvaviscus arboreus</i>	<i>Anthurium schlechtendalii</i>
<i>Piscidia piscipula.</i>	<i>Sabal yapa</i>	

La palma chit adquiere un papel importante en este tipo de vegetación ya que presenta gran cantidad de individuos tanto en el estrato arbóreo como en el arbustivo. En general en la zona de Chemuyil se presentan en promedio de 500 a 700 palmas/ha, con un máximo de hasta 760 palmas/ha. Adicionalmente, en el estrato arbustivo se presentan numerosos individuos de palma nacax, lo que genera una alta abundancia de palmas y otorga una fisonomía muy especial al predio, ya que se trata de especies endémicas y protegidas por la Norma Oficial mexicana. Estas dos palmas junto con el sulub (*B. tubiflora*) alcanzan una cobertura cercana al 80%. Se encuentran además la cruceta (*Randia aculeata*), el puts'mukuy (*Bumelia retusa*), ts'its'ilche (*G. floribundum*), tulipancillo (*Malvaviscus arboreus*) y la palma de guano (*Sabal yapa*). Las epífitas encontradas en este tipo de vegetación dentro del área de estudio son la bromelia xchu (*Aechmea bracteata*), pitaya tortuga (*Selenicereus testudo*), choh kan (*Selenicereus donkelaarii*). Esta asociación vegetal se desarrolla sobre suelos poco evolucionados, de escasa profundidad (5-10 cm) y elevada pedregosidad, su textura es arcillo-limosa y de color negro cubierto por hojarasca.

De acuerdo a Olmsted, et al. (1983), la vegetación de Selva Baja Subcaducifolia alcanza una altura promedio 7 a 8 m y una altura máxima de 10 m. Con base en las observaciones realizadas a lo largo del recorrido de transectos realizados en la zona zona de Chemuyil y Chemuyilito, se observó que la estructura vertical de este tipo de vegetación está conforma por un estrato arbóreo que alcanza una altura promedio de 7 a 8 m y una altura máxima de hasta 10 m; datos que concuerdan con la descripción de Olmsted. En los sitios explorados al interior del Municipio de Tulum, las alturas promedio registradas en este tipo de vegetación se encuentran por debajo de lo reportado por Olmsted, sin embargo, la diferencia es mínima. Otra diferencia observada respecto al tema de las alturas consiste en que en ambos sitios se registraron individuos con alturas máximas mayores a las reportadas por el mismo autor. Estos resultados se detallan a continuación. En la comunidad de vegetación de Selva Baja Subcaducifolia ubicada al interior del municipio, se registraron alturas promedio de 6.54 m y 6.82 m en los sitios 14 y 19 (Laguna el continente y Laguna Chumkopo) respectivamente.

Pese a que en el Sitio 14 (Laguna el continente), la altura promedio fue de 6.54 m, se registró un individuo de la especie *Gymnanthes lucida* con altura de 16 m, y uno más *Platymiscium yucatanum* con altura de 15 m, que resultaron los individuos más altos del lugar. En el Sitio 19 (Laguna Chumkopo) la altura máxima registrada fue de 15 m representado por un individuo de *Metopium brownei*, con 12 m se presentó un individuo de *Gymnopodium floribundum*. En éste se registraron más individuos con altura de 10 m entre los que destacan las especies *Manilkara zapota*, *Vitex gaumeri*, *Lysiloma latisiliquum*. Considerando los datos obtenidos en los tres sitios, la altura máxima registrada fue de 16 metros y corresponde a un individuo de *Gymnanthes lucida* registrado en el Sitio 19. Un comparativo de las alturas promedio y alturas máximas de la vegetación de selva baja subcaducifolia registrada en las tres zonas (Sitio 14 y 19 y la zona costera).

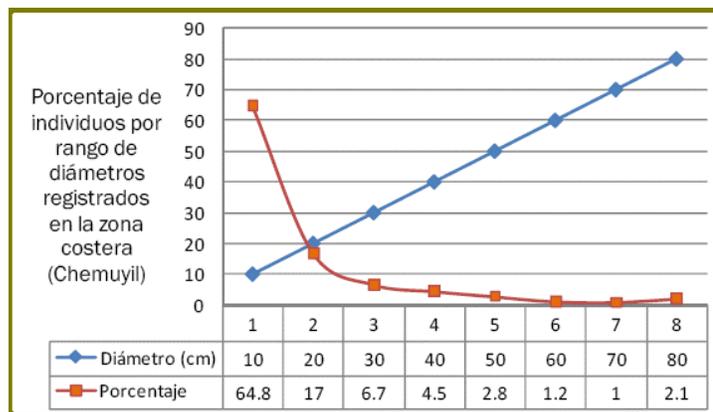
**Figura 44 Clases de alturas presentes en la SBS.**



El análisis de los diámetros obtenidos de todos los individuos arbóreos y arbustivos registrados en la zona de Chemuyil, muestra una marcada abundancia de individuos jóvenes y pocos adultos; lo que indica una condición adecuada de la vegetación y la comunidad presenta una estructura de tallos normal (Figura 75).

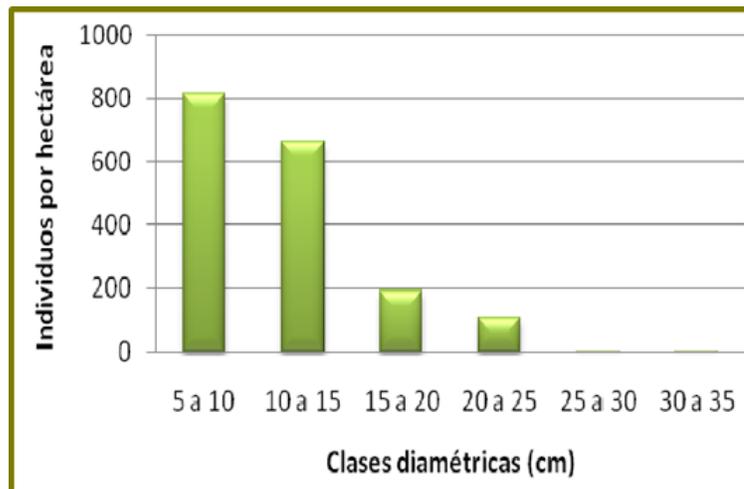
En general esta comunidad vegetal muestra efectos de deterioro y perturbación originados por eventos ciclónicos naturales y una elevada extracción de recursos vegetales, debido a que en esta comunidad abundan especies como la palma Kuka (*Pseuphoenix sargentii*) y la Despeinada (*Beaucarnea pliabilis*), de valor ornamental, por lo que tienen una gran demanda en la jardinería local.

**Figura 45 Resultados del análisis de medidas de diámetros registradas en árboles y arbustos en vegetación de selva baja subcaducifolia en la zona de Chemuyil.**



En cuanto a los diámetros registrados en los sitios ubicados al interior del Municipio se tienen los siguientes resultados: En el sitio 19 las especies registradas presentaron diámetro promedio de 12.2 cm y diámetro máximo de 25.5 cm. Éste último correspondía a un individuo de *Lysiloma latisiliquum*. En el sitio 14 se registró un diámetro promedio de 15.68 cm y destaca la presencia de numerosos individuos con diámetros de 30 cm de la especie *Manilkara zapota*, siendo el de mayor diámetro un individuo con 40 cm de esa misma especie. La gráfica con las clases diamétricas registradas para la SBS se encuentra representada en la Figura 46.

**Figura 46 Distribución de las clases diamétricas presentes en la SBS.**



#### **2.2.7.10. Selva mediana subperennifolia.**

Esta selva se encuentra en el área que cuenta con la mayor precipitación en la Península con un promedio anual de 1300 mm, asimismo, presenta una época en la que la precipitación pluvial escasea, sin embargo durante esta temporada de secas la precipitación puede alcanzar hasta 191 mm al año, lo cual contribuye a que este ecosistema se desarrolle a pesar de las condiciones adversas. La condición de subperennifolia se debe a que entre el 25 y 50 % de los árboles pierden las hojas durante la temporada de secas.

Los suelos de estas selvas derivan principalmente de materiales calizos de diversas características; en la mayoría de los casos los suelos son muy someros de colores oscuros y con abundantes contenidos de materia orgánica. Su drenaje es por lo general muy rápido debido al sustrato calizo de la Península de Yucatán.

Este tipo de vegetación es el más extenso del estado de Quintana Roo (Flores y Espéjele, 1994). En el Municipio de Tulum presenta el mayor número de especies vegetales encontradas dentro del área de interés con aproximadamente el 60.81% de la composición vegetal total del Municipio, es decir 180 especies distribuidas en 52 familias, de las cuales la Fabacea, Orquidace, Bignonacea y Rubiacea son las que tienen mayor representación de especies con 22 y 13 respectivamente para las dos primeras y 10 para las últimas dos.

Esta comunidad vegetal presenta tres tipos de estratos bastante diferenciados: arbóreo, arbustivo y herbáceo, mismos que aparecen en diferentes formas biológicas: árboles, arbustos, hierbas, palmas, bejucos y epífitas; siendo los árboles la forma de vida dominante con 85 especies y la menor las palmas con apenas 4.

Por otro lado, los árboles de esta selva, al igual que los de la selva alta perennifolia, tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas. Este aspecto de la comunidad descrita estuvo acorde a lo observado en campo, ya que el área de estudio cuenta con una gran cantidad de especies condicionadas a este tipo de vida, principalmente de la familia Orchidaceae y algunas de la familia Araceae. En la Figura 77 se muestran algunos ejemplares adaptados a esta condición.

En lo referente a las palmas, solamente se encontraron dos individuos de Nacax (*Coccothrinax readii*) en forma de vida arbustiva en uno de los sitios muestreados en el Sur del pueblo de Tulum, así como dos Guanos (*Sabal mexicana*), una Palma xiat (*Chamaedorea seifrizii*) en el Oeste del Municipio y aunque dentro de los sitios de muestreo no se registraron individuos de Palma chit (*Thrinax radiata*), si se observaron cerca de la Carretera Federal que atraviesa el Municipio. Esto tal vez se debe a que el mayor número de palmas se distribuye más cerca de la línea de costa.

**Figura 47 Algunas de las especies epífitas registradas.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C. /GBU, 2010.

La vegetación de Selva Mediana Subperennifolia del Municipio de Tulum se ha visto disminuida debido a dos factores principales, eventos ciclónicos naturales e impactos antropogénicos. Los impactos naturales detectados son en su mayoría referidos a árboles derribados de raíz o con los troncos astillados como resultado del impacto de los huracanes sobre el área, en particular el huracán Gilberto y Emily, que en 1988 y 2005 afectaron respectivamente la zona y aún permanecen huellas de su paso. Adicionalmente a ello, algunos troncos de árboles derribados se encuentran quemados, posiblemente durante alguno de los múltiples incendios que afectaron la zona después del paso de Gilberto.

En lo que se refiere a las afectaciones causadas por el hombre, durante los trabajos de campo se pudo constatar que parte de Selva ubicada cerca de centros de población han sido chapeadas o desmontadas completamente para designarle otros usos, entre los que destacan parcelas de cultivo, caminos, asentamientos humanos, la apertura de bancos de material pétreo, que incluso ya han sido abandonadas y debajo de las líneas de energía eléctrica de alta tensión (Figura 48).

Lo anterior ha provocado que estas áreas afectadas sean colonizadas por especies oportunistas que dan lugar a un tipo de vegetación secundaria derivada de este tipo de selva.

**Figura 48 Áreas de selva con afectaciones antropogénicas.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C. /GBU, 2010.

De acuerdo a los resultados del muestreo establecido, las especies con mayor número de individuos registrados en la SMQ se muestran en la Cuadro 17, de las cuales la mayoría corresponde a especies arbóreas, mientras que como arbustiva sólo aparece *Erythroxylum areolatum* y una palma *Sabal yapa*.

**Cuadro 17 Listado de especies representativas de Selva Mediana Superennifolia.**

**A: Árbol; a: arbusto; h: herbácea; e: epífita.**

FAMILIA	ESPECIE	FORMA DE VIDA
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	A
Annonaceae	<i>Malmea depressa</i>	A
Apocynaceae	<i>Aspidospermum cruentum</i>	A
Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	p
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	A
Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	A
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	a
Euphorbiaceae	<i>Croton reflexiflorus</i>	A
Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	A
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	A
Myrtaceae	<i>Eugenia buxifolia</i>	A

Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	A
Polygonaceae	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	A
	<i>Coccoloba spicata</i>	A
Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	A
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	A
	<i>Pouteria unilocularis</i>	A
Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	A
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	A

El estrato arbóreo domina claramente sobre los demás estratos (Figura 49) y está dominado principalmente por especies como Tzalam (*Lysiloma latissiliquum*), Chacah (*Bursera simaruba*), Chechem (*Metopium brownei*), Siilil (*Diospyros cuneata*) y Káanchunup (*Thouinia paucidentata*), ya que son las especies que cuentan con mayor número de individuos y tienen un amplio rango de distribución dentro del municipio. Las especies que siguen en estos rubros son Tadzi (*Neea psychotrioides*), Ya'axnik (*Vitex gaumeri*), Kitam che' (*Caesalpinia gaumeri*), Katalox (*Swartzia cubensis*) y Boob (*Coccoloba spicata*).

**Figura 49 Estrato arbóreo de la Selva Mediana Subperennifolia.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C. /GBU, 2010.

Dentro de este tipo de estrato la altura promedio fue de 10.61 m y la altura máxima de 19 m que corresponde a un individuo de Bayo (*Aspidosperma cruetum*), así mismo los diámetros arrojaron un valor promedio de 15.76 cm y se encontró un individuo de Ya'axnik (*Vitex gaumeri*) con 70 cm de diámetro, el valor más alto registrado.

Para el estrato arbustivo se halló una menor diversidad en comparación con el estrato arbóreo, y está compuesto por especies arbustivas como el Siliil che (*Diospyros cuneata*), Pata de vaca (*Bahuinia divaricata*), Perescuts (*Croton reflexifolius*), entre otras (Figura 50); así como algunas especies arbóreas comunes de selvas medianas en regeneración o en desarrollo como Siliil (*Diospyros cuneata*), Káanchunup (*Thouinia paucidentata*), Sak boob (*Coccoloba cozumelensis*), Chacah (*Bursera simaruba*), y Zapote (*Manilkara zapota*). En el caso de algunas especies a pesar de que ciertos individuos sobrepasaban los 10 m de altura, el diámetro del tallo no alcanzaba los 10 cm por lo que no se consideraron dentro del estrato arbóreo. La altura promedio de los individuos pertenecientes a este estrato fue de 8.26 m y la máxima de 19 m perteneciente un individuo de Subin che' (*Platymiscium yucatanum*).

Por otro lado, entre los valores obtenidos durante las mediciones del diámetro de los individuos registrados dentro de este estrato, se obtuvo un valor promedio de 6.89 cm y un valor máximo de 9.9 cm pertenecientes a individuos de las especies Chacah (*Bursera simaruba*), Siliil (*Diospyros cuneata*) y Tadzi (*Neea psychotrioides*).

**Figura 50 Estrato arbustivo de la Selva Mediana Subperennifolia.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C. /GBU, 2010.

Dentro del estrato herbáceo se observaron 7 especies con mayor frecuencia, cuatro arbustos *Randia aculeata*, *Bahuinia divaricata*, *Croton reflexifolius* y *Psychotria nervosa*; así como tres especies arbóreas *Caesalpinia gaumeri*, *Coccoloba cozumelensis* y *Hampea trilobata* (Figura 51).

**Figura 51 Estrato herbáceo de la Selva Mediana Subperennifolia.**

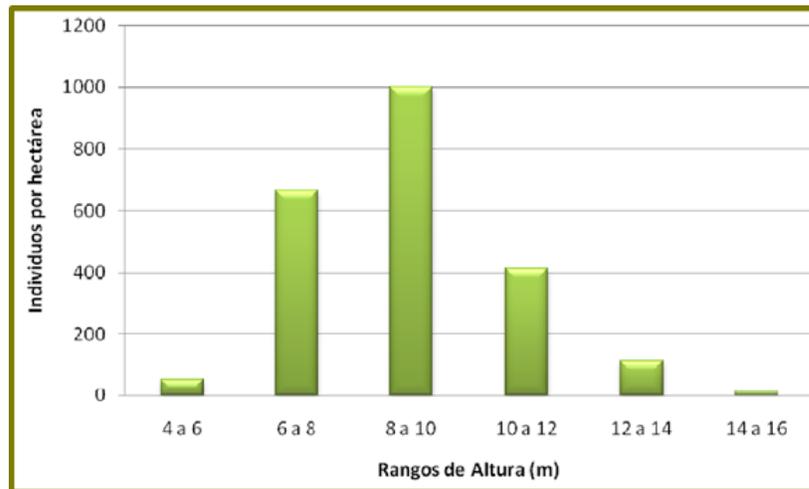


FUENTE: SYLVATICA, S.C. /GBU, 2010.

De acuerdo con los datos obtenidos de los sitios de muestreo correspondientes a la SMQ, se tiene que dicha vegetación presenta individuos con alturas que van desde los 4 metros en su estrato arbustivo hasta los 16 metros en el estrato arbóreo, teniendo una media general de 10 metros. Dichos datos se ven reflejados en la Figura 52, donde se muestra el número de individuos encontrados por clase de altura. Cabe mencionar que la SMQ es el tipo de vegetación que presenta los individuos con mayor porte dentro del municipio, lo cual se ve reflejado en valores de alturas mayores con respecto a los otros tipos de vegetación.

Es importante mencionar que el comportamiento de alturas de la SMQ no es homogéneo, ya que se han podido identificar zonas en las que el porte de los individuos es mayor que en otras, tal es el caso de los conglomerados 7, 10 y 12.

**Figura 52 Clases de altura en la SMQ.**



Por su parte los individuos presentes en la SMQ no sólo presentan los mayores diámetros en comparación con el resto de los tipos de vegetación, sino que además presentan la mayor cantidad de rangos diamétricos, es decir, que es el tipo de vegetación más diverso en cuanto a rangos diamétricos se refiere, lo cual, se encuentra directamente relacionado con la diversidad de edades del arbolado.

Dado lo anterior, es considerable destacar que en la SMQ fueron encontrados diámetros que van desde los 5 cm (en su estrato arbustivo), hasta los 70 cm (en su estrato arbóreo).

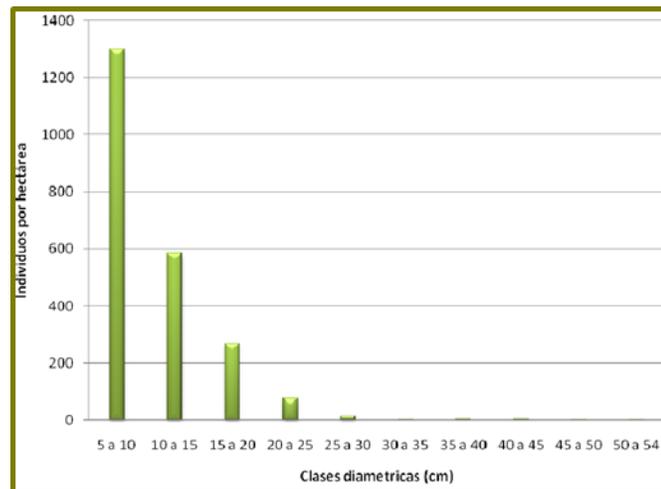
Por otro lado, de acuerdo con los valores diamétricos agrupados en 12 categorías (Cuadro 18), en este tipo de vegetación se observó una tendencia de una marcada abundancia de individuos jóvenes y pocos adultos. En la Figura 53 se representan gráficamente los rangos diamétricos más representativos, con lo cual se genera una visión amplia del comportamiento diamétrico de los individuos presentes en la SMQ en una superficie equivalente a una hectárea.

**Cuadro 18 Resultados de análisis de las medidas de diámetros de árboles y arbustos.**

CATEGORÍA DIAMÉTRICA	No. DE INDIVIDUOS/Ha
-------------------------	----------------------

5-10	1302
10 - 15	585
15 - 20	269
20 - 25	75
25 - 30	14
30 - 35	4
35 - 40	2
40 - 45	2
45 - 50	2
50 - 55	1
55 - 60	1
60 - 70	1

**Figura 53 Clases diamétricas en la SMQ.**



Dentro de lo que se pudo constatar durante el trabajo de campo, los sitios observados con mejor estado de conservación son los correspondientes a los conglomerados 4, 7, 10, 12 y 20. Estos sitios presentaron en comparación con los demás, un número mayor de troncos gruesos que se asocian con árboles de edad adulta, así como un espaciado mayor entre individuos arbóreos y menor número de especies arbustivas y herbáceas, características bastante evidentes, debido que a través de la vegetación de los sitios antes mencionados era más fácil transitar.

La densidad media calculada en base a los sitios de muestreo establecidos es de 979 individuos por hectárea, valor que no se muestra homogéneo dentro de toda la SMQ, dado que las densidades registradas por conglomerado varían. De tal manera que los conglomerados 1, 7 y 10 muestran densidades mayores a 1,000 individuos por hectárea, seguidos de los conglomerados 11, 12 y 13, los cuales presentan densidades cercanas a los 850 individuos por hectárea. Cabe señalar que en los sitios donde se registra una menor densidad, el arbolado se encuentra disperso, pero sin condiciones de afectación, tal es el caso de los conglomerados 3 y 17 que corresponden a la comunidad de San Pedro y Akumal respectivamente.

#### 2.2.7.11. Vegetación Secundaria de Selva mediana subperennifolia.

De acuerdo con el INEGI, la vegetación secundaria se define como la vegetación presente donde ha habido la sustitución total o parcial de la comunidad de vegetación original (primaria), ya sea por algún cambio de uso del suelo o por causas naturales o inducidas donde actualmente es evidente la recuperación de la comunidad vegetal, en alguna de las etapas sucesiones.

Son comunidades donde habitan especies con características como eficiencia dispersora, rapidez de crecimiento y a veces resistencia al fuego, compuesta por varios estratos arbóreos pequeños, varios arbustivos y un herbáceo, con gran cantidad de trepadoras y algunas epífitas.

Este tipo de vegetación se ha conformado principalmente por la recuperación de la Selva mediana subperennifolia a actividades asociadas con desmontes antiguos o de posesión del terreno, o afectadas por incendios; incluso aunque no cayó dentro de los sitios de muestreo, se observaron áreas donde se desarrollaba cilantrillo (*Pteridium aquilinum*), especie perteneciente a un género de plantas propensas a invadir sitios talados, de cultivo y especialmente áreas afectadas por incendios (Ramírez-Trejo, M., Pérez-García, B. y A, Orozco-Segovia. 2007).

Con base en las observaciones realizadas, este tipo de vegetación se conforma de dos estratos, predominando el estrato arbustivo y herbáceo, dado que el estrato arbóreo prácticamente se perdió, dado que la mayoría de los árboles se encuentran muertos en pie o caídos dado que fueron afectados por el paso de huracanes e incendios y sólo se encuentran algunos árboles dispersos entre los estratos arbustivo y herbáceo (Figura 54); generalmente en vegetación secundaria derivada de selvas altas o medianas se cuenta con menos de quince árboles por hectárea con un diámetro normal mayor a 25 cm (DOF, 2005).

Entre las especies de mayor abundancia predominan el *Chacah blanco* (*Dendrophanax arboreus*), el *yaiti* (*Gymnanthes lucida*), *Silil che* (*Diospyros conzattii*), *Zapotillo* (*Pouteria unilocularis*), *Jabin* (*Piscidia piscipula*), *Zapote* (*Manilkara zapota*) y *K'aan chuunup* (*Thouinia paucidentata*).

La composición florística registrada para esta comunidad ascendió a un total de 116 especies, casi el 40 % de las especies vegetales con las que cuenta el Municipio; así mismo estas especies se separan en 40 familias, de las cuales predomina la Asteraceae con 18 especies, seguida de las familias Euphorbiaceae y Fabaceae con 10 especies. No es de extrañarse que esta última familia sea de las que presenta mayor número de especies dentro de este ecosistema en sucesión ya que presentan una gran capacidad de respuesta debido a su carácter caducifolio y diversidad específica que las condicionan a responder ante eventualidades naturales o antropogénicas haciéndolas más competitivas.

En cuanto a la forma biológica predominan las herbáceas con 47 especies, seguidas de los árboles con 26 especies, los arbustos con 22 especies, los bejucos con 19 especies y las palmas con dos especies.

**Figura 54 Vegetación secundaria derivada de Selva Mediana Subperennifolia.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C. /NR, 2010.

Como se mencionó en este tipo de vegetación predomina el estrato arbustivo y herbáceo, dado que la mayoría de los árboles se encuentran muertos en pie o caídos.

De acuerdo con lo anterior no se presenta un estrato arbóreo propiamente definido ya que la mayoría de los individuos están muertos, por lo que sólo existen algunos individuos vivos que se distribuyen de manera dispersa (Figura 55).

Se trata de árboles con una altura promedio de 9.77 m, con un rango entre 4 y 15 m de altura; con diámetro normal promedio de 19.72 cm, con un rango entre 10 y 39 cm, que corresponde a un arbolado joven y sólo se registró un individuo con un diámetro de 55 cm. Entre las especies más abundantes dentro de este estrato están el zapote (*Manilkara zapota*), saknikte' (*Plumeria obtusa*), boob (*Coccoloba spicata*), zapotillo (*Pouteria unilocularis*), Ox (*Brosimum alicastrum*), tadzi (*Neea psychotrioides*) entre otras.

El estrato arbustivo, denominado mesobosque o estrato intermedio, está conformado por árboles jóvenes y arbustos de 7.83 m. de altura y diámetro promedio 6.99 cm, con rangos de 3.5 a 9.8 cm. En este estrato se encuentran especies de individuos arbóreos jóvenes de Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), saknikte' (*Plumeria obtusa*), zapotillo (*Pouteria unilocularis*), chacah (*Bursera simaruba*), ox (*Brosimum alicastrum*), Bayo (*Aspidosperma cruentum*) y k'anchunup (*Thouinia paucidentata*), entre otros.

El estrato herbáceo, denominado sotobosque o estrato inferior, se distingue por la presencia de plantas y plántulas con altura menor a 1 m y tallos de igual o menos a 2 cm de diámetro. En las áreas con vegetación secundaria temprana (2 a 3 años) las especies más representativas son las asteráceas o compuestas, de las que el tah (*Viguiera dentata*), guano (*Sabal yapa*), chacah (*Bursera simaruba*), Ya'axnic (*Vitex gaumeri*) entre otras.

La presencia de plántulas, que corresponden en parte a las especies dominantes del estrato arbóreo y en parte a la regeneración de herbáceas y arbustos en el estrato bajo o sotobosque es una característica que permite afirmar que la comunidad cuenta con capacidad para regenerarse y desarrollarse normalmente hasta alcanzar el estado de madurez.

**Figura 55 Estratos de la Vegetación secundaria derivada de Selva Mediana Subperennifolia.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C. /NR, 2010.

En el cuadro 19 se muestra el listado de especies representativas de la VS/SMQ, el cual es semejante a la composición florística mostrada para la SMQ.

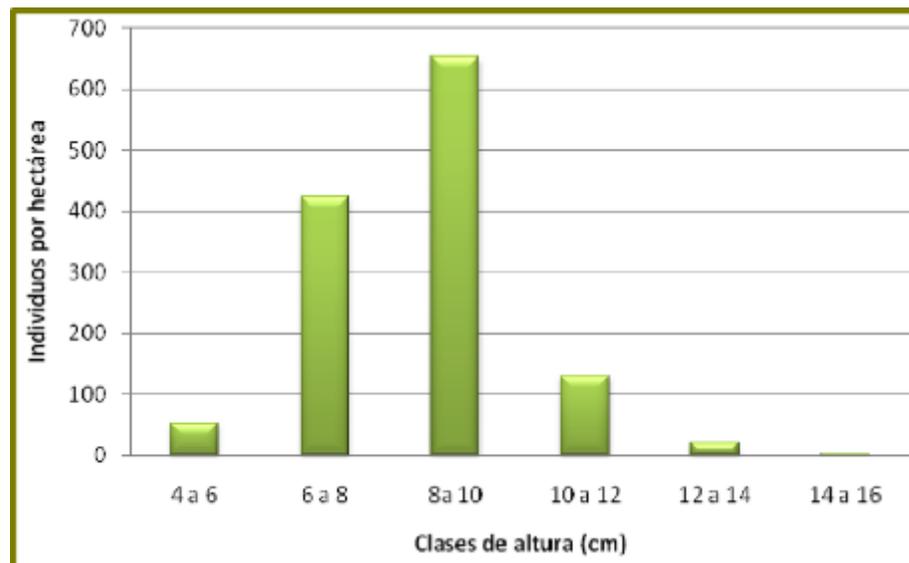
**Cuadro 19 Listado de especies representativas de VS/SMQ. A: Árbol; a: arbusto; h: herbácea; e: epífita.**

FAMILIA	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	FORMA DE VIDA
Apocynaceae	<i>Aspidospermum cruentum</i>	Bayo	A
Apocynaceae	<i>Plumeria obtusa</i>	Saknikté	A
Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Botan	p
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit	p
Bromeliaceae	<i>Tillandsia dasyliiriifolia</i>		e
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chakah	A
Euphorbiaceae	<i>Croton reflexifolius</i>	Pets'k'uuts	A
Fabaceae	<i>Havardia albicans</i>	Chukum	A
Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tsalam	A
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ox, Ramón	A
Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Tadzi	A
Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob	A
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	A
Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo	A
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'axnik	A

Los individuos presentes en la Vegetación Secundaria derivada de Selva Mediana Subperennifolia (VS/SMQ) presentan un comportamiento en la estructura vertical semejante al de la Selva Mediana Subperennifolia (SMQ), ya que presentan el mismo intervalo de alturas, el cual va de los 4 metros en el estrato arbustivo a los 16 en el estrato arbóreo, así también el mayor número de individuos registrados por unidad de superficie presenta una altura entre 6 y 8 metros. Sin embargo el número de individuos presente en las clases de altura más representativas es significativamente mayor en esta última. Así mismo es posible observar que las categorías de mayor altura poseen menos individuos por hectárea que la SMQ.

En la Figura 56 se muestran las clases de alturas presentes en la VS/SMQ y los individuos por hectárea presentes en cada clase.

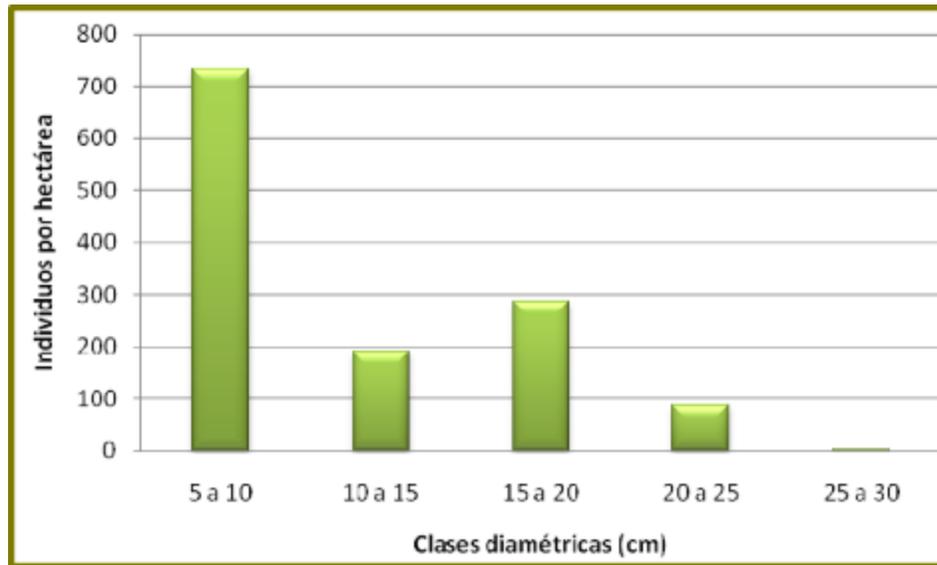
**Figura 56 Clases de alturas presentes en la VS/SMQ y los individuos por hectárea presentes en cada clase.**



En cuanto a los diámetros registrados en cada sitio de muestreo para de la VS/SMQ se tiene que los registros no van más allá de los 25 cm de diámetro, es decir, el arbolado presente en este tipo de vegetación es de porte pequeño a mediano, por lo cual existe una diferencia significativa entre la SMQ y la VS/SMQ en cuanto a diámetro se refiere.

En la Figura 57 además de observar la distribución diamétrica de los individuos encontrados en la VS/SMQ, se puede observar que el número de individuos por hectárea en el rango diamétrico de 20 a 25 cm, es mayor que su equivalente en la figura de diámetros de la SMQ; sin embargo, la gran mayoría de los arboles cuantificados en la VS/SMQ corresponden a individuos muertos, quemados o caídos, por lo cual la diferencia entre un tipo de vegetación y otro se debe más a las afectaciones antropogénicas que a rasgos fisonómicos intrínsecos de cada tipo de vegetación.

**Figura 57 Clases diamétricas presentes en la VS/SMQ.**



Finalmente, la Vegetación Secundaria derivada de Selva Mediana Subperennifolia representa el tipo de vegetación con menor densidad de individuos incluso por debajo de la Selva Baja Subcaducifolia, presentando una densidad media de 490 individuos por hectárea, sin embargo, en la mitad de los conglomerados muestreados fue posible encontrar densidades alrededor de los 264 individuos por hectárea.

#### 2.2.7.12. Sabana.

La sabana es un tipo especial de pastizal que se encuentra en lugares tropicales de Sudamérica; África, Australia y algunas partes de Asia, especialmente en la India. En la sabana se encuentran arboles dispersos, o agrupados en torno a los lugares con más agua. En muchos casos estos árboles son leguminosos y tienen forma de sombrilla.

Las sabanas son ecosistemas tropicales de tierras bajas, son cálidos, pero están sujetos con frecuencia a variaciones pluviales estacionales: Un periodo anual de fuertes lluvias y un periodo de sequía. Es un ecosistema muy rico en mamíferos herbívoros y grandes depredadores (Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología, (CECSA), 1978).

Beard (1953) definió a las sabanas neotropicales como aquellas comunidades tropicales donde existe un estrato continuo dominado por hierbas más o menos xeromórficas (Poaceae y Cyperaceae, principalmente), con arbustos esparcidos, árboles o algunas veces palmas. Incluso con una definición tan completa como ésta, existe la dificultad para identificar las características que son representativas y únicas de dicho tipo de vegetación, sobre todo cuando no resulta fácil distinguirlas de las comunidades secundarias dominadas por pastos.

Los primeros registros de la existencia de sabanas en el mundo son muy anteriores a la aparición de los seres humanos. Esto proporciona uno de los mejores argumentos para suponer que las sabanas conforman un tipo de vegetación básicamente natural (sabanas primarias) y no de origen antrópico, aunque su extensión sea atribuible, en cierta medida, a las actividades humanas (sabanas secundarias).<sup>120</sup>

Extensiones significativas de sabanas se presentan en la franja costera del Pacífico Sur de Oaxaca y el Sureste de Guerrero; las cuales se desarrollan sobre laderas de cerros, con pendientes a veces bastante pronunciadas y con suelos que no son de drenaje lento. Otras sabanas sobresalientes se encuentran en Sureste del país, en Tabasco, Chiapas y Veracruz, así como en las regiones de Los Chenes en Campeche y Yucatán.

El clima de las sabanas, de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), es cálido subhúmedo; con lluvias en verano, temperaturas medias que varían entre 23 y 27°C al año y con un promedio de precipitación que fluctúa entre 900 y 1500 mm (Flores J. Salvador, 1994), lo cual favorece el crecimiento de la vegetación representativa de la misma. Esta comunidad se ubica principalmente tierra adentro distribuido a manera de franja paralela a la costa y es posible que constituyan los relictos geológicos de una antigua laguna arrecifal que se continúa al norte con la zona de poljes, los cuales se encuentran en los municipios de Benito Juárez, Isla Mujeres y Lázaro Cárdenas.

La característica de los suelos en donde se encuentra este tipo de ecosistemas es que se inunda en época de lluvias debido al poco drenaje que poseen y durante la época seca se agrietan.

Las sabanas, fisionómicamente tienen el aspecto de una pradera cubierta de gramíneas y ciperáceas con árboles dispersos achaparrados no mayores a 4 o 5 m. cuyos troncos a menudo están torcidos. Las hojas de los árboles de la sabana son a menudo coriáceas o muy pubescentes, de color verde amarillento o verde grisáceo y en muchas son perenes. Las cortezas de dichos árboles son en su mayoría profundamente fisuradas o escamosas, de colores claros y presentan con mucha frecuencia efectos de fuegos pasados. Lianas y bejucos están casi ausentes. En su estrato arbóreo se encuentran especies *Crescentia cujete*, *Curatella americana*, *Byrsonima crassifolia* y *Byrsonima bucidaefolia*. Una característica importante que hay que resaltar es la presencia de especies epífitas, encontrándose varias especies de orquídeas como (*Oncidium ascendens*, *Pleurothallis grobyi*, *Catopsis barteroniana*) y diversas bromeliáceas (Flores J. Salvador, 1994).

Uno de los principales elementos arbóreos que se presentan casi en todas las sabanas, no sólo de México sino de Centro y Sudamérica, son *Byrsonima crassifolia*, *Coccoloba barbadensis*, *Cutella americana*, *Crescentia cujete* y *C. alata*, *Cochlospermum vitifolium* y varias especies de melastomatáceas y flacourtiáceas suelen estar presentes. *Quercus aloides*, principalmente, y otras especies de encinos pueden encontrarse en la vegetación de las sabanas cuando ésta ha derivado de bosques de encinos tropicales.

El estrato herbáceo de las sabanas durante la época de estiaje se deseca completamente y como está constituido por muchas hierbas de tallos leñosos y delgados se incendia con facilidad. Entre las especies comunes se mencionan a *Paspalum notatum*, *Paspalum virgatum*, *Axonopus compressus*, *Cyperus rotundus*, *Eleocharis caribaea* y *Typha angustifolia* (Flores J. Salvador, 1994).

Es importante mencionar que este tipo de vegetación se encuentra bien conservada, aun cuando se han registrado evidencias de incendios sin poder determinar la fecha en que estos ocurrieron. Esta comunidad se compone principalmente de cyperáceas de los géneros *Cladium* y *Eleocharis* aunque también está presente el género *Typha*, los cuales se desarrollan en zonas bajas con periodos de inundación estacional o bordeando cuerpos de agua como cenotes y lagunas; se presentan también elementos arbóreos de porte bajo como *Crescentia cujete*, Corcho (*Annona glabra*), palmas de guano (*Sabal yapa*) y tasiste (*Acoelorrhaphe wrightii*).

De acuerdo con las investigaciones realizadas por Cabrera E. et al. (CIQRO, 1982) en el Estado de Quintana Roo la composición florística registrada para la Sabana es de 23 especies.

Con base en las observaciones realizadas en la zona de estudio, y a la estructura vertical se conforma por un estrato arbóreo con individuos dispersos de 4 a 6 metros de altura en promedio, aunque hay algunos individuos que alcanzan los 12 m de altura, como es el caso de la palma de guano (*Sabal yapa*), el estrato arbustivo lo conforman individuos de 2 a 3 metros de altura y el estrato herbáceo está compuesto con plantas que no rebasan 1 m.

Entre las especies más representativas se encuentran diversas especies como el guano (*Sabal yapa*), tasiste (*Acoelorrhaphe wrightii*), *Eleocharis celulosa*, *Erythroxyllum confusum*, *Crescentia cujete*, siendo representativa la presencia de *Cladium jamaicense*, y Tule (*Typha dominguensis*) en los espejos de agua que se ubican en el área que ocupa esta comunidad vegetal (Figura 58).

Cabe mencionar que en la zona de estudio y dadas las características antes mencionadas se llevaron a cabo recorridos para conocer la composición (especies presentes árboles, arbustos, gramíneas, entre otras) y la estructura vertical (alturas máximas, mínima y promedios), además de que la información recabada en campo se cotejó mediante investigación bibliográfica.

### **Figura 58 Sabana.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C, 2010.

### **2.2.7.13. Duna costera.**

La vegetación en las dunas costeras varía de acuerdo a diferentes factores, que van desde la ubicación geográfica y la topografía, hasta la movilidad del sustrato, la alta salinidad, la exposición al viento, las tempestades y el oleaje. Estos son conocidos como factores limitantes ya que condicionan la sobrevivencia y crecimiento de las especies, sobre todo en las zonas más cercanas al mar; conforme se avanza tierra adentro, estas condiciones son menos drásticas y aumenta la riqueza florística.

La vegetación de dunas costeras en la Península de Yucatán es muy diversa y difiere florísticamente de las demás costas del país por su clima semiárido, la mezcla de especies de manglar y selva baja, así como la influencia de la flora antillana (Escalante, R. S., 1993).

La vegetación de la duna costera en la península yucateca presenta por lo general una distribución con base a los factores limitantes antes mencionados, que va de un gradiente más adverso cerca de la playa a menos adversa tierra adentro; esto permite reconocer dos comunidades claramente diferenciadas en este ecosistema; la de vegetación pionera y la de matorral costero.

La comunidad de pioneras crece en la zona de playa con diferente sustrato (arenoso o rocoso), y sólo se desarrollan hierbas rastreras y arbustos chaparros y suculentos, esta comunidad presenta características y composición de especies similar en toda la península, donde destacan la especies pioneras como la riñonina (*Ipomoea pes-caprae*), la verdolaga de mar (*Sesuvium portulacastrum*), *Cakile* sp., la margarita de mar (*Ambrosia hispida*), el frijol de playa (*Canavalia rosea*), mientras que para las arbustivas se encuentra el coralillo (*Scaevola plumieri*), el sikimay (*Tournefortia gnaphalodes*), el pantsil (*Suriana maritima*).

La vegetación de matorral costero crece en las zonas de dunas internas y fijas, donde las condiciones ambientales son menos adversas y da lugar a arbusto y árboles ramificados no mayores a 4 m, junto con otras especies herbáceas. Las características de los matorrales de la península, al contrario que la vegetación de especies pioneras, es muy variable en altura y composición de especies de un lugar a otro de la costa. Las especies arbóreas y arbustivas que más abundan en dunas estabilizadas son: el chiin took' (*Caesalpinia vesicaria*), xokoy (*Pithecellobium keyense*), mulche (*Bumelia americana*), chak si'ik (*Jaquinia aurantiaca*), hulub (*Bravaisia tubiflora*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*), siricote de playa (*Cordia sebestana*), chechen (*Metopium brownei*), quiebra hacha (*Krugiodendron ferreum*). En los sitios donde existen ojos de agua y la humedad del suelo es mayor, el matorral alcanza una altura mayor y es común la presencia de palmas, entre las que destacan la chit (*Thrinax radiata*), la nacax (*Cocothrinax readii*) y la kuka (*Pseudophoenix sargentii*).

Al igual que la mayoría de las dunas costeras del corredor turístico Cancún-Tulum, en las costas del Municipio Tulum, la vegetación de duna ha sufrido impactos de carácter natural por huracanes y tormentas tropicales, a pesar de lo cual no se observan evidencias significativas de sus efectos, debido en gran parte a la rápida capacidad de restauración de la vegetación halófila. Mientras que los efectos adversos de procedencia antropogénica observados en el municipio son resultado del desmonte para la construcción de accesos, implantación de infraestructura turística y chapeo para ampliación de playas.

Estas afectaciones a la vegetación de duna han traído como consecuencia el establecimiento de especies oportunistas que han dado lugar a una asociación vegetal que puede denominarse como secundaria, entre los que destacan el zacate *Panicum ichnanthoides*, el orégano xiu (*Lantana camara*), el almendro (*Terminalia catappa*), el pino de mar (*Casuarina esquisifolia*), la palma de coco (*Cocus nucifera*) entre otras, además de especies ornamentales y exóticas introducidas que se han utilizado para las áreas jardinadas de los centros turísticos.

Pocas zonas del municipio conservan la estructura original de una vegetación de duna costera, ya que en la mayoría de los sitios es frecuente encontrar solamente manchones de especies pioneras, seguidas de especies introducidas, principalmente palmas de coco, que fueron introducidas a principios del siglo pasado para su aprovechamiento en la industria coprera (Figura 59).

**Figura 59 Especies introducidas en la zona de la duna costera.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C, 2008.

En el mismo sentido existen sitios, donde prácticamente esta vegetación ha sido sustituida por infraestructura turística o casas habitación, desde el límite Norte del municipio en Akumal hasta el predio conocido como Chemuyil, de la zona arqueológica de Tulum hasta la entrada a la RB Sian Ka'an (Figura 60). De este punto hasta Punta Solimán la vegetación de los predios costeros ha sido poco alterada en la que es posible observar la estructura original de la vegetación de duna costera, esta situación se repite de Tankah hasta la zona arqueológica de Tulum y posteriormente en la costa de la RB Sian ka'an.

**Figura 60 Fragmentación de la vegetación de duna costera.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C, 2002.

En la parte costera de la cabecera municipal existen algunos centros de hospedaje han tratado de conservar este ecosistema como parte integral de las áreas jardinadas de la infraestructura turística, tratando de incorporar algunas especies de duna a ésta, principalmente lirios (*Hymenocallis caribea*), margarita de mar (*Ambrosia hispida*) y sikimay (*Tournefortia gnaphalodes*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*) y palma chit (*Thrinax radiata*). Figura 61.

En las zonas donde aún se registra vegetación de duna costera en el municipio, la distribución es a manera de bandas de diversa amplitud paralelas a la costa; inicia en promedio entre los 15 m y 30 m de la marca de pleamar, y presenta una amplitud variable que puede ir de los de 50 m a más de 250 m en algunos sitios.

Los ecosistemas con los que colinda el matorral costero es el municipio son selva baja subcaducifolia, principalmente en la porción Norte del municipio y escasamente en la porción central del mismo; mientras que, de la porción central hasta la RB Sian Ka'an colinda con vegetación de manglar. Generalmente se observa una zona de transición entre ambos ecosistemas, donde es común observar al sulub (*Bravaisia tubiflora*) y tomatillo (*Solanum verbascifolium*)

**Figura 61 Vegetación de duna integrada a un proyecto de hospedaje.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C, 2008.

Los sustratos más representativos para la vegetación de duna costera son los de arena blanca de grano fino y los rocosos que generalmente se presentan en las puntas, ambos de origen biogénico. Esta combinación de sustratos deriva en una variación y riqueza florística superior a las registradas en otras costas del estado.

La altura de este tipo de vegetación va desde menos de un centímetro en la comunidad de pioneras, hasta 3.5 m como altura máxima en el matorral costero, generalmente en las crestas de las dunas.

**Herbáceas pioneras.** Esta franja inicia en promedio a 20 m de la línea de pleamar, donde la distancia más corta es de 15 m y la más larga de 30 m, es una banda que va desde los 8 a los 137 m en algunos sitios, su distribución es a manera de banda paralela a la costa; las especies mejor representadas dentro de la comunidad de pioneras, fueron *Hymenocallis caribea* (lirio de playa), riñonina (*Hypomea pes-caprae*), *Ambrosia hispida* (margarita de mar) que en ocasiones llega a formar grandes alfombras sin permitir la colonización de otras especies, *Sesuvium portulacastrum* (verdolaga de playa), *Argusia gnaphalodes* (sikimay), *Lantana involucrata*, *Chamaesyce mesembrianthemifolia* y *Scaevola plumierii* (Chunup), entre otras (Figura 62)

**Figura 62 Vegetación pionera de duna.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C, 2010.

Estas especies forman asociaciones muy específicas, que suelen distinguirse por la dominancia de cada una de ellas, las que se observaron durante los recorridos en la costa son: *Sesuvium portulacastrum*–*Ambrosia hispida* – *Tournefortia gnaphalodes*; *Hymenocallis litorallis* – *Ambrosia hispida*; *Tournefortia gnaphalodes*- *Suriana marítima*; *Ambrosia hispida*- *Euphorbia buxifolia*; *Strumpfia maritima* – *Conocarpus erectus* – *Coccoloba uvifera*. La altura de esta comunidad va desde las rastreras de 0.5 cm hasta los arbustos que raramente llegan a los 75 cm

Dentro de esta franja de pioneras, particularmente en el litoral rocoso, se registró como componente florístico al mangle botoncillo, creciendo en las oquedades, con una adaptación rastrera (Figura 63).

**Figura 63 Presencia de ejemplares de mangle botoncillo adaptados como rastreras en las oquedades del litoral rocoso.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C, 2008.

**Matorral costero.** Se desarrolla inmediatamente después de la franja de pioneras, una vez que la duna empieza a elevarse en la mayoría de los casos, la composición de especies cambia drásticamente, dando lugar a arbustos de mayor altura, aunque aún se pueden observar especies pioneras asociadas a esta comunidad, tal es el caso del *Chamaesyce crenulata*, *Ambrosia hispida* y *Suriana maritima*. Posteriormente continúan especies arbustivas, que suelen encontrarse en los ecosistemas de selva baja y mediana.

Esta franja presenta amplitudes que van desde los 15 m hasta 300 m dentro de la RB de Sian Ka'an (Espejel, C. I., 1983), la altura de la vegetación es muy variable y depende de sus componentes florísticos, se registran individuos de un metro de altura, que forman parte del estrato arbustivo, mientras que en estrato arbóreo se distinguen individuos de hasta 4 m de altura.

Las especies arbustivas más representativas son la palma chit (*Thrinax radiata*), xokoy (*Pithecellobium keyense*), el pantsil (*Suriana maritima*), orégano xiw (*Lantana cámara*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*) y madre cacao (*Gliricidia sepium*).

En estrato arbóreo destacan el siricote (*Cordia sebestena*), xocoy (*Pithecellobium keyense*, Chechem (*Metopium brownei*), Chacah (*Bursera simaruba*) e incluso palma de coco (*Cocos nucifera*) (Figura 64).

**Figura 64** Estrato arbóreo y arbustivo de matorral de duna costera.



FUENTE: SYLVATICA, S.C./GBU, 2010.

Una de las importancias de este complejo vegetal es la de proveer de alimento a las especies de aves migratorias, ya que la Riviera maya es sitio de paso de este grupo, así mismo es fuente de alimento de las especies nativas; sobre todo la palma chit (*Thrinax radiata*), Chechem (*Metopium brownei*), chacah (*Bursera simaruba*) y Uva de mar (*Coccoloba uvifera*) (MacKinnon, 2005).

En total para la duna costera se registraron 80 especies pertenecientes a 37 familias, donde la más representativa es la Gramineae con 11 especies, seguida de la Compositae con 8 especies, la Rubiaceae con 7 especies y la Leguminosae con 5 especies, las demás familias presentan menos de 5 especies (cuadro 20).

**Cuadro 20** Listado taxonómico de la vegetación de duna costera. A: Árbol; a: arbusto; h: herbácea; e: epífita. A: árbol; a: arbusto, h: herbácea; P: palma; p: pino.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	TIPO DE VEGETACIÓN	OBS
ACANTHACEAE	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Hulub	a	VSa/VU	
	<i>Justicia campechiana</i>		a	VSa/SB	
AGAVACEAE	<i>Agave angustifolia</i>	Agave	h	SBC	
AIZOACEAE	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Verdolaga de playa	h	VU	
AMARANTHACEAE	<i>Alternanthera</i>	Sak Mul	h	VU	

	<i>ramosissima</i>				
AMARYLLIDACEAE	<i>Hymenocallis americana</i>	Lirio de mar	h	VU	
	<i>Hymenocallis caribaea</i>	Lirio blanco	h	VU	
ANACARDIACEAE	<i>Metopium brownei</i>	Chechem	A	SBC, SMS, SMQ, VU	(matorral)
APOCYNACEAE	<i>Echites umbellata</i>	Chak kaankel	h	SMQ	(enredadera)
	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits	A	SB, VU	(matorral) endémica de la península
BIGNONIACEAE	<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán africano	A	P/E	Nativa del trópico africano
BORAGINACEAE	<i>Cordia sebestena</i>	Siricote de playa	A	SB, VU	(matorral)
	<i>Tournefortia gnaphalodes</i>	Sikimay	h	VU	
BURSERACEAE	<i>Bursera simaruba</i>	Chaca	A	SBC, SM y SA	
CAPPARIDACEAE	<i>Capparis incana</i>	Bokan che	h	VU	
CASUARIUNACEAE	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Pino de mar	p	P/E	Nativa de Australia
CHRYSOBALANACEAE	<i>Crysobalanus icaco</i>	Icaco	A	VU	
COMBRETACEAE	<i>Conocarpus erectus var. erectus</i>	Mangle botoncillo	A	VSA	Especie protegida
	<i>Conocarpus erectus var. sericea</i>	Mangle botoncillo	A	VSA	Especie protegida
	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	A	P/E	Nativa de las islas del pacifico
COMPOSITAE	<i>Ageratum littorale</i>	Hawayche	h	VU	
	<i>Ambrosia hispida</i>	Margarita de mar	h	VU	
	<i>Borreria arborea</i>	Margarita Amarilla	h		
	<i>Flaveria linearis</i>	Cardo Santo	h	VU	
	<i>Melanthera aspera</i>		h		
	<i>Melanthera nivea</i>	Botón de plata	h		

	<i>Pluchea simplicifolia</i>	Santa María	h	VSh/VU	
	<i>Porophyllum punctatum</i>	Hierba de venado	h	VU	
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Riñonina	h	VU, VSA	
CRUCIFERAE	<i>Cakile lanceolata</i>		h	VU	Endémica de la península
CYPERACEAE	<i>Cyperus spp.</i>		h	VSh/VU	
	<i>Eleocharis sp</i>		h		asociada a suelos inundados
	<i>Fimbristylis sp</i>		h		asociada a suelos inundados
EUPHORBIACEAE	<i>Chamaesyce yucatanensis</i>	Chanchechem	h	VU, SBC	
	<i>Euphorbia buxifolia</i>	Kabalchechem	h	VU	Marcada como no aceptada
GOODENIACEAE	<i>Scaevola plumieri</i>	Coralillo	h	VU, VSA	
GRAMINEAE	<i>Cenchrus echinatus</i>	Mozote	h	VSh/VU	
	<i>Cenchrus insertus</i>	Zacate erizo	h	VSh/VU	
	<i>Chloris inflata</i>	Zacate	h	VSh/VU	
	<i>Chloris petrae</i>	Zacate	h	VSh/VU	
	<i>Distichlis spicata</i>		h	VSh/VU	
	<i>Lasciasis divaricata</i>	Carricillo	h	SMS, SMQ	
	<i>Panicum sp</i>	Zacate	h	VSh/VU	
	<i>Paspalum sp.</i>		h	VSh/VU	
	<i>Phragmites australis</i>	Halal	h		asociada a suelos inundados
	<i>Setaria geniculata</i>	Cola de gato	h	VSh/VU	
	<i>Sporobolus virginicus</i>	Zacate	h	VSh/VU	
LAURACEAE	<i>Cassytha americana</i>	Hierba de fideos	h	VU	parásita
LEGUMINOSAE	<i>Acacia cornigera</i>	Subin	A	SB, SM, VSA/SMQ	
	<i>Crotalaria pumila</i>	Cascabelito	h	VU	
	<i>Gliricidia sepium</i>	Madre cacao	A	SB, SM, VS	
	<i>Piscidia piscipula</i>	Ha'abin	A	SB, SM	
	<i>Pithecellobium keyense</i>	Xokoy	A	SB	

MORACEAE	<i>Ficus tecolutensis</i>	Matapalo	A	SM	
MYRTACEAE	<i>Psidium sartinianum</i>	Guayabillo	A	SB	
NYCTAGINACEAE	<i>Neea psychotrioides</i>	Pinta uña	A	SB, SM	
PALMAE (Arecaceae)	<i>Cocos nucifera</i>	Palma de coco	P	P/E	Originaria de las islas del pacifico
	<i>Thrinax radiata</i>	Chit	P	DC, SM	Especie protegida
PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora foetida</i>	Pochil	h	VU	
PHYTOLACACEAE	<i>Rivina humilis</i>	Chilillo	h	VSh/VU	
POLYGONACEAE	<i>Coccoloba uvifera</i>	Uva de mar	a	VU	
PORTULACACEAE	<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	h	SB, VSh/VU	
RUBIACEAE	<i>Chiococca alba</i>	Cacanche	a		
	<i>Erithalis fruticosa</i>		a		
	<i>Ermodea littoralis</i>		h	VU	
	<i>Morinda yucatanensis</i>	Hoyoc	a	Vsa/VU	
	<i>Randia aculeata</i>	Cruceta	a		
	<i>Strumpfia maritima</i>	Romero Albino	a	VU	
	<i>Ixora coccinea</i>	Izoara	a	P/E	Exótica del litoral asiático
SAPOTACEAE	<i>Bumelia americana</i>		A	VU, SB	
	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	A	VU, SM	(matorral)
	<i>Pouteria campechiana</i>	Kaniste	A	SMQ, SAP	
	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Caracolillo	A	SB, SM, SA	endémica de la península de Yucatán
SIMAROUBACEAE	<i>Suriana maritima</i>	Pantsil	a	VU	
SOLANACEAE	<i>Solanum amaranthifolium</i>	Berenjena	a	VU	
	<i>Solanum verbascifolium</i>	Tomatillo	a	SB	De suelos inundables
STERCULIACEAE	<i>Melochia tomentosa</i>	Malva Rosa	h	SB, VS, SM	
VERBENACEAE	<i>Lantana camara</i>	Orégano xiw	h		
	<i>Lantana involucrata</i>	Orégano silvestre	h		
	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'axnik	A	SBC,	

				SMQ,SMS	
--	--	--	--	---------	--

De este listado se identifican dos especies con estatus de protección de acuerdo a la NOM- 059-SEMARNAT-2001, que es el mangle botoncillo con protección especial (Pr) y la palma chit con estatus de amenazada (A). Además, existen distribuidas en este tipo de vegetación tres especies endémicas de la península de Yucatán, *Cakile lanceolata*, akits (*Thevetia gaumeri*), y caracolillo (*Sideroxylon foetidissium*)

#### 2.2.7.14. Vegetación de manglar.

En el municipio de Tulum, la presencia de manglares se distribuye a lo largo de la línea de costa, dentro de depresiones o cuencas endorreicas que se ubican de manera posterior a la duna costera. Los manglares por lo general no tienen contacto con el mar, a excepción de los ubicados dentro de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an y una pequeña franja ubicada en Punta Solimán, así mismo, presentan un contacto limitado con el manto freático ya que son pocos los cenotes o fracturas que se ubican dentro de las áreas ocupadas por mangle. El nivel de inundación depende directamente de la cantidad de las precipitaciones pluviales de la zona y el agua abandona las cuencas de inundación por procesos de evapotranspiración y evaporación y en menor medida por escurrimiento superficial.

Los manglares poseen una extraordinaria capacidad de desarrollo, por lo que conforman poblaciones y asociaciones que prosperan en diferentes condiciones ambientales. De acuerdo con la clasificación de Lugo y Snedaker (1974) comentada por Trejo-Torres, et al (1993) en el municipio de Tulum se registran manglares de cuenca de los siguientes tipos:

- Manglar Chaparro
- Denso
- Disperso
- Manglar de Laguna Fósil
- Manglar de Ciénega Baja
- Manglar de Cuenca Alta

Los manglares que se desarrollan en el municipio de Tulum presentan una altura promedio menor a 4.0 metros, por lo que de acuerdo con la clasificación de los Manglares de México propuesta por Acosta y Rodríguez (2007), corresponden al tipo de manglar arbustivo. Esta condición restringe de alguna manera algunos de los servicios ambientales que prestan los manglares en otras partes del país, tales como zona de anidación y reposo de aves costeras.

En el municipio los terrenos ocupados por vegetación de manglar presentan una mayor superficie y desarrollo en la porción costera Sur, en donde se encuentran en estrecho contacto con ambientes salinos, en donde los procesos biogeoquímicos permiten el ingreso de materiales y nutrientes provenientes de la zona continental.

Este tipo de vegetación tiene una importancia ecológica, legal y económica tales, que se consideró necesario realizar un análisis profundo y la descripción más detallada posible, ya que las implicaciones de su presencia, las características de este y su distribución repercutirán de manera importante en los usos del suelo y las modalidades que se propongan para la zona costera del municipio.

Después de haber realizado una serie de recorridos por la zona costera del municipio se encontró que los manglares presentan una dominancia del tipo de manglar chaparro, con alturas menores a 2 m y en ocasiones menores a 1 metro. Este tipo de manglar refleja una condición de estrés ambiental natural que se deriva de varios factores, entre los que se considera la escasa profundidad del sustrato ya que en varias zonas inclusive llega a aflorar el manto de roca, la falta de ingreso de nutrientes en las cuencas en los que se desarrollan. Lo que refuerza su condición endorreica, en donde prácticamente se encuentran reciclando los nutrientes sin contar con el aporte de material alóctono y la elevada temperatura del agua. Es común que los manglares chaparros presentan un borde de mangle más alto en la colindancia con la zona de post duna o con los caminos costeros existentes, en donde llegan a desarrollar individuos de hasta seis metros de altura en una estrecha franja o manglar de borde. (Figura 65).

Un aspecto relevante del trabajo realizado fue la detección de algunos manchones aislados de manglares continentales (denominados así por ubicarse al Oeste de la carretera federal 307 Reforma Agraria – Puerto Juárez) los que presentan un mejor grado desarrollo que la mayoría de los sitios de manglar costero, estos constituyen relictos de los manglares costeros que fueron segregados al realizarse la construcción de la carretera, y no obstante se han adaptado de manera muy favorable.

Otro tipo vegetación registrado fue el de marisma de zacates, que se registró al Oeste de Punta Soliman y al Sur de las Ruinas de Tulum, en la porción Occidental de un extenso manglar, en ambas zonas el sustrato es delgado.

**Figura 65 Manglar chaparro.**



FUENTE: GGómez/SYLVATICA, S.C. 2010.

De acuerdo con los registros de los 22 sitios muestreados, así como de las fotografías y notas de campo, se obtuvo que en los manglares del municipio de Tulum se identificaron 18 especies vegetales pertenecientes a 15 familias, de las cuales seis de ellas constituyen el estrato arbóreo. En el cuadro 21 se indican las especies presentes, nombre común y forma biológica.

**Cuadro 21 Especies Registradas en las zonas de manglar.**

FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FORMA BIOLÓGICA
Rhizophoraceae	Mangle Rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	Árbol y Arbusto
Combretaceae	Mangle Blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	Árbol
Combretaceae	Mangle Botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	Árbol
Verbenaceae	Mangle Negro	<i>Avicennia germinans</i>	Árbol
Sapotaceae	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	Árbol
Polygonaceae	Sakboob	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	Árbol
Theophrastaceae	Chaksik	<i>Jacquinia aurantiaca</i>	Arbusto
Pteridaceae	Helecho de Pantano	<i>Acrostichum danaeifolium</i>	Arbusto
Acanthaceae	Julub	<i>Bravaisia tubifolra</i>	Arbusto
Palmae	Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	Palma
Bromeliaceae	Bromelia de manglar	<i>Tillandsia sp.</i>	Epifita
Orchidaceae	Orquidea	<i>Myrmecophila tibicinis</i>	Epifita
Orchidaceae	Orquidea	<i>Brassavola nodosa</i>	Epifita
Cactaceae	Pitahaya Tortuga	<i>Selenicereus testudo</i>	Epifita
Apocynaceae	Bejuco de manglar	<i>Rhabdadenia biflora</i>	Bejuco

Cyperaceae	Zacate	<i>Eleocharis cellulosa</i>	Herbácea
Cyperaceae	Zacate Cortadera	<i>Cladium jamaicense</i>	Herbácea
Poaceae	Zacate	<i>Sporobolus virginicus</i>	Herbácea

FUENTE: SYLVATICA, S.C. 2010

En los muestreos realizados en los 22 sitios se registraron ocho especies, para las cuales se determinó la frecuencia de ocurrencia para cada especie en cada sitio. Como se puede apreciar en el Cuadro 22 la proporción de las especies varía en gran medida de sitio a sitio, debido a que los manglares del municipio no presentan un desarrollo homogéneo, de hecho, existen variaciones considerables aún en sitios muy cercanos y dentro del mismo manglar. Es notable la dominancia del mangle rojo, especie que aparece registrada en 21 de los 22 sitios. Le sigue el mangle blanco con 13 sitios y el botoncillo con 12 sitios.

El Chicozapote, el Sakboob, el Chaksik y el Tasiste aparecen sólo en un sitio cada uno. Los dos primeros se registraron en un sitio asociado al mangle botoncillo ubicado al Norte de las Ruinas de Tulum, el Chaksik se encontró como especie dominante en un sitio al Sur de Tulum y el Tasiste en un sitio continental, en donde existían varios individuos muertos.

**Cuadro 22 Proporción de las Especies Registradas.**

SITIO	FRECUENCIA DE OCURENCIA							
	MANGLE				CHICOZAPOTE SAKBOOB CHAKSIK-TASISTE			
	ROJO	BLANCO	NEGRO	BOTONCILLO				
1	76.92%	23.08%						
2	100.00%							
3	100.00%							
4	17.65%	82.35%						
5	74.71%	18.39%	4.60%	2.30%				
6	93.75%	3.75%	1.25%	1.25%				
7	97.37%	1.32%		1.32%				
8	28.57%	7.14%		64.29%				
9	12.50%	62.50%		25.00%				
10	40.00%	40.00%		20.00%				
11	77.78%	5.56%	11.11%	5.56%				
12	20.00%	60.00%		20.00%				
13	100.00%							
14			100.00%					
15	88.89%	11.11%						

16				60.00%	30.00%	10.00%		
17	66.67%			33.33%				
18	0.00%	7.14%		32.14%			60.71%	
19	78.02%	21.98%						
20	66.67%							33.33%
21	6.25%			93.75%				
22	38.10%		61.90%					

FUENTE: SYLVATICA, S.C. 2010

Con la finalidad de conocer la densidad de las diferentes especies registradas en cada sitio, se procedió a extrapolar los valores a una hectárea. En el cuadro 23 se presentan los resultados obtenidos.

**Cuadro 23 Densidad de fustes.**

SITIO	FUSTES POR HECTÁREA								TOTAL FUSTES/ha
	MANGLE				CHICOZAPOTE SAKBOOB CHAKSIK-TASISTE				
	ROJO	BLANCO	NEGRO	BOTONCI LLO					
1	4,000	1,200							5,200.00
2	7,200								7,200.00
3	12,400								12,400.00
4	1,200	5,600							6,800.00
5	26,000	6,400	1,600	800					34,800.00
6	30,000	1,200	400	400					32,000.00
7	29,600	400		400					30,400.00
8	1,600	400		3,600					5,600.00
9	400	2,000		800					3,200.00
10	800	800		400					2,000.00
11	5,600	400	800	400					7,200.00
12	1,200	3,600		1,200					6,000.00
13	2,400								2,400.00
14			4,000						4,000.00
15	6,400	800							7,200.00
16	0			2,400	1,200	400			4,000.00
17	3,200			1,600					4,800.00
18	0	800		3,600			6,800		11,200.00

19	28,400	8,000							36,400.00
20	2,400							1,200	3,600.00
21	400			6,000					6,400.00
22	3,200		5,200						8,400.00

FUENTE: SYLVATICA, S.C. 2010.

Entre los resultados obtenidos destacan los correspondientes a los sitios 5, 6,7 y 19 que corresponden a manglares chaparros con densidades muy elevadas de individuos, ubicándose por encima de los 30,000 individuos cada uno y de los cuales poco más del 85% está constituido por individuos de mangle rojo.

Para la determinación del área basal de cada individuo se realizó la medición de todas las raíces aéreas y tronco principal que se registraban dentro de cada sitio, por ello es común que el área basal de las raíces aéreas sea considerablemente más grande que la correspondiente al tronco de los árboles. Los resultados obtenidos de los 22 sitios se presentan en el cuadro 24.

**Cuadro 24 Área basal por hectárea.**

SITIO	ÁREA BASAL POR HECTÁREA EN m <sup>2</sup>							SUMA
	MANGLE				CHICOZAPOTE SAKBOOB CHAKSIK-TASISTE			
	ROJO	BLANCO	NEGRO	BOTONCILL O				
1	59.624	8.906						68.53
2	70.460							70.46
3	32.800							32.80
4	0.653	256.404						257.06
5	40.447	3.212	25.808	0.358				69.83
6	20.289	0.152	0.624	0.351				21.42
7	27.655	0.003		0.002				27.66
8	46.152	4.434		13.464				64.05
9	0.031	4.027		15.779				19.84
10	26.981	58.054		1.684				86.72
11	14.833	0.451	0.315	0.204				15.80
12	8.742	1.218		4.387				14.35
13	35.808							35.81
14			32.400					32.40
15	19.563	7.337						26.90
16	0.000			83.969	10.151	4.405		98.53
17	52.116			108.481				160.60
18	0.000	1.864		13.224		10.081		25.17
19	30.697	2.726						33.42
20	88.650						2.997	91.65
21	1.536			41.589				43.13
22	10.749		44.049					54.80

Los sitios 4 y 17 corresponden a lugares atípicos, en los que se presenta un desarrollo excepcional de los árboles el primero corresponde al manchón de mangle blanco con alturas de hasta 11 metros que se ubica en Akumal y que tiene los mayores diámetros registrados.

Los valores de área basal obtenidos en los sitios de muestreo resultan elevados si los comparamos con los valores reportados en el estudio de los manglares de México (Acosta y Rodríguez. 2007), o bien los reportados por Zaldivar et al. 2004 para la zona de Laguna Celestún (Figura 66).

**Figura 66 Valores de área basal reportados en otros estudios.**

**Tabla 10.** Promedios de densidad, área basal, altura en cinco localidades correspondientes a las regiones consideradas en este trabajo. Se indica el número de especies y especie dominante para cada una de las localidades.

Región	Sitio	Densidad ind·ha	Área basal m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup>	Altura (m)	No. de especies	Especie dominante
PN	Marismas Nacionales, Nayarit	1846	18.21	4.3	3	<i>Avicennia germinans</i>
GM	Alvarado, Veracruz	591	22.80	10.1	6	<i>Avicennia germinans</i>
PY	Sian Ka'an, Quintana Roo	672	8.37	5.4	11	<i>Avicennia germinans</i>
PC	Costa Alegre, Jalisco y Colima	1281	17.23	6.1	4	<i>Laguncularia racemosa</i>
PS	Chacahua, Oaxaca	1140	17.34	7.5	5	<i>Rhizophora mangle</i>

**Tabla 1.** Características estructurales de la vegetación de manglar en cada zona de laguna Celestún

ZONA	DAP (cm)	ÁREA BASAL (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	DENSIDAD (árbol ha <sup>-1</sup> )	ALTURA (m)	No. SPP
Interna	17,4	41,5	1108	12,3	3
Puente	10,6	23,6	1466	7,6	3
Boca	10,2	26,0	3125	5,3	3

Fuente: Tomados de Acosta y Rodríguez (2007) y Zaldivar et al. (2004), respectivamente.

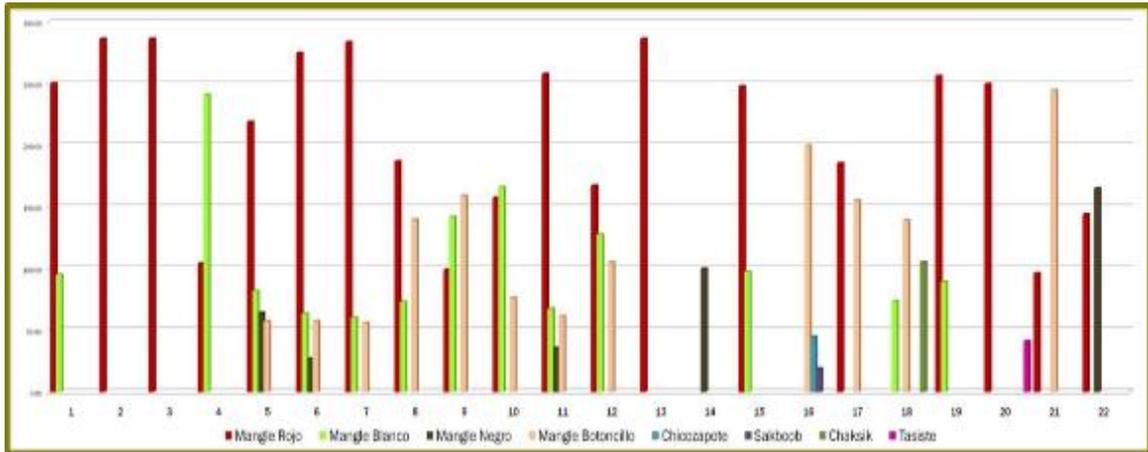
Las diferencias que aparentemente existen entre los diferentes datos se deben a la cantidad de individuos identificados por cada sitio ya que posiblemente por la metodología empleada en el presente trabajo se aportó una mayor cantidad de superficie basal por individuo, ya que en la medición no se excluyeron los individuos menores a 4m y además se contaron y midieron todas las raíces aéreas de los individuos.

Se procesaron los datos para obtener el índice del valor de importancia (IVI) de cada especie por sitio, de acuerdo con la metodología propuesta por Cintron & Novelli (1984), cuyos resultados se muestran en la Figura 67.

De acuerdo con los valores obtenidos el mangle rojo es la especie dominante, en los sitios muestreados, ya que presenta en 18 de los 22 sitios valores por encima de 100 puntos, en segundo lugar, se encuentra el mangle botoncillo, el que tiene una amplia representación en los sitios de muestreo, y alcanza más de 100 puntos de este índice en siete de los 22 sitios. El mangle blanco se ubica en tercer lugar y sólo en cuatro sitios alcanza más de 100 puntos. Por último, el mangle negro es el que tuvo la menor representatividad ya que sólo se le encontró en cinco sitios y de estos únicamente en uno se registra con más de 100 puntos.

De las especies acompañantes la que obtuvo la mayor calificación en este índice fue el Chaksik, que alcanzó poco más de 100 puntos en el sitio en el que se le registró. En donde además era la especie dominante.

**Figura 67 Índice del Valor de Importancia.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C. 2010

En lo referente a los valores determinados para los diferentes parámetros físico-químicos que se determinaron en cada sitio, se presenta en el cuadro 25 el concentrado de los resultados obtenidos mismos que se comentan a continuación:

**Cuadro 25 Parámetros Físicoquímicos.**

SITIO	SALINIDAD PPT		OXÍGENO DISUELTTO MG/L		TEMPERATURA °C		
	SUPERFICIE	FONDO	SUPERFICIE	FONDO	SUPERFICIE	FONDO	
1		13.3		1.17		27.8	
2							
3		9.5		2.65		3.8	
4							
5		9.5		0.31		30.1	
6		10.3		3.42		35.4	
7		12.22		2.95		32.3	
8							
9		1.2		0.39		29.4	
10							
11		3.4		0.56		32.1	
12							
13		2.7		30		28.2	
14		5	38.2	0	0.24	31.6	31.9
15		7.5		0.3		36.3	

16	0.4		0.52		26.4	
17	4.5	17.4	0.07	0.15	26.2	27.8
18	1.7		2.3		28.8	
19	4.3		2.29		29.1	
20	3.2		0.24		26.8	
21	1.7		1.2		30.2	
22	24.4		1.52		32.9	

FUENTE: YSI 85/SYLVAICA,S.C. 2010

**Salinidad.** Los valores de la salinidad del agua revelan que los manglares de Tulum presentan aguas dulces producto de las precipitaciones pluviales. Es común que la salinidad del lodo o agua intersticial presente valores de salinidad elevados, como en el caso del sitio 14, lo que evidencia el efecto histórico del paso de tormentas tropicales y huracanes que introducen aguas salinas a los manglares de cuenca en la que se incrementa de un valor de cinco partes por mil (5 g/L) en superficie a 38.2 en fondo (38.2 g/L).

En términos generales se considera que los manglares de cuenca son de tipo dulceacuícola y solo por eventos meteóricos como tormentas tropicales y huracanes reciben importantes aportes de aguas salinas por el efecto del viento y la sal se acumula en el lodo o turba.

Es común que la presencia de mangles negros se asocie a elevadas concentraciones de salinidad, debido a su alta capacidad de eliminación de la sal y por su resistencia a medios ambientes inhóspitos derivados de elevada salinidad y temperatura del agua.

**Oxígeno Disuelto.** El agua de los manglares comúnmente presenta concentraciones bajas de oxígeno disuelto, lo que se debe principalmente a los procesos de degradación de la materia orgánica que compone la turba, así mismo la baja insolación que recibe el agua debido a la cobertura vegetal reduce la posibilidad de que proliferen algas y estas a su vez contribuyan en el incremento de este gas en el agua. Y por último el escaso tirante de agua que representa el nivel de inundación reduce la posibilidad de que se genere y mantengan concentraciones mayores. Un caso de especial relevancia corresponde al sitio 14, en el cual se registraron aguas anóxicas, ya que el equipo de medición no logró registrar ninguna concentración de oxígeno, lo que resulta congruente con el profuso crecimiento de neumatóforos de mangle negro, única especie que prospera en ese sitio.

**Temperatura del agua.** Este parámetro presenta un comportamiento muy variable, ya que depende del grado de insolación que permita el follaje de cada sitio, así como de la hora en la que se realice la medición, no obstante, los valores registrados se consideran elevados, y son consistentes con los bajos niveles de oxígeno registrados, ya que entre más caliente se encuentre el agua retiene una menor concentración de oxígeno disuelto.

Del recorrido inspección realizado en el Ejido Pino Suárez, se obtuvieron evidencias que permitieron definir de forma más certera las diferencias en el tipo de vegetación. En dicho recorrido fue posible identificar *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco). Siendo el mangle rojo la especie que ocupa una mayor extensión, aunque en de forma dispersa y con individuos con una altura menor a 1.5 metros. El mangle negro se encuentra distribuido en una extensión considerable, aunque no tan grande como la superficie ocupada por mangle rojo. Con respecto al mangle botoncillo y mangle blanco, estos se encuentran en manchones dispersos y en menor proporción que el mangle negro y rojo. Como resultado del recorrido de campo establecido se obtuvo una clasificación supervisada cuyo análisis derivó en la modificación del polígono de distribución de manglar definido previamente debido a que este último incluía rodales de Selva Baja Subcaducifolia que no cuentan con presencia de especies de mangle. En la Figura 68 se muestran las especies encontradas a lo largo del transecto recorrido.

**Figura 68 Tipos de mangle encontrados en el trayecto de inspección.**

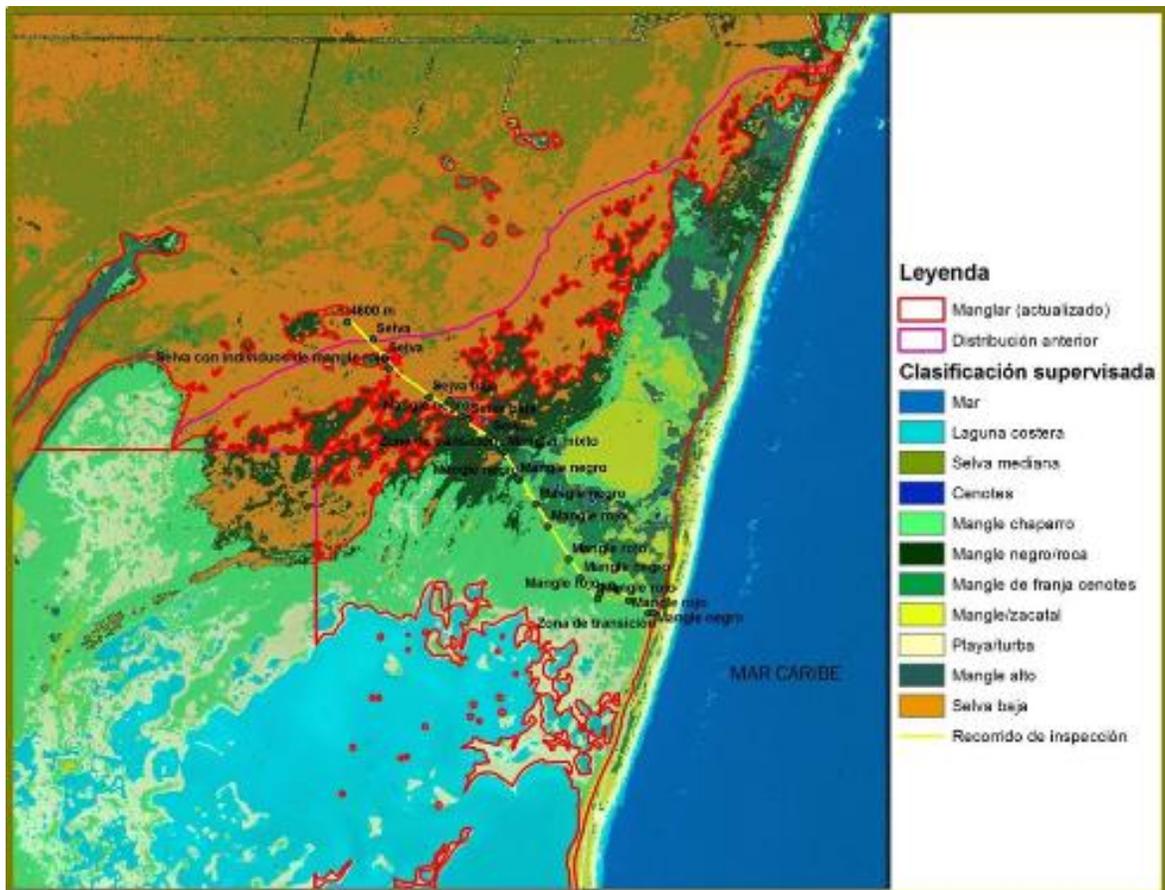


FUENTE: Sylvática S.C. y CEMDA.

La clasificación supervisada derivada de los datos recabados en campo permitió la diferenciación de once tipos de cobertura vegetal, entre las que se encuentran: mar, cenotes, lagunas costeras, selva mediana subperennifolia, selva baja subcaducifolia, mangle chaparro (mangle rojo), mangle negro en roca expuesta, mangle de franja en cenotes, mangle en marismas (zacatal), playa o turba y mangle alto. Una vez obtenidas dichas coberturas se procedieron a su digitalización para representarlas en formato vector y cuantificar de forma precisa la superficie de manglar total para este polígono y todo el municipio de Tulum.

En la Figura 69 se muestra el resultado de coberturas obtenidas en la clasificación supervisada, así como el límite de manglar definido con anterioridad y su correspondiente ajuste respecto a los resultados de la visita de campo. Asimismo, se puede observar que en dicha región existe una zona de transición entre la vegetación de manglar, la selva baja subcaducifolia y la selva mediana subperennifolia.

**Figura 69 Coberturas obtenidas con la clasificación supervisada en el área del recorrido de campo.**



FUENTE: Análisis de la imagen SPOT.

### 2.2.7.15. Distribución de la vegetación.

**Cuadro 26 Superficies de los tipos de vegetación presentes en el municipio de Tulum.**

Uso de suelo y vegetación	Ha	%
Agricultura	13,997.51	6.86
Duna	997.17	0.49
Laguna	168.39	0.08
Laguna costera	5,802.43	2.84
Manglar	5,638.15	2.76
Marisma	394.50	0.19
Playa	200.56	0.10
Sabana	479.51	0.23
Sascabera	135.22	0.07
Selva Baja Subcaducifolia	40,436.01	19.81
Selva Mediana Subperennifolia	116,971.31	57.31
Uso Urbano	1,144.54	0.57
Vegetación Secundaria derivada de SMQ	17728.70	8.69
<b>Total general</b>	<b>204,094.00</b>	<b>100</b>

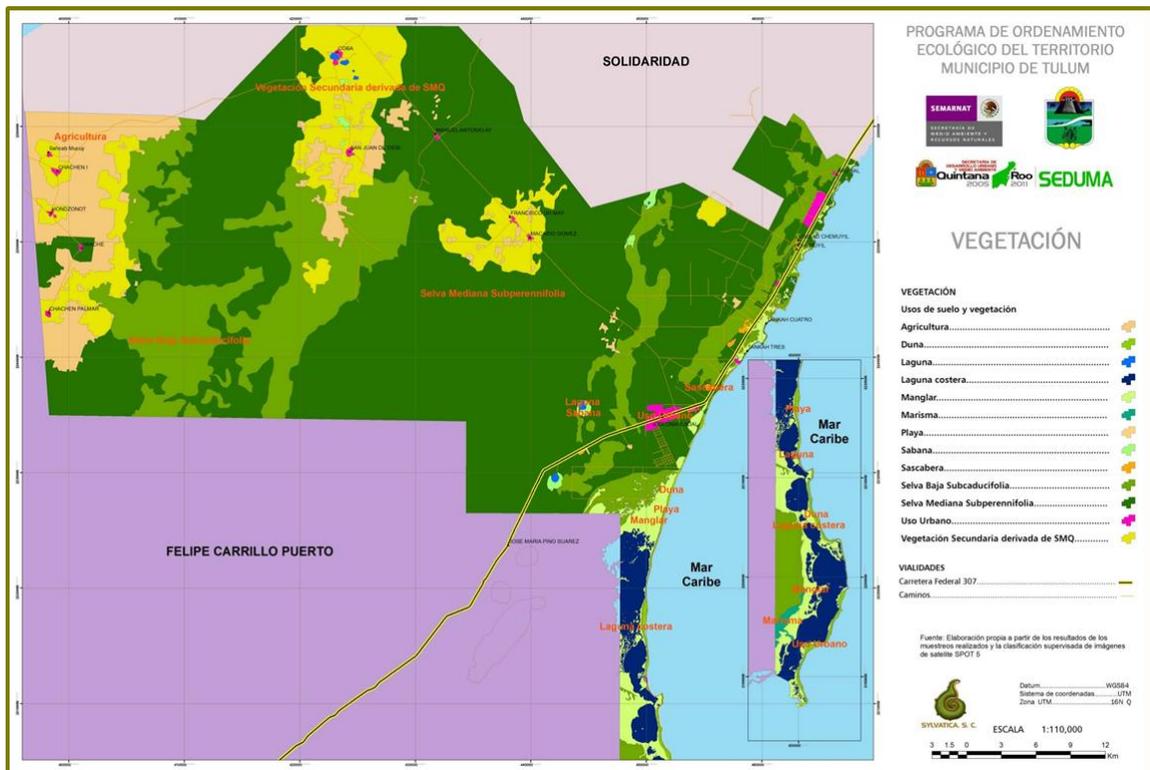
El tipo de vegetación con mayor extensión dentro del municipio es la Selva Mediana Subperennifolia, la cual ocupa cerca el 57.31 % de la superficie municipal y posee una amplia distribución cubriendo desde áreas cercanas a la zona costera hasta los límites Sur y Oeste del municipio. Cabe señalar que la mayor masa forestal corresponde a dicho tipo de vegetación y dentro de ésta los mayores diámetros y alturas registradas se encuentran en la región Sur del municipio, en colindancia con el municipio de Felipe Carrillo Puerto.

La Selva Baja Subcaducifolia ocupa el segundo lugar en importancia con respecto a la superficie que ocupa, que es de 40,018.46 Ha aproximadamente, cifra que representa el 19.81% de la superficie total del Municipio de Tulum.

El tercer tipo de vegetación en importancia por extensión es la Vegetación Secundaria derivada de Selva Mediana Superennifolia con una ocupación cercana al 8.69% de superficie municipal, este tipo de vegetación presenta una masa forestal considerable, sin embargo, la mayor parte de las zonas ocupadas por esta son resultado de afectaciones como incendios, desmontes para aprovechamiento de palizada y acciones agrícolas. La mayor superficie de este tipo de vegetación se distribuye en zonas cercanas a las comunidades indígenas de Coba, Chanchen primero, Hondzonot, Yaxchen, Chanchen Palmar y San Juan de Dios. Es importante considerar que a pesar de la intensa actividad agrícola ocurrida en dichas comunidades la mayor afectación se encuentra en un área colindante con el ejido Jacinto Pat, la cual se encuentra seriamente afectada por los incendios.

La duna costera y la sabana son dos tipos de vegetación cuya distribución se encuentra restringida a las costas en el primer caso y a las llanuras de inundación cercanas a las lagunas en el segundo. Por lo cual su extensión es mucho menor en comparación con los tipos de vegetación antes mencionados. La duna se distribuye principalmente en la costa Sur del municipio, dado que la zona Norte es escasa debido a la presión ejercida por los desarrollos turísticos. Por otra parte, la sabana se encuentra en la llanura de inundación de las lagunas “La Unión”, “Laguna Continental” así como en la “Laguna Chumkopo”.

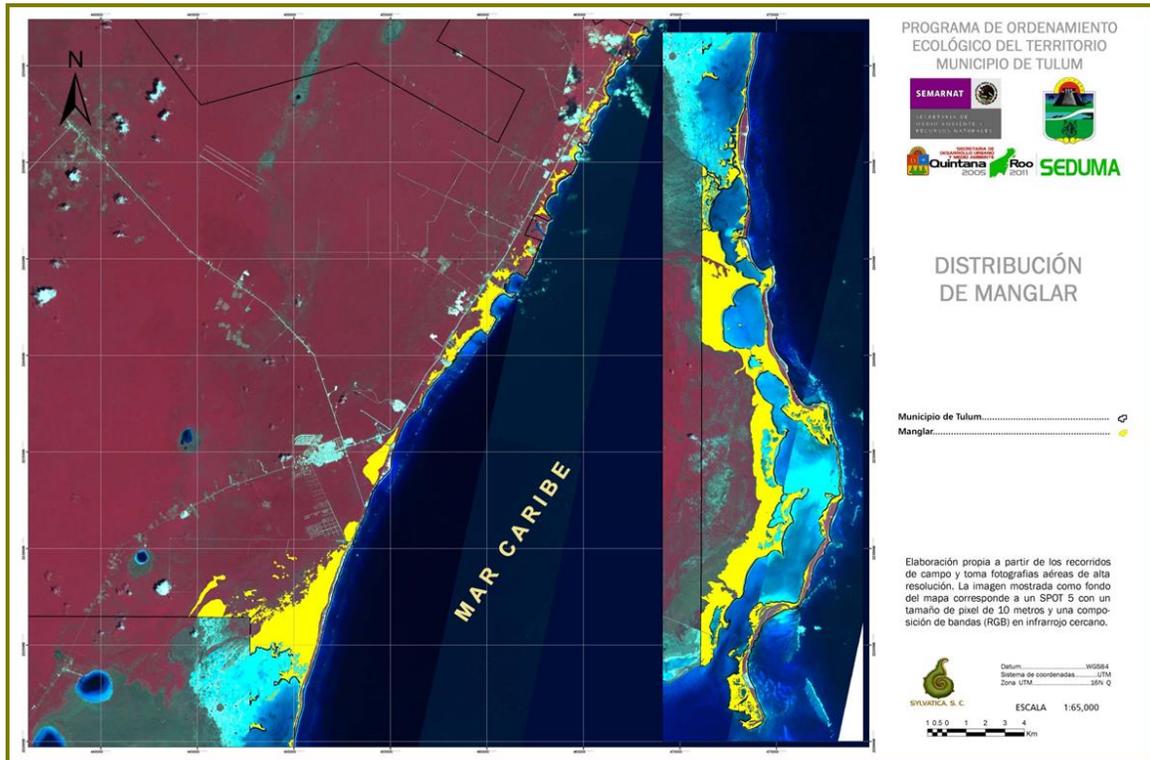
**Figura 70** Uso de suelo y vegetación en el municipio de Tulum.



En cuanto a la distribución de los manglares en el municipio, se encontró que el 66.46% de estos se encuentra dentro de los límites de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, que equivale a 3,747.16 Ha, y el 28.95 % restante en predios costeros, principalmente propiedades privadas.

Como se puede apreciar en la Figura 71 las superficies de manglar más extensas se ubican en la porción sur del municipio, por lo que se ubican dentro de las áreas protegidas de Sian Ka'an, Arrecifes de Sian Ka'an y Parque Nacional Tulum.

**Figura 71 Distribución de la vegetación de manglar en el municipio de Tulum.**



FUENTE: SYLVATICA, S. C. 2010.

### 2.2.7.16. Flora incluida en alguna categoría de la Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010.

En los diversos ecosistemas y tipos de vegetación presentes en el Municipio de Tulum se encuentran once especies representantes de seis familias que están consideradas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 (Tabla XX). Cinco de estas especies están bajo protección especial y seis amenazadas. También, dos de ellas son consideradas especies endémicas.

**Cuadro 27 Relación de especies de flora incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 que se distribuyen en el Municipio de Tulum.**

FAMILIA	ESPECIE	ESTATUS DE PROTECCIÓN
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Amenazada
	<i>Coccothrinax readii</i>	Amenazada, endémica
	<i>Pseudophoenix sargentii</i>	Protección especial
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Amenazada
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i>	Amenazada
Nolinaceae	<i>Beaucarnea plabilis</i>	Amenazada, endémica
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Protección especial
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	Protección especial
	<i>Conocarpus erecta</i>	Protección especial
Verbenaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Protección especial
Zamiaceae	<i>Zamia loddigesii</i>	Amenazada

FUENTE: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Entre las especies enlistadas se encuentra la palma chit (*Thrinax radiata*), que es una especie con importancia económica, ecológica, cultural y ornamental, que está catalogada como amenazada por la Norma Oficial Mexicana Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y se distribuye en la Península de Yucatán. Sus troncos son utilizados principalmente para la construcción de trampas de langosta y para el acabado de hoteles y restaurantes, otros utilizan sus hojas para el techado de las casas mayas tradicionales o de palapas turísticas, así como para la fabricación de escobas y sombreros. De la misma manera, es utilizada para fines medicinales, artesanales y culinarios, además que es apreciada como planta de ornato (Pérez, E., Ceballos G. y Calvo L. 2005).

La palma nacax (*Coccothrinax readii*) es una especie endémica de la península de Yucatán, que además de su importancia legal, tiene importancia ecológica ya que sus frutos son fuente de alimento para la fauna local principalmente del grupo de las aves y los mamíferos; y ornamental por el aspecto estético de sus hojas.

La despeinada (*Beaucarnea piabilis*) es una especie endémica de la Península de Yucatán que se encuentra en las selvas bajas, medianas y altas y es muy utilizada en jardinería.

En el municipio los manglares se distribuyen a lo largo de la zona costera y se componen de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*) las cuales están sujetas a protección especial de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana Norma Oficial Mexicana NOM- 059-SEMARNAT-2010. Los manglares se caracterizan por ser uno de los ecosistemas más productivos tienen una gran importancia económica y ambiental por el uso que las comunidades les han dado y por los servicios ambientales que brindan.

### 2.2.7.17. Especies endémicas de la región.

De acuerdo con Durán G. y Olmsted I. (1987), que realizaron un listado florístico de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an en la que registraron 36 especies endémicas de la Península de Yucatán, de las cuales 14 se distribuyen en el Municipio Tulum (cuadro 28)

**Cuadro 28 Relación de especies de flora endémica que se distribuyen en el Municipio de Tulum.**

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i> *	Nacax
Cactaceae	<i>Nopalea gaumeri</i>	Tsakam
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolche'
Fabaceae	<i>Acacia dolicoctachya</i>	Subte
	<i>Acacia gaumeri</i>	Boxkatsim
	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamche'
	<i>Lonchocarpus xuul</i>	Kull
	<i>Pithecellobium stevensonii</i>	Chauche
Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sakpah
Nolinaceae	<i>Beaucaernea pliabilis</i> *	Despeinada
Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
Sapindaceae	<i>Thouinia canescens</i>	K'anchanup
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'axnik

FUENTE: Elaboración propia a partir del Listado florístico de la Reserva de Sian Ka'an.

De las especies enlistadas se encuentran dos especies incluidas en alguna categoría de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 como son la palma nacax (*Coccothrinax readii*) y la despeinada (*Beaucaernea pliabilis*), que están catalogadas como amenazadas.

Por otra parte, otras especies como el akits (*Thevetia gaumeri*) y el ya'axnik (*Vitex gaumeri*), además de la palma nacax y la despeinada son muy utilizadas en áreas verdes o ajardinadas por su potencial ornamental.

### 2.2.7.18. Especies que se utilizan en la zona.

El uso de las plantas de las comunidades de Tulum y en general del estado de Quintana Roo es muy común, ya que se les da un uso medicinal, como alimento, se utilizan para ofrendas en rituales, para ornato, para palizada, para cestería, entre otras (Villareal S. y Balam P. 2007).

Entre las especies que se utilizan como alimento destacan el chicozapote (*Manilkara zapota*), el siricote (*Cordia dodecandra*), la guaya (*Talisia olivaeformis*), el caimito (*Crysophyllum mexicanum*), entre otros, de los que se aprovecha su fruto, de la misma manera del ramón blanco (*Brosimum alicastrum*), se utiliza su semilla como complemento del maíz, y las hojas de las especies como el cocoite (*Gliricidia sepium*) y el guarumo (*Cecropia obtusifolia*) son utilizadas como forraje.

Entre las plantas que tienen un uso medicinal destaca el chacah (*Bursera simaruba*) que se utiliza para tratar la quemadura por chechem, la riñonina (*Ipomoea pes-caprae*) para enfermedades del riñón, el ramón (*Brosimum alicastrum*) es utilizado para el asma, la pata de vaca (*Bahaina divaricata*) es utilizada para la diarrea, el siricote (*Cordia sebestena*) para el dolor de estómago, entre otras.

En cuanto a la palizada en general se emplea para exteriores de casas y de cercados se realiza con maderas resistentes a la intemperie o en su caso para venta como materia prima. Los sitios de donde se extrae principalmente la palizada son huamiles y acahuals, los primeros se consideran terrenos agrícolas abandonados en recuperación y los segundos terrenos forestales incipientes. Por lo general los diámetros utilizados van de los 5 a los 15 centímetros de diámetro, los largos varían de un metro hasta 4 metros. Entre las especies utilizadas se encuentra el guano (*Sabal yapa*), el tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), palma tasiste (*Acoelorrhapha wrightii*) entre otras, y para cercado se utiliza el chacah (*Bursera simaruba*) y el chicozapote (*Manilkara zapota*). Los tallos de las palmas son también muy utilizados para delimitación de predios (cercados) o construcción de cabañas principalmente.

Los bejucos son ampliamente utilizados para cestas tejidas para uso familiar se utilizan principalmente para cosechar y transportar maíz, otros granos y hortalizas desde las parcelas. También en las comunidades de la zona maya se utilizan largos tramos de bejuco para atar los largueros a los postes y entre sí.

Por otra parte, en la mayoría de las comunidades se obtiene leña para generar energía para la cocción de alimentos, la cual recogen de zonas cercanas a sus parcelas, entre las especies utilizadas como leña se encuentran el caracolillo (*Sideroxylon gaumeri*), el cedro (*Cedrela odorata*) la ceiba (*Ceiba pentandra*), el chacah Rojo (*Bursera simaruba*), el chicozapote (*Manilkara zapota*), entre otros.

#### **2.2.7.19. Especies incluidas en el Programa de conservación de especies en riesgo (PROCER).**

Como se mencionó en el PROCER se definieron las especies cuyas poblaciones requieren de una atención inmediata, en el caso de la flora se presenta una lista en la que se muestra la prioridad relativa de las distintas especies flora seleccionadas (Tabla XXI), sin embargo, independientemente de las especies señaladas, se han considerado dar seguimiento y contribuir a través del PROCER al cumplimiento de los objetivos compartiendo la visión a largo plazo de incrementar su conocimiento, conservación y uso sostenible que permita la restauración de los hábitats, ecosistemas y comunidades vegetales in situ, más representativos del país que alberguen la mayor biodiversidad (CONANP, 2007).

En el municipio se distribuyen dos especies en riesgo del PROCER como son el mangle blanco (*Avicennia germinans*) y mangle botoncillo (*Laguncularia racemosa*).

#### 2.2.7.20. Uso del Suelo.

Actividades agrícolas (maíz, frijol, camote, calabaza, yuca, macal, chile, sandía, plátano, jícama, otras), forestales (madera para durmientes, tabla, postes, hojas de palma para techado, extracción de chicle, miel), cacería de autoconsumo (venado, jabalí, tepescuintle, tejón, pavo ocelado, chachalaca), pesca (langosta, escama), turismo y desarrollo costero  
([http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR\\_RAMSAR/Quintana\\_Roo/Sian%20Ka'an/Sian%20Ka'an.pdf](http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Quintana_Roo/Sian%20Ka'an/Sian%20Ka'an.pdf)).

**Cuadro 29 Distribución de Vegetación.**

TIPO	ÁREA km2	PORCENTAJE
área deforestada	12.05	0.59%
Mangle	18.307	0.89%
selva baja inundable	192.55	9.43%
palmar inundable	3.31	0.162%
Tular	50.65	2.481%
selva mediana subcaducifolia	1,764.07	86.43%

Fuente: Atlas de Riesgos de Tulum, 2015. SEDATU

**Figura 72 Mapa de Uso de Suelo del Municipio de Tulum**



*Fuente: Atlas de Riesgos de Tulum, 2015. SEDATU*

## 2.2.8. Fauna.

La ubicación geográfica de México la sitúa justo entre dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, las cuales convergen y contribuyen a la alta tasa de diversidad de plantas y animales por la cual se le ha considerado a México entre los cinco primeros países de los 12 catalogados como megadiversos (CONABIO, 1998).

El componente Neotropical incluye áreas tropicales húmedas y subhúmedas del Sur de México, asignadas a las provincias biogeográficas de la Costa Pacífica Mexicana, Golfo de México, Chiapas y Península de Yucatán. Es en esta última provincia donde se encuentra geográficamente el Estado de Quintana Roo, que en conjunción con sus características geológicas y climáticas le atribuyen características de gran importancia para la presencia de vertebrados terrestres, puesto que se han registrado aproximadamente 646 especies que taxonómicamente están agrupados en 22 especies de anfibios, 100 especies de reptiles, 425 especies de aves y 99 especies de mamíferos. Dentro del corredor turístico Cancún– Tulum, se distribuyen únicamente 18 especies de anfibios, 82 especies de reptiles, 178 especies de aves y 59 especies de mamíferos.

La biodiversidad del Estado de Quintana Roo se empezó a reconocer por extensión de la distribución de las especies reportadas en otros puntos de toda la península de Yucatán, ejemplo de ello son los trabajos publicados por Paynter (1955) y McKinnon (1989), sobre aves de la Península de Yucatán, Duellman (1965) y Lee (1980,1996, 2000) que tratan sobre la herpetofauna; Jones y Lawlor (1965), Jones, et. al. (1973, 1974a y 1974b), Birney, et al (1974) y Genoways (1975) sobre los mamíferos. Además de los trabajos mencionados existen otros de carácter más general que incluyen a las especies de Quintana Roo, como son la obra de Hall (1981), sobre los mamíferos de Norte América, y Ramírez-Pulido, et al. (1986) que trata a los mamíferos de México, Emmons (1990), sobre los mamíferos de los bosques tropicales americanos, Reid, (1997), sobre mamíferos de Centro América y Sureste de México, Smith y Smith (1977, 1979) y Smith y Taylor (1945, 1948 y 1950) todos estos sobre los anfibios y reptiles de México. Sobre aves están los trabajos recientes de Howell y Webb (1995), sobre las aves de México y Centro América, Howell (1999), sobre las aves de México.

A pesar de las obras tan importantes mencionadas, la fauna de vertebrados de la franja costera del Estado es poco conocida. No fue, sino recientemente y a raíz del acelerado desarrollo de la ciudad de Cancún, que la sociedad y gobiernos, comenzaron a preocuparse por los problemas locales. Teniendo como antecedente la experiencia de Cancún y a la vista el rápido desarrollo del Corredor Turístico Cancún-Tulum, han aparecido en la literatura recientemente estudios que tratan sobre diferentes aspectos relacionados con la franja costera de Quintana Roo, como los de Colmenero (1989) y Gallo (1982) sobre los manatíes, Gil- Hernández (1988) que estudia a las tortugas marinas y sus sitios de anidación, los realizados por el Instituto de Ecología (1985a, 1985b, 1986) sobre impacto ambiental de diferentes obras turísticas y de explotación de caliza a cielo abierto, López-Ornat, *et al* (1989) sobre aves, López-González (1991), Lynch, *et al* (1989) también sobre aves pero migratorias, Rico-Gray (1989) que estudia el hábitat de los monos y Watts y Rico-Gray (1987) la distribución de los mismos en la Península de Yucatán incluyendo la franja costera del Norte del Estado de Quintana Roo, Sánchez-Herrera, *et al* (1986) que publican nuevos registros de mamíferos para el Estado.

Tulum es uno de los municipios más recientes dentro del Estado de Quintana Roo, y algunos de los estudios de fauna más actuales dentro del mismo incluyen los trabajos realizados dentro de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (Raymundo, 2010), de la cual una parte corresponde a Tulum, así como al Área natural protegida Parque Nacional Tulum (ECOSUR-CONANP, 2007). Tomando en cuenta que esta información se restringe prácticamente a la zona costera, de manglar y parte de selva baja, se realizó un trabajo de campo que consistió en el monitoreo sistemático de fauna, así como comunicación personal de pobladores en diferentes puntos que comprenden el Municipio Tulum. Todas estas acciones se llevaron a cabo con el fin de constatar y complementar la información bibliográfica y generar un listado taxonómico más completo de las especies que se pudieran encontrar dentro del municipio, en especial la localización y posible distribución de las especies incluidas dentro de la Norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 o que generen algún otro tipo de interés para el área de estudio.

### 2.2.8.1. Materiales y métodos.

Actualmente el Municipio Tulum y la zona de la Riviera Maya que abarca la presente caracterización es un mosaico formado de diferentes comunidades vegetales en diferentes grados de conservación o de sucesión ecológica producto de los diferentes usos del suelo, el impacto de los huracanes y otros factores ambientales. Es por esto que la metodología empleada consistió principalmente en recorridos diurnos y nocturnos, así como la aplicación de técnicas de captura para los diferentes grupos faunísticos siguiendo a Jones, (1986), Casas-Andreu (1990), y Cherkiss, et al (2005), tratando de cubrir todos los ambientes presentes en el municipio.

Los recorridos se realizaron siguiendo transectos al azar diurnos y nocturnos para reptiles y anfibios, que consistían en caminatas revisando cualquier microhábitat normalmente utilizado por las especies. Por otro lado, también se realizaron transectos por puntos de observación para aves y mamíferos en diferentes horarios, que consistían en caminatas y altos cada 100 m para avistar aves principalmente, aunque también fue útil esta metodología para registro de mamíferos (Apuntes VII Curso Taller Internacional sobre Técnicas aplicadas a la Conservación y Manejo de Fauna Silvestre, 2000). También se realizó una búsqueda activa de individuos de fauna silvestre en lugares específicos como caminos de terracería, sascaberas, cenotes, cuerpos de agua, cuevas, huecos, construcciones abandonadas de diferentes materiales, y cualquier otro sitio que pudieran servir como hábitat de ciertas especies. La mayoría de estas caminatas se realizaron en compañía de miembros de las poblaciones cercanas, las cuales sirvieron como guías y apoyo debido a su conocimiento y experiencia de la zona y la fauna local.

Durante los recorridos fue posible el registro de especies mediante la observación directa e indirecta. La observación directa consistió en la visualización de los individuos durante la realización de los recorridos, y para aprovechar su aplicación se contó con el apoyo de binoculares, así como, una cámara marca Nikon, con telefoto 300 70 mm y una cámara digital Lumix Panasonic DMC-LZ3 de 5 Mega pixeles con el que se realizó el registro fotográfico de algunas especies (Figura 73).

**Figura 73 Observación directa de la fauna.**



FUENTE: SYLVATICA, S. C. /GBU, 2010

La observación indirecta consiste el registró de individuos que deambularon o residen en la zona de estudio, pero que sólo es posible determinar su presencia mediante el avistamiento de evidencia como las huellas impresas en el sustrato, restos de excretas, mudas, nidos, plumas, ejemplares muertos, aromas, cantos, y en el caso de especies de interés cinegético como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), temazate (*Mazama americana*) y el pecarí de collar (*Tayassu tajacu*), entre otros, es posible deducir su estancia debido a la presencia de cartuchos gastados de escopeta, entre otros. Todo esto con el apoyo de cámaras fotográficas para lograr un registro en imágenes (Figura 74).

**Figura 74 Observación indirecta de la fauna.**



FUENTE: SYLVATICA, S. C. /GBU, 2010

Por otro lado, se ejecutaron metodologías de captura de mamíferos pequeños y medianos en las que se emplearon trampas Sherman cebadas con avena y jarabe de vainilla, estas trampas eran ubicadas en los sitios elegidos al caer la noche, y a primera hora del día siguiente eran revisadas y recogidas. También se colocaron trampas Tomahawk para mamíferos medianos cebadas indistintamente con sardina y con fruta, estas trampas se ubicaban en los sitios elegidos al caer la noche, y a primera hora del día siguiente eran revisadas y recogidas. Aunado a esto, se contó con el recurso de las redes de niebla para murciélagos, las cuales se colocaban en la tarde antes del ocaso y se mantenían abiertas hasta la media noche revisándolas cada 15 minutos para verificar la captura e inmediata liberación de los ejemplares (Figura 76)

**Figura 75 Métodos de colecta de mamíferos.**



FUENTE: SYLVATICA, S. C. /GBU, 2010

En el caso de la herpetofauna la técnica utilizada fue la de captura a mano limpia y en algunos casos se empleó un bastón herpetológico. La información mínima que se tomó a cada taxón colectado o avistado fue, fecha, especie, hábitat y vegetación. Cada ejemplar colectado vivo fue determinado taxonómicamente hasta nivel de especie, fotografiado y liberado *in situ* sin daño alguno (Figura 76)

**Figura 76 Captura y registro de los individuos.**



FUENTE: SYLVATICA, S. C. /GBU, 2010

La herpetofauna registrada en este trabajo fue determinada mediante la recopilación de claves dicotómicas de Flores-Villela, *et al* (1995) y Lee (2000), mientras que los cambios taxonómicos fueron siguiendo a Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004), Frost, *et al* (2006), Wüster, *et al* (2005) y Smith (2005). La mastofauna fue determinada según Medellín, *et al* (1997), Wilson y Reeder (1993), Arita y Ceballos (1997) y Reid (1997), mientras que los cambios taxonómicos fueron siguiendo a Ceballos, *et al* (2002) y Ramírez-Pulido *et al* (2005). Las aves fueron identificadas mediante las guías de Howell y Webb (1995), Edwards (2003), Chable, *et al* (2007) la taxonomía fue según la American Ornithologist' Union (AOU) 1998 y los nombres en español fueron tomados de Avesmx.net. Las especies endémicas fueron según Flores-Villela, 1993 para el caso de la herpetofauna. Ceballos, *et al* (2005) para los mamíferos, la NOM-059-SEMARNAT-2010 para todas las clases y Howell, *et al* (1995) para las aves.

### 2.2.8.2. Resultados.

**Composición taxonómica.** El trabajo de campo llevado a cabo en diferentes puntos del Municipio Tulum logró registrar 282 especies de vertebrados terrestres, sin embargo, a este número se le agregaron algunas especies de aves tomadas del trabajo de Raymundo, A. (2010). Aunado a esto se enlistaron algunas especies observadas por los pobladores de los diferentes centros de población del municipio y los cuales los tomamos como comunicación personal para llegar a la cifra final de 351 especies que taxonómicamente se distribuyen en 248 géneros, divididas en 89 familias y que pertenecen a 32 órdenes. Esta fauna la representan 14 especies de anfibios, 60 de reptiles, 230 especies de aves y 47 especies de mamíferos como se puede observar en el cuadro 27. El grupo más numeroso tomando en cuenta todas las categorías taxonómicas son las aves, le siguen los reptiles, mamíferos y anfibios. Se puede observar que los porcentajes de las diferentes clases difieren, pues las aves representan el 55.43% de los registros y los anfibios el 5.24%. La relación porcentual entre las diferentes clases de vertebrados terrestres en el municipio es similar a otras proporciones encontradas en diferentes sitios de la Riviera Maya con tipos de vegetación similares.

**Cuadro 30 Composición taxonómica de la fauna terrestre del municipio de Tulum.**

CLASE	ORDENES	FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES	* %
Anfibios	1	5	8	14	<b>3.90</b>
Reptiles	3	18	47	60	<b>17.09</b>
Aves	19	50	155	230	<b>65.34</b>
Mamíferos	9	22	39	47	<b>13.52</b>
<b>Totales</b>	<b>32</b>	<b>95</b>	<b>249</b>	<b>351</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: G. Briceño/SYLVATICA, S.C., 2010.

\* El Porcentaje está calculado con base en el número total de especies registradas en el proyecto.

Estos resultados deben de tomarse con cierta reserva, ya que aún hace falta un trabajo sistematizado más exhaustivo de la fauna en el municipio por lo que es probable que las especies de vertebrados terrestres se incrementen por lo menos al nivel de riqueza específica.

Aunado a la lista de especies de vertebrados terrestres, se incluyen algunas especies estigobias vertebradas e invertebradas que viven en los cenotes y sistema de cuevas subterráneas, ecosistemas únicos y frágiles que se encuentran dentro del Municipio de Tulum, Dentro de esta fauna se enlistaron 4 peces y 12 crustáceos.

#### **Especies incluidas dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Las especies reconocidas oficialmente dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, suman un total de 2,583, de las cuales 981 pertenecen a plantas, 42 especies a hongos y 1,560 a animales; de los cuales 1,514 corresponden a vertebrados (cuadro 28) que se encuentran clasificados dentro de una de las cuatro categorías de riesgo establecidas: Probablemente extinta en el medio silvestre (E), en peligro de extinción (P), Amenazada (A) y sujeta a protección especial Pr).

**Cuadro 31 Número de especies protegidas.**

GRUPO	No. DE ESPECIES
Peces	185
Anfibios	197
Reptiles	466
Aves	371
Mamíferos	295
<b>Total</b>	<b>1,514</b>

FUENTE: CONABIO, 2010.

Las categorías de riesgo que tiene establecida la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 para las especies de flora y fauna que habitan el territorio nacional son las siguientes:

Probablemente extinta en el medio silvestre (E): Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del territorio nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del territorio mexicano.

En peligro de extinción (P).- Aquella especie cuya área de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros. (Esta categoría coincide parcialmente con las categorías en peligro crítico y en peligro de extinción de la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN).

Amenazada (A).- Aquella especie, o poblaciones de la misma, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazos, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones. (Esta categoría coincide parcialmente con la categoría vulnerable de la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, (UICN).

Sujeta a protección especial (Pr).- Aquella especie o población que podría llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas. (Esta categoría puede incluir a las categorías de menor riesgo de la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN).

De acuerdo con la información recopilada en campo, por revisión bibliográfica y comunicación personal, en el Municipio Tulum se registraron un total de 63 especies con estatus de protección, es decir que aproximadamente 18 % (1/5) de las especies registradas en esta caracterización se encuentran enlistadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010; de las cuales 12 de ellas se encuentran en Peligro de Extinción, 18 con la categoría de Amenazadas, y 35 sujetas a Protección Especial.

Aunado al número de especies registradas, en el caso particular de las especies protegidas, se incluyeron las registradas en dos trabajos realizados en sitios específicos como lo es el poblado de Chemuyil (Sylvatica, S.C., 1999) y el Área Natural Protegida Parque Nacional Tulum (CONANP, 2007), así como la información de las fichas de especies en la NOM-059- SEMARNAT-2010, con el fin de tener un número más exacto y una distribución más real de las especies protegidas. Esta nueva lista arrojó 19 especies, de las cuales 2 se encuentran en peligro de extinción, 8 amenazada y 9 sujetas a Protección Especial, es decir que el número de especies con algún estatus de protección se elevó a 82 (cuadro 29).

**Cuadro 32 Fauna en algún estatus dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.**

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTATUS DE PROTECCIÓN	LOCALIDADES
<b>ANFIBIOS</b>				
Plethodontidae	<i>Bolitoglossa yucatanana</i>	Salamanquesa	Protección especial	Chemuyil
Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus yucatanensis</i>	Rana ladrona yucateca	Protección especial	Punta Solimán, Punta Carey y Parque Nacional Tulum
Hylidae	<i>Tripion petasatus</i>	Rana de árbol yucateca	Protección especial	Manuel Antonio Ay .5 Km al Noroeste M. A. Ay y Parque Nacional Tulum
Ranidae	<i>Rana berlandieri</i>	Rana leopardo	Protección especial	Punta Solimán Manuel Antonio Ay y Parque Nacional Tulum
<b>REPTILES</b>				

Bataguridae	<i>Rhinoclemmys aerolata</i>	Tortuga mojina	Amenazada	Boca Paila, Yaxchen Punta Solimán y Parque Nacional Tulum
Emydidae	<i>Trachemys scripta</i>	Tortuga gravada	Protección especial	Camino a Boca Paila y Parque Nacional Tulum
Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Tortuga pecho quebrado escorpión	Protección especial	Boca paila Sur de Tulum y Parque Nacional Tulum
	<i>Kinosternon leucostomun</i>	Tortuga casquito	Protección especial	Xcachel-Xcachelito y Parque Nacional Tulum
Chelonidae	<i>Caretta caretta</i>	Tortuga marina caguama	Protección especial	Xcachel-Xcachelito y Parque Nacional Tulum
	<i>Chelonia mydas</i>	Tortuga blanca	Protección especial	Xcachel-Xcachelito y Parque Nacional Tulum
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Tortuga marina de carey	Protección especial	Xcachel-Xcachelito y Parque Nacional Tulum
Dermochelyidae	<i>Dermochelys coriacea</i>	Tortuga marina laúd	Protección especial	Xcachel-Xcachelito y Parque Nacional Tulum
Gekkonidae	<i>Aristelliger georgeensis</i>	Geco pestañado	Protección especial	Xcachel-Xcachelito
	<i>Sphaeridactylus glaucus</i>	Geco enano coralajeo	Protección especial	Ciudad de Coba, Chemuyil
	<i>Thecadactylus rapicauda</i>	Escorpión	Protección especial	Parque Nacional Tulum
Corytophanidae	<i>Laemanctus longipes</i>	Lemacto coludo	Protección especial	Parque Nacional Tulum
	<i>Laemanctus serratus</i>	Tolok verde	Protección especial	Sur de Tulum, Punta Solimán y Parque Nacional Tulum
Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	Protección especial	Parque Nacional Tulum
	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana espinosa rayada	Amenazada	Ciudad de Tulum, Xcachel-Xcachelito y Parque Nacional Tulum
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus cozumelae</i>	Lagartija playera	Protección especial	Camino a Boca paila y Parque Nacional Tulum
Eublepharidae	<i>Coleonix elegans</i>	Cuija yucateca	Amenazada	Boca Paila y Parque Nacional Tulum
Colubridae	<i>Leptophis mexicanus</i>	Culebra ranera	Amenazada	Punta Carey, Xcachel-Xcachelito
	<i>Leptophis ahaetulla</i>	Culebra pico verde	Amenazada	Parque Nacional Tulum
	<i>Lampropeltis triangulum</i>	Culebra real coralillo	Amenazada	Parque Nacional Tulum
	<i>Thamnophis proximus</i>	Culebra listonada occidental	Amenazada	Zona del relleno sanitario
	<i>Thamnophis marcianus</i>	Culebra listonada manchada	Amenazada	Zona del relleno sanitario frente a Punta Carey
	<i>Dipsas brevifacies</i>	Culebra caracolera chata	Protección especial	Camino a Boca paila y Parque Nacional Tulum
	<i>Imantodes cenchoa</i>	Culebra cordelilla	Protección especial	Xcachel-Xcachelito Punta Solimán y Parque Nacional Tulum
	<i>Imantodes gemistratus</i>	Culebra cordelilla centroamericana	Protección especial	Parque Nacional Tulum
	<i>Imantodes tenuissimus</i>	Culebra cordelilla yucateca	Protección especial	Parque Nacional Tulum
	<i>Symphimus mayae</i>	Culebra labios blancos maya	Protección especial	Chemuyil y Parque Nacional Tulum

	<i>Tantilla cuniculator</i>	Culebra ciempiés del Petén	Protección especial	Parque Nacional Tulum
Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa	Amenazada	Zona del relleno, Ruinas de Tulum, camino a Boca paila y Parque Nacional Tulum, límite Suroeste del municipio y cerca del ejido Jacinto Pat
Viperidae	<i>Porthidium yucatanicum</i>	Nauyaca	Protección especial	Limites de Tulum y Solidaridad, Manuel Antonio Ay y Parque Nacional Tulum
	<i>Crotalus durissus</i>	Cascabel	Protección especial	Chanchen Palmar
Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>	Cocodrilo de río	Protección especial	Boca paila
	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo de pantano	Protección especial	Boca paila, Cenote Nohoch y Parque Nacional Tulum
<b>AVES</b>				
Podicipedidae	<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zambullidor común	Protección especial	Chemuyil
Ardeidae	<i>Botaurus lentiginosus</i>	Avetoro lentiginoso	Amenazada	Sian Ka'an
	<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza tigre mexicana	Protección especial	Bahía Príncipe, Akumal, Pez Maya
	<i>Egretta rufescens</i>	Garceta rojiza	Protección especial	Xel-há, cerca de Ruinas Tulum , Chemuyil
	<i>Nyctanassa violacea</i>	Pedrete corona clara	Amenazada	Bahía Príncipe, Akumal
Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña americana	Protección especial	Chemuyil
Anatidae	<i>Cairina moschata</i>	Pato real	Peligro de extinción	Manuel Antonio Ay
Accipitridae	<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura	Protección especial	Reserva de Sian Ka'an
	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	Protección especial	Chencomac, Pez Maya, Sian Ka'an y Parque Nacional Tulum
	<i>Geranospiza caerulescens</i>	Gavilán zancón	Amenazada	Cenote Dos ojos
Falconidae	<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón selvático de collar	Protección especial	Chemuyil, Chanchén Palmar y Bahía Príncipe
Cracidae	<i>Crax rubra</i>	Hocofaisán	Amenazada	Chemuyil, Chanchén Palmar Coba y Parque Nacional Tulum
Phasianidae	<i>Meleagris ocellata</i>	Pavo ocelado	Amenazada	Chemuyil, Chanchén Palmar, Coba, Manuel Antonio Ay, Macario Gómez, Parque Nacional Tulum
Rallidae	<i>Aramides axillaris</i>	Rascón cuello rufo	Amenazada	Pez Maya, Sian Ka'an
Sternidae	<i>Sterna antillarum</i>	Charrán mínimo	Protección especial	Chemuyil, Xcachel-Xcachelito, camino a Boca paila
Columbidae	<i>Columba leucocephala</i>	Paloma corona blanca	Amenazada	Sur de Tulum, Akumal, Bahía Príncipe, Sian Ka'an
	<i>Zenaida aurita</i>	Paloma aurita	Protección especial	Xel-Há
Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco	Protección especial	Chemuyil, Pez Maya, Chanchén Palmar, Coba, Manuel Antonio Ay, Macario Gómez y Parque Nacional Tulum
	<i>Aratinga nana</i>	Perico pecho sucio	Protección especial	Chemuyil, Pez Maya, Sian Ka'an, Chanchén Palmar, Coba,

				Manuel Antonio Ay, Macario Gómez y Parque Nacional Tulum
Rampastidae	<i>Pteroglossus torquatus</i>	Tucaneta negra	Protección especial	Chemuyil, Sian Ka'an, Chanchén Palmar y Parque Nacional Tulum
	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Tucán pico canoa	Amenazada	Chemuyil, Pez Maya, Sian Ka'an, Chanchén Palmar y Parque Nacional Tulum
Dendrocolaptidae	<i>Dendrocincla anabatina</i>	Trepatroncos sepia	Protección especial	Chemuyil
Virionidae	<i>Vireo pallens</i>	Vireo manglero	Protección especial	Chemuyil, Punta Carey, Xel-há, Bahía Principe, Akumal, Chenchomac, Sian Ka'an
Sylviidae	<i>Polioptila plumbea</i>	Perlita tropical	Protección especial	Xcaceel-Xcaceelito
Parulidae	<i>Limnothlypis swainsonii</i>	Chipe corona café	Protección especial	Akumal, Chenchomac, Sian Ka'an
Thraupidae	<i>Eucometis penicillata</i>	Tángara cabeza gris	Protección especial	Chanchén Palmar
<b>MAMÍFEROS</b>				
Cebidae	<i>Ateles geoffroyi</i>	Mono araña	Peligro de extinción	Chanchén Palmar y Manuel Antonio Ay, Límite Suroeste del municipio
Erethizontidae	<i>Coendou mexicanus</i>	Puerco espín tropical	Amenazada	Parque Nacional Tulum
Procyonidae	<i>Potos flavus</i>	Mico de noche	Protección especial	Reserva de Sian Ka'an, Parque Nacional Tulum
Felidae	<i>Herpailurus yagouarondi</i>	Jaguarundi	Amenazada	Camino a Boca paila, Punta Solimán y Parque Nacional Tulum
	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote, tigrillo	Peligro de extinción	Chanchén Palmar, Manuel Antonio Ay, Chemuyil y Parque Nacional Tulum
	<i>Leopardus wiedii</i>	Ocelote, margay	Amenazada	Chanchén Palmar, Manuel Antonio Ay y Parque Nacional Tulum
	<i>Panthera onca</i>	Jaguar	Peligro de extinción	Chanchén Palmar y Manuel Antonio Ay, Límite Suroeste del municipio
Mustelidae	<i>Galictis vittata</i>	Grisón	Amenazada	Xel-há y Parque Nacional Tulum
	<i>Eira barbara</i>	Tayra	Peligro de extinción	Cenote Nohoch y Parque Nacional Tulum
<b>Mirmecophagidae</b>	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	Protección especial	Carretera Federal pasando Chemuyil, Chanchén Palmar, Reserva de Sian Ka' an, Parque Nacional Tulum
<b>ESPECIES ESTIGOBIAS</b>				
Pimelodidae	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	Juil de cenote	Protección especial	Cenote Hundido Chemuyil
Poeciliidae	<i>Poecilia velifera</i>	Topote aleta grande	Amenazada	Cenote Hundido Chemuyil
Bythitidae	<i>Ogilbia pearsei</i>	Dama blanca ciega	Peligro de extinción	Cenote Cristal, Catedrales y Salvaje Tulum
Synbranchidae	<i>Ophisternon infemale</i>	Anguila ciega yucateca	Peligro de extinción	Cenote Cristal, Tulum y Cenote Golondrinas Xel-há
Atyidae	<i>Typhlatya mitchelli</i>	Chacales	Amenazada	Cenotes Tulum-Coba
Atyidae	<i>Typhlatya pearsei</i>	Camaroncillo	Amenazada	Cenotes Tulum-Coba

Cirolanidae	<i>Creaseriella anops</i>	Cochinilla de playa	Amenazada	Cenotes Tulum-Coba
Mysidae	<i>Antromysis cenotensis</i>	Misidaceo	Amenazado	Cenotes Tulum-Coba
Palaemonidae	<i>Creaseria morleyi</i>	Langostino	Amenazada	Cenotes Tulum-Coba

FUENTE: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

De este listado, sobresale el hecho de que siendo los anfibios un grupo muy vulnerable a nivel mundial y de que en la norma oficial existen muchas especies enlistadas, para el presente trabajo sólo cuatro especies se encuentran en la lista. Por otra parte, los reptiles y las aves son los grupos más vulnerables pues es en donde hay el mayor número de especies en la lista (32 y 26 respectivamente). A continuación, se hace una breve descripción por grupo taxonómico de las especies con protección legal.

**Especies estigobias.** De las especies enlistadas del grupo de los estigobios se registraron cuatro especies de peces en riesgo, de las cuales dos se encuentran en peligro de extinción, una amenazada y una sujeta a protección especial. Es importante destacar la presencia de la brótula ciega (*Ogilbia pearsei*) y la anguila ciega (*Ophisternon infernale*) en las aguas subterráneas del municipio; ya que son especies en peligro de extinción, que son endémicas de la zona y aparentemente con una tendencia de decremento en sus poblaciones naturales.

Aunado a los peces y complementando al grupo de especies que habitan las cavernas, se enlistan cuatro especies de crustáceos catalogados como amenazados *Typhlatya mitchelli*, *Typhlatya pearsei*, *Creaseriella anops*, *Antromysis cenotensis* y *Creaseria morleyi*.

Estas especies se pueden encontrar en algunos cenotes como son el Cenote Cristal, el Catedrales, el Cenote Salvaje, el cenote Golondrinas y en un sitio Prioritario para la Conservación de los Ambientes Costeros y Oceánicos denominado Ríos subterráneos y caleta Akumal-Tulum.

**Anfibios.** Los anfibios son de las especies más vulnerables a la fragmentación de los hábitats, así como al cambio climático, una amenaza que ha cobrado mayor importancia en los últimos años.

Dentro de la caracterización del Municipio Tulum se registraron cuatro especies sujetas a protección especial, la salamanesca (*Bolitoglossa yucatanana*), la rana ladrona yucateca (*Eleutherodactylus yucatanensis*), la rana de árbol yucateca (*Tripion petasatus*) (Figura 77) y la rana leopardo (*Rana berlandieri*). En otras palabras, menos del 30% de las especies observadas se encuentra bajo algún estatus de protección.

**Figura 77 Individuo de *Triprión petasatus*, anuro catalogado como especie sujeta a Protección Especial según la NOM-059- SEMARNAT-2010.**



. FUENTE: SYLVATICA, S.C. /GBU, 2010.

**Reptiles.** En el caso de los reptiles, se registraron un total de 33 especies en riesgo de 14 familias, de las cuales nueve se encuentran amenazadas y 24 sujetas a protección especial. Entre las especies enlistadas destaca la presencia de las tortugas marinas, que son especies sujetas a protección especial que llegan a ovopositar en las playas arenosas del municipio, entre las más importantes se encuentran las playas de Xcacel- Xcacelito son consideradas los sitios de mayor densidad de anidación a nivel nacional de las especies de tortuga marina caguama (*Caretta caretta*) y blanca (*Chelonia mydas*), más adelante se abordarán algunos aspectos del Programa de Protección de Tortugas Marinas que se lleva a cabo. De la misma manera destaca la presencia del Cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) y el Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), que también son especies sujetas a protección especial. La lista completa incluye a miembros de los tres Órdenes (Figura 78), siendo el SQUAMATA el más representado.

**Figura 78 Reptiles.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C. /GBU, 2010.

**Aves.** En el caso de las aves, en el Municipio Tulum se encuentran dos áreas para la conservación de las aves, el Corredor Central Vallarta Punta Laguna y el Corredor Calakmul Sian Ka'an.

En la lista taxonómica se pueden apreciar las 26 especies de aves en riesgo registradas en el municipio, de las cuales una especie se encuentra en peligro de extinción, siete se encuentran amenazadas y 17 sujetas a protección especial. Las aves que se observaron o registraron con mayor frecuencia fueron el loro yucateco (*Amazona xantholora*), perico pecho sucio (*Aratinga nana*) y pavo ocelado (*Meleagris ocellata*) (Figura 79).

Figura 79 Aves.



FUENTE: SYLVATICA, S.C. /GBU, 2010

**Mamíferos.** En el caso de los mamíferos, se registraron un total de 10 especies de mamíferos en riesgo de seis familias, de las cuales cuatro se encuentran en peligro de extinción, cuatro se encuentran amenazadas y dos sujetas a protección especial. Entre los mamíferos destacan los felinos silvestres como el jaguar (*Panthera onca*) y el ocelote (*Leopardus pardilis*), así como el mono araña (*Ateles geoffroyi*) (Figura 80), que se encuentran en peligro de extinción por lo que sus poblaciones han declinado como consecuencia de la pérdida de hábitat, la apertura de campos agrícolas y ganaderos y por la cacería ilegal.

**Figura 80 Mamíferos.**



FUENTE: SYLVATICA, S.C. /GBU, 2010.

**Especies endémicas.** Como se mencionó anteriormente, México es considerado como uno de los países catalogados como “megadiversos” debido al gran número de especies de flora y fauna que albergan dentro de sus tierras. Se ha llegado a estimar que 12 de cada 100 especies conocidas en el mundo se encuentran en México y se piensa que la diversidad del país podría ser mucho mayor.

Otra cualidad de la diversidad de especies de nuestro país es que un porcentaje importante de éstas sólo se encuentran dentro del territorio nacional, es decir son endémicas. La herpetofauna cuenta con los mayores porcentajes de endemismos dentro del país con 57% para reptiles y 65% para anfibios; seguidos por el grupo de los mamíferos y peces dulceacuícolas con aproximadamente 32% y en menor proporción aparecen las aves sólo el 10%.

Según Mckinnon (2010), en la Península de Yucatán se distribuyen 14 especies endémicas de la región, de las cuales nueve se registraron dentro del municipio; de estas nueve especies de aves, ocho son consideradas como cuasi endémicas y una semiendémica según la CONABIO (2010). En el caso de los mamíferos no se encontró ninguna especie endémica. Por otro lado, en cuanto a la herpetofauna, se observó una sola especie del grupo de los anfibios y siete del grupo de los reptiles (cuadro 30).

**Cuadro 33 Listado de especies de vertebrados endémicos de la región.**

TAXÓN	ESTATUS DE PROTECCIÓN
ANFIBIOS	
<i>Eleutherodactylus yucatanensis</i>	Pr
REPTILES	
<i>Kinosternon creaseri</i>	
<i>Sceloporus cozumelae</i>	Pr
<i>Coniophanes meridanus</i>	
<i>Imantodes tenuissimus</i>	Pr
<i>Pseudelaphe phaescens</i>	Pr
<i>Symphimus mayae</i>	Pr
<i>Porthidium yucatanicum</i>	Pr
AVES	
<i>Meleagris ocellata</i>	A
<i>Amazona xantholora</i>	Pr
<i>Nyctiphrynus yucatanicus</i>	
<i>Melanerpes pygmaeus</i>	
<i>Myarchus yucatanenses</i>	
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	
<i>Melanoptila glabrirostris</i>	
<i>Piranga roseogularis</i>	
<i>Icterus auratus</i>	

FUENTE: Flores-Villela y Gerez P., 1994, [www.yucatanbirds.org.mx](http://www.yucatanbirds.org.mx), [avesmx.conabio.gob.mx](http://avesmx.conabio.gob.mx)

De estas 17 especies consideradas como endémicas de la región, ocho se encuentran catalogadas dentro de algún estatus de protección según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales una pertenece al grupo de los anfibios, dos a la avifauna y cinco pertenecen al grupo de los reptiles, de los cuales destaca *Porthidium yucatanicum*, miembro de la familia Viperidae. Las nueve especies restantes corresponden a una tortuga, una lagartija y siete aves. De este grupo las especies más importantes son las incluidas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y los sitios de su registro ya se han mencionado anteriormente. En cuanto a las demás especies, son más comunes por lo que solamente se mencionan.

**Especies que se utilizan en la zona.** El uso y aprovechamiento de especies de vertebrados terrestres para sustento familiar es un hecho histórico dentro del Municipio Tulum y otras partes del Estado de Quintana Roo e incluso de la Península de Yucatán. Actualmente aún se puede ver a gente que realiza pesca con arpón deambulando por la playa utilizando las zonas tradicionales de pesca, o bien eligiendo las zonas nuevas. Asimismo, los cazadores con su carabina al hombro salen por las tardes a la caza nocturna de especies de mamíferos entre los que destacan el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el pecarí de collar (*Tayassu tajacu*), la paca (*Cuniculus paca*), el tzereque (*Dasyprocta punctata*), el temazate (*Mazama americana*) y aún los felinos. Por otra parte, durante los trabajos en campo en la zona Oeste del municipio se observó que varias familias mantenían fauna silvestre cautiva, al preguntar las razones de esta actividad comentaron que principalmente se debía para mantenerlos como ornato y para la crianza como fuente de carne para su alimentación, las especies registradas fueron el pecarí de collar (*Tayassu tajacu*), el temazate (*Mazama americana*) y el pato (*Cairina moschata*). También es usual ver en casas a fauna silvestre como mascotas, por ejemplo, los tejones (*Nasua narica*), los monos (*Ateles geoffroyi*) y aves como el loro yucateco (*Amazona xantholora*), principalmente. Durante las encuestas socioeconómicas también se constató que los pobladores rurales tienen la costumbre de cazar las especies silvestres antes mencionadas como parte de su dieta; aunque aceptan que no es una actividad cotidiana, si la realizan una vez cada dos meses.

A pesar de que se hizo un recorrido durante la temporada de arribazón de tortugas marinas a las playas de Quintana Roo, no se observaron indicios del consumo de huevos de este grupo. Aunque al preguntar a los lugareños comentaron que tienen buen sabor lo que pudiera representar que en algún momento han consumido carne o huevos de tortuga marina.

En la zona de Coba, indirectamente utilizan los cocodrilos (*Crocodylus acutus*) que habitan en la laguna como atractivo turístico, donde se permite a los visitantes alimentar a esta fauna para fotografiarla y verla con detalle. No se documentó pesca de ningún nivel en las lagunas que se visitaron durante el trabajo en campo por lo que se infiere que esta actividad no se realiza.

**Especies incluidas en el Programa de Conservación de especies en riesgo (PROCER).** El Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) se puso en marcha desde el año de 2007 y forma parte de los cinco compromisos por la conservación asumidos por el Ejecutivo Federal en febrero del mismo año y se enmarca en la estrategia general de Restauración, contemplada en el Programa Nacional de Áreas Protegidas 2007-2012.

El Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) está estrechamente vinculado con el trabajo de las Áreas Naturales Protegidas Federales, además que contempla otras modalidades de conservación como las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre y las tierras voluntariamente destinadas a la conservación, entre otras. El Programa se ha organizado operativamente en los siguientes segmentos: tortugas marinas; especies terrestres y epicontinentales y, especies marinas, costeras e insulares<sup>64</sup>.

El caso particular del Programa Nacional de Conservación de Tortugas Marinas se mantiene y se refuerza debido al éxito conseguido a lo largo de más de 40 años de operación, lo que ha puesto a poblaciones de ciertas especies como la tortuga golfina en vías de recuperación.

Por otro lado, en el rubro Especies Terrestres y Epicontinentales, se han incluido aquellas especies endémicas o de distribución restringida en México, así como aquellas de amplia distribución, migratorias o compartidas con otras naciones, cuya conservación requiere de esfuerzos multinacionales coordinados. Finalmente, el Programa de Conservación de Especies Marinas Costeras e Insulares, se atienden a todas aquellas especies de mamíferos marinos, peces e invertebrados.

En la implementación del PROCER, se han considerado los trabajos y esfuerzos realizados en años previos por los Subcomités Técnicos Consultivos a través de los Proyectos de Conservación y Recuperación de Especies Prioritarias, y con base en éstos, se elaboran los Programas de Acción para la Conservación de Especies (PACE), los cuales contienen las estrategias, actividades y acciones a desarrollar en el corto, mediano y largo plazos, así como las previsiones presupuestales requeridas.

Con la finalidad de poder definir las especies cuyas poblaciones requieren de una atención inmediata y como uno de los ejercicios realizados para la selección de especies, el 10 de diciembre de 2007, se realizó una reunión de 67 especialistas del sector académico, de organizaciones de la sociedad civil y del sector público, definiendo una serie de criterios necesarios para la selección de especies y se determinó una lista preliminar. La lista resultó en 251 especies propuestas, de las cuales se realizó un segundo filtro de acuerdo con los criterios identificados en el taller, los ejercicios previos, la experiencia adquirida en los distintos enfoques de la conservación de los últimos 10 años y la viabilidad de acuerdo con la visión del PROCER, para contar con una lista final de 30 especies en riesgo que serán atendidas por el PROGRAMA y sujetas de Programas de Acción para la Conservación de Especies (PACE).

En el Municipio de Tulum se pueden encontrar seis especies en riesgo del PROCER como son el jaguar (*Panthera onca*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), así como las tortugas laúd (*Dermodochelys coriácea*) tortuga verde (*Chelonia mydas*), tortuga caguama (*Caretta caretta*) y tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*).

**Programa de Protección de Tortugas Marinas.** En 1991 el Gobierno de México, a través del Instituto Nacional de Ecología (INE) en ese entonces SEDUE, formalizó un crédito con el Banco Mundial para operar el Programa Ambiental de México (PAM), que incluyó el Subprograma Nacional de Protección y Conservación de Tortugas Marinas, el cual contemplaba la instalación de campamentos tortugueros permanentes en 13 playas de 10 estados de la República.

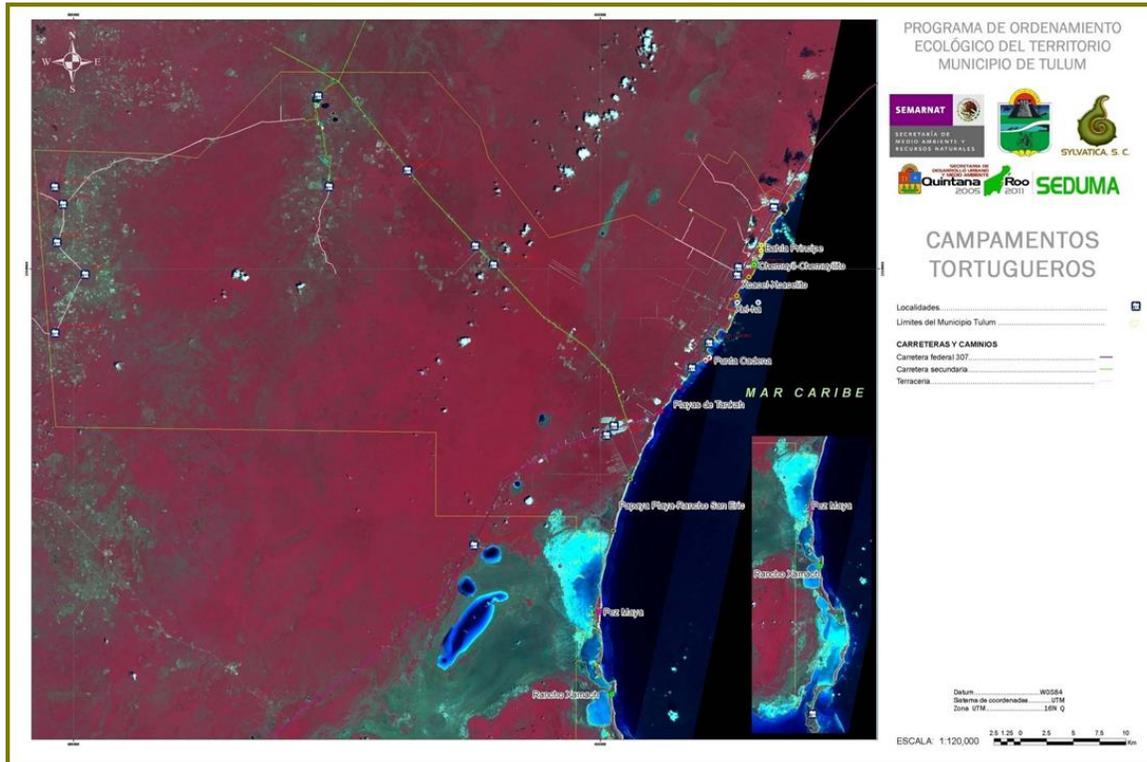
Los campamentos tortugueros iniciaron operaciones formalmente en 1992, mientras que en el Estado de Quintana Roo iniciaron en 1994, a lo largo de la zona Norte del estado, en las localidades de Isla Mujeres, Contoy, Cozumel, Playa del Carmen y Holbox y la operación del programa estuvo a cargo del Centro de Investigaciones de Quintana Roo.

Al desaparecer éste, el Programa de Protección de Tortugas Marinas del Litoral Central de Quintana Roo fue retomado por el Parque Xcaret, quien lo operó de 1996 al 2001 y en el 2002, Xcaret transfirió la operación de los Campamentos tortugueros a Flora, Fauna y Cultura de México, A.C.

Para la operación del programa las playas que cuentan con campamentos tortugueros son Aventuras DIF, Xcacel, Xel-Ha, Kanzul y Lirios Balandrín. Las playas donde se realizan recorridos nocturnos son Chemuyil, Tankah y Caapechen, mientras que las playas donde se realizan recorridos diurnos son Punta Cadena, Yu-yum, y San Juan.

En la Figura 81 se muestra la localización gráfica de las playas tortugueras del Municipio de Tulum sobre un croquis del litoral central de Quintana Roo.

**Figura 81 Campamentos tortugueros y playas protegidas.**



FUENTE: Flora, Fauna y Cultura de México, A.C., 2010.

En el Estado de Quintana Roo anidan cuatro especies de tortugas marinas, la tortuga blanca o verde (*Chelonia mydas*), la tortuga caguama (*Caretta caretta*), la tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) y la tortuga laúd (*Dermodochelys coriacea*). Para la tortuga blanca (*Chelonia mydas*) y la tortuga caguama (*Caretta caretta*) particularmente, las playas del Caribe mexicano se cuentan entre sus principales sitios de anidación a nivel mundial, y los más importantes a nivel nacional.

De acuerdo con los datos proporcionados por Flora, Fauna y Cultura de México A.C., durante el período de 1998 a 2009, para la tortuga blanca (*Chelonia mydas*) se han registrado un total de 33,415 nidadas, se han incubado 2,705,879 huevos y se han liberado 2,274,081 crías de tortuga en las playas del municipio que abarcan desde Aventuras DIF hasta San Juan. En el cuadro 31, se indica en número de nidadas, huevos incubados y crías liberadas en cada una de las playas durante el período reportado.

**Cuadro 34 Registro histórico de nidadas, huevos incubados y crías liberadas de tortuga blanca.**

REGISTRO HISTÓRICO DE NIDADAS, HUEVOS INCUBADOS Y CRÍAS LIBERADAS DE TORTUGA BLANCA													
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOTAL
Aventuras DIF													
No. nidadas	65	3	275	24	361	94	144	417	253	367	430	174	2,607
No. huevos	8,040	383	33,504	2,790	44,057	11,025	16,365	29,889	29,608	15,586	48,141	19,496	258,884
No. de crías	6,453	344	28,538	2,101	37,730	9,348	14,015	23,608	23,950	11,852	40,829	17,051	215,819
Chemuyil													

No. nidadas	104	1	73	7	198	63	58	167	119	174	239	90	1,293
No. huevos	11,861	99	7,635	940	23,446	7,380	6,266	2,472	12,508	5,634	28,484	8,710	115,435
No. de crías	10,639	94	6,846	688	16,083	5,219	3,755	2,029	8,086	4,131	22,814	7,166	87,550
X'cacel													
No. nidadas	424	67	597	94	987	452	506	1,415	889	1,413	1,881	665	9,390
No. huevos	50,029	7,909	70,095	10,219	115,146	53,510	57,573	70,079	99,154	51,179	175,563	69,482	829,938
No. de crías	41,394	6,684	59,699	9,097	89,437	43,291	43,877	62,251	84,810	40,881	155,184	61,299	697,904
Xel-ha													
No. nidadas	120	28	168	13	261	107	79	245	317	490	425	200	2,453
No. huevos	14,468	2,798	20,212	476	31,330	12,814	9,049	9,212	36,824	22,832	48,920	21,099	230,034
No. crías	9,567	1,703	16,363	380	22,430	10,279	7,047	7,887	29,556	17,117	38,647	16,772	177,748
Punta Cadena													
No. nidadas	9	4	48	11	45	8	16	71	103	59	143	28	545
No. huevos	634	405	4,626	1,066	4,418	857	816	7,245	11,415	5,609	16,431	2,823	56,345
No. crías	584	352	4,105	911	3,824	735	718	6,032	10,155	4,314	14,554	2,399	48,683
Tankah													
No. nidadas	98	15	136	33	184	103	86	182	498	767	1,071	326	3,499
No. huevos	6,809	1,411	9,237	929	15,591	5,085	1,614	7,313	48,713	8,750	91,444	30,006	226,902
No. crías	5,827	1,304	8,538	726	14,153	4,486	1,324	6,373	43,336	7,792	82,647	27,646	204,152
Kanzul													
No. nidadas	244	48	360	57	389	160	378	512	496	675	796	313	4,428
No. huevos	13,632	5,119	39,673	6,360	42,037	16,891	19,659	27,395	53,124	7,392	55,511	30,203	316,996
No. crías	12,032	4,316	33,665	5,312	34,279	14,789	14,405	24,151	45,565	6,022	48,836	26,494	269,866
Cahpechen													
No. nidadas	353	39	438	92	477	296	275	661	677	948	1,096	522	5,874
No. huevos	19,937	3,738	41,362	5,831	43,494	32,725	5,563	29,561	55,314	18,337	123,707	55,375	434,944
No. crías	17,393	3,523	37,821	5,094	40,078	29,476	4,973	26,629	50,498	16,186	82,883	50,684	365,238
Lirios-Balandrín													
No. nidadas	0	0	0	0	0	0	82	133	145	199	180	50	789
No. huevos	0	0	0	0	0	0	3,011	6,533	13,582	1,376	11,158	3,517	39,177
No. crías	0	0	0	0	0	0	2,518	5,641	12,004	1,118	9,871	3,106	34,258
Yu-yum													
No. nidadas	15	2	40	9	47	17	31	65	96	97	148	92	659
No. huevos	542	347	2,766	457	2,250	2,021	419	5,894	9,802	3,662	12,721	9,434	50,315
No. crías	504	337	2,307	377	1,952	1,831	342	5,328	8,623	3,045	11,491	8,201	44,338
San Juan													
No. nidadas	62	7	146	25	149	53	79	296	201	257	441	162	1,878
No. huevos	6,112	702	10,827	820	13,305	4,321	2,548	23,504	20,048	10,931	38,900	14,891	146,909
No. crías	5,259	647	9,558	666	11,692	3,862	2,173	20,451	17,604	9,587	33,816	13,210	128,525

FUENTE: Flora, Fauna y Cultura de México, A.C.

Las playas con mayor número de anidaciones son las de Xcacel, con 9,390 nidadas, 829,938 huevos incubados y 697,904 crías liberadas, seguida de la playa Caapechen con 5,874 nidadas, 434,944 huevos incubados y 365,238 crías liberadas, como se muestra en la Figura 82

**Figura 82 Registro de nidadas, huevos y crías liberadas de tortuga blanca durante el período de 1998 a 2009.**



FUENTE: Flora, Fauna y Cultura de México, A.C., 2010.

Con respecto a la tortuga caguama (*Caretta caretta*), durante el período de 1998 a 2009, se registraron 14,032 nidadas, se incubaron 1, 282, 769 huevos y se liberaron 1,067, 104 crías de tortuga en las playas del municipio. En el cuadro 32, se indica en número de nidadas, huevos incubados y crías liberadas en cada una de las playas durante el período reportado.

Las playas con mayor número anidaciones de tortuga caguama son las de Xcacel, con 2,863 nidadas, 289,363 huevos incubados y 237,476 crías liberadas, seguida de la playa Aventuras DIF con 2,402 nidadas, 261,957 huevos incubados y 217,528 crías liberadas, como se muestra en la Figura 83.

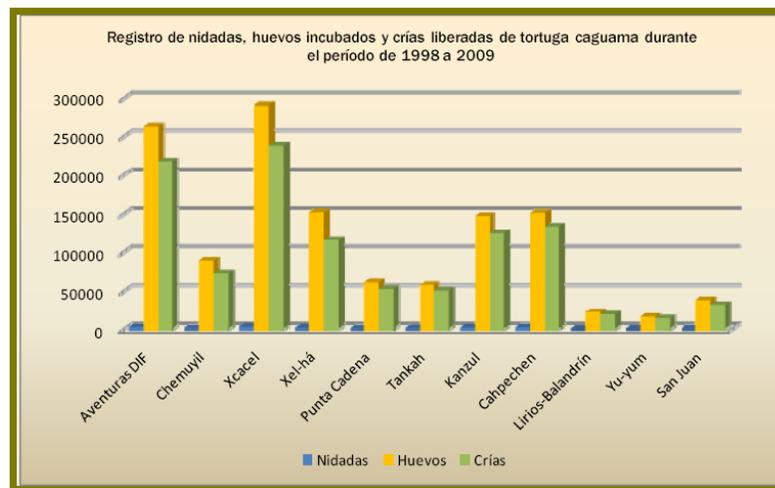
**Cuadro 35 Registro histórico de nidadas, huevos incubados y crías liberadas de tortuga caguama.**

REGISTRO HISTÓRICO DE NIDADAS, HUEVOS INCUBADOS Y CRÍAS LIBERADAS DE TORTUGA CAGUAMA													
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOTAL
Aventuras DIF													
No. nidadas	65	202	239	351	266	191	148	179	114	190	248	209	2,402
No. huevos	18,618	23,257	27,877	39,332	30,065	19,676	17,374	9,060	12,830	14,206	27,551	22,111	261,957
No. de crías	15,788	19,469	23,350	32,426	26,081	16,649	14,890	6,548	10,390	10,882	22,667	18,388	217,528
Chemuyil													
No. nidadas	95	144	66	90	58	74	69	73	44	68	54	63	898
No. huevos	10,656	15,756	7,181	9,995	6,421	8,262	7,887	1,363	4,491	5,489	4,697	6,215	88,413
No. de crías	9,522	14,451	6,332	8,316	4,548	6,460	5,277	1,169	3,404	4,216	3,575	4,792	72,062
X'cacel													
No. nidadas	339	310	219	301	189	295	180	182	153	175	258	262	2,863
No. huevos	36,941	36,286	23,003	34,138	19,962	33,324	21,231	3,342	16,822	13,711	24,279	26,324	289,363
No. de crías	30,728	31,566	18,770	28,301	15,858	27,098	15,299	2,814	14,401	10,555	19,676	22,410	237,476
Xel-ha													
No. nidadas	162	215	153	139	113	75	84	77	106	101	102	97	1,424
No. huevos	18,671	25,475	18,416	14,382	13,279	8,564	9,823	2,379	11,577	7,346	11,054	10,256	151,222
No. crías	12,076	19,595	14,832	11,290	9,617	6,821	7,376	1,894	9,473	5,297	8,864	8,394	115,529
Punta Cadena													
No. nidadas	24	132	72	79	46	62	35	37	95	44	69	38	733
No. huevos	1,398	13,071	1,892	7,320	2,598	6,093	3,124	1,149	9,315	3,825	7,707	3,421	60,913

No. crías	1,272	11,286	1,546	6,269	2,010	5,198	2,495	949	7,889	3,439	6,884	2,918	52,155
Tankah													
No. nidadas	73	79	51	108	40	52	49	27	144	118	119	147	1,007
No. huevos	3,069	5,605	3,415	1,430	2,169	2,876	2,434	278	11,245	5,883	6,066	12,975	57,445
No. crías	2,739	5,197	3,034	1,296	1,789	2,470	2,117	255	10,052	5,166	5,188	10,904	50,207
Kanzul													
No. nidadas	184	187	160	170	113	129	91	118	86	118	130	162	1,648
No. huevos	16,191	18,907	16,706	16,885	12,005	13,168	9,141	1,417	9,570	6,811	9,837	15,938	146,576
No. crías	13,775	16,783	14,604	14,041	9,578	11,361	7,480	1,092	7,850	5,983	8,314	13,870	124,731
Cahpechen													
No. nidadas	226	205	170	255	144	211	83	146	67	136	175	148	1,966
No. huevos	9,709	20,084	16,217	20,638	10,329	18,540	6,890	2,255	6,362	8,494	15,698	15,499	150,715
No. crías	8,441	17,846	14,253	17,737	9,429	16,183	6,218	1,974	5,720	7,697	13,623	13,668	132,789
Lirios-Balandrín													
No. nidadas	0	0	0	0	0	0	83	53	27	53	61	55	332
No. huevos	0	0	0	0	0	0	7,595	260	2,979	2,876	2,764	5,779	22,253
No. crías	0	0	0	0	0	0	6,591	243	2,238	2,537	2,197	5,090	18,896
Yu-yum													
No. nidadas	21	32	20	36	4	17	3	5	20	15	14	15	202
No. huevos	744	2,555	1,435	2,575	2,235	1,183	0	0	2,053	365	1,152	1,552	15,849
No. crías	699	2,260	1,284	2,144	1,864	1,074	0	0	1,846	331	1,083	1,243	13,828
San Juan													
No. nidadas	45	76	57	82	22	21	29	20	34	63	58	50	557
No. huevos	2,348	5,778	4,053	4,542	120	2,078	2,537	730	3,707	1,415	6,042	4,713	38,063
No. crías	2,054	4,732	3,570	3,563	79	1,766	2,173	471	2,966	1,270	5,040	4,219	31,903

FUENTE: Flora, Fauna y Cultura de México, A.C., 2010.

**Figura 83 Registro de nidadas, huevos y crías liberadas de tortuga caguama durante el período de 1998 a 2009.**



FUENTE: Flora, Fauna y Cultura de México, A.C., 2010.

En el caso de la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), sólo han llegado a anidar a las playas de Tankah y Kanzul, registrándose ocho nidadas, 774 huevos incubados y 632 crías liberadas. En el cuadro 33, se indica en número de nidadas, huevos incubados y crías liberadas en cada una de las playas durante el período reportado.

Y en cuanto a la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) sólo se registraron anidaciones en la playa Kanzul, registrándose dos nidadas una se registró en el año 2003 y la otra en el 2007, se incubaron 178 huevos y se liberaron 125 crías.

**Cuadro 36 Registro histórico de nidadas, huevos incubados y crías liberadas de tortuga Carey.**

REGISTRO HISTORICO DE NIDADAS, HUEVOS INCUBADOS Y CRIAS LIBERADAS DE TORTUGA CAREY													
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOTAL
Tankah													
No. nidadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	5
No. huevos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206	128	0	334
No. de crías	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	122	0	282
Kanzul													
No. nidadas	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	3
No. huevos	0	0	0	0	0	0	0	143	0	0	297	0	440
No. de crías	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	286	0	350
Akumal													
No. de crías	Año								2006	2007	2008	2009	2010
	<i>Caretta caretta</i>								4816	8175	10200	9394	8101
	<i>Chelonia mydas</i>								7974	5161	13857	10789	29926

FUENTE: Flora, Fauna y Cultura de México, A.C., 2010 y Centro Ecológico Akumal.

## 2.2.9. Identificación de corredores biológicos o zonas de importancia para la conservación y preservación de la flora y fauna.

En el Municipio de Tulum y en sus alrededores se encuentran zonas de importancia para la conservación y preservación de la flora y fauna como son cuatro Áreas Naturales Protegidas y dos Áreas de Importancia de Conservación de las Aves.

Las áreas naturales protegidas de carácter federal que se encuentran dentro del Municipio de Tulum son el Parque Nacional Tulum 71, la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an 72, la Reserva de la Biosfera de Arrecifes de la Biosfera Sian Ka'an, y de carácter estatal el Santuario de la Tortuga Marina Xcacel-Xcacelito. También se encuentran dos Áreas de Importancia de Conservación de las Aves (AICAS), el AICA 177 corredor Central Punta Laguna y el AICA 197 Corredor Sian Ka'an Calakmul.

### 2.2.9.1. Parque Nacional Tulum.

El día 23 de abril de 1981 por decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación fue declarada una superficie de 6, 643, 213.00 m<sup>2</sup> como Parque Nacional Tulum<sup>73</sup>. El área se distribuye a lo largo de la zona costera desde el Norte del poblado de Tulum, y hasta la zona denominada como Casa Cenote, colindando hacia el Este con la Zona Federal Marítimo Terrestre y al Oeste con la Carretera Federal 307.

El Parque Nacional Tulum presenta una gran variedad de tipos de ecosistemas incluyendo selva mediana, humedales, vegetación costera, playas y cenotes, donde se desarrolla una variedad de plantas y animales y especies en estatus de riesgo, endémicas, amenazadas y en peligro de extinción. Hacia las zonas más altas se desarrolla una vegetación de tipo selva mediana, mientras que en las partes bajas se desarrollan ecosistemas de humedal a manera de parches entre la vegetación de selva o bien en las secciones cercanas a la costa. Estos humedales presentan elementos de mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*), blanco (*Laguncularia racemosa*), negro (*Avicennia germinans*) y rojo (*Rhizophora mangle*). Separando las selvas de los humedales se desarrolla una vegetación de transición, o ecotono, que presenta especies de ambos tipos de vegetación.

De acuerdo con los resultados de las especies registradas sobre algunos transectos realizados en el Parque Nacional, se registraron 85 especies y 36 familias, siendo la familia *Leguminosae* (*Fabaceae*) la más abundante con 14 especies. En cuanto a la fauna se registraron 43 especies correspondientes a 19 familias. De las 43 especies encontradas, 11 se encuentran protegidas dentro de algún estatus de protección a nivel nacional e internacional.

#### **2.2.9.2. Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an.**

El 20 de enero de 1986, por decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación fue declarada una superficie de 528,147.6680 hectáreas como Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, la cual se localiza al sureste del Municipio en su porción costera del Mar Caribe.

La zona se considera Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO. Existen varias especies cuasi endémicas de aves y nueve endémicas, incluyendo especies amenazadas y en peligro de extinción. En cuanto a la riqueza florística, Durán y Olmsted (1990) registraron un total de 859 especies, de las 1,970 reportadas para Yucatán.

Es de gran importancia para las aves de selva y acuáticas, se han registrado hasta el momento 326 especies de las que 219 son residentes, 65 migratorias invernantes, 20 migratorias transeúntes y 22 transeúntes. Es además un corredor migratorio hacia Centro y Sudamérica.<sup>75</sup>

Sian Ka'an es el área protegida con mayor extensión de hábitat de cocodrilos en el país. Con más de 300,000 ha de ambientes acuáticos, sustenta una de las poblaciones mejor conservadas de *Crocodylus moreletti*, que coexiste con *C. acutus*.

Se tiene una lista preliminar de 96 especies de mamíferos entre los que destacan 39 murciélagos, dos delfines y cuatro ballenas, se encuentran algunas especies en riesgo como son *Felis concolor*, *Leopardus pardalis*, *Tapirus bairdii*, *Ateles geoffroyi*, *Chelonia mydas*, entre otras.

Cuenta con un programa de manejo para el sistema que incluye esta Reserva de la Biosfera, la de Arrecifes de Sian Ka'an y el APFF Uaymil.

#### **2.2.9.3. Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an.**

Por decreto oficial publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de enero de 1998, se estableció como Área Natural protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera, la región denominada *Arrecifes de Sian Ka'an*, ubicada en la porción costera del municipio, la cual cuenta con una superficie total de 34,927.1584 hectáreas.

#### **2.2.9.4. Santuario de la Tortuga Marina Xcacel-Xcacelito.**

El 21 de febrero de 1998, se publicó en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el decreto por el que se declara Área Natural Protegida la región denominada *Xcacel Xcacelito*, con categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, Santuario de la Tortuga Marina, ubicada en el Municipio de Tulum y con una superficie de 362.10 hectáreas. Posteriormente, en abril del año 2000 se publicó el decreto por el que se establece el Programa de Manejo elaborado por la Universidad de Quintana Roo, llevando a cabo ésta las gestiones para su consenso y aprobación.

Las playas de Xcacel- Xcacelito son consideradas los sitios de mayor densidad de anidación a nivel nacional de las especies de tortuga marina caguama (*Caretta caretta*) y blanca (*Chelonia mydas*). Desde 1983 se han realizado trabajos de protección y conservación de las tortugas e investigaciones científicas sobre el comportamiento y genética de las poblaciones de tortugas que anidan en el área. En la Figura 84 se muestran las Áreas Naturales protegidas que se encuentran en el Municipio Tulum.

#### **Figura 84 Áreas Naturales Protegidas en el Municipio de Tulum.**



### 2.2.9.5. Áreas de Importancia y Conservación de Aves (AICAS).

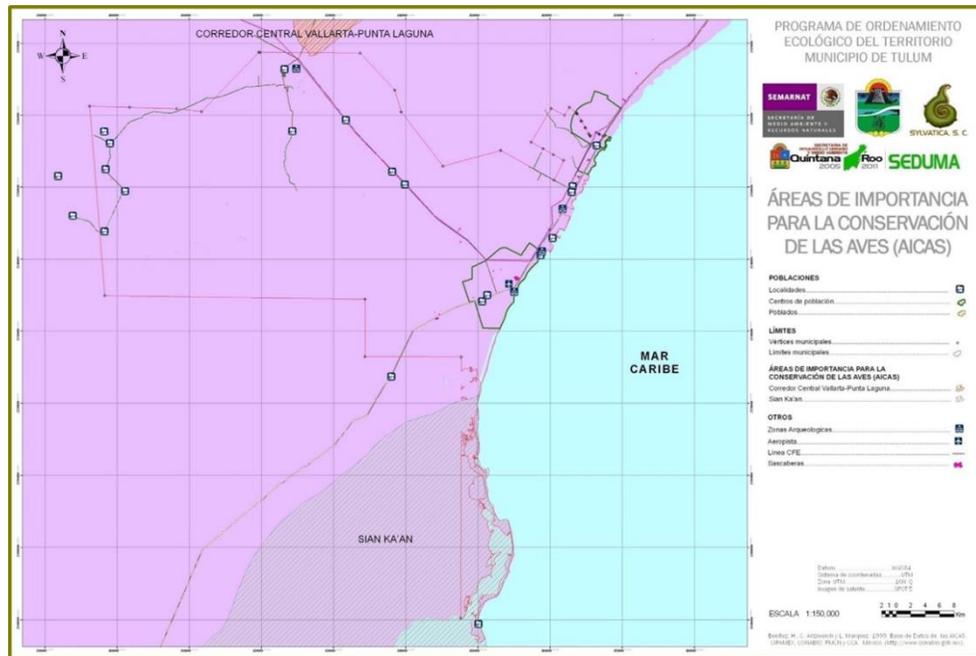
El programa de las AICAS (Áreas de Importancia y Conservación de Aves) surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International y se inició con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves.

Para identificar las AICAS en el territorio mexicano, se invitó a especialistas e interesados en la conservación de las aves y se definieron un total de 230 AICAS, las cuales quedaron clasificadas dentro de alguna de las 20 categorías definidas con base en criterios de la importancia de las áreas en la conservación de las aves. Cada área o AICA contiene una descripción técnica que incluye descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico que incluye las especies registradas en la zona, su abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área<sup>77</sup>.

En el Municipio Tulum, se encuentra una pequeña porción del AICA 177 corredor Central Vallarta-Punta Laguna, que se encuentra fuera del municipio sólo toca una parte cercana a la localidad de Coba. Esta área funciona como un corredor de enlace entre la Reserva de Sian Ka'an en Quintana Roo y el estado de Yucatán y se han registrado 254 especies de aves.

También se encuentra parte de la AICA 197 Corredor Sian Ka'an Calakmul, que inicia en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y se conecta con la de Calakmul, y sirve como un corredor ecológico entre estas dos importantes reservas. En esta se encuentran ocho especies endémicas de la península de Yucatán. En la Figura 85, se muestra la ubicación de las Áreas de Importancia de Conservación de las Aves que se encuentran en el municipio.

**Figura 85** Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.



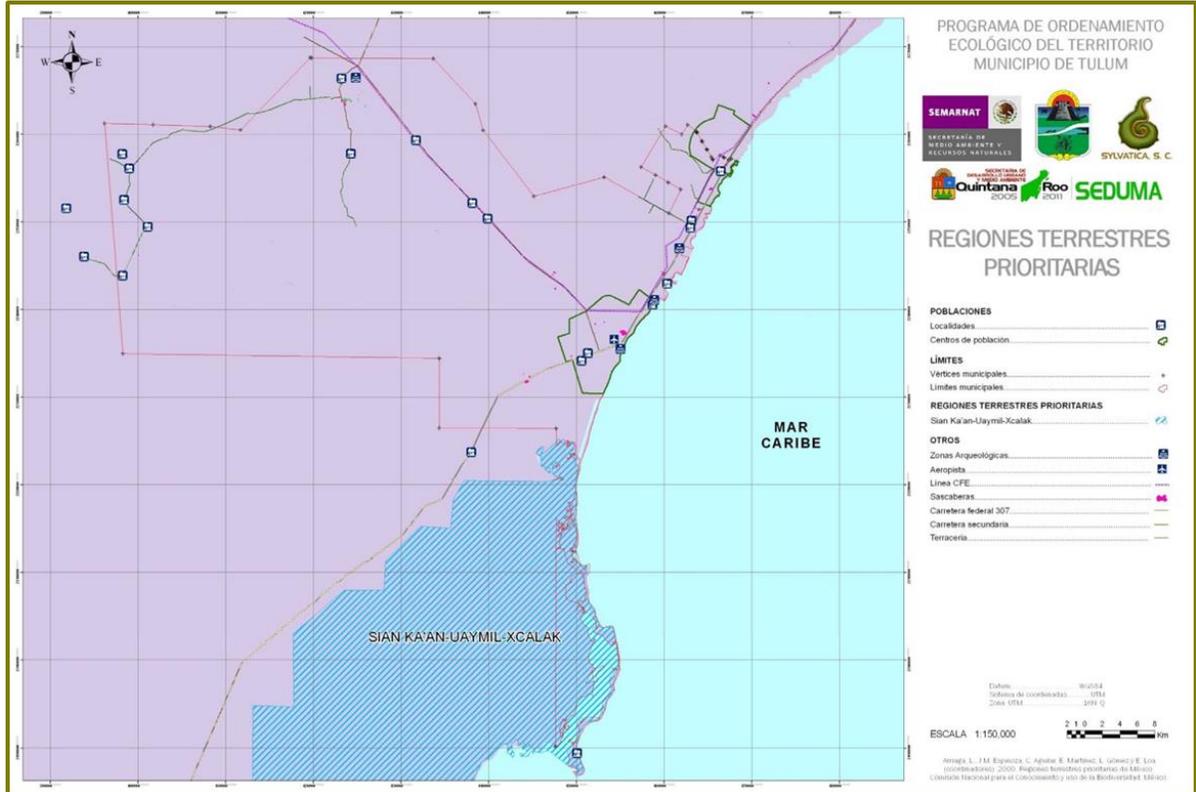
### 2.2.9.6. Áreas de Atención Prioritaria.

Con el fin de optimar los recursos financieros, institucionales y humanos en materia de conocimiento de la biodiversidad en México, la CONABIO ha impulsado un programa de identificación de regiones prioritarias para la biodiversidad, considerando los ámbitos terrestre (Regiones Terrestres Prioritarias), marino (Regiones Prioritarias Marinas) y acuático epicontinental (Regiones Hidrológicas Prioritarias), para los cuales se definieron las áreas de mayor relevancia en cuanto a la riqueza de especies, presencia de organismos endémicos y áreas con un mayor nivel de integridad ecológica, así como aquéllas con mayores posibilidades de conservación en función a aspectos sociales, económicos y ecológicos.

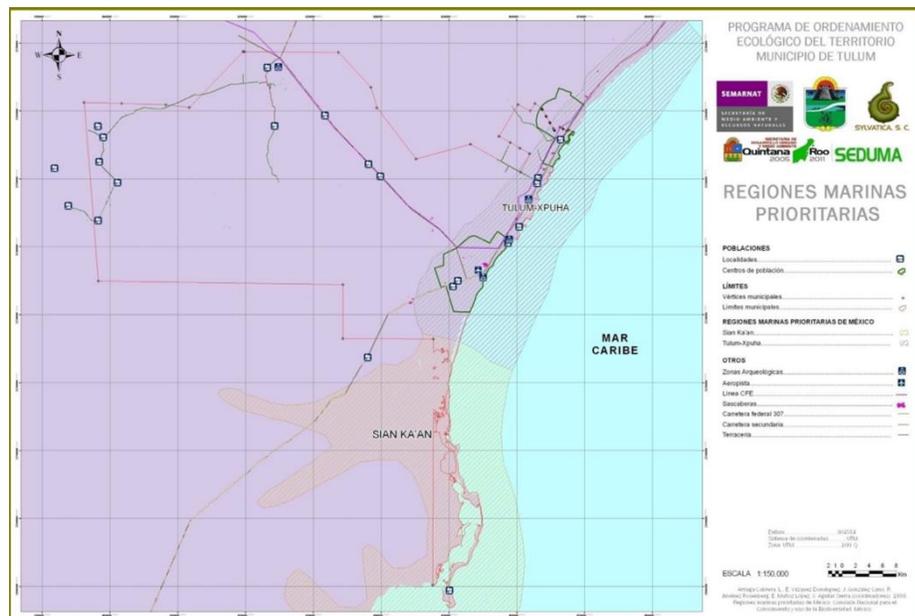
Se definieron 152 Regiones Terrestres Prioritarias para la biodiversidad, se delimitaron y caracterizaron 70 Regiones Marinas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre biodiversidad y se identificaron 110 Regiones Hidrológicas Prioritarias por su biodiversidad.

En el Municipio Tulum se encuentra la Región Terrestre Prioritaria No. 147 Sian Ka'an-Uaymil-Xcalak, las Regiones Marinas Prioritarias No. 64 Tulum-Xpuha y la No. 65 Sian Ka'an, y las Regiones Hidrológicas Prioritarias No. 105 "Corredor Cancún-Tulum", la No. 107 "Cenotes Tulum-Coba" y la No. 108 Sian Ka'an.

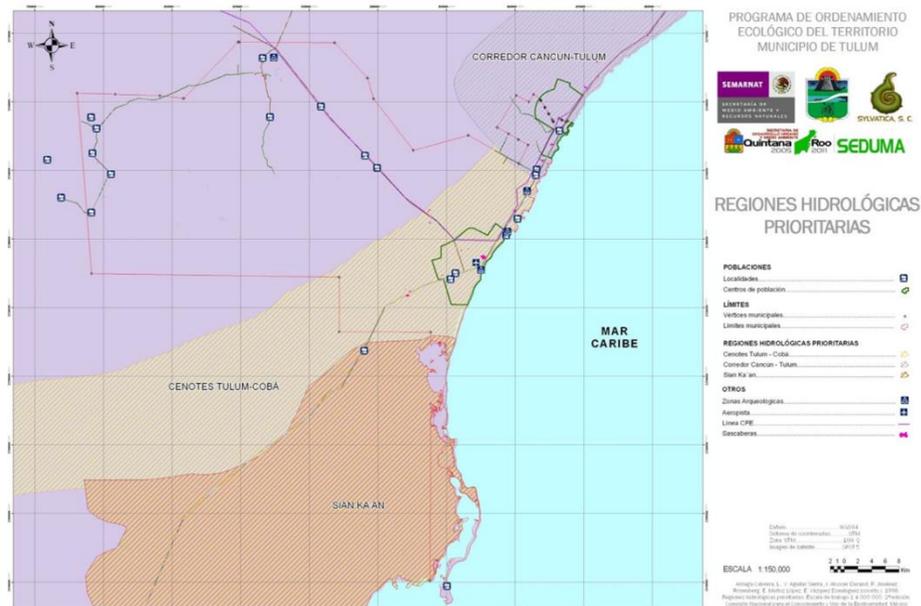
**Figura 86** Regiones Terrestres Prioritarias.



**Figura 87 Regiones Marinas Prioritarias.**



**Figura 88 Regiones Hidrológicas Prioritarias.**



### 2.2.9.1. Sitios RAMSAR.

La Convención Ramsar es un tratado intergubernamental que se firmó en la ciudad de Ramsar, Irán, en 1971, entrando en vigor a partir 1975 y en marzo de 1999 contaba con 114 Estados miembros.

En sus inicios, la Convención enfatizaba la conservación y el uso racional de los humedales sobre todo como hábitat para aves acuáticas. Sin embargo, al paso de los años, la Convención ha ampliado su alcance a fin de abarcar todos los aspectos de la conservación y el uso racional de los humedales, reconociendo que éstos son ecosistemas extremadamente importantes para la conservación de la diversidad biológica en general y el bienestar de las comunidades humanas.

La Convención Ramsar estipula que la selección de los humedales que se incluyan en la lista deberá basarse en su importancia internacional en términos ecológicos, botánicos, zoológicos, limnológicos o hidrológicos. Con los años la Conferencia de las Partes Contratantes ha adoptado criterios más precisos para interpretar el texto de la Convención, así como una Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar y un Sistema de Clasificación de tipos de humedales.

En julio de 2010 se determinó que existen 160 partes contratantes, dando un total de 1,891 sitios designados, cubriendo un área de más de 185 millones de hectáreas. México, por su parte, cuenta con 130 sitios Ramsar en una superficie de casi nueve millones de hectáreas.

**Sitio Ramsar No. 1351, Playa tortuguera Xcacel–Xcacelito.** La playa tortuguera Xcacel-Xcacelito se localiza en la costa central de Quintana Roo, en el Municipio Tulum, a la altura del Km 112 de la carretera Cancún-Tulum. Este sitio limita al Norte con la playa de Chemuyil, al Sur con la Caleta de Xel Há, al Este con el Mar Caribe y al Oeste con la Carretera Federal 307. Se ubica a 112 Km al Sur del centro turístico de Cancún y a 18 Km al Norte de Tulum (Figura 89).

El área conocida como Xcacel-Xcacelito es el lugar donde se reporta el número más importante de anidaciones en el estado y en México para las especies blanca (*Chelonia mydas*) y caguama (*Caretta caretta*). Las playas se han caracterizado por su tradición en el manejo y protección de estos quelonios. Xcacel-Xcacelito tiene playas anchas de más de 15 metros, y en general el sitio tiene una importancia ecológica relevante al poseer tipos de vegetación con algún estatus de protección como la selva de palma Kuka (*Pseudophoenix sargentii*), la selva de palmas chit (*Thrinax radiata*) y los ecosistemas de manglar (mangle rojo *Rhizophora mangle*, mangle negro *Avicennia germinans*, Mangle blanco *Laguncularia racemosa* y botoncillo *Conocarpus erecta*.) También posee una característica muy peculiar que son los afloramientos de agua subterránea a la orilla del mar, que propicia condiciones muy particulares para el crecimiento de vegetación acuática, abundancia en peces juveniles y corales, algunos considerados como especies amenazadas

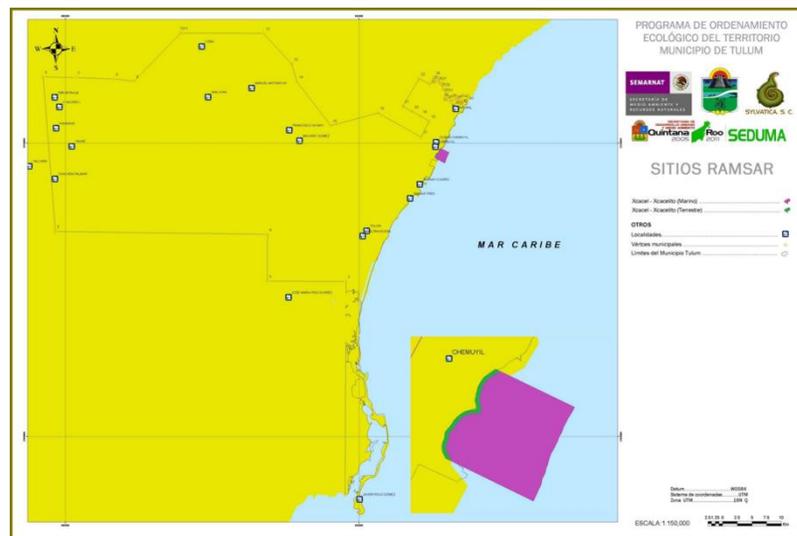
**Sitio Ramsar No. 1329, Sian Ka'an.** El sitio Ramsar Sian Ka'an posee una superficie de 652,193 ha que comprende a la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (528,148 ha), Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (34,927 ha) y el Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil (89,118 ha). En la Figura 51b se muestra su ubicación.

La Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo, se encuentra entre los 39 sitios con mayor valor en recursos de humedales y zonas marinas, por contener 4 de las seis categorías evaluadas por contener valores en humedales de agua dulce, recursos marino-costeros, manglares, arrecifes de coral islas y por contener lagos o ríos subterráneos. Sian ka'an contiene los hábitats naturales de mayor importancia para la conservación de la biodiversidad *in situ*, incluyendo especies amenazadas o en peligro de extinción con valor excepcional universal desde el punto de vista de la ciencia o la conservación.

Entre las especies de plantas amenazadas o en peligro de extinción se encuentra la palma' chit (*Thrinax radiata*), nakax (*Coccothrinax readii*), tasiste (*Acoelorrhapha wrightii*), kuka (*Pseudophoenix sargentii*) y despeinada (*Beaucarnea ameliae*). Entre las especies de fauna de importancia se encuentra el Pelicano café (*Pelecanus occidentalis*), espátula rosa (*Ajaia ajaja*), flamenco rosa (*Phoeniconterus ruber*), Bobo (*Sula leucogaster*) Jabirú (*Jabiru mycteria*), de reptiles la tortuga blanca (*Chelonia mydas*), tortuga laúd (*Dermodochelys coriacea*), la tortuga caguama (*Caretta caretta*), la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) y el cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), y de mamíferos el jaguar (*Panthera onca*), puma (*Felis concolor*), ocelote, (*F. pardalis*), tigrillo (*F. weidii*), leoncillo (*F. yagouaroundi*), tapir (*Tapirus bardi*), mono saraguato (*Alouatta pigra*), jabalí de labios blancos (*Tayassu pecari*), manatí (*Trichechus manatus*) y el cachalote (*Physeter catodon*).

Los tipos de vegetación más importantes son, de acuerdo con Miranda (1959) selva mediana subperennifolia, selva mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia. También existen asociaciones de menor extensión, de distribución irregular como manglar, sabana, tinal, chechenal, tasistal, carrizal-sabal-tular y dunas costeras.

**Figura 89 Sitio RAMSAR Xcacelel-Xcacelelito.**



**Figura 90 Sitio RAMSAR Sian Ka'an.**



### 2.2.9.2. Sitios Prioritarios para la Conservación de los Ambientes Costeros y Oceánicos de México.

Para la identificación de los sitios prioritarios para la conservación se compiló información de diversas fuentes, tales como bases biológicas y geográficas, ejercicios previos de planeación para la conservación marina. Estos insumos se utilizaron para la realización de un taller nacional que contó con más de 80 participantes y revisores con amplia experiencia en el tema, de 43 instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales y sector público. Se identificaron 105 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina de México utilizando cartografía temática digital, bases de datos de ejemplares georreferenciados de especies de flora y fauna marinas y una lista de objetos de conservación. Adicionalmente, se identificaron y caracterizaron 20 zonas de relevancia por sus procesos oceanográficos<sup>86</sup>.

En el Municipio Tulum se encuentra un Sitio prioritario denominado Ríos Subterráneos y Caletas de Akumal-Tulum, con clave No. 75 y el Sitio prioritario denominado Humedales Costeros y Arrecifes de Sian Ka'an, con clave No. 76 (Figura 52).

El sitio prioritario denominado Ríos Subterráneos y Caletas de Akumal-Tulum, con clave No. 75 87, se considera como muy importante y se caracteriza por su alta diversidad biológica, con gran variedad de ambientes como arrecifes, manglares, cenotes, caletas y vegetación de selva baja, secundaria, matorral costero y vegetación de duna costera. Presenta algunas especies como el manatí (*Trichechus manatus*), las tortugas marinas (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*), peces arrecifales. También se puede encontrar peces como la sardinita del cenote (*Astyanax fasciatus altior*), *Molis vela* (*Poecilia velifera*), así como peces ciegos dulceacuícolas subterráneos endémicos de la Península de Yucatán de las especies *Ogilbia pearsei* y *Ophisternon infernale*. Cabe señalar que en el caso del manatí (*Trichechus manatus*), de acuerdo con Morales Vela y Olivera Gómez<sup>88</sup>, durante 1992 a 1997, los únicos sitios de la costa Norte del Estado de Quintana Roo donde se registró esta especie fue en la caleta Xel-há, en el cenote Xpuhá y en el cenote Tancab, sin embargo, actualmente no se tienen registros de esta especie en esta zona.

Esta área es de importancia ya que constituye un área de alimentación, refugio, reproducción y anidación, desarrollo y crecimiento para diferentes especies como las tortugas marinas y los peces ciegos. Es un sitio único por la presencia de brótula ciega (*Ogilbia pearsei*) y la anguila ciega de Yucatán (*Ophisternon infernale*) en cuevas inundadas de aguas claras (existen también en el estado de Yucatán, pero en cuevas sólo semiinundadas y aguas más eutróficas), también es importante ya que esta es la zona con mayor aporte de agua dulce al mar, es el último hábitat de manatí hacia el Norte y representa la conexión de éste con otros del Sur y el lugar donde se reporta el número más importante de anidaciones en el estado y en México para las especies Tortuga blanca (*Chelonia mydas*) y Tortuga caguama (*Caretta caretta*).

Este sitio presenta problemáticas como modificación del entorno, tala de manglar dragas, relleno de áreas inundables, desforestación, escolleras, contaminación, daño al ambiente por embarcaciones, desarrollos turístico y ecoturismo, blanqueamiento de corales y por falta de normatividad en caletas y cenotes.

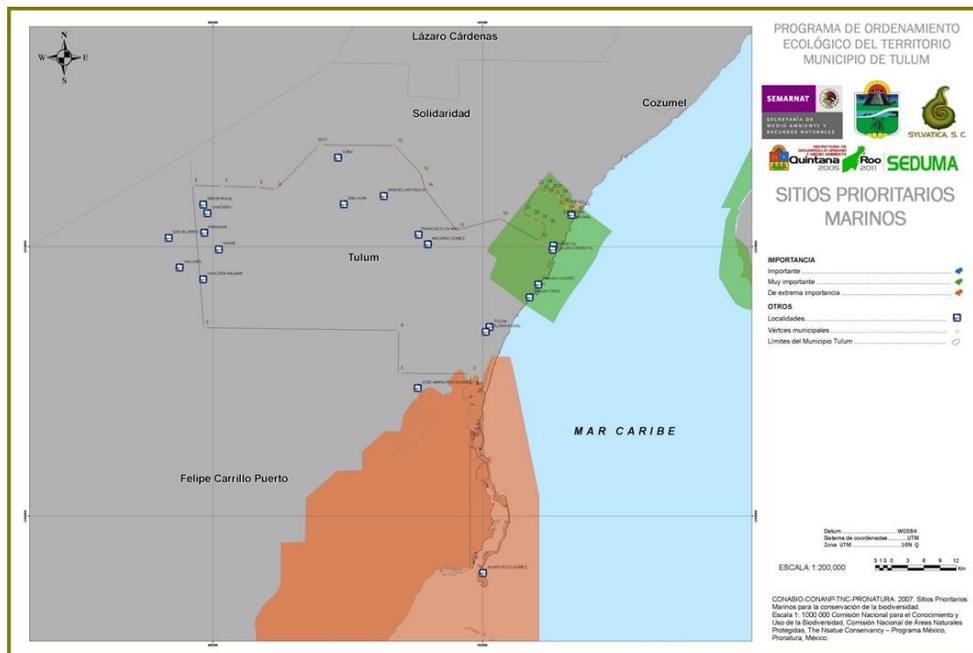
En relación al Sitio prioritario denominado Humedales Costeros y Arrecifes de Sian Ka'an, con clave No. 7689 se considera de extrema importancia ya que se caracteriza por su alta biodiversidad y es importante como sitio como área de alimentación, refugio, reproducción y anidación, desarrollo y crecimiento para diferentes especies como tortugas marinas y aves migratorias. Es alto en heterogeneidad ambiental ya que presenta arrecifes, esteros, playas, pastos marinos, bahías, dunas, cenotes, lagunas interiores, lagunas costeras y canales de escorrentía, bahías con influencia de agua dulce, así como vegetación inundable (selva inundable, cayos, manglares de franja, manglares chaparros, marismas de zacate, tasistales y comunidades inundables arboladas con dosel abierto) y comunidades arbustivas (acahuales, vegetación secundaria, quemadales, selva mediana, selva baja, petenes).

Es un sistema lagunar importante para la biodiversidad de la zona arrecifal adyacente ya que los pastos y manglares les ofrecen alimento y refugio y los mismos manglares y pastos marinos actúan como biofiltros para mejorar la calidad del agua que llega a los arrecifes vía continental a Nizuc.

En la vegetación destaca un número considerable de endemismos y una estrecha relación con las Antillas, mayor que cualquier otra parte de la República Mexicana, las selvas bajas inundables endémicas a la Península de Yucatán y los “Petenes”, como asociaciones vegetales exclusivas de las Penínsulas de Florida y Yucatán. Existen cenotes en el área y son característicos de las Penínsulas de Yucatán y Florida con más de 50 m de diámetro y lagunas formadas en oquedades impermeabilizadas.

En Sian Ka’an existen centenares de petenes, posiblemente más que en ninguna otra área protegida del mundo. Muchos de ellos son difícilmente accesibles y la mayor parte permanece sin intervención humana. Los arrecifes de Sian Ka’an, con cerca de 110 Km de longitud, forman parte de la segunda cadena arrecifal más larga del mundo y la zona se considera Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO.

**Figura 91 Sitios Prioritarios Marinos.**



### 2.2.9.3. Procesos o recursos que se deben mantener para asegurar la preservación de la biodiversidad.

Los principales recursos que se deben mantener son los naturales debido a que estos incluyen a la biodiversidad, ya que esta se refiere a la variedad biológica con la que se cuenta en el planeta; este concepto va más allá de solo las especies animales y vegetales que viven en un sitio, sino que también incluyen a los genes (variabilidad genética) y los ecosistemas donde se pueden desarrollar estas especies. Así mismo, se incluyen también los procesos ecológicos, evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes.

Para cada una de estas tres categorías en las que se divide la biodiversidad, existen factores que impactan directamente y constituyen una real amenaza, estos factores pueden ser antropogénicos o de origen natural.

A nivel de ecosistema, la biodiversidad se enfrenta al cambio climático que altera la composición de la atmósfera mundial y por lo tanto a los ecosistemas. Las especies o poblaciones más susceptibles a este desequilibrio son las que se distribuyen en hábitats fríos, hábitats limitados, especies especialistas y comunidades costeras. Como medidas para resolver este problema en la Cumbre de Río celebrada en 1992 se establecieron algunas, entre las que destacan: lograr una eficiencia energética, adoptar fuentes de energías renovables y dar mayor participación a los ciudadanos en busca de posibles soluciones.

Otras causas más de tipo antropogénico que dañan los ecosistemas son la deforestación para el establecimiento de actividades agrícolas y ganaderas que fragmentan los hábitats, un caso son los ecosistemas costeros como manglares y las barreras costeras que no han podido escapar al crecimiento urbano que los modifica en áreas urbanas y zonas recreativas o en el caso de los mares que reciben día tras día las descargas residuales. Para evitar que se sigan sobreexplotando los recursos, se destruyan irracionalmente las áreas con vegetación que aún se conservan y se fragmenten aún más los hábitats de especies en peligro de extinción como los felinos o primates es importante el decreto de áreas de protección de flora y fauna, reservas, regiones hidrológicas prioritarias, parques naturales o corredores biológicos, así como la implementación de instrumentos de ordenamiento de los territorios como el presente, para que la conservación y el desarrollo se logren conjuntamente.

En cuanto a la biodiversidad de especies animales y vegetales, las principales actividades de impacto directo son el comercio de especies, la caza y tala inmoderadas, así como la introducción y erradicación de especies.

El comercio y tráfico ilegal de especies o parte de ellas ha contribuido en parte a llevar al borde de la extinción a varias especies, y por lo tanto es uno de los principales responsables de la pérdida de biodiversidad y del patrimonio natural de los países tropicales. Actualmente, las especies sometidas a comercialización ilegal se encuentran bajo constante presión, principalmente las especies terrestres, sin menospreciar las especies acuáticas. Por otro lado, está aumentando la colecta de especímenes biológicos con fines de prospección para la industria biotecnológica o farmacéutica, a la fecha la colecta de plantas medicinales escapa en buena medida al control de las autoridades.

Otro problema que en menor proporción contribuye a la extinción de especies en ciertas áreas es la caza inmoderada y la tala de árboles. Ya sea para comercio o autoconsumo la caza provoca cierto desequilibrio en algunas poblaciones de organismos, sobre todo si estas son pequeñas y la caza es tan excesiva que evita su recuperación. Por otro lado, la mayor parte de las maderas preciosas tropicales provienen del desmonte más que del desmonte conservacionistas de la vegetación forestal. Para poder controlar esta situación se empezaron a habilitar Unidades de Manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMAS), en estas unidades se reproducen y propagan ejemplares de flora y fauna, y se generan productos y subproductos destinados a los diversos tipos de aprovechamiento, aunado a las temporadas de veda.

Al introducir nuevas especies a un ecosistema, se genera un desequilibrio debido a que puede afectar directamente a las asociaciones establecidas o a especies que gozaban de la falta de depredadores o competencia interespecífica. Los ejemplos más usados para ejemplificar esta situación son las introducciones de especies a islas. En respuesta a tal situación sólo queda la planificación, elaboración y cumplimiento de programas de concientización, educación ambiental y restauración de ecosistemas dañados.

Otro factor que afecta a la diversidad en general, así como a recursos tan importantes como el agua y el suelo es la contaminación. El efecto directo de contaminantes de origen urbano e industrial sobre las comunidades naturales es difícil de evaluar en la mayoría de los casos. Las sustancias contaminantes más peligrosas para la flora y la fauna son las que se degradan lentamente y tienden a acumularse en el ambiente y en los animales que no pueden excretarlos. Una de las fuentes más importantes de contaminantes es por el uso de fertilizantes en los campos de cultivo, que después son lavados por la lluvia y arrastrados hacia los ríos, lagos o cuencas.

Los recursos naturales más importantes serían los recursos hidrológicos, suelos, así como el componente forestal y faunístico; las amenazas antes mencionadas y descritas, pueden afectarlos y por tanto impactarían directamente sobre la biodiversidad. Es por esta razón que para resguardar y conservar la biodiversidad se deben seguir ciertas líneas estratégicas (CONABIO, 2006), las cuales incluyen impulsar políticas públicas para el uso sustentable de la biodiversidad como el manejo forestal comunitario, reconversión de producción agrícola- ganadera, unidades de manejo ambiental (UMA), ecoturismo, pesquerías sustentables y restauración ambiental; así como la aplicación de instrumentos de planeación territorial como planeación ecológica del paisaje, manejo integral de cuencas, manejo integrado de ecosistemas prioritario y programas de conservación de la biodiversidad por comunidades rurales o indígenas, las cuales deberían ser incorporadas en la toma de decisiones acerca del uso y conservación de los ecosistemas ya que las comunidades indígenas y rurales poseen aproximadamente el 80 % de los bosques del país. Por otro lado, también se menciona que para poder predecir las tendencias futuras de cambios en los ecosistemas y de su uso racional y conservación dependen de acciones tales como:

- El uso de información científicamente sólidos en la toma de decisiones
- Valoración de servicios ecosistémicos como el capital natural del país
- Compartir información y dar acceso público general de los resultados de la evaluación y
- Confrontar la necesidad de proveer alimento a las siguientes generaciones con el menor impacto ecológico adicional posible.

## **2.3. Componente Socioeconómico y demográfico**

La interacción del medio biofísico, el sistema de producción-consumo y el entorno cultural que son propias características socioeconómicas que dividen al Municipio Tulum en zona costera y zonas continental además de ser interacciones que reflejan las relaciones entre la demografía y los problemas ambientales permitiendo detectar fuentes de alteración, contaminación y/o explotación inadecuada de los recursos naturales, así como las necesidades de desarrollo futuras en espacio y en recursos; son conocimientos indispensables para un adecuado ordenamiento ambiental del territorio.

### **2.3.1. Aspectos Demográficos**

Tulum se localiza al este de la Península de Yucatán, en la zona centro, limita al Norte con el Municipio Solidaridad y al Sur con el Municipio Felipe Carrillo Puerto y la Bahía de Ascensión, al extremo Oeste limita con el Estado de Yucatán, en particular con el Municipio Valladolid y al Este limita con el Mar Caribe. Su extensión territorial es de aproximadamente 2,040.94 km<sup>2</sup>, que representa el 7.67% de la superficie total del Estado de Quintana Roo.

La población del Municipio Tulum era de 32,714 habitantes de acuerdo con el INEGI, 2015, con base a este dato, se tiene una densidad poblacional aproximada de 16.2 hab/Km<sup>2</sup>. Este valor indica una baja densidad y por ende, se infiere la existencia de grandes superficies de terreno deshabitada, lo cual resulta de una distribución irregular de la población, ya que la mayor parte de la población está asentada en la cabecera municipal y a lo largo de la zona costera, donde se realizan actividades turísticas, mientras que al interior del Municipio, las localidades presentan una alta dispersión, aunque estén vinculadas a una vía de comunicación terrestre. Los aspectos demográficos de interés para fines del Ordenamiento del Territorio Municipal de Tulum se desglosan en los siguientes apartados.

#### **2.3.1.1. Tamaño de Población**

En 2015 el Censo de Población y Vivienda del INEGI, refleja una población de 32,714 habitantes en todo el Municipio Tulum, hasta el 2010 la población se concentraba principalmente en la cabecera municipal con 18,233. Durante los últimos años, este municipio ha presentado un acelerado incremento poblacional dio como resultado su instauración como municipio, siendo este el noveno del Estado. En la actualidad es considerado junto con los Municipios Benito Juárez y Solidaridad, uno de los municipios con mayor crecimiento demográfico en el país con una tasa anual del 17%.

El principal motivo de este crecimiento demográfico es la inmigración de población atraída por la oferta de empleo y desarrollo económico propiciado por el turismo que es la actividad económica básica, esto se ejemplifica en la ciudad de Tulum que pasó de 6,733 habitantes en 2000 a 14,790 en 2005 y a 32,714 en 2015; por lo que se espera que en los siguientes años este duplique su población actual.

En el territorio del Municipio hay 43 localidades, con una población total de 32,714 según el INEGI, 2015, siendo las principales Tulum con 18,233 habitantes, Chemuyil con 1,377, Akumal con 1,310, Cobá con 1,278, Chanchen primero con 875, San Juan de Dios con 599, Sahcab Mucuy con 456, Chanchen Palmar con 469 y Francisco Uh May con 655, Manuel Antonio Ay con 407, Macario Gómez con 510, Javier Rojo Gómez con 469, Hondzonot con 368 y Yaxché con 335 habitantes. El siguiente cuadro muestra la composición de la población de las 15 localidades más importantes del Municipio, ordenadas de manera descendente, a lo largo del lapso 1990-2005.

**Cuadro 37 Población histórica de las localidades más importantes, en cuanto a número de pobladores.**

MUNICIPIO TULUM LOCALIDAD/ESTAD O	POBLACI ÓN				
	1990	1995	2000	2005	2010
<b>Tulum</b>	2,111	3,603	6,733	14,790	18,233
<b>Ciudad Chemuyil</b>	20	920	1,417	1,239	1,377
<b>Akumal</b>	578	470	1,088	1,198	1,310
<b>Coba</b>	669	836	918	1,167	1,278
<b>Chanchen Primero</b>	437	596	693	793	875
<b>San Juan de Dios</b>	295	333	352	505	599
<b>Sahcab Mucuy</b>	107	240	327	403	456
<b>Chanchen Palmar</b>	199	274	319	398	469
<b>Yalchén</b>	130	257	313	372	550
<b>Francisco Uh May</b>	124	211	338	352	655
<b>Manuel Antonio Ay</b>	135	185	230	319	407
<b>Yaxché</b>	193	254	313	301	335
<b>Macario Gómez</b>	183	215	254	285	510
<b>Hondzonot</b>	183	230	276	278	368
<b>Javier Rojo Gómez</b>	362	257	389	277	469
<b>T O T A L</b>	<b>5,726</b>	<b>8,881</b>	<b>13,960</b>	<b>26,677</b>	<b>27,713</b>

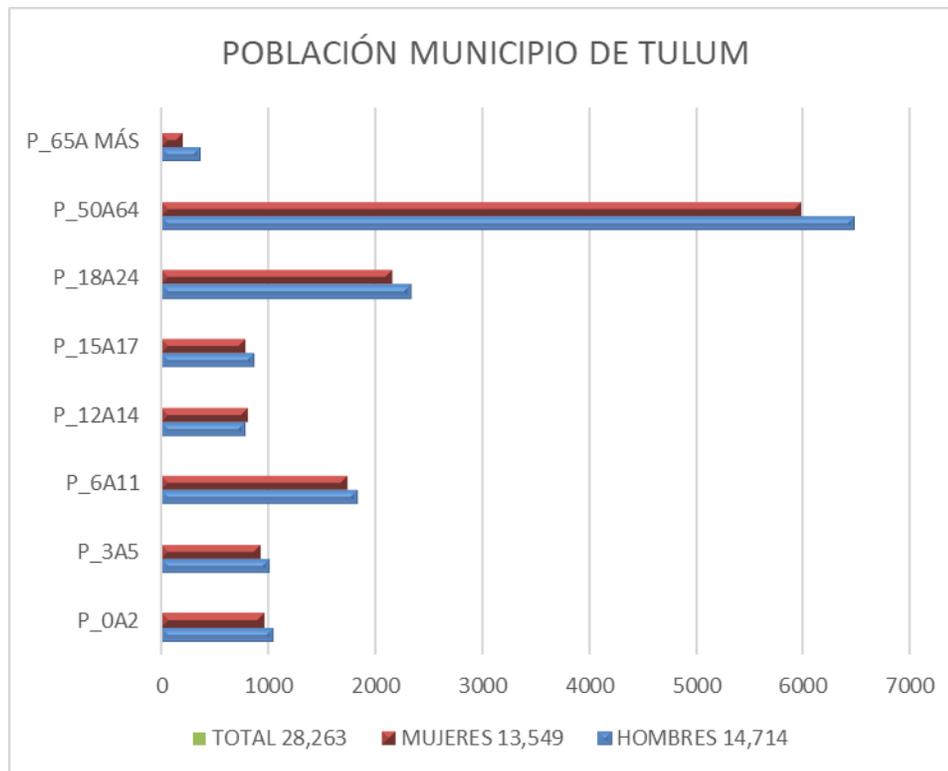
*Fuente: conteo de población del INEGI 1995 y 2005 y al Censos Generales de Población y Vivienda, 1990 y 2000, 2010.*

Los datos contenidos en la tabla anterior reflejan el crecimiento continuo e intenso de la población en quinquenios. Este crecimiento acelerado de la población constituye una rápida sustitución de las áreas naturales por áreas urbanas, debido a la presión que ejerce la creciente demanda para el desarrollo de vivienda, fuentes de empleo, bienes y servicios, particularmente en los alrededores de Playa del Carmen, Tulum y en general en el corredor turístico denominado Riviera Maya.

### 2.3.1.2. Relación Hombre Mujer y Estructura de Edades

La población total reportada para el municipio en 2015, de acuerdo con la encuesta intercensal 2015, fue de 32,714 habitantes (Figura 118). De esta cifra la población masculina correspondió a 17,125 habitantes y la población femenina 15,589 habitantes, además se observa que la gran parte de la población son jóvenes menores a los 30 años, siendo el mayor grupo de acuerdo a la división quincenal y con una población de 4,131 (2,091 hombres y 2,045 mujeres) el grupo de 0 a 4 años, el grupo de 5 a 9 años en segundo lugar con 3,915 habitantes (2,017 hombres y 1,898 mujeres) en tercer lugar está el grupo de 20 a 24 años con 3,641 habitantes (1,861 hombres y 1,776 mujeres).

**Gráfica 1 Relación hombre-mujer y estructura de edades.**



Fuente: Censo General de Población y Vivienda, 2010.

### 2.3.1.3. Escolaridad

De acuerdo a la Perspectiva Estadística para el Estado de Quintana Roo publicada por el INEGI, 2010; reporta que, en el 2000, 2005, 2010 el porcentaje de población analfabeta de 15 y más años era 7.5%, 6.6% y 5.35% respectivamente. Por otra parte, la porción de la población de 6 a 11 años que asiste a la escuela era en el 2010 de 96.5% y para el 2005 de 95.6% lo que nos refleja el incremento de 0.95 % que asiste a la escuela, en el 2015 la población que tiene la condición de asistencia escolar representa el 27.16% del total de la población dentro de los tres niveles educativos básico, medio y superior.

**Cuadro 38 Grado promedio de escolaridad**

LOCALIDADES	GRADO PROMEDIO DE ESCOLARIDAD
Akumal	7.93
Chanchen Palmar	5.03
Chanchen Primero	6.17
Ciudad Chemuyil	8.73
Coba	6.41
Francisco Uh May	6.30
Hondzonot	5.12
Javier Rojo Gómez	7.48
Macario Gómez	5.81
Manuel Antonio Ay	6.12
Sahcab Mucuy	4.95
San Juan de Dios	5.32
Tulum	8.70
Yaxché	5.32

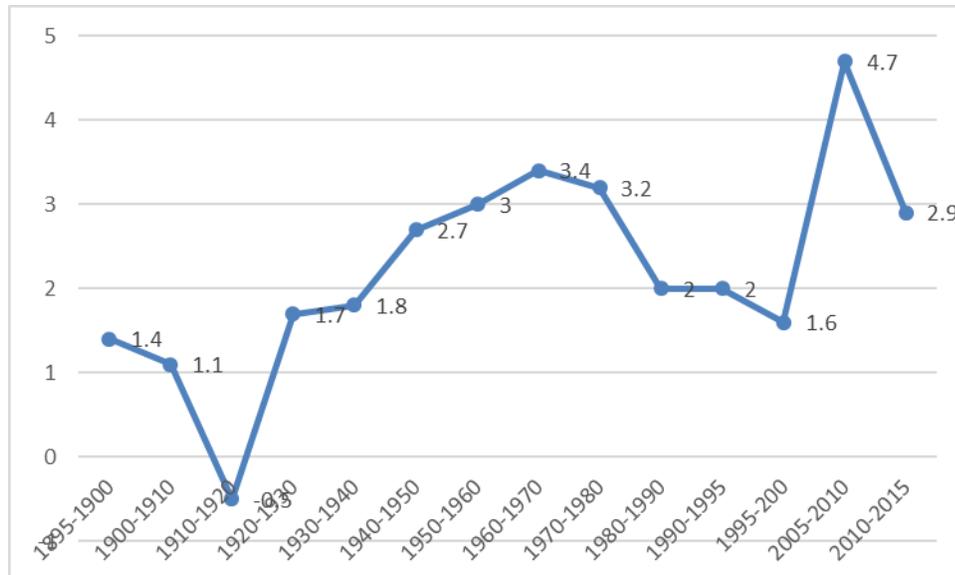
*Fuente: Censo General de Población y Vivienda 2010.*

El Municipio actualmente cuenta con la infraestructura de 61 centros de educación, 21 centros para la educación preescolar, 24 centros para la educación primaria, 11 para la educación secundaria y tan sólo 4 y 1 para los niveles medio superior y superior respectivamente.

#### 2.3.1.4. Tendencia de crecimiento

La tasa media de crecimiento anual de la población de los Estados Unidos Mexicanos, según datos proporcionados por el INEGI arrojó porcentajes promedio de crecimiento anual de 3.4% para las décadas de 1960-1970, que es la tasa más alta registrada, la cual disminuyó paulatinamente hasta llegar finalmente a 2.96% entre 2010-2015.

**Gráfica 2 Tasa de crecimiento media anual de la población nacional 1895-2015**



**FUENTE:** INEGI. *Censos de Población y Vivienda 1985-2000*; INEGI. *Censos de Población y Vivienda 1995 y 2005, 2010, Encuesta intercensal 2015 y estimaciones a 2015 a nivel localidad.*

Respecto a la tasa de crecimiento media anual por entidad federativa en las últimas décadas Quintana Roo presentó porcentajes de 5.8 entre 1990-2000, 4.7 entre 2000-2005, de 2.96 entre el 2010-2015; con respecto a las tasas nacionales y estatales de crecimiento poblacional se observa un alta primacía en la entidad respecto a las tasas nacionales reflejando en el período de 1970 a 1980, la más alta de 9.5 que ha ido disminuyendo al 2015 con una tasa de 2.96, y sin embargo continúa siendo más alta que la nacional en los períodos desde 1950 a la fecha.

**Cuadro 39 básica por Localidad del Municipio de Tulum**

ESTADO/ LOCALIDAD	MUNICIPIO	Y	TOTAL HABITANTES	HOMBRES	MUJERES
QUINTANA ROO*	Intercensal 2015		1'501,562	751,538	750,024
TULUM*			32,714	17,125	15,859

<b>TULUM** Estimaciones a 2015</b>	21,096	11,003	<b>10,093</b>
<b>CIUDAD CHEMUYIL**</b>	1,516	819	<b>697</b>
<b>AKUMAL**</b>	543	253	<b>289</b>
<b>COBA**</b>	1,012	514	<b>499</b>
<b>CHANCHEN PRIMERO**</b>	1,593	843	<b>750</b>
<b>SAN JUAN DE DIOS**</b>	1,479	773	<b>706</b>
<b>SAHCAB MUCUY**</b>	758	381	<b>377</b>
<b>CHANCHEN PALMAR**</b>	426	223	<b>202</b>
<b>FRANCISCO UH MAY**</b>	543	281	<b>261</b>
<b>MANUEL ANTONIO AY**</b>	590	294	<b>296</b>
<b>YAXCHE**</b>	471	243	<b>228</b>
<b>MACARIO GOMEZ**</b>	528	265	<b>263</b>
<b>HONDZONOT**</b>	693	367	<b>326</b>
<b>JAVIER ROJO GÓMEZ**</b>	<b>388</b>	<b>184</b>	<b>204</b>

*FUENTE: Encuesta intercensal 2015 y estimaciones al 2015 para el nivel localidad.*

El Municipio ha sido receptor tanto de jóvenes, que migran de otros municipios, así como de otros estados del país y esto es reflejado en las principales localidades tanto del Municipio Tulum como el de Solidaridad ya que han sido polos de atracción, y en ambos casos, han crecido más del doble en 10 años.

## 2.4. Componente sectorial

### 2.4.1. Marco (Subsistema) Urbano – Regional

#### 2.4.1.1. Sistema de Enlaces

##### 2.4.1.1.A Vías de comunicación

a) **Terrestres**

**Carretera Federal 307 Reforma Agraria-Puerto Juárez:** es la principal vía de comunicación terrestre del municipio que corre paralela a la costa en sentido Norte-Sur, a lo largo de su recorrido se encuentran las principales poblaciones entre las que destaca la cabecera municipal Tulum, Akumal y Ciudad Chemuyil; de igual manera comunican a los grandes hoteles y complejos turísticos de la zona costera denominada Riviera Maya. Esta carretera es libre dividida que fue modernizada en el 2008 y actualmente cuenta con cuatro carriles de circulación y pasos a desnivel a la altura de los poblados Akumal y Chemuyil.

**Carretera Estatal Tulum – Coba:** parte de la cabecera municipal en sentido Sureste-Noreste y la comunica con la subdelegación de Coba. Esta vía atraviesa y da acceso a las localidades de Rancho Viejo, Macario Gómez, San José, Francisco Uh May, Manuel Ávila Camacho. A partir de Coba la carretera estatal continúa hacia el Estado de Yucatán hasta llegar a la población de Chemax.

La vialidad primaria corresponde a los ejes principales ya mencionados que cruzan Tulum Centro y en menor escala a las siguientes calles:

**Calle Osiris:** con trazo que va de Sureste a Noroeste con prolongación (Golondrinas – Av. Yodzonot) desde Av. Kukulkan.

**Av. Kukulkan:** comunica a la cabecera municipal de Nororiente a Sur y se prolonga más allá de la colonia la Veleta

**Av. Satélite:** es un corredor interurbano con trazo Norte - Sur desde calle Okot hasta calle Mercurio, la cual es de dos cuerpos con camellón central con 25 metros de sección.

La articulación intercomunal la integran los siguientes ejes:

**Camino a Punta Allen:** camino no pavimentado que comunica el extremo Sur del municipio, con las comunidades de Boca Paila y Punta Allen, dentro de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an donde culmina, este camino transita por un estrecha faja de tierra situada entre el Mar Caribe y lagunas litorales.

**Carretera Chanchén - Coba – Nvo. XCan:** corre en forma perpendicular a la Tulum-Coba comunica a ésta última hacia el Sur con Chanchén, Chanchén Palmar y San Silverio, así como con Xiulub una población del Estado de Yucatán y hacia el Norte con Tres Reyes; termina en Nuevo X-Can en el Municipio de Lázaro Cárdenas.

b) **Aéreas**

**Aeropuertos**

Existe un aeródromo en el Municipio Tulum que está a cargo del ejército nacional y no está abierto al público en general, es utilizado principalmente por avionetas pequeñas que transportan a mandatarios gubernamentales.

Se tiene contemplada la construcción del Aeropuerto Internacional de la Riviera Maya en Tulum, cuyo proyecto con viabilidad económica y social, constituye un detonador que consolidará la actividad turística del centro del estado.

c) **Marítimas**

No existe infraestructura marítima en el municipio

**2.4.1.1.B Estaciones de combustible**

El municipio cuenta con 11 estaciones de servicio para el abasto de combustible, 8 de las cuales son de PEMEX.

**Cuadro 40 Estaciones de combustible**

No	Estación	Ubicación	Servicios
1	PEMEX	Carretera Cancún –Tulum, polígono 3 de la Reserva Territorial Solidaridad 77780	Tienda de conveniencia
2	PEMEX	Carretera Federal Km 307 Mz. 2, lote 5 Ruinas de Tulum	Tienda de conveniencia
3	PEMEX	Av. Tulum Oriente Mz. 06 lote 3	Tienda de conveniencia, vinatería y restaurante
4	Full Gas Estación Tulum Zamná	Av. Zamna Mz.3 It 4	
5	PEMEX	Tulum Carretera Carrillo Puerto, Puerto Juárez	
6	PEMEX Coruña	Mz. 26, lote 02	Tienda de conveniencia
7	PEMEX 2944	Carretera Cancún Tulum, Tulum Centro	
8	Full Gas Estación Crucero	Carretera Cancún – Tulum SM 10 Mz. 03 It.2	
9	Punto de Encuentro	Cancún – Chetumal 141	Tienda de conveniencia
10	PEMEX	Av. La Selva Esq. Kohunlich	Tienda de conveniencia
11	PEMEX	Av. Tulum lote -02 Maz.3	

*Fuente: Google 2018, INEGI*

**2.4.1.2. Sistema de Transportes**

**2.4.1.2.A Transporte público masivo**

a) **Terminales de pasajeros**

**Terminal Tulum:** ubicada en Av. Tulum Poniente número 574 entre calle Júpiter Norte y Alfa Norte en la zona centro; las compañías que operan son ADO y autobuses Mayab, cuenta con servicios de paquetería, sanitarios y tienda. Los principales destinos son a Belice, Campeche, Chiapas, Ciudad de México, Oaxaca, Puebla, Morelos, Tabasco, Veracruz, Yucatán y en el estado al Aeropuerto Cancún, Cancún, Bacalar, Carrillo Puerto, Chetumal, Coba, José María Morelos, Limones, Playa del Carmen, Presumida, Puerto Morelos, Xcaret, Xel-Ha.

**2.4.1.3. Servicios De Agua Potable Drenaje Sanitario Y Tratamiento De Aguas Residuales**

**2.4.1.3.A Servicios de Agua Potable, Drenaje Sanitario y Tratamiento de Aguas Residuales.**

a) **Sistemas de conducción y almacenamiento de agua**

De acuerdo con CAPA el municipio cuenta con una cobertura del servicio de agua potable del 90.6 %, con 10,218 tomas domiciliarias. De acuerdo con el programa CAPRI de la CAPA se tiene planeado la ampliación de la red de agua potable en más de 10 km de líneas.

La dotación de servicios de agua potable se realiza a partir de la perforación de 7 pozos profundos ubicados a 7 km del centro de población de Tulum. La red de agua potable para la zona hotelera es de 1.5 Km la cual beneficia a más de 1500 habitantes.

Se contempla también la ampliación de la red de agua potable en las comunidades rurales.

b) **Sistemas de alcantarillado**

La cobertura del drenaje sanitario es del 33.6%, principalmente en la cabecera municipal, en las colonias Maya Pax, Villas Tulum y Tumben'Ka, con 1,070 viviendas que cuentan con este servicio.

Existen 20 pozos de absorción de 30 metros de profundidad por 12 "de diámetro localizados en la zona centro.

c) **Tratamiento de aguas residuales**

Actualmente en el municipio cuenta con tres plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), una en Tulum (Bicentenario), una en Chemuyil y finalmente la de Akumal, existe un cárcamo de aguas residuales y una laguna de oxidación en el poblado de Chemuyil. En total el volumen de aguas tratadas es de 5,199 m<sup>3</sup>.

**Cuadro 41 Volumen de Aguas Tratadas**

Planta de tratamiento	Capacidad Instalada (lts/s)
Chemuyil	8
Akumal	5
Bicentenario	-

*Fuente: Caracterización POEL, Tulum*

**d) Rellenos Sanitarios**

Cuenta con un relleno sanitario tipo “C” ubicado en el ejido de Tulum en el límite Sur del municipio, colindando con el de Felipe Carrillo Puerto, cuyo acceso es desde la carretera federal 307 con superficie de 10 ha y vida útil para 10 años, a tres años de su operación actualmente se encuentra al 90% de capacidad debido a la falta de tratamiento de desechos ante la carencia de electricidad, lo que propicio su utilización como basurero a cielo abierto.

El municipio genera 120 toneladas por día de residuos sólidos urbanos (RSU) a una razón de 0.897 kg/habitante, el servicio público de aseo urbano se realiza a través del barrido, recolección y disposición final.

El servicio de barrido manual en la cabecera municipal se realiza diariamente por 45 personas, cada barrendero recoge en promedio 45 kg como producto de barrido, para cuyas actividades se les proporciona escoba, recolector y bolsas plásticas. En el año 2006 se estableció un programa de barrido con mujeres de la tercera edad, el cual dio muy buenos resultados.

Para la recolección, se cuenta con 3 vehículos de 8 toneladas de capacidad, caja compactadora trasera; para esta actividad laboran 36 trabajadores: un operador y tres ayudantes por unidad recolectora durante tres turnos, el primero de 4:00 a 12:00 hrs, el segundo de 12:00 a 20 Hrs y el tercero de 20:00 a 4:00 hrs. Se cuenta con dos rutas de recolección, una cubre la parte Poniente los días lunes, miércoles y viernes, y la Oriente los días restantes exceptuando el domingo.

Aunque no existe un sistema formal de separación de residuos, la segregación informal la realizan los trabajadores que vigilan el sitio con la separación de hierro y aluminio.

En la cabecera municipal se lleva a cabo “El Reciclatón”, actividad mensual en la cual a través de campañas se invita a la comunidad a reciclar, a la fecha no existen Centros de Acopio Municipal, pero la idea es generar proyectos que permitan llevar a cabo dichos proyectos de reciclaje.

**2.4.1.4. Usos de suelo exterior**

a) ***Invernaderos***

El municipio a través de a través del programa “Componente de Desarrollo Integral de Cadenas de Valor” elaborado por la SAGARPA logró la rehabilitación de 28 invernaderos sociales en Quintana Roo, 2 de los cuales se localizan en el municipio de Tulum sin embargo cabe señalar que estos a pesar de la rehabilitación se encuentran en estado de abandono, por lo que resultan una oportunidad para reactivar y reutilizar dichos suelos.

a) ***Vertederos y tiraderos***

Existen 2 tiraderos a cielo abierto cerrados, sin embargo, no se encuentran clausurados como lo indica la NOM-083-SEMARNAT-2003.

El tiradero de Tulum cerrado<sup>3</sup> se ubica en el km 10 de la Carretera Tulum-Coba (20°01'22.8 latitud Norte 87°30'08''longitud Oeste) y tiene una extensión de dos hectáreas, con una vida útil de 8 a 10 años, se reciben residuos de la cabecera municipal, Coba, Macario Gómez, Uh-May y Manuel Antonio; sitio en el cual se separaba aluminio y fierro. La dispersión de los RSU se realiza con un vehículo tipo bulldozer y hay tres encargados de vigilancia que dan actividades de mantenimiento al tiradero en horario de 6:00 a 15 Hrs. y de 10:00 a 19:00 hrs.

El tiradero de Akumal cerrado se ubica en la carretera Tulum –Playa del Carmen (20°24'24 latitud Norte 87°18'55''longitud Oeste)<sup>4</sup> y posee una extensión de 5 ha, en el cual existen grandes porciones de cascajo derivadas principalmente por el paso del huracán Wilma.

A mediados del 2017 fueron identificados mediante una investigación 70 vertederos clandestinos, donde se producen incendios algunos provocados para reducir su volumen e incluso para el rescate de materiales de metal.

## **2.4.2. Marco (Subsistema) Histórico – Cultural**

El sub sistema historio cultural de Tulum comienza con su fundación como municipio, el 13 de marzo del 2008, gracias a la importancia histórica- arqueológica y turística que posee. Tulum es conocido como una ciudad amurallada altamente representativa de la cultura maya, lo que le ha permitido no solo a este municipio sino al resto del estado, considerarse como parte del Mundo Maya a nivel nacional e internacional junto con países de Centro América.

---

<sup>3</sup> El sitio fue cerrado en noviembre 2005, pero no fue clausurado como lo indica la normatividad.

<sup>4</sup> Programa Estatal para la prevención y gestión integral de los residuos en el Estado de Quintana Roo 2009 – 2011.

Su nombre inicial fue "Ciudad de Zamá", que significa "salida del sol", a la fecha "Tulum" que significa "muralla", eta dedicado al planeta Venus mediante a la deidad dual de nombre "Kukulkán", misma que también era venerada en la hoy conocida zona de Chichen Itzá. Esta deidades asociada al comercio y al cacao, lo que convirtió a Tulum en una de las zonas más importantes y codiciadas para el intercambio comercial con Europa.



Asimismo, la agricultura fue una de las principales actividades económicas, que se dieron en esta región y que llevaron a ser plasmados en la arquitectura y escultura de sus grandes monumentos. Aunado a esto la posición de Tulum sobre el altiplano, le permitió obtener vistas panorámicas del horizonte natural en diferentes direcciones y por ello la historia lo señala como un punto de observaciones astronómicas importante por parte de los mayas.

Sus costumbres y tradiciones son consideradas hasta hoy parte de la mezcla cultural entre los españoles y estos grupos étnicos, ejemplo de ello era el uso de objetos de obsidiana, vidrio volcánico, jade y sílex (mineral muy parecido al cuarzo o la calcedonia), así como vasijas hechas de cerámica que procedían de la Península de Yucatán, además de cascabeles y anillos de cobre.

En sus construcciones, existen líneas de varios tamaños y profundidades, la mezcla de elementos y detalles como figuras de su vida cotidiana, de cosas religiosas, letras, números, curvas, la gran cantidad de rectángulos, arcos y un conjunto de más elementos que muestran la grandeza de la civilización maya.

#### 2.4.2.1. Patrimonio Arqueológico

En el Municipio el Instituto de Antropología e Historia (INAH) tiene registrado 2 zonas arqueológicas: Tulum y Cobá.

**Cuadro 42 Relación de sitios arqueológicos reconocidos por el INAH en el municipio de Tulum.**

No	Nombre	Municipio	Tipo-Sitio
1	Tulum	Tulum	Sitio con estructuras

2

Cobá

Tulum

Sitio con estructuras

*Fuente: INAH, 2018*

Hoy en día Tulum en su parte arqueológica, es considerado como Parque Nacional Tulum, el cual destaca por su alto nivel de cuidado y conservación en materia ambiental y de cuidado a los animales que habitan en sus interiores, y se considera como el sitio más emblemático de la costa de todo el estado de Quintana Roo, debido a su ubicación privilegiada y la excelente conservación de sus edificios y pinturas murales, las cuales datan del 564 d.C.

Varios de los edificios históricos que se ubican en Tulum, fueron usados para venerar al dios descendente en donde se hicieron muchos rituales especiales para honrarlo, así como otras deidades que fueron relevantes en la vida de sus habitantes. A inicios del siglo XX algunos indígenas de poblados cercanos a Tulum acostumbraban a llevar ofrendas al yacimiento prehispánico, pero debido al incremento turísticos es algo que se ha ido perdiendo en la actualidad.

En el caso de la construcción llamada "El Castillo", ha sido considerado hasta la fecha como el punto de referencia para la navegación usado por mucho tiempo como faro gracias a que el sol podía iluminar dos ventanales de la fachada de dicha construcción y era la guía que ocupaban los navegantes mayas para poder avanzar de forma paralela al arrecife y así evitar chocar con él. Asimismo este municipio alberga la existencia del segundo arrecife coralino más grande del mundo, por lo se encuentra dentro del gran Cinturón de Arrecifes del Atlántico Occidental.

**Figura 92 Zona Arqueológica de Tulum**



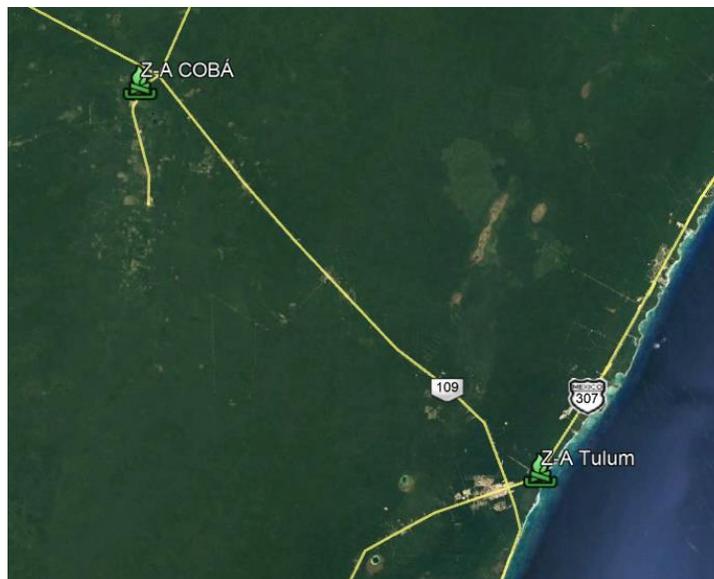
El conjunto arqueológico cuenta también con el Templo del Dios Descendente, con un pequeño basamento sobre el que se construyó un edificio decorado con la imagen de esa deidad, principal elemento iconográfico de la ciudad, el Templo de los Frescos, cuyas pinturas murales retratan a una serie de seres sobrenaturales residentes en el Inframundo, los palacios conocidos como la Casa de las Columnas y la Casa del Halach Uinik y la Casa del Cenote, documenta la importancia que dieron los mayas al culto acuático vinculado a los cenotes, y cerca de allí se observa el Templo del Dios del Viento, nombrado así por su basamento circular, relacionado con Kukulcán, dios de los vientos.

En el caso de Cobá, este significa “agua picada” y se ubica en el municipio de Tulum, este es considerado como una de las ciudades más representativas del mundo maya, de ahí que la comunidad que aun habita en esta, preserve las tradiciones y costumbres de este grupo étnico. Esta ciudad se desarrolló cerca de cinco lagos que fueron un factor fundamental para su desarrollo y subsistencia.

Con aproximadamente 70km<sup>2</sup> de extensión, la ciudad estaba comunicada por extensos caminos levantados de piedra, conocidos en lengua maya como *sacbé* (camino blanco), de longitud y ancho variables. El más largo de ellos con 100 km., llega al sitio de Yaxuná, muy cerca de Chichén Itzá. Los primeros asentamientos humanos registrados fueron entre 100 a.C. y 300 d.C., y su economía se basaba en la agricultura y la caza.

Ya entre 300 y 600 d. C., Cobá se desarrolló centralizando el poder económico y político, controlando varios poblados cercanos, esto gracias a que las vías de comunicación internas y hacia otros poblados y regiones, constituía más de 50 caminos, posteriormente entre el 800 y 1000 d.C., se amplió la red de caminos de la ciudad y se construyeron nuevos edificios, siendo esta la etapa en que mayormente quedó construida esta zona.

**Figura 93 Ubicación Zonas Arqueológicas de Tulum**



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 2.4.2.2. Tradiciones y Costumbres

Entre las tradiciones y costumbres del municipio de Tulum, se encuentra el Carnaval, el cual se lleva a cabo semanas antes de la Cuaresma, el cual simboliza el disfrute del hombre con el lema “diversión y alegría en el Caribe”, su duración es de 3 días y se celebra mediante bailes populares, carros alegóricos y la coronación de Rey y Reyna.



Asimismo, durante el mes de julio, otra de las tradiciones es el Festejo de la Cruz Parlante, el cual combina la cultura de la religión católica y la pagana, en ella se festeja el hallazgo de una cruz de caoba en un cenote de la comunidad de Chan Santa Cruz justo después de haber finalizado la Guerra de las Castas, en la que la rebelión indígena más importante contra el yugo de criollos y mestizos, durante el siglo XIX, en donde se llevó a cabo por la lucha de su independencia.



Otro festejo importante es el Festival de la Tortuga Marina, el cual comenzó su celebración en el 2003, este se lleva a cabo como un evento de índole ambiental por parte de los habitantes por la conservación de esta especie, en él se lleva a demás a cabo un certamen de papalotes, un concurso de esculturas elaboradas con arena, y un programa de limpieza de las playas del municipio, asimismo, se llevan a cabo talleres ambientales y la liberación de tortugas específicamente en la playa de Xcacel.



Alborada Maya, es otra de las festividades religiosas más importantes de Tulum en la que se preserva la cultura maya de la región, esta se lleva a cabo en el centro ceremonial del municipio y en él se agradece a Dios por las buenas cosechas y solicitar que así continúen a lo largo de todo el año. Este se lleva a cabo del 7 al 18 de marzo mediante peregrinaciones, rezos, novenas, dinámicas taurinas, ofrendas y música maya.



El Hanal Pixan o Día de Muertos es otra de las tradiciones más arraigadas en municipio, en este día los altares y ofrendas significan la convivencia de las ánimas con los vivos, en dicha celebración el ser humano al morir se dirige al inframundo o Xibalba para a partir de ahí ascender trece niveles para alcanzar la divinidad, para ello se lleva a cabo un concurso de altares sobre la avenida Tulum.



En el caso de las artesanías, Tulum es conocido en el estado por las joyas de coral negro, creaciones de palma, tallas en madera y el bordado de huipiles con hilo cortado y rejilla.



#### 2.4.2.3. Oferta Turística

En el año 2017 el estado de Quintana Roo contaba con una oferta total de 963 hoteles, significando un inventario total de 97,606 cuartos. El caso específico de Tulum, su oferta es de 144 establecimientos de hospedaje, los cuales representan un total de 7,082 cuartos, es decir el 7.25 de la oferta estatal.



De dicha oferta el 81% son hoteles, el 4.2% son cabañas y el 14.8% son departamentos y casas que ofertan el servicio de alojamiento. De dichos establecimientos el 665 no cuenta con categoría, el 7% pertenece a la categoría de 5 estrellas, el 7% a cuatro estrellas, el 16% a tres estrellas y el 3% y 1% a do y una estrellas respectivamente.

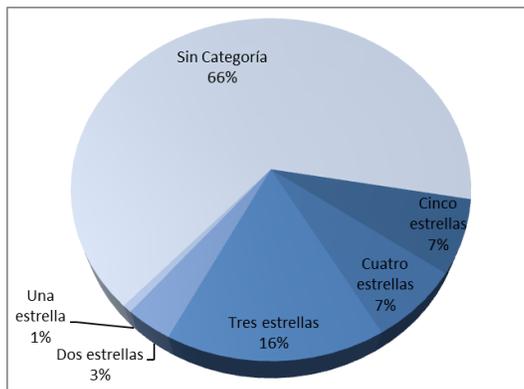
**Cuadro 43 Estado de la oferta hotelera según su categoría 2017.**

Total	Cinco estrellas	Cuatro estrellas	Tres estrellas	Dos estrellas	Una estrella	Sin Categoría
<b>Establecimientos 144</b>	10	10	23	5	1	95
<b>Cuartos 7,082</b>	4,541	633	391	45	36	1,436

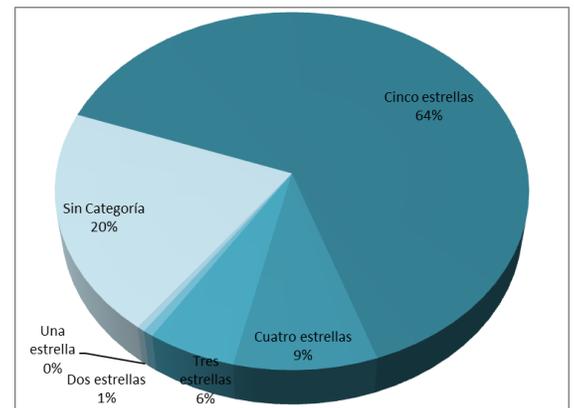
Fuente: INEGI, Anuario estadístico de Quintana Roo 2017

**Gráfica 3 Oferta de cuartos y establecimientos en Quintana Roo y Tulum**

**Establecimientos**



**Cuartos**



Fuente: INEGI Anuario Estadístico del Estado de Quintana Roo, 2017

El municipio presenta una tasa de crecimiento del 10.76% en materia de establecimientos y del 17.99% con respecto a cuartos desde el 2012 al 2017. Lo que representa un tasa media de crecimiento anual del 1.71% y del 2.79% respectivamente.

**Cuadro 44 Estado de Quintana Roo. Evolución de la oferta hotelera. 2012-2017**  
(Establecimiento y No. De cuartos).

	2012	2017	TCMA 2005-2015	TCMA 2010- 2015
<b>Establecimientos</b>				
Estado	908	963	6.05%	0.98%
Tulum	130	144	10.76%	1.71%
<b>Cuartos</b>				
Estado	84,860	97,606	15.02%	2.35%
Tulum	6,002	7,082	17.99%	2.79%

Fuente: INEGI Anuario Estadístico del Estado de Quintana Roo, 2012-2017.

En el caso de las visitas a Zonas Arqueológicas, el INAH registro un total de 2,362,786 visitantes, de los cuales el 75% se concentraron en Tulum y el 25% restante en Cobá, de estos el 59.68% fueron extranjeros mientras que el 40.32% fueron nacionales. El gasto promedio en el municipio es de los \$630 con una estadía promedio de 1.1 días,

**Cuadro 45 Tulum. Evolución de la oferta hotelera. 2012-2017 (Establecimiento y No. De cuartos).**

	Total	Nacionales	Extranjeros
Cobá	588,857	183,438	405,419
Tulum	1,773,929	769,192	1,004,737

Fuente: INEGI Anuario Estadístico del Estado de Quintana Roo, 2017.

#### 2.4.2.4. Oferta Turística Complementaria

Actualmente prestan servicio en el municipio 16 agencias de viajes, de las cuales se ofertan tours principalmente hacia las zonas arqueológicas del mismo y hacia el resto de los atractivos turísticos del estado como Cancún, Xel ha- y Xcaret.

El municipio cuenta actualmente con 169 establecimientos de alimentos y bebida, de estos 143 son restaurantes, 14 cafeterías, 1 centro nocturno, 6 bares y 5 establecimientos de alimentos sin categoría.

Asimismo se cuenta con 11 arrendadoras de automóviles, 1 campo de golf, 4 centros de convenciones, 822 guías de turistas, 2 módulos de información turística, 136 tiendas de artesanías y 11 centros de servicios recreativos.

Entre los principales atractivos del municipio se encuentran las Zonas Arqueológicas de Tulum y Cobá, asimismo la playa que se encuentra frente a la zona arqueológica de Tulum se distingue por tener arena blanca y fina, de agua cristalina, lo que la hace ideal para los visitantes.

La Biosfera de Sian Kaan es otro de los principales atractivos del municipio, esta es considerada el Área Natural Protegida más grande del Caribe mexicano, su extensión abarca 520,000 hectáreas de maravillas arqueológicas y naturales y ha representado por mucho tiempo el paso comercial entre Tulum y Muyil.

Otro atractivo es el Parque Ecológico Labnaha en donde a su vez se encuentra el Parque Ecológico Mundo Mágico Maya, en donde se a posibilidad de realizar actividades al aire libre, como tirolesas, exploración con uso de kayak, esnórquel, nado, visita en los cenotes Labnaha y Agua Profunda, en los cuales pueden realizare buceo y esnórquel.

Cenote Dos Ojos es otro de los atractivos de Tulum, este comenzó a ser explorado en el año de 1987 y en la actualidad sigue siendo estudiado por expertos en la materia, debido a que varios descubrimientos mostraron que existen más de 67 kilómetros de rutas subterráneas, teniendo una profundidad máxima aproximada de 120 metros. El cenote es ideal para el buceo en cavernas porque sus aguas cristalinas hacen que las personas tengan una visibilidad excelente, además de que conecta a otro cenote adyacente que se llama la Cueva de los Murciélagos.

Asimismo, "Boca Pila" es otro de los atractivos, ya que se trata de una zona de boca en donde se une el mar, la laguna y el pantano, lo que significa que no ofrecen otros servicios como los turísticos que muchas personas pueden llegar a buscar o necesitar; sin embargo, es un lugar muy atractivo porque está totalmente aislado, lejos del bullicio de la ciudad, haciendo que sea un sitio especial para quienes desean tener un encuentro íntimo y tranquilo con la naturaleza.

Carwash Calavera o Aktun Ha, es otro cenote ubicado a aproximadamente 8 kilómetros del municipio de Tulum, y es muy conocido por las diversa actividades acuáticas como nado, buceo y esnórquel que pueden realizarse en él.

El Cenote Cristal ubicado a 3 kilómetros en la parte sur del municipio de Tulum, en donde también se encuentra el Cenote Escondido, son otros de los atractivos del municipio, al igual que el Gran Cenote ubicado a 3.5 kilómetros de Tulum, sobre la carretera que conduce a la zona arqueológica de Cobá, en donde también se puede practicar actividades acuáticas como natación, esnórquel y buceo.

Por su parte el Parque Tankah otro de los atractivos de Tulum, se encuentra ubicado a corta distancia del poblado de Tulum, sobre el sistema de ríos subterráneos Sac Actun, dentro del parque se encuentran el cenote Naval, en el que se puede cruzar a través de dos tirolesas para después abordar canoas y remar de regreso por él; el cenote Cueva, es un cenote semi-abierto en el que te divertirás con la tirolesa de salto que aterriza en el agua con plataforma para clavados y el cenote Azul.





### 2.4.3. Marco (Subsistema) Político – Organizativo

El subsistema Político – Organizativo que presenta el Municipio, es bastante complejo, ya que cuenta con instituciones y organismos gubernamentales y no gubernamentales, que influyen directamente en cada una de las decisiones en materia territorial, pues cada una de ellas ve por las relaciones políticas e intereses propios, lo que determina en gran medida la actual transformación territorial del municipio, en sus tres niveles de gobierno, federal, estatal y municipal.

De manera general, todas la Asociaciones, Colegios, Asociaciones de Profesionales, ONG´S, Grupos de Comunidades Religiosas, Indígenas y Civiles, conforman actualmente el marco político organizativo, por lo que es importante considerar que en el momento de llevar a cabo instrumentos de planeación, programas, planes o acciones en materia de planeación territorial y ambiental, la adecuada organización y coordinación entre estos actores, puede facilitar en mucho las herramientas e instrumentos que los actores de la función pública implementen dentro de todos los Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial.

En caso contrario estas asociaciones también representan los principales oponentes a dichos proyectos, esto cuando los fines o intereses de las mismas se ven afectados, por lo que el sistema de actuación debe ser organizativo y establecer políticas diplomáticas y de relaciones cordiales entre los miembros de gobierno en sus tres niveles, la sociedad y el sector privado.

#### 2.4.3.1. Instituciones Gubernamentales

Para poder entender dichas relaciones políticas, socio culturales, biológicas y económicas dentro del Municipio es indispensable comenzar por las organizaciones políticas gubernamentales que fundamentan el desarrollo tanto de la población como de la planeación ambiental y territorial y el impacto que generará el Tren Maya que cruzaría 10 de los 11 municipios del Estado.

En el caso específico de la composición política, a nivel federal es MORENA quien entrara en función a partir de diciembre de 2018 siendo este quien sea el involucrado directo en la toma de decisiones de las transformaciones territoriales del país a partir del proyecto del Tren Maya.

Por su parte el Estado actualmente cuenta con una política representada por la alianza PAN - PRD, los cuales son los encargados de organizar y dirigir a través de las distintas dependencias la toma de decisiones en materia territorial.

En las elecciones de julio de 2018, en Quintana Roo para los municipios el mayor porcentaje de las votaciones fue para el partido político de Morena.

En caso específico de Tulum la composición política actual se refleja en el siguiente cuadro.

### Cuadro 46 Composición Política de Tulum

Municipio	Composición Política
Tulum	PAN – PRD – MC

*Fuente: Instituto Electoral de Quintana Roo, agosto de 2018.*

De acuerdo con el Presupuesto de Egresos de Quintana Roo para el ejercicio fiscal 2018, el gasto previsto para el financiamiento de los partidos políticos fue de \$88, 112, 832 de pesos.

### Cuadro 47 Presupuesto de Egresos Quintana Roo 2018 para Partidos Políticos

Partido Político	Financiamiento						Total
	Ordinario Anual	Act. Esp. Anual	De campaña	Estructura Electoral	APES	Candidaturas Independientes	
PAN	13,498,157	402,136	4,049,447	3,241,335			21,191,075
PRI	13,011,674	386,610	3,903,502	3,095,391			20,397,177
PRD	6,721,333	185,854	2,016,400	1,208,288			10,131,875
PVEM	7,336,034	205,472	2,200,826	1,392,700			11,135,032
Movimiento Ciudadano	1,146,258	57,313	343,877	No Corresponde			1,547,448
PT	1,146,258	57,313	343,877	No Corresponde			1,547,448
Nueva Alianza	1,146,258	57,313	343,877	No Corresponde			1,547,448
MORENA	8,026,164	227,498	2,407,849	1,599,738			12,261,249
Encuentro Social	5,280,740	139,878	1,584,222	776,110			7,780,950
Fuerza Social por Quintana Roo					229,252		229,252

Partido Político	Financiamiento						Total
	Ordinario Anual	Act. Esp. Anual	De campaña	Estructura Electoral	APES	Candidaturas Independientes	
Othón P. Blanco						47,868	47,868
Bacalar						8,425	8,425
José María Morelos						7,325	7,325
Felipe Carrillo Puerto						14,855	14,855
Tulum						8,494	8,494
Solidaridad						55,949	55,949
Puerto Morelos						4,711	4,711
Cozumel						19,257	19,257
Benito Juárez						165,061	165,061
Isla Mujeres						6,018	6,018
Lázaro Cárdenas						5,915	5,915
<b>Total</b>	<b>57,312,876</b>	<b>1,719,387</b>	<b>17,193,877</b>	<b>11,313,562</b>	<b>229,252</b>	<b>343,878</b>	<b>88,112,832</b>

*Fuente; Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 28 de Diciembre de 2017*

Todo lo anterior se ve reflejado en las distintas dependencias gubernamentales, mediante las cuales se lleva a cabo la organización de la administración pública, para ello en este capítulo se analizarán algunas, mismas que se detallarán de manera más amplia en el marco administrativo-institucional.

#### **2.4.3.1.A Instituciones Federales**

A nivel federal, mediante las dependencias anteriores, el gobierno busca impulsar la planeación integral del territorio, considerando el ordenamiento ecológico y el ordenamiento territorial para lograr un desarrollo regional y urbano sustentable, es por ello que estas como nivel organizativo y político establecen la colaboración entre sociedad civil en materia de ordenamiento ecológico, desarrollo económico y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a fin de generar adecuadas políticas públicas que permitan la preservación del entorno nacional.

**Cuadro 48 Atribuciones de las Dependencias Federales Vinculadas al Uso del Territorio**

Dependencia	Función	Actuación en el marco político-organizativo
<p><b>Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano</b></p>	<p>Entre sus funciones esta realizar los planes, programas y proyectos vinculados al uso del territorio nacional para el asentamiento de comunidades rurales o urbanas, extensiones de tierra y agua dedicadas a la producción agropecuaria, las estrategias gubernamentales de vivienda, zonas metropolitanas e infraestructuray el registro de la tenencia de la tierra.</p>	<p>En materia de actuación su nivel político organizativo le permite ser la generadora de la distribución territorial mediante el establecimiento de los planes o programas de ordenamiento territorial, por lo que está refleja el diseño, la ejecución y la coordinación de las políticas públicas en materia de tenencia de la tierra, uso productivo del territorio nacional y ordenamiento urbano.</p>
<p><b>Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b></p>	<p>Es la encargada de diseñar, planear, ejecutar y coordinar las políticas públicas en materia de recursos naturales, ecología, saneamiento ambiental, agua, pesca y sustentabilidad urbana, asimismo vigila el cumplimiento de las leyes y normatividades ambientales y de las áreas naturales protegidas; establecer programas para la protección de la flora y la fauna.</p>	<p>Su actuación en este marco se ve reflejada en la protección, restauración y conservación de los ecosistemas, fungiendo en las relaciones entre los actores de planeación del territorio como dependencia aprobatoria y de asesoria en la creación de proyectos que conduzcan al desarrollo sustentable; a través de la administración y regulación de los recursos del territorio nacional.</p>

Dependencia	Función	Actuación en el marco político-organizativo
<p><b>Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación</b></p>	<p>Se encarga de la administración, regulación y fomento de la actividad económica primaria.</p>	<p>Como parte de su integración político organizativa está diseñada, planea, ejecuta y coordina los programas que permiten generar desarrollo económico y social en las zonas rurales y comunidades pesqueras; mediante el establecimiento de programas que garanticen la rentabilidad y sustentabilidad de actividades agropecuarias y la sanidad animal y vegetal.</p>
<p><b>Secretaría de Turismo</b></p>	<p>Sus principales funciones derivan en la creación de planes, programas y proyectos vinculados al desarrollo de zonas turísticas, haciendo énfasis en el potencial económico que represente.</p>	<p>En su nivel político organizativo, esta debe llevar a cabo la vinculación con las dependencias correspondientes para el aprovechamiento de recursos mediante la actividad, así como el establecimiento de equipamientos e infraestructura que modifican directamente el territorio y su aprovechamiento.</p>
<p><b>Procuraduría Federal de Protección al Ambiente</b></p>	<p>Es el organismo encargado del cuidado y preservación del ambiente en todo el país, al igual que la inspección y vigilancia del cumplimiento de leyes para la protección ambiental.</p>	<p>Esta funge en el marco organizativo, como la reguladora de las metodologías de impacto ambiental, así como de valorar y vigilar la protección territorial, por lo que es uno de los actores de mayor relación e influencia dentro del cambio territorial.</p>
<p><b>Secretaría de Comunicaciones y Transportes</b></p>	<p>Es la encargada de la administración, regulación y fomento de las Vías y sistemas de comunicación y el Transporte.</p>	<p>En el marco organizativo, ésta diseña, planea, ejecuta y coordina los programas para el desarrollo del transporte de bienes, servicios y pasajeros, por lo que si estas vías se encuentran en zonas ambientales o de aprovechamiento de recursos, se mantiene regulada y coordinada con los demás entes gubernamentales para poder llevar a cabo la modificación del territorio a la hora de crear dichas comunicaciones.</p>

### 2.4.3.1.B Instituciones Estatales

Por su parte a nivel Estatal se cuenta con las siguientes dependencias que influyen en el actuar del cambio territorial.

**Cuadro 49 Atribuciones de las Dependencias Estatales Vinculadas al Uso del Territorio**

Dependencia	Función	Actuación en el marco político-organizativo
<b>Secretaría de Desarrollo Territorial Urbano Sustentable</b>	Se encarga de coordinar las políticas y programas sectoriales del ordenamiento territorial y del desarrollo urbano en el Estado, asimismo, regula el establecimiento equilibrado de los asentamientos humanos y su futuro crecimiento, con especial énfasis en la creación, regulación y edificación de viviendas, para mejorar las condiciones de vida de la población, vinculando el desarrollo económico.	En su actuar esta el desarrollo urbano y vivienda sustentable, mediante el crecimiento planificado en el Estado, por lo que juega un papel fundamental en el uso y zonificación territorial del mismo, bajo las políticas de la administración urbana y políticas de vivienda eficiente.
<b>Secretaría de Ecología y Medio Ambiente</b>	Definir y conducir la política pública ambiental estatal como cabeza de sector, así como instrumentar el Programa Sectorial de Ecología y Medio Ambiente, con sus estrategias y líneas de acción a corto, mediano y largo plazo.	En el caso de actuación de esta dependencia, en ella se generan las relaciones políticas y organizativas entre la sociedad, el sector privado y el gobierno a fin de asegurar la cultura ecológica que anteponga el cuidado del entorno y la preservación ambiental, en la toma de decisiones. De esta manera al incentivar el aprovechamiento sustentable en la formulación y ejecución de las políticas públicas ambientales, es posible fortalecer de manera transversal medidas de mitigación y adaptación que obligan a los entes privados y de la sociedad a preservar el medio natural del Estado.

Dependencia	Función	Actuación en el marco político-organizativo
<b>Secretaría de Turismo</b>	Su función es conducir y establecer los criterios y políticas para la promoción y el desarrollo de la actividad turística en el Estado, mediante la realización de actividades de planeación, capacitación turística, vigilancia de la operación de los servicios turísticos y protección turística.	Su fundamento político permite generar la construcción de zonas de aprovechamiento turístico, de tal forma que implique la modificación del territorio, por lo que esta debe estar coordinada y organizada con el resto de las dependencias gubernamentales, así como con la sociedad, a fin de generar un uso adecuado del territorio y lograr con ello el menor impacto posible en el medio ambiente.
<b>Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca</b>	Su función es impulsar el desarrollo agropecuario y rural, mediante la planeación, ejecución de las políticas y programas sectoriales sustentables, para propiciar el desarrollo integral de las comunidades rurales del Estado de Quintana Roo.	La política organizativa de esta dependencia es la vinculación entre los distintos sectores relacionados con la agricultura, fruticultura, horticultura, apicultura, ganadería, agroindustria, desarrollo rural, de aprovechamiento rural, de aprovechamiento forestal, de desarrollo indígena y para los grupos marginados, con la finalidad de lograr la formulación de políticas y programas sectoriales de desarrollo, promoción y fomento económico que eleven el bienestar de la población y productores del campo sin afectar y dañar el entorno territorial y su explotación.

### **2.4.3.1.C Instituciones Municipales**

La Dirección Administrativa y Política del Municipio, recae en el Presidente Municipal quien funge como el órgano ejecutivo de las determinaciones del Ayuntamiento y como tal, responderá del cabal cumplimiento de estas.

El Presidente Municipal será el responsable de los asuntos administrativos y políticos del Municipio y tendrá las facultades y obligaciones que le establecen la Constitución Política del Estado, la Ley de los Municipios del Estado de Quintana Roo, las Leyes, Reglamentos y demás ordenamientos jurídicos vigentes.

Para el desarrollo de sus atribuciones, el Presidente Municipal podrá auxiliarse de las unidades administrativas que señale la Ley de los Municipios del Estado de Quintana Roo, así como el Reglamento de la Administración Pública del Municipio de Tulum y de las demás que estime necesarias para el eficaz desarrollo de la función administrativa, siempre que sean aprobadas por el Ayuntamiento, en el presupuesto de egresos.

El Presidente Municipal deberá conducir las actividades administrativas del Municipio en forma programada mediante el establecimiento de objetivos, políticas y prioridades de este, con base en los recursos disponibles y procurará la consecución de los objetivos propuestos. Para tal efecto, deberá hacer del conocimiento del Ayuntamiento los planes y programas de desarrollo del Municipio.

El Ayuntamiento está organizado de la siguiente manera:

- Presidente Municipal.
- Secretaría General del cual dependen el Registro Civil, Seguridad Pública, Tránsito, Protección Civil, Registro Público de la Propiedad, Mercados y Panteones y la Junta Local de Reclutamiento.
- Dirección de Desarrollo Social que tiene a su cargo los Departamentos de Informática, Participación Ciudadana, Pesca y el Copladem.
- Dirección de Hacienda con los Departamentos de Ingresos, Egresos, Contabilidad, Auditorías, Inspección y Catastro Municipal.
- Dirección de Obras y Servicios Públicos con los Departamentos de Construcción, Alumbrado Público, Recolección de Basura y Mantenimiento de Edificios Públicos.
- Dirección de Salud, Educación, Cultura y Deportes con los Departamentos de Salud, Educación, Cultura y Deportes.
- Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología con los Departamentos de Desarrollo Urbano y Ecología.
- Dirección de Turismo y Comercio con los Departamentos de Turismo, Comercio y Promoción.
- Dirección de Administración con los Departamentos de Recursos Humanos, Recursos Materiales y Servicios Generales.

Asimismo, se considera dentro de este ámbito los siguientes reglamentos:

- Los reglamentos con que cuenta el municipio son los siguientes:
- Reglamento Interior del Ayuntamiento
- Bando de Policía y Buen Gobierno
- Reglamento de Faltas de Policía y Buen Gobierno
- Reglamento de Atención al Turista
- Reglamento de Protección Civil

- Reglamento de Limpieza Urbana
- Reglamento de Imagen Urbana

En el caso específico de las dependencias municipales, estas tienen dentro de su actuación la toma de decisiones directa de todos los proyectos a realizar durante su administración tanto en materia de aprovechamiento de recursos como en materia urbana, lo que produce que cada programa, proyecto o acción derivada de la planificación territorial en municipios y de manera general en el Estado influya directamente en las modificaciones del suelo, los recursos, las actividades económicas y especialmente en el crecimiento y movilidad de la población.

Es importante señalar que si bien el gobierno tiene en sus manos muchas de las decisiones de planeación territorial y ambiental, en el Estado el resto de los componentes de la superestructura influyen de manera directa en la realización o bloqueo de los propios proyectos, ya que Quintana Roo es uno de los Estados con mayor participación social activa, esto debido a que es considerado uno de los mayores Estados con recursos naturales y culturales para aprovechamiento turístico, lo que genera que en la mayoría de sus municipios, estos se vean directamente relacionados con la modificación del ambiente biótico.

Lo que sin duda muestra la preocupación y el interés de diversos actores que buscan el beneficio y la preservación del medio ambiente, no solo por ser altamente modificable, sino también por la relación directa de su actuar con relación a las propias políticas que cada uno de estos tiene con respecto a sus propias actividades económicas, pues en su mayoría tanto el sector privado como la sociedad se ve beneficiada o perjudicada según su propia constitución organizativa.

De ahí que cada que el nivel gubernamental toma una acción o decisión, la relación política entre este y los demás entes de actuación, se ven en luchas constantes por la defensa territorial, lo que en ocasiones se traduce en cancelaciones o cambios en las propias decisiones que el gobierno toma, a fin de evitar conflictos mayores y beneficiar la actuación directa del aprovechamiento del entorno.

Para concluir con las dependencias municipales, estas deben ser consideradas en su mayoría los principales actores en la toma de decisiones que se llevan a cabo a nivel estatal y federal, pues son estas quienes reciben o rechazan directamente la modificación del entorno. Es posible decir; que en su mayoría el gran problema que existe dentro de estas dependencias es que según sea el municipio, es el tipo o nivel jerárquico de cada una de ellas, por lo que no siempre recae en las mismas dependencias la actuación o toma de decisiones.

#### **2.4.4. Marco (Subsistema) Institucional - Administrativo**

El **Marco Institucional – Administrativo** analiza las acciones administrativas y de aplicación de política pública en el territorio y su efecto sobre la conformación y evolución territorial. Describe la expresión territorial de las acciones institucionales de los tres órdenes de gobierno y analizar las relaciones funcionales en ellos y la forma en que influyen en los modelos de ocupación territorial.

#### **2.4.4.1. Instituciones Federales**

En el presente apartado se describen las instituciones federales que inciden en el ordenamiento del territorio.

##### **2.4.4.1.A Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)**

A la SEDATU corresponde el despacho de:

Impulsar, en coordinación con las autoridades estatales y municipales, la planeación y el ordenamiento del territorio nacional para su máximo aprovechamiento, con la formulación de políticas que armonicen:

- El crecimiento o surgimiento de asentamientos humanos y centros de población;
- La regularización de la propiedad agraria y sus diversas figuras que la ley respectiva reconoce en los ejidos, las parcelas, las tierras ejidales y comunales, la pequeña propiedad agrícola, ganadera y forestal, los terrenos baldíos y nacionales, y los terrenos que sean propiedad de asociaciones de usuarios y de otras figuras asociativas con fines productivos;
- El desarrollo urbano con criterios uniformes respecto de la planeación, control y crecimiento con calidad de las ciudades y zonas metropolitanas del país, además de los centros de población en general, así como su respectiva infraestructura de comunicaciones y de servicios;
- La planeación habitacional y del desarrollo de vivienda; y
- El aprovechamiento de las ventajas productivas de las diversas regiones del país;

Aplicar los preceptos agrarios del artículo 27 constitucional, así como las leyes agrarias y sus reglamentos, en lo que no corresponda a otras dependencias, entidades u otras autoridades en la materia;

Administrar el Registro Agrario Nacional;

Conducir los mecanismos de concertación con las organizaciones campesinas;

Conocer de las cuestiones relativas a límites y deslinde de tierras ejidales y comunales;

Resolver las cuestiones relacionadas con los problemas de los núcleos de población ejidal y de bienes comunales, en lo que no corresponda a otras dependencias o entidades, con la participación de las autoridades estatales y municipales;

Cooperar con las autoridades competentes a la eficaz realización de los programas de conservación de tierras y aguas en los ejidos y comunidades;

Ejecutar las resoluciones y acuerdos que dicte el Presidente de la República en materia agraria, en términos de la legislación aplicable;

Administrar los terrenos baldíos y nacionales y las demasías, así como establecer los planes y programas para su óptimo aprovechamiento;

Planear y proyectar la adecuada distribución de la población y la ordenación territorial de los centros de población, ciudades y zonas metropolitanas, bajo criterios de desarrollo sustentable, conjuntamente con las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal competentes, y coordinar las acciones que el Ejecutivo Federal convenga con los gobiernos de las entidades federativas y municipales para la realización de acciones en esta materia, con la participación de los sectores social y privado;

Prever a nivel nacional las necesidades de tierra para desarrollo urbano y vivienda, considerando la disponibilidad de agua determinada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y regular, en coordinación con los gobiernos de las entidades federativas y municipales, los mecanismos para satisfacer dichas necesidades;

Elaborar, apoyar y ejecutar programas para satisfacer las necesidades de suelo urbano y el establecimiento de provisiones y reservas territoriales para el adecuado desarrollo de los centros de población, en coordinación con las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal correspondientes y los gobiernos de las entidades federativas y municipales, y con la participación de los diversos grupos sociales;

Promover y concertar programas de vivienda y de desarrollo urbano y metropolitano, y apoyar su ejecución, con la participación de los gobiernos de las entidades federativas y municipales, así como de los sectores social y privado, a efecto de que el desarrollo nacional en la materia se oriente hacia una planeación sustentable y de integración;

Fomentar la organización de sociedades cooperativas de vivienda y materiales de construcción, en coordinación con las Secretarías del Trabajo y Previsión Social y de Economía;

Planear, diseñar, promover, apoyar y evaluar mecanismos de financiamiento para el desarrollo regional y urbano, así como para la vivienda, con la participación de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal correspondientes, de los gobiernos de las entidades federativas y municipales, de las instituciones de crédito y de los diversos grupos sociales;

Apoyar los programas de modernización de los registros públicos de propiedad;

Facilitar las acciones de coordinación de los entes públicos responsables de la planeación urbana y metropolitana en las entidades federativas y municipios cuando así lo convengan;

Proyectar y coordinar, con la participación que corresponda a los gobiernos de las entidades federativas y municipales, la planeación regional del desarrollo;

Elaborar los programas regionales y especiales que le señale el Ejecutivo Federal, tomando en cuenta las propuestas que para el efecto realicen las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal y los gobiernos de las entidades federativas y municipales, así como autorizar las acciones e inversiones convenidas en el marco de lo dispuesto en la fracción que antecede, en coordinación con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público;

Promover la construcción de obras de infraestructura y equipamiento para el desarrollo regional y urbano, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales y con la participación de los sectores social y privado;

Aportar diagnósticos y estudios al Consejo Nacional de Población en materia de crecimiento demográfico y su impacto en el ámbito territorial.

#### **2.4.4.1.B Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)**

Fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales y bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable;

Formular y conducir la política nacional en materia de recursos naturales, siempre que no estén encomendados expresamente a otra dependencia; así como en materia de ecología, saneamiento ambiental, agua, regulación ambiental del desarrollo urbano y de la actividad pesquera, con la participación que corresponda a otras dependencias y entidades;

Administrar y regular el uso y promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que correspondan a la Federación, con excepción de los hidrocarburos y los minerales radioactivos;

Establecer, con la participación que corresponda a otras dependencias y a las autoridades estatales y municipales, normas oficiales mexicanas sobre la preservación y restauración de la calidad del medio ambiente; sobre los ecosistemas naturales; sobre el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y de la flora y fauna silvestre, terrestre y acuática; sobre descargas de aguas residuales, y en materia minera; y sobre materiales peligrosos y residuos sólidos y peligrosos;

Vigilar y estimular, en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales, el cumplimiento de las leyes, normas oficiales mexicanas y programas relacionados con recursos naturales, medio ambiente, aguas, bosques, flora y fauna silvestre, terrestre y acuática, y pesca; y demás materias competencia de la Secretaría, así como, en su caso, imponer las sanciones procedentes;

Proponer al Ejecutivo Federal el establecimiento de áreas naturales protegidas, y promover para su administración y vigilancia, la participación de autoridades federales o locales, y de universidades, centros de investigación y particulares;

Organizar y administrar áreas naturales protegidas, y supervisar las labores de conservación, protección y vigilancia de dichas áreas cuando su administración recaiga en gobiernos estatales y municipales o en personas físicas o morales;

Ejercer la posesión y propiedad de la nación en las playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar;

Intervenir en foros internacionales respecto de las materias competencia de la Secretaría, con la participación que corresponda a la Secretaría de Relaciones Exteriores, y proponer a ésta la celebración de tratados y acuerdos internacionales en tales materias;

Promover el ordenamiento ecológico del territorio nacional, en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales, y con la participación de los particulares;

Evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de desarrollo que le presenten los sectores público, social y privado; resolver sobre los estudios de riesgo ambiental, así como sobre los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica;

Elaborar, promover y difundir las tecnologías y formas de uso requeridas para el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sobre la calidad ambiental de los procesos productivos, de los servicios y del transporte;

Fomentar y realizar programas de restauración ecológica, con la cooperación de las autoridades federales, estatales y municipales, en coordinación, en su caso, con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y demás dependencias y entidades de la administración pública federal;

Evaluar la calidad del ambiente y establecer y promover el sistema de información ambiental, que incluirá los sistemas de monitoreo atmosférico, de suelos y de cuerpos de agua de jurisdicción federal, y los inventarios de recursos naturales y de población de fauna silvestre, con la cooperación de las autoridades federales, estatales y municipales, las instituciones de investigación y educación superior, y las dependencias y entidades que correspondan;

Desarrollar y promover metodologías y procedimientos de valuación económica del capital natural y de los bienes y servicios ambientales que éste presta, y cooperar con dependencias y entidades para desarrollar un sistema integrado de contabilidad ambiental y económica;

Conducir las políticas nacionales sobre cambio climático y sobre protección de la capa de ozono;

Promover la participación social y de la comunidad científica en la formulación, aplicación y vigilancia de la política ambiental, y concertar acciones e inversiones con los sectores social y privado para la protección y restauración del ambiente;

Llevar el registro y cuidar la conservación de los árboles históricos y notables del país;

Proponer, y en su caso resolver sobre el establecimiento y levantamiento de vedas forestales, de caza y pesca, de conformidad con la legislación aplicable, y establecer el calendario cinegético y el de aves canoras y de ornato.

#### **2.4.4.1.C Secretaría de Turismo**

Formular y conducir la política de desarrollo de la actividad turística nacional;

Promover, en coordinación con las entidades federativas, las zonas de desarrollo turístico nacional y formular en forma conjunta con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales la declaratoria respectiva;

Emitir opinión ante la Secretaría de Economía, en aquellos casos en que la inversión extranjera concorra en proyectos de desarrollo turísticos o en el establecimiento de servicios turísticos;

Proyectar, promover y apoyar el desarrollo de la infraestructura turística y estimular la participación de los sectores social y privado.

## **2.5. Análisis de la vulnerabilidad Territorial**

De acuerdo con Cardona (2001), la vulnerabilidad es la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso de que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antrópico se manifieste. Wilches (1995) presenta la ecuación:  $Vulnerabilidad + Amenaza = Riesgo$ , lo cual significa que los desastres se dan cuando las amenazas inciden en territorios o ante situaciones vulnerables y menciona que el rápido crecimiento de la población aumenta la demanda de recursos naturales, presionando al ambiente y aumentando el riesgo de que una amenaza cause un desastre y que, a su vez, los desastres ocurran con más frecuencia.

En este contexto, es de suma importancia identificar los diferentes tipos de riesgo relacionados con peligros y amenazas, ubicar y delimitar las zonas con diferente nivel de vulnerabilidad para poder tomar medidas preventivas y de mitigación. Dentro del ordenamiento territorial, es particularmente importante evaluar los riesgos tomando en cuenta la relación con los componentes del medio (biótico, abiótico y socioeconómico) y dar énfasis a las modificaciones y adaptaciones del paisaje natural y transformado.

El análisis de este apartado se basa en las pautas dadas por el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Tulum, Quintana Roo 2015.

### **2.5.1. Métodos, Evidencias e Indicadores de Vulnerabilidad Ante Fenómenos Naturales.**

La clasificación de los diferentes niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo descritos de manera general y con el propósito de describir de manera detallada cada uno de los fenómenos perturbadores que pueden afectar al territorio del Municipio de Tulum, Quintana Roo, se presenta a continuación. Por lo que, se encontrará a continuación las características específicas de actuación o discriminación de los procesos de riesgo de acuerdo al listado siguiente:

**Cuadro 50 Agentes perturbadores**

Origen	Fenómeno
<b>Geológico</b>	Sismos
	Erupciones volcánicas
	Tsunamis
	Inestabilidad de laderas
	Flujos
	Caídos o derrumbes
	Hundimientos
	Subsidencia
	Agrietamientos
<b>Hidrometeorológico</b>	Ciclones tropicales
	Lluvias extremas
	Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres
	Tormentas de nieve
	Granizo
	Polvo y electricidad
	Heladas
	Sequías
	Ondas cálidas y gélidas
	Tornados
	<b>Químico - tecnológico</b>
Explosiones	
Fugas tóxicas	
Radiaciones	
Derrames	
<b>Sanitario ecológico</b>	Epidemias
	Plagas
	Contaminación del aire
	Contaminación del agua
	Contaminación del suelo
	Contaminación de alimentos

Fuente: Ley General de Protección Civil (México: Gobierno de la República, 2012), artículo 2, fracciones XXIII, XXIV, XXV y XXVI.

### 2.5.1.1. Métodos, Evidencias e Indicadores de Vulnerabilidad Ante Fenómenos Geológicos.

Se deberá considerar que los riesgos geológicos serán aquellos “procesos y fenómenos relacionados con los materiales de la corteza terrestre, su dinámica y los sistemas con los que relacionan en la superficie del planeta, tanto de origen natural como en el que interviene el ser humano”, definición establecida dentro de las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Riesgos, por lo que, y de acuerdo al lineamiento conceptual anterior, se establece que además será necesario considerar que gran parte del territorio nacional está considerado dentro de un entorno geológico-tectónico muy dinámico, ya que existe una zona subductiva activa ubicada hacia la costa del Océano Pacífico, lo que produce procesos que exponen al territorio nacional a diferentes peligros principalmente relacionados con la actividad sísmica, fallamientos tectónicos y vulcanismo, los cuales, se asocian con áreas propensas a tsunamis o maremotos en sus dos zonas costera.

Dentro de estos procesos se consideran las afectaciones que el ser humano origina al entorno geológico, asociados a la extracción excesiva de recursos naturales del subsuelo, tales como agua subterránea, petróleo y minerales, lo que puede generar daños a obras de infraestructura urbana, casas habitación e infraestructura industrial, por la aparición de fracturas y fallas producto de hundimiento diferencial del terreno principalmente en valles aluviales o lacustres.

Estas afectaciones de carácter antrópico se están viendo aceleradas actualmente ya que además del marco geológico antes mencionado, es importante considerar que la mayor parte del territorio nacional desde el punto de vista de su origen o desarrollo morfológico el cual, es de muy reciente generación, lo que dota a los diferentes geosistemas naturales de una alta vulnerabilidad debido a la falta de equilibrio en sus elementos y condiciones, por lo que, el desmedido aumento demográfico y su consecuente generación de áreas socioeconómicas producen circunstancias en el medio físico que facilitan la presencia de nuevos peligros que antes eran solo procesos insignificantes y que ahora desencadenan peligros que por su naturaleza no se han estudiado y por lo tanto, no existen medidas para su prevención o mitigación.

Tal es el caso del aumento en el hundimiento de terrenos, inundaciones o los deslizamientos de laderas, todos como el producto de la combinación de los factores geológicos con fenómenos de índole gravitacional y atmosférica.

Por lo que de acuerdo a los conceptos y premisas anteriores, se presenta a continuación las características particulares a considerar dentro de los peligros de origen geológico determinados para el territorio del Municipio de Tulum, Quintana Roo.

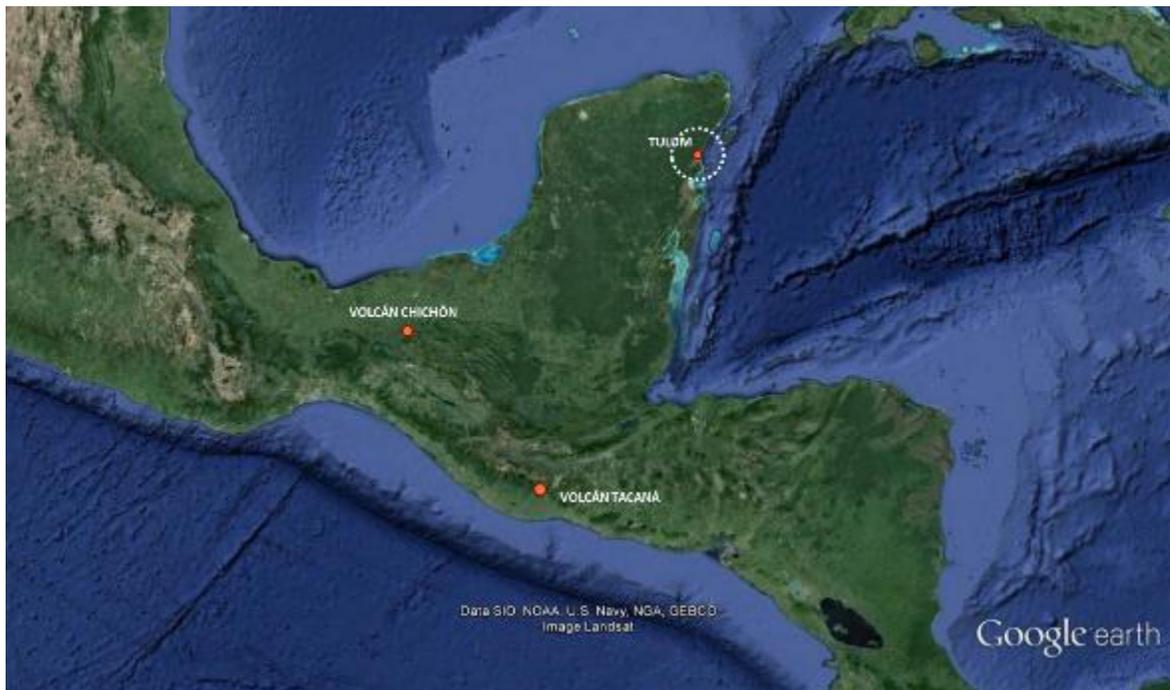
#### **2.5.1.2. Vulcanismo.**

Por su ubicación geográfica, en el Municipio de Tulum los peligros de tipo volcánicos son prácticamente inexistentes o de muy remota posibilidad de afectación, ya que de los catorce volcanes activos registrados hasta ahora en la República Mexicana, solo dos volcanes serían los más cercanos al territorio tulumense; El Chichonal y Tacaná, ambos en el estado de Chiapas, los cuales se encuentran a 683 y 731 kilómetros de distancia, por lo que, solo bajo condiciones verdaderamente extraordinarias, el único peligro potencial de afectación al municipio sería bajo presencia de polvos y cenizas volcánicas en un muy bajo nivel, por lo que de acuerdo a los parámetros establecidos dentro de las bases que rigen la formulación de criterios de evaluación y análisis, este fenómeno no debe ser considerado como generador de peligros y en consecuencia de riesgos por lo que se deberá considerar en la misma condición para la determinación de los indicadores de vulnerabilidad.

**Cuadro 51 Vulcanismo.**

MÉTODO NIVEL 1	EVIDENCIAS
NO CONSIDERADO	SIN REGISTRO

**Figura 94 Ubicación de los volcanes activos más cercanos a Tulum.**

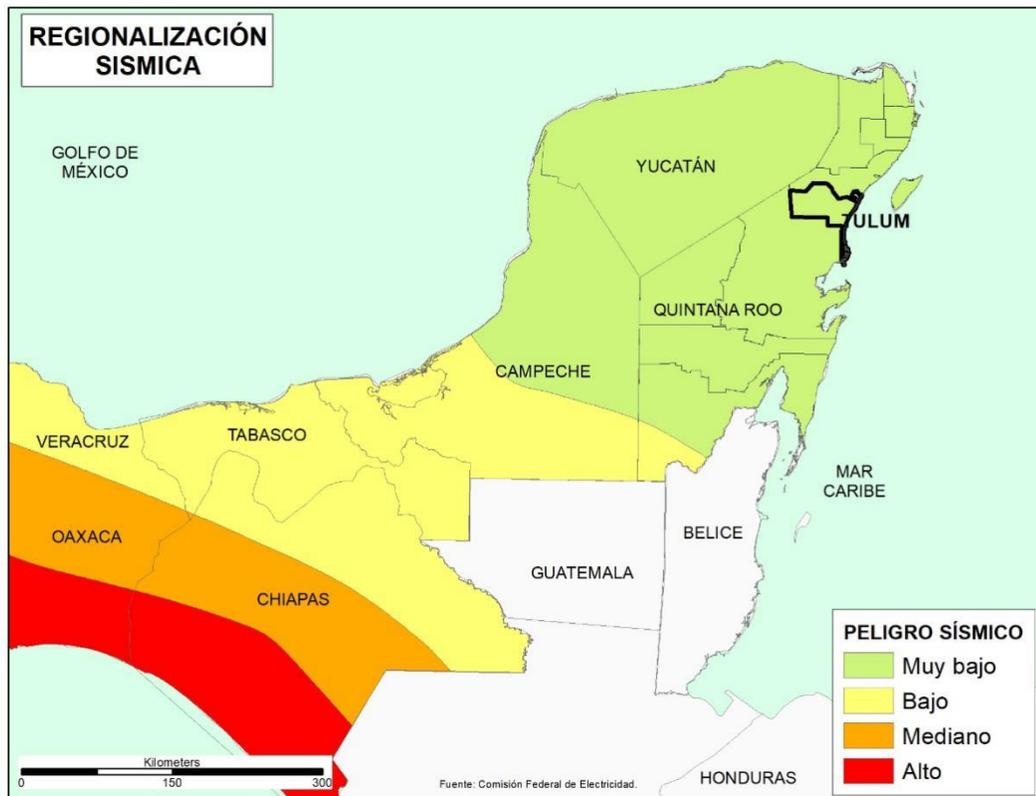


*Fuente: Atlas de Riesgos del Municipiod e Tulum 2015, SEDATU*

### 2.5.1.3. Sismos.

El territorio nacional está asociado al Cinturón Circumpacífico, por lo que se encuentra afectado por el movimiento de cuatro placas tectónicas denominadas, placa de Norteamérica, Cocos, Rivera y del Pacífico. Con base a la actividad de estas placas se estableció la regionalización sísmica del territorio mexicano, el cual se encuentra definido por cuatro zonas diferenciadas por la frecuencia de sismos grandes y la máxima aceleración del suelo esperada en un lapso de 100 años. La Península de Yucatán, y por ende el Municipio Tulum, se encuentra dentro de la zona A, que corresponde a aquella donde no se tienen registros históricos, no se han reportado sismos grandes en los últimos 80 años y donde las aceleraciones del terreno se esperan menores al 10 % del valor de la gravedad (g); en la zona D se registran frecuentemente grandes temblores y las aceleraciones del terreno que se esperan pueden ser superiores al 70 % de g; mientras que las zonas B y C, intermedias a las dos anteriores, presentan sismicidad con menor frecuencia o bien, están sujetas a aceleraciones del terreno que no rebasan el 70 % de g.

**Figura 95. Regionalización Sísmica de México.**



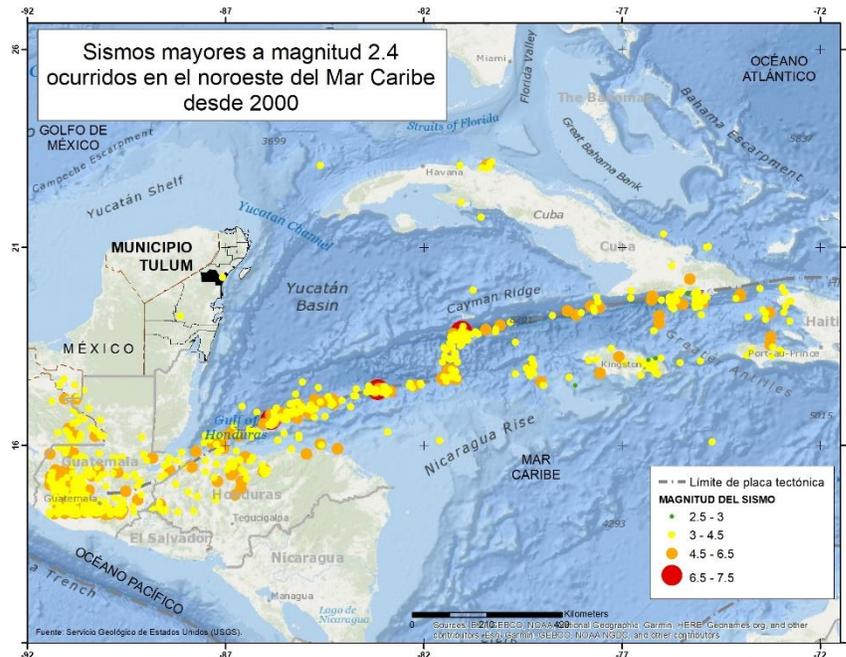
Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

### Sismicidad en la Península de Yucatán.

Es pertinente mencionar que el hecho de que el Municipio Tulum se encuentre fuera de la zona de riesgo sísmico, Zona A, no significa que carezca totalmente de sismicidad. En la Península de Yucatán los sismos ocurren por la liberación de los esfuerzos acumulados durante años. Pese a que las fronteras tectónicas están muy alejadas de la Península de Yucatán, ésta puede almacenar “esfuerzos por el movimiento de la corteza terrestre, durante millones de años, y liberarlos en algunas de las fallas geológicas que se encuentran en la porción Este de la Península.

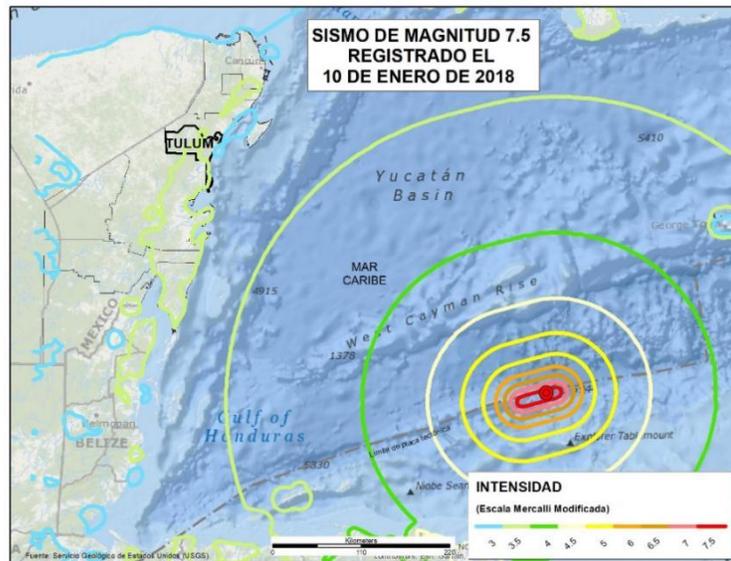
Además de lo anterior, la relativa cercanía a la Trinchera o Fosa Caimán, límite entre las placas tectónicas de Norteamérica y la del Caribe, hace que el territorio de Quintana Roo sea susceptible de resentir los movimientos telúricos que se suceden en esta zona, así como otros originados en los alrededores de la Isla de Cuba (figura 96), desde el año 2000 se han suscitado 7 sismos con magnitud mayor a 6 relacionados con este límite de placas, el último fue el 10 de enero de 2018 con una magnitud de 7.5 (Figura 97), dicho evento se originó a aproximadamente 200 km al noreste de la costa continental de Honduras y apenas 40 km al este de las Islas del Cisne, con una profundidad de 19 km, la intensidad se percibió en Tulum (513 km al NW) con un valor de 3.5 (escala de Mercalli Modificada).

**Figura 96. Sismicidad en el Caribe Noroeste.**



Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

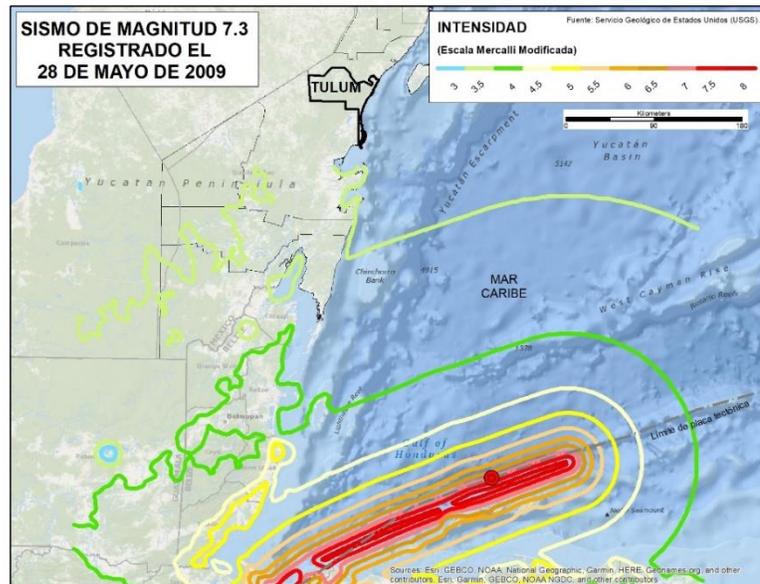
**Figura 97. Ubicación y propagación de un sismo reciente.**



Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Otro sismo originado en la misma Fosa en el año 2009, con magnitud de 7.3 a 19 km de profundidad, produjo movimiento percibido en la costa de Sian Ka'an, a 342 km del epicentro y muy cerca de Tulum, con intensidad de 3.5 (figura 98).

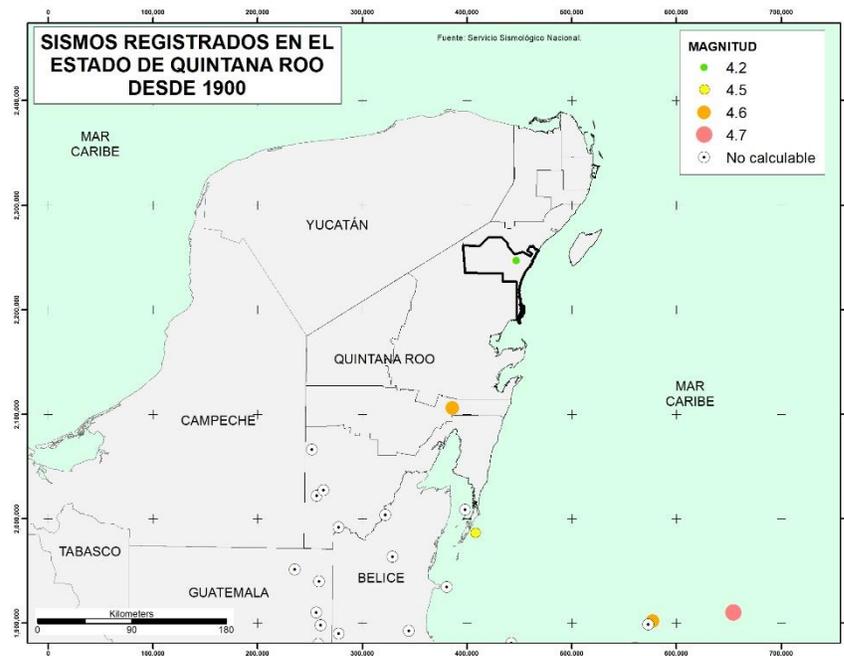
**Figura 98. Ubicación y propagación de un sismo en 2009.**



Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

La actividad sísmica en el Estado de Quintana Roo es muy baja, de acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional (SSN) desde el año 1900 han sido registrados 12 movimientos en el Estado o muy cerca de sus fronteras, el primero de ellos en 1981, esto no significa necesariamente que no se hayan dado más casos, puesto que depende del funcionamiento o no de aparatos y de la magnitud (figura 99).

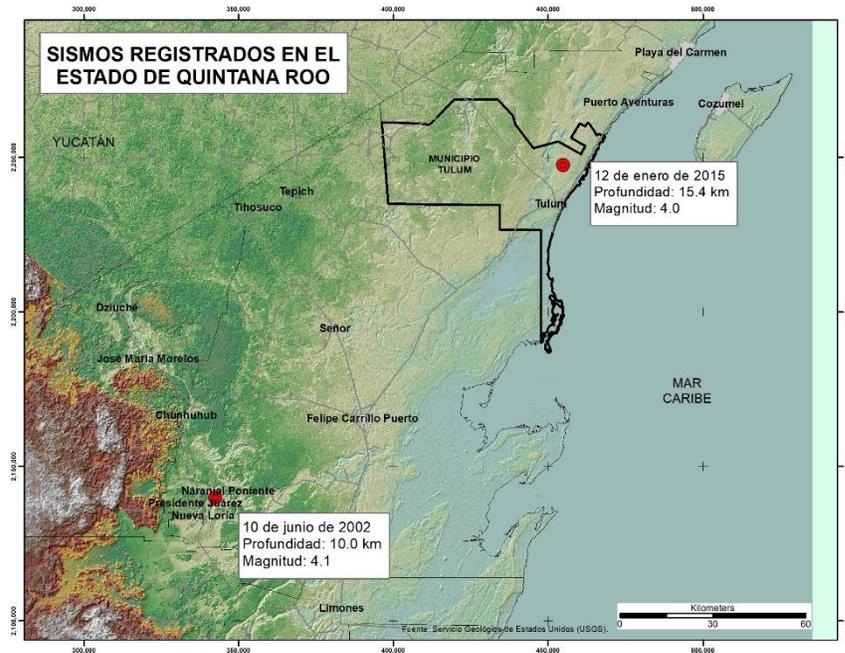
**Figura 99. Sismos en Quintana Roo.**



Fuente: Servicio Sismológico Nacional.

Es importante destacar dos casos en particular, por su ubicación con respecto al territorio municipal; el 10 de junio de 2002 se registró un sismo de magnitud 4.1 a una profundidad de 10 km, en este caso se encontraron dos versiones de la localización, el Servicio Sismológico Nacional de México lo ubica 2.6 km al NE de la localidad de Limones (a 130 km del Municipio de Tulum); mientras que, el Servicio Geológico de Estados Unidos lo sitúa a 4.1 km al oeste de la localidad de Naranja Poniente (figura 100), lo que significa una diferencia de casi 56 km. De la misma forma, hay discrepancia en la magnitud de este, el SSN le confiere un valor de 4.6, en tanto que, el USGS lo presenta con 4.1.

**Figura 100. Sismos cercanos a Tulum.**



Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

De acuerdo con datos de la segunda fuente (USGS), el sismo comentado fue sentido en el Municipio de Tulum con una intensidad de 3.5 (figura 101).

**Figura 101. Sismos cercanos a Tulum.**



Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Por otro lado, el 11 de enero de 2015 ocurrió un sismo dentro del territorio de Tulum, apenas 12 km al norte de la cabecera municipal, en este caso, entre las fuentes antes mencionada hay una diferencia de 7.6 km en la ubicación y la magnitud varía apenas por 2 décimas, que se puede considerar normal por los diferentes métodos de cálculo utilizados.

Existe información histórica de sismos ocurridos en la región, como el del 15 de noviembre de 1908 a las 09:25 hrs, que fue sentido fuertemente en un amplio territorio de la zona de Quintana Roo y Yucatán (García y Suárez, 1996). Toda la corteza terrestre está sujeta a grandes esfuerzos debido a que las placas tectónicas se encuentran en movimiento. Este movimiento produce grandes deformaciones. Aunque estas deformaciones y movimientos son muy notorios en los límites entre placas, también se presentan en el interior de las placas tectónicas produciendo gran cantidad de fallamiento.

En particular en esta región vemos que los sismos, si bien son escasos, se pueden producir, aunque de magnitudes bajas. Los sismos que ocurren al interior de las placas tectónicas, como es el caso del sismo del 11 de enero de 2015 en Quintana Roo, se denominan “sismos intraplaca”.

Se ha propuesto (Mann, 1999) un modelo evolutivo que considera el desarrollo de un proceso de colisión secuencial entre la placa del Caribe y los márgenes de Yucatán. Estos eventos posiblemente se relacionan a escala regional con la compresión que ha sufrido la placa del Caribe en su deriva hacia el Este entre las placas de Norteamérica y Sudamérica, estando además afectados desde el Oligoceno por el proceso de transcurrancia del Caribe Noroccidental.

Si bien es cierto la mayoría de los sismos que se registran en nuestro país, sobre todo los susceptibles de generar catástrofes se asocian a la zona activa de la costa del Pacífico, para el territorio tulumense, son factibles movimientos del relieve por hundimientos repentinos de tipo tectónico regional o bien por explotación de los recursos del subsuelo, hundimiento progresivo debido al rompimiento del balance geohidrológico.

Cabría agregar a este factor genético la constitución litológica de la plataforma, la cual, es de composición predominantemente calcárea, lo que agrega un factor relevante para complementar un escenario para generar una geodinámica en el terreno principalmente superficial en toda la península, pero sobre todo en los bloques geológicos estructurales ubicados en el extremo sureste, dentro de los cuales, está el bloque de Chetumal, el cual, tal y como se ha hecho mención en apartados anteriores, se encuentra actualmente en un equilibrio dinámico desde el punto de vista tectónico, lo que puede hacer que se registren movimientos que por el contexto tectónico de ascenso de la península, puedan ser principalmente de hundimiento, lo que genera como una consecuencia fracturas de tensión, lo que explica la potencial actividad sísmica cuyos epicentros estarán en puntos poco profundos.

Ante estas consideraciones, se deberá esperar que la actividad sísmica, aunque escasa cuando se presente puede desencadenar peligros asociados fundamentalmente a dislocación de bloques por generación de grietas y fracturas muchas de estas por hundimiento regional, por lo que, este fenómeno perturbador estará clasificado de acuerdo con las siguientes consideraciones:

### Cuadro 52 Evidencias sísmicas en el Municipio de Tulum.

MÉTODO NIVEL 1	EVIDENCIAS
<p>PARA REALIZAR ESTE ANÁLISIS SE UBICÓ AL MUNICIPIO DE TULUM, DENTRO DE LA ZONA DE REGIONALIZACIÓN SÍSMICA PARA MÉXICO, ELABORADO POR LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD.</p> <p>ASÍ MISMO, SE CONSULTO AL INVENTARIO DE SISMOS DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL.</p> <p>IDENTIFICACIÓN DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE TIPO LANDSAT ETM EN BANDAS 742.</p> <p>INTERPRETACIÓN DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES PARA DEFINIR LOS BLOQUES ESTRUCTURALES EN CUANTO A SU CONTEXTO GEODINÁMICA REGIONAL.</p>	<p>SE DEBE CONSIDERAR QUE ESTE FENÓMENO POR SÍ MISMO NO PRESENTA EVIDENCIAS FÁCTICAS, PERO COMO SE HA PLANTEADO EN EL TEXTO, SU PRESENCIA ESPORÁDICA PUEDE ACELERAR LA GENERACIÓN DE OTROS PELIGROS, TALES COMO:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. HUNDIMIENTOS</li> <li>2. COLAPSOS DE SUELOS</li> <li>3. AGRIETAMIENTOS</li> </ol>

*Fuente: Atlas de Riesgos del Municipiod e Tulum 2015, SEDATU*

### Indicadores De Vulnerabilidad Sísmica.

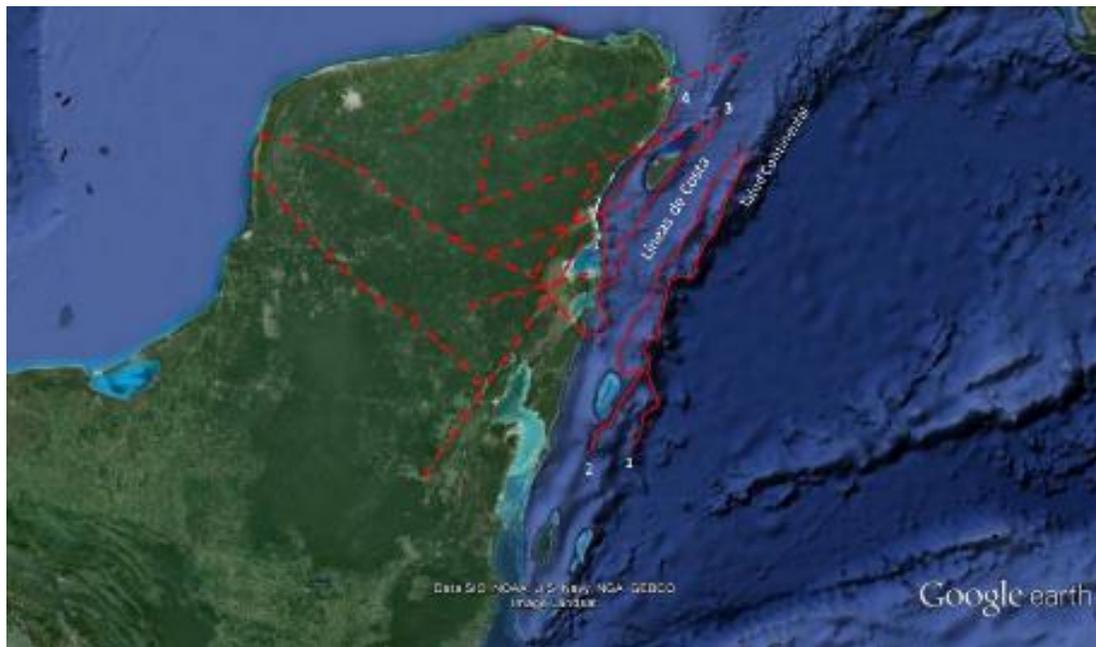
Debido a la prácticamente nula actividad sísmica registrada en el Municipio de Tulum, no existe una sensibilidad social ni gubernamental ante la presencia de un sismo. Por lo que, se deberá implementar un programa de sensibilización acerca de la potencial presencia de un sismo, pero deberá considerarse que en caso de que se presente un sismo, el mayor riesgo se asocia a su presencia, más que a su acción en particular, ya que los daños susceptibles pueden ser producto de diversos factores, tales como:

- a) La Intensidad y Duración.
- b) Profundidad del epicentro.
- c) Estabilidad, Características y Composición del Subsuelo.
- d) Diseño y materiales de las construcciones.
- e) Hora en la que se produzca el sismo.

- f) Densidad de la Población.
- g) Desarrollo Socioeconómico en la zona.

Estos factores se interrelacionan o interactúan para generar daños directos e indirectos; dentro de los primeros, se encuentran los movimientos del suelo, la ruptura del suelo, la licuefacción o las elevaciones y hundimientos del terreno, mientras que, en los segundos daños, tenemos a los maremotos y los movimientos de laderas, así como aquellos que pueden ser producidos por afectaciones directas a instalaciones u obras de infraestructura.

**Figura 102 Identificación de los elementos estructurales regionales que definen las condiciones geológicas estructurales**



*Fuente: Atlas de Riesgos del Municipiod e Tulum 2015, SEDATU*

**Cuadro 53. Características geográficas de la evolución de la línea de costa oriental de la Península de Yucatán.**

LÍNEA	LONGITUD KM.	DISTANCIA A LA COSTA ACTUAL KM.	PROFUNDIDAD M.	
			MÁXIMA	MÍNIMA

1	327	ENTRE 86 Y 104 KM.	-2,225	-3,117
2	369	ENTRE 72 Y 84 KM.	-1,022	-2,333
3	270	ENTRE 36 Y 40 KM.	-283	-911
4	190	ENTRE 4 Y 8 KM.	-24	-261

*Fuente: Atlas de Riesgos del Municipiod e Tulum 2015, SEDATU*

#### **2.5.1.4. Tsunamis o Maremotos.**

El Municipio de Tulum cuenta con una costa de 96.09 km, la susceptibilidad de que sea afectada por un tsunami es muy remota debido fundamentalmente a los principios genéticos de los tsunamis, por lo que para comprender de manera adecuada esta percepción a continuación se enuncia las consideraciones teórico prácticas establecidas dentro del Atlas de Riesgos 2015 del CENAPRED.

El término tsunami es japonés; internacionalmente se usa para designar el fenómeno que en español se denomina maremoto. Es una secuencia de olas que se generan cuando cerca o en el fondo del océano ocurre un terremoto; a las costas pueden arribar con gran altura y provocar efectos destructivos: pérdida de vidas y daños materiales. La gran mayoría de los tsunamis se originan por sismos que ocurren en el contorno costero del Océano Pacífico, en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas que constituyen la corteza del fondo marino.

En la gran mayoría de los casos, el movimiento inicial que provoca la generación de los tsunamis es una dislocación vertical de la corteza terrestre en el fondo del océano, ocasionada por un sismo, En el transcurso del siglo veinte, éste ha sido el origen de aproximadamente el 94% de los 450 tsunamis ocurridos en el Océano Pacífico, Otros agentes causales menos frecuentes han sido: erupciones de volcanes sumergidos, impacto de meteoritos, deslizamientos submarinos y explosiones nucleares.

En su zona de generación, mientras se desplazan por aguas profundas mar afuera, las olas de los tsunamis son de gran longitud (cientos de kilómetros) y exigua altura (centímetros). No obstante que se propagan a gran velocidad (cientos de kilómetros/hora), visualmente esto los hace indetectables desde embarcaciones y aviones. Sus periodos (lapso de tiempo entre el paso de dos olas sucesivas) son de 15 a 60 minutos. NO se les ha de confundir con las olas cortas de tormentas generadas por el viento, que comúnmente llegan a las costas, ni con las ondas mucho más extensas de las mareas, que una a dos veces arriban todos los días.

Para que un sismo genere un tsunami, es necesario que:

- a) El epicentro del sismo, o una parte mayoritaria de su área de ruptura, esté bajo el lecho marino a una profundidad menor a 60 km (sismo superficial).

- b) Ocurra en una zona de hundimiento de borde de placas tectónicas; es decir que la falla tenga movimiento vertical: que no sea solamente de desgarre, con movimiento lateral.
- c) En cierto lapso el sismo libere suficiente energía, y que ésta se transmita eficientemente.

El estado actual del conocimiento científico acerca de la condición c) es insuficiente; aún no existe algún modelo teórico ni método operacional totalmente satisfactorio que permita determinar si un sismo es generador de tsunamis, ni de qué tamaño (magnitud, intensidad o altura de olas) será el tsunami generado. Como indicador de certeza de generación de maremotos, tradicionalmente se había aceptado que la magnitud del sismo ( $M_s$ ) fuera mayor que 7.5 Escala de Richter; sin embargo, para terremotos muy grandes o de gran duración (mayor que 20 segundos), este indicador no es confiable. En efecto, movimientos telúricos de  $M_s$  menor que 7.0 Escala de Richter y de gran duración han provocado tsunamis anormalmente grandes respecto de lo esperable (se denominan sismo tsunamis); un ejemplo es el ocurrido en la Fosa Mesoamericana frente a Nicaragua en septiembre de 1992, que fue destructivo.

Actualmente hay consenso en que el valor del momento sísmico ( $M_o$ ), que es proporcional al área de ruptura y a la dislocación vertical de la falla, determinado de los registros sismográficos de banda ancha es el mejor parámetro para estimar la probabilidad de generación de tsunamis para ( $M_o$ ) mayor que  $10^{22}$  newton-metros.

Los tsunamis se clasifican en lugar de arribo a la costa según la distancia (o el tiempo de desplazamiento) desde su lugar de origen, en:

- Tsunamis Locales. El lugar de arribo a la costa está muy cercano o dentro de la zona de generación (delimitada por el área de dislocación del fondo marino) del maremoto; por tiempo de desplazamiento: a menos de una hora.

Ejemplo: el generado por un sismo en la Fosa Mesoamericana frente a Michoacán el 19 de septiembre de 1985, que tardó sólo 30 segundos para llegar a Lázaro Cárdenas, y 23 minutos a Acapulco.

- Tsunamis regionales. El litoral invadido está a no más de 1,000 km a pocas horas de viaje de la zona de generación.

Ejemplo: el provocado por un sismo en las costas de Colombia el 12 de diciembre de 1979, que tardó 4 horas para llegar a Acapulco.

- Tsunamis lejanos (remotos, transpacíficos o teletsunamis). El sitio de arribo está muy alejado, en el Océano Pacífico, a más de 1,000 km de distancia de la zona de generación, a aproximadamente medio día o más de viaje.

Ejemplos: el ocurrido tras un sismo en Chile el 22 de mayo de 1960; tardó unas 13 horas en llegar a Ensenada (México) y el maremoto generado en Japón el 16 de mayo de 1968; demoró 14 horas en arribar a Manzanillo México.

Propagación y tiempo de desplazamiento de tsunamis.

La longitud de las olas de los maremotos (varios cientos de kilómetros) es mucho mayor que la profundidad de las aguas oceánicas por las que se desplazan. Esta propiedad (denominada de onda superficial) hace que, en primera aproximación, su velocidad de propagación dependa exclusivamente de la profundidad. Esto permite determinar la velocidad de propagación correspondiente a todos los puntos oceánicos de los que se tengan datos batimétricos (profundidad), y a su vez cuantificar el tiempo de desplazamiento del tsunami entre dos lugares (en particular el origen y el arribo a la costa), a lo largo de una trayectoria que una esos puntos. La más cercana a la realidad es el arco de círculo máximo común a ambos puntos.

La forma de las áreas de ruptura de los sismos en fosas como la mesoamericana es aproximadamente elíptica alongada; esto propicia que la mayor parte de la energía del tsunami se propague perpendicularmente a su eje longitudinal: hacia la costa cercana y hacia su opuesta en el otro extremo del Océano Pacífico, y la minoría se desplace paralelamente a ese eje: a lo largo del litoral. La evolución de todos los maremotos generados en la Fosa Mesoamericana frente a México se ajusta a este modelo; frente a su origen, a lo largo de la línea de costa hacia el Norte y hacia el Sur desde el punto del litoral, las olas paulatinamente disminuyen su altura y sus efectos destructivos.

De los tsunamis lejanos, este fenómeno de direccionalidad permite también, para las costas de México, que las zonas de ruptura sísmica frente a las Islas Filipinas, las Islas Solomón, Tonga y Samoa representan el mayor riesgo potencial de generación de tsunamis transpacíficos de efectos destructivos.

**Figura 103 Arribo, evolución y efectos de los tsunamis.**



Como se explicó anteriormente, al acercarse las olas de los tsunamis a una costa de pendiente suave (por ejemplo, una playa), a medida que disminuye la profundidad del fondo marino también decrece su velocidad, las longitudes de onda se acortan, la energía se concentra y la altura se incrementa, con potencialidad destructiva. En la siguiente figura y su tabla anexa (calculadas mediante una teoría sencilla), este incremento de altura de las olas por disminución de la profundidad (asomeramiento) se ilustra numéricamente, para una ola de tsunami con periodo de 18 minutos, que al propagarse desde 4,000 hasta 10 metros de profundidad, su altura aumenta de 1.15 a 5.14 metros.

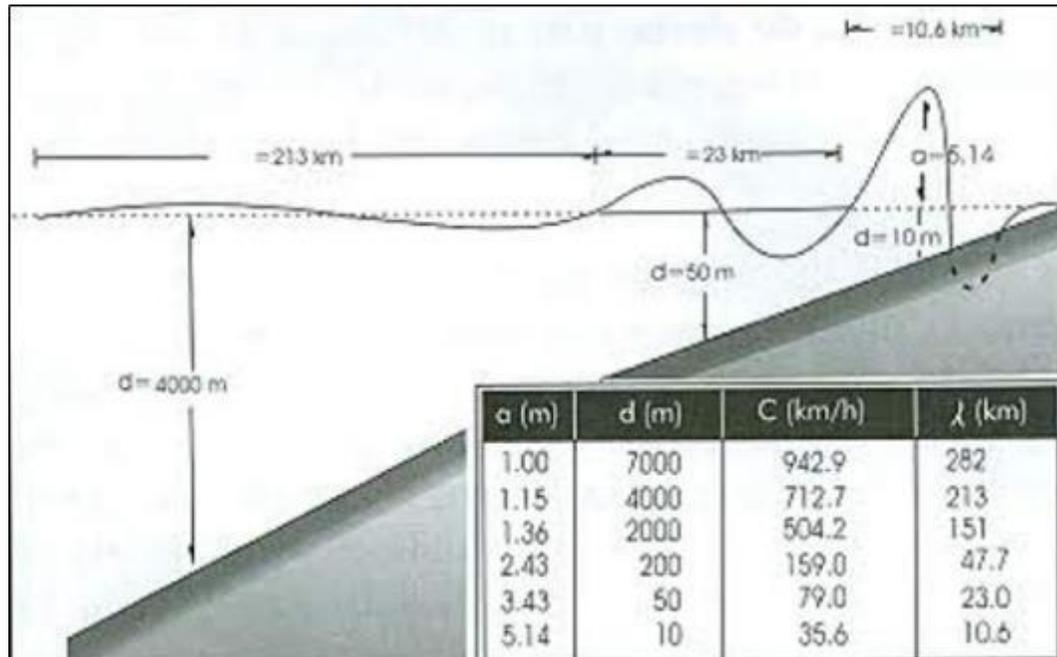
Sin embargo, la interacción de las olas de los tsunamis con la costa es mucho más compleja que este asomeramiento.

En la costa la altura de los tsunamis depende de:

- a) Las características de las olas en mar abierto.
- b) La batimetría.
- c) La pendiente del fondo marino.
- d) La configuración del contorno de la costa.
- e) La refracción.
- f) La reflexión.
- g) El atrapamiento de sus olas en las diversas formaciones fisiográficas costeras: bahías, golfos, penínsulas, islas, cabos, deltas fluviales, lagunas costeras, etc.

La multiplicidad de los factores anteriores hace que la evaluación del comportamiento local de arribo de un tsunami sea un problema complejo y que, aun en distancias cortas, la altura máxima de sus olas varíe considerablemente a lo largo de la costa.

#### **Figura 104 Llegada de los tsunamis a la costa.**



Al llegar el tsunami a la costa, su incremento de altura por asomeramiento provoca retiro o resaca del agua ante el frente de la ola (véase la parte superior derecha de la figura anterior); grandes extensiones del fondo marino quedan al descubierto (secas). Es un aviso de que pocos minutos después llegará una ola a gran velocidad. No se acerque a la playa a mirar este retiro del mar ni a recoger peces y mariscos; cuando vea llegar la ola será demasiado tarde para huir. Antes del arribo del tsunami, en muy pocos casos no se ha producido este recogimiento del agua del mar.

Un tsunami no es una sola ola, sino una secuencia o tren de olas que cada 10 a 40 minutos se suceden una tras otra durante un lapso de medio día, un día o más. Comúnmente, la ola de mayor altura y potencial destructiva NO es la primera ni la segunda, sino las siguientes: tercera, etc.

Si como resultado de una alerta autorizada el lugar donde usted se encontraba lo han evacuado, no regrese a los lugares inundables hasta que una autoridad responsable le indique que la perturbación marina y la amenaza ya han terminado.

En bahías semicerradas (con forma semejante a una herradura) las olas del tsunami experimentan en el interior reflexiones múltiples sucesivas en las costas opuestas, amplificándose su oscilación y la altura con que invaden las costas. Este fenómeno se denomina amplificación resonante por formación de ondas estacionarias; se genera en las olas de tsunami cuya longitud sea igual o múltiplo de las dimensiones horizontales (longitud y anchura) de la bahía. Es semejante al derrame que en un plato de sopa o en una taza de café sucede cuando el líquido se excita por oscilación.

Por análisis de los registros mareográficos, se ha inferido la ocurrencia de amplificación resonante de las olas de tsunamis en Ensenada, La Paz, Acapulco y Manzanillo, que son bahías semicerradas. Debido a este fenómeno, al arribo de los maremotos provenientes de Chile en 1960 y de Alaska en 1964 las alturas máximas de ola registradas en el mareógrafo de Ensenada, B.C., fueron aproximadamente el triple de las ocurridas en la costa abierta de la vecina localidad de La Jolla, California (USA), y mayores a las de otros puertos mexicanos. Contrariamente a una difundida creencia, la presencia de islas en la boca de las bahías de Ensenada y de Acapulco no las protege de los tsunamis; estas islas incrementan el cerco y la extensión del contorno costero, que por reflexión interna amplifica las olas del maremoto, y limitan el escape de su energía hacia mar afuera a través de la boca.

Las olas de los tsunamis pueden penetrar en ríos, esteros, arroyos y/o lagunas costeras, y viajar a gran velocidad hasta varios kilómetros tierra adentro; se les denomina bores. Por ejemplo; las olas que el 19 de septiembre de 1985 se propagaron aguas arriba por el Río Balsas inundaron la zona portuaria de Lázaro Cárdenas; en tan sólo 18 minutos llegaron hasta el segundo puente de la ciudad, distante 8 kilómetros de la boca del río. Por lo tanto, al ocurrir un tsunami hay que alejarse de ríos, esteros, arroyos y lagunas costeras.

A su arribo, los daños materiales pueden ser:

Primarios: causados directamente por la acción estática del agua (inundación, presión, flotación) en las estructuras, o por su acción dinámicas (corrientes, fuerzas de arrastre), y rompimiento de las olas o rebasado de sus aguas en muelles rompeolas.

Secundarios: ocasionados por:

Impacto de objetos flotantes o arrastrados por las aguas (embarcaciones, vehículos, etc.) en estructuras fijas.

Incendios o explosiones, inducidos por el impacto de tales objetos flotantes en tanques de almacenamiento de combustible.

Líneas eléctricas caídas.

Derrumbe de edificaciones, por escurrimiento del material térreo de soporte de sus cimientos.

Contaminación por líquidos y/o gases tóxicos, al romperse los recipientes o envases.

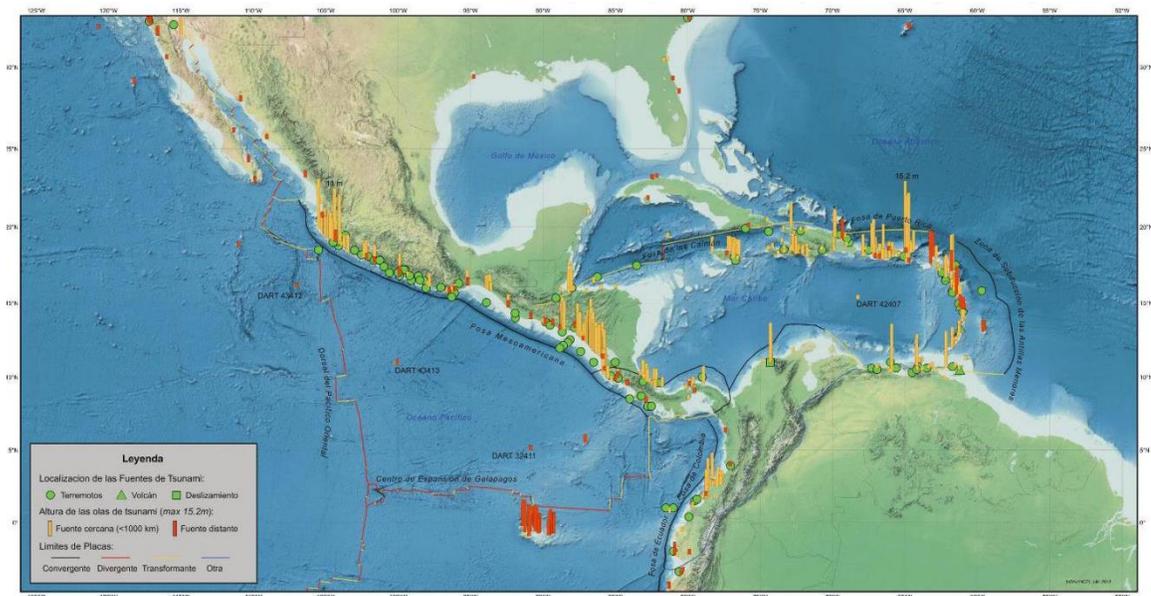
Social, pues producen:

- a) Decesos y heridos.
- b) Destrucción de construcciones.
- c) Daños en vías de comunicación, hospitales y escuelas.
- d) Interrupción de servicios públicos (electricidad, telefonía, etc.)
- e) Pérdida de viviendas, desplazamiento y reubicación de asentamientos humanos.

Referencia: Farreras Salvador F., Domínguez Mora Ramón, Gutiérrez M. Carlos A. (2005).

De acuerdo con una recopilación hecha por el National Centers for Environmental Information (NCEI) de la NOAA de Estados Unidos y el World Data System (2018), existen, desde 1530, 51 eventos de tsunami confirmados en el Mar Caribe y las zonas próximas del Océano Atlántico, el origen es diverso, pero principalmente por terremotos, también los hay producto de deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas y deslizamientos submarinos. Además de lo anterior, se cuenta con más de 300 registros acerca de testimonios de la altura máxima del oleaje durante estos eventos, el mayor de estos registros ha sido de 15.2 m en 1862 ocasionado por una serie de fuertes terremotos acaecidos en el suroeste de las Islas Vírgenes. En lo que se refiere a daños, el tsunami que impactó a Jamaica en 1692 causó alrededor de 2,000 muertes en Port Royal, en 1946 un sismo con origen en República Dominicana ocasionó un tsunami que causó 1,760 víctimas en Matanzas (figura 11).

**Figura 105 Tsunamis históricos en el Mar Caribe de 1530 a 2018.**



Fuente: Tomado de NCEI, NOAA y WDS, 2018.

Dentro de la base de datos antes mencionada, se presenta un solo registro para el Estado de Quintana Roo, se refiere a un evento reportado en Puerto Morelos con una muy pequeña altura de oleaje de 0.08 m, fue provocado por el sismo, mencionado anteriormente, de magnitud 7.5 ocurrido cerca de las costas de Honduras el 10 de enero de 2018, es decir, a 516 km del origen y que tardó en llegar 49 minutos.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, es posible clasificar a la costa de Tulum como de muy baja susceptibilidad a ser afectada por un fenómeno tal como los tsunamis, en función de la baja presencia de sismos por el contexto morfoestructural en el que se localiza la región marina del caribe, así mismo, se deberá considerar que en caso de la extraordinaria posibilidad de que se registre un tsunami, la barrera de coral localizada por todo el frente de la costa tulumense, sería la que sufriría la mayor afectación disminuyendo la fuerza del oleaje y por lo tanto el impacto a la costa y la población asentada en la misma.

Por lo tanto, para este fenómeno perturbador se consideran las siguientes características de riesgo:

#### **Cuadro 54. Evidencias de tsunamis en el Municipio de Tulum.**

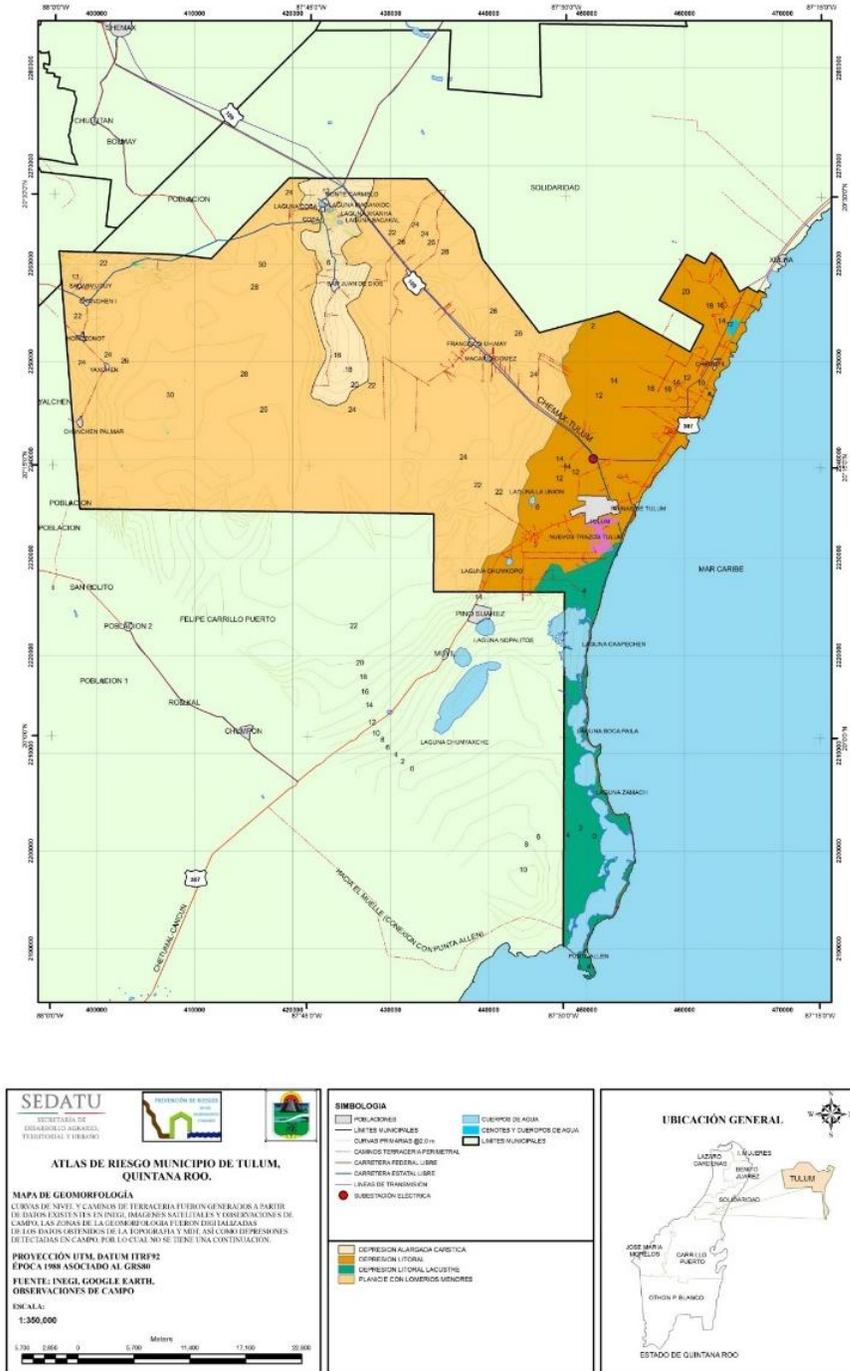
MÉTODO NIVEL 1	EVIDENCIAS
NO CONSIDERADO	SIN REGISTRO

#### **2.5.1.5. Deslizamientos.**

Referente a uno de los diversos procesos asociados a la gravedad terrestre, este tipo de fenómenos puede presentarse en el relieve de forma rápida o lenta, en general, para la realización del presente Atlas, y debido a que para que se desarrolle o presenten este tipo de fenómenos, se requiere que exista una diferencia de alturas en el terreno que pueda posibilitar que pequeñas o grandes zonas del suelo puedan comenzar a presentar deslizamientos inicialmente diferenciales para después, en cuanto los factores entran en una interrelación con condiciones específicas, se pueda desarrollar un movimiento rápido y de muy grandes dimensiones, provocando catástrofes que por su dinámica generalmente cobra muchas vidas.

Definidos como “el desplazamiento de una masa de suelo a partir de una o varias superficies de rotura, con velocidades variables y donde la masa deslizada conserva caso su forma original”.

Figura 106 Morfología que conforma al relieve del Municipio de Tulum.



Tal y como es posible observar en el mapa anterior, las cotas mayores apenas rebasan los 30.00 m.s.n.m., y se localizan en la parte noroeste y centro oeste del municipio, por lo que, la altitud que se presenta en el relieve no representa una condición propicia, en general, para el desarrollo de este tipo de procesos, la energía potencial que se almacena en los materiales que conforman las laderas facilitando en consecuencia la susceptibilidad de la misma para registrar procesos de riesgo por deslizamiento sólo se pueden encontrar, en un nivel moderado, en una cresta de antiguas dunas litorales con altitud promedio de alrededor de 20 msnm que corre en un rumbo noreste-suroeste, llega a presentar pendientes de más de 40° y que converge con la línea de costa a la altura de la Zona Arqueológica de Tulum, formando en su playa, un acantilado como consecuencia de la erosión litoral. Si bien es un área relativamente pequeña, existe la posibilidad de deslizamientos por agrietamiento del material, por caída de árboles de gran tamaño o por la combinación de ambas causas.

Siendo una condición determinante las diferentes alturas y formas del relieve para que se presente este tipo de fenómenos y debido a que en el territorio del Municipio de Tulum estas condiciones existen de manera marginal, este tipo de procesos representa un peligro muy delimitado.

#### **Cuadro 55 Evidencias de deslizamiento en el Municipio de Tulum.**

MÉTODO NIVEL 2		EVIDENCIAS
<b>Análisis geomorfológico, morfométrico, perfiles y recorrido de campo</b>		Pendientes pronunciadas, presencia de agrietamientos y de árboles derrumbados

#### **2.5.1.6. Flujos.**

Flujos De Lodo O Tierra Y Suelo, Lahares.

Al igual que los deslizamientos de suelo o roca antes comentados, estos procesos guardan una semejanza causal, ya que se requiere además de la gravedad, los suelos o los depósitos aluviales donde pueden presentarse los procesos de flujos de lodo, tierra o suelos, siempre y cuando exista otra condición fundamental, la presencia de agua. Agua que deberá saturar a los terrenos los cuales, a su vez, deberán presentar un gradiente topográfico propicio para que pueda entonces presentarse un movimiento, el cual, muchas veces es casi imperceptible debido a que puede registrarse en escalas regionales.

Para el Municipio de Tulum, no existe la posibilidad de registrarse cualquiera de estos procesos, ya que el terreno en general, está constituido por rocas calcáreas, las cuales, no están saturadas de agua y el gradiente topográfico regional es de menos de 1°, en cuanto al suelo, de acuerdo a lo observado en campo, se trata principalmente de litosoles y renzinas con horizontes de escaso desarrollo, condiciones que por lo tanto, son totalmente inadecuadas para el registro de este tipo de fenómenos.

Este tipo de procesos no representa un peligro y mucho menos representa riesgo alguno.

#### **2.5.1.7. Derrumbes (Caídos).**

Este otro proceso que es parte de los conocidos como procesos de origen gravitacional, tampoco es posible se registre dentro del territorio Municipal de Tulum, ya que al igual que los anteriores, se requiere de diferencias radicales del terreno, lo que para este caso no se presentan. Aunque, cabría mencionar que existen condiciones propicias para que se lleven a cabo derrumbes en partes de la línea de costa clasificada en este documento como costa abrasiva.

Para ejemplificar de manera adecuada este proceso, se debe mencionar los bloques y caídos que se pueden apreciar en la playa que la zona Arqueológica de Tulum, debiendo aclarar que la diferencia de origen con respecto a los derrumbes y caídos definidos dentro de las bases para elaborar los Atlas, estos derrumbes y caídos se deben a erosión costera, por lo tanto, la abrasión y corrosión juegan un papel determinante en la generación de este tipo de procesos.

Como es posible observar en la siguiente figura, la cartografía realizada para determinar las diferentes alturas de la línea de costa clasificada como de tipo abrasiva y la cual, presenta características de playas con pendiente abrupta o en partes en cortes del tipo acantilado, permitiendo no solo la erosión química de la roca, sino también, el desprendimiento de fragmentos rocosos de diversas dimensiones, procesos semejante causalmente al referido en la especificaciones del manual para la elaboración de los Atlas, por lo que, se consideró dentro de este apartado señalar las zonas donde la línea de costa en la rompiente de oleaje presenta de 3.00 a 9.00 metros de altura, lo que determina que existen dentro de la línea de costa en el Municipio de Tulum, 24.44 kilómetros susceptibles a presentar procesos de riesgo por derrumbes o caídos de rocas, los cuales, se localizan principalmente hacia la parte norte y centro de la línea de costa del municipio.

Figura 1. Índice de exposición por derrumbes o caídos.



Otro punto donde se registran principalmente caídos aislados, son los cenotes o donde está en desarrollo la formación de un cenote, siendo este proceso el registro de puntos de peligro que en caso de que se encuentre el cenote en un uso como el que actualmente se registra en el municipio, es decir, de área de recreación turística, se convierte en un punto con susceptibilidad de riesgo.

Este tipo de procesos representa un peligro de mediano a alto nivel, mientras que a su vez, representa zonas de riesgo con niveles de bajo a medio, aunque por las características de evolución de la línea de costa, se deberá considerar que existe una alta susceptibilidad a elevar el nivel de riesgo en un plazo relativamente inmediato, por lo que;

#### **2.5.1.8. Creep O Reptación.**

Siendo la reptación otro de los movimientos que se presenta en laderas con la gravedad como el factor determinante, para lo cual, es necesario que exista la condición en el terreno de una pendiente mínima para que el suelo se deslice lentamente ladera abajo. Este proceso requiere en consecuencia una ladera con pendiente adecuada para que pueda desencadenarse un movimiento del suelo, lo que para el territorio tulumense, no es posible se presente este tipo de fenómeno, ya que la condición geomórfica presente es de una llanura con muy suave pendiente. Por lo tanto, la reptación no se considera dentro de este Atlas, como uno de los procesos que puedan presentarse como peligrosos o con susceptibilidad de riesgo.

#### **2.5.1.9. Avalancha de Detritos.**

Debido a las características geomórficas existentes en el territorio tulumense, no fue posible observar la presencia de este tipo de fenómeno perturbador, ya que los lomeríos existentes presentan suaves pendientes y la disposición de los estratos rocosos es casi horizontal, por lo que, si se considera que debería presentarse la caída de fragmentos rocosos o de suelo o, vegetación suelta, en la base de las laderas acumulándose ladera abajo constituyendo montículos, lo que durante los trabajos de elaboración de este Atlas, no fue posible registro alguno, por lo que.

#### **2.5.1.10. Hundimientos.**

Los hundimientos pueden definirse como movimientos lentos o rápidos descendentes del terreno, provocados por condiciones de inestabilidad de los materiales subyacentes, generando la apertura de oquedades en la superficie de dimensiones y geometría variable, que puede ser colmatada generando formas del relieve embudiformes, como es el caso de los procesos con mayor presencia dentro del territorio Municipal de Tulum.

Los hundimientos se pueden generar por causas fundamentalmente naturales, pero eventualmente pueden ser generados por actividades humanas. Para el caso del hundimiento observado en el territorio tulumense, se trata sobre todo de hundimientos por el desarrollo de procesos de karstificación, ya que las rocas carbonatadas conforman prácticamente todo el terreno municipal, lo que determina el desarrollo de formas, tales como; dolinas, úvalas, cenotes y de numerosas cavidades en el subsuelo. Con el paso del tiempo, el techo de estas cavidades puede ceder, desarrollándose dolinas “pozo” o incluso simas de tamaño y morfología sumamente variable. Una característica sobresaliente que se presenta dentro del terreno del Municipio de Tulum, es que estas formas kársticas alcanzaron el nivel de aguas freáticas configurando los cenotes y las dolinas inundadas algunas como las lagunas: Laguna Verde y La Unión, en la zona de Cobá, o las lagunas La Unión y Chumkopo ubicadas dentro de la depresión donde se ubica la Ciudad de Tulum. El hundimiento se puede acelerar o desencadenarse si se construye sobre terrenos kársticos, ya que se produce una sobrecarga inducida lo que puede estar registrándose en zonas de la costa y dentro del límite urbano principalmente de la Ciudad de Tulum.

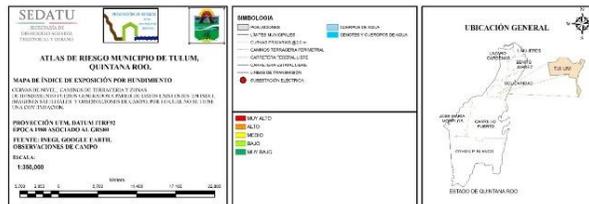
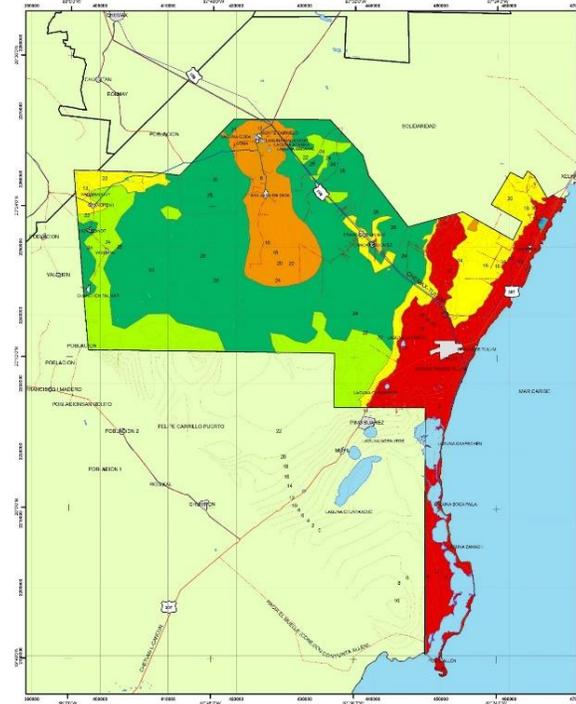
Como es posible observar en la figura siguiente, este proceso se registra principalmente hacia la zona costera del Municipio de Tulum, donde se determinó como zona con MUY ALTO GRADO DE RIESGO (en color rojo), teniendo una superficie de 428.02 kilómetros cuadrados, lo que representa el 20,97% del territorio, esta zona comienza su desarrollo a partir de la cota 14.00 m.s.n.m., su importancia radica en que en esta zona se encuentra prácticamente el 75.67% de la población del municipio, así mismo, se localiza la zona con el desarrollo turístico y la mayor infraestructura urbana y de comunicación, por lo que se debe desarrollar cuanto antes las políticas de prevención de riesgos por hundimientos, debiendo considerar que dentro de los factores causales de este tipo de fenómenos perturbadores tenemos que las construcciones pueden acelerar al proceso.

Otra zona de importancia, es la señalada como de Alto Riesgo (en color naranja), es la depresión de Cobá, zona con 218.85 kilómetros cuadrados, el 10.72% de la superficie municipal, con una altura que va de los 26.00 m.s.n.m. hasta los 6.00 m.s.n.m., su importancia radica en que en esta depresión se localiza la importante Zona Arqueológica de Cobá. Así mismo, en esta depresión se localizan dos cuerpos de agua de dimensiones importantes, los cuales, desbordan sus agua inundando una superficie considerable de la Ciudad de Cobá, así como a la carretera que comunica a esta localidad con la carretera 109, proceso de inundación que se verá en desarrollo debido a que se debe considerar que el hundimiento de esta depresión se debe acelerar, ya que actualmente se está llevando a cabo la tala de la selva motivando una mayor afectación por karsticidad y su consecuente colapso del terreno. Es urgente considerar implementar medidas que mitiguen tanto la karsticidad, como la inundación, ya que la acumulación de agua provocará la presencia de zonas de colapso con desarrollo rápido poniendo en riesgo a la población y sus diferentes actividades sociales y económicas. De acuerdo al Anuario Estadístico para Quintana Roo, los habitantes registrados para las dos poblaciones ubicadas dentro de esta depresión, Cobá y San Juan de Dios, fue de 1,877 habitantes, lo que representa el 6.64%. Por lo que entre la zona costera y esta depresión, se estima que se encuentran en riesgo el 82.31% de la población municipal.

### **Figura 107 Índice de exposición por hundimiento.**

De no menos importancia se observa a las zonas bajo procesos de hundimiento con niveles de riesgo medio, bajo y muy bajo, en colores, naranja, verde claro y verde correspondientemente, cuyas superficies son de 228.46, 278.46 y 887.11 kilómetros cuadrados representando el 11.20%, 13.64% y 43.47% del territorio municipal.

A pesar de que el 43.47% de la superficie municipal se registra como con muy bajo nivel de riesgo por hundimiento, es importante hacer mención que el proceso de hundimiento que se registra en el territorio municipal de Tulum, se está acelerando por la falta de medidas preventivas que tienen que ver para este caso en específico, con la tala de la selva y su consecuente descubrimiento del lecho rocosos, aumentando la superficie de intemperización y por lo tanto acelerando la generación de karsticidad y por lo tanto, mayores superficies de ser susceptibles de hundirse o colapsarse.



De acuerdo a lo observado durante los recorridos para la elaboración del presente Atlas, fue posible evidenciar que las calles de la Ciudad de Tulum, las carreteras y los caminos, pero sobre todo el camino que va de Tulum a Punta Allen, presentan serios rasgos de averías por hundimiento del terreno, lo que hace pensar que se está desarrollando una etapa de aceleración del proceso de riesgo por hundimiento, por lo que, es urgente se desarrollen trabajos de campo que permitan evaluar de mejor manera a este proceso buscando establecer las medidas para prever o mitigar los efectos de este fenómeno perturbador.

**Figura 108 Esquema evolutivo del riesgo por hundimiento en el territorio del Municipio de Tulum.**



**Cuadro 56 Evidencias de hundimiento en el Municipio de Tulum.**

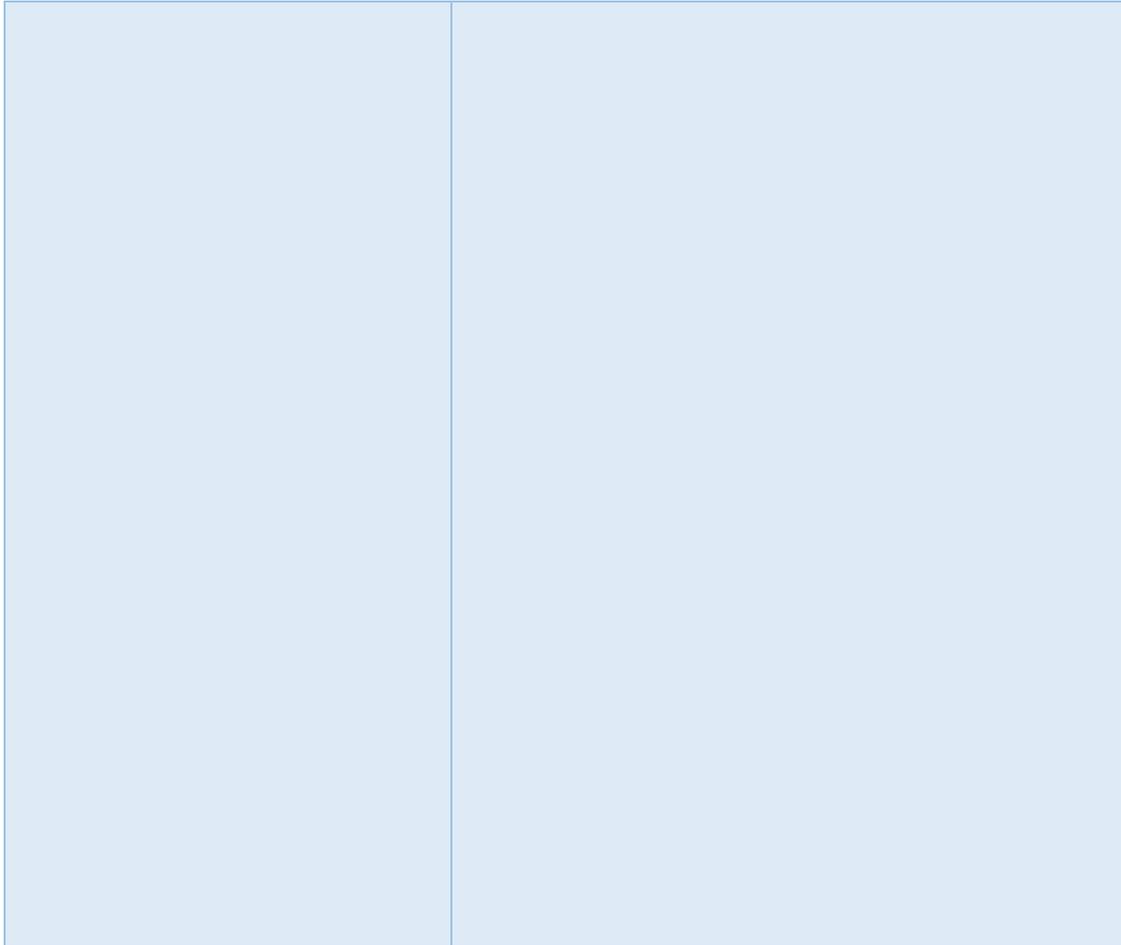
MÉTODO NIVEL 1	EVIDENCIAS
<p><b>PARA REALIZAR LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS CON PELIGRO Y RIESGO POR EL PROCESO DE HUNDIMIENTO DEL TERRENO, FUE NECESARIO REALIZAR LAS ACTIVIDADES SIGUIENTES:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>ELABORACIÓN DE UN PLANO TOPOGRÁFICO RECTIFICADO EN CAMPO DIRECTAMENTE.</b></li> <li>2) <b>IDENTIFICACIÓN DE CENOTES Y ZONAS CON EVIDENTES RASGOS DE HUNDIMIENTO, COMO DEPRESIONES CERRADAS E INUNDADAS. ESTA IDENTIFICACIÓN SE REALIZÓ MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE DEL GOOGLE EARTH EN DIFERENTES ESCALAS.</b></li> <li>3) <b>SELECCIÓN DE PUNTOS PARA VERIFICACIÓN EN CAMPO.</b></li> <li>4) <b>VERIFICACIÓN DE PUNTOS EN CAMPO.</b></li> <li>5) <b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b></li> </ol>	<p>NO SE PUDO REGISTRAR ESTUDIOS ESPECÍFICOS SOBRE EL PROCESO DE HUNDIMIENTO DENTRO DEL MUNICIPIO DE TULUM.</p> <p>CON EL USO DE LOS PLANOS MORFOMÉTRICOS DE CIMAS Y NIVELES BASE DE EROSIÓN, EDITADOS POR EL INSTITUTO DE GEOGRAFÍA DE LA UNAM, DE DONDE SE CONSIDERÓ LA RELACIÓN ALGEBRAICA DE LOS NIVELES MÁXIMO Y MÍNIMOS DE CIMAS, ASÍ COMO LOS NIVELES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LOS NIVELES BASE DE EROSIÓN, SE OBTUVO EL VALOR POSITIVO Y NEGATIVO DE LOS CUATRO BLOQUES ESTRUCTURALES DEFINIDOS PARA LA PLATAFORMA DE YUCATÁN, DONDE SE DETERMINÓ QUE EL MUNICIPIO DE TULUM SE ENCUENTRA DENTRO DE UN BLOQUE ESTRUCTURAL CON TENDENCIA HACIA EL HUNDIMIENTO.</p> <p>ESTE HUNDIMIENTO REGIONAL COMO SE VERA EN EL APARTADO DE SUBSIDIENCIA CONDICIONA LAS CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS EN EL TERRITORIO MUNICIPAL, YA QUE LA VELOCIDAD DE HUNDIMIENTO ES PRÁCTICAMENTE IMPERCEPTIBLE.</p> <p>CON LA INTEGRACIÓN DE UN MAPA DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES, CON INFORMACIÓN DOCUMENTAL Y DE LA IDENTIFICACIÓN EN IMÁGENES DE SATÉLITE, SE RATIFICA EL CONTROL DE LA KARSTICIDAD EN EL TERRITORIO MUNICIPAL DE TULUM.</p> <p>SE REALIZÓ LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS EN LA COSTA DONDE SE REGISTRAN PLAYAS TIPO ACANTILADO O ABRASIVAS CON ALTURAS MÁXIMAS DE 3.00 METROS CON RESPECTO A LA ROMPIENTE DE OLAS, LO QUE RECONOCE QUE EL 25.43% DE LA COSTA PRESENTA CARACTERÍSTICAS DE DESARROLLO POR HUNDIMIENTO.</p>

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.

**Cuadro 57 Evidencias de vulnerabilidad por hundimiento en el Municipio de Tulum**

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	EVIDENCIAS
<p><b>HUNDIMIENTO REGIONAL</b></p>	<p>EN EL MUNICIPIO DE TULUM SE LOCALIZAN TRES GRANDES DEPRESIONES; DOS ORIENTADAS NORTE-SUR Y OTRA LIGERAMENTE AL NNE-SSW. EN CUANTO A LAS DOS PRIMERAS, ÉSTAS SE LOCALIZAN HACIA EL INTERIOR DEL CONTINENTE AMBAS DE FORMAS TRANSVERSALMENTE ANGOSTAS Y LONGITUDINALMENTE ALARGADAS, LA PRIMERA DENOMINADA COMO DEPRESIÓN DE CHANCHEN EN EL EXTREMO OESTE Y LA DEPRESIÓN DE COBÁ O DE IGNACIO ZARAGOZA AL CENTRO NORTE DEL MUNICIPIO, Y, LA MÁS IMPORTANTE, LA DEPRESIÓN DE TULUM.</p>

<p><b>HUNDIMIENTO COSTERO</b></p>	<p>EL GRADO DE VULNERABILIDAD PARA ESTAS DEPRESIONES VA DE MEDIO PARA LAS DEPRESIONES DE CAHNCHEN Y COBÁ, MIENTRAS QUE PARA LA DEPRESIÓN DE TULUM ES ALTO.</p> <p>DE ACUERDO A LO OBSERVADO DURANTE LOS TRABAJOS DE CAMPO, FUE POSIBLE EVIDENCIAR LA CONSTANTE PRESENCIA DE DEFORMACIONES EN EL TERRENO, LO CUAL, TIENE SU ORIGEN EN HUNDIMIENTOS RÁPIDOS DEL TERRENO, LOS CUALES, DEFORMAN A LOS CAMINOS AL GRADO DE PRESENTAR CORTE MUY ABRUPTOS EN LOS LÍMITES DE ESTOS HUNDIMIENTOS AL GRADO DE PRESENTAR AGRIETAMIENTO.</p> <p>LAS LAGUNAS CAAPECHEN, BOCA PAILA Y ZAMACH, SON EVIDENCIAS DEL DESARROLLO COSTERO QUE HA GENERADO LA BARRERA ARRECIFAL ACTUAL. DICHAS LAGUNAS, LAS CUALES, DEBEN SU FORMACIÓN A HUNDIMIENTOS DEL TERRENO SON PRODUCTO DE LA HERENCIA MORFOLÓGICA DE UNA REGIÓN AFECTADA POR EL PROCESO SUBSIDENTE.</p> <p>ESTE HUNDIMIENTO COSTERO AFECTA A LA ZONA CON MAYOR DESARROLLO SOCIAL Y ECONÓMICO DEL MUNICIPIO, POR LO QUE, LAS DIVERSAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS HACEN QUE ESTA ZONA ADQUIERA UN ALTO GRADO DE VULNERABILIDAD.</p>
-----------------------------------	--



#### **2.5.1.11. Fallas y Fracturas**

Este fenómeno geológico es de gran importancia dentro de los procesos que generan no sólo los peligros y riesgos dentro del territorio municipal de Tulum, ya que por el contexto litológico que constituye al terreno la presencia de falla y fracturas vulnera a las rocas calcáreas acelerando su disolución y por lo tanto se intensifica la presencia de cavidades subterráneas que pueden colapsar poniendo en riesgo no sólo a la población, sino también, a la infraestructura con la que cuenta el municipio.

Hasta ahora no existen estudios que puedan mostrar la condición de peligro inminente o potencial, no sólo de los colapsos por crecimiento de las cavernas en el subsuelo, las cuales, tal y como es posible observar en trabajos realizados por investigadores de la UNAM, así como por la identificación de los rasgos estructurales para la elaboración de este Atlas, las fallas juegan un papel de gran relevancia en la configuración del paisaje kárstico del terreno municipal, ya que no sólo las depresiones descritas, sino también, la costa en general son el producto de procesos geológicos estructurales.



Este tipo de procesos no representa un peligro significativo, pero si representa cierto riesgo.

**Tabla 1. Evidencia de fallas y fracturas en el Municipio de Tulum.**

MÉTODO NIVEL 1	EVIDENCIAS
<p><b>EL RIESGO DETERMINADO EN CUANTO AL FENÓMENO DE FALLAS Y FRACTURAS, RADICA FUNDAMENTALMENTE EN QUE LA PRESENCIA DE ÉSTAS, INCREMENTAN LA DISOLUCIÓN DE LOS CUERPOS CARLCAREOS FACILITANDO LA PRESENCIA DE CAVERNAS O CENOTES CON SU CORRESPONDIENTE COLAPSO O HUNDIMIENTO DEL TERRENO.</b></p> <p><b>ES IMPORTANTE CONSIDERAR QUE LAS FALLAS GEOLÓGICAS NORMALMENTE SE PRESENTAN COMO SISTEMAS, POR LO QUE, EL RIESGO PRODUCTO DE LA PRESENCIA DE LAS MISMAS, SE LIMITA A UNA ZONA A LO LARGO DEL TERRENO DONDE SE TRAZÓ A ESTOS FENÓMENOS.</b></p> <p><b>PARA DETERMINAR LAS ZONAS Y EL NIVEL DE RIESGO ALTO, MEDIO Y BAJO, SE REALIZARON LAS ACTIVIDADES SIGUIENTES:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>ELABORACIÓN DEL MAPA TOPOGRÁFICO.</b></li> <li>2. <b>REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS Y CARTOGRÁFICAS</b></li> <li>3. <b>IDENTIFICACIÓN DE LOS RASGOS ESTRUCTURALES EN IMÁGENES DE SATÉLITE</b></li> <li>4. <b>IDENTIFICACIÓN DE CENOTES Y FORMAS KÁRSTICAS MAYORES</b></li> <li>5. <b>INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN</b></li> </ol>	<p>FUNDAMENTALMENTE SE REALIZÓ LA BÚSQUEDA DE FORMAS KÁRTICAS, TALES COMO CENOTES Y ÚVALAS QUE FUERON PREVIAMENTE IDENTIFICADAS POR IMÁGENES DE SATÉLITE Y POSTERIORMENTE SE VISITARON EN CAMPO.</p> <p>ASÍ MISMO, SE REALIZÓ UN RECORRIDO POR LA BARRERA COSTERA DE TULUM, DONDE SE PUDO OBSERVAR LA PRESENCIA DE GRIETAS ASOCIADAS A HUNDIMIENTOS DEL TERRENO.</p>

En cuanto al análisis de vulnerabilidad se considera que ésta se tiene desde el punto de vista físico, a un nivel de afectación a construcciones se debe considerar como muy susceptible a presentar estas afectaciones, ya que solamente es posible observar que, tanto en la Ciudad de Tulum, como en la carretera costera, se presentan hundimientos afectando a las vías terrestres.

La vulnerabilidad social es alta, ya que, debido a la falta de trabajos para determinar la susceptibilidad del riesgo por presencia de fallas, la sociedad en general desconoce que pueda registrarse afectación a sus propiedades o infraestructura, por lo que, no existen políticas preventivas al respecto de estos fenómenos y su relevante asociación con los hundimientos del terreno.

#### 2.5.1.12. Erosión Hídrica.

En cuanto a este tipo de fenómeno perturbador, se considera que se produce mediante erosión laminar por lluvias, ya que el relieve prácticamente plano no genera las condiciones para que se presenten corrientes fluviales, por lo que, la erosión hídrica de acuerdo a como los plantean las base para el desarrollo de los atlas, en cuanto al Modelo Cualitativo de Erosión-Deposición, no es posible aplicarlo, ya que el producto de la intemperización química de las rocas carbonatadas es un precipitado químico muy fino, el cual, forma parte de las esculturas conocidas como estalactitas y estalagmitas en cavernas y cenotes.

Debido a que el relieve es prácticamente horizontal, la escorrentía no representa peligro y riesgo alguno, por lo que, la erosión hídrica no deber ser considerada como un fenómeno perturbador dentro de este atlas.

Este tipo de procesos no representa un peligro y mucho menos representa riesgo alguno, por lo que;

Tabla 2. Evidencias de erosión hídrica.

MÉTODO NIVEL 1	EVIDENCIAS
NO CONSIDERADO	SIN REGISTRO

#### 2.5.1.13. Erosión Eólica.

Este fenómeno no representa peligro y riesgo alguno en el territorio municipal de Tulum, ya que la cobertura vegetativa protege al escaso suelo, además de que se debe considerar que la mayor erosión presente dentro del terreno municipal es la kárstica. Donde pudiese presentarse este tipo de erosión, sería en la costa, pero debido a que el litoral por playa acumulativa apenas es de unos cuantos metros, y los sedimentos arenosos están envueltos en limos el viento proveniente del mar no transporta sedimentos de manera considerable, por lo que, este proceso natural no representa peligro, ni riesgo alguno en el municipio.

Pudiese pensarse que la erosión eólica se incrementa de manera extraordinaria durante la acción de los ciclones tropicales, pero debido a que la playa se ha desarrollado a partir de afloramientos rocosos, la erosión se limita solamente a playas principalmente hacia el sur de la barra de Punta Allen, zona que solamente presenta esporádicos asentamientos humanos, de los cuales, en su mayoría son destinados a la ocupación turística y por lo tanto, la vulnerabilidad, tanto física, como social es media y más bien deberá considerarse como susceptible a ser vulnerable.

Este tipo de procesos no representa un peligro y mucho menos representa riesgo alguno.

#### **2.5.1.14. Erosión Marina.**

Este apartado se deberá entender como el que haga referencia a la erosión costera, ya que el termino marina tendría que hacer mención aquellos fenómenos naturales que se dan principalmente en el medio marino, no siendo así, a lo que en realidad se hace referencia dentro de las bases para elaboración de los atlas de riesgo. Por lo que, a continuación, se deberá entender que este apartado habrá de establecer de manera concreta, pero objetiva sobre aquellos procesos naturales que se desarrollan en la línea de playa y que por su interrelación e interacción estén en facultades de considerarse como fenómenos perturbadores, no sólo al medio físico, sino también, a los habitantes.

La erosión costera es el proceso con mayores factores dinámicos dentro del territorio del Municipio de Tulum, ya que si se considera que la playa o también denominado como el litoral, es el medio de transición entre el medio continental y el medio marino, por lo que dentro de su morfogénesis intervienen procesos terrestres que interrelacionan e interactúan con procesos marinos, generando formas que estarán sujetas a cambios estacionales que convierten al sistema costero en uno de los que mayor dinámica y, por lo tanto, se consideran como los sistemas que mejor evidencia pueden presentar en cuanto a los cambios geológicos y climáticos por los que ha pasado el planeta.

Durante los últimos años, la llamada Riviera de Tulum ha experimentado una transformación muy significativa, ya que amplios espacios se están viendo obligados a soportar una fuerte tensión ambiental, lo que provoca importantes desequilibrios en los sistemas naturales, principalmente generado por un crecimiento descontrolado, mal planificado y con una visión a corto plazo, generando entre otros efectos; un incremento en la vulnerabilidad física, alteración de la dinámica litoral, alteración de las masas de agua y, por lo tanto, degradación de los ecosistemas y hábitats.

Si consideramos que en la bibliografía tradicional se considera a la erosión marina como el avance del mar con respecto al continente, el cual, debería ser medido durante un período de tiempo suficientemente amplio para poder eliminar todas aquellas variaciones ocasionadas por fluctuaciones extraordinarias de tipo climáticas. Este proceso natural se ha incrementado a consecuencia del cambio climático, pero sobre todo por la actividad humana. Provocando, pérdidas de superficies con elevado valor social, económico y ecológico, vulnerando a las playas ante fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios, como los ciclones tropicales, desencadenando inundaciones estacionales deteriorando los hábitats litorales.

A pesar de que se registra un incremento en la frecuencia e intensidad de los huracanes por el cambio climático, la costa del Municipio de Tulum, presenta tasas de erosión y depósito muy bajas, lo cual, se debe principalmente a la presencia de playas de tipo acantilado con afloramientos rocosos, así como de una línea arrecifal que protege a la costa de oleajes extraordinarios.

Los cambios en el nivel del mar que se han registrado a nivel mundial causan uno de los mayores efectos en la geología, ecología y desarrollo urbano en las costas, provocando mayores daños por erosión de la línea de costa, se estima que para 2025 el nivel de mar tendrá un ascenso de entre 26 a 39 centímetros. Lo cual, se verá reflejado en el incremento de superficies de terreno inundadas pero la mayor afectación sería por el fenómeno de intrusión salina y erosión de las costas, generando a su vez pérdidas de humedales y de barreras costeras que protegen a la costa contra mareas y oleajes de tormentas.

Para el caso de la costa correspondiente al Municipio de Tulum, los arrecifes, y la erosión del litoral rocoso son las fuentes de los sedimentos que forman la escasa línea de playa, por lo que es de urgente realizar estudios que permitan conocer la dinámica sedimentaria de las playas con el objeto de evaluar adecuadamente las medidas que permitan la ejecución de medias que mitiguen los impactos principalmente de los ciclones.

Actualmente no existen estudios detallados para poder establecer criterios de evaluación de peligros, riesgos y por lo tanto la vulnerabilidad, por lo que, se tomó como base fundamental para la elaboración de este atlas, la identificación de playas. Para lo cual, se consideró dos tipos de playas, las playas abrasivas y las playas acumulativas, tomando en cuenta que dentro de las primeras tenemos que existe una longitud de apenas el 16% de los casi 100 kilómetros de playa aproximadamente, se pudo conocer por la revisión de la escasa bibliografía existente, que se ha registrado un crecimiento de la línea de playa en la zona de Chemuyil, de unos 38 metros (1.40 centímetros/año) a lo largo de 11.50 kilómetros, mientras que para la costa en la zona de Akumal, se han perdido 17 metros de costa (0.62 centímetros/año) en 14 kilómetros, estos datos se establecen durante un período de 27 años (Márquez-García, 2010), por lo que, de acuerdo a los datos reportados se considera que a pesar de que la costa de Tulum se encuentra en la trayectoria de los huracanes, éstos no son los procesos que mayor impacto causan sobre la línea de costa, por lo que, tal y como se hace mención en el apartado correspondiente a la presencia de derrumbes y caídos, es la erosión kárstica, junto con la intensa actividad turística los procesos que mayor impacto generan para que en la costa de Tulum se registre la erosión costera.

Una información importante que debe ser considerada para evitar que las costa del Municipio de Tulum sea afectada durante los períodos de tormentas tropicales son los arrecifes, los cuales se extienden a lo largo de 42.14 kilómetros sobre la línea de costa, y se deberá considerar establecer medias de conservación y protección de tan importante elemento natural.

De acuerdo a la morfodinámica observada durante los trabajos de campo en puntos específicos de la costa, fue posible evidenciar que en la costa de tipo abrasivo se presenta un crecimiento de la playa a partir de colapsos de terreno por intrusión de agua marina, proceso que se convierte a su vez en un proceso de contaminación de agua dulce por salinidad, aunque los alcances de elaboración del presente atlas no considera la realización de muestreo y análisis de las aguas, principalmente de agua en cenotes y cuerpos de agua ubicados cerca de la línea de costa, por lo que, este peligro sólo fue posible observarlo en la caleta de Xel-ha, donde el agua marina se introduce al continente por la condición del desarrollo avanzado del Karst.

Figura 3. Índice de exposición por erosión marina.



Tabla 3. Evidencias por erosión.

MÉTODO NIVEL 1	EVIDENCIAS
----------------	------------

<p><b>CON EL OBJETO DE IDENTIFICAR LAS ZONAS CON NIVELES DE RIESGO POR LA EROSIÓN “MARINA”, SE REALIZARON LOS TRABAJOS SIGUIENTES:</b></p> <p><b>IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE PLAYA; ACUMULATIVA O ABRASIVA. ESTA IDENTIFICACIÓN SE REALIZÓ MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE A DIFERENTES ESCALAS.</b></p> <p><b>EN IMÁGENES DE SATÉLITE SE IDENTIFICARON LAS LÍNEAS DE COSTA CON EL OBJETO DE RECONSTRUIR EL DESARROLLO DE LA COSTA EROSIONADA. SE UBICARON PUNTOS DE VERIFICACIÓN EN CAMPO</b></p> <p><b>RECORRIDOS EN CAMPO DE LOS PUNTOS PARA VERIFICACIÓN FÍSICA.</b></p> <p><b>SE REALIZÓ UN REGISTRO FOTOGRÁFICO.</b></p>	<p>SE REVISÓ INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA DE DONDE FUE POSIBLE OBTENER EL ARTÍCULO “CAMBIO EN LA LÍNEA DE COSTA EN LA RIVIERA MAYA DEBIDO A FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS, ¿CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICOS GLOBAL? DE MÁRQUEZ., BOLONGARO, C. Y TORRES, R., 2010.</p> <p>DONDE SE ESTABLECE QUE PARA LOS DOS PUNTOS DE LA LÍNEA DE PLAYA ANALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE TULUM; AKUMAL Y CHEMUYIL, PARA UN PERÍODO DE 27 AÑOS SE OBTUVIERON VALORES DE:</p> <p>AKUMAL CON UN CRECIMIENTO DE 9.19 METROS, CON UN PROMEDIO DE 0.34 METROS/AÑO.</p> <p>CHEMUYIL, CON UN CRECIMIENTO DE 38.34 METROS, CON UN PROMEDIO DE 1.42 METROS/AÑO.</p> <p>ASÍ MISMO, SE REPORTAN VALORES DE EROSIÓN COSTERA PARA AMBOS SITIOS CON LOS VALORES SIGUIENTES:</p> <p>AKUMAL, CON UNA EROSIÓN DE 17.44 METROS, CON UN PROMEDIO DE 0.65 METROS/AÑO.</p> <p>CHEMUYIL, CON UNA EROSIÓN DE 9.29 METROS Y UN PROMEDIO DE 0.34 METROS/AÑO.</p> <p>CON RESPECTO AL SITIO ANALIZADO EN AKUMAL, TAL Y COMO ES POSIBLE OBSERVAR EN EL MAPA ELABORADO PARA ESTE ATLAS, CON RESPECTO AL TIPO DE COSTA EXISTENTE, SE PUEDE APRECIAR QUE DICHA PLAYA ES FUNDAMENTALMENTE DE TIPO ABRASIVA CARACTERIZADA POR UNA LÍNEA DE COSTA ROCOSA TENIENDO SU MÁXIMO RETROCESO EN LA ZONA DONDE LA BARRERA ARRECIFAL PERMITE AFECTACIÓN DEL OLEAJE.</p> <p>MIENTRAS QUE PARA EL SITIO DE CHEMUYIL, ES POSIBLE OBSERVAR QUE SU CRECIMIENTO ES EL PRODUCTO DE LA EROSIÓN DE LA COSTA ROCOSA, YA QUE NO EXISTE UNA BARRERA ARRECIFAL QUE EVITE AFECTACIÓN DEL OLEAJE.</p> <p>POR LO TANTO, EL MEJOR CRITERIO PARA ASIGNAR NIVELES DE RIESGO POR EROSIÓN COSTERA SERÁ A PARTIR DE LA PRESENCIA DE LA BARRA ARRECIFAL.</p> <p>SE ASIGNAN DOS NIVELES DE RIESGO MARINO A LO LARGO DE LA LÍNEA DE COSTA EN TULUM; MUY ALTO Y ALTO, YA QUE NO SÓLO SE CONSIDERA A LA BARRA ARRECIFAL COMO FACTOR DETERMINANTE, SINO TAMBIÉN, EL TIPO DE COSTA Y LA PRESENCIA DE DERRUMBES O CAÍDOS.</p>
---	--

Tabla 4. Indicadores de Vulnerabilidad.

INDICADORES	EVIDENCIAS
-------------	------------

<b>VULNERABILIDAD FÍSICA</b>	<p>EN GENERAL LA LÍNEA DE PLAYA ES MUY ANGOSTA, SU CONFIGURACIÓN VA DE VERTICAL O ABRUPTA A PENDIENTE MEDIA, SU GRANULOMETRÍA ES DE GRUESA A FINA.</p> <p>POR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS EN GENERAL SE DEBE CONSIDERAR A LA LÍNEA DE PLAYA DE TULUM, COMO MORFOGENÉTICAMENTE DE DESARROLLO RECIENTE, LO QUE QUIERE DECIR QUE LA LÍNEA DE COSTA ES ALTAMENTE VULNERABLE, DEBIDO A QUE ES UN SISTEMA NATURAL AUN EN DESEQUILIBRIO, POR LO TANTO, CUALQUIER PROCESO NATURAL QUE SE VEA ALTERADO DESENCADENA CASI DE INMEDIATO PROCESOS DE RIESGO.</p>
<b>VULNERABILIDAD SOCIAL</b>	<p>LA FALTA DE ESTUDIOS DEL MEDIO FÍSICO Y MAS ESPECÍFICAMENTE DE LA LÍNEA DE COSTA PROPICIA QUE LA POBLACIÓN QUE HABITA O FRECUENTA A LA PLAYA DENTRO DEL MUNICIPIO DE TULUM, IGNORE LA AFECTACIÓN SUSCEPTIBLE A LA QUE SOMETE A LA PLAYA, ASÍ MISMO, TODA LA INFRAESTRUCTURA HOTELERA Y TURÍSTICA QUE SE DESARROLLA ACTUALMENTE SE CONSTRUYE SIN LAS MEDIADAS PREVENTIVAS O DE MITIGACIÓN NECESARIAS PARA DISMINUIR EL IMPACTO QUE A ÉSTA SE SOMETE.</p> <p>POR ULTIMO, SE VE QUE NO EXISTE EN EL MUNICIPIO UN ORDENAMIENTO REGIONAL QUE MARQUE LOS LINEAMIENTOS EN LA NORMATIVIDAD URBANA Y TURÍSTICA.</p> <p>ANTE ESTE ESCENARIO, SE DETERMINA QUE LA VULNERABILIDAD AL IGUAL QUE EL RIESGO SON ALTO Y MUY ALTO.</p>



El escenario geográfico es el adecuado para el desarrollo de la erosión kárstica en la superficie municipal de Tulum, ya que como ha sido posible observar en apartados anteriores, la geología está caracterizada por la presencia de rocas calcáreas dispuestas en estratos casi horizontales con una cobertura vegetativa que junto con las condiciones climáticas producen el marco adecuado para que se lleve a cabo la disolución de las rocas conformando una superficie irregular típica de relieves calcáreos.

Para que los procesos kársticos se desarrollen se requieren condiciones climáticas menos extremas que las presentes en el territorio municipal de Tulum, ya que en cuanto a las temperaturas medias anuales se tiene 25.45°C y las precipitaciones medias anuales 1,223.35 mm no serían las propicias para la producción de procesos kársticos, pero debido a la fuerte clastación que se produce por la incidencia de los rayos solares en la mayor parte del año, fracturando a la roca caliza, debilitando a la superficie e intensificando la presencia de pequeñas simas y de formas de lapiaz por escorrentía, que en conjunto generan una superficie de terreno muy rugosa.

Esta rugosidad juega un papel determinante durante la presencia de precipitaciones pluviales, ya que junto con la topografía prácticamente plana favorecen a la filtración de agua hacia el subsuelo, generando cavidades horizontales que aumentan su tamaño hasta que la gravedad produce evidentes hundimientos circulares en la superficie hasta que el terreno superficial presenta fracturas de varios centímetros producto de esfuerzos por tensión hasta el punto de ruptura y se produce el colapso.

Esta fenomenología kárstica se intensifica actualmente por dos causas, ambas por influencia humana; la deforestación de la selva y, el aumento de asentamientos. Es importante hacer mención de otro proceso que puede estar pasando pero debido a la falta de información al respecto solo puede inferirse, y, es el que se relaciona con el manejo del agua en los cenotes y cavernas, ya que, habrá de recordar que la formación de este tipo de unidades morfológicas se está produciendo a la profundidad donde se registra el nivel de aguas freáticas, por lo que, la alteración del agua puede generar que se intensifique la presencia de áreas de colapso, al interior del continente, mientras que a la zona costera se deberá producir la contaminación del agua por salinización, ya que se crearán las condiciones propicias para se produzca la intrusión de aguas del mar. Este proceso es posible observarlo en un sitio de particular belleza, Xel-ha, ya que no solo es posible observar de manera clara la evolución de la costa por la combinación de procesos continentales y marinos, sino también, de procesos kársticos avanzados con características particulares de la costa occidental de la Península de Yucatán.

De acuerdo a las características antes expuesta en cuanto al desarrollo del fenómeno kárstico se tienen los niveles de riesgo siguientes:

Tabla 5. Evidencias de la erosión Kárstica.

MÉTODO NIVEL 1	EVIDENCIAS
----------------	------------

<p><b>PARA DEFINIR LAS ZONAS CON DIFERENTE NIVEL DE RIESGO, SE REALIZARON LOS SIGUIENTES TRABAJOS;</b></p> <p><b>MATERIALES CARTOGRÁFICOS.</b></p> <p><b>MAPA TOPOGRÁFICO A DETALLE</b></p> <p><b>IDENTIFICACIÓN DE DEPRESIONES, DOLINAS Y ZONAS CON HUNDIMIENTO. ESTA IDENTIFICACIÓN SE REALIZÓ EN IMÁGENES DE SATÉLITE DEL GOOGLE EARTH.</b></p> <p><b>IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON CUERPOS DE AGUA Y ASOCIADOS A DEPRESIONES DEL TERRENO. ESTE MATERIAL CARTOGRÁFICO SE REALIZÓ EN MAPAS E IMÁGENES DE SATÉLITE DEL GOOGLE EARTH.</b></p> <p><b>SE IDENTIFICARON EN IMÁGENES DE SATÉLITE LOS LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES, FALLAS, FRACTURAS, ESCARPES Y DOLINAS MEDIANTE MAPAS E IMÁGENES DE SATÉLITE.</b></p> <p><b>SE REALIZÓ UN MAPA DE ZONAS DEFORESTADAS.</b></p> <p><b>SE REALIZÓ UN MAPA DE SUELO.</b></p> <p><b>SE REALIZÓ UN MAPA DE VEGETACIÓN.</b></p> <p><b>SE ELABORÓ UN MAPA DE ZONAS GEOMORFOLÓGICAS.</b></p> <p><b>REVISIONES DOCUMENTALES:</b></p> <p><b>ESTADÍSTICAS MENSUALES DE CLIMA, TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN.</b></p> <p><b>REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS GENERALES.</b></p> <p><b>DETERMINACIÓN DE PUNTOS O ZONAS DE VERIFICACIÓN EN CAMPO</b></p> <p><b>RECORRIDOS EN CAMPO.</b></p>	<p>SE IDENTIFICARON LOS RASGOS DEL RELIEVE SIGUIENTES:</p> <p>SE IDENTIFICARON 51 DOLINAS DISTRIBUIDAS PRÁCTICAMENTE EN TODO EL TERRITORIO MUNICIPAL.</p> <p>LAS DEPRESIONES ALARGADAS PRODUCTO DE HUNDIMIENTO REGIONAL DEBEN SU FORMA A COLAPSOS PROGRESIVOS PRODUCTO DE LA DISOLUCIÓN DE LA LITOLOGÍA Y LA PRESENCIA DE FALLAS GEOLÓGICAS.</p> <p>LA CIUDAD DE COBÁ SE LOCALIZA DENTRO DE UN COLAPSO EL CUAL, SE HA VISTO AFECTADO POR INUNDACIONES QUE AUMENTAN EN EXTENSIÓN CADA AÑO.</p> <p>SE VISITARON LOS CENOTES QUE NO REPRESENTABAN INVERSIÓN ECONÓMICA IMPORTANTE, YA QUE ACTUALMENTE LOS CENOTES SE USAN COMO CENTROS RECREATIVOS, CASI TODOS ELLOS DE PARTICULARES O EJIDALES.</p> <p>EN BASE A RECORRIDOS POR EL MUNICIPIO, FUE POSIBLE OBSERVAR PRESENCIA DE HUNDIMIENTOS QUE AFECTAN PRINCIPALMENTE A LAS VÍAS TERRESTRES.</p> <p>EN BASE A TODO LO ANTERIOR, SE DETERMINÓ QUE EXISTEN 12 ZONAS DE RIESGO DENTRO DEL MUNICIPIO DE TULUM:</p> <p>1 DE MUY ALTO RIESGO CON, 296.95 KM. SIENDO EL 14.54% DE LA EXTENSIÓN MUNICIPAL. LA CUAL, SE UBICA PRINCIPALMENTE HACIA LA COSTA Y ABARCA LA DEPRESIÓN DE TULUM.</p> <p>2 DE ALTO RIESGO CON UNA EXTENSIÓN DE 268.56 KM., REPRESENTANDO EL 13.15%, ESTANDO UNA, HACIA LA COSTA EN EL EXTREMO NORTE DEL MUNICIPIO Y, LA OTRA FORMA PARTE DEL CENTRO Y NORTE DE LA DEPRESIÓN DE COBÁ.</p> <p>7 ZONAS CON RIESGO MEDIO, DISTRIBUIDAS EN CASI TODO EL MUNICIPIO DESTACANDO LA QUE SE ENCUENTRA ASOCIADA A LA DEPRESIÓN DE TULUM. ASÍ COMO LA QUE ENVUELVE A LA ZONA DE ALTO RIESGO EN LA DEPRESIÓN DE COBÁ. LA EXTENSIÓN CON ESTE NIVEL DE RIESGO, ES DE 529.99 KM., LO QUE REPRESENTA EL 25.96% DEL TERRITORIO MUNICIPAL.</p>
---	---

<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO.</b>	2 ZONAS CON UN NIVEL DE RIESGO BAJO, CON 945.43 KM., CORRESPONDIENDO EL 46.35% DEL TERRITORIO, POR SU UBICACIÓN, ESTAS DOS ZONAS DEBERÍA FORMAR UNA SOLA, YA QUE SE TRATA DE LA UNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA COMO DE PLANICIE CALCÁREA CON LOMERÍOS, ESTANDO PRINCIPALMENTE EN LA ZONA CENTRAL DEL MUNICIPIO, POR SER LA ZONA CON MAYOR EXTENSIÓN Y QUE CORRESPONDE A LA UNIDAD CON MAYOR COBERTERA VEGETATIVA, SE DEBE CONSIDERAR QUE ES LA ZONA DONDE LOS PELIGROS POR HUNDIMIENTO SON SUSCEPTIBLES DE CRECER Y GENERAR CONDICIONES DE RIESGO POTENCIAL.
------------------------------	--

En cuanto al análisis de vulnerabilidad determinado para las zonas de riesgo y en general para el territorio tulumense, se tiene:

**Tabla 6. Evidencias de Vulnerabilidad por erosión kárstica.**

VULNERABILIDAD	EVIDENCIAS
<p>DE ACUERDO A LOS RASGOS ESTABLECIDOS DENTRO DE LAS BASES PARA ELABORACIÓN DE LOS ATLAS, SE CONSIDERA QUE PARA DETERMINAR EL GRADO DE VULNERABILIDAD DE TIPO FÍSICA, SE DEBERÁ CONSIDERAR LA PRESENCIA DE ASENTAMIENTOS PROGRESIVOS ASOCIADOS A GEOMETRÍAS DEFINIDAS PRINCIPALMENTE POR COLAPSOS DEL TERRENO. POR LO QUE, SE CONSIDERA QUE DE ACUERDO A LA CARTOGRAFÍA ELABORADA PARA ESTE ATLAS, SE TIENE QUE EXISTEN TRES ZONAS CON DIFERENTE GRADO DE VULNERABILIDAD,</p>	<p>SE CONSIDERA EXISTEN TRES GRANDES ZONAS DONDE EL GRADO DE VULNERABILIDAD FÍSICA SE PRESENTA CON MUY ALTA, ALTA Y MEDIA.</p> <p>CORRESPONDIENDO A LA ZONA DE LA COSTA NORTE DEL MUNICIPIO Y LA DEPRESIÓN DE TULUM, COMO LA QUE PRESENTA MAYOR ALTERACIÓN A LOS SISTEMAS NATURALES, POR LO QUE SE CONSIDERA CON UN GRADO MUY ALTO DE VULNERABILIDAD.</p> <p>YA QUE EN ESTA ZONA, SE REGISTRA LA PRESENCIA DE HUNDIMIENTOS DE TERRENO NO SÓLO POR KÁRSTICIDAD, SINO POR EVIDENTE ACCIÓN HUMANA, QUIEN HA GENERADO ÁREAS QUE DEBIERON TENER SALIDA DEL AGUA Y QUE ACTUALMENTE POR LA CONSTRUCCIÓN DE DESARROLLOS TURÍSTICOS SE QUEDA ACUMULADA MOTIVANDO LA DISOLUCIÓN Y POSTERIOR ASENTAMIENTO.</p> <p>LA ZONA ASIGNADA COMO CON ALTO GRADO DE VULNERABILIDAD ES LA UBICADA DENTRO DE LA PARTE NORTE DE LA DEPRESIÓN DE COBÁ, LO CUAL, QUEDA EVIDENCIADO DE ACUERDO A LA MANCHA DE INUNDACIÓN QUE ABARCA DESDE LA CIUDAD DE COBÁ, HASTA EL ENTRONQUE CON LA CARRETERA TULUM-VALLADOLID.</p>

**UN ASPECTO DE GRAN RELEVANCIA A CONSIDERAR DENTRO DE ESTE TIPO DE VULNERABILIDAD, SERÁ QUE EN TODO EL TERRITORIO SE PUDO OBSERVAR QUE EXISTE UNA ALTERACIÓN A LOS SISTEMAS NATURALES CON LO CUAL, SE AUMENTA EL POTENCIAL DE QUE EN EL FUTURO, LAS ZONAS CON RIESGO MEDIO A BAJO, PRESENTEN GRADO DE VULNERABILIDAD EN AUMENTO, YA QUE HABRÁ DE RECORDAR QUE TODO SISTEMA NATURAL AL SER ALTERADO, SU ENERGÍA AUMENTA DE MANERA EXPONENCIAL.**

POR ÚLTIMO, DEBIDO A LA ESCASA PRESENCIA DE SUELO Y EL AUMENTO EN LA TALA DE LA SELVA, LA DISOLUCIÓN SE VERÁ EN AUMENTO EN LOS PRÓXIMOS AÑOS, LO QUE HARÁ QUE SE CONECTEN LAS DOS ZONAS DE RIESGO LÍMITROFES A LAS DOS PRINCIPALES DEPRESIONES PRESENTES DENTRO DEL MUNICIPIO, GENERANDO UNA ZONA CON GRADO MEDIO DE VULNERABILIDAD, UBICADA EN EL CENTRO ORIENTE DEL MUNICIPIO.

POR LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS QUE LA ANTERIOR ZONA, SÓLO QUE EL ESCENARIO ES UN TANTO MENOR, DEBIDO A LA POCA PRESENCIA DEL SER HUMANO, PERO SÍ DE SEMEJANTE CONDICIÓN DE TALA DE LA SELVA, SE DETERMINA QUE AL CENTRO PONIENTE DEL MUNICIPIO SE ENCUENTRA LA ZONA CON BAJO GRADO DE VULNERABILIDAD.

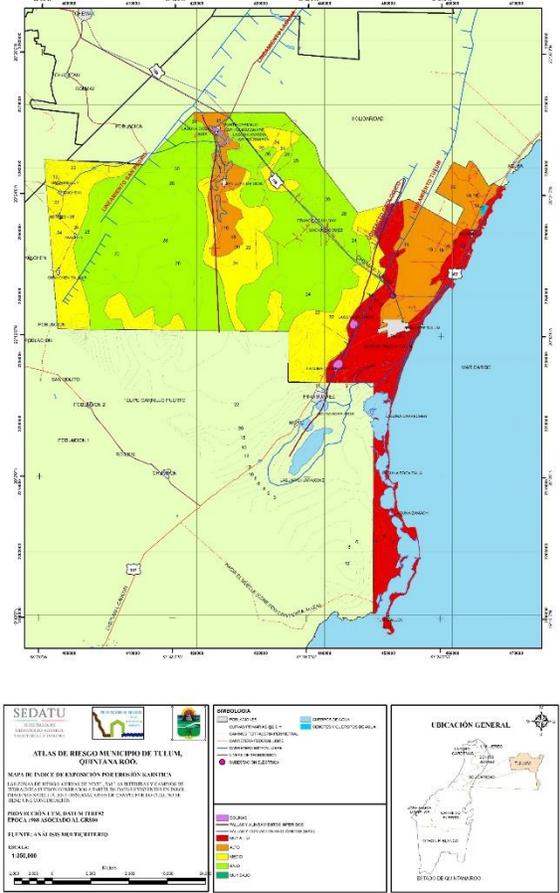
CABE SEÑALAR QUE EN ESTAS DOS ZONAS, ES POSIBLE QUE SE PRESENTE UN AUMENTO EN LA SUSCEPTIBILIDAD A LA PRESENCIA DE PROCESOS DE RIESGO POR KÁRTICIDAD.

LA CARENCIA ACERCA DE ESTUDIOS QUE INFORMEN SOBRE EL GRADO DE ALTERACIÓN EN LOS GEOSISTEMAS NATURALES EXISTENTES DENTRO DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL, ADEMÁS DE QUE HASTA AHORA SE ACREDITA A CAVIDADES EL HUNDIMIENTO REPENTINO DEL TERRENO, SIN QUE EXISTA MAYOR EXPLICACIÓN. ASÍ COMO TAMBIÉN, A LA ESCASA INFORMACIÓN CON RESPECTO A PÉRDIDAS DE VIDAS DURANTE LA PRESENCIA DE ESTOS HUNDIMIENTOS. LA SOCIEDAD QUE EN SU MAYORÍA SE TRATA DE POBLACIÓN FLOTANTE, DESCONOCE LA RELEVANCIA Y SIGNIFICADO DE EL HUNDIMIENTO DE LOS TERRENO, POR LO QUE NO EXISTE NORMATIVIDAD, POLÍTICAS PUBLICAS, MEDIDAS PREVENTIVAS O PARA MITIGAR ESTE TIPO DE FENÓMENOS PERTURBADORES, POR LO QUE, SE DEBE CONSIDERAR QUE LA VULNERABILIDAD SOCIAL ES DE ALTO Y BAJO GRADO.

TENIENDO QUE LA VULNERABILIDAD SOCIAL ALTA SE REGISTRA NUEVAMENTE HACIA LA ZONA DE LA COSTA, LA DEPRESIÓN DE TULUM Y LA PARTE NORTE DE LA DEPRESIÓN DE COBÁ.

LA RESTANTE SUPERFICIE MUNICIPAL DEBE SER CONSIDERADA COMO CON BAJO GRADO DE VULNERABILIDAD.

Figura 5. Índice de exposición por erosión Kárstica.



#### 2.5.1.16. Agrietamiento.

Este fenómeno se ha tratado en apartados correspondientes al peligro, vulnerabilidad y riesgo, como un proceso consecuente a la acción de otros procesos, tal y como se define en el Atlas de Riesgo del CENAPRED, donde;

El agrietamiento del terreno es la manifestación superficial, y en ocasiones a profundidad, de una serie esfuerzos de tensión y distorsiones que se generan en el subsuelo debido a las fuerzas y deformaciones inducidas por el hundimiento regional, la desecación de los suelos, los deslizamientos de laderas, la aplicación de sobrecargas, la ocurrencia de sismos, la presencia de fallas geológicas, la licuación de suelos, la generación de flujos subterráneos, las excavaciones subterráneas, entre otros. Se trata de un fenómeno que difícilmente podría ocurrir de manera espontánea, por lo que su origen siempre está ligado a otro fenómeno que lo detona.

El hundimiento y el agrietamiento del terreno son fenómenos difíciles de predecir debido a que su determinación requiere del conocimiento preciso de las propiedades mecánicas de resistencia y deformación del subsuelo, de su distribución estratigráfica, del conocimiento de las variaciones o anomalías subterráneas, de la determinación de la forma y distribución del basamento, del conocimiento del nivel freático y de su variación con el tiempo y de la determinación de las propiedades hidráulicas del terreno, entre otras.  
(2)

2. (2001), "Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México", CENAPRED.

De los conceptos anteriores es posible comentar que este concepto de agrietamiento se limita principalmente a terrenos con depósitos aluviales, no siendo el caso para el terreno Municipal de Tulum, ya que en éste, la presencia de grietas en el terreno se debe fundamentalmente a mecanismos físicos relacionados con las deformaciones que sufren las rocas calcáreas afectadas principalmente por hundimiento, lo cual, genera esfuerzos por tensión en los límites de los terrenos cóncavos afectados por el colapso del techo en presencia de cavernas, así mismo, el descubrimiento de la roca facilita la dilatación y contracción de la misma, produciendo ruptura superficial de escasos centímetros, diferenciándose de las producidas por tensión, fracturas que pueden ser profundas y de decímetros de apertura.

La importancia de este tipo de procesos dentro del terreno municipal, radica en que estas fracturas (grietas), generalmente discontinuas, facilitan la filtración de agua aumentando la formación de cavernas que vulneran al terreno produciendo condiciones propicias para el hundimiento o el colapso del suelo.

Para el análisis, caracterización y evaluación de los niveles de riesgo asociados al agrietamiento, es necesario se considere la realización de proyectos específicos donde se incluya exploración geológica, geofísica y geotécnica de carácter específicos con el objeto de determinar de manera concreta las zonas donde las amenazas y peligros pongan en riesgo a la población, por lo que, se sugiere se implemente de manera urgente este tipo de estudios o proyectos principalmente hacia la zona caracterizada como de hundimiento costero, la cual, es la que más potencial presenta en sus condiciones naturales para registrar riesgos por agrietamiento en el suelo.

#### **2.5.1.17. Subsistencia.**

Tal y como ya se puede ver en apartados varios dentro del presente documento, donde se ha descrito a la subsidencia como un proceso eminentemente geológico referente al hundimiento lento que afecta a grandes bloques de rocas y que por su naturaleza se convierte en el proceso que determina a largo plazo una condición de movilidad en el terreno.

Por lo que solamente se reitera que el territorio Municipal de Tulum se localiza dentro de lo que se le ha denominado Bloque de Chetumal, el cual, actualmente está bajo condición de hundimiento muy lento con una velocidad de hundimiento aproximada de 0.81 mm/año, pero con un desarrollo extremo reciente.

Esta velocidad de hundimiento fue determinada a partir de la información obtenida durante la elaboración del Atlas de México de 1992, por el Instituto de Geografía de la UNAM, específicamente de los mapas morfométricos de Niveles base de Erosión y Niveles de cimas, de donde se establece una relación algebraica con resultados positivos y negativos con analogía a valores del proceso geológico conocido como isostasia. De esta expresión se determinó que el Bloque de Chetumal, inicia un periodo de hundimiento con velocidades lentas.

Esta información puede relacionarse con los hallazgos antro-po-arquelógicos del cenote de Las Palmas, de donde se estableció para los restos fósiles humanos de la denominada La Mujer de La Palma, para los cuales, se calculó una edad de aproximadamente 13,600 años, por lo que, a la fecha con el valor de la velocidad calculada, se tiene que el hundimiento total a la fecha sería de 11.00 metros. Lo cual, se relaciona con los límites de la zona de hundimiento costero señalado dentro del presente Atlas.

## 2.5.2. Métodos, Evidencias e Indicadores de Vulnerabilidad Ante Fenómenos Hidrometeorológicos.

### 2.5.2.1. Temperaturas Máximas Y Mínimas Extremas.

Para la descripción del comportamiento de las temperaturas en el municipio se obtuvo del Servicio Meteorológico Nacional de nueve estaciones climatológicas en donde se tomó el periodo más largo que se tiene con datos, esto es, datos comprendidos de 1951 al 2010 de las estaciones de Cobá (00023012), Tulum (00023025), Playa Del Carmen (00023163), Felipe Carrillo Puerto (00023003), Laguna Kana (00023163), Victoria (00023027), Tampak (00023007), Ideal (00023157), Valladolid (00031036) , esto para tener una interpolación más exacta, se presentan a continuación los valores que se utilizaron en las interpolaciones:

Tabla 7. Temperaturas máximas y mínimas para el Municipio de Tulum.

PERIODO	ESTACIÓN	TEMPERATURA MENSUAL (°C)	
		MÁXIMA	MÍNIMA
1951-2010	COBÁ	35.7	4.1
1951-2010	TULUM	37.9	8.2
1951-2010	FELIPE C.P.	37.9	10.3
1951-2010	PLAYA DEL CARMEN	33.9	13.8
1951-2010	LAGUNA KANA	33.9	9.2
1951-2010	VICTORIA	38.3	10.6
1951-2010	TAMPAK	38.4	8
1951-2010	IDEAL	35.8	13
1951-2010	VALLADOLID	40.9	14.3

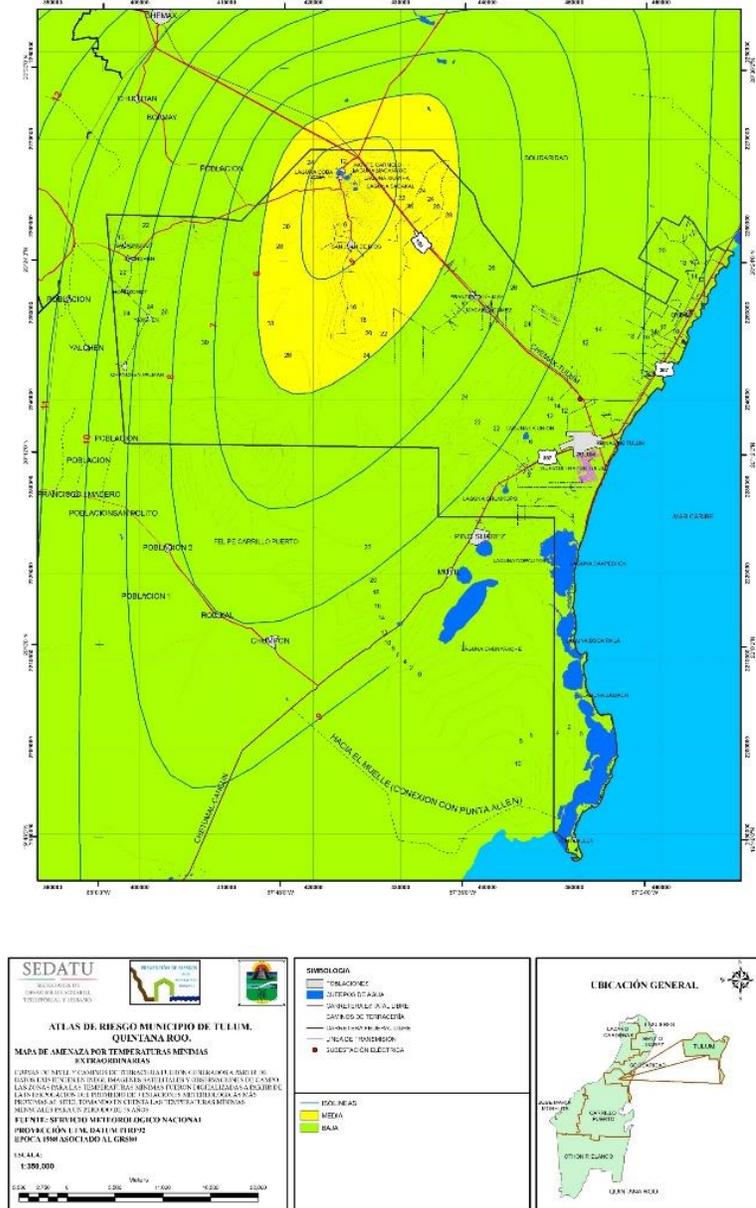
Resumen de datos de temperaturas: fuente Servicio Meteorológico Nacional.

Los mapas que a continuación se muestran corresponden a las temperaturas mínimas y máximas extremas mensuales correspondientemente los cuales se crearon de los registros de las estaciones climatológicas más próximas al sitio de estudio (antes mencionadas), de donde se realizaron interpolaciones con los valores de las temperaturas con sus estaciones ubicándolas de acuerdo a las coordenadas que le corresponden geográficamente, de la interpolación se obtuvieron isolíneas donde se muestra su distribución espacial, con registros meteorológicos de 59 años.

En los mapas correspondientes a temperaturas mínimas y máximas, los intervalos para las temperaturas fueron tomadas de las cartas del Instituto de Geografía de la UNAM.

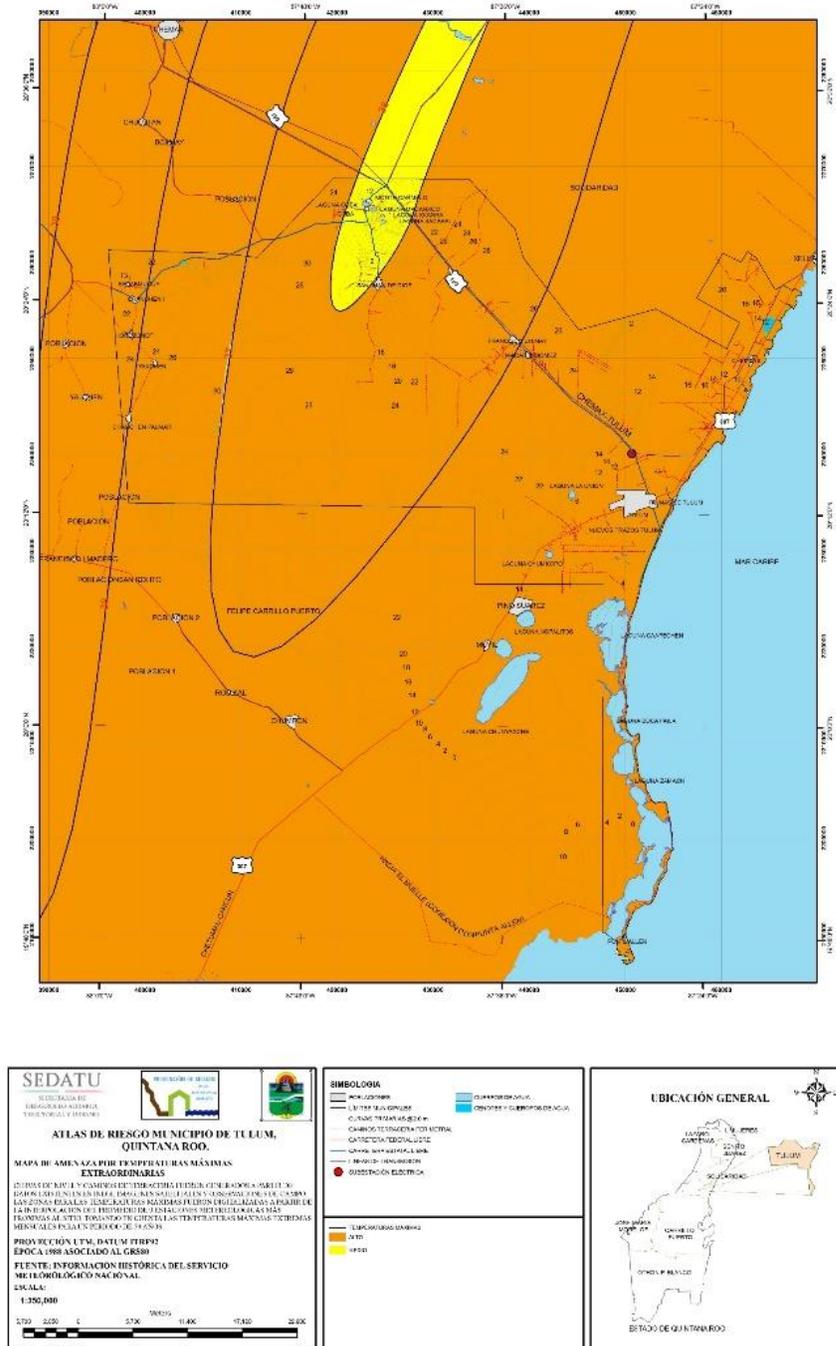
De acuerdo a los indicadores de vulnerabilidad que se mencionan en las bases, la temperatura correspondiente a 35°C es el límite superior de tolerancia en donde se producen golpes de calor, con inconciencia en algunas personas y aumento de enfermedades.

Figura 6. Amenaza por temperaturas mínimas.



Fuente: Interpolación de temperaturas mínimas mensuales de 9 estaciones meteorológicas del SMN próximas al sitio del período correspondiente a 1951 a 2010

Figura 7. amenaza por temperaturas máximas extremas.



Fuente: Interpolación de temperaturas máximas extremas mensuales de 9 estaciones meteorológicas próximas al sitio del periodo correspondiente a 1951 a 2010.

En lo que respecta a la amenaza por temperaturas máximas y mínimas las principales afectaciones a las personas se refieren a las temperaturas máximas extremas mensuales, las cuales sobrepasan el límite superior establecido como indicador en donde la temperatura de menor valor es de 35.7°C para la estación de COBÁ y 37.9°C para la estación ubicada en Tulum, por lo que todo el municipio es vulnerable ante esta situación.

La temperatura más baja registrada de 1951 a 2010 se ubica en la zona correspondiente a Cobá siendo esta de 4.1° C.

**Tabla 8. Evidencias de amenaza por temperaturas máximas y mínimas.**

NIVEL 1	EVIDENCIAS
<b>Vulnerabilidad.</b>	<p>Los datos históricos de temperaturas máximas extremas mensuales se obtuvieron del Servicio Meteorológico Nacional en el período correspondiente de 1951 al 2010 de donde se obtuvieron los mapas antes mostrados, de los cuales el mapa correspondiente a temperaturas máximas extremas representa vulnerabilidades que se pueden clasificar como media y alta.</p> <p>La vulnerabilidad de acuerdo a los datos históricos del servicio meteorológico se incrementan en los meses de abril a septiembre, estos datos de acuerdo a las estaciones de Coba, Tulum Y Playa Del Carmen.</p> <p>Las afectaciones por temperaturas extremas mensuales se dan en todo el municipio ya que el límite superior de tolerancia es de 35°C la cual es superada de acuerdo a la distribución de temperaturas obtenidas de las interpolaciones, esto pueden producir golpes de calor y el aumento de enfermedades.</p> <p>Estas temperaturas elevadas aumentan la evapotranspiración de las plantas lo cual provoca que se marchiten, afectando a cultivos.</p>

**OBTENCIÓN DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS EXTREMAS PARA PERIODOS DE RETORNO DE 5, 10, 25 Y 50 AÑOS.**

Para la determinación de las temperaturas máximas extremas en los periodos antes mencionados, se ha utilizado la distribución de Gumbel, por lo que a continuación se muestran los diferentes cálculos realizados:

**Tabla 9. Registros históricos.**

PERIODO	ESTACIÓN	TEMPERATURA MENSUAL MÁXIMA	(x1-xm)2
1951-2010	COBA	35.7	1.604444444

1951-2010	TULUM	37.9	0.8711111111
1951-2010	FELIPE C.P.	37.9	0.8711111111
1951-2010	PLAYA DEL CARMEN	33.9	9.404444444
1951-2010	LAGUNA KANA	33.9	9.404444444
1951-2010	VICTORIA	38.3	1.777777778
1951-2010	TAMPAK	38.4	2.054444444
1951-2010	IDEAL	35.8	1.361111111
1951-2010	VALLADOLID	40.9	15.471111111
	SUMATORIA	332.7	42.82

Media de los datos 36.9666666

Desviación estándar 2.3135470

$\alpha = 1.8038$

$\mu = 35.9254$

Realizando los cálculos correspondientes se tiene que la temperatura media máxima para un periodo de retorno de 5 años con los registros históricos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional es de 38.63°C.

Para un periodo de retorno de 10 años la temperatura máxima extrema será de 39.9°C, para 25 y 50 años será de 41.69 y 42.96°C respectivamente.

### 2.5.2.2. Sequías.

La sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación en un período de tiempo es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia de agua es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas. Cada vez con mayor frecuencia se presentan en el mundo y es considerado uno de los fenómenos naturales que más daños causan en lo que se refiere al aspecto económico ya que grandes hectáreas de cultivos se pierden por las sequías y numerosas cabezas de ganado mueren durante las mismas. La magnitud, duración y severidad de una sequía se pueden considerar como relativos, ya que sus efectos están directamente relacionados con las actividades humanas, es decir, si no hay requerimientos por satisfacer, aun habiendo carencia total del agua, la sequía y su presencia son discutibles desde un punto de vista de sus efectos.

El reconocimiento de la sequía como fenómeno hidrológico extremo, dista mucho de tener las características de otros eventos como las grandes avenidas; por ejemplo; se ha llegado a mencionar que la sequía es un "no evento" debido a que su ocurrencia, sobre todo en su inicio, no es fácilmente detectable como tal, sino que se le reconoce por los efectos que provoca

Las principales causas de las sequías están relacionadas con cambios de las presiones atmosféricas y alteraciones en la circulación general de la atmósfera, generados por modificaciones en el albedo superficial, la existencia de una espesa capa de polvo en la atmósfera, cambios en la temperatura de la superficie de los océanos y mares e incrementos en las concentraciones de bióxido de carbono, ocasionan variaciones espacio-temporales de las precipitaciones.

En términos generales, el gran efecto de la sequía puede reducirse a una sola palabra: hambruna, y en su última consecuencia, a la muerte, tanto de seres humanos como de los animales y plantas, de las cuales obtienen su sustento y sus medios de vida.

Actualmente, los efectos más desastrosos de una sequía se dejan sentir en el aspecto económico y social, ya que las enormes pérdidas en cosechas, animales, paro en la producción industrial, etc., ocasionan, entre otras cosas, reducción del poder adquisitivo de la población, migración obligada de la fuerza laboral hacia otras regiones menos afectadas, provocando un desequilibrio en la oferta-demanda de las fuentes de trabajo, retroceso en el nivel de vida y aspiraciones de la población afectada.

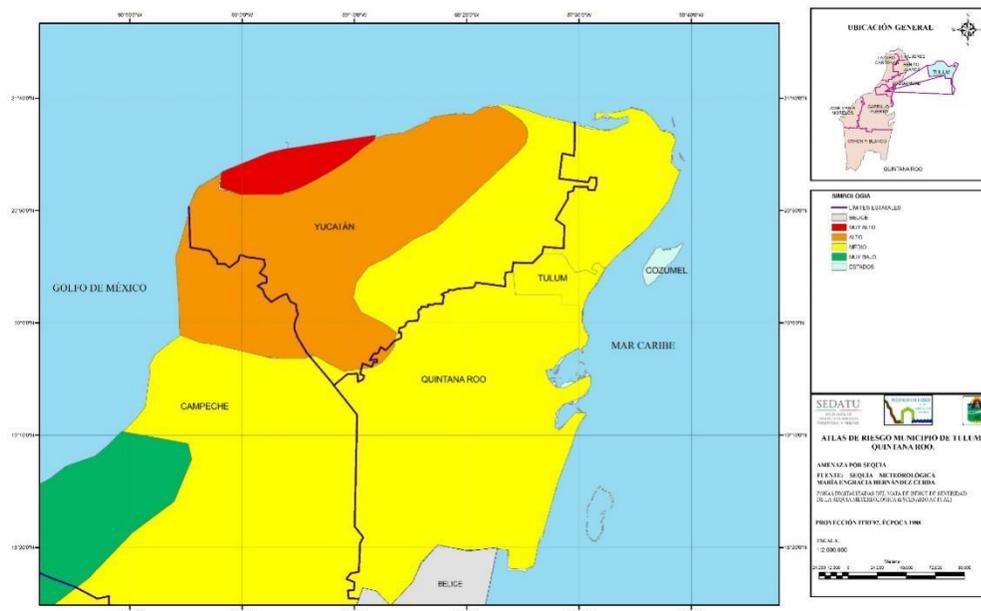
Existen razones de sospechar que las sequías se pueden autoperpetuar en cierto grado, ya que una vez que la superficie del suelo está libre de vegetación, una mayor cantidad de calor sensible es devuelta a la atmósfera como calor latente; además, la microturbulencia generada por un mayor calentamiento de la superficie, origina un mayor abastecimiento de núcleos de condensación procedentes del suelo mezclados a mayor profundidad en la atmósfera y esto conduce finalmente a un predominio de nubes de tipo cúmulus continentales sobre las marítimas, lo cual contribuye a la persistencia de la sequía.

Las sequías pueden presentarse en cualquier tiempo y en cualquier lugar, pero existen áreas específicas sensibles al fenómeno, definidas básicamente por su localización geográfica, como lo es la latitud, ya que a partir de la línea del Ecuador hacia los polos, en forma alterna, se presentan las franjas de baja y alta presión atmosférica, donde las primeras corresponden a las áreas lluviosas y húmedas en el planeta, desde el Ecuador hacia los 60° de latitud Norte y Sur y las segundas, corresponden a zonas donde los vientos son secos y descendentes, que no proporcionan lluvia y están alrededor de los 30° Norte y Sur, y en los polos (CENAPRED).

México, por su localización geográfica, es sumamente vulnerable a la acción desastrosa de las sequías, en los últimos años la sequía ha adquirido una gran relevancia por los daños que ocasiona, que con frecuencia superan en magnitud a los que producen otros fenómenos hidrometeorológicos y se torna más amenazador por el calentamiento atmosférico asociado al cambio global, entre cuyas secuelas el aumento en la frecuencia de sequías en determinadas zonas del planeta.

En el mapa se muestra que el país no tiene zonas que no sean afectadas por la sequía. En lo que respecta al índice de severidad designado como leve, se localizan tres áreas, la primera, sobre la llanura tabasqueña comprende parte de los siguientes estados: sur de Veracruz, norte de Oaxaca, la mayor parte de Tabasco y sur de Campeche; la segunda, en el extremo oriente de la cuenca del Balsas; y la tercera, en el Bajío donde abarca parte del estado de Jalisco y noroeste de Michoacán. Ocupan 6.3% de la superficie total del país. Por otro lado, cinco áreas del país tienen sequía severa: la de mayor extensión se ubica en el noreste de México y abarca el desierto chihuahuense y una prolongación, hacia el sur, que llega al estado de Guanajuato. Otra zona se localiza en el centro norte del estado de Sonora, y una más en la costa oriente de Baja California Sur. Las otras dos áreas, de menor extensión, se localizan: una sobre la costa oaxaqueña y otra en la costa noreste del estado de Yucatán. Todas ellas abarcan 24.4% de la superficie del país. Las áreas con severidad fuerte que también comprenden 24.4% del territorio nacional, se ubican en la mitad sur del país, y en una pequeña porción del norte del estado de Sinaloa.

Figura 8. Sequías meteorológicas

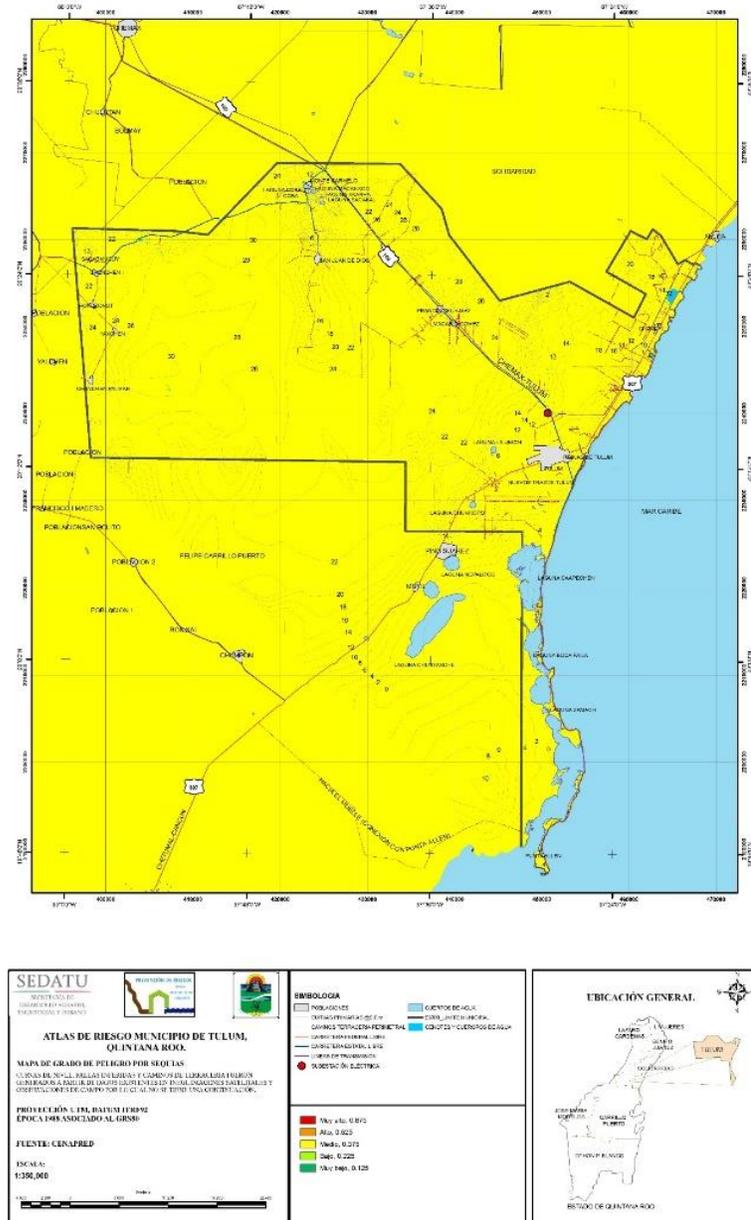


Fuente: María Engracia Hernández Cerda del Instituto de Geografía de la UNAM).

Tabla 10. Peligro por sequía.

NIVEL 1	EVIDENCIAS
<b>PELIGRO</b>	De acuerdo a la información disponible y a la zonificación mostrada en el mapa, el municipio se encuentra con un nivel de amenaza medio, de acuerdo a los recorridos realizados en campo, este fenómeno se refleja principalmente en la zona noroeste del municipio, en los poblados de SACABMUCUY, CHANCHEN I, HONDZONOT, YAXCHEN, CHANCHEN PALMAR, donde la deforestación que se presenta en estas zonas aumentan la vulnerabilidad por sequía, no se detectan otras zonas de consideración en el municipio.

Figura 9. Grado de peligro por sequias.



Fuente: CENAPRED.

### 2.5.2.3. Heladas.

La helada es la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0°C. La cubierta de hielo es una de sus formas producida por la sublimación del vapor de agua sobre los objetos; ocurre cuando se presentan dichas temperaturas.

Las heladas se presentan particularmente en las noches de invierno por una fuerte pérdida radiactiva. Suele acompañarse de una inversión térmica junto al suelo, donde se presentan los valores mínimos, que pueden descender a los 2°C o aún más. Desde el punto de vista agroclimático, es importante considerar a dicho fenómeno, dados sus efectos en el sector agrícola. Pero es relevante, aunque en menor grado, las afectaciones a la salud de la población que es influenciada por las olas de frío.

En el norte y centro de la República Mexicana, durante los meses fríos del año (noviembre-febrero), se presentan temperaturas menores de 0 ° C debido al ingreso de aire polar continentales, generalmente secas, provenientes de Estados Unidos.

Las heladas más intensas están asociadas al desplazamiento de las grandes masas polares que desde finales del otoño, se desplazan de norte a sur sobre el país.

En México, la distribución de las heladas se manifiesta, principalmente en dos grandes regiones, la primera y la más extensa está sobre las sierras Tarahumara, de Durango y Tepehuanes, que comprende a los estados de Chihuahua, Durango, Sonora y Zacatecas; la segunda, aunque no de menor importancia se localiza en la parte centro del país, que incluye los estados de Michoacán, Estado de México, Distrito Federal, Tlaxcala, Puebla e Hidalgo, región que limita con el Sistema Volcánico Transversal. Otras áreas expuestas a bajas temperaturas se localizan en las Sierras de San Pedro Mártir y de Juárez, Baja California. Una más cubre algunas porciones de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas, en todas estas regiones existen cerca de 120 días con heladas. En cambio, las zonas costeras poseen ausencia de este fenómeno; como la vertiente del golfo de México, el sur del río Pánuco y hasta la península de Yucatán, e incluso el istmo de Tehuantepec, además de la llanura del océano Pacífico (CENAPRED).

De acuerdo a las 9 estaciones climatológicas que se han manejado para la obtención de los registros históricos en lo que respecta al clima, no se tienen registros sobre este fenómeno meteorológico para ser evaluado en el municipio.

Tabla 11. Evidencias de las temperaturas Máximas y Mínimas

MÉTODO NIVEL 1	EVIDENCIAS
----------------	------------

<p>SE OBTUVIERON LOS DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LAS ESTACIONES DEL SMN MÁS PROXIMAS AL MUNICIPIO DEL PERIODO DE 1951 AL 2010</p>	<p>NO SE TIENEN REGISTROS CON TEMPERATURAS IGUALES O MENORES A 0°C., LA TEMPERATURA MÁS BAJA REGISTRADA EN 9 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS FUE DE 4°C Y SE PRESENTA EN COBA.</p>
---	--

#### 2.5.2.4. Tormentas De Granizo.

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbus son arrastrados por corrientes ascendentes de aire.

##### Origen y Características

El granizo se forma durante las tormentas eléctricas, cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbo son arrastrados verticalmente por corrientes de aire turbulento características de las tormentas. Las piedras de granizo crecen por las colisiones sucesivas de estas partículas de agua muy enfriada, esto es, de agua que está a una temperatura menor que la de su punto de solidificación, pero que permanece en estado líquido. Esta agua queda suspendida en la nube por la que viaja. Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen hacia el suelo. Las piedras de granizo tienen diámetros que varían entre 2 mm y 13 cm, y las mayores pueden ser muy destructivas. A veces, varias piedras pueden solidificarse juntas formando grandes masas informes y pesadas de hielo y nieve.

##### Zonas de Afectación

La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño. En las zonas rurales, los granizos destruyen las siembras y plantíos; a veces causan la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones y áreas verdes. En ocasiones, el granizo se acumula en cantidad suficiente dentro del drenaje para obstruir el paso del agua y generar inundaciones durante algunas horas. Las zonas más afectadas de México por tormentas de granizo son el altiplano de México y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora (CENAPRED).

Tabla 12. Evidencias de Tormentas de Granizo.

MÉTODO	EVIDENCIAS
NIVEL 1	

<p><b>SE OBTUVIERON LOS DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LAS ESTACIONES DEL SMN MÁS PROXIMAS AL MUNICIPIO DEL PERIODO DE 1951 AL 2010</b></p>	<p>NO SE TIENEN REGISTROS CON DIAS DE GRANIZO EN LASS 9 ESTACIONES MÁS PROXIMAS AL SITIO DE ESTUDIO.</p>
--	--

**Tabla 13. Registro de días con granizo.**

ESTACIÓN	UBICACIÓN	PERIODO	DIAS CON GRANIZO
23163	PLAYA DEL CARMEN	1951-2010	0
23012	COBA	1951-2010	0
23025	TULUM	1951-2010	0
23003	F. CARRILLO PUERTO	1951-2010	0
23162	LAGUNA CANA	1951-2010	0
23027	VICTORIA	1951-2010	0
23007	TAMPAK	1951-2010	0
23157	IDEAL	1951-2010	0
31036	VALLADOLID	1951-2010	0

Fuente:SMN.

#### **2.5.2.5. Tormentas de Nieve.**

Las nevadas, también conocidas como tormentas de nieve, son una forma de precipitación sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de solidificación del agua. La condensación de la nieve tiene la forma de ramificaciones intrincadas de cristales hexagonales planos en una variedad infinita de patrones.

Los copos de nieve tienen diferentes formas y tamaño, ello depende de la temperatura y humedad de la atmósfera, aunque todos presentan estructuras hexagonales, ver imagen, debido a la manera en cómo se agrupan las moléculas de oxígeno e hidrógeno al congelarse el agua.

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas son los que ocurren generalmente durante el invierno, como son las masas de aire polar y los frentes fríos, que en algunas ocasiones llegan a interactuar con corrientes en chorro, líneas de vaguadas, y entrada de humedad de los océanos hacia tierra. Estos fenómenos provocan tormentas invernales que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve.

Debido a la situación geográfica de nuestro país son pocas las regiones que padecen de nevadas, siendo más acentuado este fenómeno en regiones altas como montañas o sierras, principalmente, durante el invierno. Un caso extraordinario ocurrió en el invierno de 1967, donde aproximadamente el 50% del territorio nacional resultó afectado por una nevada, incluso en el Valle de México.

Las nevadas principalmente ocurren en el norte del país y en las regiones altas, y rara vez se presentan en el sur. Durante la estación invernal en las sierras del estado de Chihuahua suceden en promedio más de seis nevadas al año, mientras que en algunas regiones al norte de Durango y Sonora, las nevadas tienen una frecuencia de tres veces al año.

También se han registrado nevadas que han afectado a las ciudades del centro del país, como las de Toluca, México, Puebla, Tlaxcala y San Luis Potosí. Eventualmente pueden formarse nevadas en el altiplano de México por la influencia de las corrientes frías provenientes del norte del país. Históricamente las zonas donde su ocurrencia es más frecuente son los volcanes como el Pico de Orizaba, Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Nevado de Toluca; también en las sierras de Chihuahua, Durango, Sonora, Coahuila, Baja California y Nuevo León y, en menor frecuencia, en la zona del Bajío (Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Jalisco), así como en las partes altas del Valle de México, como es el Ajusco (CENAPRED).

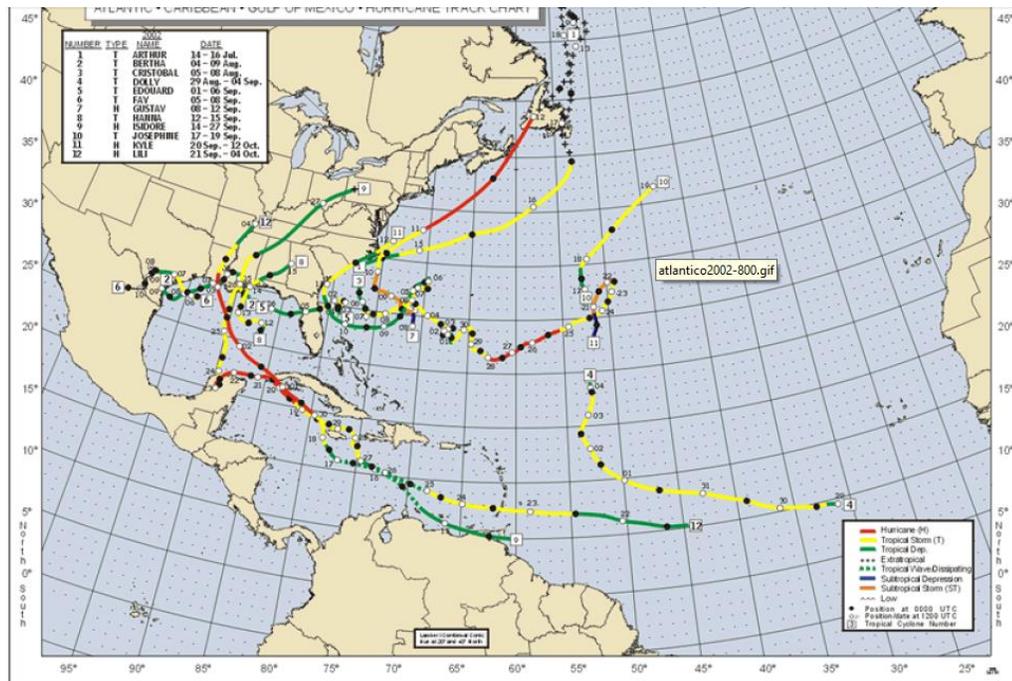
#### **2.5.2.6. Huracanes.**

##### **CICLONES 2002.**

En el Atlántico, durante la temporada de ciclones del año 2002, se generaron dos depresiones tropicales, ocho tormentas tropicales y cuatro huracanes. De estos últimos, los más intensos fueron "Lili" e "Isidore" con categoría IV y III respectivamente, en la escala de intensidad Saffir-Simpson y les siguieron "Gustav" y "Kyle", ambos con categoría I.

Durante esta temporada, sólo uno de los ciclones que se generaron en la cuenca del Atlántico afectó directamente en territorio de México. El intenso huracán "Isidore" afectó fuertemente sobre la península de Yucatán y posteriormente como tormenta tropical en el Sur de Estados Unidos.

Figura 10. TRAYECTORIA DE HURACANES 2002.



Fuente: NATIONAL HURRICANE CENTER.

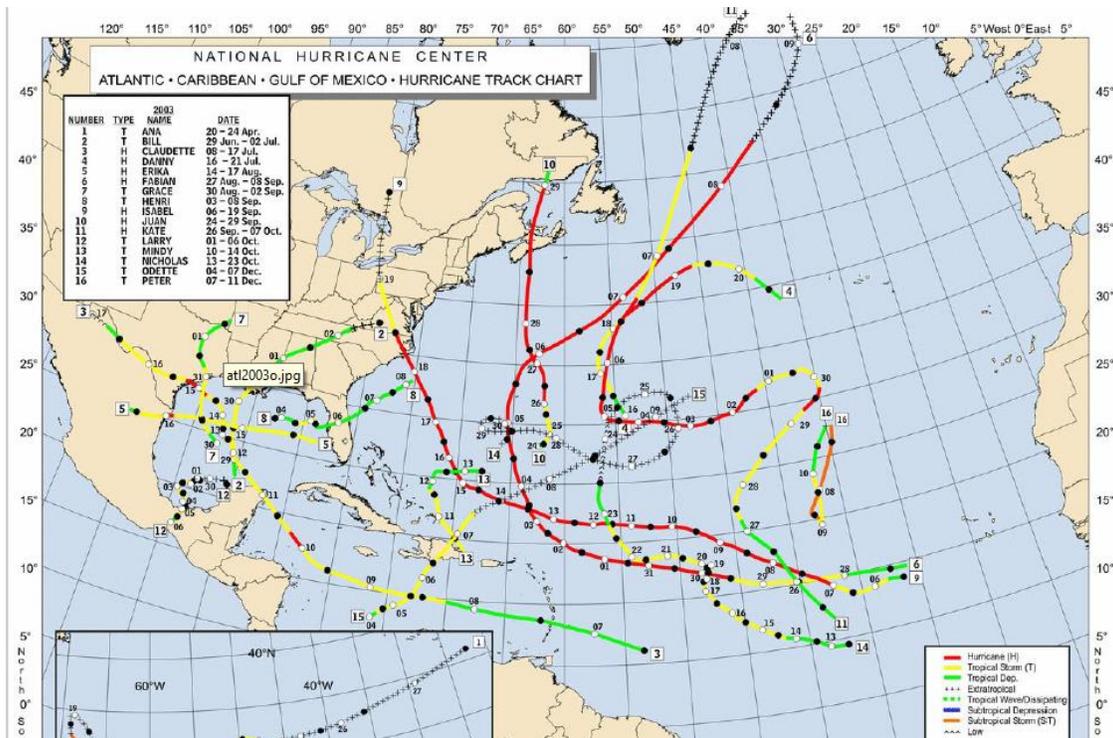
### CICLONES 2003

En el Atlántico, durante la temporada de ciclones del año 2003, se generaron cinco depresiones tropicales, diez tormentas tropicales y seis huracanes. De estos últimos, los más intensos fueron "Isabel", de categoría V, "Fabián" de categoría IV y "Kate" de categoría III, en la escala de intensidad Saffir-Simpson, seguidos de "Juan", de categoría II y "Claudette", "Danny" y "Erika" de categoría I.

Durante esta temporada, tres de los ciclones que se generaron en el Atlántico afectaron directamente en territorio de México.

El primero de los ciclones que afectó las costas de México por el lado del Atlántico, fue el huracán "Claudette", cuya trayectoria se desarrolló del 8 al 16 de julio. En la madrugada del día 11 de julio, todavía como tormenta tropical, "Claudette" tocó tierra en la costa del estado de Quintana Roo, a 25 km al Sur-Suroeste de Cancún, Q. R., con vientos máximos sostenidos de 90 km/h y rachas de 110 km/h. Después de atravesar el extremo Noreste de la Península de Yucatán, salió al Golfo de México y siguió su trayectoria con rumbo predominante hacia el Noroeste.

Figura 11. TRAYECTORIA DE HURACANES 2003.

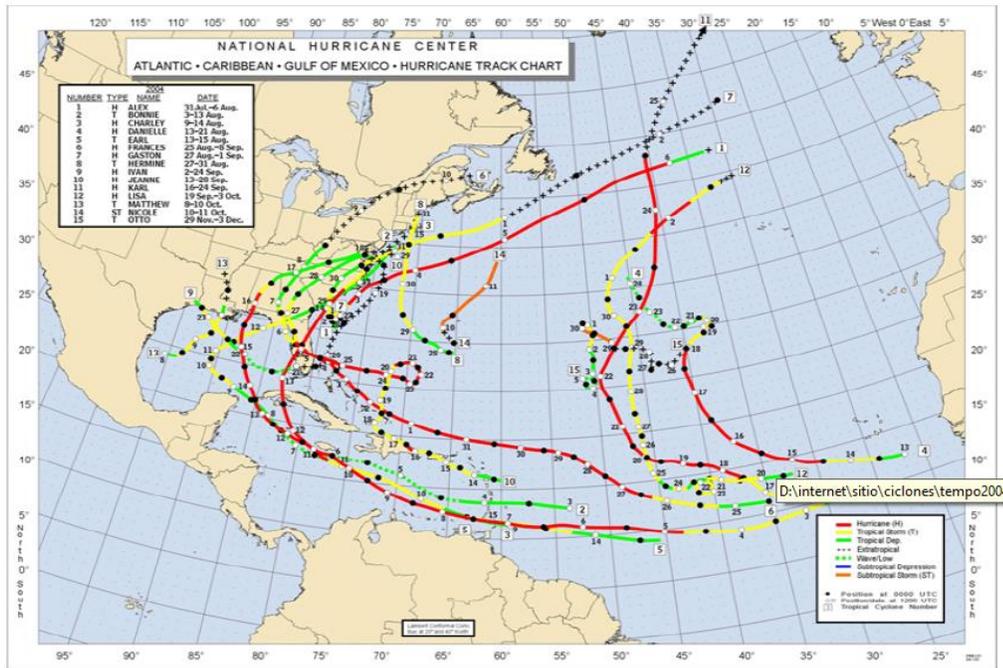


Fuente: NATIONAL HURRICANE CENTER.

### CICLONES 2004

En el Atlántico, la temporada ciclónica se desarrolló desde el 31 de julio hasta el 2 de diciembre, generándose un total de una depresión tropical, siete tormentas tropicales y ocho huracanes, de los cuales seis fueron huracanes intensos, siendo el mayor de ellos, el huracán "Iván" de categoría V en la escala de intensidad de Saffir-Simpson, con vientos máximos sostenidos de 270 km/h, seguido de "Charley", "Francés" y "Karl" de categoría IV y por "Alex" y "Jeanne" de categoría III.

Figura 12. TRAYECTORIA DE HURACANES 2004.



Fuente: NATIONAL HURRICANE CENTER.

### CICLONES 2005

En el Atlántico, durante la temporada de ciclones del año 2005, se generaron 14 huracanes, 13 tormentas tropicales y 3 depresiones tropicales. De los huracanes, los más intensos fueron “Emily”, “Katrina”, “Rita” y “Wilma” de categoría V, “Dennis”, de categoría IV y “María” y “Beta” de categoría III, en la escala de intensidad SaffirSimpson.

Durante esta activa temporada en el Atlántico, siete ciclones impactaron directamente en las costas de México, el primero de ellos fue la tormenta tropical “Bret”, que tocó tierra en las cercanías de la población de Tuxpan, Ver., en las primeras horas del día 29 de junio con vientos máximos sostenidos de 65 km/h, afectando al estado de Veracruz, además de Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo.

El segundo ciclón de la temporada que afectó en México fue la depresión tropical “Cindy”; tocó tierra al Sureste de Felipe Carrillo Puerto, Q. R. en la madrugada del día 4 de julio, localizándose un poco después a 10 km al Oeste de esa misma población.

El tercer ciclón que impactó a México fue el huracán “Emily”; el día 18 de julio, un poco después de las 2:00 de la mañana, “Emily” tocó tierra en las inmediaciones de Tulum, Q. R., como huracán de categoría IV de la escala de intensidad SaffirSimpson, con vientos máximos sostenidos de 215 km/h. Después de avanzar sobre la parte Noreste de la Península de Yucatán, “Emily” salió al Golfo de México, el cual cruzó con rumbo Noroeste, y así, aproximadamente a las 9:00 horas del día 20 de julio, tocó tierra por segunda vez, ahora entre las poblaciones de El Mezquite y Carboneras del municipio de San Fernando.

Tamaulipas, como huracán de categoría III, con vientos máximos sostenidos de 205 km/h.

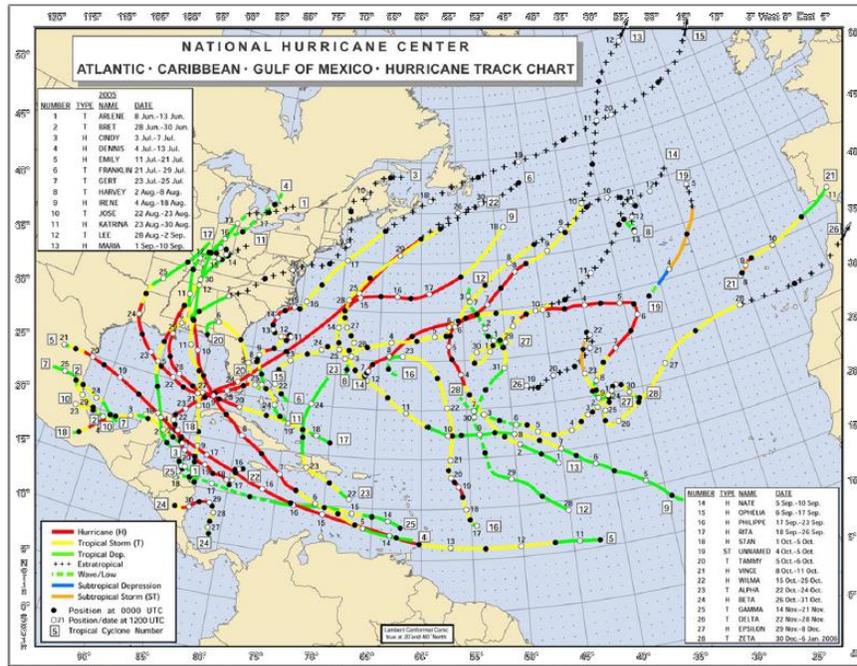
El huracán “Stan”, vigésimo ciclón de la temporada en el Atlántico, fue el sexto que afectó directamente las costas nacionales por el Oriente del país; tocó la costa de Quintana Roo, como tormenta tropical, aproximadamente a las 7:00 horas del día 2 de octubre, a 33 km al Este Noreste de Felipe Carrillo Puerto con vientos máximos sostenidos de 75 km/h y rachas de 95 km/h. Después de cruzar la Península de Yucatán siguió su trayectoria sobre el Golfo de México con rumbo hacia la costa de Veracruz y, poco antes de las 10:00 horas local del día 4 de octubre “Stan” impactó tierra entre Punta Roca Partida y Monte Pío, Ver., a 20 km al Noreste de San Andrés Tuxtla, Ver., con vientos máximos sostenidos de 130 km/h, como huracán de categoría I.

El último ciclón tropical que afectó directamente las costas de México por el lado del Atlántico fue el intenso huracán “Wilma”. El día 19 de octubre por la mañana, cuando estaba a 520 km al Este–Sureste de Punta Allen, mantenía vientos máximos sostenidos de 280 km/h y registró la presión más baja en toda la historia de los ciclones en el Atlántico con 882 hPa.

El día 21 octubre a partir del mediodía avanzó sobre la isla de Cozumel, la cual, tres horas después, quedó rodeada por el ojo del huracán, mientras mantenía vientos máximos sostenidos de 230 km/h, aproximadamente a las 20:30 horas impacto tierra sobre la población de Puerto Morelos, Q. R., con vientos máximos sostenidos de 220 km/h y rachas de 270 km/h, como huracán de categoría IV.

El día 24 octubre en la madrugada, cuando se encontraba frente a la costa Sur de la Península de La Florida, a 90 km al Suroeste de Naples, Florida, el huracán “Wilma” alcanzó vientos máximos sostenidos de 205 km/h con rachas de 250 km/h, misma fuerza con la que aproximadamente a las 6:30 horas golpeo la costa Suroeste de La Florida.

Figura 13. TRAYECTORIA DE HURACANES 2005.



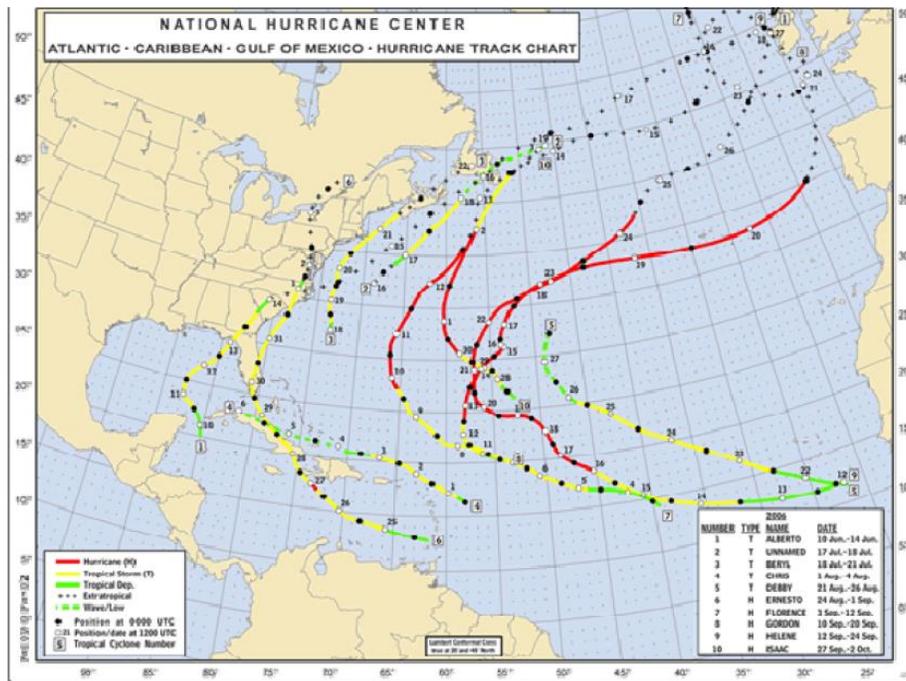
Fuente: NATIONAL HURRICANE CENTER.

### Ciclones 2006

En el Atlántico, durante la temporada de ciclones del año 2006, se generaron 9 ciclones. De los cuales, cinco alcanzaron intensidad de huracanes y cuatro fueron tormentas tropicales. De los huracanes, los más intensos fueron “Helene” y “Gordon”, ambos de categoría III en la escala Saffir-Simpson, con vientos máximos sostenidos de 205 km/h y 185 km/h, respectivamente.

Durante la temporada del año 2006, en el Atlántico ningún ciclón impactó directamente en las costas de México.

Figura 14. TRAYECTORIA DE HURACANES 2006.



Fuente: NATIONAL HURRICANE CENTER.

## CICLONES 2008

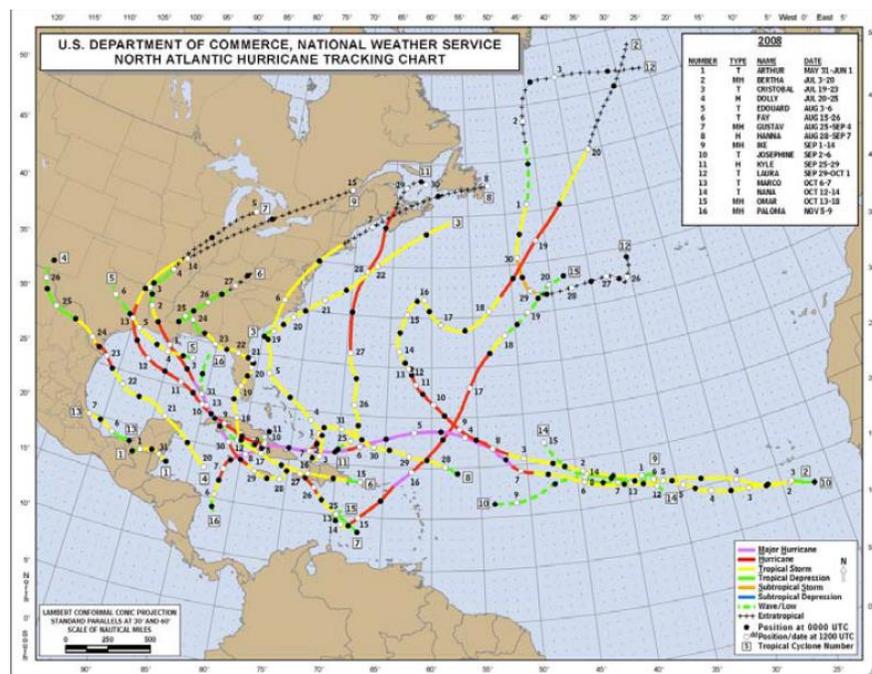
En el Atlántico, durante la temporada de ciclones del año 2008, se generaron 17 ciclones, de los cuales, ocho alcanzaron intensidad de huracanes, ocho se desarrollaron a tormentas tropicales y una sólo alcanzó la etapa de depresión tropical. Los huracanes más intensos fueron, por orden de aparición, “Gustav”, con vientos máximos sostenidos de 240 km/h y rachas de 295 km/h, “Ike”, con vientos máximos sostenidos de 215 km/h y rachas de 260 km/h y “Paloma”, con vientos máximos sostenidos de 230 km/h y rachas de 275 km/h, los tres de categoría IV en la escala Saffir-Simpson, además, los huracanes “Bertha”, con vientos máximos sostenidos de 195 km/h y rachas de 240 km/h y “Omar” con vientos máximos sostenidos de 205 km/h y rachas de 250 km/h, ambos de categoría III.

Tres ciclones impactaron a México durante la temporada 2008, generados en el Atlántico.

El primero de ellos fue la tormenta tropical “Arthur”, la cual presentó un recorrido sobre el Sur de Quintana Roo, Campeche y Oriente de Tabasco, durante su evolución de tormenta a depresión tropical, durante el 31 de mayo y 1 de junio. Los remanentes de “Arthur” ocasionaron lluvias intensas en el Sureste de México, con una acumulación máxima en 24 horas de 212 mm en Pijijiapan, Chiapas. No se reportaron daños significativos ni decesos asociados con “Arthur” en México.

El segundo de los ciclones que afectaron las costas orientales de México fue la tormenta tropical “Dolly”, el cual tocó tierra por la parte Sur de la Laguna de Nichupté, al Sur de Cancún, Quintana Roo, aproximadamente a las 01:30 horas local del día 21 de julio, con vientos máximos sostenidos de 85 km/h y rachas de 100 km/h. Después de cruzar el Golfo de México, llegó nuevamente a territorio de México, cruzando la frontera con Estados Unidos en las cercanías de la población de Nuevo Laredo, Tamaulipas, con vientos máximos sostenidos de 65 km/h y rachas de 85 km/h, el día 24 de julio a las 11:45 horas local. “Dolly” afectó con lluvias fuertes a los estados de Quintana Roo y Yucatán en su primer recorrido sobre México, y posteriormente con lluvias intensas en Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila en su segundo impacto. La lluvia máxima en 24 horas fue de 162.2 mm en Matamoros, Tamaulipas. No se reportaron muertes asociadas con “Dolly” en territorio mexicano.

Figura 15. TRAYECTORIA DE HURACANES 2008.



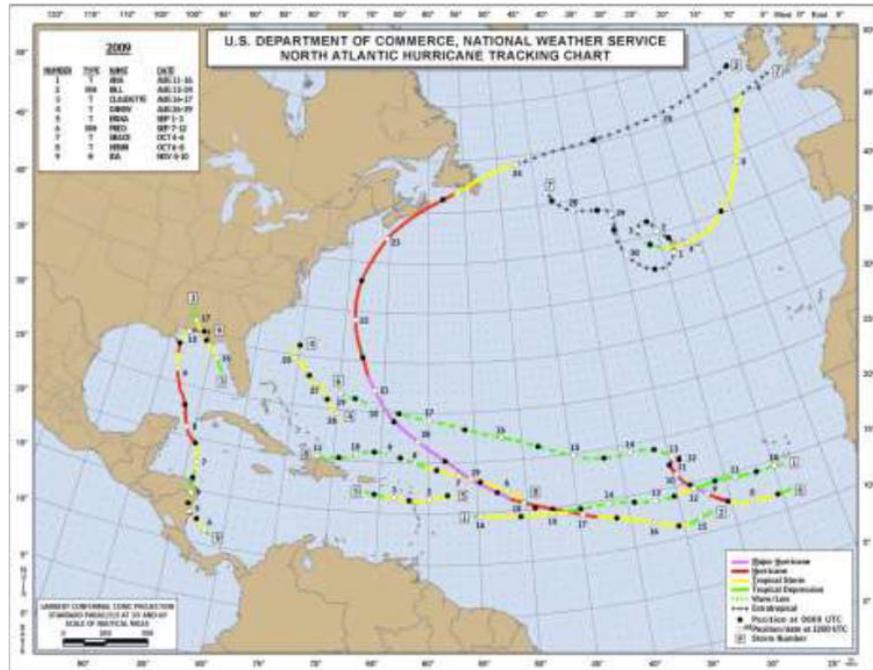
Fuente: NATIONAL HURRICANE CENTER.

## CICLONES 2009

En el Atlántico, durante la temporada de ciclones del año 2009, se generaron 11 ciclones, de los cuales, 3 alcanzaron intensidad de huracanes, 6 se desarrollaron a tormentas tropicales y 2 alcanzaron la etapa de depresión tropical. El huracán más intenso fue “Bill” con vientos máximos sostenidos de 215 km/h y rachas de 260 km/h de categoría IV en la escala Saffir-Simpson. También “Bill” fue el de mayor recorrido con 8,100 km y el de mayor duración con 216 horas.

La temporada de ciclones 2009 en el Atlántico, tuvo un inicio temprano con la presencia del primero de los ciclones el 28 de mayo y llama la atención los meses de junio y julio por su falta de actividad ciclónica. La temporada terminó el 9 de noviembre.

Figura 16. TRAYECTORIA DE HURACANES 2009.



Fuente: NATIONAL HURRICANE CENTER.

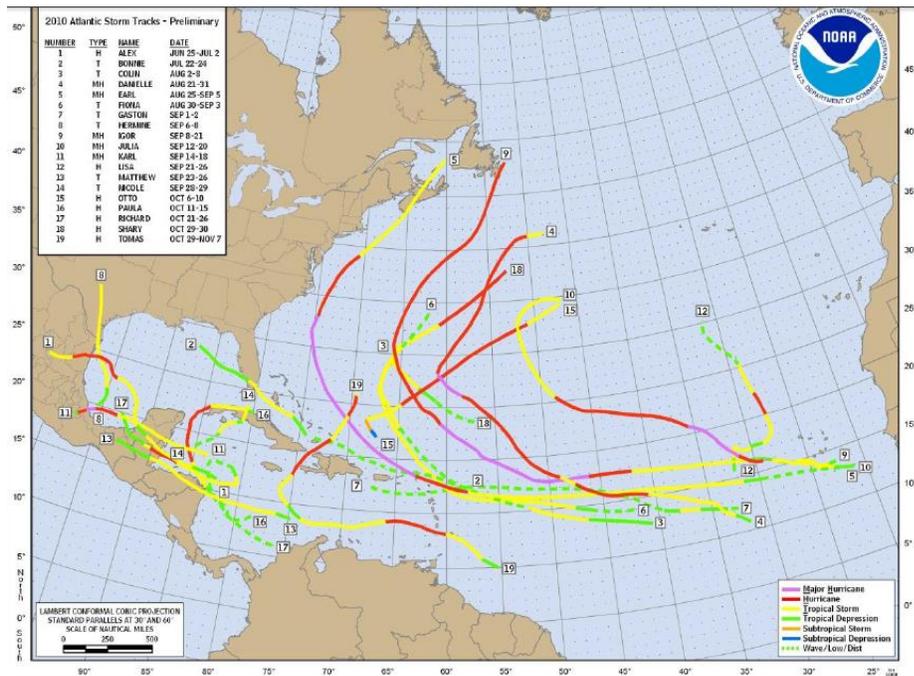
### CICLONES 2010.

En el Atlántico, durante la temporada del año 2010, se generaron un total de 21 ciclones tropicales, de los cuales 19 tuvieron un nombre y de éstos, siete llegaron a la categoría de tormenta tropical y once alcanzaron intensidad de huracán, complementándose el total con dos depresiones tropicales. De los huracanes, el más intenso fue "Igor", de categoría IV en la escala Saffir-Simpson, con vientos máximos sostenidos de 240 km/h y rachas de 295 km/h.

De los ciclones que se generaron en la cuenca del Océano Atlántico durante la temporada del año 2010, seis tocaron tierra directamente en las costas de México, en primer lugar "Alex", ciclón que tocó territorio de México, el día 26 de junio, aproximadamente a las 21:30 horas local en el extremo Suroeste del estado de Quintana Roo, como tormenta tropical, a 90 km al Suroeste de Chetumal, Quintana Roo, con vientos máximos sostenidos de 95 km/h y rachas de 110 km/h.

“Karl” fue el cuarto ciclón que llegó a territorio de México, también impactó en dos ocasiones, primero como tormenta tropical, a 15 km al Sur-Suroeste de Puerto Bravo, Quintana Roo, con vientos máximos sostenidos de 100 km/h y rachas de 120 km/h el día 15 de septiembre, a las 7:45 horas local tiempo del Centro de México. Impactó en tierra firme por segunda vez, en la población de Playa Chachalacas, a 15 km al Norte de la ciudad de Veracruz, Veracruz, con vientos máximos sostenidos de 185 km/h y rachas de 230 km/h, a las 12:00 horas local, del día 15 de septiembre, como un huracán extremadamente peligroso, de categoría III.

Figura 17. TRAYECTORIA DE HURACANES 2010.



Fuente: NATIONAL HURRICANE CENTER.

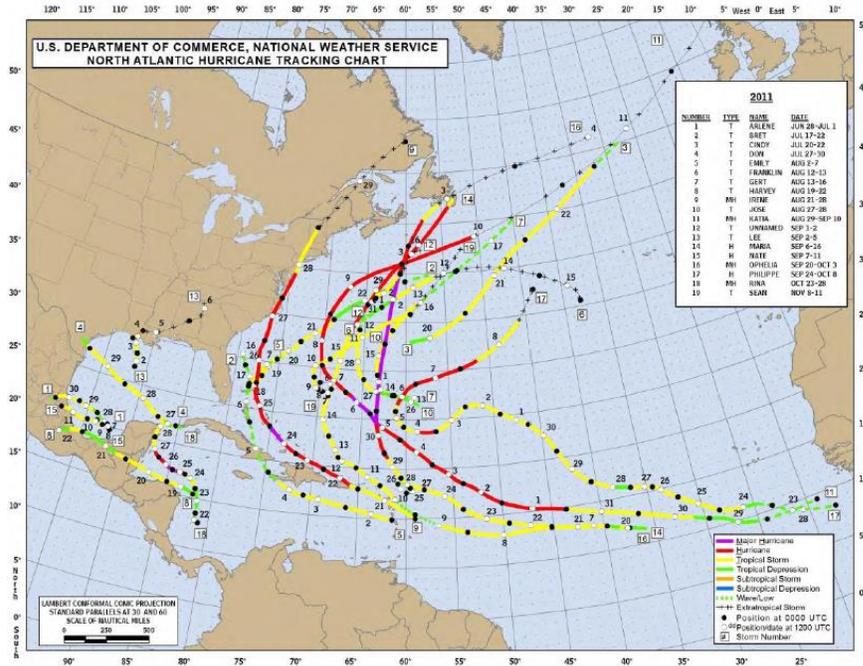
### CICLONES 2011.

En el Atlántico se desarrollaron 5 huracanes, 3 tormentas tropicales y una depresión tropical. De los huracanes, el más intenso fue “Ophelia”, de categoría IV en la escala Saffir-Simpson, con vientos máximos sostenidos de 220 km/h y rachas de 275 km/h.

Cuatro ciclones impactaron directamente a México durante la temporada 2011, generados en el Golfo de México o el Mar Caribe.

A su vez, la tormenta tropical “Rina”, el cuarto meteoro que impactó en territorio mexicano, se aproximó a 30 km al Oeste de la isla de Cozumel, Quintana Roo, durante el día 27 de octubre, con vientos máximos de 95 km/h. Se reportó una lluvia máxima de 234.5 mm en Cozumel, Q Roo. No se reportaron decesos ni daños materiales significativos.

Figura 18. TRAYECTORIA DE HURACANES 2011.



Fuente: NATIONAL HURRICANE CENTER.

## CICLONES 2012.

### Huracán "Ernesto"

El día 1° de agosto por la tarde se formó la depresión tropical No. 5 de la temporada de ciclones 2012 en la cuenca del Océano Atlántico. Se inició a 1,300 km al Este de las Antillas Menores y a 4,200 km al Este de las costas de Quintana Roo, con vientos máximos sostenidos de 55 km/h y rachas de 75 km/h, misma fuerza con la que se mantuvo hasta la tarde del día 2, cuando se desarrolló a tormenta tropical con el nombre de "Ernesto", alcanzando vientos máximos sostenidos de 85 km/h y rachas de 100 km/h a una distancia de 3,345 km al Este de la costa de Quintana Roo.

Mientras seguía su trayecto hacia el Oeste viajando en la periferia Sur de la amplia circulación anticiclónica de las Azores, la tormenta tropical "Ernesto" siguió fortaleciéndose y así, el día 7 de agosto a las 13:00 horas local, tiempo de México, después de haber atravesado a todo lo largo del Mar Caribe, se intensificó a huracán con vientos máximos sostenidos de 130 km/h y rachas de 160 km/h a 295 km al Este de Chetumal, Q.R.

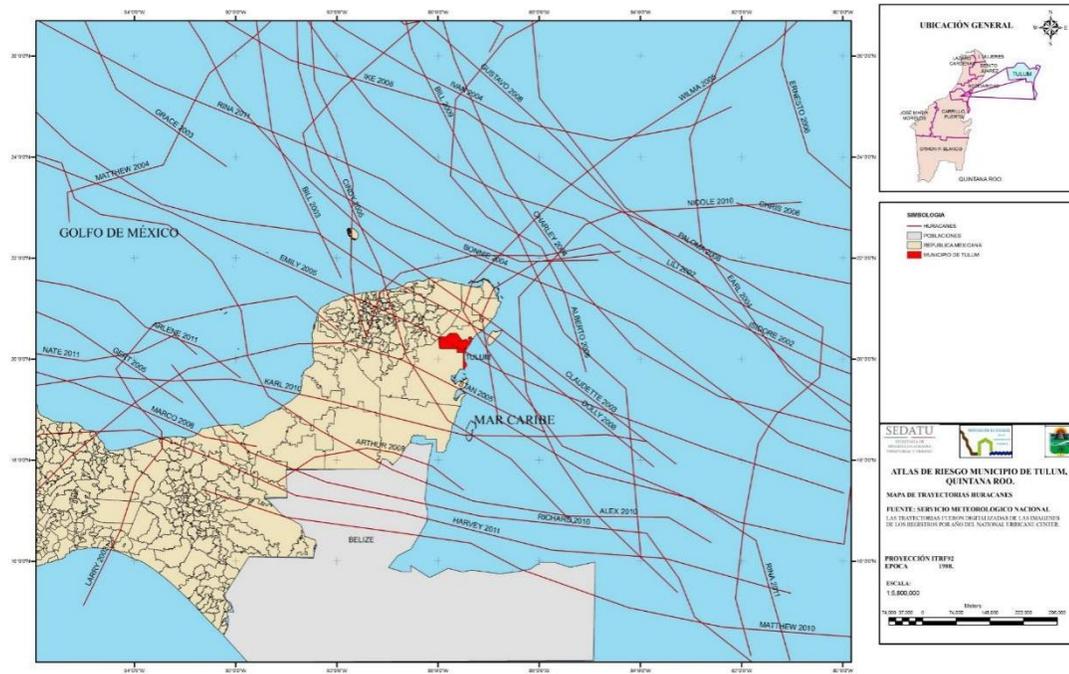
Ya como huracán, "Ernesto" siguió aumentando su fuerza y a las 22:00 horas, tiempo del centro de México se encontraba sobre la línea de costa, en las inmediaciones de la población de Majahual, Quintana Roo y a 65 km al Este-Noreste de Chetumal, Quintana Roo con vientos máximos sostenidos de 140 km/h y rachas de 165 km/h.

Los huracanes son frecuentes en el Caribe y Sian Ka'an presenta un frente amplio a su trayectoria, 12 de ellos han entrado por sus costas en los últimos 88 años. Los últimos huracanes se registraron en 1974, 1987 y 1995. Las consecuencias destructivas de los huracanes para los asentamientos humanos y los cultivos de litoral han sido una de las causas por las que Sian Ka'an se encuentra despoblado.

**Tabla 14. Clasificación de los ciclones tropicales de Saffir-Simpson**

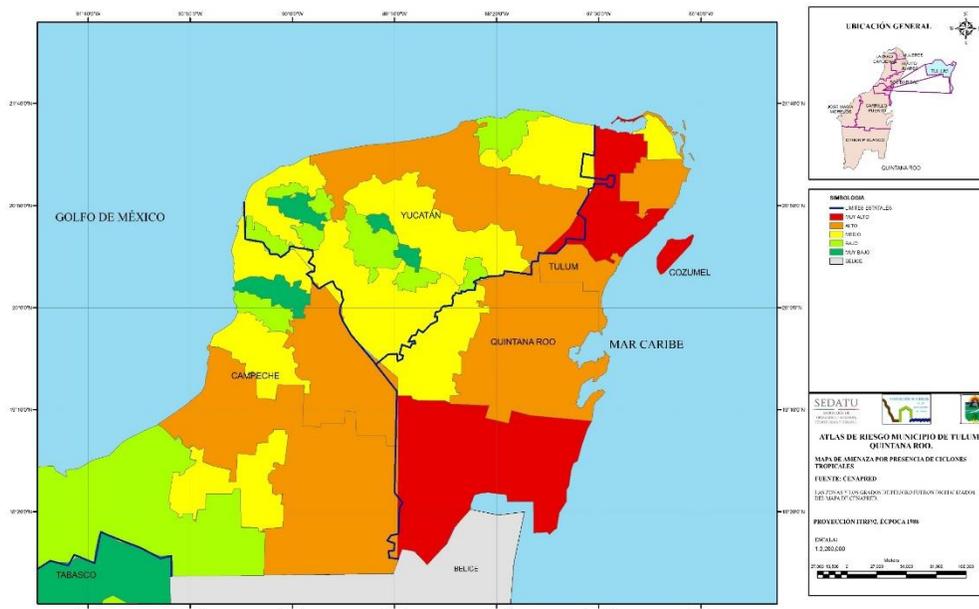
<b>Categoría</b>	<b>Presión central (mb)</b>	<b>Vientos (km/h)</b>	<b>Marea (m)</b>	<b>Características</b>
<b>Perturbación tropical</b>	1008.1 a 1010			Ligera circulación de vientos
<b>Depresión tropical</b>	1004.1 a 1008	<62		Localmente destructivo
<b>Tormenta tropical</b>	985.1 a 1004	62.1 a 118	1.1	Tiene efectos destructivos
<b>Huracán categoría 1</b>	980.1 a 985	118.1 a 154	1.5	Altamente destructivo
<b>Huracán categoría 2</b>	965.1 a 980	154.1 a 178	2.0 a 2.5	Altamente destructivo
<b>Huracán categoría 3</b>	945.1 a 965	178.1 a 210	2.5 a 4.0	Extremadamente destructivo
<b>Huracán categoría 4</b>	920.1 a 945	210.1 a 250	4.0 a 5.5	Extremadamente destructivo
<b>Huracán categoría 5</b>	< 920	> 250	> 5.5	El más destructivo

Figura 19. Trayectoria de huracanes que afectaron al Estado de Quintana Roo en años recientes.



Fuente: SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL.

Figura 20. Amenaza por presencia de ciclones.



Fuente: CENAPRED.

**Tabla 15. Amenaza por presencia de Huracanes.**

NIVEL 1	EVIDENCIAS
<b>Amenaza</b>	<p>Los mapas anteriores corresponden a las trayectorias históricas de los huracanes en la península de Yucatán obtenidas del Servicio Meteorológico Nacional, así mismo el mapa de amenaza por presencia de huracanes, por la cercanía a la costa el nivel de amenaza por presencia de huracanes es alto, debido a la geomorfología del municipio, las trayectorias de los huracanes no se modifican considerablemente una vez que llega a tierra, los ecosistemas más expuestos son las zonas de arrecifes ya que son la primer barrera que se encuentra un huracán en su trayectoria al municipio.</p> <p>La población con un grado de alto a muy alto de amenaza por este fenómeno es Punta Allen debido a su lejanía con partes céntricas del municipio, a la poca elevación del suelo, así como a las constantes afectaciones que tiene el camino que une a dicho poblado con Tulum, por lo que deberá ser uno de los principales objetivos al presentarse algún fenómeno en función de su geomorfología y número de turistas presentes.</p>

### 2.5.2.7. Tornados

Un tornado es la perturbación atmosférica más violenta en forma de vórtice, el cual aparece en la base de una nube de tipo cumuliforme, resultado de una gran inestabilidad, provocada por un fuerte descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica alrededor de éste. De acuerdo con el Servicio Meteorológico de los EUA (NWS, 1992), los tornados se forman cuando chocan masas de aire con diferentes características físicas de densidad, te, humedad y velocidad.

Cuando se observa un tornado se puede distinguir una nube de color blanco o gris claro, mientras que el vórtice se encuentra suspendido de ésta; cuando el vórtice hace contacto con la tierra se presenta una nube de un color gris oscuro o negro debido al polvo y escombros que son succionados del suelo por la violencia del remolino. Estos vórtices llamados también chimeneas o mangas, generalmente rotan en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y al contrario en el hemisferio sur. En algunas ocasiones se presentan como un cilindro, con dimensiones que pueden ser desde decenas de metros hasta un kilómetro; el diámetro puede variar ligeramente entre la base de la nube y la superficie del suelo.

Algunos tornados están constituidos por un solo vórtice, mientras que otros forman un sistema de varios de ellos que se mueven en órbita alrededor del centro de la circulación más grande del tornado. Estos vórtices se pueden formar y desaparecer en segundos.

En la tabla, se presentan las diferencias que existen entre un tornado, un huracán y un remolino, con el fin de dejar claro que son fenómenos distintos. Dentro de un huracán se pueden registrar tornados, pero no viceversa, con lo cual se marca la primera gran diferencia; un huracán tiene una mayor escala de desarrollo y un tornado es de carácter local (la rapidez con la que ocurre lo hace más peligroso). Es importante señalar que el remolino no se deriva de una tormenta severa.

Los tornados pueden ser locales, pero la rapidez con que se desarrollan los hace muy peligrosos para la gente. Los daños que ocasionan son diversos, entre los que destacan: pérdidas económicas a la agricultura, a las viviendas, a la infraestructura urbana, lesiones, cortaduras e incluso, pérdidas humanas.

Existen varias escalas para medir la intensidad de un tornado, pero la aceptada universalmente es la Escala de Fujita (también llamada Fujita-Pearson Tornado Intensity Scale), elaborada por Tetsuya Fujita y Allan Pearson de la Universidad de Chicago en 1971. Esta escala se basa en la destrucción ocasionada a las estructuras realizadas por el hombre y no al tamaño, diámetro o velocidad del tornado. Por lo tanto, no se puede calcular su intensidad a partir de la observación directa; se deben evaluar los daños causados por el meteoro. Hay seis grados (del 0 al 5) y se antepone una F en honor del autor. A diferencia de los Estados Unidos de América, en México no existe sistema alguno que permita alertar la presencia de este fenómeno hidrometeorológico; sin embargo, ya comienza a haber instrumentación capaz de detectar superceldas y, tal vez, tornados, como es el caso del radar Doppler "Mozotal", recientemente instalado en el estado de Chiapas, operado por el Servicio Meteorológico Nacional, y cuya imagen puede ser consultada en la página de internet de esta institución (fuente: <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/riesgos-hidrometeorologicos/tornados>).

#### **2.5.2.8. Tormentas Eléctricas**

Una tormenta eléctrica es un fenómeno meteorológico caracterizado por la presencia de rayos y sus efectos sonoros en la atmósfera terrestre denominados truenos.[] El tipo de nubes meteorológicas que caracterizan a las tormentas eléctricas son las denominadas cumulonimbus. Las tormentas eléctricas por lo general están acompañadas por vientos fuertes, lluvia copiosa y a veces nieve, granizo, o sin ninguna precipitación. Aquellas que producen granizo son denominadas granizadas. Las tormentas eléctricas fuertes o severas pueden rotar, en lo que se denomina superceldas. Mientras que la mayoría de las tormentas eléctricas se desplazan con la velocidad de desplazamiento promedio del viento en la capa de la tropósfera que ocupan, cortes de viento verticales pueden causar una desviación en su curso de desplazamiento en dirección perpendicular a la dirección de corte del viento.

Para la formación de este tipo de tormentas es necesaria la humedad del aire caliente que se eleva en una atmósfera inestable. La atmósfera se vuelve inestable cuando las condiciones son tales que una burbuja de la subida del aire caliente puede seguir aumentando aún más que el aire del ambiente. El aumento de aire caliente es un mecanismo que intenta restaurar la estabilidad, incluso cuando el aire frío tiende a disminuir y finalmente desaparecen. Si el aire ascendente es lo suficientemente fuerte, el aire se enfría (adiabática) a temperaturas por debajo del punto de rocío y se condensa, liberando el calor latente, que promueve el aumento de aire y "alimenta" a la tormenta. Aislados Cúmulus se forman con gran desarrollo vertical (hasta 10 ó 18 mil pies), alimentado por las corrientes de aire ascendente.

Las tormentas pueden formarse dentro de las masas de aire de la convección del aire elevada, común en las tardes de verano, cuando se calienta la superficie. El efecto orográfico (a barlovento en las grandes montañas) puede estar asociados a los frentes, siendo más intensa en el caso de los frentes fríos.

Las tormentas más fuertes se generan cuando el aire cálido y húmedo se eleva rápidamente, con velocidades que pueden alcanzar 160 kilómetros por hora, hasta altitudes más altas y más frías. En cada momento hay en el orden de 2.000 tormentas eléctricas que tienen lugar en la superficie de la Tierra. Los rayos se producen cuando las partículas de hielo o la nieve empiezan a caer de una nube a gran altura hacia la superficie y corresponden a la liberación de energía debido a la diferencia de carga entre las partículas.

En la vida de una tormenta ordinaria (formado por convección de una masa de aire) por lo general presentan tres fases (cada una dura normalmente de 15 a 30 minutos):

### **Etapas de una tormenta.**

#### **Nacimiento**

Las corrientes de aire ascendente causan la formación de cumulonimbos. Si la carga por primera vez es de agua, y no se producen ningún rayo, no será una tormenta eléctrica. En la parte superior de la nube, el proceso de crecimiento de cristales de hielo comienza a producir las partículas.

#### **Madurez**

El crecimiento vertical alcanza su máximo y las nubes se acoplan con la forma característica de un yunque. Por lo general esto sucede cuando la inversión de aumento de la temperatura del aire es más estable (tropopausa).

Los vientos dominantes en la alta altitud de las nubes cirrus comienzan a extenderse desde la parte superior de las nubes. Las bases son la parte frontal inferior y los relámpagos comienzan a aparecer en toda la extensión de las nubes. Dentro de las nubes, la turbulencia es intensa e irregular, con un equilibrio entre las corrientes ascendentes y descendentes. El peso de las partículas de la precipitación es suficiente para contrarrestar la corriente ascendente y comienzan a caer, arrastrando el aire que te rodea. Como las consecuencias partículas caen en las partes más calientes de la nube, no hay aire seco que entra al medio ambiente en la nube y puede dar lugar a la evaporación de estas partículas. La evaporación enfría el aire, por lo que es más denso o "pesado". Todo este aire frío que cae a través de la nube y precipitación que se forma la corriente de aire hacia abajo, cuando llegue a la superficie se puede propagar a formar un frente desplazando y reemplazando el aire caliente de la superficie. En esta etapa de la tormenta produce fuertes vientos, relámpagos y lluvias torrenciales.

#### **Disipación**

Las nubes comienzan a extenderse hacia los lados, en capas o bordes. Y los vientos descendentes de las corrientes frías son predominante. El aire frío reemplaza el aire más caliente de la superficie, frente a los movimientos al alza en la tormenta. En esta etapa, sólo hay corrientes descendentes y precipitaciones débiles. Eso deja sólo muchas nubes cirrus que incluso pueden contribuir, con su sombra, a frenar el calentamiento de la superficie.

Tabla 16. Registros de días con tormentas eléctricas.

ESTACIÓN	UBICACIÓN	PERIODO	REGISTRO
23163	PLAYA DEL CARMEN	1951-2010	SIN REGISTROS
23012	COBA	1951-2010	0.4
23025	TULUM	1951-2010	0.5
23003	F. CARRILLO PUERTO	1951-2010	1.2
23162	LAGUNA CANA	1951-2010	SIN REGISTROS
23027	VICTORIA	1951-2010	SIN REGISTROS
23007	TAMPAK	1951-2010	SIN REGISTROS
23157	IDEAL	1951-2010	SIN REGISTROS
31036	VALLADOLID	1951-2010	SIN REGISTROS

Debido a que los datos de las estaciones son insuficientes para obtener una interpolación adecuada a nivel municipal, se obtuvo del CENAPRED la asignación de valores por municipio respecto al número de días con tormenta eléctrica.

Figura 21. Peligro por días con presencia de tormentas eléctricas.

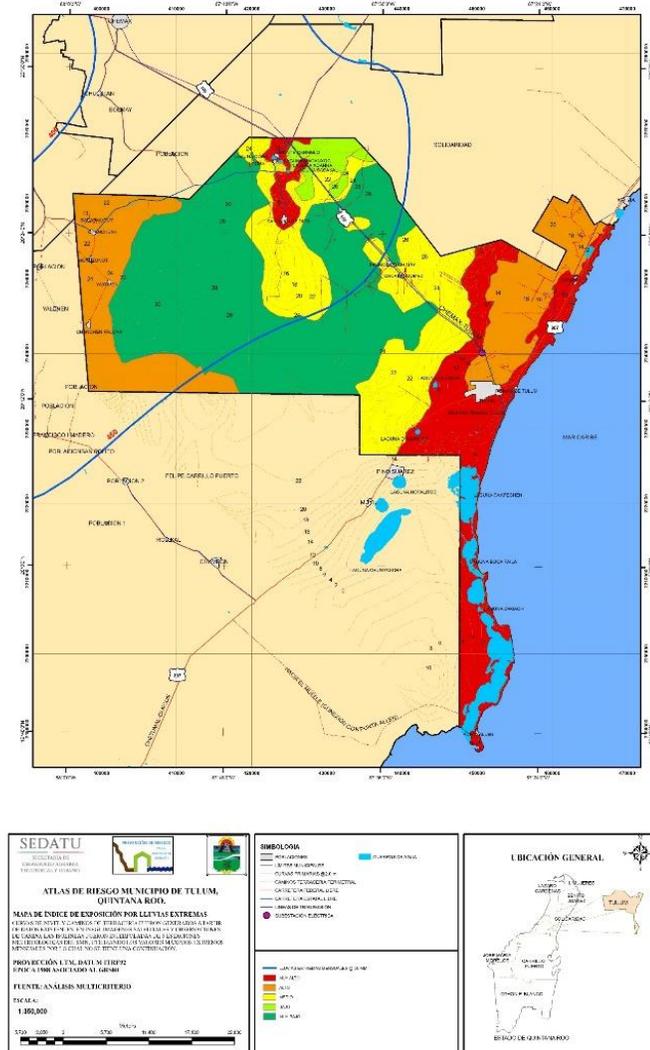


Fuente: CENAPRED.

### 2.5.2.9. Lluvias Extremas.

Para la elaboración del mapa correspondiente a las Lluvias extremas en el Municipio de Tulum, se consideraron 9 estaciones climatológicas más próximas al municipio, de estas se tomaron los valores promedio mensuales de las precipitaciones máximas del período comprendido de 1951 al 2010, de donde se realizó la interpolación para generar Isolíneas que describen el comportamiento de las precipitaciones en mm de acuerdo al siguiente mapa:

Figura 22. Índice de exposición por lluvias extremas.

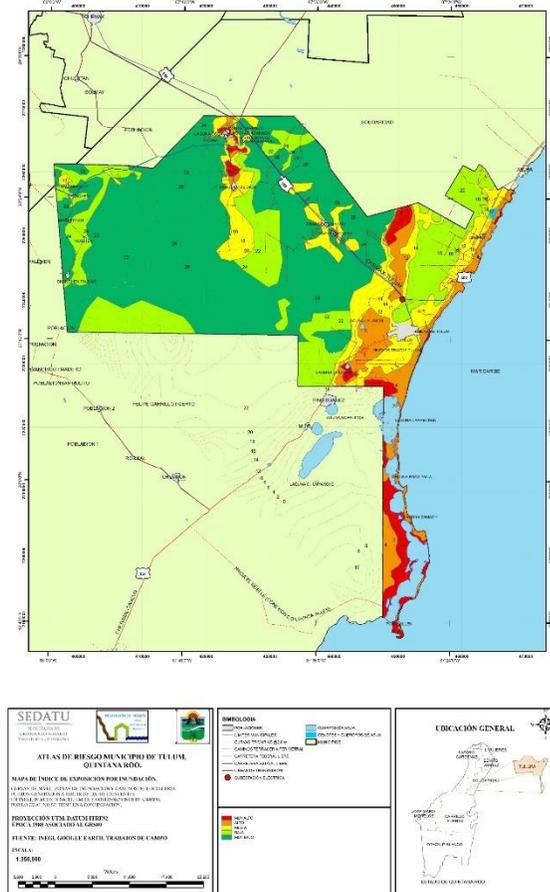


Fuente: Análisis multicriterio.

### 2.5.2.10. Inundaciones.

La determinación de las zonas de inundación se basó en las observaciones de campo, así como el registro de zonas inundadas por medio de la ayuda de imágenes satelitales, de donde se obtuvieron zonas susceptibles a inundaciones pluviales tal es el caso de Cobá Y Monte Carmelo, así como tramos de la carretera Chemax-Tulum y la carretera de terracería que va de Tulum hacia Punta Allen.

Figura 23. Índice de exposición por inundación.

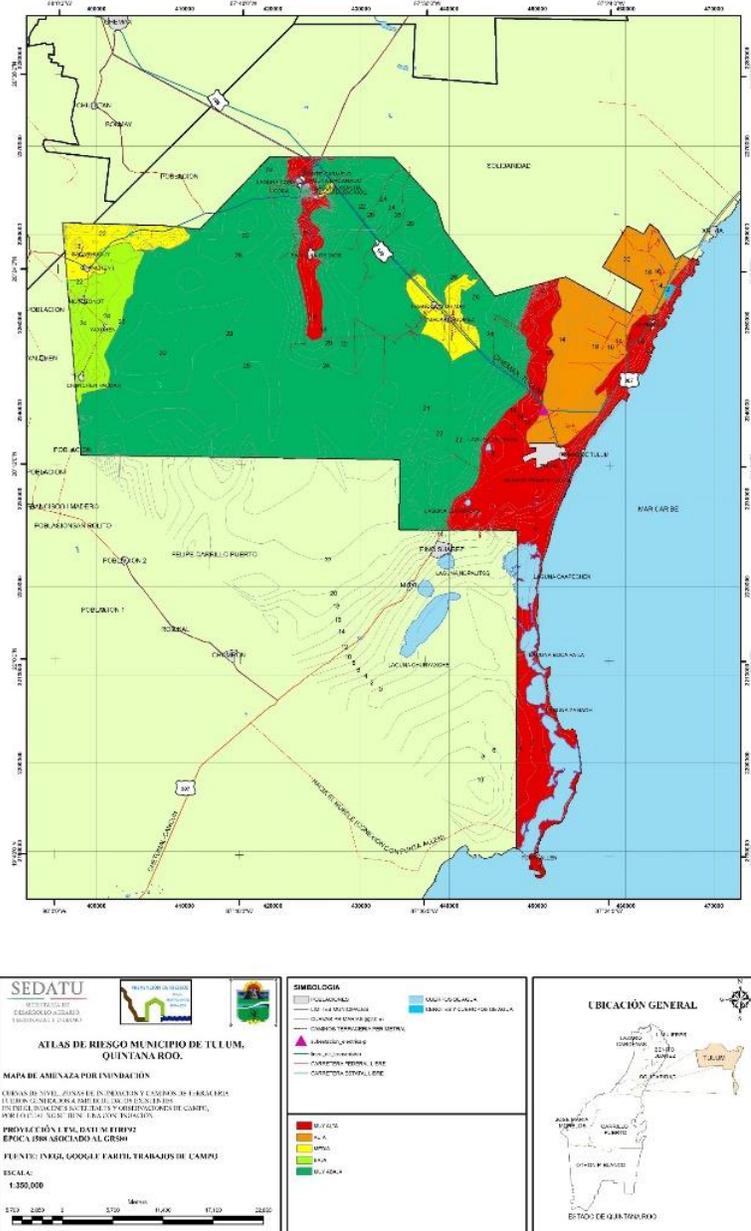


Fuente: Análisis multicriterio y recorridos de campo.

### AMENAZA POR INUNDACIÓN.

La zona correspondiente a Francisco Hu May y Macario Gómez son consideradas para la vulnerabilidad por la existencia de una cota baja que conforma una cubeta natural, la cual tiene la posibilidad de desaguar hacia Tulum pero que dado el caso de lluvias extremas existe la posibilidad de que esta zona se inunde por la planicie que existe en ésta.

Figura 24. Amenaza por inundación.



Fuente: Análisis multicriterio y recorridos de campo.

**Tabla 17. Evidencias de inundación.**

NIVEL 1	EVIDENCIAS
<b>Vulnerabilidad</b>	<p>De acuerdo a las curvas de nivel mostradas en los mapas, así como el comportamiento del MDT, fisiografía, geomorfología, presencia de cenotes, cavidades en el subsuelo y depresiones, se presentan zonas de muy alta vulnerabilidad por hundimientos, de donde se observan imágenes satelitales inundaciones en la carretera Tulum-glorieta de Cobá, vegetación baja por inundaciones en COBA, las zonas con riesgo muy alto corresponden a Punta Allen, Cobá Y San Juan De Dios, las zonas con riesgo alto corresponde a la costa, la cabecera municipal presenta un riesgo medio.</p> <p>La vulnerabilidad por inundaciones se extiende a muy alta en toda la línea de costa incluyendo a la cabecera municipal (zona urbana), Coba y San Juan de Dios, este grado de vulnerabilidad puede ser provocado por ciclones o frentes fríos que provoquen lluvias durante un tiempo prolongado de donde el agua de la zona norte tienda a salir por la depresión litoral hasta llegar a la zona urbana.</p>

**Tabla 18. Áreas y porcentajes de zonas de riesgo por inundación, comparada contra el área total del municipio.**

NIVEL	ÁREA KM <sup>2</sup>	PORCENTAJE
<b>MUY BAJO</b>	1045.77	51.24%
<b>BAJO</b>	428.59	21.00%
<b>MEDIO</b>	278.31	13.64%
<b>ALTO</b>	159.85	7.83%
<b>MUY ALTO</b>	128.42	6.29%

porcentajes de áreas de vulnerabilidades.

NIVEL	ÁREA	PORCENTAJE
<b>MUY ALTO</b>	391.87	19.20%
<b>ALTO</b>	180.98	8.86%
<b>MEDIO</b>	98.52	4.82%
<b>BAJO</b>	86.04	4.21%
<b>MUY BAJO</b>	1283.53	62.91%

### 2.5.2.11. Vientos.

Debido a que la vulnerabilidad de una zona ante los efectos del viento se da en función de la velocidad, cuando esta es inferior a 2 m/s (7.2 km/h) el confort del ser humano es el adecuado, pero al aumentar la velocidad, se presentan condiciones de incomodidad.

Por lo que se presenta a continuación la dirección de los vientos dominantes y las calmas presentes en la estación Carrillo Puerto.

Figura 25. Vientos normales.



Fuente: Instituto de Geografía de la UNAM.

De acuerdo al mapa anterior, las calmas registradas por la estación Carrillo Puerto (siendo esta la más próxima al Municipio) es alta, además de que la velocidad del viento dominante es de 2 m/s, esto en condiciones normales.

En función de la escala de Beaufort, se presentan las siguientes condiciones en el Municipio:

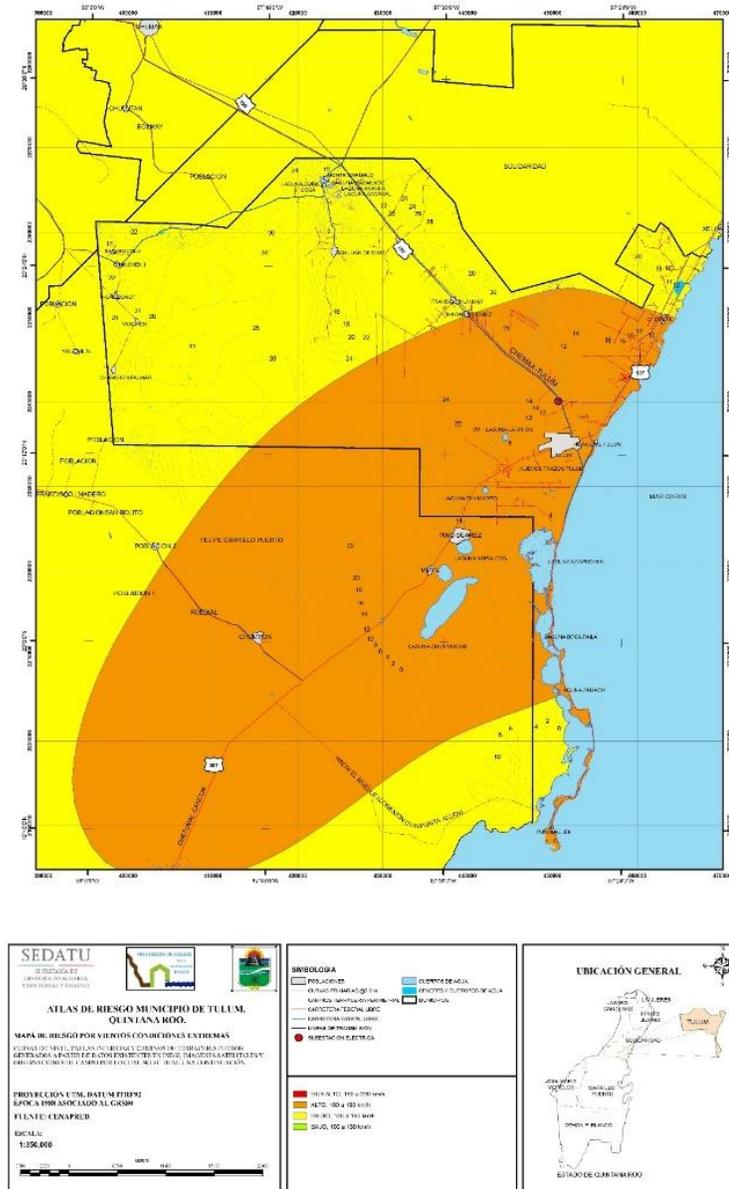
- Escala 0: Mar como espejo.
- Escala 1: Rizos como escama de pescado pero sin espuma.
- Escala 2: pequeñas olas, crestas de apariencia vítrea sin romperse.

Tabla 20. Evidencias por la presencia de vientos.

MÉTODO NIVEL 1	EVIDENCIAS
<p>PARA IDENTIFICAR LA MANERA Y EFECTOS DEL VIENTO EN EL MUNICIPIO, SE DETERMINARON LOS PATRONES DOMINANTES DE LOS VIENTOS, TOMÁNDOSE EN CUENTA LOS BOLETINES DEL TIEMPO ATMOSFÉRICO, INTENSIDADES DE LOS HURACANES CUYA TRAYECTORIA INCIDIO SOBRE EL MUNICIPIO, ZONIFICACION EOLICA DE CFE, ASI COMO EL MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES DE CFE.</p>	<p>DEBIDO A LA BAJA INTENSIDAD DE LOS VIENTOS NORMALES, NO SE OBSERVAN EFECTOS QUE DAÑEN LA VEGETACIÓN, CULTIVOS O EDIFICIOS. LOS DAÑOS EN GENERAL TANTO A LA POBLACIÓN COMO AL MUNICIPIO SE DA PRINCIPALMENTE POR LOS VIENTOS GENERADOS POR LOS HURACANES LOS CUALES DETERMINAN EL GRADO DE PELIGRO DEBIDO A ESTE FENÓMENO HIDROMETEREOLÓGICO.</p>

Debido a que las condiciones generadas por los vientos normales de acuerdo a la información histórica no representan riesgo para el Municipio, se tomaron en consideración los vientos generados por los diferentes huracanes o tormentas cuyos registros históricos han afectado a la zona de estudio, por lo que se presenta a continuación el mapa de peligros por viento (valores promedio) obtenido de la ZONIFICACIÓN EÓLICA DE CFE.

Figura 26. Vientos con condiciones extremas (promedio).



Las afectaciones de las intensidades mostradas en el mapa según la escala de Beaufort corresponde a velocidades de viento de 36 y 44 m/s para la intensidad Media, 44 a 52 m/s para la intensidad ALTA, ambas representan la escala 12 de Beaufort con las siguientes características: Aire lleno de espuma, salpicaduras, mar cubierto de espuma y visibilidad muy reducida.

Estos vientos causan destrozos a cultivos, dañan las viviendas construidas con materiales endebles en techos y paredes, redes de comunicación, vegetación, anuncios, espectaculares.

Todo el municipio es afectado por estos vientos generados por huracanes o tormentas, pero se tiene una mayor afectación de acuerdo al mapa en la zona de la costa incluyendo la zona urbana de Tulum.

Sin embargo, el municipio fue afectado por el huracán EMILY en el 2005 el cual entro a la zona de estudio con categoría IV con vientos máximos sostenidos de 215 km/hr, cuya categoría de acuerdo a la escala de SAFFIR-SIMPSON, presenta una marea de 4.0 a 5.50 m siendo en general extremadamente destructivo.

En conclusión, de acuerdo al mapa de peligros por vientos de las zonificaciones de CFE, así como los antecedentes históricos del paso de huracanes y sus respectivos vientos máximos sostenidos se puede definir al municipio de TULUM como de MUY ALTO RIESGO ante la presencia de vientos máximos generados por los huracanes.

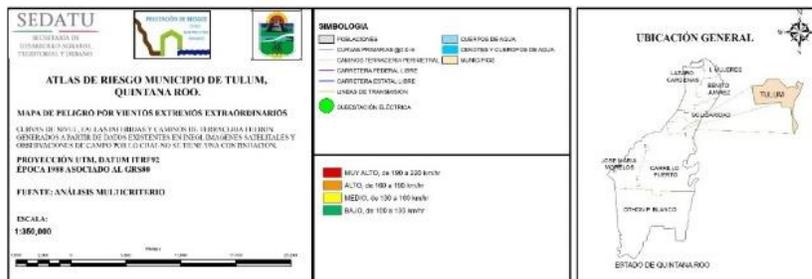
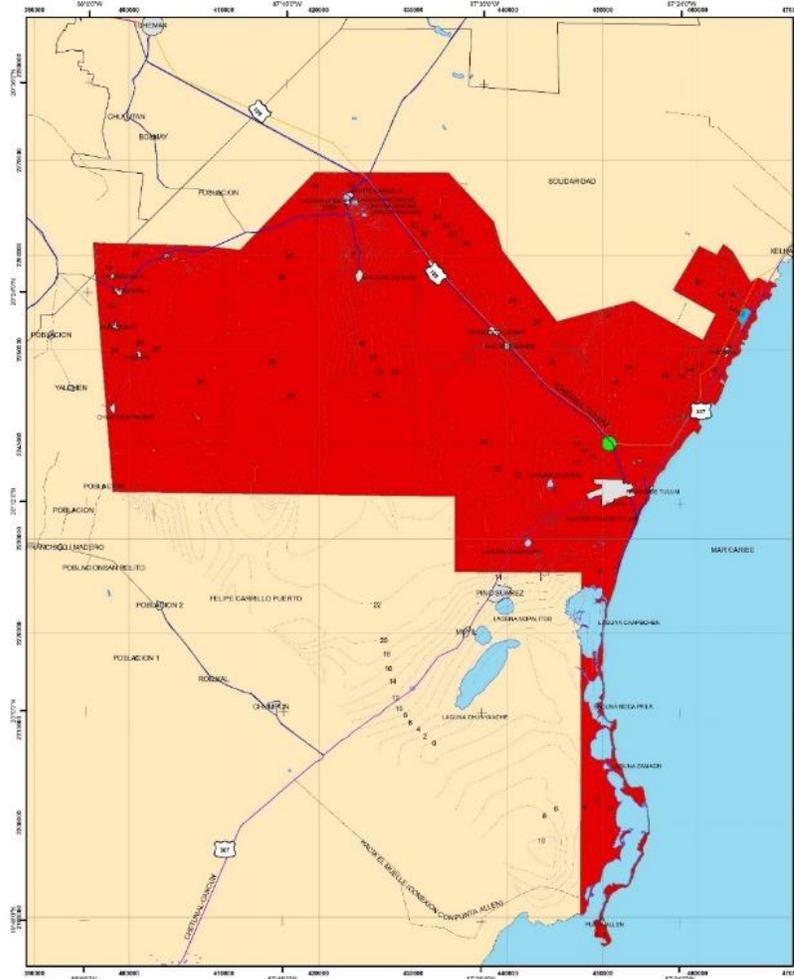
Según lo establecido en el MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES de CFE (diseño por viento), en los mapas de Isotacas el municipio en los diferentes periodos de retorno muestra los siguientes valores.

ISOTACAS PARA PERIODOS DE RETORNO DE 200 AÑOS: las velocidades de viento máximas son de 196 a 284 km/hr.

ISOTACAS PARA PERIODOS DE RETORNO DE 50 AÑOS: las velocidades de viento máximas son de 162 a 232 km/hr.

ISOTACAS PARA PERIODOS DE RETORNO DE 10 AÑOS: las velocidades de viento máximas son de 135 a 171 km/hr

Figura 27. Vientos extremos extraordinarios.



Fuente: Análisis multicriterio.

### **2.5.3. Identificación De Amenazas, Peligros, Vulnerabilidad Y Riesgos Ante Fenómenos Perturbadores De Origen Natural**

A lo largo de la historia de la humanidad se han producido desastres y catástrofes naturales que han transformado los hábitos de vida de la población, pero durante las últimas décadas los eventos catastróficos han originado daños que han aumentado no sólo su impacto social, sino también económico, lo cual, se asocia al vertiginoso crecimiento de la población y su consecuente ocupación de espacios geográficos sumamente peligrosos.

En lo que se refiere a los riesgos de origen geológico, en nuestro país pareciera que no se han incrementado en el número de sucesos anuales, aunque esta apreciación corresponde a una falsa realidad, ya que aún en el país no existe un registro adecuado de las condiciones geológicas existentes que pudiesen generar eminentes o potenciales eventos catastróficos que pongan en peligro o en emergencia a la población. Por lo que, este gran esfuerzo por generar un documento como el presente Atlas, da la oportunidad a las diferentes niveles de gobierno y en este caso al del Municipio de Tulum, de conocer de manera científica y técnica, las diferentes zonas existentes en su territorio que por sus condiciones naturales o inducidas estén o puedan presentar procesos de riesgo que desencadene hacia la generación de eventos catastróficos los cuales han experimentado un crecimiento exponencial obligando a los gobiernos a realizar inversiones económicas cada vez más considerables, y, así estos gobiernos mediante el presente documento puedan establecer las estrategias de prevención, mitigación y contingencia que permitan la disminución de los graves impactos que estos eventos puedan generar en su territorio.

Es importante hacer mención que a pesar de los avances científicos y tecnológicos estamos muy lejos de “controlar” los eventos de riesgo de tipo geológicos, pero lo que si podemos hacer, es realizar análisis metodológicamente adecuados que permitan conocer las causas que generan a estos procesos con el propósito de establecer sus grados de vulnerabilidad, peligrosidad, así como de sus exposición.

Estudios realizados en el mundo han evidenciado que las pérdidas económicas y humanas generadas por los diversos desastres y catástrofes naturales se han multiplicado hasta en 400% en poco menos de una década sin que a la fecha se haya podido disminuir esta tendencia, a pesar de haberse avanzado significativamente en la adopción de medidas preventivas, tales como los sistemas de alerta temprana, los sistemas de alarma sísmica, sin dejar de mencionar los esfuerzos por establecer programas en temas educativos para concientizar a la población y así poder establecer medidas preventivas y políticas de ordenamiento territorial con planificación que considere estas calamidades.

Los riesgos por nuevos desastres son una preocupación debido a que cada vez es más alto el riesgo debido a la vulnerabilidad motivada por la evolución de las condiciones demográficas, tecnológicas y socioeconómicas, la urbanización sin planeación con desarrollos en zonas de altos riesgo, el subdesarrollo, la degradación del medio ambiente en conjunto con las variaciones del clima sumando la condición de cambio climático, así como el aumento en los eventos de origen geológicos, presagian un futuro de amenazas a la economía, la población y su desarrollo sustentable.

Los riesgos naturales se deben entender como un fenómeno natural con rango extraordinario que puede afectar de manera probable un territorio y la población que se asienta en el mismo. En caso de que en un territorio la presencia del hombre sea mínima o que no exista, es posible definir que existe peligrosidad.

El término desastre se refiere a los daños y víctimas causados por un proceso natural en un momento y lugar determinado, mientras que la catástrofe se deberá entender como aquel evento que precisa de ayuda externa para ser superado de parte de la población afectada. Para lo cual, se han establecido los análisis de riesgos, siendo un conjunto de metodologías cuyo objetivo es la identificación, análisis y representación cartográfica de los factores de riesgo natural y tecnológico, con la finalidad de conocer su incidencia sobre el territorio y la población que lo ocupa, por lo que, será necesario que estos análisis muestren de manera clara y objetiva la peligrosidad, exposición y vulnerabilidad.

Por lo que, se deberá entender que la peligrosidad es la probabilidad de que un evento destructivo se produzca en un terreno independientemente del lugar en el que este ocurra y de los daños causados. Mientras que la exposición, se refiere a los bienes expuestos que puedan ser dañados y la vulnerabilidad es el “grado de eficacia de un grupo social determinado para adecuar su organización frente a aquellos cambios en el medio natural que incorporan riesgo” (Calvo García, 1977). Es decir, mientras menos desarrollada sea la sociedad, mayor daño puede padecer.

En ese sentido y de acuerdo a los objetivos planteados en las Bases para la estandarización en la elaboración de Atlas de Riesgo por la SEDATU, siendo;

1. Contar con un documento que represente y zonifique cada uno de los fenómenos naturales perturbadores de manera clara y precisa.
2. Desarrollar y fundamentar una base de datos homologa para cada uno de los fenómenos naturales perturbadores en el municipio de Tulum.
3. Sentar las bases para definir un esquema territorial de ordenamiento, prevención, planeación y gestión del riesgo.

Por lo que, para poder dar cumplimiento a los objetivos esperados, se estableció un esquema de trabajo bajo un sistema abierto de análisis basado principalmente en la concepción de que todo fenómeno natural se rige bajo un estado de equilibrio dinámico que busca fundamentalmente mitigar los efectos de las diversas alteraciones que sufran los geosistemas que interactúan y se interrelacionan bajo un espacio regido por una acción temporal buscando un orden que motive su desarrollo natural.

Esta concepción conlleva al establecimiento de una perspectiva analítica del riesgo desde el punto de vista de su “génesis”, es decir, se aporta un conocimiento de los riesgos naturales presentes dentro del territorio del Municipio de Tulum, Quintana Roo, desde la perspectiva causal que permite de manera adecuada percibir a los riesgos como procesos dinámicos que reforzarán las diversas medidas y políticas sugeridas evitando la exposición y afectación a la población, medio ambiente y a las diversas relaciones socio económicas.

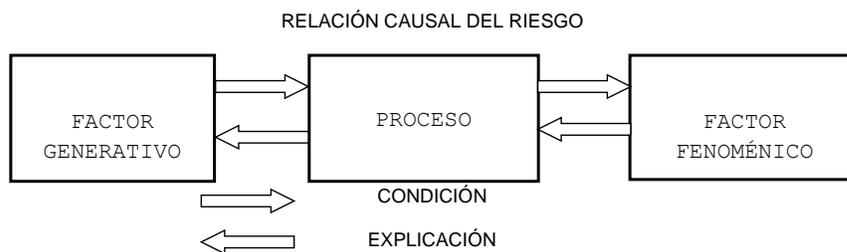
Cabe señalar que esta perspectiva de análisis no se contrapone con los lineamientos planteados en las Bases de Estandarización señalados, ya que complementa la mejor comprensión de los procesos que interviene en la generación de riesgos, por lo que a continuación, se presentan las bases metodológicas aplicadas en la elaboración del presente Atlas de Riesgo.

### METODOLOGÍA.

Toda concepción de análisis del riesgo natural que pretenda sobre todo prevenir afectaciones extraordinarias a la población, deberá estar basada fundamentalmente en la caracterización de los procesos de tipo riesgoso considerando que estos contemplan una acción multivariable que depende de condiciones espacio temporales, para lo cual, será de gran ayuda se considere que esta concepción analítica deberá ser recursiva tal y como se puede apreciar en el esquema causal del riesgo.

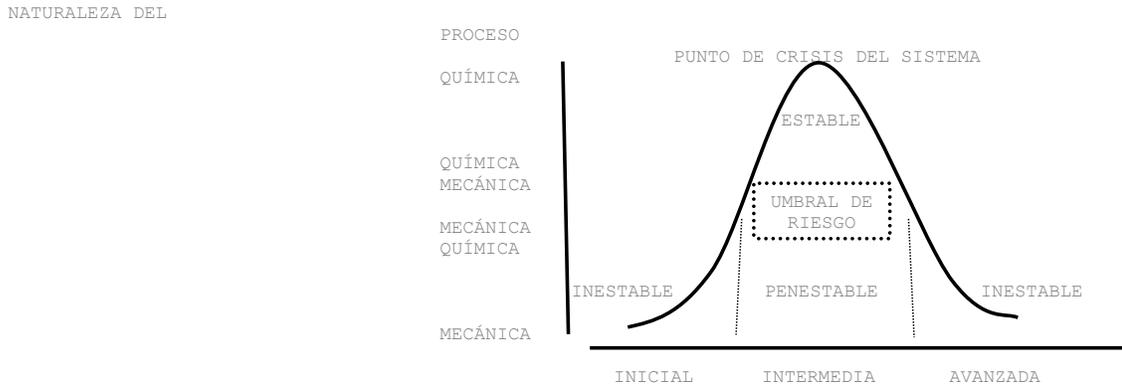
### RELACIÓN CAUSAL DEL RIESGO

Figura 28. Relación causal del riesgo.



Esta percepción conceptual genética del riesgo se complementa con la suma del factor temporal fundamentada en la premisa que en todo proceso natural se tiende hacia un equilibrio dinámico donde la naturaleza del proceso determina su grado de desarrollo, siendo bien conocido que todo fenómeno natural evoluciona tal y como se muestra en el siguiente diagrama:

Figura 29. Diagrama evolutivo de un sistema morfogenético.

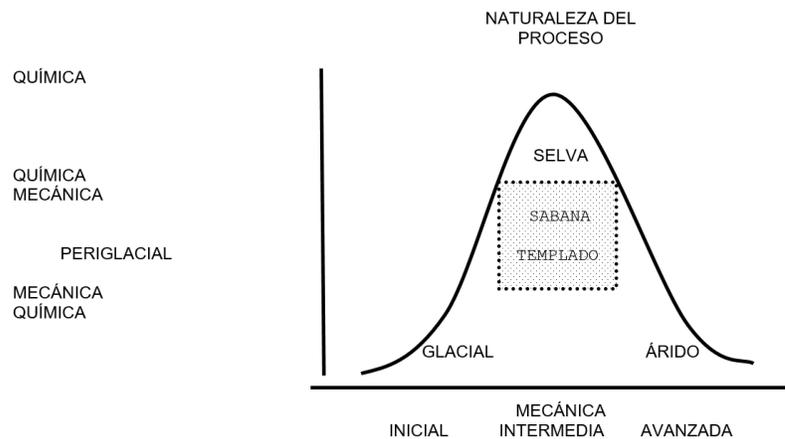


### ETAPA EVOLUTIVA DEL SISTEMA

Debe señalarse que las bases metodológicas en las que se fundamenta el presente análisis de riesgo, está incluida dentro de la disciplina geomorfológica, por lo que, se introducen conceptos tales como el de sistema morfogenético, el cual, trata sobre todos aquellos procesos naturales que intervienen en el origen de todas las unidades naturales que conforman al relieve terrestre, así mismo, es posible considerar que en la naturaleza se producen alteraciones que originan estados de “crisis”, estas alteraciones se derivan de la interrelación e interacción de los mismos procesos, lo cual, se contempla dentro del concepto de morfodinámica.

Tanto la morfogénesis, como la morfodinámica, tienen como marco espacial lo que debe entenderse como “dominio”, en una analogía a la distribución geográfica de los climas, por lo que el diagrama anterior adquiere las características siguientes:

Figura 30. Condición evolutiva de los dominios morfogenéticos.



De donde es posible establecer que de acuerdo a las condiciones geográficas caracterizadas en los capítulos antecedentes, dentro del marco geográfico del municipio de Tulum es posible considerar que se trata de los dominios de selva con fuertes posibilidades de transformarse en sabana principalmente por las alteraciones que está sufriendo la selva por la tala de sus especies arbóreas.

De aquí se entenderá que de acuerdo a la ubicación del desarrollo de estos dos dominios, los cuales, se consideran dentro de la etapa evolutiva intermedia, su vulnerabilidad natural los dota de una alta sensibilidad a las transformaciones principalmente de tipo antrópicas.

Por lo que, si consideramos que para la generación de un proceso riesgoso intervienen variables, tanto naturales, como antrópicas, las cuales se detallan en el siguiente cuadro:

**Tabla 21. Clases de variables del riesgo.**

	VARIABLES NATURALES	VARIABLES ANTRÓPICAS	
Ambas integran	GEOLÓGICAS	TECNOLÓGICAS	variables se
	GEODINÁMICA INTERNA	INFRAESTRUCTURALES	
	LITOLÓGICAS	CULTURALES	
	GEODINÁMICA EXTERNA	DEMOGRÁFICAS	
	GEOGRÁFICAS	ECONÓMICAS	
	CLIMÁTICAS	SERVICIOS	
	HIDROGRÁFICAS		
	EDÁFICAS		
	BOLÓGICAS		

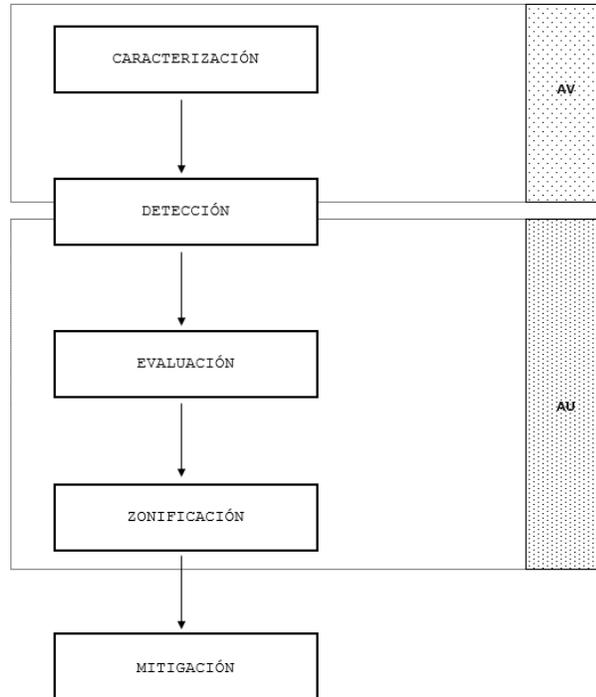
documentalmente y mediante recorridos en campo se establecen las siguientes etapas de análisis:

**Tabla 22. Etapas en el análisis del riesgo.**

ANÁLISIS DE VIABILIDAD (AV)	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD (AU)
Caracterización de variables del medio físico, con el objeto de conocer la ocurrencia de los diferentes eventos naturales presentes en el sistema	Retoma al Análisis de Viabilidad (AV) y se asocia con las Variables Antrópicas, para generar una formulación de riesgo, mediante el cual, se establece el carácter con el que los procesos naturales inhiben al adecuado desarrollo de las actividades humanas

Al integrar tanto a las variables dentro de las etapas de análisis, se producen sub etapas analíticas mediante las cuales será posible establecer de manera clara el esquema mediante el cual se pueden establecer todas y cada una de las propiedades de los riesgos presentes en un territorio, tal y como es el caso del municipio en cuestión.

Figura 31. Esquema analítico primario del riesgo aplicado en la elaboración del atlas de riesgo para el municipio de Tulum, Quintana Roo.



De estas cinco sub etapas, tanto la detección, como la de evaluación, fueron las de mayor importancia para el desarrollo del presente documento, ya que debido al marco físico y más específicamente el relacionado al tipo de roca que conforma al terreno en el municipio de Tulum, no solo se debió revisar la información existente, sino también, se realizó la identificación de los rasgos del relieve mediante imágenes de satélite en diferentes años, lo que permitió una evaluación del desarrollo del terreno y, principalmente de la línea de costa.

Ya que debido a que existen poco más de 120 kilómetros de línea de costa en el municipio, las cuales, están sujetas a una presión extraordinaria debido al fuerte poblamiento durante los últimos años. Esta evaluación se obtuvo considerando la interrelación, tanto del orden temporal, como espacial y su correspondiente nivel de organización evolutiva, tal como se puede observar en el esquema siguiente:

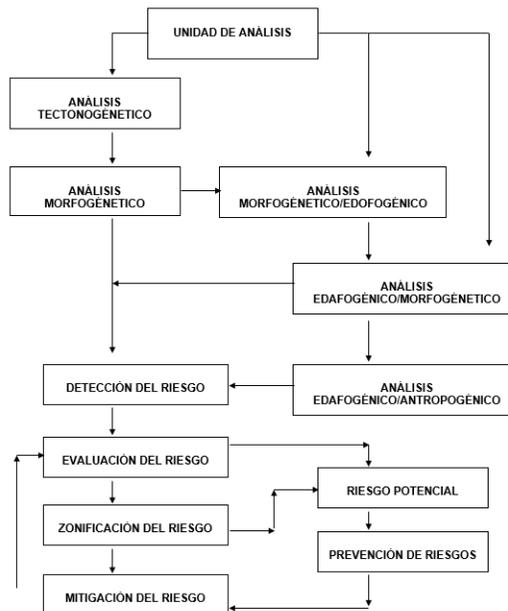
Tabla 23. Sistema temporal/espacial del riesgo.

ORDEN DE INTERRELACIÓN (TEMPORAL/ESPACIAL)	NIVEL DE INTERRELACIÓN (ORGANIZACIÓN)
<b>VARIABLES CONTINUAS</b> Azonales Orden temporal de 106 años	NEOTECTOGÉNESIS Continua y Discontinua
<b>VARIABLES INTERMITENTES</b> Azonales y Zonales Orden temporal de 104 a 102 años	MORFOGÉNESIS/EDAFOGÉNESIS Discontinua de Período largo
<b>VARIABLES ESPONTÁNEAS</b> Zonales y de Sitio Orden Temporal de 104 a 100 años	EDAFOGÉNESIS/ANTROPOGÉNESIS Discontinua de Período Corto

Todo lo anterior se traduce a considerar al riesgo como una condición multivariable y dinámica, por lo que no se rige por una causalidad única, y de un solo nivel de relación, sino del reconocimiento de distintos niveles de interrelación, regida por distintos niveles de jerarquización vinculada a la dinámica de las variables tanto en su ámbito de acción temporal, como el de su afectación espacial. Esta jerarquización se debe entender a que existen variable cuya actuación antecede y condiciona la dinámica del riesgo confluyendo con variables consecuentes conformando los niveles de organización del riesgo. Lo que en concreto se convierte en la única forma de análisis capaz de dotar de una evaluación de tipo preventiva necesaria en el establecimiento de políticas públicas destinadas a mitigar la acción del riesgo.

Por lo que se tuvo que estructurar el siguiente esquema analítico:

Figura 32. Sistema analítico de riesgo.



Con el objeto de complementar al esquema metodológico aplicado para la realización del presente Atlas, se presenta a continuación los procesos morfogenéticos considerados y que por las condiciones geográficas caracterizadas para el Municipio de Tulum.

Tabla 24. Matriz de evaluación operativa de los sistemas morfogenéticos en Tulum, Quintana Roo.

Proceso Morfogénético	SISTEMA MORFOGÉNÉTICO	
	SABANA	SELVA
Corración		
Hidroclastía		
Haloclastía		
Encostramiento		
Desagregaciones Granulares		
Excavación Biológica		
Desecación		
Concentración De Sales Metálicas		
Acorazamiento		
Desacorazamiento		
Disolución		
Hidratación		
Carbonación		
Hidrólisis		
Oxidación		
Sialitización		
Argilización		

	Continuo		Continuo/Discontinuo		Temporal Largo		Temporal Corto
--	----------	--	----------------------	--	----------------	--	----------------

Los procesos anteriores se consideran como la parte básica para identificar las diferentes evidencias que permitan cumplir con las bases teóricas establecidas en los Niveles de Análisis para la elaboración de Atlas de Riesgos, por lo que, se establecen como parte de los criterios de clasificación. Ya que siendo el propósito de la estandarización de criterios en la elaboración del Atlas, la cual, se circunscribe a la unificación de cuatro elementos básicos, por lo que, se concibe que los documentos municipales de México posean los mismos razonamientos en cuanto a:

1. Métodos de estudio del sistema perturbador.
2. Jerarquía de complejidad de métodos de estudio.
3. Métodos de representación cartográfica de los sistemas naturales.

#### 4. Especificaciones técnicas para la elaboración de la cartografía.

Cabe señalar que una de las similitudes entre la metodología propuesta y las bases oficiales, es que ambas perspectivas metódicas consideran los lineamientos de carácter dinámico de los agentes y procesos perturbadores que generan riesgos.

Quedando expresada esta condición de desarrollo de los agentes y procesos perturbadores en la matriz de evaluación operativa arriba mostrada, de donde es posible que mediante la asignación de cuatro colores se indica la temporalidad para cada uno de los procesos a considerarse dentro de los dominios para una selva y una sábana.

En consecuencia, se muestra a continuación la intensidad y temporalidad de cada proceso durante las diferentes etapas estacionales en un año bajo condiciones normales.

**Figura 33. Sistema morfo genético de la selva.**

PROCESOS	FENOMENOLOGIA DE COEXISTENCIA TEMPORAL		
DESAGREGACIONES GRANULARES	[Barra gruesa]		
EXCAVACION BIOLÓGICA	[Barra gruesa]		
DISOLUCIÓN	[Barra gruesa]		
CARBONACIÓN	[Barra gruesa]		
HIDRATACIÓN	[Barra gruesa]		
HIDRÓLISIS	[Barra gruesa]		
OXIDACIÓN	[Barra gruesa]		
SIALITIZACIÓN	[Barra gruesa]		
ARGILIZACIÓN	[Barra gruesa]		
EROSIÓN LAMINAR	[Barra gruesa]		
INCISIÓN POR ARROYADA CONCENTRADA	[Barra gruesa]		
ABLACIÓN LATERAL	[Barra gruesa]		
REPTACIÓN BIOLÓGICA	[Barra gruesa]		
REPTACIÓN HÍDRICA	[Barra gruesa]		
SOLIFLUXIÓN	[Barra gruesa]		
DESPLAZAMIENTO	[Barra gruesa]		
HUNDIMIENTO	[Barra gruesa]		
	ESTACIÓN HÚMEDA	ESTACIÓN SECA (MÍNIMO 3 MESES CONSECUTIVOS)	ESTACIÓN HÚMEDA

Las barras de mayor grosor indican una mayor intensidad del proceso, destacando que de acuerdo al esquema metodológico aplicado en la elaboración del Atlas, que en un dominio selvático, durante las estaciones húmedas, se produce por coexistencia la potencialidad de que ocurra un evento riesgoso.

Mientras que en caso de que la selva se vea alterada en sus condiciones originales, como es el caso de la zona litoral y la vecina a Cobá en la zona oeste del municipio, donde se consideró que la condiciones sobre todo por el tipo de suelo registrado se presentan similares a las del dominio de sabana, por lo que, se verá que deberá esperar un aumento en la presencia de procesos morfogenéticos, sino también se deberá presentar una doble temporalidad en la coexistencia y por lo tanto, se crean dos umbrales de riesgo, tal y como se puede observar en la ruptura temporal de la mayoría de los procesos creando una ruptura abrupta en el equilibrio dinámico necesario dentro del sistema aumentando con esto la intensidad y magnitud de acción de los procesos perturbadores y, por lo tanto, la generación de riesgos inminentes con aumento en la potencialidad de otros que en cortos plazo puedan producir otras condiciones riesgosas.

Figura 34. Sistema morfogenético de la sabana.

PROCESOS	FENOMENOLOGIA DE COEXISTENCIA TEMPORAL		
CORRASIÓN	—————		
HIDROCLASTIA	■	—————	■
HALOCLASTIA	■	—————	
ENCOSTRAMIENTO	—————		
DESAGREGACIONES GRANULARES	—————		
EXCAVACION BIOLÓGICA	—————		
DESECACIÓN	—————		
CONCENTRACIÓN DE SALES METÁLICAS	—————		
ACORAZAMIENTO	—————		
DESACORAZAMIENTO	—————		—————
DISOLUCIÓN	—————		—————
CARBONACIÓN	—————		—————
HIDRATACIÓN	—————		—————
HIDRÓLISIS	—————		—————
OXIDACIÓN	—————		—————
SIALITIZACIÓN	—————		—————
ARGILIZACIÓN	—————		—————
DEFLACIÓN	—————		
EROSIÓN LAMINAR	—————		—————
INCISIÓN POR ARROYADA CONCENTRADA	—————		—————
ABLACIÓN LATERAL	—————		—————
REPTACIÓN BIOLÓGICA	—————		
REPTACIÓN HÍDRICA	—————		
SOLIFLUXIÓN	—————		—————
DESLZAMIENTO	—————		—————
ABARRANCAMIENTO	—————		—————
HUNDIMIENTO	—————		—————
	ESTACIÓN HÚMEDA	ESTACIÓN SECA (QUINCE MESES CONSECUTIVOS)	ESTACIÓN HÚMEDA

De los fenómenos perturbadores de origen natural y de acuerdo con lo documentado y registrado durante el desarrollo del presente Atlas, sólo es posible considerar los fenómenos siguientes:

Tabla 25. Fenómenos perturbadores naturales.

TIPO	FENÓMENO
GEOLÓGICOS	SISMOS HUNDIMIENTOS SUBSIDENCIA AGRIETAMIENTOS
HIDROMETEOROLÓGICO	CICLONES TROPICALES TORMENTAS ELÉCTRICAS LLUVIAS EXTREMAS INUNDACIONES PLUVIALES, FLUVIALES, COSTERAS Y LACUSTRES

Esta selección de fenómenos perturbadores a incluir dentro de este documento es el resultado del análisis acerca de los factores y sus condiciones geográficas descritas en los capítulos antecedentes.

Para los fines prácticos del presente Atlas, y, de acuerdo a los ocho fenómenos perturbadores arriba enlistados, se presenta de manera resumida la clasificación del rango de peligro, vulnerabilidad y riesgo, así como el nivel de análisis establecido para el desarrollo del presente Atlas.

### 2.5.3.1. Procesos Perturbadores Y Su Rango De Peligrosidad Dentro Del Municipio De Tulum.

Retomando que a pesar de que no esté presente población alguna, el peligro de que se produzca un evento riesgoso fundamentalmente se debe a la probabilidad de su acción, lo cual, implica que dependiendo de la coexistencia de los procesos antes expuestos, será posible se presente un evento peligroso. Por lo que, de acuerdo a los factores geográficos revisados, así como a la debida integración de los procesos de las matrices fenoménicas, se considera que debido a la extraordinaria dinámica demográfica a la que se ve sujeto el territorio municipal de Tulum, se establecen condiciones potenciales de que se generen procesos peligrosos principalmente en la zona litoral, por lo que, en la siguiente tabla se señalan los procesos que son analizados y caracterizados de acuerdo a su condición de peligro.

Tabla 26. Procesos perturbadores y sus rangos de peligrosidad.

PROCESO PERTURBADOR	PELIGRO					MÉTODO	EVIDENCIAS
	MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO	MUY BAJO		

Sismos					NIVEL 1	<p>La herencia morfo estructural que dio origen a la Plataforma sedimentaria que conforma a la Península de Yucatán, ubicada dentro de la zona sísmica A, aparentemente no representa riesgo alguno con respecto a potenciales afectaciones por presencia de procesos sísmicos, pero debido a que los mecanismos tectónicos de tipo distensivo asociados a la apertura y origen del Golfo de México, generan lineamientos estructurales que vulneran la litología produciendo condiciones propicia para acelerar la acción de las fallas existentes y por lo tanto se pueden presentar sismos con poca profundidad en su epicentro, por lo que, su intensidad puede no representar peligro alguno.</p>
Hundimientos					NIVEL 4	<p>Asociados a la acción de las fallas antes mencionadas, con el tipo de roca que aflora dentro del territorio en el municipio de Tulum, se presentan puntos y zonas de hundimiento principalmente de origen gravitacional, ya que de acuerdo a la topografía elaborada en el presente documento, se están formando y desarrollando depresiones alargadas de origen semejante a las formaciones kársticas conocidas como úvalas.</p> <p>Estas depresiones se ven fuertemente favorecidas en su desarrollo ya que se está presentando en el territorio municipal la tala de la cobertura arbórea motivando la degradación de las rocas produciendo simas y cavernas con rápido crecimiento propiciando la disminución de los techos los acules, pueden colapsar parcialmente, formando cenotes, o en grandes porciones de terreno tal y como es posible observar actualmente en la región del centro norte del municipio.</p> <p>Estas condiciones naturales propician la presencia de terrenos con alta probabilidad de peligro por hundimiento tanto lento como rápido.</p>

Subsidencia						NIVEL 4	<p>El hundimiento regional presente hacia la línea de costa, se produce principalmente por el proceso subsidente que se genera como una consecuencia más de la apertura del Golfo de México y posteriormente al ascenso de la plataforma de Yucatán, teniendo en su extremo oriental bloques tectónicos cuyo comportamiento es de un lento y progresivo hundimiento que por su herencia estructural pueden presentarse colapsos de rápida presencia por lo que, existe la probabilidad muy alta de peligros por hundimientos hacia la costa del municipio.</p>
Agrietamientos							<p>Derivado de la alta probabilidad de que se presenten peligros de hundimiento por colapso y por afectaciones subsidentes, se presentan fracturas en la superficie del terreno sin que actualmente hayan sido debidamente cartografiadas y que aumentan la filtración y su consecuente meteorización de las rocas carbonatadas generando potenciales zonas de peligros que pueden afectar viviendas e infraestructura. Estos peligros junto con los derivados del proceso subsidente son de origen natural de tiempo extremo reciente por lo que, no existe documentación que permita analizar de manera adecuada su potencial afectación, requiriendo de manera urgente trabajos de campo por expertos que evalúen estos procesos.</p>
Ciclones Tropicales						NIVEL 1	<p>La erosión costera, tanto de las playas abrasivas, como de las acumulativas se torna en extremo peligro por rompiente de oleaje durante los ciclones, lo que asociado a la intensa precipitación, permiten la presencia de peligros con alta probabilidad de afectación a la población asentada principalmente en la costa tulumense, estos peligros disminuyen su potencial afectación, sin dejar de tener alta probabilidad de peligro hacia la depresión kárstica ubicada hacia la porción centro norte del municipio,</p>

						<p>donde se localiza una de las zonas arqueológicas más importantes.</p> <p>Las afectaciones de este tipo de fenómeno pueden ser apreciadas a lo largo de la costa de tipo abrasiva, donde es frecuente la presencia de caídos rocosos y caletas alargadas y profundas.</p>
Tormentas Eléctricas					NIVEL 1	<p>Los peligros asociados a presencia de este tipo de fenómeno se dan más que por incendios forestales por precipitaciones pluviales que pueden inundar depresiones como las que se localizan dentro del municipio.</p>
Lluvias Extremas					NIVEL 1	<p>Debido a que dentro del Municipio de Tulum se desarrollan áreas depresivas se generan cubetas naturales que permiten la inundación rápida que se verá acelerada generando torrentes con relativa peligrosidad. Otro de los peligros probables derivados de lluvias extremas, serían los hundimientos repentinos los cuales dependerán del volumen de agua acumulada en la depresión.</p>
Inundaciones Pluviales, Costeras Y Lacustres					NIVEL 4	<p>A pesar de no existir una red hidrográfica superficial en el territorio tulumense, la presencia de depresiones tanto interiores, como costeras, generan altas probabilidades de que se presenten inundaciones durante lluvias temporales o de presencia extraordinaria. La peligrosidad por procesos de inundación, representan un peligro fundamentalmente por la ruptura en caminos motivando la irrupción de la movilidad de la población.</p>

Con el objeto de explicar de manera adecuada el significado de cada uno de los peligros inherentes al accionar de cada uno de los fenómenos perturbadores considerados dentro de este Atlas, a continuación se describe la causalidad de la peligrosidad mencionada anteriormente.

### 2.5.3.2. Causalidad Del Peligro Natural En El Municipio De Tulum, Quintana Roo.

El territorio tulumense se localiza dentro de lo que se conoce geológicamente como la plataforma calcárea de Yucatán, la cual, es el producto del ascenso de una morfoestructura de origen marino marginal de grandes dimensiones generando la conformación de un relieve semiplano con lomeríos extendidos y de suave pendiente, su constitución calcárea y morfológica inhiben la presencia de corrientes fluviales a pesar de que en esa región geográfica se presentan periodos extensos de precipitación pluvial.

El origen del ascenso de esta gran plataforma obedece a un período neotectónico asociado a esfuerzos de tipo distensivo que produjeron la formación del Golfo de México, lo que en términos geológicos produce una estructura que puede presentar diversos procesos o accidentes naturales que vulneran a los diversos elementos que constituyen la unidad geomorfológica yucateca.

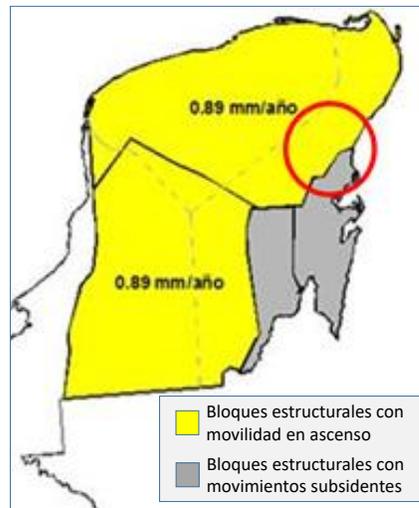
Este origen reciente de la península cuya movilidad de ascenso es lento y hemos estimado en una velocidad de 0.89 milímetros por año, produce a su vez la presencia de bloques estructurales que están actualmente en condiciones de equilibrio relativo, pero que por su aparente estabilidad pueden desencadenar movimiento rápidos principalmente de hundimiento generando la presencia de áreas subsidentes que transforman al medio físico bruscamente. Tal es el caso del bloque denominado de Chetumal, el cual, ha dejado su etapa de estabilidad aparente para pasar a presentar movimientos subsidentes que dependen de dos factores; estructural y litológico. El primero se refiere a la generación de fallas y fracturas, las cuales principalmente se orientan hacia el noreste y las cuales se asocian a otro sistema orientado al noroeste, que por consecuencia producen otro sistema mucho muy reciente que tiene una orientación oeste-este, este último genera fracturas de tipo distensivo, es decir, estas fracturas pueden presentar inclinaciones casi verticales o con un ángulo con fuerte inclinación.

El factor litológico facilita a la subsidencia debido a que la disposición casi horizontal de los estratos produce bloques uniformes delimitados principalmente por las fracturas generando ligeros basculamientos lo que genera corrimientos de la cobertera sedimentaria y su consecuente generación de relieves suavemente deformados teniendo en sus lomeríos la evidencia de este tipo de movilidad cortical, lo que se asocia a depresiones alargadas conformando así el marco geomorfológico regional que caracteriza a la península de Yucatán y, más específicamente al territorio tulumense.

Figura 35. Lineamientos estructurales más importantes de tipo regional que afectan la zona donde se ubica el Municipio de Tulum.



Figura 36. Movimientos Geotectónicos.



Esta mecánica geológica que produce la presencia del proceso subsidente, se asocia con uno de los procesos que dotan a la Península de Yucatán de identidad internacional, la formación de cenotes. Estos cenotes constituyen la evidencia del proceso conocido como karts, el cual, tal y como se hace mención en el capítulo 3 se presenta en zonas donde se localizan rocas de tipo carbonatadas, calizas, las cuales, se modifican en sus características físicas debido a su disolución por agua principalmente pluvial, lo que produce un relieve kárstico que de acuerdo a su contexto tectónico presenta tres etapas de formación.

De acuerdo a las características tectónicas antes descritas, así como a la disposición estructural de los estratos, en el territorio del Municipio de Tulum, podemos encontrar relieve kárstico hasta la segunda etapa de desarrollo, las cuales, son de lapiaz y de formación de dolinas y úvalas.

La superficie de lapiaz se caracteriza por presentar superficies estriadas formadas por disolución diferencial de la superficie rocosa y erosión laminar, estas estrías se desarrollan en el tiempo haciendo que los surcos profundicen hasta llegar a formar estructuras rocosas que sobresalen del relieve pudiendo ser de escasos centímetros hasta de escasos metros de altura.

Durante esta etapa kárstica, se produce la disolución diferencial de la roca de manera puntual, formando pequeños conductos llamados simas, por donde se filtra el agua pluvial hacia zonas donde la roca se disuelve para formar una cavidad. Estas cavidades cuando son muy superficiales facilitan la formación de los relieves de lapiaz. Cabe señalar que en el territorio municipal de Tulum, la superficie de lapiaz se encuentra con poco desarrollo apreciando que donde se registran estos lapiaz aún se presenta una costra de caliche evidenciando su reciente formación, tal y como se puede ver en la zona central y centro occidente del municipio.

El crecimiento de las simas y cavidades en el subsuelo, producen que por acción de la gravedad se colapse el terreno produciendo depresiones que se tornan gradualmente de forma circular produciendo formas conocidas como dolinas, las cuales, pueden presentarse en dimensiones pequeñas de unos cuantos centímetros, hasta alcanzar varios metros tanto de profundidad, como de apertura, teniendo en los famosos petenes los mejores representantes de la importancia de este tipo de formas kársticas.

Es importante recordar que debido a la disposición de los estratos en el subsuelo, se facilita la formación de este tipo de formas del relieve, produciendo así mismo, sobreposición de formas kársticas hasta lograr derrumbe de los techos y generando la presencia de los famosos cenotes. Todo este desarrollo antes mencionado, se lleva a cabo durante la segunda etapa de evolución del relieve kárstico.

Dentro del municipio de Tulum, esta segunda etapa se encuentra sumamente desarrollada contraponiéndose a los relieves de lapiaz, lo que seguramente revela que han existido varias etapas de desarrollo del karst. Lo que representa un indicio de la alta vulnerabilidad en los sistemas naturales, lo que convierte a todo tipo de peligro en un factor muy dinámico a considerar en los planes y políticas de ordenamiento territorial y de protección civil. Ya que este desarrollo del terreno kárstico, brinda el marco morfogenético propicio para el desarrollo de zonas depresivas que se convierten en verdaderas cubetas potenciales de presentar inundaciones.

Es importante hacer mención a que la dinámica en la que se pueden desarrollar los procesos peligrosos y de riesgo, en el Municipio de Tulum, pueden ser en tiempo relativamente cortos, siendo relevante que los procesos que ahora son potenciales muy pronto se pueden convertir en inminentes, factor que es considerado dentro del presente Atlas extendiendo sus alcances hasta determinar zonas de riesgos potenciales de acción inmediata, buscando la aportación preventiva al mismo.

**Tabla 27. PROCESOS PERTURBADORES Y SU RANGO DE VULNERABILIDAD.**

PROCESO PERTURBADOR	VULNERABILIDAD					MÉTODO	EVIDENCIAS
	MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO	MUY BAJO		
SISMOS						NIVEL 1	A pesar de existir un bajo peligro por afectación de procesos sísmicos en el municipio, la potencial aceleración de los procesos de riesgo, así como, al rápido crecimiento demográfico registrado, aunado a la falta de diseños estructurales de las casas e inmuebles en general, lo cual, se suma a la falta de infraestructura para responder ante un fenómeno potencial a presentarse en el territorio municipal, hacen que se presente una vulnerabilidad media que habrá de considerar en un futuro inmediato.
HUNDIMIENTOS						NIVEL 4	De acuerdo a las zonas cartografiadas en el presente Atlas, los hundimientos representan procesos de alta vulnerabilidad ya que todas las poblaciones existentes dentro del municipio se localizan en zonas donde se presentan peligros por hundimiento, por lo que será de vital importancia considerar que estos hundimientos de acuerdo a la causalidad de origen, serán los procesos que mayor potencialidad tienen de afectación a la población e infraestructura presente en el municipio.
SUBSIDENCIA						NIVEL 4	Este proceso que determina el aumento en la velocidad del hundimiento, es posible observarlo en el trazo de una línea de costa que actualmente se encuentra sumergida en el mar, pero su sola presencia evidencia que el territorio se encuentra bajo una etapa de hundimiento regional acentuado hacia la parte de la costa sur desde la zona de la

						<p>ruinas de Tulum, hasta Punta Allen. Esta subsidencia produce lo que se determinó como zona de hundimiento costero. Por su importancia socioeconómica, es urgente realizar estudios de mayor detalle que permitan conocer de a manera adecuada el comportamiento de la subsidencia del terreno, ya que es posible que se esté produciendo además del hundimiento, un proceso de intrusión salina lo que contaminará al agua dulce reduciendo su uso doméstico.</p> <p>Este proceso asociado a los procesos anteriores, puede estar presente de manera significativa en la zona determinada como de hundimiento costero, la cual, es la mayor poblada, por lo que, se define a esta zona como de una alta vulnerabilidad, lo que genera se sugiera estudios a detalle para registrar estos agrietamiento y evaluar entonces su potencial afectación sobre la población.</p>
AGRIETAMIENTOS					NIVEL 4	<p>Este proceso asociado a los procesos anteriores, puede estar presente de manera significativa en la zona determinada como de hundimiento costero, la cual, es la mayor poblada, por lo que, se define a esta zona como de una alta vulnerabilidad, lo que genera se sugiera estudios a detalle para registrar estos agrietamiento y evaluar entonces su potencial afectación sobre la población.</p>
CICLONES TROPICALES					NIVEL 1	<p>Por su posición geográfica, Tulum, se encuentra en una zona donde se lleva a cabo el paso de ciclones por lo que, su potencial afectación pueden ser muy significativa. Su costa actualmente en pleno desarrollo presenta una alta vulnerabilidad ya que no se cuenta con el diseño de inmuebles que ofrezcan seguridad a la población, así mismo, no existen la suficiente infraestructura que permita implementar planes de emergencia de manera adecuada y suficientes.</p>
TORRENTAS					NIVEL 1	<p>Los efectos por acción de tormentas eléctrica en el municipio se valoran en un</p>

ELÉCTRICAS							nivel medio en cuanto a la vulnerabilidad que pueda tener la población, ya que ante todo la cantidad de lluvia asociada a estas tormentas puede producir inundaciones en los centros urbanos, más que afectaciones por incendios forestales.
LLUVIAS EXTREMAS						NIVEL 1	Hasta ahora el hundimiento ha generado áreas depresivas con potencialidad de ser inundadas, dentro de las cuales destaca la ubicada en el poblado de Cobá, donde se localiza la zona con mayor vulnerabilidad sin que esta produzca pérdidas humanas, pero sí genera irrupción en las actividades sociales y económicas.
INUNDACIONES PLUVIALES, COSTERAS Y LACUSTRES						NIVEL 4	Este proceso es el que mayor vulnerabilidad puede tener en el municipio, ya que por existir en el territorio municipal una extensión de más del 50% de terrenos inundables, los cuales, se asocian a centros urbanos con mayor población, convierte a este proceso en que se encuentra con alta vulnerabilidad.

Como se ha podido apreciar en los cuadros anteriores, a pesar de que la peligrosidad no requiere de la presencia del hombre, para el caso del territorio municipal de Tulum, los pocos centros de población se encuentran dentro de las zonas donde los fenómenos perturbadores naturales se manifiestan con mayor acción ya que de acuerdo a la ubicación de zonas de tipo arqueológicas es de asumir que en un pasado moderno procesos de índole antropogénica actuaron determinadamente sobre los muy dinámicos sistemas naturales. Por lo que, tanto la vulnerabilidad como el riesgo se asocian así mismo a zonas donde actualmente se desarrollan social y económicamente, tal y como es el caso de la costa tulumense, llamada para fines de desarrollo turístico como Riviera de Tulum.

**Tabla 28. PROCESOS PERTURBADORES Y SU RANGO DE RIESGO.**

PROCESO PERTURBADOR	RIESGO					MÉTODO	EVIDENCIAS
	MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO	MUY BAJO		
SISMOS						NIVEL 1	La dinámica de las placas tectónicas se presenta de manera cíclica, por lo que, cada año se acercan los períodos de reactivación de los movimientos de las grandes morfoestructuras, por lo que debemos considerar que en nuestro país existen zonas donde se presentan sismos con muy

							<p>poca o nada de frecuencia, pero que en próximos años esto debe cambiar, por lo tanto, y por la importancia que tiene el municipio de Tulum como polo de desarrollo turístico, se debe considera la toma de medidas de carácter preventivo encaminadas para asegurar la estabilidad estructural de los inmuebles en general.</p>
HUNDIMIEN TOS						NIVEL 1	<p>Siendo el hundimiento diferencial el proceso con mayor participación en la formación de las características del relieve en el municipio, el escenario geográfico es el propicio para que este proceso vaya en aumento, ya que las diversas alteraciones a los geosistemas naturales acelera principalmente la generación de grietas y cavidades de disolución, haciendo muy susceptible al terreno a presentar superficies de colapso en dimensiones diversas pero que estas deberán ser cada vez de mayor tamaño.</p> <p>La costa de Tulum, debe su configuración actual, a un progresivo hundimiento del terreno, por lo que, se tiene principalmente una línea de costa de tipo rocosa con escarpes de diversos tamaños de unos escasos 2 metros hasta alcanzar cerca delos más de 9 metros, todo esto en la parte norte de la costa, mientras que hacia la zona sur de la línea de costa el hundimiento del continente ha dado paso a la formación de una de las mayores riquezas existentes dentro del municipio, los arrecifes. Estos arrecifes son la evidencia clara del hundimiento progresivo.</p> <p>La distancia entre las líneas de costa reconstruidas revela que el hundimiento se registra de manera lenta y constante hasta llegar a un período donde este proceso se acelera generando zona inundadas de grandes dimensiones.</p> <p>Por lo que, se debe considera que el terreno municipal en general está en un progresivo y lento hundimiento de grandes dimensiones lo que permite establecer que el Municipio de Tulum, debe ser considerado como un municipio con un muy alto grado de riesgo por hundimiento, tanto regional, como en pequeñas superficies.</p> <p>Cabe agregar que las construcciones generan una mayor carga al terreno que en general presenta problemas de inestabilidad, por lo que, se deberá agregar a las causas en el aumento del riesgo por</p>

						hundimiento dentro del Municipio de Tulum, el peso de las construcciones.
SUBSIDENCIA					NIVEL 1	<p>El proceso subsidente es un proceso que se presenta en regiones del territorio nacional como producto de una respuesta a períodos de deformación orogénica o levantamientos epirogénicos en las plataformas sedimentarias, por lo que, y, tal y como se aprecia en aparados anteriores, se ha determinado que el bloque geológico en el que se ubica el municipio de Tulum, se registra un hundimiento regional con progresivo desarrollo de tal forma que el movimiento casi imperceptible dota a los sistemas naturales que conforman el entorno geográfico de una vulnerabilidad física baja pero no permite que estos geosistemas adquieran el equilibrio energético que permita su estabilidad y por lo tanto todo proceso de riesgo determinado dentro del territorio podrá pasar de un nivel bajo a medio y así progresivamente hasta que por interacción de factores extraordinarios se desencadene un proceso con características de alto a muy alto grado de riesgo.</p> <p>Tal y como se puede apreciar en la reconstrucción de la línea de costa, la subducción presente ha estado actuando en por lo menos los últimos 2,000 a 3,000 años, y se manifiesta con períodos de repentina movilidad, como se puede apreciar en partes de la línea de costa actual principalmente hacia la zona de Akumal y Xcacel.</p>
AGRIETAMIENTOS					NIVEL 1	<p>Más que estar asociado a procesos de carácter geológico estructural, el agrietamiento que se hace presente dentro del territorio del municipio de Tulum, se debe a partir de procesos de meteorización de las rocas calcáreas, ya que la dilatación y contracción a la que se somete en los escasos decímetros de la superficie rocosa, produce la clastación que favorece la disolución de la roca aumentando la presencia de simas, lenares y cavidades que vulneran al techo rocoso deformándolo produciendo las condiciones de tensión y consecuente formación de grietas que generan posteriormente el colapso del terreno.</p> <p>Por la tala de la selva, se aumenta el área de insolación en la roca aumentando la superficie de afectación y presencia de</p>

						grietas, por lo que, se debe considerar que este fenómeno perturbador en aumento y con potencial afectación a grandes zonas del terreno municipal deberá ser considerado como un proceso con un nivel alto de riesgo.
CICLONES TROPICALES					NIVEL 1	<p>A pesar de que la costa tulumense se encuentra dentro de la trayectoria de afectación de los ciclones, sus riesgos altos solo se restringen a dos zonas, la línea de playa y la parte norte de la depresión de Cobá.</p> <p>Es importante considerar que la costa en general está protegida por un cordón arrecifal que evita la formación de oleaje que afecte de manera considerable a la costa, siendo las playas acumulativas ubicadas principalmente de la zona arqueológica de Tulum, hacia Punta Allen, las que menor impacto sufren, pero por su afectación por hundimiento diferencial del terreno se generan condiciones de áreas con inundaciones producto de las lluvias torrenciales asociadas a la presencia de ciclones.</p> <p>Este proceso de inundación es a su vez lo que permite acreditar con un alto nivel de riesgo en la zona donde se ubica la Ciudad de Cobá.</p> <p>Por lo tanto, se debe considerar que el nivel de alto grado de riesgo se da por acción eólica y del nivel de oleaje extraordinarios durante la presencia de ciclones, hacia la línea de costa, mientras que al interior del continente la presencia de ciclones aumenta el nivel de riesgo por inundaciones.</p>
TORMENTAS ELÉCTRICAS					NIVEL 1	<p>El nivel de riesgo medio asignado a las afectaciones por este tipo de fenómeno perturbador, se da por su asociación a procesos de inundación más que a presencia de incendios o muertes de personas por quemaduras o afectaciones a instalaciones e infraestructura.</p> <p>Cabe remarcar que la probabilidad de presencia de este tipo de fenómenos es mucho muy baja, por lo que, los riesgos disminuyen proporcionalmente a la probabilidad de ocurrencia del fenómeno.</p>
LLUVIAS EXTREMAS					NIVEL 1	<p>Al igual que las tormentas eléctricas, la probabilidad de ocurrencia de este tipo de fenómeno perturbador es mucho muy bajo, pero en caso de que ocurra, debido a la falta de un relieve abrupto, la energía de la</p>

						<p>escorrentía es poco o nada riesgosa, por lo que, los riesgos asociados a este tipo de fenómeno se asocian al proceso de inundación.</p> <p>En consecuencia, el nivel de riesgo por presencia de este tipo de fenómeno es medio, y se presenta principalmente en las depresiones; costera, de Tulum y Cobá.</p>
<p>INUNDACIONES PLUVIALES, COSTERAS Y LACUSTRES</p>					<p>NIVEL 1</p>	<p>Este proceso de riesgo debe ser el que mayor atención merece, ya que este no va sólo asociado a las precipitaciones extremas, sino más bien al progresivo hundimiento que se registra dentro del terreno municipal, ya que de acuerdo a las zonas señaladas como de muy alto y alto nivel de riesgo, correspondiendo principalmente a las depresiones topográficas existentes dentro del municipio. Para el caso concreto de la depresión costera, las inundaciones son potenciales desde la cota 4.00 m.s.n.m. hasta el nivel de mar, correspondiendo a la zona con el muy alto riesgo dentro de la costa, para aquellas superficies topográficas que están dentro de los límites de los 4.00 a 10.00 metros, se definió el nivel de riesgo alto, y de los 10.00 a los 14.00 m.s.n.m., se asignó a las áreas con un nivel de riesgo medio.</p> <p>Como es posible observar en los niveles topográficos que definen a las zonas de riesgo dentro de la depresión costera del municipio de Tulum, los rangos son extremadamente estrechos, por lo que, se deberá considerar que ante el escenario de un progresivo aumento en el desarrollo de estas depresiones, las inundaciones en la costa deberán incrementarse en cuanto a la profundidad de inundación, así como a la extensión de las mismas.</p> <p>Estas mismas condiciones altimétricas del terreno, son aplicables para el caso de la denominada depresión de Tulum, mientras que para el caso de la depresión de Cobá, las altitudes que definen los niveles de inundación se da para niveles de riesgo muy alto, entre los 5 a 6.00 m.s.n.m., el nivel de alto riesgo corresponde al intervalo de 6.00 a 12.00 m.s.n.m., y para el nivel medio de riesgo, este se presenta entre las cotas, 12.00 hasta alcanzar los 22.00 metros, siendo como es posible observar que el nivel potencial de inundación corresponde al metro de tirante de agua, el cual,</p>

						<p>corresponde a los niveles topográficos de la zona de muy alto riesgo por inundación. Estas últimas condiciones del relieve en la depresión de Cobá, reiteran la potencial creciente de áreas inundables principalmente asociadas al progresivo hundimiento regional por un lado, y al aumento en el proceso de kársticidad que se está produciendo por la tala de la selva. Por lo tanto, el nivel general de riesgo por inundación en el Municipio de Tulum, será considerado como Alto.</p>
--	--	--	--	--	--	--

**Tabla 29. Tabla de resumen de afectaciones por población y vivienda de los diferentes fenómenos.**

FENÓMENO	INTENSIDAD	AFECTACIONES	
		No. HABITANTES	No. VIVIENDAS
INDICE DE EXPOSICIÓN AL HUNDIMIENTO	MUY BAJO	1347	288
	BAJO	335	70
	MEDIO	1986	408
	ALTO	1877	438
	MUY ALTO	21537	5909
INDICE DE EXPOSICIÓN POR FALLAS Y FRACTURAS	MUY BAJO	1172	239
	BAJO	1165	249
	MEDIO	21527	5905
	ALTO	1877	438
DERRUMBES	ALTO	1379	392
INDICE DE EXPOSICIÓN POR EROSION KARSTICA	BAJO	0	0
	MEDIO	4075	853
	ALTO	1877	438
	MUY ALTO	21537	5909
INDICE DE EXPOSICIÓN POR EROSIÓN MARINA	ALTO	1379	392
	MUY ALTO	481	132
INDICE DE EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN	MUY BAJO	2002	418
	BAJO	1675	348
	MEDIO	19668	5385
	ALTO	1379	392
	MUY ALTO	2346	566
INDICE DE EXPOSICIÓN POR LLUVIAS EXTREMAS	MUY BAJO	0	0
	BAJO	0	0
	MEDIO	1165	249
	ALTO	2910	604
	MUY ALTO	23413	6343
AMENAZA AL HUNDIMIENTO	MEDIO	5952	1291
	ALTO	21536	5909
AMENAZA EROSION MARINA	ALTO	469	128
	MUY ALTO	1391	392
AMENAZA POR INUNDACIÓN	MUY BAJO	0	0
	BAJO	1172	239
	MEDIO	2496	527
	ALTO	0	0

	MUY ALTO	23404	6343
AMENAZA POR TEMPERATURAS MÁXIMAS	MEDIO	1278	303
	ALTO	25211	6897
AMENAZA POR TEMPERATURAS BAJAS	BAJO	25211	6897
	MEDIO	1278	303
AMENAZA POR FALLAS Y FRACTURAS	MUY BAJO	1172	239
	BAJO	1165	249
	MEDIO	1340	278
	ALTO	23404	6343
AMENAZA POR SEQUIA	MEDIO	22693	6154
	ALTO	1877	438
	MUY ALTO	2503	517
RIESGO POR VIENTOS GENERADOS POR HURACANES	ALTO	20667	5632
	MEDIO	6205	1429

## 2.5.4. Escenarios de cambio climático.

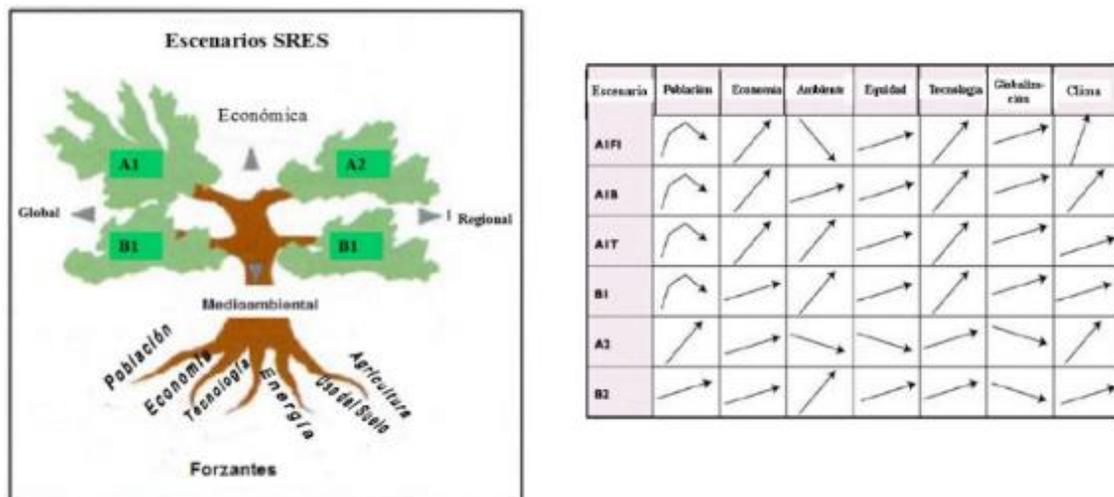
### 2.5.4.1. Recursos hídricos.

De acuerdo con el cuarto informe de evaluación (AR4) del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) el calentamiento del sistema climático es inequívoco, lo que se observa tanto en los incrementos de los promedios globales de las temperaturas del aire y de los océanos, como en el detrimento de nieve y hielo y en la elevación del nivel medio del mar (Conde et al. 2008). Por lo anterior resulta importante en el planteamiento de políticas públicas y esquemas de desarrollo el considerar los efectos que dichos cambios causaran en la sociedad, así como en el medio natural a escalas regionales y locales.

De acuerdo con el AR4, la temperatura global ha aumentado 0.74 °C en los últimos 100 años y la tendencia de calentamiento de los últimos 50 años es de 0.13 grados por década. Con la finalidad de prevenir los posibles impactos de la tendencia climática global el IPCC ha propuesto diversas proyecciones de cambio climático basadas en las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero que serían producidos por distintos escenarios de desarrollo socioeconómicos globales. Asimismo, un recurso de suma utilidad para el estudio del clima son los Modelos de Circulación General (GCM por sus siglas en inglés) de la Atmosfera y Océanos Acoplados que llegan a ser 24 de acuerdo con lo reportado en el AR4.

Dichos modelos poseen resoluciones espaciales variadas que se han afinados con el transcurso de las investigaciones. Los resultados obtenidos por estos GCM's, cuando se aplican en condiciones de cambio climático, particularmente para el caso en que la concentración de gases de efecto invernadero se viera duplicada, dan lugar a la construcción de escenarios de cambio climático para diversas variables y diferentes horizontes. De acuerdo a Conde et al. (2008) normalmente los estudios del cambio climático utilizan distintos modelos del clima y un conjunto de escenarios de emisiones para reflejar el rango de incertidumbre causado por las diferentes suposiciones que se adoptan en cuanto al cambio de las emisiones de gases de efecto invernadero, el cambio tecnológico, población, tipo y grado de desarrollo económico, entre otros. Existen dos grandes escenarios descritos por el IPCC, los primeros denominados "escenarios A" describen un mundo futuro con alto crecimiento económico mientras que en los denominados "escenarios B" ese crecimiento se manifiesta más moderado. En la Figura 37 se presenta un esquema descriptivo en los que aparecen además los escenarios en los que se considera crecimiento global contra un crecimiento regional.

**Figura 109. Escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC.**

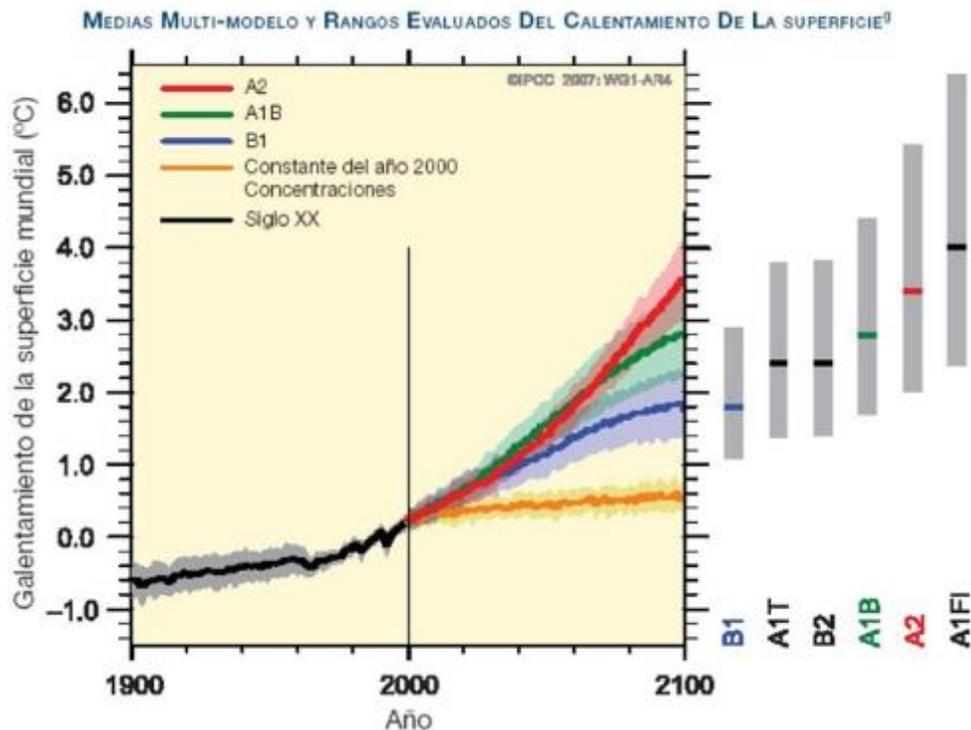


Como se mencionó anteriormente los escenarios descritos son utilizados como base en el planteamiento de proyecciones en conjunto con los resultados de los GCM's. En la Figura 38 se muestran las proyecciones obtenidas de los modelos generales de circulación de la atmósfera bajo los distintos escenarios de cambio climático.

Para la fase pronóstico del programa de ordenamiento ecológico local del municipio de Tulum se planteó como indispensable la inclusión del efecto del cambio climático en el territorio municipal, para lo cual fueron considerados los escenarios A1 y A2 propuestos por el IPCC. Fueron seleccionados estos escenarios en particular debido a que son los que presentan la estimación de incrementos de temperatura más elevados para el presente siglo, y aunque no necesariamente son los escenarios más probables, permiten realizar una planeación y conjunción de estrategias basadas en un principio precautorio.

En primer lugar fueron determinados los rangos de temperatura y precipitación que se manifiestan actualmente en el municipio de Tulum lo cual sirve como escenario base de comparación. Los insumos para la generación de dicho escenario se obtuvieron a partir de la base de datos BIOCLIM, la cual fue comparada y ajustada con los registros de las estaciones locales de la Comisión Nacional del Agua en el municipio de Tulum y los datos del ERIC III (IMTA).

**Figura 110. Proyecciones de cambio de temperatura.**



Los resultados de los GCM's arrojan que para la región donde se encuentra el municipio de Tulum se prevé una disminución de la precipitación en un rango de anomalía de 3.988% a 4.027% bajo el escenario A1 (Figura 39), para el periodo 2010-2039, mientras que bajo el escenario A2 la disminución será de 5.893% a 6.489% para el mismo periodo.

En cuanto a la temperatura, la región donde se encuentra el municipio de Tulum presenta un incremento en la temperatura media anual de 0.766 °C de acuerdo con las anomalías arrojadas por los GCM's bajo el escenario A1. Mientras que el las anomalías bajo el escenario A2 reportan un aumento de la temperatura de 0.7

°C.

**Figura 111. Anomalías de precipitación para el periodo 2010-2039 bajo el Escenario A1.**

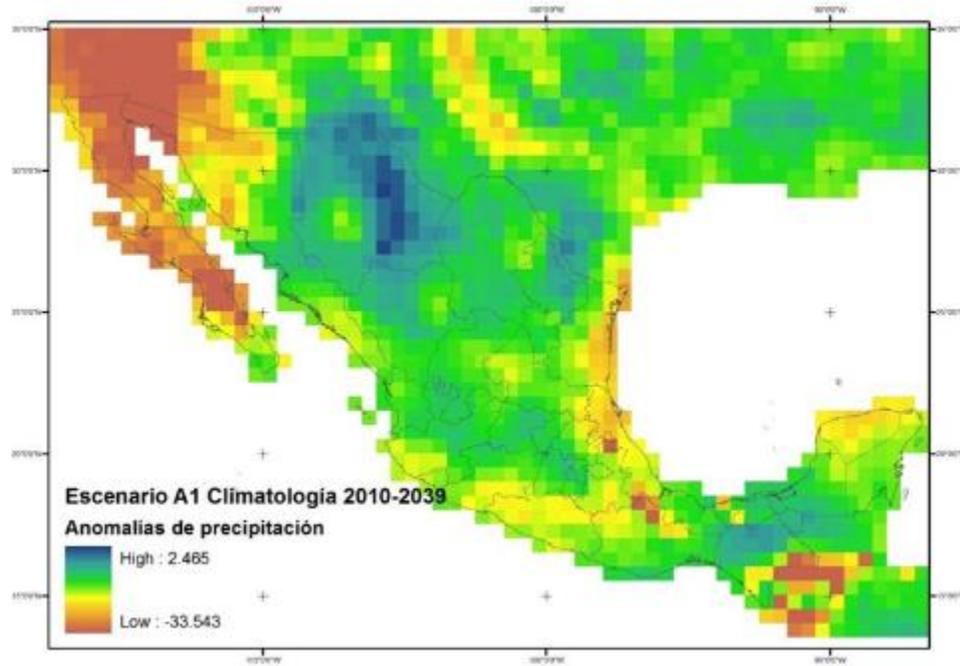
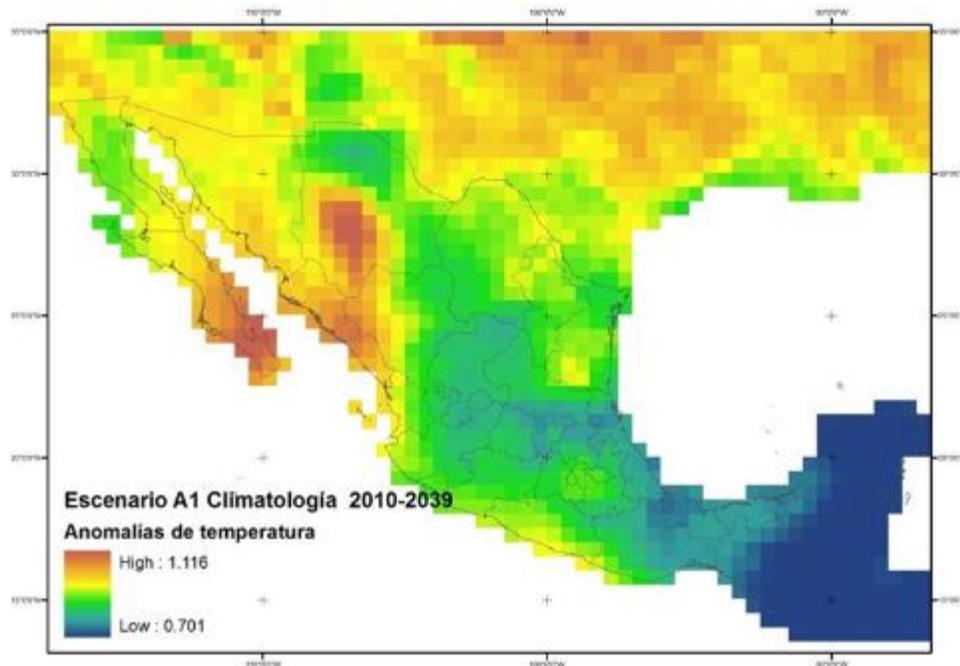


Figura 112. Anomalías de temperatura para el periodo 2010-2039 bajo el Escenario A1.



La cantidad de agua de precipitación y la marcha mensual de la temperatura son parámetros meteorológicos que inciden directamente en la disponibilidad de agua media anual. Por lo tanto cualquier aumento o disminución en dichos parámetros traerá como consecuencia un cambio en el balance hidrológico de cualquier región.

De acuerdo con el método establecido en la NOM-011-CONAGUA-2000 la determinación de la disponibilidad de agua media anual se lleva a cabo mediante la siguiente expresión:

$$DAS = Rt - DNCOM - VCAS$$

Donde

DAS = Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica.

Rt = Recarga total media anual.

DNCOM = Descarga natural comprometida.

VCAS = Volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA.

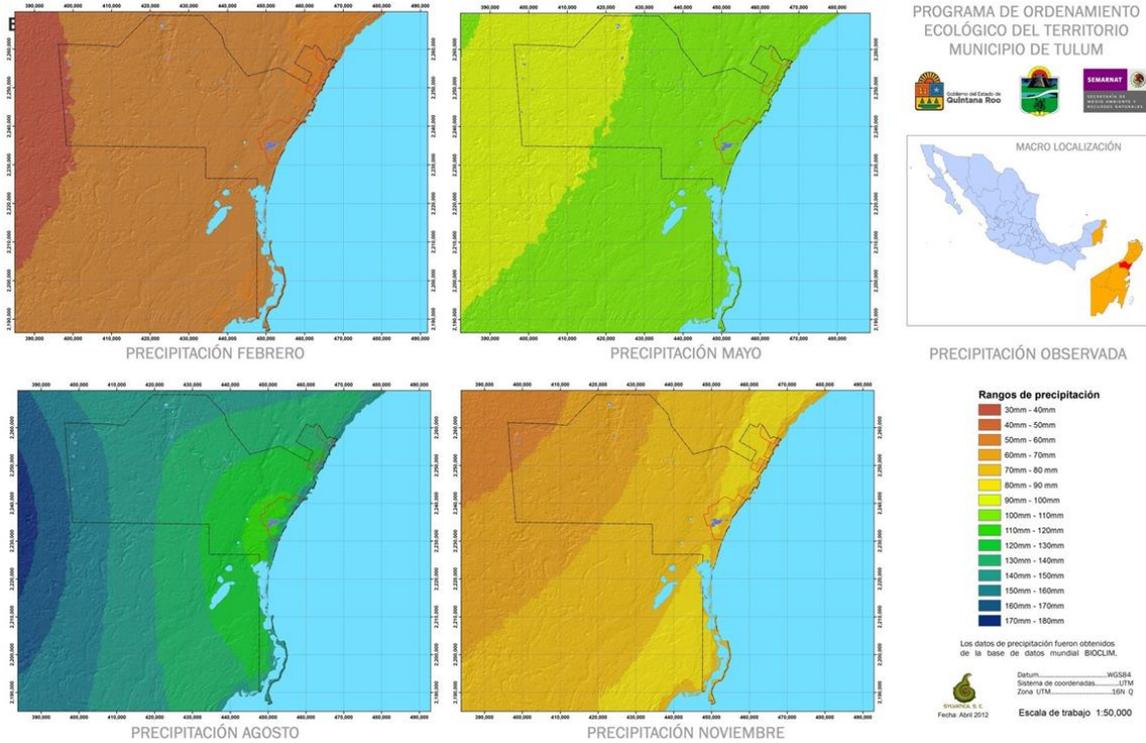
Sin embargo, para fines de este apartado, el impacto del cambio climático que podrá tener el municipio de Tulum se determinó considerando las variaciones temporales de la recarga total media anual, cuyo cálculo consideró las variables precipitación (Pr), evapotranspiración potencial (ETP) y escurrimiento superficial (Esc), a través de la siguiente expresión:

$$Rt = Pr - ETP - Esc$$

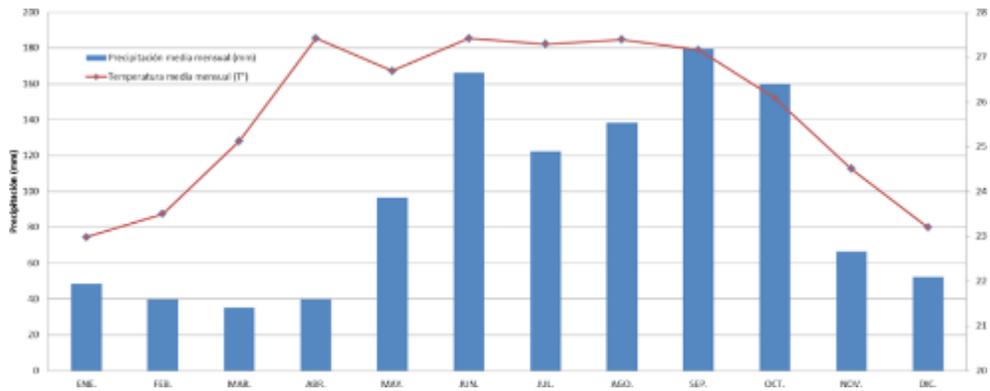
Para cada una de las variables fueron calculadas en consideración de las variables históricas extraídas de la base de datos mundial WorldClim (1950-200) y los ensambles de los modelos generales de circulación de la atmósfera en cada uno de los escenarios SRES. Dichos datos se encuentran disponibles y procesados a mayor detalle en el atlas climatológico del Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM.

En la Figura 41 se muestra la variación de la precipitación actual en los meses de febrero, mayo, agosto y noviembre, principales insumos para el balance hidrológico bajo los escenarios A1 y A2. A continuación se presentan los climogramas que hacen referencia a la precipitación media anual observada a la fecha (Figura 42) y los estimados bajo los escenarios de cambio climático A1 y A2. La precipitación media anual observada es de 1,146 mm, mientras que el escenario A1 arroja una precipitación media anual en el municipio de 1099.6 mm (Figura 43), y bajo el escenario A2 dicha precipitación es de 1,075.4 mm, (Figura 44).

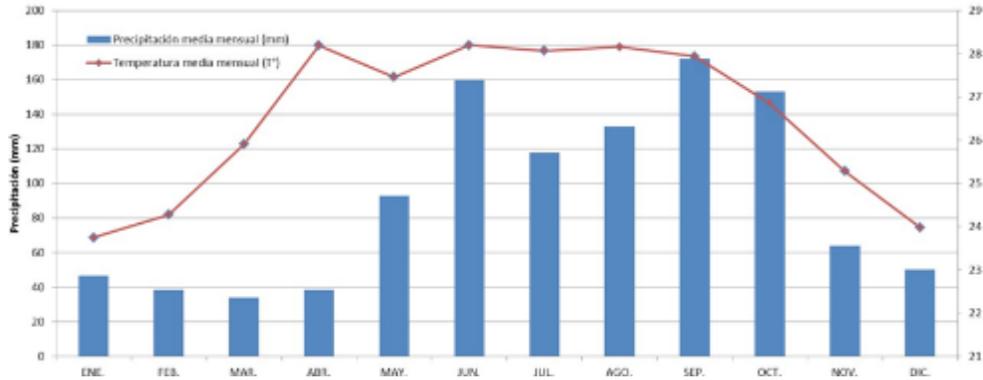
**Figura 113. Variación en la precipitación observada en el municipio de Tulum para los meses de febrero, mayo, agosto y noviembre.**



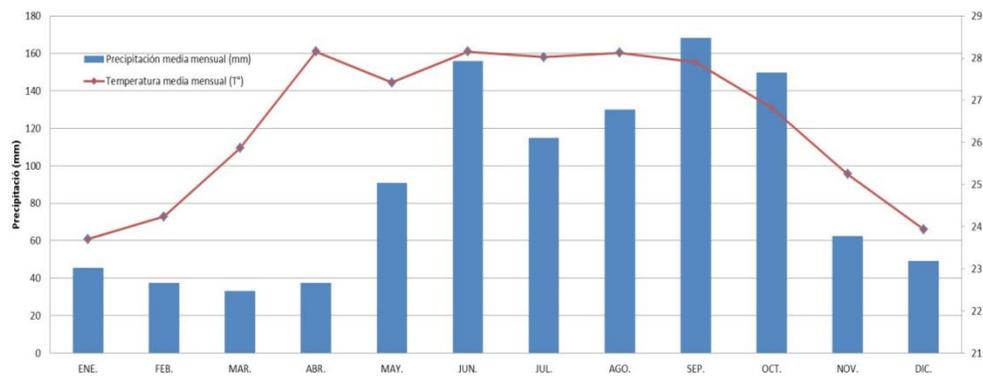
**Figura 114. Climograma de la precipitación observada de acuerdo con los datos de la CONAGUA.**



**Figura 115. Climograma de la precipitación media mensual para el periodo 2010-2039 bajo el Escenario A1.**



**Figura 116. Climograma de la precipitación media mensual para el periodo 2010-2039 bajo el Escenario A2.**



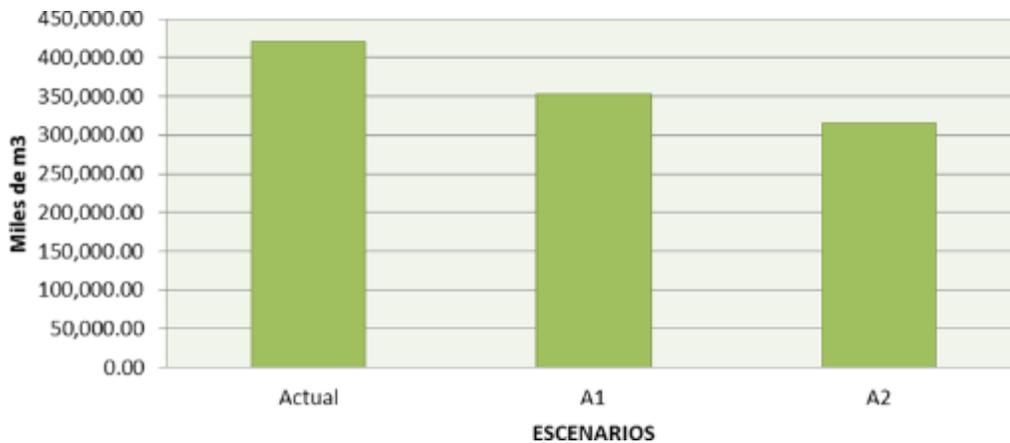
El balance hidrológico calculado muestra que la recarga total media anual se verá disminuida bajo ambos escenarios de cambio climático. En el escenario A1 el rango de recarga media en todo el municipio va de los 0 mm en cuerpos de agua abiertos hasta los 264 mm en las zonas con menor escurrimiento y evapotranspiración. En el escenario A2 el comportamiento se muestra similar, manifestando una recarga de 0 mm en cuerpos de agua abiertos a 249.6 mm en las zonas con menor escurrimiento y evapotranspiración. El valor de 0 mm para los cuerpos de agua se obtiene por omisión debido a que la precipitación de estos se encuentra expuesta el efecto de evaporación directa y el nivel de agua presente en dichos cuerpos también está en función de la variación de los flujos hidrológicos subterráneos externos al área de estudio.

La variación de la recarga total media anual de agua derivada de la disminución de las precipitaciones por efecto del cambio climático, repercute no sólo en posibles problemas de abasto de agua potable, sino también en un detrimento de su calidad, puesto que al disminuir el flujo de recarga del lente de agua dulce la presencia de intrusión salina, por lo menos en la zona costera, podrá ser mucho mayor.

Cabe mencionar que el cálculo de la recarga total media natural de agua se realizó con base en lo establecido en la NOM-011-CONAGUA-2000, sin embargo no fue considerado el volumen anual de importaciones, el cual representa el volumen de agua que ingresa al territorio municipal por medio del flujo subterráneo, ni el volumen de extracción, esto debido a que dicho volumen se considera constante a razón de no tener una estimación precisa de su variación en el tiempo por influencia directa del cambio climático.

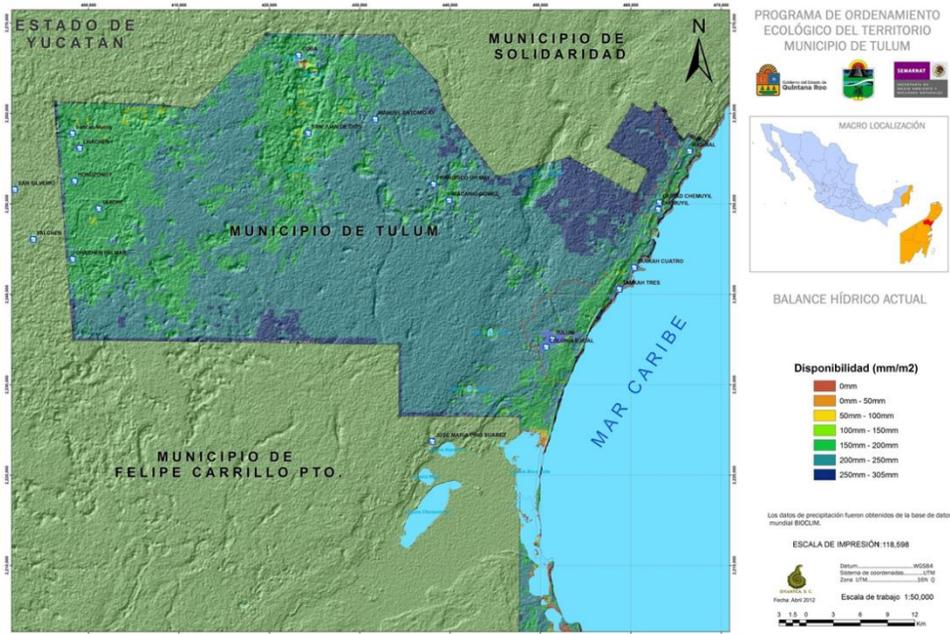
A continuación se muestran las tendencias de disponibilidad de agua en los escenarios y los mapas de disponibilidad de agua media anual en el municipio de Tulum bajo escenarios de cambio climático (Figuras 45-47).

**Figura 117. Disminución de la disponibilidad de agua de acuerdo al balance hidrológico bajo escenarios de cambio climático.**

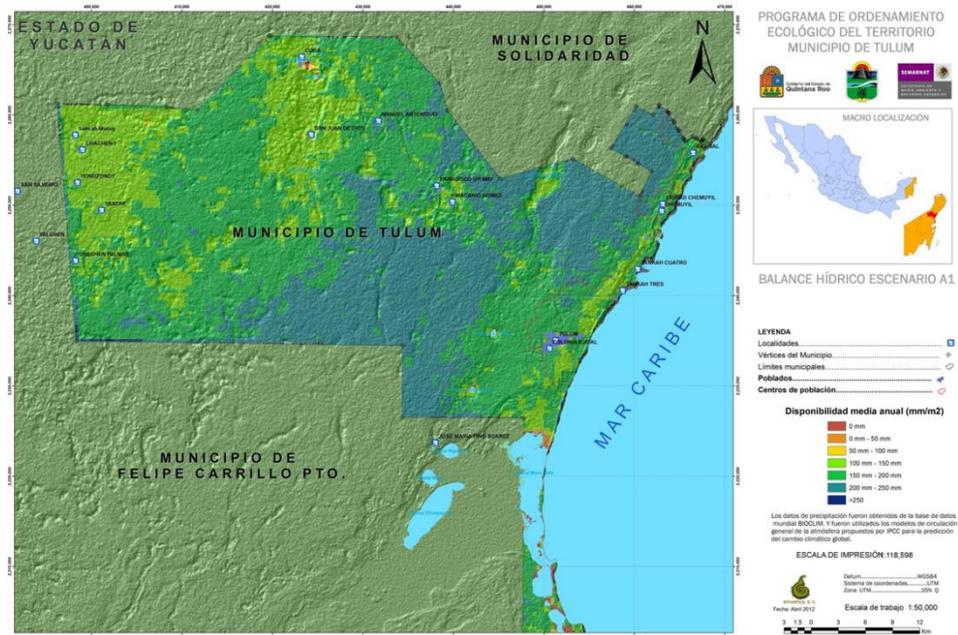


De acuerdo con el balance hidrológico establecido bajo los diferentes escenarios de cambio climático, la recarga total media anual en el municipio bajo el escenario A1 será de 353,100,910 m<sup>3</sup>/año, mientras que los resultados obtenidos con el escenario A2 señalan que la recarga total media anual será de 315,998,910 m<sup>3</sup>/año. Que comparados con la recarga total media actual (420,635,660 m<sup>3</sup>/año) se tiene que se verá disminuida la cantidad de agua disponible de forma natural en el municipio, sin considerar el volumen de importaciones, entre un 16.06% y un 24.88% respectivamente.

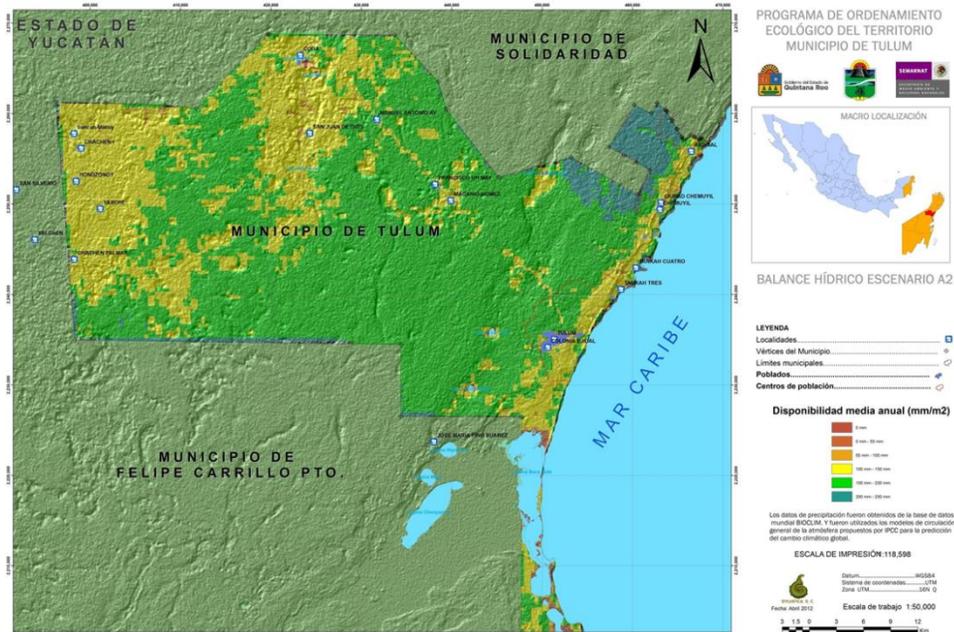
**Figura 118. Disminución de la disponibilidad de agua de acuerdo al balance hidrológico escenario actual.**



**Figura 119. Disminución de la disponibilidad de agua de acuerdo al balance hidrológico bajo escenarios de cambio climático A 1.**



**Figura 120. Disminución de la disponibilidad de agua de acuerdo al balance hidrológico bajo escenarios de cambio climático A 2.**



#### 2.5.4.2. Captación de carbono.

En cuanto a los efectos del cambio climático se tiene que uno de los más representativos y que se ha utilizado como uno de los efectos más adversos es el incremento de gases de efecto invernadero, los cuales tendrán efectos complejos, en algunos casos contrastantes y en ocasiones opuestos (Brinkman y Sombroek 1996)

El incremento en las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se traducen en un mayor incremento en la generación de biomasa, ya que genera un impacto positivo en la productividad de las plantas, además, produce un efecto importante al reducir la transpiración de las plantas y hacerlas más eficientes en el uso del agua, por lo que hay un efecto positivo del CO<sub>2</sub> sobre la transpiración de las plantas (Gregory et al., 1998)

Aunado al incremento de temperatura derivado del cambio climático propiciará el incremento de la biomasa en los bosques y selvas, Philips et al., 1998 reporta un aumento de la biomasa, de 0,62 t C/ha/año, lo cual para un área de 7 000 millones de hectáreas significa una captura de carbono de Gt 0,44 C/año y que haciendo una proyección para una superficie de 1847,144 hectáreas, que corresponde a las áreas ocupadas por algún tipo de vegetación, excluyendo las agrícolas de un incremento de captación de 114,169 toneladas de carbono al año.

#### 2.5.4.3. Intensidad de huracanes.

Las implicaciones del cambio climático en lo referente al incremento de intensidad de estos en los fenómenos meteorológicos es una de las preocupaciones que se debaten en diversos foros.

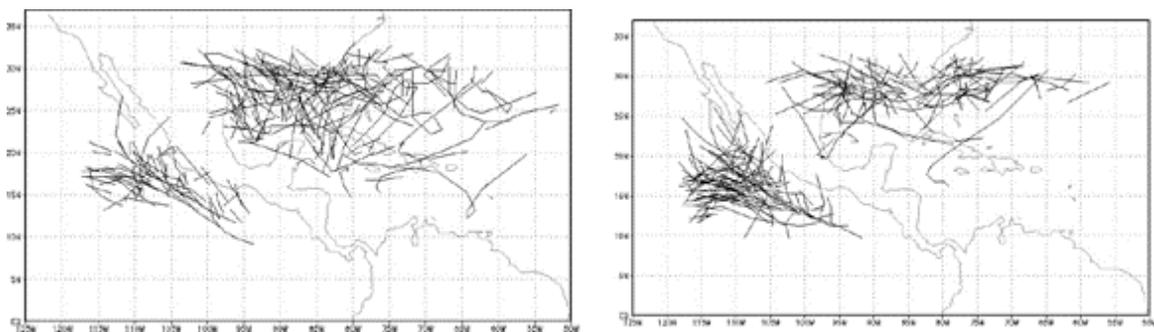
La historia de ciclones tropicales en el Océano Atlántico, la teoría de Intensidad Máxima Potencial y los modelos climáticos, muestran que incrementos en la temperatura de superficie del mar van acompañados de huracanes más intensos. Al relacionar las anomalías de temperatura en el Océano Atlántico con el número de huracanes intensos (de categorías 3, 4 y 5 en la escala Saffir-Simpson), se observó que anomalías positivas relativamente pequeñas de temperatura de superficie del mar (del orden de  $1^{\circ}\text{C}$ ), van acompañadas de un mayor número de huracanes intensos respecto a aquellos períodos de anomalías de temperatura negativas (IMTA, 2006). Seis de los diez huracanes más intensos de la historia del Océano Atlántico se han observado en el Mar Caribe. Los otros cuatro en el Golfo de México.

Ante el calentamiento global previsto por el IPCC, podemos esperar huracanes más intensos que los registrados hasta ahora en el Mar Caribe, por lo cual Quintana Roo requiere de tomar medidas de adaptación ante este hecho con el fin de mantener de forma sostenible y durante las siguientes décadas su actividad turística, social y económica.

En cuanto a las posibles trayectorias de los huracanes en escenarios de cambio climático, aún se sabe muy poco. Se han comenzado a hacer algunos análisis a este respecto en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, donde se han determinado las trayectorias de ciclones tropicales en un modelo utilizando un experimento de control, para compararlo con un escenario de cambio climático tal como se muestra en la Figura 49, en la cual se puede observar que de acuerdo en las proyecciones realizadas el número de huracanes se intensificarán en la costa del Océano Pacífico, teniendo el efecto contrario en las costas de Quintana Roo.

Dicho efecto se debe probablemente a que en la Región Caribe, en particular la zona cercana al municipio de Tulum registró en el modelo anomalías de  $0.7^{\circ}\text{C}$ , las cuales se encuentran por debajo del rango que generaría la presencia de huracanes de mayor intensidad.

**Figura 121. Trayectorias observadas en un experimento de control (izquierda) y en un escenario de cambio climático (derecha).**



#### **2.5.4.4. Identificación de zonas potenciales de riesgo por efectos de cambio climático.**

Dado que los efectos del cambio climático implican modificaciones en los factores hidrometeorológicos a nivel global, resulta difícil puntualizar las zonas potenciales de riesgo por los efectos del cambio climático dentro del territorio municipal, sin embargo existe suficiente información a nivel nacional que permite inferir las afectaciones potenciales así como los sectores y recursos vulnerables. A continuación se presentan los factores ambientales que pueden verse afectados así como las zonas vulnerables con respecto al fenómeno de ocurrencia debido a los efectos del cambio climático, el análisis incluye desde incremento del nivel del mar hasta sequía.

**Zonas costeras.** De acuerdo con Ortiz y Méndez (2000), el cambio climático global puede generar modificaciones biogeográficas en la tierra, de gran importancia ecológica y socioeconómica. En particular para las costas del Golfo y Caribe mexicano, diversos autores refieren un aumento en la temperatura de 1.5 °C y un incremento en el nivel medio del mar de 20 cm, para el año 2050. Para algunos ecosistemas el aumento del nivel del mar y de la temperatura es muy importante, por ejemplo los deltas y las playas son vulnerables al ascenso del nivel de mar, pero no al ascenso de la temperatura. En el caso de los humedales, lagunas, estuarios y pastizales podrían ser moderadamente afectados por ambos fenómenos, mientras que otros ecosistemas como manglares y arrecifes coralinos presentan de baja a moderada vulnerabilidad al cambio climático, sin embargo son ecosistemas que están sujetos a la constante presión de las actividades antrópicas, ya sea deforestación, sobrepesca, turismo, etc. por lo cual son considerados también como de alta factibilidad de afectación por los cambios en el clima. En México existirían cinco regiones críticas o vulnerables ante un evento de ascenso del nivel medio del mar debido al cambio climático, tres se relacionan con las cuencas geológicas marginales de los grandes sistemas deltaicos de los ríos Bravo, Papaloapan y el complejo deltaico del Grijalva-Mexcalapa-Usumacinta; en todos hay claras evidencias de hundimiento en la costa por subsidencia de las cuencas. Las otras dos áreas se sitúan en la Península de Yucatán y corresponden a plataformas calcáreas con problemas estructurales de tectónica de hundimiento asociadas con disolución cárstica y de comportamiento geohidrológico. En la Figura 50 se muestran las zonas consideradas como vulnerables en lo que corresponde al Golfo de México y Caribe.

**Figura 122. Zonas vulnerables al ascenso del nivel medio del mar.**



FUENTE: Ortiz y Méndez (2000).

La región denominada Bahías de Sian Ka'an-Chetumal, delimitada en la figura anterior, representa una zona muy cercana al municipio de Tulum e incluso abarca el poblado de Javier Rojo Gómez; tectónicamente son fosas en proceso de hundimiento, constituidas de sedimentos calcáreos de origen marino.

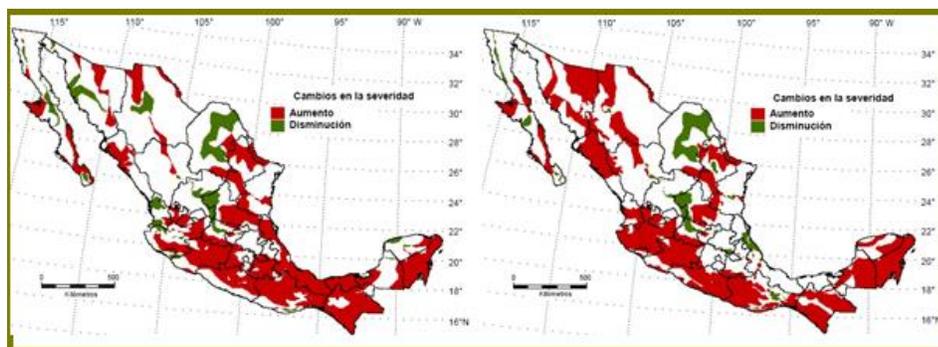
Se ubica en un área poco elevada sobre el nivel del mar, por lo cual los pequeños cambios topográficos tienen mucha importancia en la configuración del paisaje. En las partes bajas se presentan pantanos, mientras que los lugares más elevados están cubiertos de selvas.

Variaciones edáficas y sobre todo topográficas en un área tan plana y tan baja ocasionan diferencias en los períodos de inundación, y la interacción de estos factores con la salinidad determinan en gran medida el tipo de vegetación que se establece en cada sitio (Olmsted y Durán, 1986). El hundimiento de las fosas da lugar a un comportamiento transgresivo del espacio litoral, toda vez que el proceso es análogo a los efectos del ascenso del nivel del mar y permitiendo una migración del ambiente costero hacia el interior de la porción continental, originando con ello un gradiente ambiental de las hidroseries que varía principalmente de unidades de manglar, marismas de inundación marginal (pantanos y selvas bajas inundables).

La extensión de las áreas de inundación comprendida en la porción meridional de Sian Ka'an y para los niveles establecidos entre los 0 y 2 m de altura sobre el nivel del mar se manifiestan de la siguiente manera: el primer nivel es considerado dentro de la zona intermareal y es ahí donde tienen lugar las más importantes variaciones del nivel del mar. Para el área en estudio su importancia es tal que ocupa 97%, representado por casi 585 km<sup>2</sup>. Este nivel de inundación se sitúa bordeando la bahía a través de una faja de unos 500 m de anchura aproximadamente aunque puntualmente en los esteros llega a alcanzar hasta 32 km tierra adentro. Esta zona es la de más alta peligrosidad o de riesgo fuerte, ya que representa a la franja directamente afectada por la sobre elevación de las mareas de tormenta además de constituir porciones de las áreas deprimidas a donde reconoce el escurrimiento superficial y subsuperficial. El siguiente nivel de inundación corresponde al rango de 1 a 2 m de altura. La gran amplitud de área evaluada como peligrosa o de alto riesgo, sobresale de una manera absoluta, atributo al que hay que agregarle el arreglo de la distribución espacial, pues el avance marino se lleva a cabo esencialmente a lo largo de la depresión limitada por fallas geológicas, por las cuales reconoce la cuña de penetración marina que llega a alcanzar hasta 29 km tierra adentro.

**Sequía.** A pesar de poseer un clima tropical subhúmedo, la región Este de la Península de Yucatán no se encuentra exenta de riesgos de sequía severa. Incluso la región del municipio de Tulum se encuentra dentro de las zonas de riesgo de sequía por efecto del cambio climático a pesar de tener una precipitación media anual mayor a los 1,200 mm. Hernández *et al.*, (2000), evaluaron un índice de severidad de sequía para la república mexicana con base en dos modelos de circulación general de la atmósfera: GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) y CCC (Canadian Climate Center). Los resultados mostraron que en diversas zonas del país la presencia de las sequías será más intensa con las anomalías en temperatura y precipitación proyectadas por ambos modelos de circulación general de la atmósfera. En la Figura 51 se muestran las regiones en donde se estiman aumentos en la severidad de la sequía, como se puede observar en ambos modelos se prevé aumento en el índice de severidad de sequía para el estado de Quintana Roo, abarcando por consiguiente aumentos en la sequías para todo el municipio de Tulum.

**Figura 123. Zonas con variación en la severidad de sequía.**

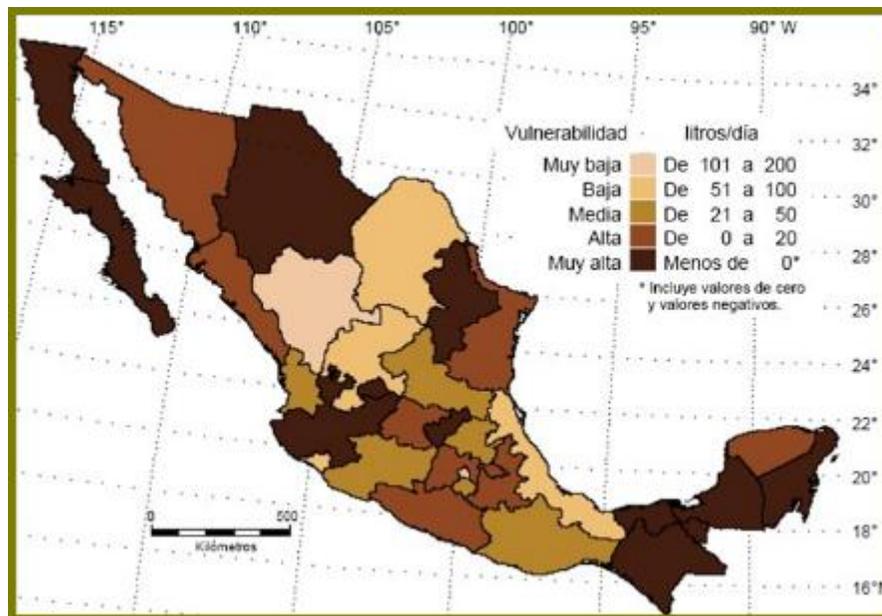


FUENTE: Hernández et al., (2000).

Los resultados del estudio citado muestran que de acuerdo con los modelos de circulación general de la atmósfera, para un escenario que contempla el doble de la concentración actual de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, el Noreste de la Península de Yucatán y por consiguiente el municipio de Tulum, se verán afectados con periodos de sequía más severos, lo cual repercutirá en diversos sectores, es posible que el sector más vulnerable ante esta situación sea el campesino, debido a que toda la agricultura practicada en el municipio es de temporal.

Como se mencionó con anterioridad, los modelos de circulación general de la atmósfera bajo diferentes escenarios estiman incrementos en las temperaturas y disminución de la precipitación, esto incide directamente sobre la disponibilidad de recursos hídricos, ya que todos los incrementos de población futura representan una demanda potencial de satisfactores básicos (Guillermo, 2000). Considerando las diferencias absolutas en la población para el periodo 1990-2025, y su evaluación bajo los escenarios de cambio climático, Guillermo (2000) obtuvo un nivel de vulnerabilidad basado en la reducción en el consumo de agua por habitante que podrá presentarse cuando los incrementos de la población sean considerables y la afectación del cambio climático disminuya la disponibilidad de agua. Dicho análisis fue estructurado a nivel nacional, obteniendo un mapa de vulnerabilidad que diferencia la situación para cada estado (Figura 52).

**Figura 124. Diferencias absolutas en el consumo de agua per cápita y grado de vulnerabilidad.**



FUENTE: Guillermo (2000).

La figura anterior presenta las áreas o estados más vulnerables (tonos oscuros), donde habrá una reducción en el consumo de agua por habitante debido al incremento poblacional de proyectado al 2025 y la correspondiente disminución de la disponibilidad natural de agua por el cambio climático. Los estados con mayor vulnerabilidad en este aspecto, en orden de importancia son: Quintana Roo, Chihuahua, Baja California Sur, Aguascalientes, Baja California, Chiapas, México, Tabasco, Nuevo León, Querétaro, Campeche, Jalisco y Tlaxcala.

**Eventos meteorológicos extremos.** La situación geográfica del país, las condiciones climáticas, orográficas e hidrológicas, entre otros factores, contribuyen a que México esté expuesto, en mayor medida que muchos otros países del continente, a eventos meteorológicos que pueden llegar a situaciones de desastre y cuyos efectos se verán exacerbados por el calentamiento global; en México, tanto los factores de exposición como los de vulnerabilidad frente a eventos meteorológicos extremos se han incrementado durante las últimas tres o cuatro décadas, por consiguiente el riesgo de desastres también ha ido en aumento.

En los últimos cinco años del siglo XX, estas pérdidas resultaron ser cinco veces mayores que el promedio correspondiente a la primera mitad de la década de los años sesentas. La Secretaría de Gobernación reconoce que mientras el número de desastres de origen geofísico ha permanecido constante, la ocurrencia de desastres por eventos meteorológicos se ha incrementado a poco más del doble (Landa *et al.*, 2008). En la Figura 53 se presenta la incidencia de huracanes para el periodo 1980-2005, donde se puede observar que la costa este de la Península de Yucatán resalta como una de las zonas con mayor incidencia de huracanas de mayor intensidad.

**Figura 125. Principales huracanes que han impactado en México en el periodo 1980-2005.**



FUENTE: Carabias y Landa (2005) en Landa et al., (2008).

Dado lo anterior, el municipio de Tulum se encuentra en una región con alta probabilidad de incidencia de huracanes que, dados los escenarios de cambio climático proyectados, existe la posibilidad de que sea una zona de alta incidencia de huracanes.

### **2.5.5. RECOMENDACIONES GENERALES.**

En lo que respecta a sismicidad, se recomienda realizar cálculos de peligro sísmico probabilístico utilizando el método Esteva-Cornell (Cornell C.A.;1968: Engineering seismic risk analysis. Bull. Seism. Soc. Am., 58(5), 1583-1606).

De acuerdo con la importancia del fenómeno Kárstico para el estado de Quintana Roo y principalmente para el municipio de Tulum y el vecino municipio de Solidaridad, se requiere un inventario formal de formas kársticas, que incluya de forma destacada las topografías de cavernas inundadas conocidas en la zona. Para ello, se recomienda consultar a la agrupación Quintana Roo Speleological Survey y a la Association for Mexican Cave Studies.

## **2.6. Análisis de la Aptitud Territorial**

Con base en la delimitación de las unidades de paisaje, las cuales representan la expresión geográfica integral de un área de la superficie terrestre que resulta de la interacción de los procesos biofísicos y socio-culturales, razonablemente estables o con alguna predictibilidad cíclica (SEDESO-IG, 2000), es posible evaluar la aptitud natural del territorio, esto en conjunto con la determinación de la compatibilidad jurídica, la viabilidad socioeconómica, ambiental y técnico financiera, los cambios de uso implícitos, la vulnerabilidad y otros factores, establece la aptitud de un territorio, primero con referencia a las diferentes categorías de aptitud de cada sector o actividad económica definida y relevante para el municipio y después para hacer una zonificación en la que se atribuye a cada unidad territorial la aptitud o aptitudes preponderantes.

De acuerdo con Mendoza et al. (2009), el análisis de aptitud es un proceso que implica predecir el uso potencial del terreno sobre la base de atributos, permitiendo, por un lado, establecer y armonizar lineamientos sobre el tipo e intensidad de uso, y por otro, evaluar los conflictos que puedan surgir entre la demanda de recursos por parte de la población y la oferta de recursos por parte del medio ambiente. Bajo este mismo paradigma, el concepto de aptitud está estrechamente ligado a características ambientales del área (en particular bioclimáticas e hídricas derivadas) y a la distribución de propiedades del suelo en el territorio, en particular su calidad (Karlen et al. (2003). La aptitud considera también limitantes y restricciones físicas para desarrollar alguna actividad productiva en particular, por lo tanto, el análisis de aptitud sectorial para el Municipio de Tulum requirió del trabajo participativo de gremios sectoriales y la integración de mesas de trabajo para la definición de una meta consensada y la identificación de atributos ambientales.

## **2.6.1. Métodos**

### **2.6.1.1. Unidades de Paisaje**

Según Kertész (2009), la degradación de la superficie de la Tierra es uno de los problemas más severos de nuestros tiempos. El concepto de degradación de tierras tiene su origen en el concepto de degradación del suelo y a menudo son usados como sinónimos, esto debido a que resulta evidente que si el suelo es degradado esto tendrá enormes impactos tanto en las tierras como en el paisaje porque dicha degradación detiene o impide el crecimiento de las plantas. Por otra parte, Pando et al. (2002) manifiesta que algunos autores consideran el término desertificación como sinónimo de degradación de tierras y lo definen como la destrucción del potencial biológico de los recursos naturales, debido a su uso inadecuado, lo cual trae como consecuencia procesos degenerativos de las condiciones físicas, biológicas, económicas y sociales de los habitantes del área y sus alrededores. A pesar de la controversia en conceptos, existe consenso en que la degradación, como sea que fuese definida, implica una serie de procesos que conducen al empobrecimiento de los suelos y de la vegetación tales como la erosión o la pérdida de fertilidad del suelo. De modo tal que resulta apropiado en manejar un enfoque más amplio como el que manifiesta Kertész (2009), al proponer el término degradación del paisaje (Landscape degradation).

Por lo anterior se planteó un análisis de degradación desde el enfoque paisajístico, el cual no sólo contempla la degradación de tierras por la influencia antrópica, sino el desarrollo de ésta dentro de unidades de paisajes integrales o unidades de integración territorial. Una unidad de paisaje es la mínima unidad cartografiable que permite representar espacialmente los principales componentes de un ecosistema (estructural y espacialmente), de tal manera que un mapa de unidades de paisaje es compatible con otros modelos de segmentación del territorio (Priego et al., 2008). De acuerdo con el mismo autor, la utilización del enfoque de paisaje en la regionalización ecológica enriquece el conocimiento sobre la distribución geográfica de los recursos naturales (y de los ecosistemas que los albergan), su dinámica en el tiempo, y la tolerancia del ambiente a la intervención humana.

Cabe señalar que el enfoque que permite definir, estudiar, analizar y elaborar predicciones en las unidades de paisaje o unidades de integración, es la geoecología o ecología del paisaje (Naveh y Lieberman, 1993); por lo tanto, el principal factor de diferenciación preliminar son las condiciones relieve, el cual se encuentra compuesto por características topográficas y litológicas, haciendo uso de parámetros morfométricos (hipsometría, disección vertical, pendiente, entre otros) que permiten generar comparaciones cuantitativas del relieve y de este modo clasificarlo, sin embargo en el municipio de Tulum como en el resto de la Península de Yucatán resulta imposible encontrar condiciones diferenciales en el relieve a escala municipal e incluso estatal, ya que la variación máxima entre curvas de nivel (de acuerdo con el Modelo Digital de Elevación) es de 20 metros.

Así mismo, dentro del territorio municipal la composición litológica no presenta una variación significativa, dada la completa naturaleza calcárea del municipio. Por otra parte, Gómez (2007), considera dos tipos de unidades de integración (Tabla 1), las cuales permiten desarrollar un análisis que conlleva a la diferenciación de factores ambientales y a la vez permite la integración de unidades del territorio. Todo ello procurando tener claridad en la composición, estructura, relaciones, diferenciación y desarrollo de cada una de las unidades generadas.

**Tabla 30. Tipos de unidades de integración de acuerdo con Gómez (2007). En la tabla se muestran las características de las unidades de paisaje, definidas desde el enfoque de unidades de integración territorial.**

Tipo de Unidad	Descripción	Ventajas	Inconvenientes
Unidades heterogéneas, estratégicas o de síntesis	Secciones del territorio definidas e identificadas por la existencia de algún "factor clave"	Su definición es estratégica en función de los objetivos del plan	Requiere gran conocimiento de la zona de estudio para identificar los factores principales
Unidades homogéneas o unidades ambientales	Áreas homogéneas tanto en sus características físicas como en su comportamiento ante determinadas actuaciones o estímulos exteriores	Cubren un amplio espectro de información temática	Derivados de manejo de gran cantidad de información

Considerando las premisas anteriores se llevó a cabo la definición de unidades de paisaje tomando en cuenta distintos factores ambientales, dentro de los cuales se encuentran: la geología, geomorfología, la hidrología subterránea, la hidrología superficial, índices morfométricos (índice de compacidad), índice de vegetación normalizado (NDVI), los tipos de vegetación, la densidad de ríos subterráneos y la densidad de cenotes. Los criterios y factores considerados para la definición de unidades de paisaje se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 31. Factores ambientales considerados para la definición de unidades de paisaje. En la tabla se muestran los cinco factores o componentes ambientales que permitieron la integración de unidades de paisaje.**

Factor o componente ambiental	Descripción
Geología	La geología es considerada el primer factor de distinción del paisaje, en el municipio de Tulum se manifiestan formaciones geológicas de tres periodos y cinco tipos de rocas, siendo la de mayor distribución la roca caliza del sistema neógeno, ocupando el 90.5% de la superficie municipal.
Hidrología subterránea	Este factor se consideró por la importancia de las unidades geohidrológicas en la conformación del paisaje, en el municipio existen tres unidades geohidrológicas, donde el material consolidado con posibilidades altas es el de mayor presencia, abarcando el 92% de la superficie del territorio municipal.
Hidrología superficial	Fueron considerados los coeficientes de escurrimiento asociados a las formaciones hidrogeológicas, en el municipio de Tulum se encuentran cuatro rangos de coeficiente de escurrimiento, de 0-5% (de mayor distribución en el municipio), y de 5-10 %, de 10-20% y de 20-30% en la parte Sureste.
Edafología	El tipo de suelo es un factor que incide en la conformación del paisaje al estar relacionado con la distribución de la vegetación. En el territorio municipal se distribuyen siete unidades edafológicas, siendo la de mayor distribución la unidad correspondiente al tipo de suelo litosol, que abarca 85.2% de la superficie municipal.
Coeficiente de compacidad	Con el fin de integrar un elemento cuantitativamente diferenciable en la definición de unidades de paisaje, fueron considerados los coeficientes de compacidad de cada una de las nanocuencas con inferencia en el municipio de Tulum, lo cual permite considerar la morfometría.
Índice de vegetación normalizado	El NDVI permite realizar una discriminación cuantitativa de las coberturas vegetales, de modo que es un elemento que permite establecer una aproximación del estado de la vegetación, razón por la cual fue considerado como otro elemento para la definición de unidades de paisaje.
Tipos de vegetación	Este factor tiene estrecha relación con el uso desuelo del municipio, y es un elemento clave en la definición del paisaje ya que de este depende en gran medida la distribución de algunas especies de fauna.
Densidad de ríos subterráneos	La presencia de ríos subterráneos (característica de los sistemas kársticos), es un elemento considerado de importancia para la determinación de unidades de paisaje, por lo tanto para la definición de las mismas fue utilizada la densidad de ríos subterráneos por km <sup>2</sup> con la finalidad de obtener una variable representativa de la presencia de ríos subterráneos para todo el municipio.
Densidad de cenotes	Al igual que el factor anterior, la densidad de cenotes por km <sup>2</sup> fue utilizada como elemento clave que permite la delimitación y definición del paisaje de acuerdo con las observaciones del panel de expertos consultado en los talleres de trabajo respectivos a este tema. La mayor densidad de cenotes se presenta en la planicie costera donde dichas densidades varían entre de 5 y 11 cenotes/km <sup>2</sup> , mientras que en la zona centro del municipio la densidad de cenotes es de cero.

Dado lo anterior, fueron definidas 13 unidades de paisaje (UP), cuyas características se encuentran plasmadas en la Tabla 3.

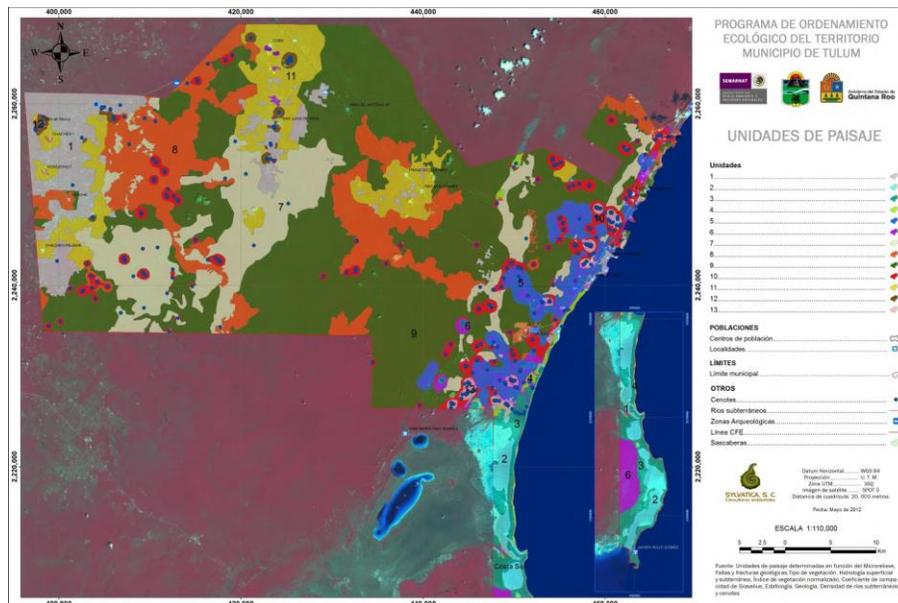
Unidad de paisaje	Descripción
UP-1	Esta unidad de paisaje se manifiesta de forma dispersa por el territorio municipal, presenta principalmente rocas calizas que representan un material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero, presenta coeficientes de escurrimiento entre 0 y 5%, las microcuencas que los contienen presentan formas elongadas de coeficientes de compacidad mayores a 2.58, presentan una densidad de ríos prácticamente nula que va 0 a 0.03 km lineales por cada dos km <sup>2</sup> , de igual forma la densidad de cenotes es baja con nula presencia y un rango que va de 0 a 5.64 cenotes por cada dos km <sup>2</sup> con una media de 0.12. Los tipos de vegetación presentes son variados, aunque presentan una respuesta espectral semejante, predomina la vegetación secundaria de SMQ y SBS, así como las tierras agrícolas y la presencia de manglar chaparro de baja altura y cobertura de copa reducida.
UP-2	Esta unidad de paisaje está compuesta principalmente de lagunas costeras donde la presencia de agua es permanente, se localiza en la región sureste del municipio, principalmente en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an.
UP-3	Esta unidad de paisaje comprende formaciones geológicas del periodo cuaternario cuya entidad geológica corresponde a suelos lacustres y litorales. Posee una amplia diversidad de suelos asociados, Gleysol mólico, Regosol calcárico (distribuido en la transición lagunar y zonas inundables), y Solonchack gléyico y mólico. Se caracteriza por la amplia presencia de manglar, que se establece de forma circundante a las lagunas costeras de la zona sureste del municipio, formando parte también del polígono delimitado por la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Además presenta vegetación de duna costera y tulares. Otra característica distintiva de este UP es que presenta los coeficientes de escurrimiento más altos del territorio municipal con rangos que van 10 a 20% y de 20 a 30%. Esta unidad presenta una densidad de ríos subterráneos de 0 a 6.22 km lineales por cada dos km <sup>2</sup> , así mismo presenta una densidad media de cenotes de 0.11 por cada dos km <sup>2</sup> .
UP-4	Presenta entidades geológicas diversas compuestas por suelos de tipo palustre, lacustre, litoral y eólico, sobre un material no consolidado con posibilidades bajas de funcionar como acuífero y un coeficiente de escurrimiento entre 0 y 5% y suelos compuestos de Litosoles en asociación con Regosol calcárico. Esta unidad de paisaje contempla las zonas más amplias de vegetación de tular distribuidas principalmente en las lagunas ubicadas al noreste del municipio en colindancia con el municipio de Solidaridad, además contempla una amplia zona que posee una cobertura considerable de vegetación de duna costera en la región sur, en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an.

Unidad de paisaje	Descripción
UP-5	Esta unidad de paisaje comprende formaciones geológicas del periodo cuaternario cuya entidad geológica corresponde a rocas calizas de origen sedimentario que comprenden un material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero. El coeficiente de escurrimiento superficial es de los más bajos en el municipio en el rango de 0 a 5% y únicamente se presentan suelos someros con profundidad menor de 10 cm de tipo Litosol. En esta unidad se distribuye vegetación de selva mediana perennifolia y selvas bajas subcaducifolias. Esta unidad se caracteriza por encontrarse en nanocuencas de morfología más circular y por la alta presencia de ríos subterráneos y cenotes, presentando densidad de ríos de hasta 6.1 km lineales de ríos por cada dos km <sup>2</sup> , con una densidad media en toda la unidad de 1 km lineal por cada km <sup>2</sup> . Así mismo presenta la tercera densidad más alta de cenotes, que va de 0 a 3.6 cenotes por cada dos km <sup>2</sup> , con una densidad media de 0.46 cenotes por cada dos km <sup>2</sup> .
UP-6	Esta unidad de paisaje se manifiesta de forma dispersa por el territorio municipal, presenta principalmente rocas calizas que representan un material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero, presenta coeficientes de escurrimiento medios, entre 5 y 10%, las microcuencas que los contienen presentan formas elongadas de coeficientes de compacidad mayores a 2.46. En esta unidad se presenta vegetación de tular y selvas bajas inundables. La densidad de ríos subterráneos es baja y la presencia de cenotes es nula, manifestando una densidad media de 0.003 cenotes por cada dos km <sup>2</sup> .
UP-7	En esta unidad de paisaje se presenta una sola entidad geológica correspondiente a rocas calizas, que manifiesta un material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero, con suelos de tipo litosol y vegetación de selva mediana perennifolia, y selva baja subcaducifolia. Las nanocuencas en las cuales se distribuyen poseen un coeficiente de compacidad medio de 2.05, la presencia de ríos subterráneos es baja y la densidad de cenotes es también de las más bajas en comparación con el resto de las unidades de paisaje.
UP-8	Esta unidad de paisaje presenta condiciones semejantes a la UP-7, sin embargo se distribuye sobre depresiones geológicas que forman zonas inundables las cuales se encuentran asociadas a la fractura de Holbox. Los tipos de vegetación presentes son la selva mediana subperennifolia, la selva baja subcaducifolia y vegetación secundaria derivada de selva mediana.
UP-9	Representa la unidad de paisaje con mayor extensión en el municipio, no posee gran diversidad de entidades geológicas, presentándose únicamente rocas calizas asociadas a un material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero. Se distribuyen dos tipos de suelos, las Rendzinas y los Litosoles, estos últimos en mucha mayor proporción de ocupación de superficie en el territorio municipal. En esta unidad sólo se distribuyen la selva medianas subperennifolia y vegetación secundaria arbórea derivada de esta. Posee una muy baja densidad de ríos subterráneos y cenotes

Unidad de paisaje	Descripción
UP-10	Esta unidad de paisaje está conformada por diversos tipos de vegetación de selva, ya condiciones ambientales semejantes a la UP- 9, sin embargo su principal característica distintiva es que posee la segunda mayor densidad de cenotes en comparación con el resto de las unidades de paisaje presentando una densidad media de 1.35 cenotes por cada dos km2.
UP-11	Esta unidad presenta sólo una entidad geológica representada por rocas calizas de origen sedimentario del periodo terciario. Al igual que la mayoría de las unidades previamente descritas presenta un material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero con coeficientes de escurrimiento superficial entre 0 y 5%. Los suelos predominantes son el litosol y la rendzina. Se caracteriza por contar con vegetación en algún grado de perturbación como la vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia, los pastizales inducidos y sobre todo la presencia de cultivos agrícolas de temporal. Posee una presencia nula de ríos subterráneos y una densidad sumamente baja de cenotes. Las nanocuencas en las cuales se distribuye por lo general presentan coeficientes de compacidad medios.
UP-12	Esta unidad presenta condiciones ambientales semejantes a la UP-11, la principal diferencia radica en la presencia exclusiva de la agricultura de temporal, la cercanía a los pequeños poblados y la extensión considerablemente menor.
UP-13	Presenta características semejantes a la mayoría de las unidades de paisaje, presentando rocas calizas que conforman una material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero, suelos de tipo litosol y vegetación de selva mediana subperennifolia. Esta unidad de paisaje presenta la máxima densidad de ríos subterráneos, con una densidad media de 5 cenotes por cada dos km2. Se encuentra distribuida principalmente en la región este del municipio, entre 2 y 5km de distancia a la costa. Las nanocuencas presentan un coeficiente de compacidad medio de 1.93.

En la Figura 1 se muestra el mapa de las trece Unidades de Paisaje generadas a través de los criterios y elementos descritos anteriormente.

Figura 37. Unidades de Paisaje.



### 2.6.1.2. Aptitud Sectorial

Según lo establecido en los párrafos anteriores, fueron identificados cinco grupos sectoriales: industrial, turismo, ejidal, gubernamental y conservación, cada uno de los cuales definió las actividades que realiza, determinando con ello el uso que se tiene del territorio y la identificación de los atributos ambientales que sirven de base para generar el análisis de aptitud. De tal manera que el proceso para la determinación de la aptitud sectorial tomó como base los resultados de las mesas de trabajo establecidas en los talleres sectoriales, puesto que en ellos fue posible conocer los atributos ambientales que determinan la presencia y distribución de las actividades productivas y demás usos dentro del territorio municipal. Dicho proceso partió del enfoque multicriterio que está compuesto por los factores descritos a continuación.

El enfoque multicriterio comprende aquellos métodos y técnicas que se utilizan en casos donde es necesario encontrar soluciones a problemas de múltiples alternativas (problemas de decisión) de selección que pueden ser evaluadas a través de características de desempeño, llamadas criterios. Las diferentes técnicas de comparación incluyen el ranking, el rating y la comparación por pares. En el caso de ordenamiento territorial la meta planteada en cada una de las mesas de trabajo de los talleres participativos representa “el problema de decisión”, ya que en la mayor parte de las mesas establecidas la meta consistía en identificar las zonas con mayor potencial para el desarrollo de actividades sectoriales, utilizando para ello los diferentes atributos ambientales que se pueden identificar y definir, tanto conceptual como especialmente.

De acuerdo con Malczewski (1999) el análisis multicriterio tiene seis componentes

- El o los objetivos que se intentan lograr

- El tomador de decisiones o el grupo de tomadores de decisiones
- Un grupo de criterios de evaluación (divididos en objetivos secundarios o atributos) sobre los cuales se evalúan los cursos de acción
- Las alternativas de decisión o variables de acción
- Las variables incontrolables o variables de estado de la naturaleza
- El estado deseado o futuro asociado a cada alternativa o conjunto de atributos

Las etapas en que fueron integrados cada uno de los componentes anteriores se mencionan a continuación, así mismo la Figura 2 muestra el esquema de dichas etapas y los métodos generales para su obtención.

Figura 38. Proceso metodológico.



- Identificación de sectores

A partir de los participantes en cada una de las reuniones (talleres) realizadas se procedió a la identificación de sectores, para ello fue necesaria una presentación introductoria y la posterior integración de los participantes en las mesas afines a la actividad que realizan.

- Identificación de actividades

Debido a la considerable variedad de actividades que se realizan en cada uno de los gremios sectoriales integrados, fue necesario hacer una distinción de dichas actividades y en base a ellas llevar a cabo los análisis posteriores.

- Definición de meta

Una vez identificadas las actividades de cada sector, se definió la meta u objetivo a alcanzar para cada uno, esto con el fin tener claridad en la posterior selección de atributos, ya que estos deben guardar estrecha relación con la meta definida para cada sector

- Definición de atributos

Los atributos son el conjunto de variables cualitativas o cuantitativas que intervienen en el desarrollo de alguna actividad, de manera que fue necesaria la definición precisa de cada atributo identificAdo, evitando con ello redundancias y exclusiones entre los mismos

- Ponderación y valoración de atributos

Una vez establecida la meta y definidos los atributos, se procedió a determinar el valor y ponderación de estos de acuerdo a los criterios dispuestos por cada mesa de trabajo. La obtención de los pesos (ponderación) necesarios para la valoración de atributos se llevó a cabo por medio de un Proceso de Análisis Jerárquico, en particular un proceso de comparación por pares y cálculo de ranking. Como resultado de la aplicación de esta técnica se utiliza una combinación lineal ponderada en donde la suma de valores o pesos de cada criterio es igual a uno. La técnica de Saaty (1980) obtiene estos pesos calculando el eigenvector principal de una matriz cuadrada recíproca que contiene las comparaciones uno a uno entre los criterios. Las comparaciones vertidas en cada celda de la matriz, contienen la importancia relativa entre dos criterios con relación al éxito o contribución que hace cada criterio respecto al objetivo establecido. Los juicios de valor se realizan con números (del 0 al 9) en una escala que se puede transformar en palabras (extremadamente importante, muy importante, importante, poco importante, igual; y el caso inverso), o bien en gráficas de barras, entre otras.

- Análisis de aptitud

Como se mencionó, el método utilizado consistió en una evaluación multicriterio que utiliza la suma ponderada. Dicha técnica multicriterio permite combinar factores continuos aplicando un peso a cada factor seguido de una suma de los pesos, lo cual resulta en un índice o valor de aptitud, la ecuación general que describe este procedimiento es:

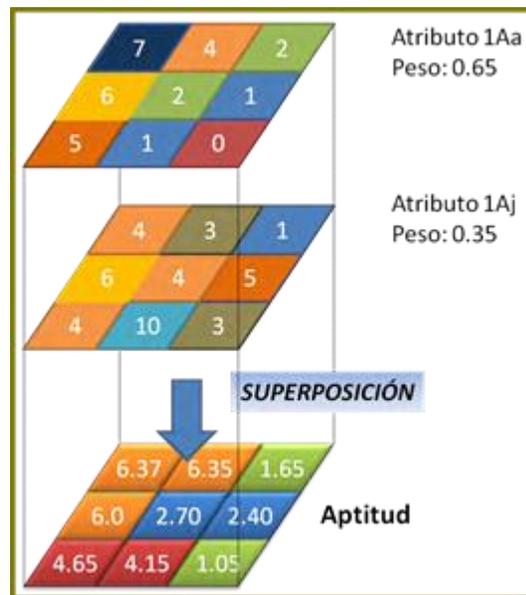
$$S = \sum (W_i * X_i)$$

Donde:

S= Índice de Aptitud,  $W_i$ =Peso para el factor i,  $X_i$ =Valor para el factor i.

Dicha ecuación queda representada en la Figura 3 donde el esquema muestra la aplicación espacial de la combinación lineal ponderada, proceso que se lleva a cabo en el Sistema de Información Geográfica.

Figura 39. Combinación lineal ponderada.



Cabe señalar que los valores continuos representados por  $X_i$  en la ecuación anterior, se obtienen de los atributos ambientales definidos y su correspondiente cambio de escala y unidades, es decir, pasan de ser números reales a números expresados en unidades de proporción (valores entre 0 y 1), esto a través de la aplicación de una función de utilidad o función de valor (Tabla 3). La función de valor es una expresión matemática que se utiliza para normalizar los valores de una variable a una escala de medición común, esto con el fin de poder elaborar una comparación entre todos los atributos sin importar el sistema de unidades con que cada uno se encuentre representado. En el análisis de aptitud las funciones de valor transforman la condición o estado de un atributo a un valor numérico que denota su capacidad para satisfacer una necesidad sectorial en particular. Estas funciones involucran la transformación de la escala natural de una variable que mide un atributo del territorio (por ejemplo, km, en caso de distancias, o bosque, en caso de tipos de vegetación) a una escala (0,1), es decir, del valor anti-ideal al ideal.

Por otra parte, no todos los valores de cada atributo pueden estar representados por una función de valor, ya que en muchos de los casos dicho valor se encuentra asociado a la presencia o ausencia del atributo como tal, en este caso los atributos son representados espacialmente por mapas booleanos donde el valor 1 representa presencia del atributo y mientras que el valor 0 representa la ausencia del atributo. En la Figura 4 se presenta un ejemplo de un mapa booleano, el cual fue utilizado para representar al atributo Selva.

Figura 40. Mapa de atributos booleano. La figura muestra un ejemplo de mapa de atributos en unidades booleanas (0 y 1). En particular el mapa que fue utilizado para representar el atributo Selva en el sector turismo convencional, turismo alternativo, forestal, entre otros.

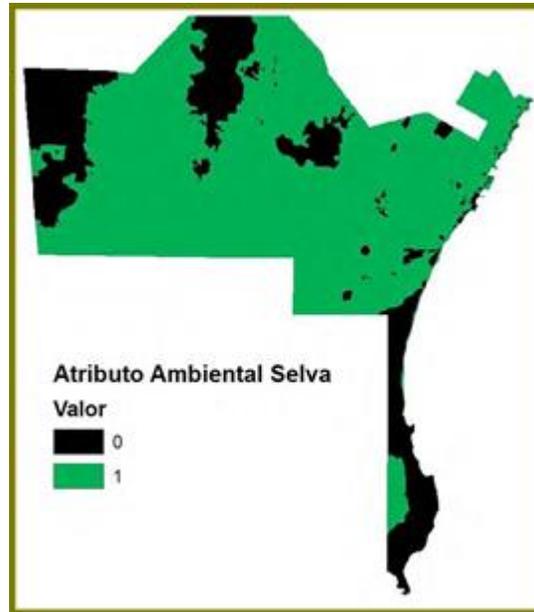


Tabla 32. Valores ponderados y funciones de valor para cada sector. La tabla muestra los valores de ponderación para cada atributos definido durante los talleres participativos llevados a cabo con los gremios sectoriales, así mismo se muestra la función de valor aplicada o en su defecto el tipo de escala de valoración utilizada.

GREMIO	SECTOR	ATRIBUTO	PONDERACIÓN	FUNCIÓN DE UTILIDAD
EJIDAL	Agricultura	Vegetación secundaria	0.166	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Presencia de cultivos	0.3	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Suelos adecuados (Rendzinas)	0.2	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Distancia a Caminos	0.166	$1 - e^{\left(\frac{x-30}{3952.84771}\right)^2}$
		Distancia a poblados	0.166	Presencia-ausencia (escala booleana con buffer de 6km)
	Turismo alternativo	Accesibilidad	0.25	$1 - e^{\left(\frac{x-30}{3952.84771}\right)^2}$
		Distancia a zonas arqueológicas	0.2	$e^{-((x-22000)/(15000))^2}$
		Cercanía a las playas	0.08	$1 - e^{\left(\frac{x-30}{705.43176}\right)^2}$
		Presencia de Cenotes y Cuevas	0.19	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Selva	0.16	Presencia-ausencia (escala booleana)

GREMIO	SECTOR	ATRIBUTO	PONDERACIÓN	FUNCIÓN DE UTILIDAD
	Apicultura	Lagunas	0.12	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Presencia de selva	0.55	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Distancia a cultivos	0.45	$e^{-((x-3000)/(1000))^2}$
	Forestal	Selva	0.30	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Volumen aprovechable	0.25	$1 - e^{-(\frac{x-60}{60})^2}$
		Diámetro del arbolado	0.25	$1 - e^{-(\frac{x-2}{2})^2}$
		Caminos de acceso	0.20	$1 - e^{-(\frac{x-3952.84771}{3952.84771})^2}$
EMPRESARIAL	Turismo	Distancia a playas	0.27	$1 - e^{-(\frac{x-30}{705.43176})^2}$
		Distancia a zonas arqueológicas	0.17	$e^{-((x-22000)/(15000))^2}$
		Presencia de cenotes	0.22	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Selva	0.06	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Vías de comunicación	0.18	$1 - e^{-(\frac{x-3952.84771}{3952.84771})^2}$
		Presencia de poblados	0.1	Presencia-ausencia (escala booleana)
AMBIENTAL	Conservación	Acuífero	0.20827	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Cenotes	0.04878	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Humedales	0.10176	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Manglares	0.24070	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Duna costera y playas	0.13109	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Selvas	0.25305	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Vegetación secundaria	0.01636	Presencia-ausencia (escala booleana)
GOBIERNO	Planes de desarrollo e infraestructura municipal	Zonas de bajo riesgo	0.27	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Cuerpos de agua	0.22	Presencia-ausencia (escala booleana)

GREMIO	SECTOR	ATRIBUTO	PONDERACIÓN	FUNCIÓN DE UTILIDAD
		Áreas Naturales Protegidas	0.2	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Distancia a centros de población	0.17	$e^{-(0.26723*x)}$
		POET Cancún-Tulum	0.14	Presencia-ausencia (escala booleana)
MINERÍA	Extracción de materiales pétreos	Presencia de materiales	0.25	Presencia-ausencia (escala booleana)
		Distancia a carreteras	0.4	$1 - e^{(3952.84771)^{-x}}$
		Cercanía a los centros de población	0.35	$e^{-(0.26723*x)}$

Para tener una mayor representación del método utilizado para transformar las unidades reales en unidades de proporción a continuación se muestra en las figuras siguientes las gráficas de las funciones de valor mostradas en la tabla anterior.

Cabe mencionar que una vez obtenidos los valores arrojados por las funciones de valor, estos fueron procesados para la obtención de una escala de ideales que se encontrará entre 0 y 1 con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Valor en escala de ideales} = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

Donde:

x = Valor del atributo obtenido a partir de la función de valor

x<sub>min</sub> = Valor mínimo obtenido con la aplicación de la función de valor.

x<sub>max</sub> = Valor máximo obtenido con la aplicación de la función de valor.

**Figura 41. Función de valor de tipo campana.** La figura muestra la gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a cultivos en el sector apícola. En el eje de las "x" se representa la distancia en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

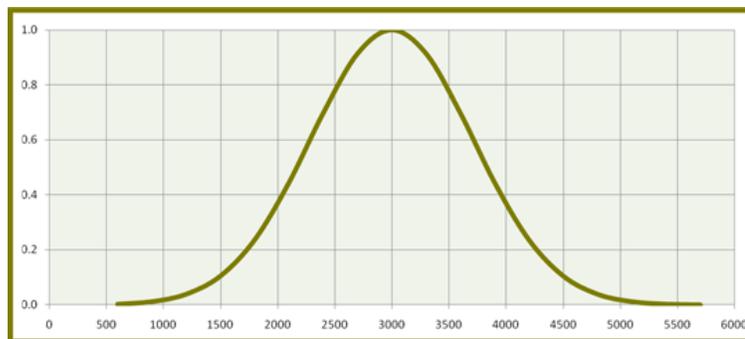


Figura 42. Función de valor de tipo campana creciente. La figura muestra la gráfica de la función de valor utilizada para el atributo volumen aprovechable en el sector forestal. En el eje de las “x” se representa el volumen en m<sup>3</sup>/ha y en el eje de las “y” su correspondiente valor en escala de “ideales” o escala de proporción.

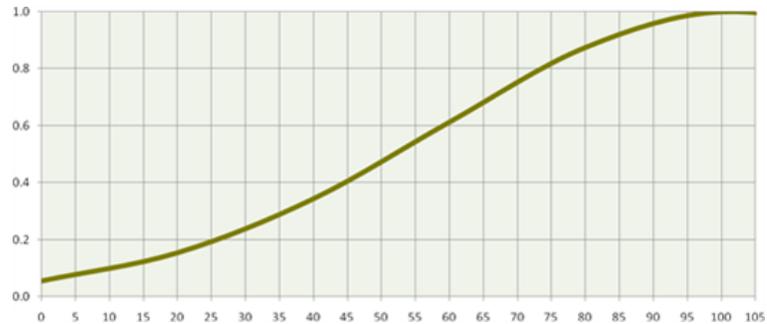
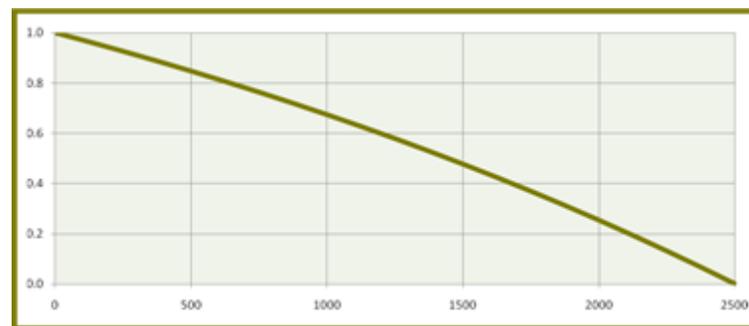


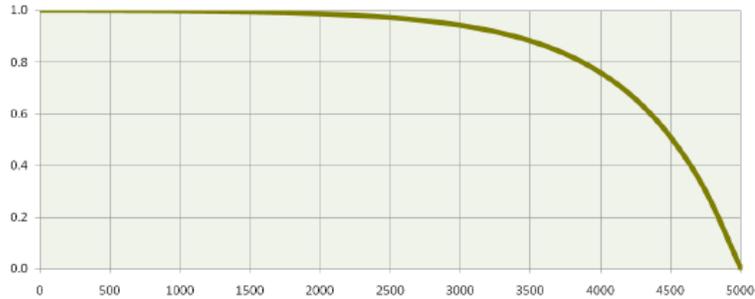
Figura 43. Función de valor de tipo campana creciente. La figura muestra la gráfica de la función de valor utilizada para el atributo diámetro aprovechable en el sector forestal. En el eje de las “x” se representa el diámetro en centímetros y en el eje de las “y” su correspondiente valor en escala de “ideales” o escala de proporción.



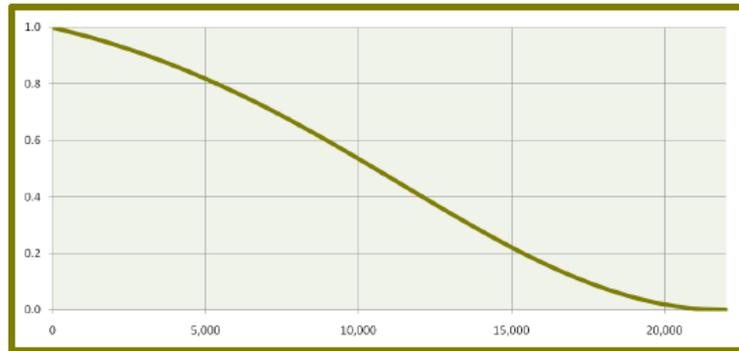
Figura 44. Función de valor de tipo decreciente convexa. La figura muestra la gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a caminos y accesibilidad en los sectores agrícola, forestal, turismo alternativo, turismo convencional, entre otros. En el eje de las “x” se representa la distancia en metros y en el eje de las “y” su correspondiente valor en escala de “ideales” o escala de proporción.



**Figura 45. Función de valor de tipo decreciente convexa. La figura muestra la gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a playas en el sector turismo convencional y turismo alternativo. En el eje de las “x” se representa la distancia en metros y en el eje de las “y” su correspondiente valor en escala de “ideales” o escala de proporción.**



**Figura 46. Función de valor de tipo decreciente convexa. La figura muestra la gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a zonas arqueológicas en el sector turismo convencional y turismo alternativo. En el eje de las “x” se representa la distancia en metros y en el eje de las “y” su correspondiente valor en escala de “ideales” o escala de proporción.**



**Figura 47. Función de valor de tipo decreciente cóncava. La figura muestra la gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a centros de población para el sector gobierno y sector minero. En el eje de las “x” se representa la distancia en kilómetros y en el eje de las “y” su correspondiente valor en escala de “ideales” o escala de proporción.**



Los atributos ponderados que resultan del análisis de aptitud se sometieron a un procedimiento de clasificación basado en los principios de la psicofísica. La psicofísica es la rama de la psicología experimental que se encarga de estudiar la respuesta de las personas a variaciones de un estímulo. Así, los valores que resultan del análisis de aptitud se conceptualizan como estímulos que pueden interpretarse a través de la Ley de Weber-Fechner. Esta ley establece que el cambio discernible en la magnitud de un estímulo es proporcional a su magnitud o “diferencia notable exacta” (o “just noticeable difference”)  $\Delta s$ . De aquí que el cociente  $r$ , entre esta diferencia y un estímulo  $i$  de intensidad  $v$  sea una constante expresada por:

$$r = \frac{\Delta s_v}{s_v}$$

La relación entre un estímulo ( $s_v$ ) al umbral en el que este estímulo no se percibe ( $s_0$ ) se expresa por:

$$s_v = (1 + r)^v s_0 \quad v = 1, 2, \dots, V$$

Por su parte,  $s_0$  se obtiene con base en estímulo más alto,  $v^*$ , mediante la siguiente relación:

$$s_0 = s_{v^*} / (1 + r)^{v^*}$$

## 2.6.2. Resultados

El análisis de aptitud realizado muestra que la mayoría de los sectores poseen un potencial de desarrollo cuando existen vías de comunicación adecuadas y eficientes que permitan, ya sea, el traslado de insumos y productos o el arribo de visitas turísticas. De cualquier forma es posible observar en primera instancia que un atributo ambiental común en la mayoría de los sectores es la presencia o cercanía a caminos. Así mismo se encontró que existen sectores que comparten gran número de atributos, sin embargo las diferencias en el desempeño de sus actividades generan valores de aptitud totalmente distintos.

Por otra parte la mayoría de los atributos seleccionados por los sectores involucrados representan variables booleanas, es decir, de presencia o ausencia, con lo cual en la mayoría de los casos los valores más altos de aptitud estarán reflejados en aquellas zonas donde exista la presencia o combinación simple de dos o más atributos ambientales.

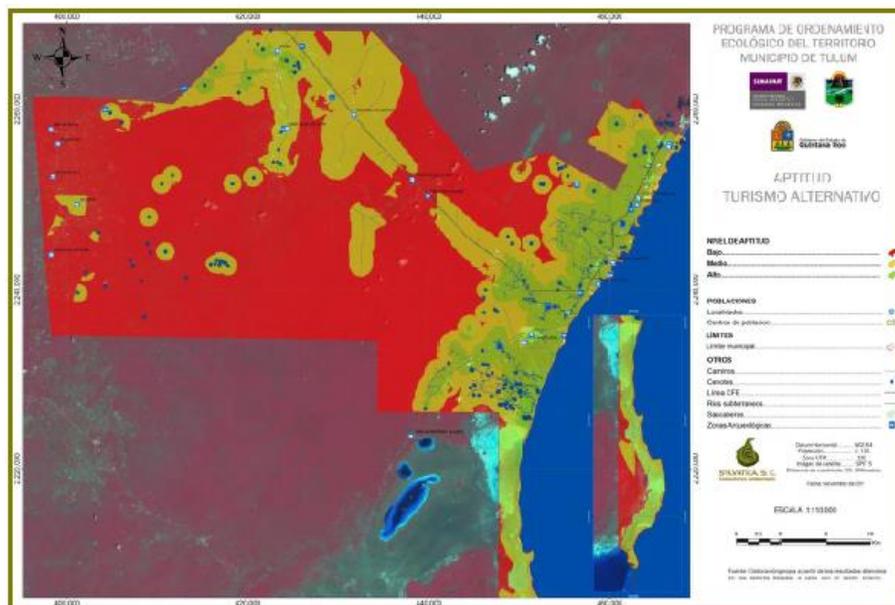
A continuación se presentan los mapas de aptitud obtenidos por gremios y sectores.

### 2.6.2.1. Gremio Ejidal

Sector turismo alternativo.

En este sector algunos componentes del paisaje fueron elegidos como atributos ambientales de interés debido a su belleza escénica y a que resultan atractivos para el turismo, entre los atributos ambientales evaluados se encuentran los cenotes, las zonas arqueológicas, lagunas, entre otros. Cabe mencionar que para este sector la máxima aptitud se encuentra en la región de la costa, del lado Oeste de la carretera federal 307, esto debido a la intensa presencia de cenotes y ríos subterráneos reportados en dicha región, aunado a la presencia de Selva Mediana Subperennifolia con un grado considerable de conservación. La menor aptitud para el turismo alternativo de acuerdo al análisis de atributos establecido se encuentra en la región Oeste del municipio, exceptuando la comunidad de Cobá donde la presencia de una Zona arqueológica y lagunas permiten que tenga un elevado potencial turístico (Figura 12).

**Figura 48. Mapa de aptitud sector turismo alternativo. Las condiciones de los atributos ambientales elegidos por el gremio ejidal reflejan una marcada preferencia por los sitios en donde se combina la accesibilidad, así como la presencia de cenotes y selvas.**



El mapa mostrado en la figura anterior es el resultado de la definición y valoración de seis atributos ambientales., los cuales se muestran en la Tabla 4, con sus respectivos valores de ponderación obtenidos en los talleres participativos.

**Tabla 33. Ponderación de los atributos ambientales definidos por los participantes que practican el turismo alternativo.**

ATRIBUTO AMBIENTAL	PONDERACION
Accesibilidad	0.25
Zonas arqueológicas	0.20

Cenotes y ríos subterráneos	0.19
Selva	0.16
Lagunas	0.12
Playas	0.08
<b>TOTAL</b>	<b>1.00</b>

De acuerdo con la tabla anterior, para el turismo alternativo, la accesibilidad es el atributo de mayor importancia, con un valor de 0.25, que comprende las carreteras y caminos que hacen posible la llegada del turismo.

En segundo lugar en orden de importancia se encuentran las zonas arqueológicas con 0.20, le siguen en importancia los cenotes y ríos subterráneos con 0.19, posteriormente la selva con 0.16, las lagunas con 0.12 y en último lugar las playas con 0.08.

#### Sector agrícola

La agricultura que se practica en el municipio está enfocada básicamente a satisfacer la demanda de las familias de estas localidades, al trueque y al comercio en menor escala y sujeta a la obtención de excedentes, sólo en localidades cercanas.

La agricultura en el municipio de Tulum está orientada principalmente a cultivos básicos como limón, maíz grano, naranja y vainilla, con cultivos intercalados de calabaza, tomate y chile, en terrenos no mecanizados y de temporal con bajos rendimientos, que son destinados al autoconsumo.

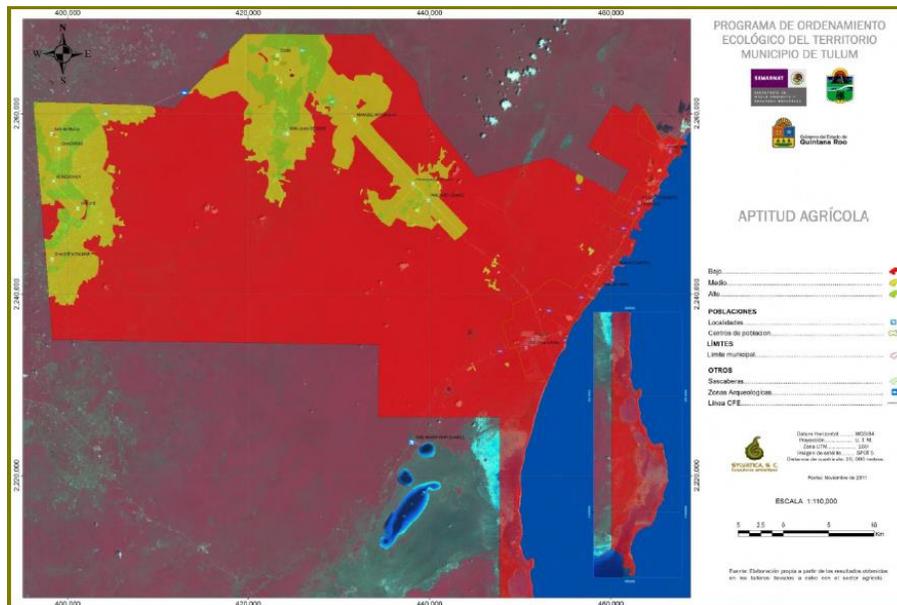
El principal interés del sector agrícola, de acuerdo con lo manifestado en los talleres participativos, es el de alcanzar mayores rendimientos en la producción de cultivos básicos; y para lograrlo definieron se definieron como atributos principales: suelos fértiles, vegetación secundaria, caminos distancia a poblados y zonas con actual ocupación agrícola; los cuales fueron valorados conforme a lo mostrado en la Tabla 5.

**Tabla 34. Ponderación de los atributos ambientales definidos por los participantes que practican agricultura.**

ATRIBUTO AMBIENTAL	PONDERACIÓN
Superficie de cultivo	0.30
Suelos adecuados (Rendzinas)	0.20
Vegetación secundaria	0.166
Caminos	0.166
Distancia a poblados	0.166
<b>TOTAL</b>	<b>1.00</b>

A pesar de que en los talleres se definieron los atributos ambientales necesarios para el adecuado desarrollo de la agricultura, fue posible identificar que el principal incentivo para los productores no se encuentra en las condiciones del suelo ni en la apertura de nuevos caminos, la principal necesidad en este sector son los insumos agrícolas, puesto que fue manifestada la necesidad primordial de apoyos gubernamentales así como la asesoría técnica para una conversión agrícola que vaya de prácticas extensivas a prácticas intensivas de alto rendimiento. En la Figura 13 se muestra el mapa de aptitud para el sector agrícola.

Figura 49. Mapa de aptitud sector agrícola. Las condiciones de los atributos ambientales elegidos reflejan una marcada preferencia por los sitios en donde se lleva a cabo la agricultura actualmente así como las zonas con suelos de Rendzina.



Sector agrícola.

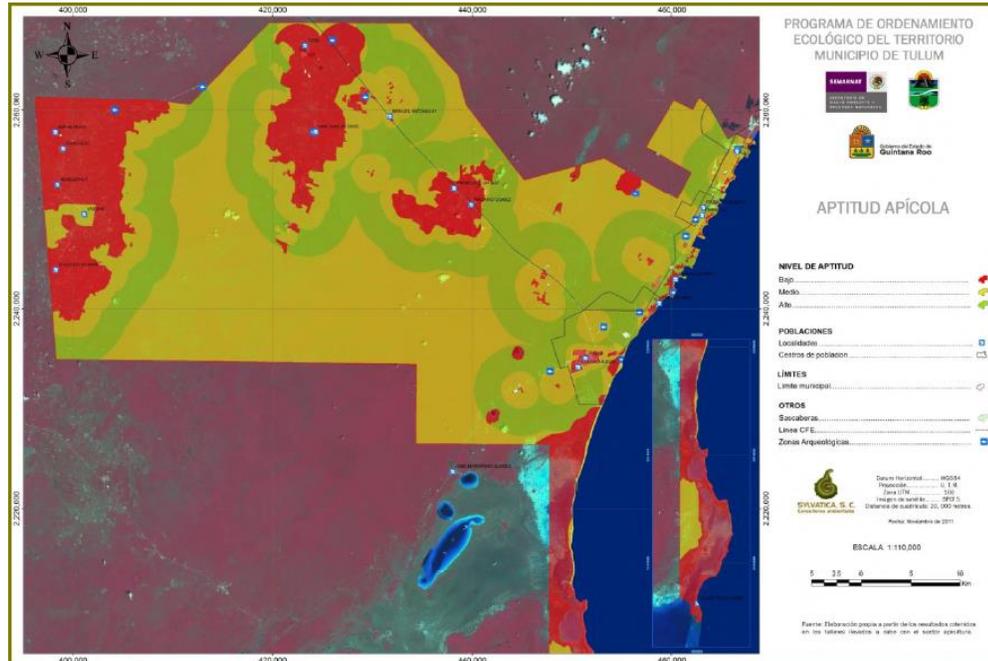
El sector apícola también se encuentra representado por los grupos campesinos de la Zona Maya del municipio de Tulum, y al igual que el sector agrícola la producción se lleva a cabo en las comunidades de Chanchen Primero, Hondzont, Yaxche, Chanchen Palmar, San Juan de Dios, entre otras, aunque este sector se presenta en forma dispersa y comúnmente en asociación con usos de suelo forestal, en vegetación de acahual y en algunas ocasiones en zonas cercanas a los cultivos. A diferencia del sector agrícola, la producción generada por el sector apícola no es de autoconsumo e incluso se presentan cosechas considerables de miel con alta calidad, razón por la cual, hasta hace algunos años, la producción de miel tuvo un auge importante tanto a nivel estatal como municipal. Sin embargo en el municipio de Tulum existe un problema que poco tiene que ver con la producción, y es que los apicultores no encuentran un mercado cercano que ofrezca un precio justo por la calidad ofertada y además les genere utilidad. De tal modo que los campesinos se ven obligados a reducir el precio de su producto e incluso a vender la miel en la ciudad de Valladolid, en el Estado de Yucatán, lo cual implica un gasto más en el transporte de la mercancía.

Al igual que el sector agrícola, los apicultores manifiestan la necesidad de apoyos por parte del gobierno, pues tal parece que la apicultura, al no figurar dentro de las principales actividades que aportan al PIB municipal, se encuentra rezagada dentro de los planes de apoyo.

De acuerdo con los resultados de los talleres participativos se logró identificar como principal debilidad del sector la falta de un mercado constante y cercano, así también como principal amenaza se tiene la presencia reciente de la abeja africana, la cual representa un peligro para las especies de abejas endémicas (la abejita maya) y por consiguiente una posible pérdida de la calidad de la miel. Sin embargo se considera que se cuenta con fortalezas y oportunidades, ya que la calidad de la miel producida podría abrir las puertas del mercado de exportación si se contará con el equipo e infraestructura adecuados. Por otra parte la presencia de grandes extensiones de selva conservada dentro del municipio representa una oportunidad que permitiría producir miel 100 % orgánica de alta calidad.

En la Figura 14 se encuentra el mapa que muestra las zonas con mayor aptitud para el desarrollo de la actividad apícola dentro del municipio de Tulum, esto de acuerdo con los atributos identificados en los talleres participativos.

Figura 50. Mapa de aptitud sector apícola. Las condiciones de los atributos ambientales elegidos por el gremio ejidal reflejan una marcada preferencia por los sitios en donde se combina la selva con una lejanía de los cultivos.



#### Sector forestal.

Cabe mencionar que este sector fue definido por el gremio ejidal, ya que es este el único grupo social identificado que desempeña esta actividad en el territorio municipal. Por otra parte, la actividad forestal figura como un sector sin mucha organización y presencia en el municipio, sin embargo fue considerada ya que forma parte de las actividades que realizan miembros del gremio ejidal, de tal manera que al igual que el resto de los sectores fueron definidos atributos ambientales que resultan indispensables para el desarrollo de dicho sector en el marco municipal. Aunque a diferencia de algunos otros sectores este presenta dependencia de los atributos ambientales, sobre todo los relacionados con factores dasonómicos y dasométricos como son la presencia de especies maderables (factor asociado al tipo de vegetación), volúmenes y diámetro aprovechables, siendo el único factor ajeno de a la naturaleza de estos la presencia de caminos de acceso que faciliten el aprovechamiento. La valoración establecida para los atributos ambientales indispensables para la actividad forestal se muestra en la Tabla 6.

Tabla 35. Ponderación de los atributos ambientales para el sector forestal.

ATRIBUTO AMBIENTAL	PONDERACIÓN
Selva	0.30
Volumen aprovechable	0.25
Diámetro del arbolado	0.25
Caminos de acceso	0.20
<b>TOTAL</b>	<b>1.00</b>

Considerando lo anterior, la aptitud del territorio de Tulum para aprovechamiento forestal es de alta a baja, puesto que sus factores limitantes no permiten la explotación forestal con fines industriales. Únicamente la Selva Mediana Subperennifolia tiene la suficiente aptitud como para permitir una explotación forestal con fines comerciales, teniendo como principales productos las maderas duras y recursos no maderables como hojas de palma. Sin embargo, como esta unidad ocupa 56.97 % de la superficie del territorio, y este uso es compatible con la sustentabilidad de la selva, hay que tenerla presente como una alternativa viable de desarrollo. En la Figura 20 se muestra el mapa de aptitud del sector forestal.

Figura 51. Mapa de aptitud sector forestal. Las condiciones de los atributos ambientales elegidos reflejan una marcada preferencia por los sitios en donde se combina la selva con grandes volúmenes maderables y grandes diámetros.

### 2.6.2.2. Gremio Empresarial

Sector turismo convencional.

En este sector es posible observar que el factor de peso se encuentra representado por los atributos que poseen mayor recurrencia y traslapa, como por ejemplo cercanía a playas y la cercanía con vías de acceso en conjunción con ríos subterráneos.

Es necesario recordar que los atributos ambientales necesarios para el desarrollo del sector turismo convencional que fueron definidos en los talleres participativos son: playas, cenotes y ríos subterráneos, vías de comunicación, zonas arqueológicas, poblados y la selva, todos valorados de acuerdo a los pesos definidos como se muestra en la Tabla 7

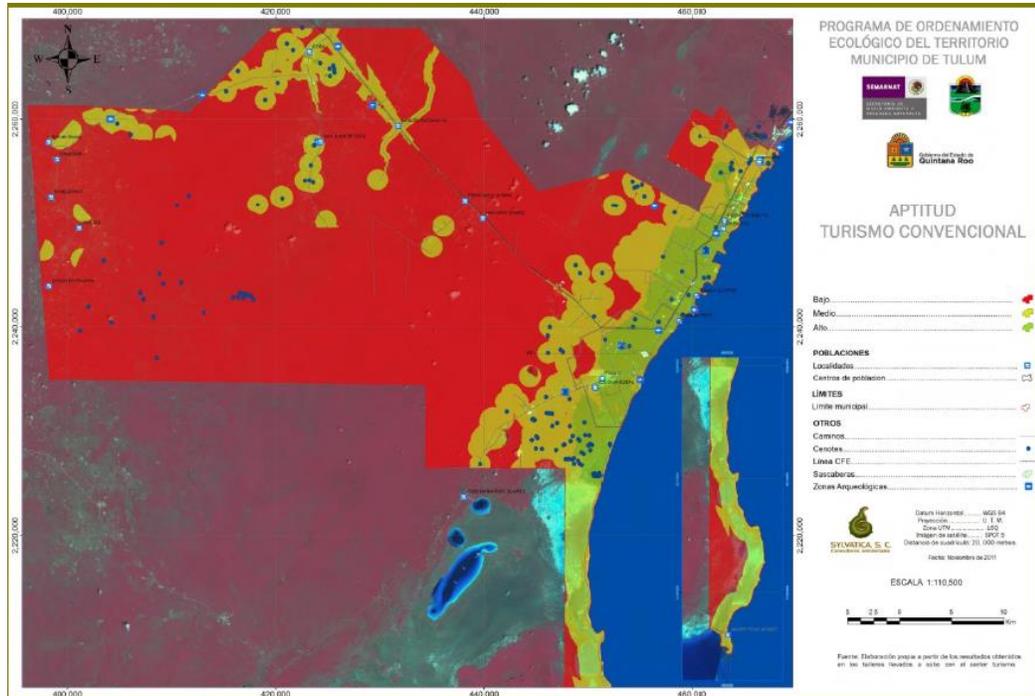
**Tabla 36. Ponderación de los atributos ambientales definidos por los participantes que practican el turismo convencional.**

ATRIBUTO AMBIENTAL	PONDERACIÓN
Playas	0.27
Cenotes y ríos subterráneos	0.22
Vías de comunicación	0.18
Zonas arqueológicas	0.17
Poblados	0.10
Selvas	0.06
TOTAL	1.00

Los pesos de la tabla anterior junto con los valores de función para el sector turismo convencional fueron analizados a través de una combinación lineal ponderada (proceso realizado en el SIG), con lo cual se obtuvo un mapa de aptitud sectorial, el cual fue reclasificado, pasando de una escala de ideales (entre 0 y 1) a una escala lingüística de tres clases: aptitud baja, aptitud media y aptitud alta.

El mapa de aptitud para el sector en comento se muestra en la Figura 16, donde los tonos rojos representan las zonas del territorio con menor aptitud, mientras que los tonos amarillos reflejan una aptitud media y por último los tonos verdes señalan zonas con la mayor aptitud para el sector dentro del territorio municipal.

Figura 52. Mapa de aptitud sector turismo convencional. Las condiciones de los atributos ambientales elegidos reflejan una marcada preferencia por los sitios en donde se combina la accesibilidad, con la cercanía a zonas de playa.



### 2.6.2.3. Gremio Industrial

#### Minería.

La aptitud del territorio para el sector minero fue definida en base a tres atributos que son: cercanía a carreteras, cercanía a centros urbanos y turísticos así como sitios con presencia de materiales pétreos. Siendo este último evaluado en base a la capacidad de uso minero en función de la disponibilidad del material calizo en el terreno y el grado de dificultad para la extracción del recurso:

- Clase alta. Incluye terrenos que permiten una amplia explotación minera con propósitos industriales o comerciales, tanto de sascab como de roca caliza. Son terrenos con presencia de material pétreo aprovechable, de al menos 4 m de espesor.
- Clase media. Incluye los terrenos que permiten una explotación minera moderada, con propósitos industriales o comerciales, que demandan una fuerte inversión de recursos para lograrlo. Terrenos con presencia de material pétreo aprovechable cuyo espesor es menor a 4 m o formado por roca caliza micro cristalizada.
- Clase baja. Incluye los terrenos que no permiten una explotación minera.

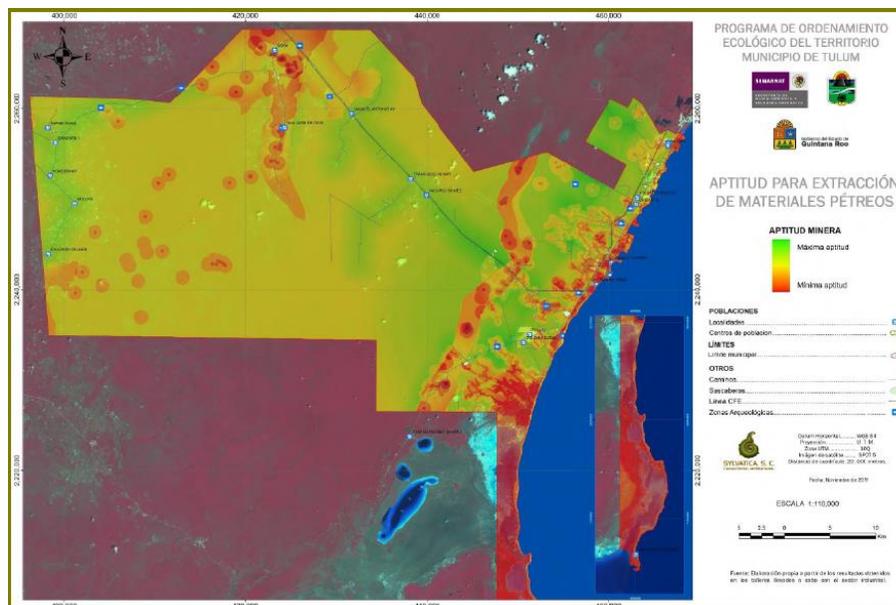
La valoración de los atributos se muestra en la Tabla 8.

Tabla 37. Ponderación de los atributos ambientales definidos por los participantes del sector minero.

ATRIBUTO AMBIENTAL	PONDERACIÓN
Cercanía a carreteras	0.40
Cercanía turísticos a centros urbanos y turísticos	0.35
Presencia de materiales pétreos	0.25
<b>Total</b>	<b>1.00</b>

El mapa de aptitud para el sector minero se muestra en la Figura 17, donde se pueden apreciar las zonas con mayor aptitud para la actividad minera dentro del municipio en base al consenso establecido en los talleres realizados.

**Figura 53. Mapa de aptitud sector minero. Las condiciones de los atributos ambientales reflejan una marcada preferencia por los sitios en donde se combina la accesibilidad, con la cercanía a centros de población**



#### 2.6.2.4. Gremio Conservación

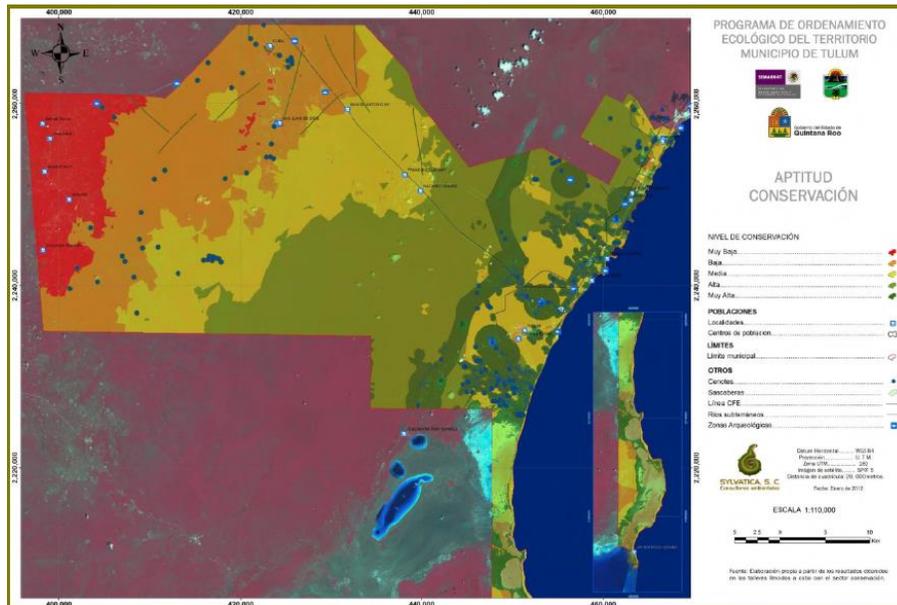
Se consideró de gran importancia incluir al gremio conservación en el análisis de aptitud debido a que puede representar las necesidades de desarrollo así como las restricciones en el uso de suelo. Todo ello con el fin de identificar los sitios ideales para la conservación de acuerdo con la visión y paradigma de las instituciones con labor ambiental. De modo tal que al igual que el resto de los sectores descritos anteriormente dicho gremio definió como objetivo el identificar a los sitios con alto valor ecológico que representaran un alto potencial de conservación además del mantenimiento del capital natural que proveen los bienes y servicios ambientales en el área de estudio que permiten el desarrollo. Lo anterior a través de la evaluación de atributos ambientales en base a criterios como número de especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 riqueza, diversidad, fragilidad y calidad del paisaje, los cuales fueron ponderados equitativamente. Debido a que dicho gremio o sector consideró que en el territorio municipal existen atributos cuya importancia ecológica es trascendental, estos fueron considerados con el valor de aptitud máximo (1) y relacionados espacialmente con los criterios mencionados (Tabla 9). Los atributos representados con la máxima importancia para la conservación son: Fractura de Holbox por ser una zona de alta permeabilidad que conduce volúmenes significativos de agua dulce, Vegetación de Manglar por su importancia ecológica y estatus de protección, Sistemas de ríos subterráneos y cenotes por su importancia hidrológica y antropológica (en algunos casos).

**Tabla 38. Ponderación de los criterios ambientales definidos por los participantes del sector conservación**

CRITERIO	VALORACIÓN
Especies en la NOM-059	0.2
Riqueza	0.2
Diversidad	0.2
Fragilidad del paisaje	0.2
Calidad del paisaje	0.2
ATRIBUTO	VALORACIÓN
Fractura de Holbox	1
Vegetación de Manglar	1
Sistemas de ríos subterráneos y cenotes	1
Otras fracturas	1

En la Figura 18 se muestra el mapa que refleja los objetivos y metas del gremio conservación

Figura 54. Mapa de aptitud para conservación. Las condiciones de los atributos ambientales reflejan un mayor interés de conservación en aquellas zonas con alta permeabilidad (Fractura de Holbox) y donde se presentan cenotes en comunión con selvas medianas.



## 2.7. Análisis de los conflictos territoriales

Esta es una fase muy importante del diagnóstico de uso del territorio ya que se hace el análisis y la síntesis de los resultados de los temas anteriores, buscando esclarecer los conflictos de uso existentes. El análisis incluye la evaluación de la compatibilidad entre los diferentes sectores, con la determinación de si es que dos o más sectores y usos pueden ocupar el mismo espacio, complementándose y sin obstaculizar el desarrollo de los otros. Además del análisis territorial, este ejercicio otorga las bases para diseñar estrategias y políticas de manejo, así como ayuda a definir regiones y acciones prioritarias.

De acuerdo con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico, un conflicto surge cuando en un mismo territorio convergen actividades incompatibles; es decir que existe falta de armonía entre las actividades que se realizan en una misma zona ya que el interés de un área no debe de interferir con las necesidades de otra, porque que esto genera impactos que dan como resultado la afectación de los recursos, la productividad y al desarrollo económico.

Por otra parte Mendoza et al. (2009) menciona que un conflicto son todas aquellas diferencias, oposición y en ocasiones coerción entre grupos de una sociedad sobre sus valores y comportamiento frente al uso de los recursos, bienes o servicios compartidos. Lo anterior también asociado a la importante relación entre la sociedad y la política cimentada en los instrumentos de gestión ambiental, la planificación y programas de ordenamiento ecológico y ordenamiento territorial que van ligados al uso del espacio. Las características del conflicto incluyen además: 1) al individuo o grupos poseedores de varios cursos de acción o alternativas, 2) a la acción escogida que puede tener un efecto significativo sobre la diferencia percibida y 3) al individuo o grupo que tiene incertidumbre a priori sobre cual alternativa debe ser seleccionada. Todo ello en el marco del desarrollo regional sustentable bajo la concepción de que los procesos socio- ambientales se rigen por la idea de concebir al territorio como recurso y factor de desarrollo y no sólo como soporte físico para las actividades y los procesos económicos. Algunos de los conflictos de uso más frecuentes en los estudios de OT surgen de la confrontación entre las aptitudes de usos (usos potenciales) y los usos actuales.

El desarrollo de estrategias particulares en el proceso de apropiación del territorio, es generadora de conflictos. Un conflicto territorial puede ser entendido como la concurrencia de actividades incompatibles en un área determinada. Bajo este supuesto, se debe considerar como conflictos la presencia de intereses sectoriales incompatibles en un área determinada o la presencia de actividades sectoriales en áreas sin aptitud para soportarlas (SEDESO-IG, 2000).

### **2.7.1. Métodos.**

Dado que el análisis de aptitud sectorial deriva en situaciones en las que diversas regiones del territorio obtienen valores altos de aptitud para dos o más sectores con actividades incompatibles (SEMARNAT, 2006), el siguiente paso es aplicar un procedimiento en el cual se puedan discriminar zonas con mayor homogeneidad en los valores de aptitud para dos o más sectores y de este modo identificar los principales conflictos. Así mismo, la identificación de conflictos tendrá como propósito maximizar el consenso, de manera que se beneficie a cada sector, con un detrimento mínimo de los sectores involucrados. Dicho procedimiento comprende diversas etapas.

Análisis de componentes principales

Para establecer un análisis de conflictos basado en la distribución de los valores de aptitud de cada sector en el territorio municipal, es necesario conjuntar las alternativas del territorio en grupos integrados de acuerdo a la variación de valores de dicha aptitud sectorial (Bojórquez *et al.* 2001.). Estos grupos son obtenidos a través de dos procesos, una clasificación numérica multivariada en el SIG y un análisis de ganancia de homogeneidad. El primero consiste en la aplicación de un análisis de componentes principales (ACP) considerando cada una de las capas de aptitud sectorial. El análisis de componentes principales es una técnica multivariada que suele utilizarse para el estudio de la relación existente entre diversas variables cuantitativas. Se utiliza para resumir un universo de datos y detectar relaciones lineales entre ellos (Zárate y Ramírez, 2004), para el caso particular del análisis de conflictos ambientales, el ACP determina cuál es la combinación lineal que abarca la mayor variación de los datos y de este modo, nos permite generar grupos en donde queda representada la máxima variación de los datos.

Cabe señalar que sólo se ocupa el primer componente principal, ya que de acuerdo con Zárate y Ramírez (2004), el primer componente principal posee la mayor varianza de cualquier longitud unitaria de la combinación lineal de las variables observadas. El ACP se llevó a cabo considerando todas las capas de aptitud sectorial, y una vez obtenido el primer componente principal, se generó un histograma de 20 clases, el cual se analizó a través de una partición politético divisiva, de modo que se estableció una comparación de varianzas por pares de grupos de clases, en donde la primera comparación consideró el cambio o aumento de varianza entre la clase 1 con respecto a la varianza de las clases 2 a la 20, la segunda comparación contempló el cambio o aumento de la varianza de las clases 1 y 2 contra la varianza de las clases 3 a la 20 y así sucesivamente hasta localizar la clase en la que se reflejara el valor máximo de cambio o aumento de varianza. A partir de dicha clase se estableció la división del histograma en dos grupos, generando con ello la división del territorio en dos zonas, las cuales fueron sometidas de forma independiente a un segundo ACP que originó un histograma al cual fue nuevamente aplicado un análisis de aumento de varianza. Dicho análisis de aumento de varianza queda representado matemáticamente con la fórmula:

$$\Delta\sigma^2 = \sigma_t^2 - (\sigma_a^2 + \sigma_b^2)$$

Donde  $\Delta\sigma^2$  es el incremento en homogeneidad o cambio de varianza;  $\sigma_t^2$  es la varianza total, es decir, la del grupo formado por todas las clases del primer componente principal;  $\sigma_a^2$  es la varianza del grupo **a** de clases; y  $\sigma_b^2$  es la varianza del grupo **b** de clases.

#### Residuales de Gower

Para llegar a un análisis de conflictos fue necesario calcular y comparar la aptitud relativa de los sectores dentro de los grupos obtenidos, para identificar las actividades preponderantes y los conflictos ambientales potenciales. Lo anterior fue posible mediante la generación de una matriz de aptitud media, ajustada mediante la técnica de los residuales de Gower.

Los residuales de Gower son una transformación de los valores de aptitud sectoriales dentro de cada grupo de aptitud a una escala relativa de valores positivos y negativos. Un valor alto (positivo) de residual para un sector implica una elevada capacidad de la zona para sostener sus actividades. Consecuentemente, cuanto más bajo sea el residual, menor será la aptitud relativa de la zona para el sector. La obtención de los residuales y su comparación sistemática permiten identificar las actividades preponderantes y los conflictos ambientales, como se describe a continuación.

Los residuales de Gower se utilizan para computar las desviaciones de cada elemento dentro de un arreglo matricial. En tales arreglos, los residuales se tienen que calcular con respecto a los promedios de las columnas, de los renglones y de toda la matriz. Así, dado un arreglo matricial  $X$  de dimensiones  $i \times j$ , el residual del elemento  $x_{ij}$  se calcula de la siguiente manera.

$$Z_{ij} = X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..}$$

Donde:  $Z_{ij}$  es el valor residual del elemento  $X_{ij}$ ,  $\bar{X}_i$  es el promedio del renglón  $i$ ,  $\bar{X}_j$  es el promedio del promedio de la columna  $j$ , y  $\bar{X}$  es el valor medio de toda la matriz.

Finalmente, para asignar las actividades sectoriales a cada grupo de aptitud se aplicó un método de optimización matemática, como es la programación por enteros, que maximiza los residuales de Gower y segrega las actividades incompatibles. Para ello fue necesario restringir la selección de actividades sectoriales en cada grupo de aptitud a aquellas que sean compatibles entre sí, y que tal combinación de actividades maximice el valor de aptitud total del área de estudio. Esto último se logró empleando un método de optimización matemática.

Por último, una vez establecidos los residuales de Gower se procedió al análisis de severidad de conflictos, esto a través de la comparación por pares de sectores, dicha comparación consistió en la sobreposición espacial del nivel de aptitud entre sectores, con lo cual fue posible determinar en cuales sectores existe conflicto y de acuerdo a la superficie que abarcan cual es la severidad de éste.

Los resultados obtenidos de la sobreposición de pares de sectores en conflicto fueron plasmados en una matriz de interacciones, en la cual cada sector es comparado con el resto de los sectores y se cuantifica extensión y severidad.

## 2.7.2. Resultados

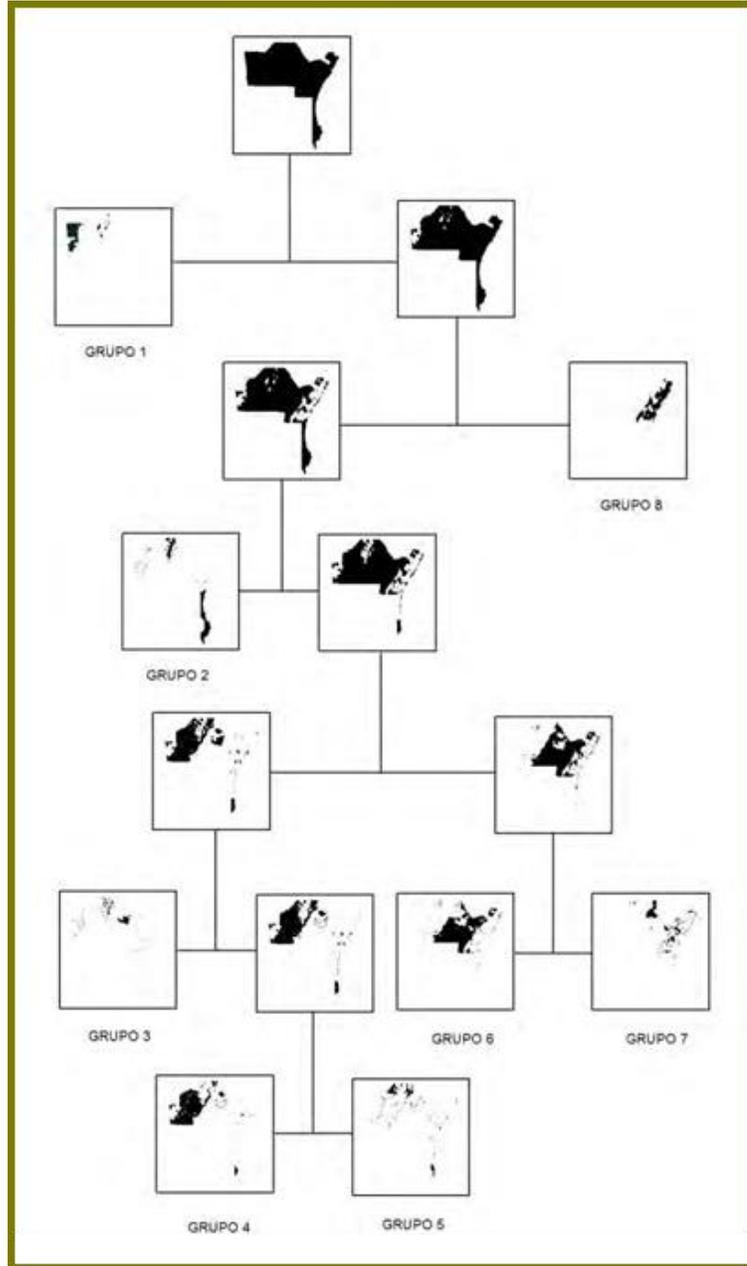
El análisis de componentes principales arrojó un total de 8 grupos, lo cual significa que la variación en la distribución de valores de aptitud de los sectores analizados dentro del territorio es considerable. Cabe mencionar que el primer análisis de componentes principales generó dos grupos que reflejan una clara diferencia entre la región este y oeste del municipio, esto debido a que la zona este (cercana a las playas) tiene mayor influencia de valores altos de aptitud para la mayoría de los sectores en comparación con la zona oeste.

En la siguiente figura , a través de un esquema jerárquico, se muestran los 8 grupos generados, ilustrando su proceso de generación. En cada nivel de dicho esquema se llevó a cabo un ACP por cada par de grupos resultantes. Todos aquellos grupos que mostraron homogeneidad en el análisis de varianza son los mismos que se consideraron indivisibles y por lo tanto fueron tomados en cuenta como grupos finales. En dicha figura también se puede observar como resultado de los ACP una diferenciación entre la zona sureste y noreste del municipio, las cuales se encuentran representadas en los grupos 2 y 10 respectivamente. Incluso algunas las zonas cercanas a caminos presentan diferenciación, la cual se refleja en los grupos 3, 8 y 9. Por otra parte, en los grupos 1, 4 y 5 se encuentran representadas las zonas con presencia de áreas agrícolas, vegetación secundaria y selva mediana respectivamente y por lo tanto las actividades preponderantes para dichas zonas están en función de la disposición de dichos atributos ambientales.

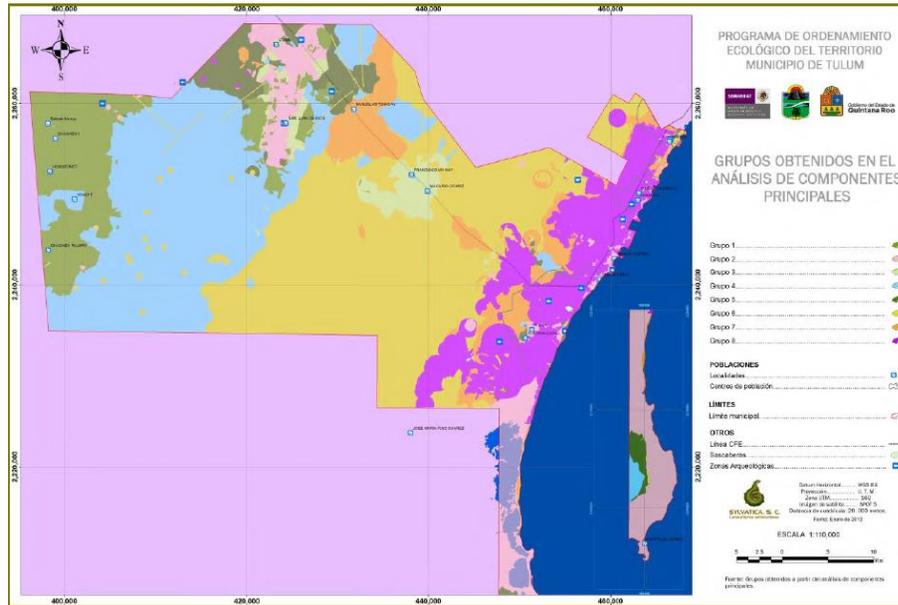
En la figura 2 se muestra el mapa de grupos integrados, cabe mencionar que la distribución de los grupos no es continua, debido a la variedad en la distribución de atributos ambientales y necesidades sectoriales.

De los grupos descritos se obtuvieron los residuales de Gower, los cuales representan una medida relativa de la importancia de cada sector dentro de los grupos obtenidos y con ello derivar los posibles conflictos y la severidad de los mismos. La figura 3 muestra la gráfica resultante de la aplicación de los residuales de Gower, ilustrando la importancia relativa de cada sector dentro de cada grupo de acuerdo con los valores de aptitud obtenidos.

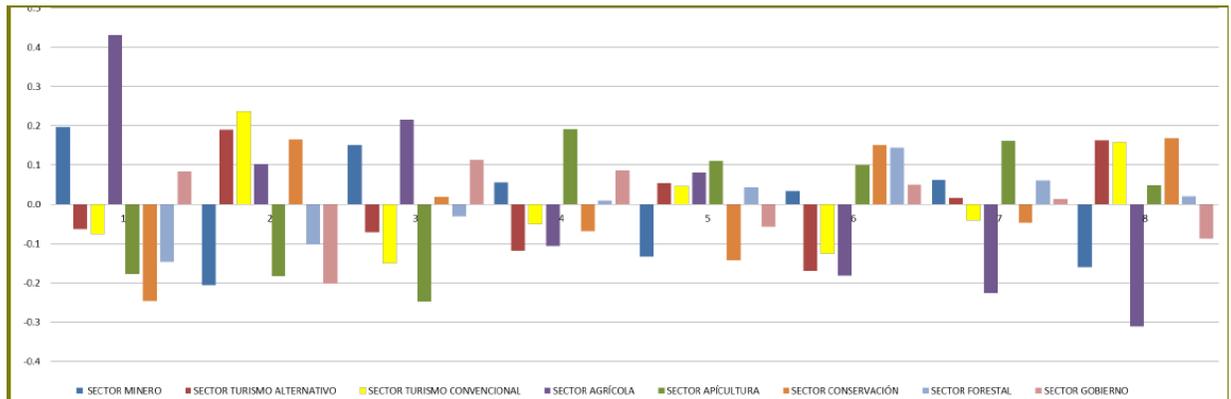
**Figura 126 Esquema del proceso de obtención de grupos por medio de ACP.  
Se muestran los grupos generados a través del ACP y análisis de aumento  
de homogeneidad o cambio de varianza.**



**Figura 127 Grupos obtenidos con el análisis de componentes principales. La imagen muestra el mapa de distribución de los grupos generados a partir de los análisis de componentes principales establecidos.**



**Figura 128 Residuales de Gower.**



Se muestran los residuales de Gower obtenidos a través de los valores de aptitud de cada sector analizado y su valor promedio para cada uno de los grupos obtenidos a través del análisis de componentes principales aplicado, los valores positivos más altos representan los sectores que tienen mayor potencial dentro de cada grupo, mientras que los negativos son sectores con menor potencial dentro del grupo. La comparación de residuales resulta una herramienta adicional para identificación de conflictos ambientales. TC-turismo convencional, TA-turismo alternativo, IND-sector industrial, FOR-sector forestal, CON-gremio conservación, API-sector apícola, AGR-sector agrícola.

Los conflictos ambientales se examinaron a través de la sobreposición de pares de mapas de aptitud de aquellos sectores que a priori se identificaron con actividades incompatibles entre sí. Los mapas de cada par de sectores con actividades incompatibles así reclasificados se sobrepusieron en el sistema de información geográfica para identificar las intersecciones en tres categorías de aptitud (baja, moderada y alta). Las superficies que resultaron de esta operación se organizaron en forma tabular para con ello realizar un análisis cuantitativo de la sobreposición de los posibles conflictos ambientales.

La severidad de un conflicto ambiental se relaciona al grado de sobreposición de las tres categorías de aptitud: Entre mayor sea la sobreposición entre las categorías de aptitud más altas, mayor será la severidad del conflicto ambiental. Los resultados muestran que los principales conflictos ambientales ocurren entre los sectores (siguiente cuadro).

**Cuadro 58 Sobreposición de conflictos ambientales. Se indica la severidad de los conflictos ambientales entre cada sector.**

Sector	Minero	Turismo alternativo	Turismo convencional	Agrícola	Apícola	Conservación	Forestal	Gobierno
Minero	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto
Turismo alternativo		Alto	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Medio	Medio
Turismo convencional			Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Medio	Medio
Agrícola				Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo
Apícola					Bajo	Alto	Bajo	Bajo
Conservación						Alto	Bajo	Bajo
Forestal							Bajo	Bajo
Gobierno								Bajo

A partir de los resultados obtenidos se observa que el sector minero tiene un alto grado de conflicto con el sector agrícola y sector gobierno (infraestructura), mientras que con los sectores turismo convencional, forestal y conservación el grado de conflicto es medio y bajo.

Por otra parte el sector turismo alternativo posee conflictos catalogados como altos con los sectores turismo convencional y conservación. Situación debida principalmente al grado de coincidencia territorial manifestada por la semejanza de atributos seleccionados por cada sector. Sin embargo, los dos últimos sectores poseen actividades que pueden catalogarse como compatibles con el turismo alternativo, por lo cual el grado de conflicto real, disminuye considerablemente.

En general el turismo convencional posee conflictos bajos y medios, pero manifiesta alto grado de conflicto con el sector conservación y el turismo alternativo, aunque posee algunas actividades compatibles con este último. De tal manera que los conflictos considerables serán principalmente con el sector conservación.

El sector agrícola manifiesta un grado de conflicto alto con los sectores minero, agrícola y gobierno, esto debido a que las actividades agrícolas se encuentran perfectamente delimitadas a sitios con suelos apropiados y cercanos a las localidades ejidales, las cuales se encuentran alejadas de la zona este, la cual posee mayor capacidad de acogida para la mayoría de dos sectores. Los conflictos potenciales entre los sectores conservación y agrícola, son bajos, debido a que no se sobrepone los intereses en las zonas de mayor aptitud para ambos. Por el contrario, se observa que para los sectores de turismo alternativo y convencional se presenta una severidad de conflictos alta, dado que ambos comparten atributos similares.

En cuanto a los conflictos entre el sector forestal y el sector agrícola, se observa que presenta un valor alto, esto es porque los dos sectores utilizan el mismo recurso, aunque las zonas de mayor aptitud para el sector forestal corresponden sólo a una parte del territorio, la cual potencializa su aptitud con la presencia de caminos de acceso.

De acuerdo con lo anterior, existen sectores que comparten un grado de severidad de conflicto alto, sin embargo la mayor parte de dichos sectores poseen actividades compatibles, por ejemplo: entre el sector agrícola y el sector forestal existe un grado de conflicto alto, principalmente porque ambos requieren del atributo selva para llevar a cabo sus actividades, sin embargo la actividad agrícola requiere de selvas en buen estado para obtener una producción de miel de alta calidad, así mismo la actividad forestal requiere de planes de corta adecuados para un manejo sustentable que garantice la prevalencia del recurso, por lo tanto se considera que las actividades de un sector no necesariamente interfieren con las actividades e intereses del otro.

De la gráfica de residuales de Gower mostrada anteriormente fue posible definir otro nivel de agrupación en el cual se consideraron las actividades predominantes por grupo, así como las actividades compatibles e incompatibles, Tabla 2.





## 3. FASE III PROSPECTIVA

### 3.1. Escenarios

De acuerdo con Firmenich (2015) los escenarios constituyen descripciones exploratorias y provisionales de un futuro probable, o también identificados como secuencias hipotéticas de eventos articulados, con el diseño de concentrar la atención en procesos causales y en rompimientos factibles. En este sentido, el objetivo de conocer los posibles escenarios es para establecer las estrategias, metas y acciones para abordar las problemáticas y efectos adversos a los que se enfrenta el Municipio.

La ubicación geográfica de Quintana Roo y en particular de Tulum, permite ser considerado como una zona estratégica de desarrollo económico; su amplio litoral y costa no solo aportan crecimiento en el sector turístico en sus diferentes manifestaciones, sino que agrega al estado un potencial de desarrollo económico en otras industrias y algunos otros servicios ambientales.

#### ***Escenario tendencial***

Con base en la caracterización e indicadores que presenta el Municipio, se elaboraron los escenarios tendenciales para los años 2020, 2025 y 2030, categorizando la información de acuerdo con su naturaleza en tres factores (social, económico y ambiental).

Para el análisis de este escenario se considerará la proyección de las tasas actuales de crecimiento del municipio, y el comportamiento de los recursos naturales, calculadas a partir del análisis histórico de las variables. Los factores bajo los cuales se enmarcará el escenario propuesto para los próximos 25 años tomarán en consideración los siguientes aspectos:

- El deterioro de los bienes y servicios ambientales y el cambio en los atributos ambientales que determinan la aptitud del territorio para el desarrollo de las actividades sectoriales.
- Las tendencias de crecimiento de los sectores y el crecimiento poblacional, especificando la distribución espacial de la expansión de centros de población y de las actividades productivas, demanda de infraestructura, equipamiento y servicios urbanos.
- La identificación de los principales impactos ambientales (acumulativos y sinérgicos)

Estos tres aspectos serán descritos a detalle en los apartados siguientes con el fin de establecer las bases que ayuden a integrar la tendencia más probable dados los eventos socioeconómicos y ambientales ocurridos en el territorio correspondiente al municipio de Tulum en los últimos años. Esta descripción servirá de base, junto con las relaciones descritas en el modelo socioambiental, para la generación de un esquema cuantitativo que refleje la tendencia probable de los sectores involucrados en el municipio y su influencia en los procesos de deterioro; todo ello a través de un Proceso de Análisis Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés) y un análisis de impactos cruzados.

En este apartado se analizarán las tendencias del crecimiento poblacional en los centros urbanos del municipio, se tomará como base la información demográfica del INEGI de los años 1990 a 2010 (Tabla 5) ya que es la fuente oficial, con la que se estimara el crecimiento de la población.

En el cuadro siguiente se muestra la población histórica de las localidades más importantes del municipio. Los datos proporcionados consideran las localidades más importantes del municipio de Tulum de acuerdo con el conteo de población del INEGI 1995 y 2005 y a los Censos Generales de Población y Vivienda, 1990, 2000 y 2010.

MUNICIPIO TULUM LOCALIDAD/ESTAD O	POBLACI ÓN				
	1990	1995	2000	2005	2010
<b>Tulum</b>	2,111	3,603	6,733	14,790	18,233
<b>Ciudad Chemuyil</b>	20	920	1,417	1,239	1,377
<b>Akumal</b>	578	470	1,088	1,198	1,310
<b>Coba</b>	669	836	918	1,167	1,278
<b>Chanchen Primero</b>	437	596	693	793	875
<b>San Juan de Dios</b>	295	333	352	505	599
<b>Sahcab Mucuy</b>	107	240	327	403	456
<b>Chanchen Palmar</b>	199	274	319	398	469
<b>Yalchén</b>	130	257	313	372	550
<b>Francisco Uh May</b>	124	211	338	352	655
<b>Manuel Antonio Ay</b>	135	185	230	319	407
<b>Yaxché</b>	193	254	313	301	335
<b>Macario Gómez</b>	183	215	254	285	510
<b>Hondzonot</b>	183	230	276	278	368
<b>Javier Rojo Gómez</b>	362	257	389	277	469
<b>T O T A L</b>	<b>5,726</b>	<b>8,881</b>	<b>13,960</b>	<b>26,677</b>	<b>27,713</b>

*Fuente: conteo de población del INEGI 1995 y 2005 y al Censos Generales de Población y Vivienda, 1990 y 2000, 2010.*

El municipio cuenta con una escasa población que corresponde a una densidad bruta de 0.1335 habitantes por hectárea. El 76.76 % de la población se encuentra en las áreas urbanas de Tulum, Akumal y Chemuyil, el 21.52 % en el area rural y 1.72 % en la colonia de pescadores Javier Rojo Gómez en Punta Allen.

El municipio ha presentado un crecimiento muy discreto en comparación con los municipios de Solidaridad y Benito Juárez, situación que se considera favorable y que permitirá que con una planeación adecuada se logre promover un esquema de desarrollo sustentable.

Con la finalidad de contar con una estimación del tamaño de la población para los próximos 25 años se presenta el cálculo realizado para este escenario, utilizando los valores determinados por el INEGI para los años 2000, 2005 y 2010, y a partir de este último se aplicaron las estimaciones de la COMUPO hasta el año 2030 y la proyección de estos valores hasta el año 2040.

### **Estimación de la Población del Municipio Tulum.**

Se presentan los datos del escenario tendencial para el crecimiento de la población de municipio al 2040.

En el caso de que se mantengan las proporciones de la distribución de la población, se tendría que para el año 2040 habría 143,345 habitantes en los centros urbanos, 27,969 en la zona rural y 2,235 en la colonia de pescadores. Se tendrá una densidad poblacional en el municipio de 0.63 habitantes por hectárea.

Proyección de crecimiento de los centros urbanos Con base en las tasas de crecimiento de los principales centros urbanos del municipio se generó el escenario tendencial para cada uno de ellos, el resultado de esta proyección tendencial se presenta en la De esta manera se tiene que las cuatro ciudades principales del municipio de Tulum tendrán un crecimiento en los próximos 25 años que las llevara a tener una superficie urbana conjunta de 3,326.02 hectáreas. Para el resto de los centros urbanos en su conjunto se estima que alcanzaran una superficie de 250 hectáreas por lo que la superficie total urbana se estima en 3,576.02 hectáreas.

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>
<b>2000</b>	13,960	<b>2021</b>	65,374
<b>2001</b>	15,703	<b>2022</b>	68,991
<b>2002</b>	17,447	<b>2023</b>	72,685
<b>2003</b>	19,190	<b>2024</b>	76,455
<b>2004</b>	20,934	<b>2025</b>	80,300
<b>2005</b>	22,677	<b>2026</b>	84,222
<b>2006</b>	23,592	<b>2027</b>	88,219
<b>2007</b>	24,508	<b>2028</b>	92,292
<b>2008</b>	25,423	<b>2029</b>	96,478

<b>2009</b>	26,339	<b>2030</b>	100,664
<b>2010</b>	27,254	<b>2031</b>	104,850
<b>2011</b>	30,877	<b>2032</b>	109,036
<b>2012</b>	34,500	<b>2033</b>	113,222
<b>2013</b>	38,124	<b>2034</b>	117,408
<b>2014</b>	41,747	<b>2035</b>	121,594
<b>2015</b>	45,370	<b>2036</b>	125,780
<b>2016</b>	48,499	<b>2037</b>	129,966
<b>2017</b>	51,713	<b>2038</b>	134,281
<b>2018</b>	55,007	<b>2039</b>	138,739
<b>2019</b>	58,383	<b>2040</b>	143,345
<b>2020</b>	61,839		

Las tendencias que muestran los poblados analizados fueron de dos tipos, los asentamientos más antiguos (Tulum y Coba) presentan un crecimiento de tipo exponencial y los centros de reciente creación una tendencia polinomio, las ecuaciones y las gráficas que expresan las tendencias de cada centro de población.

Un aspecto importante para considerar es que en todo el territorio municipal existen ríos subterráneos, por lo que el crecimiento de los centros urbanos debe evitar afectar estas estructuras, tanto por la conservación de estos, como por la protección y seguridad de la población para lo cual se deben establecer los criterios respectivos.

### **Crecimiento del Sector Turístico**

El Municipio Tulum ha tenido un desarrollo turístico atípico, debido a que sus costas por el aislamiento que presentaban y las condiciones prístinas que presentaban los recursos naturales se promocionaron como sitios para establecer residencias de descanso, posteriormente la colonización de las playas continuo mediante el establecimiento de condominios y villas turísticas, así como el establecimiento de algunos hoteles en la zona de Akumal, también se desarrolló un exclusivo fraccionamiento en la Península de Yalku, y otros desarrollos en varios sectores de las costas como en Akumal Caribe, Aventuras Akumal, y en Punta Tulsayab, Punta Cadena, Bahía Solimán y Tankah.

El establecimiento de estas edificaciones ha ocupado prácticamente la zona desarrollable del litoral, ya que los manglares se ubican ocupando los territorios ubicados al Oeste de estos predios. Estos desarrollos se ubican en zonas que carecen de drenaje sanitario y plantas de tratamiento de aguas residuales, asimismo el servicio de recolección y disposición final de residuos sólidos es deficiente.

### Estimación de crecimiento turístico en el Municipio de Tulum para el año 2040

De acuerdo con las consideraciones previas, el desarrollo turístico de Tulum presenta un panorama complejo, derivado de la falta de espacio desarrollable, a lo que se adiciona la falta de litoral arenoso disponible, porque las zonas con playa arenosa se encuentran ocupadas por casas o condominios, asimismo, las grandes extensiones de manglar plantean un reto para los diseños turísticos, ya que debe cumplirse una estricta normatividad por lo que los proyectos no pueden ser resueltos con los métodos constructivos tradicionales, esto representa un área de oportunidad para promover proyectos que den cumplimiento a lo establecido en la normatividad, por lo que se considera que estos posibles diseños sean de baja a muy baja densidad.

Se estima que para el año 2040 existirán en el municipio, fuera de los centros urbanos un total de 15,082 cuartos, este número se estructuro de la siguiente manera se suman a los cuartos existentes, los cuartos resultantes del análisis del POET del CCT más los cuartos permitidos por el POEL Sian Ka'an.

AÑO	NÚMERO DE CUARTOS
CUARTOS EXISTENTES A 2011	6,004
CUARTOS POTENCIALES POET CCT	8,993
CUARTOS POTENCIALES POET SIAN KA'ÁN	85
CUARTOS ESCENARIO TENDENCIAL	15,082

## 4. FASE IV. MODELO DE OCUPACIÓN ECOLÓGICO TERRITORIAL

### 4.1. Esquema Nodal de Funcionamiento Municipal

Un sistema nodal implica la combinación compleja y funcional de lugares centrales y áreas de influencia caracterizados por una estructura y un funcionamiento determinados, el lugar central se entiende como un asentamiento que presta servicios básicos y de mercado a los residentes de los asentamientos circundantes, estos asentamientos deben estar dotados con un número significativo de funciones, los cuales se justifican a partir de un número específico de población demandante de los servicios que ofrece, y se orienta hacia el concepto de región integral en donde los procesos económicos, sociales, políticos, naturales y demográficos se manifiestan conjuntamente en el tiempo y el espacio (González, 1992).

En los municipios, las ciudades o localidades principales articulan la región, ya que funcionan como nodos que enlazan las localidades secundarias y sus áreas de influencia, los asentamientos urbanos funcionan como nodos que tienden a ejercer un cierto radio de influencia, de tal forma que los asentamientos pequeños están influenciados por los asentamientos de mayor tamaño. Las áreas de influencia generan articulaciones en forma de redes (como una telaraña, donde la tela representa las conexiones territoriales como carreteras, vías férreas, canales de navegación, etc.) y en donde los nodos mayores están representados por las ciudades centrales y los nodos pequeños los centros poblacionales de menor tamaño. Los flujos que corren por la red, de un nodo a otro, corresponderían al traslado de bienes y personas.

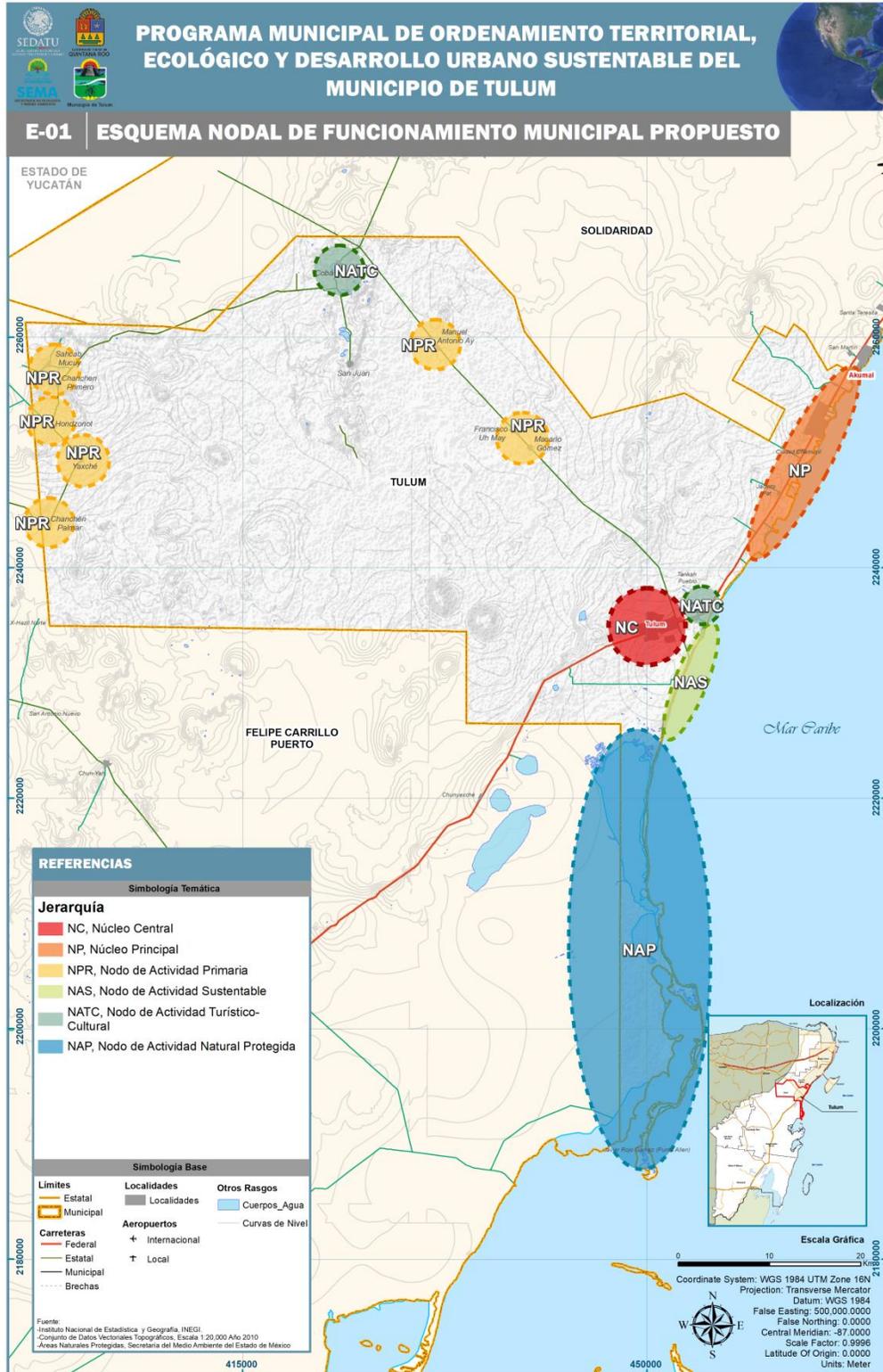
Estos centros regionales que articulan diferentes subsistemas de ciudades en sus respectivas regiones o con otras regiones, se diferencian de tener una jerarquía importante en el sistema urbano estatal, por su grado de articulación de diversas ciudades hacia el interior y por la magnitud de sus flujos de bienes y personas.

Estos centros nodales forman redes dentro del municipio de Tulum y están ordenados de manera piramidal por la importancia de los procesos económicos y demográficos que influyen en la articulación e importancia del centro regional, formando una estructura piramidal con la ciudad más importante a la cabeza funcionando como núcleo central.

Los nodos atienden un radio de influencia por lo cual no tienen un límite territorial específico, y algunos núcleos de población pueden ser beneficiados por más de un nodo.

La distribución de la población y de las actividades económicas en el municipio de Tulum, implicará el impulsar una nueva distribución que fomente el crecimiento urbano en varias de las localidades; a continuación se presenta el Sistema Nodal Municipal adoptado

El núcleo central del Sistema Municipal es: la Ciudad de Tulum por ser el área concentradora de actividades administrativas, comerciales y financieras, cuyo alcance mantiene una supremacía dentro del municipio; en núcleo principal lo componen las localidades de Akumal y Chemuyil, son localidades de que concentran actividades turísticas con concentración de hoteles de gran turismo; se encuentran las localidades rurales principales: Francisco Uh May, Manuel Antonio Ay, San Juan, Sahcab Mucuy Chanchen primero, Hondzanat Yaxché y Chanchén Palmar; núcleo de Actividad Turístico - Cultural, lo compone la zona de Cobá y zona arqueológica de Tulum; Nodo de actividad sustentable, compuesto por el corredor turístico que va de Tulum a la entrada del Parque de Sian Ka'an; y por último el nodo de actividad natural protegido el corresponde a la franja costera del Área Natural Protegida.



## 4.2. Definición de Unidades de Gestión Territorial Sustentable (UGTS)

En esta fase se definen las entidades elementales a partir de las cuales se planeará el uso del territorio, es el resultado de la integración de todos los análisis espaciales hechos anteriormente y de su regionalización en áreas homogéneas, primero con la base de las unidades de paisaje y posteriormente con las definiciones de aptitud, conflictos, características físicas, económicas y sociales entre otras. A partir de lo anterior, será posible proponer el Modelo de Ocupación Territorial, zonas prioritarias, zonas críticas, políticas de aprovechamiento, lineamientos, metas y proyectos estratégicos.

Estas unidades funcionales son la base para la instrumentación del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial, Ecológico y de Desarrollo Urbano Sustentable y deben contener una serie de datos que ayuden a comprender su origen, sus características y los fines que persigue, además de especificar a los sectores socioeconómicos que inciden en su desarrollo actual y futuro. Cabe señalar que, por su naturaleza, es de suma importancia procurar la mejor calidad en cuanto a su delimitación y representación cartográfica, más trascendente aún es su validación, como todo el trabajo previo, por parte de la sociedad y principalmente por los actores involucrados directamente.

Como resultado de la síntesis de la información cartográfica de la información señalada se tiene un total de 33 Unidades de Gestión.

Los usos de suelo que están sujetos a regulación en este Programa Municipal de Ordenamiento Territorial, Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable son doce, que representan actividades que se manifiestan en el territorio municipal, dichos usos son: agropecuario, forestal, apícola, turismo convencional, turismo alternativo, extracción, conservación, y los adicionados: uso urbano, uso suburbano, uso acuícola, equipamiento y Área Natural Protegida.

Los usos del suelo propuestos, constituyen las alternativas de aprovechamiento del territorio municipal y derivan de las diferentes leyes que regulan o establecen modalidades de uso del suelo (tabla 1), así como de las tendencias de desarrollo e intereses manifiestos de los distintos sectores presentes en el Municipio de Tulum.

**Tabla 39. Usos del suelo aplicables territorio del Municipio Tulum, Quintana Roo**

USO DEL SUELO	DEFINICIÓN
<b>Agropecuario</b>	Aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población que consiste en los procesos productivos primarios, basados en recursos naturales renovables: agricultura, ganadería (incluye caza), silvicultura y acuicultura (incluye pesca).
<b>Apicultura</b>	Actividad cuyo fin principal es la cría y explotación racional de las colmenas de abejas.

<b>Acuicultura</b>	Es el conjunto de actividades dirigidas a la reproducción controlada, preengorda y engorda de especies de la fauna y flora realizadas en instalaciones ubicadas en aguas dulces, marinas o salobres, por medio de técnicas de cría o cultivo, que sean susceptibles de explotación comercial, ornamental o recreativa.
<b>Forestal</b>	Consistente en la extracción de los recursos forestales del medio en que se encuentren, incluyendo los maderables y los no maderables de acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
<b>Extracción minera</b>	Aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población para el establecimiento y operación de bancos de materiales para la construcción que implican la extracción del manto, yacimiento o depósito terroso o pétreo y su transformación.
<b>Turismo alternativo</b>	Comprende el turismo de aventura, turismo rural, religioso, enológico, gastronómico, cultural, así como la exploración o viaje a espacios naturales relativamente sin perturbar, con el fin de disfrutar, apreciar y estudiar los atractivos naturales de dichos espacios, a través de un proceso que promueve la conservación, tiene bajo impacto ambiental y cultural e induce un involucramiento activo y socio-económicamente benéfico de las poblaciones locales.
<b>Turismo convencional</b>	Turismo boutique, todo incluido, tiempo compartido, económico (hostales), turismo de negocios.
<b>Conservación (Reserva Natural)</b>	Áreas en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y/o restauradas, bajo las modalidades y tipología que establecen las leyes y reglamentos aplicables (incluye los ambientes donde existe patrimonio arqueológico e histórico)
<b>Desarrollo Urbano</b>	Consiste en el proceso de planeación y regulación de la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, en los que se consideran las áreas constituidas por las zonas urbanizadas, las que se reserven a su expansión y las que se consideren no urbanizables por causas de preservación ecológica, prevención de riesgos y mantenimiento de actividades productivas dentro de los límites de dichos centros, así como las que por resolución de la autoridad competente se provean para la fundación de los mismos.
<b>Suburbano</b>	Aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población, para el establecimiento de fraccionamientos habitacionales suburbanos o rurales en los términos que establece la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo.
<b>Equipamiento</b>	Aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población para el establecimiento de obras de infraestructura o equipamiento regional de interés público, tanto de inversión pública como privada, que apruebe la autoridad competente, con apego a la reglamentación aplicable.

<b>Área Natural Protegida</b>	Se considera las áreas establecidas bajo alguna categoría de protección, establecida en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como las indicadas en la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del estado de Quintana Roo y las que indiquen los reglamentos municipales y que se establezcan mediante decreto federal o estatal debidamente publicado en el Diario Oficial de la Federación o en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo o en las Gacetas Municipales
-------------------------------	---

Los usos del suelo propuestos para las diferentes UGTS se subdividieron en dos tipos: compatibles e incompatibles:

- Uso del suelo compatible: sectores que presentan la mayor aptitud y que se pueden desarrollar en la misma UGTS, sin generar conflictos ambientales;
- Uso del suelo incompatible: Sectores que presentan menor aptitud y sectores que si se desarrollan en la misma UGTS, pueden generar conflictos ambientales.

Las estrategias territoriales son la serie de acciones enfocadas al logro de los lineamientos, sin embargo la base que les da sustento se encuentra en los planes, proyectos y programas de los tres órdenes de gobierno, ya que estos representan el mecanismo por medio del cual es posible vincular los lineamientos ecológicos con la gestión gubernamental. Para la definición de las estrategias se retomó el análisis de compatibilidad entre los planes, proyectos y programas establecidos en la fase de diagnóstico; y a partir de los grupos derivados de dicho análisis se procedió a la asignación de estrategias considerando que exista una coincidencia entre los lineamientos establecidos y los objetivos de los planes y programas. En la tabla 2 se muestran las estrategias agrupadas y su clave numérica.

**Tabla 40. ESTRATEGIAS derivadas de los planes y programas de los tres órdenes de gobierno.**

GRUPO	ESTRATEGIA	PROGRAMA
<b>1.-Infraestructura agrícola</b>	Incrementar la capitalización de las unidades económicas de producción agrícola a través del apoyo a la inversión en obras de infraestructura y adquisición de equipamiento agrícola y material vegetativo certificado o validado, para la realización de actividades de producción primaria, que incluyen conservación y manejo.	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI-Agrícola)
	Incrementar y modernizar la capacidad del manejo postproducción de las unidades económicas, mediante la inversión complementaria en equipamiento e infraestructura que permita la disminución de mermas, agregación de valor, diversificación, procesamiento, empaque y/o distribución de los productos alimentarios agrícolas, pecuarios, ornamentales, acuícolas y pesqueros.	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI-Manejo Postproducción PROVAR)

GRUPO	ESTRATEGIA	PROGRAMA
	Incrementar y mejorar la capacidad y eficiencia de acopio, almacenamiento, movilización, monitoreo y control de calidad de granos y oleaginosas de las unidades económicas agrícolas y pecuarias, mediante el apoyo complementario en infraestructura y/o equipamiento.	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI-Manejo Postproducción FIMAGO)
	Fomentar la producción y la competitividad de las actividades agropecuarias, acuícolas y pesqueras preponderantes que se desarrollan en el marco de una región o del estado con un enfoque de territorialidad, transversalidad, inclusión y sustentabilidad de los recursos naturales, a través del apoyo para la ejecución de proyectos territoriales que consideren a la inversión en obras de infraestructura productiva de alto impacto, maquinaria y equipamiento mayor para la producción primaria, incluyendo su acopio, conservación, manejo y valor agregado.	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI-Activos Productivos Tradicionales)
	Incrementar la capacidad de manejo postproducción y comercialización de las unidades económicas agrícolas, ornamentales, pecuarias acuícolas y pesqueras, mediante el apoyo complementario en equipamiento e infraestructura para Centros de costos.	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI-Manejo Postproducción Proyectos estratégicos de alto impacto)
	Fortalecer la competitividad de los productores de maíz y frijol por medio del otorgamiento de apoyos en servicios de asistencia técnica, capacitación, innovación tecnológica, desarrollo organizativo y mecanización de las unidades productivas, así como la inducción hacia una agricultura sustentable y el uso del crédito para capitalizarse y mejorar su rentabilidad.	Proyectos estratégicos (PROMAF)
	Atender problemas de las ramas productivas y sistema producto que comprometan el desarrollo del sector, destinando apoyos para proyectos estratégicos integrales agrícolas en infraestructura, equipamiento y material vegetativo, entre otros, propuestos por los sistemas producto y otras organizaciones; para que mejoren sus capacidades técnicas, administrativas, organizativas, hacia la competitividad de las unidades económicas.	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI-Desarrollo de Ramas Productivas)
2.-Fomento agropecuario	Incremento la productividad agropecuaria mediante el uso de maquinaria moderna y apropiada para la producción de productos agrícolas y pecuarios.	PROCAMPO Productivo
	Incrementar la capitalización de las unidades económicas de los productores pecuarios, a través del apoyo subsidiario a la inversión en bienes de capital para la producción primaria, que incluyen producción y procesamiento de forrajes, y la conservación y manejo de áreas de apacentamiento.	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI-ganadero)
	Incrementar la productividad pecuaria, a través de la inducción de prácticas tecnológicas de producción sustentable, asistencia técnica, capacitación y fondo de aseguramiento ganadero.	Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales (PSRN-PROGAN)
3.-Fomento acuícola	Incrementar la capitalización de las unidades económicas pesqueras y acuícolas a través del apoyo subsidiario a la inversión en bienes de capital estratégicos para equipamiento e infraestructura, para la realización de sus actividades de producción primaria, conservación, distribución y agregación de valor.	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI-pesca)

GRUPO	ESTRATEGIA	PROGRAMA
	Incrementar la capitalización de las unidades económicas, dedicadas a la acuicultura, integradas a parques acuícolas, a través de infraestructura eléctrica y el equipamiento eléctrico necesario para su operación con visión de sostenibilidad y de respeto al medio ambiente.	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI-granjas acuícolas)
	Generar las obras de infraestructura pesquera y acuícola; así como su equipamiento que contribuyan a incrementar la capitalización de las unidades económicas; y coadyuven a mejorar el manejo sustentable de la producción pesquera y acuícola, el acopio, su conservación y garantizar la rehabilitación de las áreas de pesca.	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI-infraestructura pesquera y acuícola)
4.-Conversión productiva	Fomentar la producción de alimentos sanos y de calidad, con enfoque de red de valor y de manera sustentable, a través de la producción bajo agricultura protegida.	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI-Agricultura protegida)
	Contribuir a la producción de biocombustibles, biofertilizantes, abonos orgánicos y al uso eficiente y sustentable de la energía en los procesos productivos, y el uso de energías renovables.	Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales (PSRN-Bioenergía y fuentes alternativas Y FIRCO-Proyecto Bioeconomía)
	Promover la conversión de áreas a cultivos de mayor rentabilidad, aprovechando el potencial productivo en la región, con la finalidad de ordenar la producción de granos básicos en las principales zonas de muy bajo y bajo potencial productivo	Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales (PSRN-Reconversión Productiva) y el Programa de Opciones Productivas (SEDESOL-POP)
	Fomentar el establecimiento de proyectos productivos en el ámbito rural y agroempresas con particular énfasis en la producción de alimentos, ecoturismo, textil o de índole agrosilvopastoril.	Fondo para el Apoyo a Proyectos Productivos en Núcleos Agrarios (SEDATU-FAPPA, PROMUSAG y Programa Joven Emprendedor y Fondo de Tierras).
5.-Mejores prácticas productivas	Desarrollar proyectos integrales que incluyan obras y prácticas de manejo que contribuyan a la conservación, uso y manejo sustentable de suelo, agua y vegetación utilizados en la producción agropecuaria.	Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales (PSRN-COUSSA y PESA)
	Impulsar la inversión social y privada, a través del otorgamiento de apoyos para mejorar la viabilidad financiera de proyectos de cultivos y actividades con potencial y mercado, preferentemente bajo un esquema de desarrollo de proveedores, generando polos de desarrollo, así como dar soporte técnico en desarrollo de capacidades, innovación tecnológica y extensionismo rural para fortalecer la competitividad de los productores.	Proyectos estratégicos (Trópico Húmedo).
6.-Sociales	Reducir las condiciones de precariedad de la población jornalera agrícola mediante acciones que mejoren su acceso a servicios de alimentación, educación, información y promoción del ejercicio de los derechos humanos y servicios básicos.	Programa de Atención a Jornaleros Agrícolas (SEDESOL-PDZP)
	Dotar con servicios básicos, calidad en la vivienda e infraestructura social comunitaria a las localidades ubicadas en las Zonas de Atención Prioritaria para áreas rurales y las localidades con muy alta y alta marginación en municipios de media marginación.	Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias (SEDESOL-PAJA)

GRUPO	ESTRATEGIA	PROGRAMA
7.-Agua en zonas urbanas y rurales	Fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento en centros de población mayores a 2,500 habitantes, mediante acciones de construcción, ampliación, rehabilitación, mejoramiento de la infraestructura hidráulica para la prestación de los servicios a efecto de proporcionar agua para los diversos usos y fundamentalmente para el consumo humano.	Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (CONAGUA-APAZU)
	Apoyar la creación de infraestructura para abatir el rezago en la cobertura de los servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Localidades Rurales, mediante la construcción, mejoramiento y ampliación de infraestructura en localidades igual o menores a 2,500 habitantes, con la participación comunitaria organizada.	Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento (CONAGUA-PCRSAPS y SEDATU-Habitat).
	Promover el establecimiento de infraestructura que permita reducir el déficit de agua potable, drenaje y saneamiento.	Programa Habitat (SEDATU-Habitat)
	Fortalecer las acciones de saneamiento mediante el tratamiento de mayores volúmenes de aguas residuales municipales, con el propósito de reducir, prevenir y/o controlar la contaminación de los cuerpos de aguas nacionales y apoyar a los Organismos Operadores en el cumplimiento de la normatividad vigente; además, con el programa se contribuye a mejorar las condiciones ambientales y ecológicas de los cuerpos de agua.	Programa de Tratamiento de Aguas Residuales (CONAGUA-PTAR).
8.-Restauración y producción forestal	Impulsar el aprovechamiento de los recursos forestales y sus asociados, considerando los principios del manejo forestal sustentable y con ello contribuir a mantener e incrementar la provisión de bienes y servicios ambientales, así como a mejorar la calidad de vida de los dueños y poseedores de los recursos forestales, mediante el otorgamiento de apoyos para la elaboración de estudios para la incorporación de superficie forestal a esquemas de manejo forestal sustentable, para la ejecución de las acciones de cultivo forestal que se establezcan en los estudios y programas de manejo predial para el aprovechamiento de recursos maderables, no maderables y de vida silvestre, así como el fortalecimiento de la infraestructura y equipamiento para la producción de materias primas forestales y el apoyo a los procesos de certificación forestal.	Programa Nacional Forestal (PRONAFOR-Desarrollo Forestal)
	Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de la cobertura forestal, y la conservación y restauración de suelos ubicados en cuencas con terrenos forestales y preferentemente forestales con procesos de deterioro, con el fin de contribuir a disminuir estas condiciones, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.	Programa Nacional Forestal (PRONAFOR-Conservación y Restauración)
9.-Estímulo industrial	Se privilegiara con incentivos fiscales aquellas empresas industriales que cumplan con los estándares ambientales establecidos en la normatividad vigente.	Programa de promoción sectorial (SE-PROSEC)
	Se privilegiara con incentivos fiscales las industrias manufactureras que cumplan con los estándares ambientales establecidos en la normatividad vigente.	Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (SE-IMMEX)

GRUPO	ESTRATEGIA	PROGRAMA
10.-Sistemas productivos sostenibles y biodiversidad	Apoyo para sistemas de servicios basado en la atención a visitantes de sitios con atractivos naturales a quienes se brinda alimentación, hospedaje y participación en actividades recreativas (paseos, caminatas, ciclismo, kayakismo, natación, buceo, observación de naturaleza, etcétera)	Sistemas Productivos Sostenibles y Biodiversidad (CONABIO-GEF)
	Apoyo de sistemas pecuarios basados en la crianza y el manejo de colonias de abejas, principalmente <i>Apis mellifera</i> y también otras abejas nativas del género <i>Melipona</i> .	
	Apoyo a sistemas pecuarios basados en la crianza de ganado vacuno en combinación con árboles (ganadería silvopastoril)	
	Apoyo de sistemas extractivos basados en el aprovechamiento de productos maderable y no maderables de áreas silvestres.	
	Apoyo de sistemas extractivos basados en el aprovechamiento de fauna en áreas silvestres	
11.-Protección ambiental	Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.	
	Promover acciones de prevención y combate de incendios, para salvaguardar los servicios ambientales que nos proporcionan los bosques.	
	Promover la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en las regiones prioritarias, mediante el aprovechamiento sostenible de los mismos, con igualdad de oportunidades para las mujeres y hombres, con énfasis en la población indígena de las localidades	Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES)
	Contribuir a la protección del bienestar socioeconómico de la población afectada por situaciones adversas que afectan su patrimonio o disminuyen sus ingresos, mediante apoyos otorgados por su participación en proyectos o acciones de beneficio social o comunitario.	Programa de Empleo Temporal (PET)
	Promover la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad mediante la participación directa y efectiva de la población local en acciones de vigilancia y monitoreo para preservar y proteger los recursos naturales dentro de las regiones prioritarias.	Programa de Vigilancia Comunitaria (PROVICOM)
	Contribuir a la conservación de las especies en riesgo y su hábitat, promoviendo la colaboración y participación de instituciones de educación superior, de investigación y organizaciones de la sociedad civil, los ejidos y las comunidades, para el desarrollo sustentable en las regiones prioritarias	Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER)
Contribuir a fortalecer las ventajas competitivas de la oferta turística, mediante el desarrollo de obras de infraestructura y equipamiento suficiente para el desarrollo turístico sustentable.	Programa de Desarrollo Turístico (PRODERETUS)	

### Estrategias para la Adaptación al Cambio climático.

Para atender los efectos más probables del cambio climático sobre la producción agrícola, para el año de 2050 se deberán realizar las siguientes acciones, enunciativas más no limitativas de adaptación:

- Aumentar las inversiones para el incremento de la productividad agrícola que permita compensar la posible disminución de la producción; vigorizar los programas de investigación que permitan enfrentar los aspectos técnicos de una producción comprometida con una menor disponibilidad de agua;
- promover un extensionismo efectivo que permita extender las soluciones tecnológicas para incrementar la producción agrícola; disminuir la producción de gases de efecto invernadero a través del desarrollar la infraestructura necesaria para la producción y consumo de energía renovable;
- apoyar la investigación en la biotecnología que permita desarrollara variedades de plantas adaptadas a nuevas condiciones de temperatura y disponibilidad de agua sin que se comprometa el patrimonio genético de los cultivos.
- Para atender los efectos más probables del cambio climático sobre la agricultura, para el año de 2050 se deberán realizar las siguientes acciones, enunciativas más no limitativas, de adaptación para el uso del agua:
  - Todas las áreas de agricultura de riego deberán contar con sistemas de microgoteo o aspersión de agua que disminuyan significativamente el consumo del agua.
  - Todas las áreas de agricultura de temporal deberán contar con viveros que permitan un control en la temperatura y el riego, un sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia.
  - Se deberán construir en las zonas de mayor capacidad de infiltración a los acuíferos la infraestructura que incremente la recarga de agua.
  - Para atender los efectos más probables del cambio climático sobre la ganadería, para el año de 2050 se deberán realizar las siguientes acciones, enunciativas más no limitativas, de adaptación:
    - Se tendrán y aplicarán coeficientes de agostadero calculados en función de la disponibilidad de materia vegetal comestible, el estado de los acuíferos subterráneos, la pendiente del terreno, la disponibilidad y la distancia a las fuentes de agua, así como la erosión del terreno;
    - Se realizarán inversiones para realizar un manejo a los terrenos de agostadero para que mantenga o mejoren su productividad por medio de manejo de la vegetación, control de la erosión, manejo del fuego, fertilización y rotación de parcelas; mejoramiento genético de los hatos ganaderos que permita una adaptación a condiciones de aridez; disminuir la producción de gases de efecto invernadero a través del desarrollo de la infraestructura necesaria para la producción y consumo de energía renovable.

Para atender los efectos más probables del cambio climático sobre el sector forestal, para el año de 2050 se deberán realizar las siguientes acciones, enunciativas más no limitativas, de adaptación:

- Los terrenos forestales sujetos al aprovechamiento de especies maderables de interés comercial, deberán contar un diseño para el aprovechamiento del recurso forestal y la infraestructura que permita tener mantener sin erosión y con la máxima infiltración de agua al subsuelo técnicamente posible.

- La superficie destinada a la reforestación con especies de interés comercial, deberá ocupar todos los terrenos preferentemente forestales y aquellos forestales que hayan sido sujetos de cortas.

Para atender los efectos más probables del cambio climático sobre los asentamientos humanos, para el año de 2050 se deberá de contar con la infraestructura para la prevención y manejo de inundaciones, tratamientos de grietas y oquedades y demás obras necesarias para el control de deslaves y derrumbes en las zonas de asentamientos humanos que son más vulnerables.

Para atender los efectos más probables del cambio global, para el año de 2050 la infraestructura para la generación de energía renovable no deberá ocupar ecosistemas con vegetación forestal y se instalara dentro de terrenos preferentemente no forestales y en las ciudades aprovechando la infraestructura ya construida.

Para atender los efectos más probables del cambio global, para el año de 2050 no existirán fraccionamientos con viviendas en áreas suburbanas (fuera de los centros de población aprobados por la autoridad competente) que ocupen terrenos forestales.

Para atender los efectos más probables del cambio global, para el año de 2050, se deberá financiar, construir y operar con fondos de gobierno y de la iniciativa privada, el centro estatal de conservación de la biodiversidad, que tenga como objetivo prioritario la conservación de especies de ecosistemas acuáticos, de especies con status de conservación comprometida que habiten en selvas, pastos marinos, dunas costeras, cenotes y sistemas de cavernas, arrecifes, manglares y humedales y aquellas que estén sujetas a los impactos ambientales generadas por sectores específicos.

Para atender los efectos más probables del cambio global, para el año de 2050, se deberá sustituir la leña como la principal fuente de energía en las zonas rurales, en su lugar, se deberá proveer electricidad generada por tecnología eólica o fotovoltaica.

Para atender los efectos más probables del cambio global, para el año de 2050, se deberá dar tratamiento al 100% de las aguas residuales, para que sean reutilizadas en la industria y la agricultura.

Para atender los efectos más probables del cambio global, para el año de 2050, se deberá tener el 100% de las UGTS de conservación bajo algún esquema de pago por servicios ambientales o bonos de carbono que aseguren la permanencia de sus terrenos forestales.

Para atender los efectos más probables del cambio global, para el año de 2050, se deberá rehabilitar el 100% de los rellenos sanitarios y tiraderos de residuos sólidos a cielo abierto. En su lugar se deberán contar con plantas de reciclaje e incineradores asociados a tecnología de producción de electricidad.

La Política Territorial Integral es el primer componente de la gestión territorial, ya que contempla el conjunto de acciones que se diseñan para lograr la ordenación espacial de las actividades. Dichas acciones se diseñan con la finalidad de modificar la realidad, así a través de la política territorial se da respuesta a la pregunta de: qué hacer para realizar un ordenamiento sobre el territorio. De la claridad y congruencia de la política territorial dependerá la eficiencia y el éxito de la planeación estratégica del uso del suelo para una región determinada.

El conjunto de políticas consideradas para este Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico, Desarrollo Urbano Sustentable, tienen su origen en la legislación ambiental, ya que se han incluido las políticas señaladas en el Artículo 3° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, con adición de una política de desarrollo urbano, cuyas definiciones se presentan a continuación:

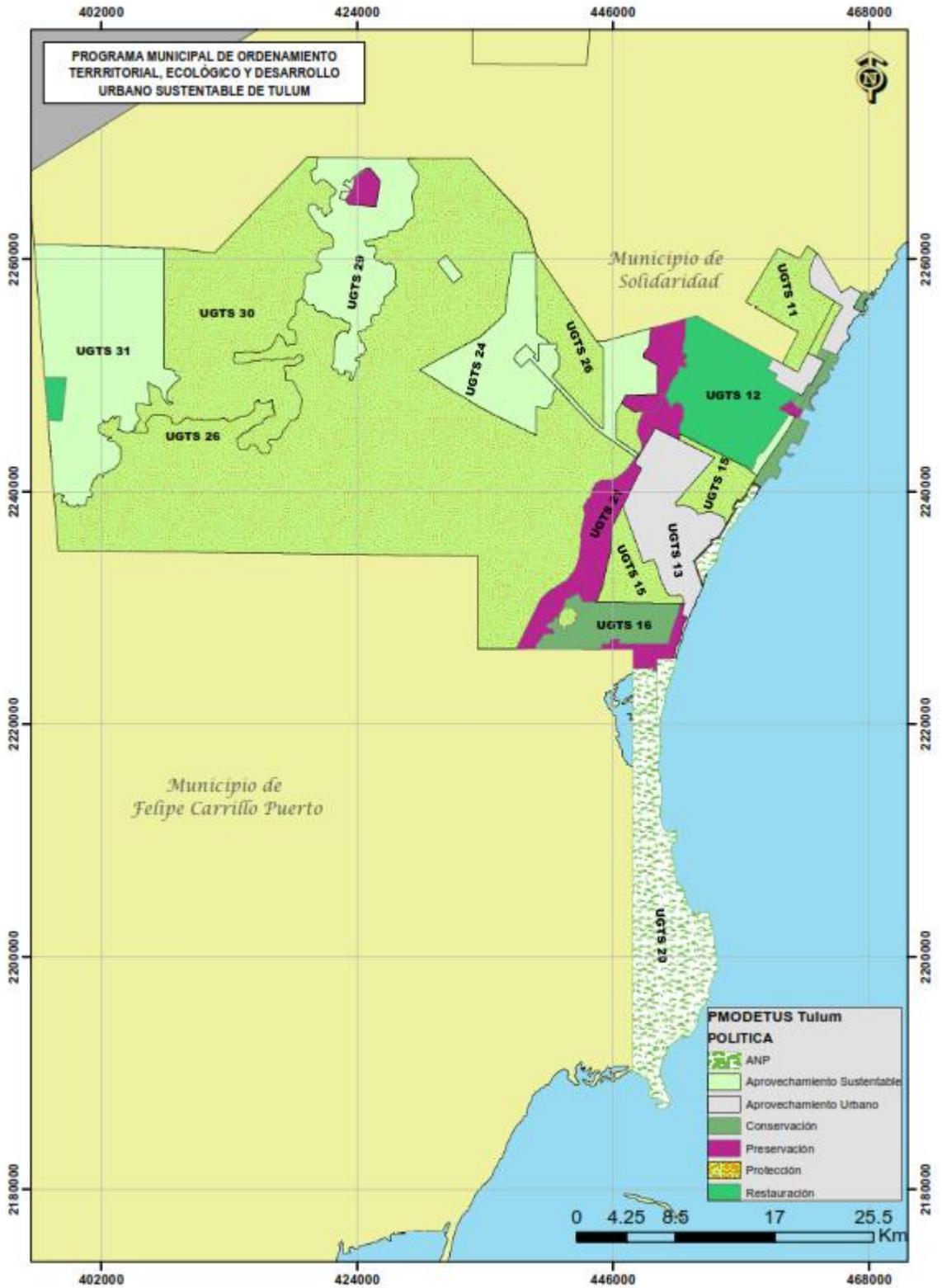
- **Aprovechamiento sustentable:** La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por períodos indefinidos;
- **Conservación:** Promueve la permanencia de ecosistemas nativos y su utilización, sin que esto implique cambios drásticos en el uso del suelo. En esta política se promueve mantener la estructura y procesos de los ecosistemas bajo un esquema sustentable de manejo de los recursos existentes.
- **Aprovechamiento Urbano:** La ocupación del territorio al interior de los centros de población de acuerdo con los parámetros de ocupación y uso del suelo establecidos en los planes o programas de desarrollo urbano vigentes.
- **Preservación:** El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitat naturales;
- **Protección:** El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro;
- **Restauración:** Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales;
- Una UGTS podrá tener una política territorial o una mezcla de varias, en virtud de la dominancia sectorial operativa arriba mencionada.
- **Lineamientos territoriales.** Las políticas territoriales proporcionan las líneas de acción general para cada una de las UGTS, mientras que los lineamientos territoriales permiten establecer la orientación específica de la aplicación de la política en la unidad.
- Los lineamientos se redactan en forma de un enunciado que refleje el estado ideal de cada UGTS, especificando los objetivos propuestos, el período de cumplimiento y los parámetros de medición que definen el cumplimiento del objetivo planteado. En su construcción se deben tomar en cuenta los criterios que definen la construcción de la UGTS, el uso actual del territorio en la misma y los conflictos y aptitud territoriales definidas para la misma.

- **Metas y proyectos territoriales estratégicos.** Si las Políticas proporcionan las líneas de acción general y los lineamientos definen el destino específico de la UGTS, las metas y proyectos territoriales estratégicos son la expresión operativa de los objetivos específicos de la UGTS e incluyen las acciones, proyectos, programas (y a los responsables de su ejecución), necesarios para el logro de los lineamientos territoriales.
- A continuación se presentan las fichas técnicas de cada una de las UGTS delimitadas, los acrónimos utilizados se presentan descritos en la tabla 41.

**Tabla 41. Acrónimos utilizados para el uso de suelo y vegetación.**

ACRÓNIMO	DESCRIPCIÓN
SMQ	Selva mediana subperennifolia
VS/SMQ	Vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia
AG	Agricultura
DV	Desprovisto de vegetación
ZU	Zona urbana
TU	Tular
VM	Vegetación de manglar
CA	Cuerpo de agua
PI	Pastizal inducido
DUNA	Duna costera
INC	Zona incendiada
SBI	Selva baja inundable
VS/SBI	Vegetación secundaria de selva baja inundable
MAR	Marisma
PLAYA	Playa
AGP	Uso agropecuario
API	Uso apicultura
ACU	Uso acuicultura

ACRÓNIMO	DESCRIPCIÓN
<b>FOR</b>	Uso forestal
<b>EXT</b>	Uso extracción de materiales pétreos
<b>TA</b>	Uso turismo alternativo
<b>TC</b>	Uso turismo convencional
<b>CON</b>	Uso conservación
<b>URB</b>	Uso urbano
<b>SUB</b>	Uso suburbano
<b>EQ</b>	Equipamiento



NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
<b>UGTS 1.- Corredor Yalkú-Akumal</b>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS : 554			Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	0.00
CONSERVACIÓN	123.218776		VS/SMQ	0.25
			AG	0.00
			DV	7.47
		ZU	3.12	
		TU	0.00	
		VM	18.24	
		CA	0.43	
		PI	0.00	
		DUNA	0.00	
		INC	0.00	
		SBI	93.71	
		VS/SBI	0.00	
		MAR	0.00	
PLAYA	0.00			
<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>				
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay		
Regiones Hidrológicas Prioritarias		96.58 %		
Regiones Marinas Prioritarias		100 %		
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay		
Áreas Naturales Protegidas		No hay		
<b>DATOS RELEVANTES</b>				

	Manglar (% UGTS)	15.0								
	Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)	178.81								
	Número de cenotes	0								
	Población total	0								
Pobladors: No existen centros de población pero existe presencia de asentamientos humanos										
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>						✓	✓	✓		✓
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x				x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Turismo convencional</b>	TUC-1, TUC-2, TUC-3, TUC-4, TUC-5, TUC-6, TUC-7, TUC-8, TUC-10, TUC-13, TUC-14, TUC-15, TUC-16, TUC-17, TUC-18, TUC-19, TUC-20, TUC-21, TUC-22, TUC-23, TUC-24, TUC-25, TUC-26, TUC-29, TUC-30, TUC-31, TUC-32, TUC-33, TUC-36, TUC-37, TUC-38, TUC-39, TUC-42, TUC-43, TUC-44, TUC-54, TUC-57, TUC-58, TUC-59, TUC-60									
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-8, TUA-9, TUA-10, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-24, TUA-25, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-41									
<b>Suburbano</b>	SUB-1, SUB-2, SUB-3, SUB-4, SUB-5, SUB-6, SUB-7, SUB-8, SUB-9, SUB-10, SUB-11, SUB-12, SUB-13, SUB-14, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-18, SUB-19, SUB-20, SUB-21, SUB-22, SUB-23, SUB-24, SUB-25, SUB-26, SUB-27, SUB-28, SUB-29, SUB-31, SUB-32, SUB-33, SUB-34, SUB-35, SUB-37									
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4.									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad de 9, donde 10.59 ha de terrenos preferentemente forestales (incluyendo las zonas desprovistas de vegetación) que se gestionan para el desarrollo de asentamientos humanos, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la creación de viviendas, hoteles y su infraestructura asociada. No se crean nuevos centros de población urbana y se mantiene la vegetación de manglar y cuerpos de agua. El potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 30%										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.										
2.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos, servicios sociales y que contribuyan a la reducción de la pobreza.										
3.-Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO			
UGTS 2.- PDU Akumal		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN			
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	PDU		Tipo	ha	
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	976.91	
APROVECHAMIENTO URBANO	1,518.125968		VS/SMQ	7.02	
			AG	0.00	
			DV	32.81	
		ZU	101.22		
		TU	0.00		
		VM	65.01		
		CA	0.00		
		PI	79.49		
		DUNA	2.78		
		INC	0.00		
		SBI	240.72		
		VS/SBI	0.00		
		MAR	0.00		
		PLAYA	12.17		
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN			
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
		Regiones Hidrológicas Prioritarias		92.36%	
		Regiones Marinas Prioritarias		100%	
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay			
Áreas Naturales Protegidas		No hay			
DATOS RELEVANTES					
Manglar (% UGTS)		4.0			
Número de cenotes		5			

	Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)	209.08
	Población total	1,310
	Poblados: Centro de Población Akumal	
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
Los usos de suelo estarán determinados por el Programa de Desarrollo Urbano		
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
URB-1, URB-2, URB-3, URB-4, URB-5, URB-6, URB-7, URB-8, URB-9, URB-10, URB-11, URB-12, URB-13, URB-14, URB-15, URB-16, URB-17, URB-18, URB-19, URB-20, URB-21, URB-22, URB-23, URB-24, URB-25, URB-26, URB-27, URB-28, URB-29, URB-30, URB-31, URB-32, URB-33, URB-34, URB-35, URB-36, URB-37, URB-38, URB-39, URB-40, URB-41		
<b>LINEAMIENTOS</b>		
Hay una transición hacia un sistema semitransformado con un índice de naturalidad de 2, donde se mantienen 65.01 ha de vegetación de manglar y en el que los usos del suelo están definidos por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Akumal.		
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
<p>1.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.</p> <p>2.- Diseñar e impulsar el desarrollo urbano y territorial con la concurrencia de los tres niveles de gobierno y participación social, bajo criterios estratégicos, sustentables y de largo plazo, en los cuales converjan el fomento a la actividad económica, el empleo, la competitividad, dinámica y el desarrollo social.</p> <p>3.- Elaborar un inventario de suelo urbano para el desarrollo con información georeferenciada de fraccionamientos habitacionales con áreas de equipamiento social acordes al crecimiento urbano.</p>		

NOMBRE		DIAGNÓSTICO			
UGTS 3.- Corredor Akumal-Xelhá		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN			
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	3,000		Tipo	ha	
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	0.4	
CONSERVACIÓN	396.025802		VS/SMQ	0.00	
			AG	0.00	
		DV	26.79		
		ZU	43.09		
		TU	0		
		VM	69.53		
		CA	0.00		
		PI	0.04		
		DUNA	5.13		
		INC	0.00		
		SBI	237.025802		
		VS/SBI	0.00		
		MAR	0.00		
		PLAYA	14.06		
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN			
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		89.95 %			
Regiones Marinas Prioritarias		100 %			
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay			
Áreas Naturales Protegidas		No hay			
DATOS RELEVANTES					
Manglar (% UGTS)		18.0			
Número de cenotes		1			

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								160.74
		Población total								0
Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos										
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>						✓	✓	✓		✓
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x				x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Turismo convencional</b>	TUC-1, TUC-2, TUC-3, TUC-4, TUC-5, TUC-6, TUC-7, TUC-8, TUC-10, TUC-11, TUC-12, TUC-13, TUC-14, TUC-15, TUC-16, TUC-17, TUC-18, TUC-19, TUC-20, TUC-21, TUC-22, TUC-23, TUC-24, TUC-25, TUC-26, TUC-29, TUC-30, TUC-31, TUC-32, TUC-33, TUC-34, TUC-36, TUC-37, TUC-38, TUC-39, TUC-42, TUC-43, TUC-44, TUC-54, TUC-56, TUC-58, TUC-60									
<b>Suburbano</b>	SUB-1, SUB-2, SUB-3, SUB-4, SUB-5, SUB-6, SUB-7, SUB-8, SUB-9, SUB-10, SUB-11, SUB-12, SUB-13, SUB-14, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-18, SUB-19, SUB-20, SUB-21, SUB-22, SUB-23, SUB-24, SUB-25, SUB-26, SUB-27, SUB-28, SUB-29, SUB-30, SUB-31, SUB-32, SUB-33, SUB-34, SUB-35									
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-8, TUA-9, TUA-10, TUA-11, TUA-12, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-24, TUA-25, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-34, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-41, TUA-47									
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4.									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad de 8, donde 69.92 ha de terrenos preferentemente forestales (incluyendo las zonas desprovistas de vegetación), que se gestionan para el desarrollo de asentamientos humanos y desarrollos turísticos, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la creación de viviendas, hoteles y su infraestructura asociada. No se crean nuevos centros de población urbana y se mantienen la vegetación de manglar, dunas costeras y playas. El potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 30%.										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.										
2.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos, servicios sociales y que contribuyan a la reducción de la pobreza.										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
UGTS 4.- Xcabel-Xcabelito		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	ANP		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	0.00
PRESERVACIÓN	31.544579		VS/SMQ	0.00
			AG	0.00
			DV	0.00
			ZU	0.77
			TU	0.00
			VM	2.86
			CA	0.00
			PI	0.00
			DUNA	0.00
			INC	0.00
			SBI	17.59
			VS/SBI	0.00
			MAR	0.00
			PLAYA	10.32
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN		
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	No hay	
		Regiones Hidrológicas Prioritarias	47.49%	
		Regiones Marinas Prioritarias	100%	
		Regiones Terrestres Prioritarias	No hay	
		Áreas Naturales Protegidas	100%	
Sitio RAMSAR	100%			
DATOS RELEVANTES				
		Manglar (% UGTS)	9.0	

	Número de cenotes	0
	Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)	124.88
	Población total	0
Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos		
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE Y</b>		
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
Tanto los usos de suelo permitidos como los criterios ecológicos aplicables a esta UGTS estarán señalados en el correspondiente programa de manejo.		
<b>LINEAMIENTOS</b>		
Los lineamientos ecológicos de esta UGTS, que corresponde al área natural protegida de jurisdicción estatal "Zona sujeta a Conservación Ecológica Santuario de la Tortuga Marina Xcacel Xcacelito", están determinados tanto en el decreto (Periódico Oficial Gobierno del estado de Quintana Roo 21-febrero-1998) como en su programa de manejo correspondientes.		
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
<p>1.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>2.- Apoyo de sistemas extractivos basados en el aprovechamiento de fauna en áreas silvestres</p> <p>3.- Apoyo de sistemas extractivos basados en el aprovechamiento de recursos maderables y no maderables de áreas silvestres.</p> <p>4.- Promover la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad mediante la participación directa y efectiva de la población local en acciones de vigilancia y monitoreo para preservar y proteger los recursos naturales dentro de las regiones prioritarias.</p>		

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
UGTS 5.- Corredor Akumal-Chemuyil		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	700		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	274.72 6504
PROTECCIÓN	372.233496		VS/SMQ	0.00
			AG	0.00
			DV	0.00
			ZU	0.00
			TU	0.00
			VM	0.00
			CA	0.00
			PI	0.00
			DUNA	0.00
			INC	0.00
			SBI	101.52
		VS/SBI	0.00	
		MAR	0.00	
		PLAYA	0.00	
ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN				
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay		
Regiones Hidrológicas Prioritarias		99.99%		
Regiones Marinas Prioritarias		99.99%		
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay		
Áreas Naturales Protegidas		No hay		
DATOS RELEVANTES				
Manglar (% UGTS)		0.00		
Número de cenotes		2		

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								215.51	
		Población total								0	
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos									
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB	
<b>Compatibles</b>						✓		✓		✓	
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x		x		x		
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-9, TUA-10, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-24, TUA-25, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-42, TUA-44 TUA-47										
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4.										
<b>Suburbano</b>	SUB-1, SUB-3, SUB-4, SUB-5, SUB-6, SUB-7, SUB-8, SUB-9, SUB-10, SUB-11, SUB-12, SUB-13, SUB-14, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-18, SUB-19, SUB-20, SUB-21, SUB-22, SUB-24, SUB-26, SUB-27, SUB-28, SUB-29, SUB-30, SUB-31, SUB-32, SUB-33, SUB-34, SUB-35,										
<b>LINEAMIENTOS</b>											
Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad entre 9 y 10, donde no se crean centros de población urbana; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 20%.											
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<p>1.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.</p> <p>2.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>3.- Impulsar la construcción de fraccionamientos verticales y de uso mixto que permita la redensificación y mejor aprovechamiento del suelo, así como la ocupación de predios urbanos baldíos que permitan consolidar y compactar nuestra ciudad evitando el desmedido crecimiento horizontal.</p>											

NOMBRE		DIAGNÓSTICO			
<b>UGTS 6.- Corredor BAHÍA PRÍNCIPE-Chemuyil</b>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>			
<b>Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS</b>	700		Tipo	ha	
<b>POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL</b>	<b>SUPERFICIE (ha)</b>		SMQ	34.82	
<b>CONSERVACIÓN</b>	207.263972		VS/SMQ	67.973 972	
			AG	0.00	
		DV	17.41		
		ZU	0.00		
		TU	0.00		
		VM	0.00		
		CA	0.00		
		PI	8.71		
		DUNA	0.00		
		INC	0.00		
		SBI	78.35		
		VS/SBI	0.00		
		MAR	0.00		
		PLAYA	0.00		
		<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>			
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves			No hay
Regiones Hidrológicas Prioritarias			99.99%		
Regiones Marinas Prioritarias			99.99%		
Regiones Terrestres Prioritarias			No hay		
Áreas Naturales Protegidas			No hay		
<b>DATOS RELEVANTES</b>					
Manglar (% UGTS)			0.00		
Número de cenotes			2		

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								215.51
		Población total								0
Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos										
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>						✓	✓			✓
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x			x	x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-9, TUA-10, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-24, TUA-25, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-42, TUA-44, TUA-47									
<b>Turismo convencional</b>	TUC-1, TUC-2, TUC-3, TUC-4, TUC-5, TUC-6, TUC-7, TUC-8, TUC-9, TUC-10, TUC-13, TUC-14, TUC-15, TUC-16, TUC-17, TUC-18, TUC-19, TUC-20, TUC-21, TUC-22, TUC-23, TUC-24, TUC-25, TUC-26, TUC-27, TUC-28, TUC-29, TUC-30, TUC-31, TUC-32, TUC-33, TUC-35, TUC-36, TUC-37, TUC-38, TUC-39, TUC-40, TUC-42, TUC-43, TUC-44, TUC-45, TUC-48, TUC-49, TUC-50, TUC-54, TUC-55, TUC-58, TUC-59, TUC-60									
<b>Suburbano</b>	SUB-1, SUB-2, SUB-3, SUB-4, SUB-5, SUB-6, SUB-7, SUB-8, SUB-9, SUB-10, SUB-11, SUB-12, SUB-13, SUB-14, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-18, SUB-19, SUB-20, SUB-21, SUB-22, SUB-24, SUB-26, SUB-27, SUB-28, SUB-29, SUB-30, SUB-31, SUB-32, SUB-33, SUB-34, SUB-35									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad entre 9 y 10, donde 26.12 ha de terrenos preferentemente forestales se gestionan para el desarrollo de asentamientos humanos, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la creación de viviendas, hoteles y su infraestructura asociada. No se crean centros de población urbana; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 30%										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.</p> <p>2.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>3.- Impulsar la construcción de fraccionamientos verticales y de uso mixto que permita la redensificación y mejor aprovechamiento del suelo, así como la ocupación de predios urbanos baldíos que permitan consolidar y compactar nuestra ciudad evitando el desmedido crecimiento horizontal.</p>										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO			
UGTS 7.- PDU Chemuyil		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN			
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	PDU		Tipo	ha	
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	560.53 346514	
APROVECHAMIENTO URBANO	842.449736		VS/SMQ	0	
			AG	0.00	
<p style="text-align: center;">.25</p>		DV	18.416 27066		
		ZU	19.33		
		TU	0.00		
		VM	0.00		
		CA	0.00		
		PI	0.00		
		DUNA	0.00		
		INC	0.00		
		SBI	224.84		
		VS/SBI	0.00		
		ZU	19.33		
		PLAYA	0.00		
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN			
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		100 %			
Regiones Marinas Prioritarias		100 %			
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay			
Áreas Naturales Protegidas		No hay			
DATOS RELEVANTES					
Manglar (% UGTS)		0			

	Número de cenotes	4
	Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)	214.51
	Población total	1,377
	Poblados: Centro de Población Chemuyil	
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
Los usos de suelo estarán determinados por el Programa de Desarrollo Urbano		
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
URB-1, URB-2, URB-3, URB-4, URB-5, URB-6, URB-7, URB-8, URB-9, URB-10, URB-11, URB-12, URB-13, URB-14, URB-15, URB-16, URB-17, URB-18, URB-19, URB-20, URB-21, URB-22, URB-23, URB-24, URB-25, URB-26, URB-27, URB-28, URB-29, URB-30, URB-31, URB-32, URB-33, URB-34, URB-37, URB-38, URB-39, URB-40, URB-41		
<b>LINEAMIENTOS</b>		
Hay una transición hacia un sistema semi-transformado con un índice de naturalidad de 2, donde los usos del suelo están definidos por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chemuyil.		
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
<p>1.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.</p> <p>2.- Diseñar e impulsar el desarrollo urbano y territorial con la concurrencia de los tres niveles de gobierno y participación social, bajo criterios estratégicos, sustentables y de largo plazo, en los cuales converjan el fomento a la actividad económica, el empleo, la competitividad, dinámica y el desarrollo social.</p> <p>3.- Elaborar un inventario de suelo urbano para el desarrollo con información georeferenciada de fraccionamientos habitacionales con áreas de equipamiento social acordes al crecimiento urbano.</p> <p>4. Impulsar la construcción de fraccionamientos verticales y de uso mixto que permita la redensificación y mejor aprovechamiento del suelo, así como la ocupación de predios urbanos baldíos que permitan consolidar y compactar nuestra ciudad evitando el desmedido crecimiento horizontal.</p>		

NOMBRE		DIAGNÓSTICO			
UGTS 8.- Monumentos Arqueológicos Xelhá		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN			
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	153		Tipo	ha	
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	95.78 7004	
PRESERVACIÓN	152.567004		VS/SMQ	29.29	
		AG	0.00		
		DV	4.01		
		ZU	0.00		
		TU	0.00		
		VM	0.00		
		CA	0.00		
		PI	0.00		
		DUNA	0.00		
		INC	0.00		
		SBI	48.09		
		VS/SBI	4.68		
		MAR	0.00		
		PLAYA	0.00		
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN			
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		100%			
Regiones Marinas Prioritarias		100%			
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay			
Áreas Naturales Protegidas		No hay			
DATOS RELEVANTES					
Manglar (% UGTS)		0			
Número de cenotes		9			

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								190.5	
		Población total								0	
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos									
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB	
<b>Compatibles</b>						✓		✓			
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x		x		x	x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4,										
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-9, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA, 30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-41, TUA-47.										
<b>LINEAMIENTOS</b>											
Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad entre 9 y 10, donde 4.01 ha de terrenos preferentemente forestales (incluyendo las zonas desprovistas de vegetación), se gestionan para la conservación del sitio arqueológico de Xelhá así como el desarrollo del turismo alternativo y su infraestructura asociada, donde no se crean centros de población; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 5%.											
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<p>1.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>2.- Respetar la autenticidad sociocultural y preservar sus activos culturales</p> <p>3.- Apoyo para sistemas de servicios basado en la atención a visitantes de sitios con atractivos naturales a quienes se brinda alimentación, hospedaje y participación en actividades.</p> <p>4.-Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.</p>											

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
<b>UGTS 9.- Xelhá - Punta Cadena</b>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	5,000		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	75.61
CONSERVACIÓN	804.105944		VS/SMQ	- 9.215 9441 7
			AG	0.00
			DV	20.66
			ZU	19.53
			TU	0.00
			VM	270.7 7
			CA	0.40
			PI	0.00
			DUNA	28.07
			INC	0.00
			SBI	346.5 2
			VS/SBI	0.00
			MAR	0.00
			PLAYA	33.33
<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>				
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay		
Regiones Hidrológicas Prioritarias		89.94%		
Regiones Marinas Prioritarias		100%		
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay		
Áreas Naturales Protegidas		No hay		
<b>DATOS RELEVANTES</b>				

		Manglar (% UGTS)	34.00							
		Número de cenotes	3							
		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)	216.40							
		Población total	0							
Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos										
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>						✓	✓	✓		
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x				x	x
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1,TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA9, TUA-10, TUA-11, TUA12, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21,TUA-22, TUA-23, TUA-24, TUA-25, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33,TUA-34, TUA-35,TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-42, TUA-45									
<b>Turismo convencional</b>	TUC-1, TUC-2, TUC-3, TUC-4, TUC-5, TUC-6, TUC-7, TUC-8, TUC-9, TUC-10, TUC-11, TUC-12, TUC-13, TUC-14, TUC-16, TUC-17, TUC-18, TUC-19, TUC-20, TUC-21, TUC-22, TUC-23, TUC-24, TUC-25, TUC-26, TUC-27, TUC-28, TUC-30, TUC-31, TUC-32, TUC-33, TUC-34, TUC-36, TUC-37, TUC-38, TUC-39, TUC-42, TUC-43, TUC-44, TUC-54, TUC-56, TUC-58, TUC-59, TUC-60									
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4.									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad de 9, donde 40.19 ha de terrenos preferentemente forestales (se incluyen las áreas desprovistas de vegetación) que se gestionan para el desarrollo de asentamientos humanos y desarrollos turísticos, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la creación de viviendas, hoteles y su infraestructura asociada. No se crean nuevos centros de población urbana y se mantiene la vegetación de manglar, cuerpos de agua, dunas y playas; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 30%										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.										
2.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.										
3.- Promover el establecimiento de infraestructura que permita reducir el déficit de agua potable, drenaje y saneamiento.										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO			
<b>UGTS 10.- Corredor Jacinto Pat</b>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>			
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	500		Tipo	ha	
<b>POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL</b>	SUPERFICIE (ha)		SMQ	172.80	
<b>APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE</b>	394.476219		VS/SMQ	14.38	
		AG	0.00		
		DV	67.33		
		ZU	20.84		
		TU	0.00		
		VM	1.45		
		CA	0.00		
		PI	0.00		
		DUNA	0.00		
		INC	2.43		
		SBI	71.07		
		VS/SBI	44.17		
		MAR	0.00		
		PLAYA	0.00		
		<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>			
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		100.00%			
Regiones Marinas Prioritarias		100.00%			
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay			
Áreas Naturales Protegidas		No hay			
<b>DATOS RELEVANTES</b>					

	Manglar (% UGTS)	0								
	Número de cenotes	5								
	Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)	160.33								
	Población total	0								
	Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos									
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>					✓					✓
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x		x	x	x	x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Extracción de material</b>	EXT-1, EXT-3, EXT-4, EXT-5, EXT-6, EXT-7, EXT-8, EXT-9, EXT-10, EXT-12, EXT-13, EXT-14, EXT-15, EXT-16, EXT-17, EXT-18, EXT-19, EXT-20, EXT-21, EXT-22, EXT-23, EXT-24									
<b>Suburbano</b>	SUB-1, SUB-2, SUB-3, SUB-4, SUB-5, SUB-6, SUB-7, SUB-8, SUB-9, SUB-10, SUB-11, SUB-12, SUB-13, SUB-14, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-18, SUB-19, SUB-20, SUB-21, SUB-22, SUB-24, SUB-25, SUB-26, SUB-27, SUB-28, SUB-29, SUB-30, SUB-31, SUB-32, SUB-33, SUB-34, SUB-35									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad de 9, donde 88. 17 ha de terrenos preferentemente forestales ( se incluyen las áreas desprovistas de vegetación) que se gestionan para el desarrollo de la minería no metálica y desarrollos suburbanos, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la extracción de materiales pétreos y viviendas y su infraestructura asociada. 2.43 ha de terrenos preferentemente forestales incendiados entran en un estado de sucesión acelerada a través de la reforestación. No se crean nuevos centros de población urbana y se mantiene la vegetación de manglar; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 35%										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.										
2.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.										
3.-Promover el establecimiento de infraestructura que permita reducir el déficit de agua potable, drenaje y saneamiento.										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
UGTS 11.- Corredor Kárstico Norte		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	500	<p>SMQ 84.82%</p> <p>SBI 15.18%</p> <p>Otros 0.00%</p>	Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	3,185.89
PROTECCIÓN	3755.998556		VS/SMQ	0.00
			AG	0.00
			DV	0.00
			ZU	0.00
			TU	0.00
			VM	0.00
			CA	0.00
			PI	0.00
			DUNA	0.00
			INC	0.00
			SBI	570.11
			VS/SBI	0.00
			MAR	0.00
		PLAYA	0.00	
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN		
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	No hay	
		Regiones Hidrológicas Prioritarias	82.57%	
		Regiones Marinas Prioritarias	20.74%	
		Regiones Terrestres Prioritarias	No hay	
		Áreas Naturales Protegidas	No hay	
		DATOS RELEVANTES		
		Manglar (% UGTS)	0.00	
		Número de cenotes	21	

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)		234.90						
		Población total		0						
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>		✓		✓		✓		✓		
<b>Incompatibles</b>	x		x		x		x		x	x
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Apicultura</b>	API-1, API-2, API-3, API-4, API-5, API-6, API-7, API-8, API-9, API-10, API-11, API-12									
<b>Forestal</b>	FOR-1, FOR-2, FOR-3, FOR-4, FOR-5, FOR-6, FOR-7, FOR-8, FOR-9, FOR-10									
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-9, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-41, TUA-44, TUA-47									
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4, CON-5.									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema sub-natural con un índice entre 9 y 10, donde el 100% de la vegetación son terrenos forestales de selva (incluyendo selva baja inundable y mediana subperenifolia) se gestionan para la conservación y el desarrollo de proyectos del sector forestal. ; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 5%.										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1.- Impulsar el aprovechamiento de los recursos forestales y sus asociados, considerando los principios del manejo forestal sustentable y con ello contribuir a mantener e incrementar la provisión de bienes y servicios ambientales, así como a mejorar la calidad de vida de los dueños y poseedores de los recursos forestales, mediante el otorgamiento de apoyos para la elaboración de estudios para la incorporación de superficie forestal a esquemas de manejo forestal sustentable.</p> <p>2. Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de la cobertura forestal, y la conservación y restauración de suelos ubicados en cuencas con terrenos forestales y preferentemente forestales con procesos de deterioro, con el fin de contribuir a disminuir estas condiciones, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>3.-Apoyo de sistemas pecuarios basados en la crianza y el manejo de colonias de abejas, principalmente <i>Apis mellifera</i> y también otras abejas nativas del género <i>Melipona</i>.</p> <p>4.- Apoyo de sistemas extractivos basados en el aprovechamiento de fauna en áreas silvestres</p> <p>5.-Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.</p> <p>6.-Promover acciones de prevención y combate a incendios, para salvaguardar los servicios ambientales de las selvas</p>										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
UGTS 12.- Sistema Nohoch-Dos ojos		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	500		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	7368.829 284
75RESTAURACIÓN	8695.899284		VS/SMQ	33.22
			AG	41.52
			DV	16.61
			ZU	0
			TU	0.00
			VM	0
			CA	0.00
			PI	0.00
			DUNA	126.04
			INC	448.4
			SBI	787.32
			VS/SBI	0.00
			MAR	0.00
			PLAYA	0
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN		
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	No hay	
		Regiones Hidrológicas Prioritarias	100.00%	
		Regiones Marinas Prioritarias	100.00%	
		Regiones Terrestres Prioritarias	No hay	
Áreas Naturales Protegidas	No hay			
		DATOS RELEVANTES		
		Manglar (% UGTS)	0	
		Número de cenotes	57	

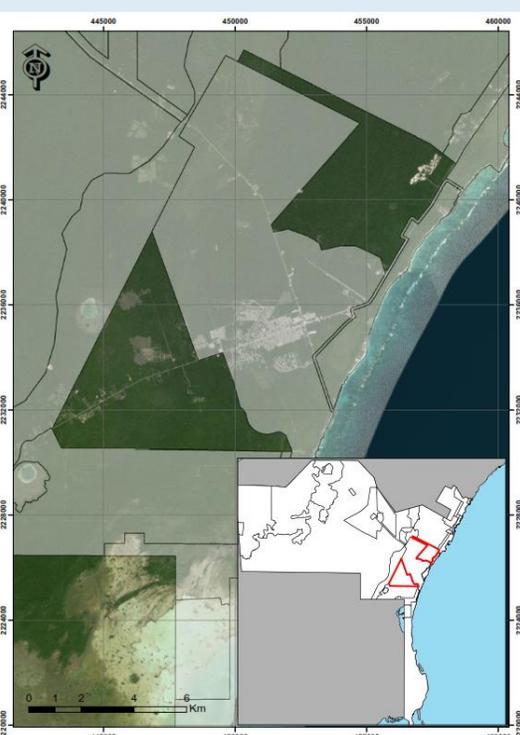
		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)							226.42	
		Población total							0	
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
Compatibles		✓				✓		✓		
Incompatibles	x		x	x	x		x		x	x
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
Apicultura	API-1, API-2, API-3, API-4, API-5, API-6, API-7, API-8, API-9, API-10, API-11, API-12									
Turismo alternativo	TUA-1, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-9, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-25, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-41, TUA-43, TUA-47,									
Conservación	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
<p>Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad de 9, donde 58.13 ha de terrenos preferentemente forestales ( se incluyen las áreas desprovistas de vegetación) que se gestionan para el desarrollo de la agricultura, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la agricultura y su infraestructura asociada. 448.4 ha de terrenos preferentemente forestales incendiados entran en un estado de sucesión acelerada a través de la reforestación. No se crean nuevos centros de población urbana; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 5%.</p>										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>2.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales.</p> <p>3.- Apoyo de sistemas extractivos basados en el aprovechamiento de fauna en áreas silvestres</p> <p>4.-Apoyo de sistemas pecuarios basados en la crianza y el manejo de colonias de abejas, principalmente <i>Apis mellifera</i> y también otras abejas nativas del género <i>Melipona</i>.</p> <p>5.- Apoyo para sistemas de servicios basado en la atención a visitantes de sitios con atractivos naturales a quienes se brinda alimentación, hospedaje y participación en actividades recreativas (paseos, caminatas, ciclismo, buceo, etcétera)</p> <p>6.- Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.</p>										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
UGTS 13.- PDU Tulum		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	PDU		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	5182.3349 66
APROVECHAMIENTO URBANO	7427.480723		VS/SMQ	4.274623
		AG	4.1538712 08	
		DV	0	
		ZU	444.44472 79	
		TU	0	
		VM	93.137544 76	
		SAB	0	
		SASC	30.129398 18	
		DUNA	77.063116 93	
		INC		
		SBSC	1564.2141 27	
		VS/SBI		
		MAR	0	
		PLAYA	27.728349 85	
ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN				
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay		
Regiones Hidrológicas Prioritarias		99.60%		
Regiones Marinas Prioritarias		78.40%		
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay		
Áreas Naturales Protegidas		No hay		

DATOS RELEVANTES	
Manglar (% UGTS)	0.57
Número de cenotes	64
Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)	205.55
Población total	18,233
Poblados: Centro de Población Tulum	
USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE	
Los usos de suelo compatibles estarán determinados por el Programa de Desarrollo Urbano	
CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE	
URB-1, URB-2, URB-3, URB-4, URB-5, URB-6, URB-7, URB-8, URB-9, URB-10, URB-11, URB-12, URB-13, URB-14, URB-15, URB-16, URB-17, URB-18, URB-19, URB-20, URB-21, URB-22, URB-23, URB-24, URB-25, URB-26, URB-27, URB-28, URB-29, URB-30, URB-31, URB-32, URB-33, URB-34, URB-35, URB-36, URB-37, URB-38, URB-39, URB-40, URB-41	
LINEAMIENTOS	
Hay una transición hacia un sistema semi-transformado con un índice de naturalidad de 2, donde los usos del suelo están definidos por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tulum.	
ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE	
<p>1.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.</p> <p>2.- Diseñar e impulsar el desarrollo urbano y territorial con la concurrencia de los tres niveles de gobierno y participación social, bajo criterios estratégicos, sustentables y de largo plazo, en los cuales converjan el fomento a la actividad económica, el empleo, la competitividad, dinámica y el desarrollo social.</p> <p>3.- Elaborar un inventario de suelo urbano para el desarrollo con información georeferenciada de fraccionamientos habitacionales con áreas de equipamiento social acordes al crecimiento urbano.</p> <p>4.- Impulsar la construcción de fraccionamientos verticales y de uso mixto que permita la redensificación y mejor aprovechamiento del suelo, así como la ocupación de predios urbanos baldíos que permitan consolidar y compactar nuestra ciudad evitando el desmedido crecimiento horizontal.</p> <p>5.- Promover el establecimiento de infraestructura que permita reducir el déficit de agua potable, drenaje y saneamiento.</p>	

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
<p style="text-align: center;"><b>ANP</b></p>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>		
<p>Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS</p>	<p>ANP</p>		<p><b>Tipo</b></p>	<p><b>ha</b></p>
<p><b>POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL</b></p>	<p><b>SUPERFICIE (ha)</b></p>		<p>SMQ</p>	<p>319.228</p>
<p>ANP</p>	<p>694.613459</p>		<p>VS/SMQ</p>	<p>0.00</p>
		<p>AG</p>	<p>0.00</p>	
		<p>DV</p>	<p>0.00</p>	
		<p>ZU</p>	<p>18.52</p>	
		<p>TU</p>	<p>0.00</p>	
		<p>VM</p>	<p>214.74</p>	
		<p>CA</p>	<p>0.00</p>	
		<p>PI</p>	<p>0.00</p>	
		<p>DUNA</p>	<p>69.48</p>	
		<p>INC</p>	<p>0.00</p>	
		<p>SBI</p>	<p>53.99</p>	
		<p>VS/SBI</p>	<p>0.00</p>	
		<p>MAR</p>	<p>0.00</p>	
		<p>PLAYA</p>	<p>26.32</p>	
		<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>		
<p>Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves</p>		<p>No hay</p>		
<p>Regiones Hidrológicas Prioritarias</p>		<p>75.01%</p>		
<p>Regiones Marinas Prioritarias</p>		<p>100.00%</p>		
<p>Regiones Terrestres Prioritarias</p>		<p>No hay</p>		
<p>Áreas Naturales Protegidas</p>		<p>98.00%</p>		
<b>DATOS RELEVANTES</b>				
<p>Manglar (% UGTS)</p>		<p>0.31</p>		
<p>Número de cenotes</p>		<p>2</p>		

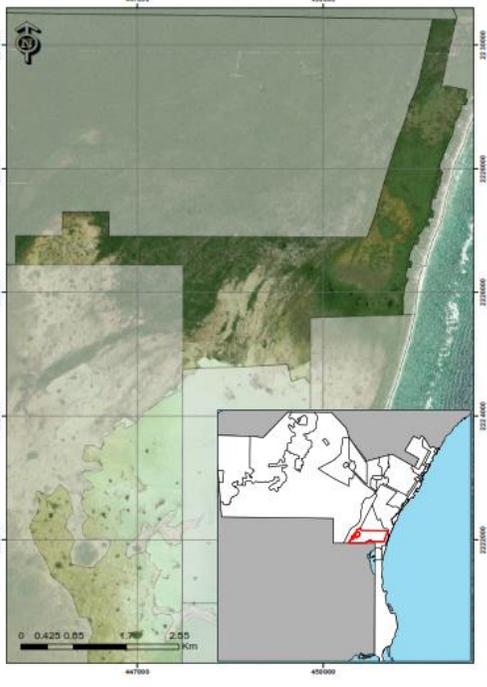
	Fijación C02 (ton/ha)	204.13
	Población total	0
Poblados: No existen centros de población pero si asentamientos humanos		
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE Y</b>		
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
La asignación de usos de suelo y criterios ecológicos estarán determinadas en función de las condiciones emitidas en la "Sentencia dictada por el Tribunal Pleno en la Controversia Constitucional 72/2008 promovida por el Poder Ejecutivo Federal, así como voto concurrente formulado por la Ministra Margarita Beatriz Luna Ramos" y en su caso el Programa de Manejo del Área Natural Protegida que se genere.		
<b>LINEAMIENTOS</b>		
Los lineamientos ecológicos de esta UGTS, que corresponde al área natural protegida de jurisdicción federal "Parque Nacional Tulum", están determinados tanto en el decreto (Diario Oficial de la Federación 23-abril-1981) como en su programa de manejo correspondiente.		
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Promover la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en las Regiones Prioritarias</li> <li>2. Promover la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad mediante la participación directa y efectiva de la población local en acciones de vigilancia y monitoreo para preservar y proteger los recursos naturales en las Regiones Prioritarias</li> <li>3.- Contribuir a la conservación de las especies en riesgo y su hábitat, promoviendo la colaboración y participación de instituciones de educación superior, de investigación y organizaciones de la sociedad civil, los ejidos y las comunidades, para el desarrollo sustentable en las regiones prioritarias</li> </ol>		

NOMBRE		DIAGNÓSTICO	
<b>UGTS 14.- Zona de preservacion de rios subterraneos</b>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>	
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	0	Tipo	ha
<b>POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL</b>	SUPERFICIE (ha)	SMQ	3107.40908
<b>CONSERVACIÓN</b>	4978.109295	VS/SMQ	0.739066497
		AG	14.57475066
		DV	
		ZU	
		TU	
		VM	
		CA	
		PI	
		DUNA	
		INC	
		SBSC	1826.178201
		VS/SBI	
		SASC	29.1415147
		PLAYA	
		<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>	
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		99.6%	
Regiones Marinas Prioritarias		78.4%	
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay	
Áreas Naturales Protegidas		No hay	
<b>DATOS RELEVANTES</b>			
Manglar (% UGTS)		0.57	
Número de cenotes		0	

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)							205.55	
		Población total							0	
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>								✓		
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x	x	x		x	x
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
CON-1, CON-2, CON-3, CON-4, CON-5, CON-6										
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema natural con un índice de naturalidad de 9, donde no se crean centros de población y se mantienen los terrenos forestales de vegetación de manglar y 95,685.97 ha de selva Mediana subperenifolia y selva baja inundable.										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
1.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.										
2.- Apoyo de sistemas extractivos basados en el aprovechamiento de fauna en áreas silvestres										
3.- Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO	
UGTS 15.- Pino Suárez - tulum		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	4,000	Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)	SMQ	88224.06
CONSERVACIÓN	3851.90179	VS/SMQ	0.00
		AG	0.00
		DV	0.00
		ZU	0.00
		SBI	2458.02
		VM	1400.67
		CA	0.00
		PI	0.00
		DUNA	0.00
		INC	0.00
		SBSC	1,496.57
		VS/SBI	0.00
		MAR	0.00
		PLAYA	0.00
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN	
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		99.77 %	
Regiones Marinas Prioritarias		45.30 %	
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay	
Áreas Naturales Protegidas		No hay	
DATOS RELEVANTES			
Manglar (% UGTS)		0.0005	
Número de cenotes		61	

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								239.79
		Población total								0
Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos										
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>						✓		✓		✓
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x		x		x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-9, TUA-10, TUA-12, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-24, TUA-25, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-42, TUA-46.									
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4									
<b>Suburbano</b>	SUB-1, SUB-2, SUB-3, SUB-4, SUB-5, SUB-6, SUB-7, SUB-8, SUB-9, SUB-10, SUB-11, SUB-12, SUB-13, SUB-14, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-18, SUB-19, SUB-20, SUB-21, SUB-22, SUB-23, SUB-24, SUB-25, SUB-26, SUB-27, SUB-28, SUB-29, SUB-31, SUB-32, SUB-33 SUB-34, SUB-35, SUB-36.									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad de 9, donde 132.63 ha de terrenos preferentemente forestales (se incluyen las áreas desprovistas de vegetación) que se gestionan para el desarrollo de la agricultura y desarrollo urbano, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la producción agrícola y viviendas y su infraestructura asociada. No se crean nuevos centros de población urbana y se mantiene la vgetación de manglar y cuerpos de agua; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 20%.										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>2.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.</p> <p>3.- Apoyo para sistemas de servicios basado en la atención a visitantes de sitios con atractivos naturales a quienes se brinda alimentación, hospedaje y participación en actividades recreativas (paseos, caminatas, ciclismo, natación, buceo, observación de naturaleza, etcétera)</p> <p>4.-Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.</p> <p>5.-Promover acciones de prevención y combate de incendios, para salvaguardar los servicios ambientales de las selvas.</p>										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO	
UGTS 16.- Manglares de Pino Suárez		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	3000	Tipo	ha
<b>POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL</b>	<b>SUPERFICIE (ha)</b>	SMQ	88224.06
<b>PRESERVACIÓN</b>	<b>1,554.73</b>	VS/SMQ	0.00
		AG	0.00
		DV	0.00
		ZU	0.00
		TU	0.00
		VM	1301.43
		CA	0.00
		PI	0.00
		DUNA	126.04
		INC	0.00
		SBI	1530.30
		VS/SBI	0.00
		MAR	0.00
		CA	6574.47
		<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>	
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		91.22 %	
Regiones Marinas Prioritarias		99.96 %	
Regiones Terrestres Prioritarias		8.74 %	
Áreas Naturales Protegidas		No hay	
<b>DATOS RELEVANTES</b>			
Manglar (% UGTS)		62.78	
Número de cenotes		16	

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								290.84	
		Población total								0	
		Poblad: No existen centros de población ni asentamientos humanos									
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB	
<b>Compatibles</b>						✓		✓			
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x		x		x	x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-9, TUA-10, TUA-12, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-24, TUA-25, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-42, TUA-50.										
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4, CON-5, CON-6										
<b>LINEAMIENTOS</b>											
Se establece un sistema natural con un índice de naturalidad de 10, donde no se crean centros de población y se mantienen <b>261.14</b> ha de terrenos forestales de vegetación de manglar, <b>15.83</b> ha de cuerpos de agua y <b>63.31</b> ha de selva baja inundable.											
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<p>1.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>2.- Apoyo de sistemas extractivos basados en el aprovechamiento de fauna en áreas silvestres</p> <p>3.- Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.</p>											

NOMBRE		DIAGNÓSTICO			
UGTS 17.- Laguna Kaan Lu-um		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN			
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	10		Tipo	ha	
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	6.92	
PROTECCIÓN	206.644385		VS/SMQ	0.00	
		AG	0.00		
		DV	0.00		
		ZU	0.00		
		TU	111.5		
		VM	46.90		
		CA	39.04		
		PI	0.00		
		DUNA	0.00		
		INC	0.00		
		SBI	2.29		
		VS/SBI	0.00		
		MAR	0.00		
		PLAYA	0.00		
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN			
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		100.00%			
Regiones Marinas Prioritarias		0.00%			
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay			
Áreas Naturales Protegidas		No hay			
DATOS RELEVANTES					
Manglar (% UGTS)		0			
Número de cenotes		0			

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)							101.01	
		Población total								
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>						✓		✓		
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x		x		x	x
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4, CON-5									
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-7, TUA-9, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-23, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-33, TUA-36, TUA-41, TUA-49									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad entre 9 y 10, donde se mantiene 111.5 ha de tular, 46.9 ha de vegetación de manglar y 39.04 de cuerpos de agua; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 5%.										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>2.- Apoyo para sistemas de servicios basado en la atención a visitantes de sitios con atractivos naturales a quienes se brinda alimentación, hospedaje y participación en actividades recreativas (paseos, caminatas, ciclismo, kayakismo, natación, buceo, observación de naturaleza, etcétera)</p> <p>3.-Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>4.-Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.</p> <p>5.- Contribuir a fortalecer las ventajas competitivas de la oferta turística, mediante el desarrollo de obras de infraestructura y equipamiento suficiente para el desarrollo turístico sustentable.</p>										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
<b>ANP</b>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	0		Tipo	ha
<b>POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL</b>	SUPERFICIE (ha)		SMQ	0.00
<b>ANP</b>	782.048057		VS/SMQ	0.00
			AG	0.00
			DV	0.00
			ZU	0.00
			TU	0.00
			VM	51.3280 57
			CA	730.72
			PI	0.00
		DUNA	0.00	
		INC	0.00	
		SBI	0.00	
		VS/SBI	0.00	
		MAR	0.00	
		PLAYA	0.00	
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		
		Regiones Hidrológicas Prioritarias	4.52%	
		Regiones Marinas Prioritarias	100%	
		Regiones Terrestres Prioritarias	95.36%	
		Áreas Naturales Protegidas	100%	
<b>DATOS RELEVANTES</b>		Manglar (% UGTS)	5.0	
		Número de cenotes	0	

	Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)	17.97
	Población total	0
Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos		
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
Tanto los usos de suelo permitidos como los criterios ecológicos aplicables a esta UGTS estarán señalados en su Programa de Manejo y el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Zona Costera de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an.		
<b>LINEAMIENTOS</b>		
Los lineamientos ecológicos de esta UGTS, que corresponde al área natural protegida de jurisdicción federal "Reserva de la Biósfera Arrecifes de Sian Ka'an", están determinados tanto en el decreto (Diario Oficial de la Federación 2-febrero-1998) como en su programa de manejo correspondiente.		
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
<p>1.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>2.- Promover la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad mediante la participación directa y efectiva de la población local en acciones de vigilancia y monitoreo para preservar y proteger los recursos naturales dentro de las regiones prioritarias.</p> <p>3.- Contribuir a la conservación de las especies en riesgo y su hábitat, promoviendo la colaboración y participación de instituciones de educación superior, de investigación y organizaciones de la sociedad civil, los ejidos y las comunidades, para el desarrollo sustentable en las regiones prioritarias</p>		

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
ANP		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	0		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	0.00
ANP	13983.028226		VS/SMQ	0.00
			AG	0.00
			DV	1.2
			ZU	69.71
			TU	0.00
			VM	3,753.18
			CA	6249.958 226
			PI	0.00
		DUNA	714.33	
		INC	0.00	
		SBI	2,665.59	
		VS/SBI	0.00	
		MAR	364.17	
		PLAYA	144.89	
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN		
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	0.93%	
		Regiones Hidrológicas Prioritarias	62.24%	
		Regiones Marinas Prioritarias	99.99%	
		Regiones Terrestres Prioritarias	93.26%	
		Áreas Naturales Protegidas	100%	
		DATOS RELEVANTES		
		Manglar (% UGTS)	27.0	
		Número de cenotes	0	

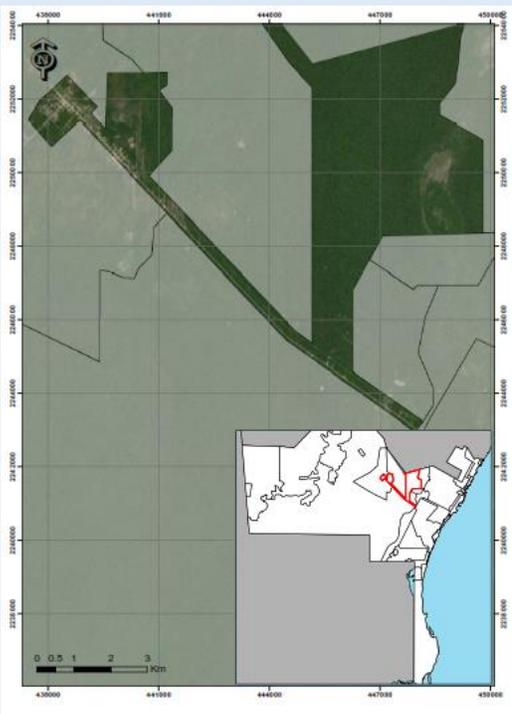
	Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)	125.40
	Población total	469
	Pobladors: Poblado Javier Rojo Gómez	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
Tanto los usos de suelo permitidos como los criterios ecológicos aplicables a esta UGTS estarán señalados en su Programa de Manejo y el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Zona Costera de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an.		
<b>LINEAMIENTOS</b>		
Los lineamientos ecológicos de esta UGTS, que corresponde al área natural protegida de jurisdicción federal "Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an", están determinados tanto en el decreto como en su programa de manejo correspondiente.		
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>		
<p>1.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>2.- Promover la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad mediante la participación directa y efectiva de la población local en acciones de vigilancia y monitoreo para preservar y proteger los recursos naturales dentro de las regiones prioritarias.</p> <p>3.- Contribuir a la conservación de las especies en riesgo y su hábitat, promoviendo la colaboración y participación de instituciones de educación superior, de investigación y organizaciones de la sociedad civil, los ejidos y las comunidades, para el desarrollo sustentable en las regiones prioritarias</p> <p>4.- Contribuir a fortalecer las ventajas competitivas de la oferta turística, mediante el desarrollo de obras de infraestructura y equipamiento suficiente para el desarrollo turístico sustentable.</p>		

NOMBRE		DIAGNÓSTICO			
UGTS 18.- Fractura de Holbox		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN			
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	0	Tipo	ha		
<b>POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL</b>	SUPERFICIE (ha)	SMQ	3,973.57		
<b>PRESERVACIÓN</b>	6622.976579	VS/SMQ	0.00		
		AG	78.78		
		DV	12.10		
		ZU	0.00		
		TU	0.00		
		VM	0.00		
		CA	46.10		
		PI	0.00		
		SBSC	1719.57		
		MAR	196.72		
		SBI	356.52657		
		VS/SBI	0.00		
		SAB	193.51		
		CA	46.10		
		<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>			
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		60.03%			
Regiones Marinas Prioritarias		0.00%			
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay			
Áreas Naturales Protegidas		No hay			
<b>DATOS RELEVANTES</b>					
Manglar (% UGTS)		0.00			
Número de cenotes		6			

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)							196.09	
		Población total							0	
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>						✓		✓		
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x		x		x	x
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4. CON-5.									
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-7, TUA-9, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-23, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-33, TUA-36, TUA-41.									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
<p>Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad entre 9 y 10, donde 200.43 ha de terrenos preferentemente forestales se gestionan para el desarrollo de la agricultura y desarrollo urbano, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la producción agrícola y viviendas y su infraestructura asociada. 258.50 ha de terrenos preferentemente forestales incendiados entran en un estado de sucesión acelerada a través de la reforestación. No se crean nuevos centros de población urbana y se mantienen <b>291.85</b> ha de vegetación de tular y <b>41.69</b> ha de cuerpos de agua; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 5%.</p>										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>2.- Apoyo para sistemas de servicios basado en la atención a visitantes de sitios con atractivos naturales a quienes se brinda alimentación, hospedaje y participación en actividades recreativas (paseos, caminatas, ciclismo, kayakismo, natación, buceo, observación de naturaleza, etcétera)</p> <p>3.-Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>4.-Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.</p> <p>5.-Promover acciones de prevención y combate a incendios, para salvaguardar los servicios ambientales que nos proporcionan las selvas.</p> <p>6.- Contribuir a fortalecer las ventajas competitivas de la oferta turística, mediante el desarrollo de obras de infraestructura y equipamiento suficiente para el desarrollo turístico sustentable.</p>										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
<b>UGTS 19.- Zona de Captación de Agua Potable</b>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	0		Tipo	ha
<b>POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL</b>	SUPERFICIE (ha)		SMQ	204.05
<b>PRESERVACIÓN</b>	416.262949		VS/SMQ	0.00
			AG	0.00
			DV	0.00
			ZU	0.00
			TU	0.00
			VM	0.00
			CA	0.00
			PI	0.00
		DUNA	0.00	
		INC	0.00	
		SBI	212.21	
		VS/SBI	0.00	
		MAR	0.00	
		PLAYA	0.00	
		<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>		
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	No hay	
		Regiones Hidrológicas Prioritarias	0.36%	
		Regiones Marinas Prioritarias	0.00%	
		Regiones Terrestres Prioritarias	No hay	
		Áreas Naturales Protegidas	No hay	
		<b>DATOS RELEVANTES</b>		
		Manglar (% UGTS)	0.00	
		Número de cenotes	0	

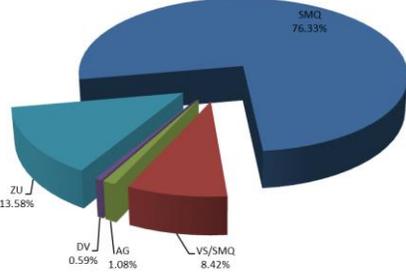
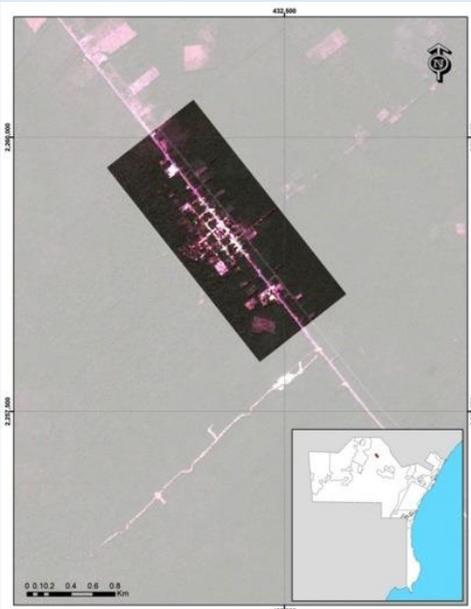
		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								209.68	
		Población total								0	
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos									
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB	
<b>Compatibles</b>								✓			
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4, CON-5										
<b>LINEAMIENTOS</b>											
Se establece un sistema natural con un índice de naturalidad de 10, donde no se crean centros de población por ser una zona de protección especial en donde se conservarán las condiciones naturales ya que representa una zona de extracción de agua potable.											
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<p>1.- Promover el establecimiento de infraestructura que permita reducir el déficit de agua potable, drenaje y saneamiento</p> <p>2.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>3.-Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.</p> <p>4.-Promover acciones de prevención y combate a incendios, para salvaguardar los servicios ambientales que nos proporcionan las selvas.</p>											

NOMBRE		DIAGNÓSTICO	
UGTS 20.- Corredor Tulum - Macario Gómez		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	2,107	Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)	SMQ	3,472.42
APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE	3664.646775	VS/SMQ	747.59
		AG	105.10
		DV	0.00
		ZU	46.20
		TU	0.00
		VM	0.00
		CA	0.00
		PI	0.00
		DUNA	0.00
		INC	0.00
		SBSC	247.08
		VS/SBI	0.00
		SAB	58.18
		PLAYA	0.00
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN	
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		12.83	
Regiones Marinas Prioritarias		0.00	
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay	
Áreas Naturales Protegidas		No hay	
DATOS RELEVANTES			
Manglar (% UGTS)		0.00	

		Número de cenotes		1							
		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)		184.07							
		Población total									
		Pobladors: Ejidos Macario Gómez y Francisco Uh May									
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB	EQ
<b>Compatibles</b>	✓		✓	✓	✓					✓	✓
<b>Incompatibles</b>		x				x	x	x	x		
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<b>Agropecuario</b>	AGP-1, AGP-2, AGP-3, AGP-4, AGP-5, AGP-6, AGP-7, AGP-8, AGP-9, AGP-10, AGP-11, AGP-12, AGP-13,										
<b>Acuicultura</b>	ACU-1, ACU-2, ACU-3, ACU-4, ACU-5, ACU-6, ACU-7, ACU-8										
<b>Forestal</b>	FOR-1, FOR-2, FOR-3, FOR-4, FOR-5, FOR-6, FOR-7, FOR-8, FOR-9, FOR-10										
<b>Extracción de material</b>	EXT-1, EXT-3, EXT-4, EXT-5, EXT-6, EXT-7, EXT-8, EXT-9, EXT-10, EXT-12, EXT-13, EXT-14, EXT-15, EXT-16, EXT-17, EXT-18, EXT-19, EXT-20, EXT-21, EXT-22, EXT-23, EXT-24										
<b>Suburbano</b>	SUB-1, SUB-2, SUB-3, SUB-4, SUB-5, SUB-6, SUB-7, SUB-8, SUB-9, SUB-10, SUB-11, SUB-12, SUB-13, SUB-14, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-18, SUB-19, SUB-20, SUB-21, SUB-22, SUB-24, SUB-26, SUB-27, SUB-28, SUB-29, SUB-30, SUB-31, SUB-32, SUB-33, SUB-34, SUB-35										
<b>Equipamiento</b>	EQ-1, EQ-2, EQ-3, EQ-4, EQ-5, EQ-6, EQ-7, EQ-8, EQ-9, EQ-10, EQ-11, EQ-12, EQ-13, EQ-14, EQ-15, EQ-16										
<b>LINEAMIENTOS</b>											
<p>Se establece un sistema semi-natural con un índice de naturalidad de 6, donde 207.25 ha de terrenos preferentemente forestales (se incluyen las áreas desprovistas de vegetación) se gestionan para el desarrollo de la agricultura, minería no metálica y desarrollo urbano, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la producción agrícola y viviendas e infraestructura de comunicaciones. No se crean nuevos centros de población urbana y se mantienen 1015.25 ha de terrenos forestales de selvas (se incluye selva mediana subperenifolia y su estado sucesional secundario): el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 40%.</p>											
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<p>1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>2.- Respetar la autenticidad sociocultural de las comunidades, preservar sus activos culturales y arquitectónicos y sus valores tradicionales, y contribuir al entendimiento y a la tolerancia intercultural.</p> <p>3.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades y que contribuyan a la reducción de la pobreza.</p> <p>4.- Promover el establecimiento de infraestructura que permita reducir el déficit de agua potable, drenaje, saneamiento y transporte que incentive el desarrollo del municipio.</p>											

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
<b>UGTS 21.- Zona agrícola central</b>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	423		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	7,672.02
APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE	7394.264962		VS/SMQ	2,575.99
			AG	274.83
			DV	0.00
			ZU	0.44
			TU	0.00
			VM	0.00
			CA	0.00
			PI	0.00
		DUNA	0.00	
		INC	0.00	
		SBSC	58.70	
		VS/SBI	0.00	
		MAR	0.00	
		PLAYA	0.00	
		<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>		
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	No hay	
		Regiones Hidrológicas Prioritarias	0.00	
		Regiones Marinas Prioritarias	0.00	
		Regiones Terrestres Prioritarias	No hay	
		Áreas Naturales Protegidas	No hay	
<b>DATOS RELEVANTES</b>		Manglar (% UGTS)	0.00	
		Número de cenotes	0	

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								129.83
		Población total								0
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>	✓	✓	✓	✓		✓				
<b>Incompatibles</b>					x		x	x	x	x
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Agropecuario</b>	AGP-1, AGP-2, AGP-3, AGP-4, AGP-5, AGP-6, AGP-7, AGP-8, AGP-9, AGP-10, AGP-11, AGP-12, AGP-13									
<b>Acuicultura</b>	ACU-1, ACU-2, ACU-3, ACU-4, ACU-5, ACU-6, ACU-7, ACU-8									
<b>Apicultura</b>	API-1, API-2, API-3, API-4, API-5, API-6, API-7, API-8, API-9, API-10, API-11, API-12									
<b>Forestal</b>	FOR-1, FOR-2, FOR-3, FOR-4, FOR-5, FOR-6, FOR-7, FOR-8, FOR-9, FOR-10									
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-9, TUA-10, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-24, TUA-25, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-42, TUA-48									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema semi-natural con un índice de naturalidad de 6, donde 244.78 ha de terrenos preferentemente forestales (se incluyen las áreas desprovistas de vegetación) se gestionan para el desarrollo de la agricultura, minería no metálica y desarrollo urbano, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la producción agrícola y viviendas y su infraestructura asociada. No se crean nuevos centros de población urbana y se mantienen; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 40%.										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>2.- Respetar la autenticidad sociocultural de las comunidades, preservar sus activos culturales y arquitectónicos y sus valores tradicionales, y contribuir al entendimiento y a la tolerancia intercultural.</p> <p>3.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades y que contribuyan a la reducción de la pobreza.</p> <p>4.-Apoyo de sistemas pecuarios basados en la crianza y el manejo de colonias de abejas, principalmente <i>Apis mellifera</i> y también otras abejas nativas del género <i>Melipona</i>.</p>										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
UGTS 22.- Manuel Antonio Ay		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	500		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	171.89
APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE	225.200331		VS/SMQ	18.96
			AG	2.44
			DV	1.32
			ZU	30.59
			TU	0.00
			VM	0.00
			CA	0.00
			PI	0.00
		DUNA	0.00	
		INC	0.00	
		SBI	0.00	
		VS/SBI	0.00	
		MAR	0.00	
		PLAYA	0.00	
<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>				
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay		
Regiones Hidrológicas Prioritarias		No hay		
Regiones Marinas Prioritarias		No hay		
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay		
Áreas Naturales Protegidas		No hay		
<b>DATOS RELEVANTES</b>				
Manglar (% UGTS)		0		
Número de cenotes		0		

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								203.75
		Población total								407
		Poblad: Ejido Manuel Antonio Ay								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>		✓		✓	✓					✓
<b>Incompatibles</b>	x		x			x	x	x	x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Forestal</b>	FOR-1, FOR-2, FOR-3, FOR-4, FOR-5, FOR-6, FOR-7, FOR-8, FOR-9, FOR-10									
<b>Extracción de material</b>	EXT-1, EXT-3, EXT-4, EXT-5, EXT-6, EXT-7, EXT-8, EXT-9, EXT-10, EXT-12, EXT-13, EXT-14, EXT-15, EXT-16, EXT-17, EXT-18, EXT-19, EXT-20, EXT-21, EXT-22, EXT-23, EXT-24									
<b>Apicultura</b>	API-1, API-2, API-3, API-4, API-5, API-6, API-7, API-8, API-9, API-10, API-11, API-12									
<b>Suburbano</b>	SUB-1, SUB-2, SUB-3, SUB-4, SUB-5, SUB-6, SUB-7, SUB-8, SUB-9, SUB-10, SUB-11, SUB-12, SUB-13, SUB-14, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-18, SUB-19, SUB-20, SUB-21, SUB-22, SUB-24, SUB-26, SUB-27, SUB-28, SUB-29, SUB-30, SUB-31, SUB-32, SUB-33, SUB-34, SUB-35									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
<p>Se establece un sistema semi-natural con un índice de naturalidad de 6, donde 34.35 ha de terrenos preferentemente forestales (se incluyen las áreas desprovistas de vegetación) se gestionan para el desarrollo de la agricultura, minería no metálica y desarrollo urbano, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la producción agrícola y viviendas y su infraestructura asociada. No se crean nuevos centros de población urbana; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 35%.</p>										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>2.- Respetar la autenticidad sociocultural de las comunidades, preservar sus activos culturales y arquitectónicos y sus valores tradicionales, y contribuir al entendimiento y a la tolerancia intercultural.</p> <p>3.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.</p> <p>4.- Promover el establecimiento de infraestructura que permita reducir el déficit de agua potable, drenaje y saneamiento.</p>										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
UGTS 23.- Reserva geohidrológica Tulum		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	0		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	61522.641013
PROTECCIÓN	85,663.771013		VS/SMQ	1,296.59
			AG	696.64
			DV	0.00
			ZU	0.00
			TU	0.00
			VM	0.00
			CA	0.00
			PI	0.00
		DUNA	0.00	
		INC	0.00	
		SBSC	22,147.90	
		VS/SBI	0.00	
		MAR	0.00	
		PLAYA	0.00	
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN		
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	No hay	
		Regiones Hidrológicas Prioritarias	10.89	
		Regiones Marinas Prioritarias	No hay	
		Regiones Terrestres Prioritarias	No hay	
		Áreas Naturales Protegidas	No hay	
		DATOS RELEVANTES		
		Manglar (% UGTS)	0	
		Número de cenotes	47	

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								233.07
		Población total								0
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SU B
<b>Compatibles</b>		✓		✓		✓		✓		
<b>Incompatibles</b>	x		x		x		x		x	x
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Forestal</b>	FOR-1, FOR-2, FOR-3, FOR-4, FOR-5, FOR-6, FOR-7, FOR-8, FOR-9, FOR-10									
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-7, TUA-9, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-23, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-33, TUA-36, TUA-41.									
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4, CON-5									
<b>Apicultura</b>	API-1, API-2, API-3, API-4, API-5, API-6, API-7, API-8, API-9, API-10, API-11, API-12									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
<p>Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad de 9, donde 1064.16 ha de terrenos preferentemente forestales (se incluyen las áreas desprovistas de vegetación) se gestionan para el desarrollo de la agricultura y desarrollo urbano, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la producción agrícola y viviendas y su infraestructura asociada; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 5%.</p>										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1.- Impulsar el aprovechamiento de los recursos forestales y sus asociados, considerando los principios del manejo forestal sustentable y con ello contribuir a mantener e incrementar la provisión de bienes y servicios ambientales, así como a mejorar la calidad de vida de los dueños y poseedores de los recursos forestales.</p> <p>2.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de la cobertura forestal, y la conservación y restauración de suelos ubicados en cuencas con terrenos forestales y preferentemente forestales con procesos de deterioro, con el fin de contribuir a disminuir estas condiciones, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>3.- Apoyo para sistemas de servicios basado en la atención a visitantes de sitios con atractivos naturales a quienes se brinda alimentación, hospedaje y participación en actividades recreativas.</p> <p>4.-Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.</p> <p>5.-Promover acciones de prevención y combate a incendios, para salvaguardar los servicios ambientales que nos proporcionan las selvas.</p>										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
<b>UGTS 24.- Cobá</b>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	500		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	0.00
APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE	110.454014		VS/S MQ	3.294 014
			AG	2.02
			DV	0.00
			ZU	63.28
			TU	0.32
			VM	0.00
			CA	3.10
			PI	0.00
		DUNA	0.00	
		INC	0.00	
		SBI	0.00	
		VS/SB I	38.44	
		MAR	0.00	
		PLAY A	0.00	
<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>				
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay		
Regiones Hidrológicas Prioritarias		No hay		
Regiones Marinas Prioritarias		No hay		
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay		
Áreas Naturales Protegidas		No hay		
<b>DATOS RELEVANTES</b>				
Manglar (% UGTS)		0.00		



		Número de cenotes	0							
		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)	48.52							
		Población total	1,278							
		Pobladors: Ejido Cobá								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>						✓				✓
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x		x	x	x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-9, TUA-10, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-24, TUA-25, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-42, TUA-44, TUA-47									
<b>Suburbano</b>	SUB-1, SUB-3, SUB-4, SUB-5, SUB-6, SUB-7, SUB-8, SUB-9, SUB-10, SUB-11, SUB-12, SUB-13, SUB-14, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-18, SUB-19, SUB-20, SUB-21, SUB-22,, SUB-24, SUB-26, SUB-27, SUB-28, SUB-29, SUB-30, SUB-31, SUB-32, SUB-33, SUB-34, SUB-35									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema cultural automantenido con un índice de naturalidad de 5, donde 65.3 ha de terrenos preferentemente forestales se gestionan para el desarrollo de la agricultura y el desarrollo urbano. No se crean nuevos centros de población y se mantienen el tular y cuerpos de agua; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 20%.										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>2.- Respetar la autenticidad sociocultural de las comunidades, preservar sus activos culturales y arquitectónicos y sus valores tradicionales, y contribuir al entendimiento y a la tolerancia intercultural.</p> <p>3.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.</p> <p>4.- Apoyo para sistemas de servicios basado en la atención a visitantes de sitios con atractivos naturales a quienes se brinda alimentación, hospedaje y participación en actividades recreativas (paseos, caminatas, ciclismo, kayakismo, natación, buceo, observación de naturaleza, etcétera)</p> <p>5.- Promover el establecimiento de infraestructura que permita reducir el déficit de agua potable, drenaje y saneamiento.</p>										

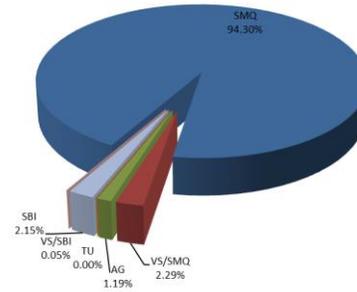
NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
UGTS 25.- Zona arqueológica Cobá		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	0		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	49.90
PRESERVACIÓN	671.002521		VS/SMQ	279.20
			AG	11.01
			DV	0.00
			ZU	11.27
			TU	13.76
			VM	0.00
			CA	30.59
			PI	0.00
			DUNA	0.00
			INC	0.00
			SBI	0.00
			VS/SBI	275.27 2521
			MAR	0.00
			PLAYA	0.00
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN		
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	No hay	
		Regiones Hidrológicas Prioritarias	No hay	
		Regiones Marinas Prioritarias	No hay	
		Regiones Terrestres Prioritarias	No hay	
		Áreas Naturales Protegidas	No hay	
		DATOS RELEVANTES		
		Manglar (% UGTS)	0	
		Número de cenotes	3	

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								123.96	
		Población total								0	
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos									
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB	
<b>Compatibles</b>						✓		✓			
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x		x		x	x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4, CON-5.										
<b>Turismo alternativo</b>	Los criterios ecológicos aplicables al turismo alternativo en esta UGTS estarán señalados en el correspondiente programa de manejo, el cual deberá ser avalado por el INAH.										
<b>LINEAMIENTOS</b>											
Los lineamientos para los usos del territorio en la zona arqueológica de Cobá, estará definidos por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.											
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<p>1.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>2.- Respetar la autenticidad sociocultural de las comunidades, preservar sus activos culturales y arquitectónicos y sus valores tradicionales, y contribuir al entendimiento y a la tolerancia intercultural.</p> <p>3.- Contribuir a fortalecer las ventajas competitivas de la oferta turística, mediante el desarrollo de obras de infraestructura y equipamiento suficiente para el desarrollo turístico sustentable.</p>											

NOMBRE		DIAGNÓSTICO			
UGTS 26.- San Juan de Dios		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN			
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	500		Tipo	ha	
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	38.06	
APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE	9516.408821		VS/SMQ	3,956.54	
			AG	2,192.47	
			DV	16.03	
			ZU	40.24	
			TU	144.28	
			VM	0.00	
			CA	46.59	
			PI	0.00	
			DUNA	0.00	
			INC	0.00	
			SBI	82.87	
			VS/SBI	2997.328 821	
			MAR	0.00	
			PLAYA	0.00	
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN			
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		No hay			
Regiones Marinas Prioritarias		No hay			
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay			
Áreas Naturales Protegidas		No hay			
DATOS RELEVANTES					
Manglar (% UGTS)		0.00			

		Número de cenotes		8						
		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)		116.20						
		Población total		510						
		Poblados: Ejido San Juan de Dios								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>	✓	✓	✓		✓	✓				
<b>Incompatibles</b>				x			x	x	x	x
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Agropecuario</b>	AGP-1, AGP-2, AGP-3, AGP-4, AGP-5, AGP-6, AGP-7, AGP-8, AGP-9, AGP-10, AGP-11, AGP-12, AGP-13									
<b>Apicultura</b>	API-1, API-2, API-3, API-4, API-5, API-6, API-7, API-8, API-9, API-10, API-11, API-12									
<b>Acuicultura</b>	ACU-1, ACU-2, ACU-3, ACU-4, ACU-5, ACU-6, ACU-7, ACU-8									
<b>Extracción de material</b>	EXT-2, EXT-3, EXT-6, EXT-8, EXT-9, EXT-10, EXT-11, EXT-14, EXT-15, EXT-16, EXT-18, EXT-22, EXT-25, EXT-26									
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-2, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-9, TUA-10, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-24, TUA-25, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, TUA-37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-42, TUA-44, TUA-47									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
<p>Se establece un sistema semi-natural con un índice de naturalidad de 6, donde 2248.76 ha de terrenos preferentemente forestales (se incluyen las áreas desprovistas de vegetación) se gestionan para el desarrollo de la agricultura, minería no metálica y desarrollo urbano, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la producción agrícola y viviendas y su infraestructura asociada. No se crean nuevos centros de población urbana y se mantienen el tular y cuerpos de agua; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 40%.</p>										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>2.- Fomentar la producción de alimentos sanos y de calidad, con enfoque de red de valor y de manera sustentable, a través de la producción bajo agricultura protegida.</p> <p>3.- Respetar la autenticidad sociocultural de las comunidades, preservar sus activos culturales y arquitectónicos y sus valores tradicionales, y contribuir al entendimiento y a la tolerancia intercultural.</p> <p>4.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.</p> <p>5.-Apoyo a sistemas basados en la crianza y el manejo de colonias de abejas (<i>Apis mellifera</i>) y también otras abejas nativas del género <i>Melipona</i>.</p>										

NOMBRE		DIAGNÓSTICO			
UGTS 27.- San Pedro		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN			
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	0	Tipo	ha		
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)	SMQ	20,178.0		
PROTECCIÓN	21396.689751	VS/SMQ	490.810249		
		AG	254.94		
		DV	0.00		
		ZU	0.00		
		TU	1.01		
		VM	0.00		
		CA	0.00		
		PI	0.00		
		DUNA	0.00		
		INC	0.00		
		SBI	460.70		
		VS/SBI	11.24		
		MAR	0.00		
		PLAYA	0.00		
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN			
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay	
Regiones Hidrológicas Prioritarias		No hay			
Regiones Marinas Prioritarias		No hay			
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay			
Áreas Naturales Protegidas		No hay			
DATOS RELEVANTES					
Manglar (% UGTS)		0			
Número de cenotes		27			



		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								245.33	
		Población total								0	
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos									
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB	
<b>Compatibles</b>	✓	✓	✓	✓				✓			
<b>Incompatibles</b>					x	x	x		x	x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<b>Agropecuario</b>	AGP-1, AGP-2, AGP-3, AGP-4, AGP-5, AGP-6, AGP-7, AGP-8, AGP-9, AGP-10, AGP-11, AGP-13										
<b>Acuicultura</b>	ACU-1, ACU-2, ACU-3, ACU-4, ACU-5, ACU-6, ACU-7, ACU-8										
<b>Apicultura</b>	API-1, API-2, API-3, API-4, API-5, API-6, API-7, API-8, API-9, API-10, API-11, API-12										
<b>Forestal</b>	FOR-1, FOR-2, FOR-3, FOR-4, FOR-5, FOR-6, FOR-7, FOR-8, FOR-9, FOR-10										
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4, CON-5.										
<b>LINEAMIENTOS</b>											
Se establece un sistema semi-natural con un índice de naturalidad de 6, donde 254.94 ha de terrenos preferentemente forestales se gestionan para el desarrollo de la agricultura, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la producción agrícola y su infraestructura asociada. No se crean nuevos centros de población urbana											
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<p>1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.</p> <p>2.- Impulsar el aprovechamiento de los recursos forestales y sus asociados, considerando los principios del manejo forestal sustentable y con ello contribuir a mantener e incrementar la provisión de bienes y servicios ambientales, así como a mejorar la calidad de vida de los dueños y poseedores de los recursos forestales.</p> <p>3.-Apoyo de sistemas pecuarios basados en la crianza y el manejo de colonias de abejas, principalmente <i>Apis mellifera</i> y también otras abejas nativas del género <i>Melipona</i>.</p> <p>4.-Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.</p> <p>5.-Promover acciones de prevención y combate a incendios, para salvaguardar los servicios ambientales que nos proporcionan las selvas.</p>											

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
UGTS 28.- Zona maya		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	500		Tipo	ha
POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL	SUPERFICIE (ha)		SMQ	2553
APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE	18358.810208		VS/SMQ	6,192.62
			AG	9,397.31
			DV	5.420208
			ZU	198.52
			TU	10.82
			VM	0.00
			CA	1.12
			PI	0.00
			DUNA	0.00
			INC	0.00
			SBI	0.00
			VS/SBI	0.00
			MAR	0.00
			PLAYA	0.00
		ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN		
		Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	No hay	
		Regiones Hidrológicas Prioritarias	No hay	
		Regiones Marinas Prioritarias	No hay	
		Regiones Terrestres Prioritarias	No hay	
		Áreas Naturales Protegidas	No hay	
		DATOS RELEVANTES		
		Manglar (% UGTS)	0	
		Número de cenotes	19	

534



		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)							126.24	
		Población total							2,505	
		Poblados: Ejidos Sahcab Mucuy, Canchen I, Hondzonot, Yaxche y Chanchen Palmar								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB
<b>Compatibles</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
<b>Incompatibles</b>							x		x	x
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<b>Agropecuario</b>	AGP-1, AGP-2, AGP-3, AGP-4, AGP-5, AGP-6, AGP-7, AGP-8, AGP-9, AGP-10, AGP-11, AGP-13									
<b>Apicultura</b>	API-1, API-2, API-3, API-4, API-5, API-6, API-7, API-8, API-9, API-10, API-11, API-12									
<b>Acuicultura</b>	ACU-1, ACU-2, ACU-3, ACU-4, ACU-5, ACU-6, ACU-7, ACU-8									
<b>Extracción de material</b>	EXT-2, EXT-3, EXT-6, EXT-8, EXT-9, EXT-10, EXT-11, EXT-14, EXT-15, EXT-16, EXT-18, EXT-22, EXT-25, EXT-26									
<b>Forestal</b>	FOR-1, FOR-2, FOR-3, FOR-4, FOR-5, FOR-6, FOR-7, FOR-8, FOR-9, FOR-10									
<b>Turismo alternativo</b>	TUA-1, TUA-3, TUA-4, TUA-5, TUA-6, TUA-7, TUA-9, TUA-10, TUA-13, TUA-14, TUA-15, TUA-16, TUA-17, TUA-18, TUA-19, TUA-20, TUA-21, TUA-22, TUA-23, TUA-24, TUA-25, TUA-26, TUA-27, TUA-28, TUA-29, TUA-30, TUA-31, TUA-32, TUA-33, TUA-35, TUA-36, 37, TUA-38, TUA-39, TUA-40, TUA-42, TUA-44, TUA-47									
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4									
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema semi-natural con un índice de naturalidad de 6, donde 9601.25 ha de terrenos preferentemente forestales se gestionan para el desarrollo de la agricultura y el desarrollo urbano, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la producción agrícola, viviendas y su infraestructura asociada. No se crean nuevos centros de población urbana y se mantienen los cuerpos de agua y tular.; el potencial máximo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales en la UGTS es de 40%.										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
1.- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, que son un elemento vital de su desarrollo, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando simultáneamente a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.										
2.- Fomentar la producción de alimentos sanos y de calidad, con enfoque de red de valor y de manera sustentable, a través de la producción bajo agricultura protegida.										
3.- Asegurar actividades económicas viables a largo plazo que reporten, a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable, de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.										
4.- Promover la conversión de áreas a cultivos de mayor rentabilidad, aprovechando el potencial productivo en la región, con la finalidad de ordenar la producción de granos básicos en las principales zonas de muy bajo y bajo potencial productivo										
5.-Fomentar el establecimiento de proyectos productivos en el ámbito rural y agroempresas con particular énfasis en la producción de alimentos, ecoturismo, textil o de índole agrosilvopastoril.										
6.- Apoyo de sistemas pecuarios basados en la crianza y el manejo de colonias de abejas, principalmente <i>Apis mellifera</i> y también otras abejas nativas del género <i>Melipona</i> .										

- 7.- Promover el establecimiento de infraestructura que permita reducir el déficit de agua potable, drenaje y saneamiento.
- 8.- Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.
- 9.- Promover acciones de prevención y combate a incendios, para salvaguardar los servicios ambientales que nos proporcionan las selvas.

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
<b>UGTS 29.- Yaxché</b>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	0		Tipo	ha
<b>POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL</b>	SUPERFICIE (ha)		SMQ	0.00
<b>RESTAURACIÓN</b>	563.962999		VS/SMQ	534.46
			AG	29.52999
			DV	0.00
			ZU	0.00
			TU	0.00
			VM	0.00
			CA	0.00
			PI	0.00
		DUNA	0.00	
		INC	0.00	
		SBI	0.00	
		VS/SBI	0.00	
		MAR	0.00	
		PLAYA	0.00	
<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>				
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay		
Regiones Hidrológicas Prioritarias		No hay		
Regiones Marinas Prioritarias		No hay		
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay		
Áreas Naturales Protegidas		No hay		
<b>DATOS RELEVANTES</b>				
Manglar (% UGTS)		0.00		
Número de cenotes		0		



		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)								121.64	
		Población total								0	
		Poblados: No existen centros de población ni asentamientos humanos.									
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CON	URB	SUB	
<b>Compatibles</b>		✓		✓				✓			
<b>Incompatibles</b>	x		x		x	x	x		x	x	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<b>Apicultura</b>	API-1, API-2, API-3, API-4, API-5, API-6, API-7, API-8, API-9, API-10, API-11, API-12										
<b>Forestal</b>	FOR-1, FOR-2, FOR-3, FOR-4, FOR-5, FOR-6, FOR-7, FOR-8, FOR-9, FOR-10										
<b>Conservación</b>	CON-1, CON-2, CON-3, CON-4, CON-5.										
<b>LINEAMIENTOS</b>											
Se establece un sistema subnatural con un índice de naturalidad entre 8, donde 29.5 ha de terrenos preferentemente forestales se gestionan para el desarrollo de la agricultura, con la posibilidad de realizar cambios de uso del suelo para la creación de actividades agrícolas y su infraestructura asociada. No se crean centros de población urbana.											
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>											
<p>1.- Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de ecosistemas con el fin de contribuir a disminuir su deterioro, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.</p> <p>2.- Impulsar el aprovechamiento de los recursos forestales y sus asociados, considerando los principios del manejo forestal sustentable y con ello contribuir a mantener e incrementar la provisión de bienes y servicios ambientales, así como a mejorar la calidad de vida de los dueños y poseedores de los recursos forestales, mediante el otorgamiento de apoyos para la elaboración de estudios para la incorporación de superficie forestal a esquemas de manejo forestal sustentable, para la ejecución de las acciones de cultivo forestal que se establezcan en los estudios y programas de manejo predial para el aprovechamiento de recursos maderables, no maderables y de vida silvestre, así como el fortalecimiento de la infraestructura y equipamiento para la producción de materias primas forestales y el apoyo a los procesos de certificación forestal.</p> <p>3.- Apoyo de sistemas pecuarios basados en la crianza y el manejo de colonias de abejas, principalmente <i>Apis mellifera</i> y también otras abejas nativas del género <i>Melipona</i>.</p> <p>4.-Promover el pago por servicios ambientales mediante un fondo concurrente local, así como un mercado de bonos de carbono local.</p> <p>5.-Promover acciones de prevención y combate a incendios, para salvaguardar los servicios ambientales que nos proporcionan las selvas.</p>											

NOMBRE		DIAGNÓSTICO		
<b>UGTS 33.- zona de amortiguamiento parque nacional Tulum</b>		<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>		
Límite máximo de unidades de alojamiento permitidas por UGTS	0		Tipo	ha
<b>POLÍTICA TERRITORIAL INTEGRAL</b>	SUPERFICIE (ha)		SMQ	95.50
<b>PROTECCIÓN</b>	129.631853		VS/SMQ	0.00
			AG	0.00
<b>Zona sujeta a protección como área de amortiguamiento del ANP Parque Nacional Tulum.</b> 		DV	1.11	
		ZU	7.401853	
		TU	0.00	
		VM	2.38	
		CA	0.00	
		PI	0.00	
		DUNA	0.56	
		INC	0.00	
		SBI	17.95	
		VS/SBI	0.00	
		MAR	0.00	
		PLAYA	4.73	
		<b>ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN</b>		
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves		No hay		
Regiones Hidrológicas Prioritarias		99.60%		
Regiones Marinas Prioritarias		78.40		
Regiones Terrestres Prioritarias		No hay		
Áreas Naturales Protegidas		No hay		
<b>DATOS RELEVANTES</b>				
Manglar (% UGTS)		0		
Número de cenotes		0		

		Fijación CO <sub>2</sub> (ton/ha)							213.71	
		Población total							0	
		Poblados: No existen centros de población pero si asentamientos humanos								
<b>USOS DE SUELO QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
	AGP	API	ACU	FOR	EXT	TA	TC	CO N	URB	SUB
<b>Compatibles</b>								✓		
<b>Incompatibles</b>	x	x	x	x	x	x	x		x	x
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
CON-1, CON-2, CON-3, CON-4, CON-5.										
<b>LINEAMIENTOS</b>										
Se establece un sistema sub-natural con un índice de naturalidad entre 9 y 10, no se crean centros de población y se mantienen la vegetación de manglar y playa.										
<b>ESTRATEGIAS QUE APLICAN A LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE</b>										
<p>1. Promover la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en las Regiones Prioritarias</p> <p>2. Promover la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad mediante la participación directa y efectiva de la población local en acciones de vigilancia y monitoreo para preservar y proteger los recursos naturales en las Regiones Prioritarias</p> <p>3.- Contribuir a la conservación de las especies en riesgo y su hábitat, promoviendo la colaboración y participación de instituciones de educación superior, de investigación y organizaciones de la sociedad civil, los ejidos y las comunidades, para el desarrollo sustentable en las regiones prioritarias</p>										

### 4.3. Criterios aplicables

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-1	<p>Para minimizar las extinciones locales y la fragmentación de hábitats derivadas de los cambios de uso del suelo, solo se podrá intervenir una fracción de los terrenos forestales incluidos en los predios sujetos a proyectos de desarrollo. El área total que potencialmente pueda ser susceptible de tener cambios de uso de suelo se denominará área de intervención máxima (AIM). <b>El AIM que sea susceptible de tener desmontes y/o despalmes podrá incluir parcial o totalmente terrenos forestales o preferentemente forestales que la autoridad competente en cada materia determine como susceptible al cambio de uso del suelo.</b> Si, por excepción, la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, <b>el área que pierda la vegetación forestal no deberá ser mayor a lo que se establezca el lineamiento ecológico para la unidad de gestión ambiental correspondiente</b>, en virtud de que éste busca mantener los procesos ecológicos que le dan viabilidad a la biodiversidad y mantienen la calidad ambiental que sostiene a las actividades de los sectores presentes en el municipio.</p>
CG-2	<p>El <u>área de intervención máxima</u> (AIM) en los predios sujetos proyectos de desarrollo deberá tener una conformación espacial que minimice su perímetro, que permita disminuir el efecto de borde que se genere con el cambio de uso del suelo. El <u>área remanente</u>, que no tendrá cambios de uso de suelo que puedan detectarse con instrumentos de percepción remota estará sujeta a un manejo que permita:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reubicar los ejemplares de flora y fauna que se retiren de los terrenos forestales y/o preferentemente forestales que sean intervenidos en el AIM.</li> <li>2. Recuperar, a través de reforestación selectiva, parte de la capacidad de captura de carbono que se pierde con el cambio de uso del suelo.</li> <li>3. Establecer sitios de descanso, alimentación, refugio y reproducción de fauna.</li> <li>4. Erradicar a las especies invasoras</li> <li>5. Manejar las especies peligrosas para los humanos</li> <li>6. Disminuir la probabilidad de incendios forestales</li> <li>7. Promover la permanencia de poblaciones de especies de interés</li> <li>8. Promover la utilización de este espacio natural para el ecoturismo como un valor agregado al turismo convencional</li> <li>9. Prohibir el depósito de cualquier tipo de residuo, escombros y materiales de despalle o construcción, durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación.</li> <li>10. Desarrollar las obras necesarias para contener y revertir la erosión y promover la infiltración al acuífero y los flujos de agua que se establecen en la época de lluvias.</li> </ol>
CG-3	<p>Los terrenos preferentemente forestales presentes en los predios de los proyectos de desarrollo, tendrán la prioridad para ser intervenidos por la construcción de edificaciones e infraestructura. En el caso de que los terrenos preferentemente forestales tengan una superficie mayor al área de intervención máxima, deberán ser reforestados y/o empleados para reubicar a los ejemplares de especies vegetales</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	que sean rescatados de los terrenos forestales que sean afectados por cambios de uso del suelo.
<b>CG-4</b>	Cuando en las áreas que se mantendrán con cubierta vegetal original dentro de los predios, existan áreas afectadas o con vegetación escasa o dominada por estratos herbáceo o arbustivo, se deberá realizar un programa de reforestación con especies nativas que considere por lo menos 1,500 árboles o palmas por hectárea.
<b>CG-5</b>	Previo al inicio de cualquier obra o actividad se deberá realizar el rescate selectivo de vegetación nativa en el área de aprovechamiento proyectada, dando prioridad a las especies encontradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. El número de individuos por especie a rescatar deberá ser el doble del número de ejemplares adultos encontrados en el área proyectada.
<b>CG-6</b>	Previo al inicio de cualquier obra o actividad se deberá realizar el rescate selectivo y reubicación selectiva de fauna poniendo especial atención en las especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y las de lento desplazamiento.
<b>CG-7</b>	<p>Los proyectos que generen aguas residuales (grises, negras, azules o jabonosas) durante su operación, deberán disponerlas a través de un sistema de tratamiento de aguas residuales propio que cumpla con la normatividad vigente aplicable. Sólo se permitirá la reutilización de las aguas residuales tratadas cuándo éstas cumplan con la normatividad ambiental vigente. NOM-003-SEMARNAT-1997</p> <p>Los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales deberán ser manejados, almacenados y dispuestos conforme a la NOM-004-SEMARNAT-2002.</p>
<b>CG-8</b>	La canalización del drenaje pluvial deberá ser independiente al drenaje de aguas sanitario (aguas residuales) y deberá conducir a un sistema de tratamiento de aguas residuales del tipo primario, considerando como mínimo sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes. Dichas aguas podrán ser dispuestas en cuerpos de aguas superficiales, pozos de absorción o en el mar únicamente con la aprobación de la Comisión Nacional de Agua de conformidad con la normatividad aplicable.
<b>CG-9</b>	Para el control de plagas en las áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones o sembradíos solo se permite el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).
<b>CG-10</b>	Se deberá evitar la introducción de especies de flora o fauna exóticas invasoras incluidas en las listas definidas por la CONABIO.
<b>CG-11</b>	El establecimiento de viviendas o unidades de hospedaje de cualquier tipo, deberá ubicarse a una distancia mayor a 1,000 metros medidos a partir del centro del pozo de extracción de agua potable.
<b>CG-12</b>	En el desarrollo u operación de cualquier tipo de proyecto de desarrollo, se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas,

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes en los terrenos forestales y preferentemente forestales. Para el almacenamiento de este tipo de sustancias o sus residuos se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable.
<b>CG-13</b>	Todos los proyectos de desarrollo que en cualquiera de sus etapas generen residuos peligrosos, deberán contar con la infraestructura necesaria para su almacenamiento temporal así como los medios necesarios para que de manera autónoma o a través de una empresa del ramo pueda darles una disposición final de acuerdo con la normatividad ambiental aplicable en la materia.
<b>CG-14</b>	Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua, cenotes, ríos subterráneos o cavernas que se localizan en el municipio de Tulum, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y dar cumplimiento al Reglamento de Cenotes y cavernas del Municipio de Tulum, Q. Roo.
<b>CG-15</b>	<p>Se deberá evitar la edificación de viviendas e infraestructura sobre estructuras cársticas (cenotes, ríos subterráneos y cuevas secas). Para tal efecto, se deberá elaborar un mapa del predio del proyecto de desarrollo donde se muestren las estructuras cársticas que pudieran estar presentes en el predio.</p> <p>Se deberá evitar la construcción de viviendas e infraestructura por debajo del nivel del suelo para evitar inundaciones y el afloramiento del manto freático.</p>
<b>CG-16</b>	La vivienda e infraestructura temporal que albergue a los trabajadores en los predios de los proyectos de desarrollo, deberá contar con la tecnología necesaria que permita un eficiente acopio, tratamiento y disposición final de residuos sólidos y líquidos que se generen durante su operación.
<b>CG-17</b>	En el diseño, construcción y mantenimiento de vías de comunicación (carreteras, ferrocarriles, aeropuertos, puentes, muelles, etcétera), se deberá crear la infraestructura necesaria para que las diferentes especies de fauna de vertebrados y macro invertebrados puedan minimizar los choques con la infraestructura, las muertes por atropellamiento y favorecer su dispersión. Para tal efecto, se determinarán los sitios en los que la ubicación de la infraestructura minimice el riesgo por choque y atropellamiento y maximice la dispersión, con especial énfasis en las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se determinará cuál o cuáles son las infraestructuras e instalarán a una distancia y con una disposición que permitan minimizar el riesgo de choque, atropellamiento y maximizar la dispersión y se llevarán a cabo los monitoreos que permitan evaluar el desempeño de la infraestructura, que permita realizar mejoras continuas en la ubicación y tipo de la infraestructura y las acciones de manejo para la conservación.
<b>CG-18</b>	No se deberá quemar ningún residuo ni se permitirá la disposición en sitios no autorizados, incluidos los residuos de manejo especial.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>CG-19</b>	<p>La expansión e instalación de infraestructura de la carretera 307 Reforma Agraria-Puerto Juárez, se deberá realizar en los terrenos preferentemente forestales ubicados en el derecho de vía con el que cuenta actualmente.</p> <p>La extracción de materiales pétreos para el mantenimiento y expansión de la carretera 307 Reforma Agraria-Puerto Juárez, se realizará en los terrenos preferentemente forestales ubicados en el derecho de vía con el que cuenta actualmente.</p>
<b>CG-20</b>	<p>La instalación de infraestructura temporal (casetas, oficinas, almacenes, maquinaria pesada, grúas, vivienda temporal, entre otros) deberá ubicarse en los terrenos forestales y/o preferentemente forestales en donde se aprobó el desmonte</p>
<b>CG-21</b>	<p>No se permite la desecación y la instalación de canales de drenaje en las selvas inundadas, con excepción de los casos en los que se ponga en riesgo a las personas y las viviendas ya construidas. En tal caso, el drenaje deberá canalizarse al humedal más cercano.</p> <p>No se deberá permitir la desecación y la instalación de canales y otras obras para el drenaje de humedales, con especial énfasis en las selvas inundables.</p> <p>En los casos en los que existan viviendas en las selvas inundables, se deberán realizar las obras necesarias para que las viviendas se adapten al régimen de inundación de la selva.</p>
<b>CG-22</b>	<p>Cuando se alcance el LIMITE MÁXIMO DE UNIDADES DE ALOJAMIENTO PERMITIDAS POR UGT no se podrá autorizar más cambios de uso de suelo, hasta que se realice una evaluación del programa de ordenamiento ecológico; esto con la finalidad de evitar la conurbación y mantener un horizonte racional de desarrollo sustentable.</p> <p>Para calcular el número de unidades de alojamiento que podrán ser construidos en un predio, se calculará multiplicando la superficie de este por el factor de densidad aplicable a cada uso</p>
<b>CG-23</b>	<p>Los terrenos forestales que hayan sido sujetos a incendios, deberán ser sujetos a las siguientes actividades, enunciativas más no limitativas, de rehabilitación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se evitará que el ganado llegue a pasar en el área incendiada.</li> <li>• Se reforestará con especies nativas</li> <li>• Las plantas con las que se reforeste, estarán sujetas a cuidados como riego, chapeo, fertilización, protección contra plagas y herbívoros</li> </ul>

#### 4.3.1. Criterios de regulación ecológica de carácter específico

Los criterios de regulación ecológica de carácter específico (CE), son aplicables en función del tipo de uso del suelo.

Criterios de regulación uso agropecuario

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>AGP-1</b>	Los aprovechamientos pecuarios bajo esquemas de producción extensiva, se deberán establecer en terrenos preferentemente forestales (afectados por desmontes previos, y/o con presencia de vegetación secundaria arbustiva o herbácea), con excepción de los terrenos con vegetación secundaria derivada de terrenos forestales incendiados, en cuyo caso el aprovechamiento podrá establecerse posterior a un periodo de 20 años, a menos de que se acredite su total regeneración
<b>AGP-2</b>	<p>En los predios con dominancia de vegetación primaria (<math>\geq 50\%</math> sólo se permite el aprovechamiento agrícola o pecuario bajo el esquema de sistemas de producción agroforestal, agroforestal pecuario o silvopastoril; como sistemas tipo Taungya (árboles asociados a cultivos perennes y/o anuales, árboles asociados a plantas forrajeras, cercas vivas y cortinas rompe vientos). Los cambios de uso de suelo solo podrán realizarse en los terrenos preferentemente forestales de los predios.</p> <p>En caso de que se implemente la reforestación de los terrenos preferentemente forestales, se deberá realizar con un mínimo de 700 plantas leñosas por hectárea, las cuales deberán ser preferentemente ejemplares pertenecientes a la vegetación original del predio, y en su caso, especies nativas como <i>Enterolobium cyclocarpum</i>, <i>Leucaena leucocephala</i>, <i>Brosimum alicastrum</i>, <i>Bursera simaruba</i>, <i>Cedrela odorata</i>, <i>Byrsonima crassifolia</i>, <i>Spondias mombin</i>, <i>Guazuma ulmifolia</i>, <i>Chrysophyllum mexicanum</i>, <i>Manilkara zapota</i>, <i>Pouteria campechiana</i>, <i>Vitex guameri</i>.</p>
<b>AGP-3</b>	Las actividades pecuarias bajo métodos de producción intensiva y en confinamiento, deberán contar con un sistema para la captación y recolección de los excretas para evitar la infiltración y contaminación al subsuelo y aguas subterráneas, asimismo, deberán implementar el tratamiento, reutilización y disposición final de las aguas residuales. Los efluentes deberán presentar concentraciones menores a los límites máximos de contaminantes establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997.
<b>AGP-4</b>	<p>Las granjas porcícolas deberán estar sujetas a las siguientes medidas, enunciativas más no limitativas de manejo ambiental:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un sistema de tratamiento de las excretas líquidas, que deberá contar, con al menos, los siguientes elementos: una fosa (laguna) de tratamiento anaeróbico de excretas que esté diseñada para evitar desbordamientos por lluvias extraordinarias; separador de residuos sólidos; fosa de sedimentación; planta de tratamiento biológico en la que el agua se tratará con bacterias y/o enzimas u otros procesos que permitan recuperar los niveles de oxígeno, disminuir los niveles de fósforo y nitrógeno y degradar a los organismos patógenos para dar cumplimiento a las NOM-ECOL-001 y 002-1993.*</li> </ul>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema de tratamiento de las excretas líquidas deberá estar construido y sellado para evitar infiltraciones a las aguas subterráneas y deberá ubicarse a una distancia de los asentamientos humanos en la que no se perciban los olores derivados del metabolismo anaeróbico.*</li> <li>• Los residuos sólidos deberán ser clasificados y acopiados en sitios diseñados para evitar la contaminación al suelo por lixiviados, por su dispersión y para promover su reciclaje. Los residuos orgánicos de origen vegetal deberá ser sujetos a un proceso de composteo para su utilización como fertilizantes.*</li> <li>• Los animales muertos, fetos, placentas y material contaminado deberán ser eliminados a través de incineración o en fosas revestidas de concreto de 2 a 3m de profundidad y con una tapa de fierro o acero. Los cadáveres y otros restos se cubrirán con una capa de cal. Una vez que la fosa se llene, se deberá sellar para producir composta.*</li> <li>• Cuando se sacrifiquen animales, se deberá realizar a través de una Eutanasia que ofrezca un trato humanitario*.</li> </ul> <p>* SAGARPA, SENASICA, Confederación de Porcicultores Mexicanos A. C. 2004. Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas. <a href="http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20de%20Buenas%20Prcticas/Attachments/6/manual_porcino.pdf">http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20de%20Buenas%20Prcticas/Attachments/6/manual_porcino.pdf</a></p>
<b>AGP-5</b>	Todas las áreas de agricultura de riego deberán contar con sistemas de microgoteo o aspersión de agua para el riego de cultivos que disminuyan significativamente el consumo del agua. Asimismo, de preferencia deberán contar con sistemas de captación de agua de lluvia
<b>AGP-5</b>	Las plantas de beneficio o rendimiento de productos pecuarios deberán establecerse a una distancia mínima de 5,000 metros de los centros de población.
<b>AGP-6</b>	Las plantas de beneficio o rendimiento de productos pecuarios que se establezcan, deberán contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales cuyo efluente presente concentraciones menores a los límites máximos de contaminantes establecidos en la NOM-ECOL-001 y 002-1993
<b>AGP-7</b>	Para el control de plagas y enfermedades, se favorecerá como primera alternativa la prevención y el control biológico de plagas, quedando como segunda alternativa el uso de plaguicidas químicos que se encuentren en el Catálogo de Plaguicidas y fertilizantes de la Comisión Intersecretarial para el Control Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Químicas (CICOPLAFEST)
<b>AGP-8</b>	En los cultivos destinados para la generación de bioenergéticas se emplearán exclusivamente especies nativas a excepción de la caña de azúcar, y se deberán llevar a cabo bajo el concepto de sistema agroforestal, el cual deberá contar con 700 plantas leñosas por hectárea de especies nativas dando preferencia a los ejemplares pertenecientes a la vegetación original del predio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>AGP-9</b>	<p>Queda prohibido para los sistemas de producción agropecuaria, sin excepción alguna:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Utilizar alimento derivado de Organismos Genéticamente modificados, y</li> <li>2) Llevar a cabo la producción, explotación y/o comercialización de Organismos Genéticamente Modificados.</li> </ol>
<b>AGP-10</b>	<p>Quedan prohibidas las actividades de utilización confinada, liberación experimental, liberación en programa piloto y de liberación comercial de Organismos Genéticamente Modificados (OMG's) dentro de la superficie que regula el presente Ordenamiento Ecológico Territorial, toda vez que se considera que tales actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Atentan con la diversidad biológica,</li> <li>b) Atentan contra la sanidad animal de las actividades pecuarias y agrícolas, y</li> <li>c) Constituyen un peligro de daño irreversible</li> </ol> <p>En el caso de que la autoridad competente otorgue los permisos para la liberación de organismos genéticamente modificados (OGM) a los ecosistemas presentes en el municipio, se deberá realizar las siguientes acciones, enunciativas más no limitativas, que permitan que éstos no se conviertan en plagas, vectores de enfermedades, patógenos, alérgenos, invasores o que transmitan genes a los organismos nativos y cultivados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En los casos de que las OGM sean especies vegetales, se implementarán las medidas necesarias para que el polen no sea liberado al ambiente.</li> <li>• Para cada especie OGM que sea liberada al ambiente, se deberá realizar un estudio que determine los riesgos a los que estarán expuestas las especies nativas y cultivadas con las que interaccionará, se definirá las gestiones y acciones necesarias para prevenir y atender las contingencias derivadas de los riesgos detectados.</li> <li>• Previo a la liberación de OGM, se deberá informar a los productores que se puedan ver afectados por la introducción, de los posibles efectos adversos y de las medidas de atención que se estarían realizando en caso de los OGM</li> </ul>
<b>AGP-12</b>	<p>Los predios que se encuentran colindantes a la Carretera Federal 307 Reforma Agraria - Puerto Juárez y la Carretera Tulum - Cobá deberán conservar la vegetación natural en una franja de 50 metros medidos a partir del derecho de vía. En esta franja se permite la conformación de accesos al predio.</p>
<b>AGP-13</b>	<p>Si por excepción, la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se ubiquen en predios donde se pretendan llevar a cabo nuevos proyectos de desarrollo, se podrá cambiar el uso del suelo (área de intervención máxima) hasta en un 40% de su superficie. El terreno forestal restante (60%) deberá estar sujeto a acciones de manejo permanentes que promuevan la conservación de las comunidades vegetales presentes, el manejo de hábitats de fauna silvestre y la reubicación de los ejemplares de especies vegetales provenientes del área desmontada, así como la minimización en la fragmentación de</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<p>hábitats y los efectos de borde y relajación en la o las teselas de vegetación remanente. Las acciones de rehabilitación y manejo, enunciativas más no limitativas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera).</li> <li>• Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO)</li> <li>• Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas.</li> <li>• Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas.</li> <li>• El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la conectividad ecológica a través de la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes.</li> </ul>

#### 4.3.2. Criterios de regulación uso apícola

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>API-1</b>	La producción de miel se llevará a cabo preferentemente a través de la meliponicultura, utilizando para ello especies nativas
<b>API-2</b>	Los apiarios cuyo objetivo sea la producción de miel orgánica deberán localizarse a una distancia no menor de 1,200 metros de los sistemas de producción agrícolas en los que se utilicen pesticidas, herbicidas y otros agroquímicos que puedan afectar la calidad del polen.
<b>API-3</b>	La instalación de los apiarios debe realizarse en terrenos que no estén sujetos a la aplicación de sustancias tóxicas de uso agrícola como plaguicidas; sólo podrá realizarse la actividad apícola en campos de cultivo agrícola cuando sean orgánicos, con el fin de evitar la contaminación de la miel producida.
<b>API-4</b>	En la apicultura, los apiarios deberán ubicarse a una distancia mínima de 200 metros de las zonas habitadas más cercanas, pies de carreteras y granjas pecuarias.
<b>API-5</b>	La separación entre apiarios será de al menos un radio de 2 km.
<b>API-6</b>	Los apicultores deberán realizar revisiones de rutina en sus apiarios con una frecuencia de 8 y 15 días máximos en las colmenas, levantando una bitácora de revisión de colmenas, a fin de garantizar la sanidad en las colonias de abejas.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>API-7</b>	Se deberá tomar como base para la instalación de apiarios la presencia de plantas melíferas en el terreno sobre los cuales se pretendan ubicar los mismos, en caso de que la presencia de dichas plantas sea escasa se deberán llevar a cabo trabajos de recuperación de flora nativa con propiedades néctar-polinífera.
<b>API-8</b>	En caso de detectarse alguna plaga en el apiario deberán identificarse las colmenas infectadas y ser puestas en cuarentena, con el fin de evitar la diseminación dentro o fuera del apiario, tanto a nivel local y regional
<b>API-9</b>	Para realizar el traslado de colmenas hacia la zona de establecimiento de las mismas, se deberá tomar medidas de protección tanto para la población humana como para las colmenas y las abejas, se recomienda realizar el traslado a partir de las 5-6 de la tarde, a fin de minimizar el riesgo de accidentes, cubriendo las colmenas con una tela húmeda o malla que impida la salida de las abejas hacia los sitios poblados.
<b>API-10</b>	Para realizar el aprovechamiento de colonias silvestres de abejas se deberán tomar las previsiones necesarias para garantizar el buen manejo de las mismas, así como también tener ubicado el lugar en donde se instalará el apiario de aprovechamiento. Anterior a la puesta del enjambre silvestre en el punto de aprovechamiento, el apicultor deberá asegurar que la colonia silvestre no se encuentre infestada con alguna plaga como la varroa o loques.
<b>API-11</b>	El predio donde se pretenda instalar la granja apícola debe estar ubicado de preferencia cerca de cuerpos de agua dulce, y en caso de que el predio no cuente con ellos deberá instalarse en el predio la infraestructura necesaria abastecer del recurso a la colonia de abejas, garantizando así su bienestar.
<b>API-12</b>	Los apiarios deberán ubicarse a 3 km de aguas negras o residuales a fin de asegurar la calidad óptima de los productos apícolas.

#### 4.3.3. Criterios de regulación uso acuícola

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>ACU-1</b>	Sólo se permitirán los sistemas de producción acuícolas intensivos, los cuales deberán utilizar estanques artificiales y canales de corriente como medios de cultivo, y no deberán tener contacto directo con el suelo, cuerpos de agua o con el acuífero.
<b>ACU-2</b>	Las aguas residuales y los sedimentos, derivadas de los procesos de producción acuícola deberán ser tratados y el efluente deberá presentar concentraciones de contaminantes por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Normatividad.
<b>ACU-3</b>	Las granjas acuícolas productoras de semillas, huevos fecundados, embriones y/o larvas deberán garantizar una producción libre de agentes patógenos, sustancias

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	tóxicas, así mismo deberán garantizar su diversidad genética. Se favorecerá a las granjas que utilicen especies nativas.
<b>ACU-4</b>	Los sistemas de producción acuícola dedicados a la siembra y engorda, deberán utilizar alimento, semillas, huevos fecundados, embriones y/o larvas libres de sustancias tóxicas y patógenos, y de origen preferentemente Nacional.
<b>ACU-5</b>	No se deberán realizar proyectos de acuicultura en cenotes, lagos, cuevas y demás cuerpos de agua.
<b>ACU-6</b>	Los sistemas de producción acuícola dedicados a la siembra y engorda, deberán contar con Programas de Prevención de Enfermedades, los cuales deberán incluir, pero no limitar a: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) La inspección de insumos (alimento, organismos, equipo de transporte y manipulación);</li> <li>b) La desinfección de unidades de crianza, equipo auxiliar y unidades de distribución;</li> <li>c) El mantenimiento de densidades adecuadas de organismos por unidad de volumen, evitando la hacinación y el estrés;</li> <li>d) El mantenimiento de la calidad del agua necesaria según la especie (temperatura, oxígeno disuelto, pH, DQO, nitratos, fosfatos, entre otros);</li> <li>e) Las raciones alimenticias en base a la especie, fase de desarrollo, talla y número de organismos;</li> <li>f) La inspección constante de poblaciones;</li> <li>g) La remoción de cadáveres y organismos enfermos; y</li> <li>h) Los procedimientos de cuarentena para los organismos enfermos.</li> </ul>
<b>ACU-7</b>	El uso de antibióticos, compuestos hormonales, químicos, tóxicos y otros equivalentes solo podrá realizarse en los sistemas de cultivo en estanques artificiales y canales de corriente que no tengan contacto directo con el suelo, cuerpos de agua, o el acuífero; y deberá cumplir con la Normatividad vigente de Sanidad Animal e Inocuidad respecto a los antibióticos permitidos y a las dosis.
<b>ACU-8</b>	Las unidades de manejo acuícola industrial deberán ubicarse fuera de los centros de población, con excepción de los centros acuícolas experimentales y de ornato.

#### 4.3.4. Criterios de regulación uso forestal

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>FOR-1</b>	El aprovechamiento de recursos maderables para palizada, madera rolliza de 25 cm diámetros o más, leña o carbón deberá excluir el arbolado joven de las especies que alcancen valor comercial en su etapa de madurez como madera en rollo, en escuadría o procesada, de las cuales sólo se podrá aprovechar el arbolado deforme o dañado

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>FOR-2</b>	En los terrenos forestales o preferentemente forestales, únicamente se permitirá el uso ganadero y agrícola cuando éste se lleve a cabo bajo la implementación de sistemas agroforestales y silvopastoriles que permitan una diversificación productiva de los terrenos. El estrato arbóreo podrá estar constituido por especies frutales, especies de interés maderable y no maderable, así como especies ornamentales que no se consideren exóticas. En caso de que dichas especies se encuentren en algún estatus de protección el aprovechamiento deberá llevarse a cabo bajo un esquema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre
<b>FOR-3</b>	En selvas medianas donde la vegetación es primaria o se encuentre conservada, se recomienda establecer un tratamiento silvícola.
<b>FOR-4</b>	<p>Posterior a la realización de las actividades de aprovechamiento forestal la remoción del sotobosque solamente podrá ser permitida bajo las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● para favorecer el desarrollo de la regeneración de las especies arbóreas,</li> <li>● en la construcción de obras para conservación de suelos y;</li> <li>● cuando los suelos no presenten alto contenido de arcilla</li> </ul>
<b>FOR-5</b>	<p>Como medida de prevención contra incendios y enfermedades, los residuos del aprovechamiento forestal podrán ser manejados de las siguientes formas, de acuerdo con el tipo de material y las características del sitio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Picado y apilamiento,</li> <li>● Picado y diseminación,</li> <li>● Extracción de restos y;</li> <li>● Astillado</li> </ul> <p>En ningún caso se permite la quema de los residuos forestales ni su permanencia dentro de las zonas de aprovechamiento sin llevar a cabo el manejo señalado anteriormente. Sin embargo se permite su uso doméstico para leña. Dichas medidas deberán estar señaladas en el Programa de Manejo Forestal.</p>
<b>FOR-6</b>	La reforestación con fines de restauración en los terrenos forestales o preferentemente forestales que no cumplan con las características mínimas señaladas en el FOR-5, deberán llevarse a cabo junto con obras de conservación de suelo y agua, tales como tinas ciegas, zanjas trinchera, entre otras. Dicha reforestación deberá contemplar únicamente especies nativas.
<b>FOR-7</b>	Con la finalidad de proteger la biodiversidad remanente y los procesos naturales de regeneración de especies vegetales, las plántulas que se empleen para las plantaciones forestales comerciales y con fines de restauración deberán provenir de un vivero forestal autorizado.
<b>FOR-8</b>	La producción de carbón se permitirá bajo un estricto programa de control de incendios mismo que deberá incluirse anexo al Programa de manejo forestal y para su aprovechamiento se deberá excluir el arbolado joven de las especies que alcancen valor comercial en su etapa de madurez.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>FOR-9</b>	Se permitirá el aprovechamiento de la tierra de monte con fines comerciales, siempre y cuando se realice de acuerdo a lo establecido en la normatividad vigente. Además, el promovente deberá realizar el composteo de residuos forestales y de la necromasa forestal (árboles muertos) presente en el predio con la finalidad de enriquecer el suelo, otorgar valor agregado al producto y reducir el material combustible en el área.
<b>FOR-10</b>	Se permite la instalación de viveros para la producción y comercialización de plantas de ornato, siempre y cuando estas especies no sean consideradas como especies exóticas invasoras. La producción y comercialización de plantas nativas y de especies incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 deberá hacerse bajo el esquema de unidades de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA's), previsto en la Ley General de Vida Silvestre.

#### 4.3.5. Criterios de regulación uso extracción de materiales

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>EXT-1</b>	<p>Si por excepción, la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se ubiquen en predios donde se pretendan llevar a cabo nuevos proyectos de desarrollo, se podrá cambiar el uso del suelo (área de intervención máxima) hasta en un 35% de su superficie. El terreno forestal restante (65%) deberá estar sujeto a acciones de manejo permanentes que promuevan la conservación de las comunidades vegetales presentes, el manejo de hábitats de fauna silvestre y la reubicación de los ejemplares de especies vegetales provenientes del área desmontada, así como la minimización en la fragmentación de hábitats y los efectos de borde y relajación en la o las teselas de vegetación remanente. Las acciones de rehabilitación y manejo, enunciativas más no limitativas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera).</li> <li>• Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO)</li> <li>• Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas.</li> <li>• Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas.</li> </ul>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la conectividad ecológica a través de la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes.</li> </ul>
<b>EXT-2</b>	<p>Con objeto de minimizar la fragmentación de los ecosistemas y mantener corredores biológicos, se deberá establecer una franja verde perimetral en los predios o parcelas, cuya superficie mínima será equivalente al 20 % del área del predio. Esta franja se establecerá del límite de la propiedad o parcela hacia el interior de la misma y deberá conservar la vegetación natural de manera permanente. En esta franja se permite la conformación de accesos al predio. Se exceptúa este criterio para vías de comunicación federal y estatal.</p>
<b>EXT-3</b>	<p>Los predios que se encuentran colindantes a la Carretera Federal 307 Reforma Agraria - Puerto Juárez y la Carretera Tulum - Cobá deberán conservar la vegetación natural en una franja de 50 metros medidos a partir del derecho de vía. En esta franja se permite la conformación de accesos al predio.</p>
<b>EXT-4</b>	<p>Los nuevos caminos de acceso y vialidades interiores deberán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prever medidas para evitar la interrupción del flujo hidrológico superficial, como pasos elevados, secciones piloteadas, alcantarillas o pedraplenes.</li> <li>Tener un anchura máxima de 8 metros</li> <li>Contar con límites de velocidad y señalización para evitar el atropello de fauna</li> <li>Contar con pasos de fauna en los términos señalados en el CG-17</li> </ul> <p>La superficie que ocupe el camino se restará proporcionalmente a la superficie de aprovechamiento permitida para cada predio que atraviese.</p>
<b>EXT-5</b>	<p>Los estacionamientos deberán contar con áreas verdes en forma de camellones continuos en los que se conserve la vegetación arbórea original. En ausencia de vegetación natural deberán plantarse al menos un árbol o palma por cada dos cajones de estacionamiento; las banquetas deberán tener un borde ajardinado de por lo menos 60 cm de ancho. En ambos casos se deberá emplear al menos el 80 % de individuos de especies nativas.</p>
<b>EXT-6</b>	<p>En predios donde se pretende llevar a cabo la extracción de materiales o actividades mineras de cualquier tipo se deberá llevar a cabo una zonificación en función de los estudios geofísicos y geológicos con la finalidad de evitar afectar formaciones kársticas como cenotes, cavernas y ríos subterráneos. Una vez identificadas dichas formaciones se mantendrá una zona de protección en una distancia de 100 m (cien metros) alrededor de las mismas; para el caso de las cavernas la distancia de protección no sólo considerará la entrada superficial de la caverna sino la protección de la bóveda subterránea. Los elementos naturales en comento que llegaran a</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	encontrarse en el área destinada para el Banco de Material Pétreo, deberán respetar dicha distancia.
<b>EXT-7</b>	Las obras y/o actividades asociadas a la extracción de materiales pétreos deberán garantizar la no afectación al manto freático y los flujos hídricos subsuperficiales presentes en las estructuras cársticas. Para ello deberán apoyarse en estudios geohidrológicos y de mecánica de suelos.
<b>EXT-8</b>	Las aguas residuales derivadas del proceso de extracción de materiales deberán ser canalizadas al sistema de drenaje municipal, en caso contrario se deberá contar con un sistema de tratamiento cuyo efluente cumpla con los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.
<b>EXT-9</b>	Las aguas residuales del proceso de lavado del material triturado deberán pasar por un proceso de sedimentación, antes de considerar su descarga a la red de drenaje municipal o en su defecto a un pozo de absorción.
<b>EXT-10</b>	En sitios sin cobertura de la red de drenaje municipal, el promovente será el responsable de llevar a cabo la instalación de la red de drenaje del proyecto y su conexión a la red de drenaje municipal, en caso contrario, las aguas residuales generadas durante la operación del proyecto deberán recibir un tratamiento de manera tal que el efluente cumpla con los parámetros establecidos con la NOM-003-SEMARNAT-1997 de manera tal que se dé cumplimiento a los compromisos establecidos en los tratados internacionales firmados por México.
<b>EXT-11</b>	El material de aprovechamiento de toda construcción deberá provenir de bancos de material debidamente autorizados por la autoridad competente
<b>EXT-12</b>	Los residuos vegetales provenientes del desmonte, deberán ser picados y confinarse en una zona cercana al proyecto, evitando que se mezclen con otras sustancias (plásticos, sascab, etc.) para que posteriormente sean utilizados en la implementación de áreas verdes y/o reforestación del predio.
<b>EXT-13</b>	Los cajones de los vehículos de carga que transporten materiales pétreos, deberán de estar estrictamente equipados con lona de protección; los caminos de acceso internos y externos, y el patio de almacenamiento deberán ser irrigados periódicamente para reducir la dispersión de polvos; asimismo, en la tolva de almacenamiento de la Planta Trituradora, se deberá implementar un sistema que humedezca constantemente los materiales pétreos para dar cumplimiento a la normatividad aplicable.
<b>EXT-14</b>	<p>Las plantas de extracción de materiales deberán contar con un área específica para el almacenamiento de combustibles y aceites, esta superficie deberá contar con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deberá estar techada de tal manera que se evite la entrada de agua de lluvia y deberá disponer de letreros permanentes.</li> </ul>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deberá establecerse una superficie de concreto impermeable con una pendiente de solera suficiente que permita la recolección de cualquier vertido accidental o de los posibles lixiviados que se generen, además deberá contar con un borde perimetral de concreto de cuanto menos 20 cm de altura.</li> <li>• Asimismo deberá estar provista de una estructura adecuada para la recuperación derrames, ya sea a través de una trampa de captación de aceites o alguna otra infraestructura que facilite la captación y recuperación de cualquier derrame de aceites o hidrocarburos.</li> </ul> <p>En caso de que el almacenamiento de combustibles y aceites se realicen por separado, ambos almacenes deberán contar con las características indicadas anteriormente.</p>
<b>EXT-15</b>	<p>Se deberá destinar un área exclusiva para el suministro de combustible y aceites para la maquinaria y equipo, esta superficie deberá estar impermeabilizada con concreto y contar con un borde perimetral, y con todos los instrumentos necesarios para el manejo y control de los residuos peligrosos; de este modo garantizar que no exista infiltración de lixiviados de desechos sólidos y/o líquidos que representen un riesgo de contaminación al suelo y subsuelo. Bajo ninguna circunstancia se deberá realizar el suministro de combustible en el banco (zona de extracción de material), salvo la maquinaria fija, en cuyo caso se deberán implementar mallas o lonas de protección impermeables para evitar derrames directos al suelo.</p>
<b>EXT-16</b>	<p>Las plantas de extracción de materiales deberán contar con un área específica para el mantenimiento de maquinaria y equipo, la cual deberá estar provista de una superficie impermeable de concreto que deberá contar con una trampa de captación de aceites que facilite su recuperación. En caso de que sea necesario llevar a cabo el mantenimiento in situ, este se hará utilizando un sistema de protección con la finalidad de evitar derrames de aceites y demás hidrocarburos directamente al suelo.</p>
<b>EXT-17</b>	<p>Los recipientes de almacenamiento de combustibles y aceites, así como los tambos utilizados para contener los residuos de éstos, deberán ser preferentemente de metal o de un material altamente resistente a golpes, presentando un rotulado adecuado que indique la identidad, cantidad, procedencia del residuo y clase de peligro involucrado. Por ningún motivo podrán ser reutilizados para el almacenamiento de otro tipo de residuos.</p>
<b>EXT-18</b>	<p>El uso de explosivos, estará regulado por los lineamientos de la Secretaría de Defensa Nacional y la normatividad aplicable. Previo al uso de explosivos deberá entregarse a la autoridad competente en materia de protección civil, el cronograma de detonaciones y el programa de protección civil correspondiente que deberá estar disponible al público en general.</p>
<b>EXT-19</b>	<p>Antes y después de la voladura en barrenos se deberán coleccionar todas las envolturas y recipientes, así como residuos de los explosivos utilizados (en consideración de las normas de seguridad establecidas) los cuales deberán ser acopiados en un almacén</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	temporal que cuente con todas las medidas de prevención para posteriormente ser entregados a la empresa que los provee.
<b>EXT-20</b>	Se deberán instalar contenedores para uso exclusivo en la recolección de los residuos sólidos, los cuales deberán estar rotulados y dispuestos en diversas áreas del banco y la planta de trituración.
<b>EXT-21</b>	Se prohíbe la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna silvestre en la zona directa al área de trabajo y en sitios aledaños, con excepción de aquellas actividades relacionadas con el rescate y reubicación de flora y fauna. Se prohíbe dar alimento a la fauna silvestre.
<b>EXT-22</b>	Los trabajos de recuperación y reforestación de la superficie explotada deben realizarse de manera simultánea a los de explotación del banco, a un ritmo que permita restaurar al menos el 50 % de las hectáreas aprovechadas cada año. Estos trabajos deberán iniciar cuando se haya explotado el 50 % de la superficie autorizada por año.
<b>EXT-23</b>	En caso de ser necesario se establecerán sitios de albergue temporal de fauna rescatada durante las etapas de preparación del terreno, construcción y operación, con apego a lo indicado en la Ley General de Vida Silvestre.
<b>EXT-24</b>	En todas sus fases -construcción, operación y mantenimiento- el proyecto deberá contar con un programa de difusión ambiental que incluya los aspectos necesarios de información, concientización y capacitación a los diversos actores involucrados, que complemente o refuerce los fines de los demás programas aplicables al proyecto.
<b>EXT-25</b>	Solo se permite la extracción de materiales pétreos cuando estén relacionados a proyectos de construcción, rehabilitación y mantenimiento de infraestructura vial, que sea de interés público y beneficio social promovida por algún orden de Gobierno.
<b>EXT-26</b>	<p>Si por excepción, la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se ubiquen en predios donde se pretendan llevar a cabo nuevos proyectos de desarrollo, se podrá cambiar el uso del suelo (área de intervención máxima) hasta en un 25% de su superficie. El terreno forestal restante (75%) deberá estar sujeto a acciones de manejo permanentes que promuevan la conservación de las comunidades vegetales presentes, el manejo de hábitats de fauna silvestre y la reubicación de los ejemplares de especies vegetales provenientes del área desmontada, así como la minimización en la fragmentación de hábitats y los efectos de borde y relajación en la o las teselas de vegetación remanente. Las acciones de rehabilitación y manejo, enunciativas más no limitativas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera).</li> <li>• Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO)</li> </ul>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas.</li> <li>• Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas.</li> <li>• El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la conectividad ecológica a través de la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes.</li> </ul>

#### 4.3.6. Criterios de regulación uso conservación

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>CON-1</b>	Las actividades cinegéticas sólo se permiten bajo el esquema de unidades de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA's), previsto en la Ley General de Vida Silvestre. Considerando como especies prioritarias, el venado temazate ( <i>Mazama americana</i> ), pavo ocelado ( <i>Meleagris ocellata</i> ), jabalí ( <i>Tayassu tajacu</i> ), tepezcuintle ( <i>Agouti paca</i> ), armadillo ( <i>Dasyopus novemcintus</i> ), chachalaca ( <i>Ortalis vetula</i> ), especies de aves canoras y de ornato como la chara yucateca ( <i>Cyanocorax yucatanica</i> ), el bolsero acumulado ( <i>Icterus cucullatus</i> ), el ceniztonle tropical ( <i>Mimus glivus</i> ), el cardenal común ( <i>Cardinalis cardinalis</i> ), entre otras.
<b>CON-2</b>	A las áreas destinadas a la conservación, áreas naturales protegidas voluntarias, así como la superficie no aprovechable dentro del predio, queda prohibida la introducción de especies de flora y fauna exóticas o invasoras, así como lo establecido en el Reglamento del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Municipio de Tulum, mismo que se aplica supletoriamente en el Municipio de Tulum, el cual establece en el numeral 179.
<b>CON-3</b>	Deberá instalarse señalización con el fin de advertir sobre las medidas de protección hacia la flora y fauna, en las áreas destinadas a la conservación.
<b>CON-4</b>	Los productos vegetales, animales o minerales que sean resultado de actividades que eliminen o modifiquen la cobertura vegetal de manera ilegal, no podrán ser comercializados o aprovechados para ningún uso en un plazo de 10 años y en su caso deberá de reforestarse las áreas afectadas con plantas nativas por sus propietarios.
<b>CON-5</b>	Se permite el establecimiento de obras e infraestructura únicamente para la extracción de agua potable para el abastecimiento de los centros de población.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>CON-6</b>	<p>Los nuevos caminos de acceso deberán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prever medidas para evitar la interrupción del flujo hidrológico superficial, como pasos elevados, secciones piloteadas, alcantarillas o pedraplenes.</li> <li>• Tener un anchura máxima de conformidad a la ley de acciones urbanísticas</li> <li>• Contar con límites de velocidad y señalización para evitar el atropello de fauna</li> <li>• Contar con pasos de fauna en los términos señalados en el CG-17</li> </ul>

#### 4.3.7. Criterios de regulación uso turismo alternativo

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>TUA-1</b>	<p>Con objeto de minimizar la fragmentación de los ecosistemas y mantener corredores biológicos, se deberá establecer una franja verde perimetral en los predios o parcelas, cuya superficie mínima será equivalente al 20 % del área del predio. Esta franja se establecerá del límite de la propiedad o parcela hacia el interior de la misma y deberá conservar la vegetación natural de manera permanente. En esta franja se permite la conformación de accesos al predio. Se exceptúa este criterio para vías de comunicación federal y estatal.</p>
<b>TUA-2</b>	<p>Los predios que se encuentran colindantes a la Carretera Federal 307 Reforma Agraria - Puerto Juárez y la Carretera Tulum - Cobá deberán conservar la vegetación natural en una franja de 50 metros medidos a partir del derecho de vía. En esta franja se permite la conformación de accesos al predio.</p>
<b>TUA-3</b>	<p>Para realizar actividades de turismo alternativo (recreativas, contemplativas, senderismo, ecoturismo, espeleobuceo, etc.) se deberá contar con un reglamento de operación mismo que garantice la operación ambientalmente sustentable de la actividad. Dicho reglamento deberá considerar y regular los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La disposición de desechos</li> <li>• La recolección de leña, utilización de combustibles y materiales inflamables, uso de cocinas de gas, fogatas, asadores, entre otros.</li> <li>• Áreas de campamento</li> <li>• Acceso y disposición de agua potable</li> <li>• Comportamiento en senderos, navegación, buceo, etc.</li> </ul>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancias y otras recomendaciones para la observación de especies silvestres</li> <li>• Manejo de mascotas dentro del área</li> <li>• Niveles de ruido permisibles en alojamientos, campamentos, áreas recreativas, etc.</li> <li>• Protección de fuentes de agua</li> <li>• Tamaño de grupos</li> <li>• Horarios de visita o de actividades</li> <li>• Distanciamiento entre grupos en senderos</li> <li>• Costumbres y tradiciones locales</li> <li>• Bebidas alcohólicas</li> <li>• Liberación de responsabilidad en caso de accidentes debidos al incumplimiento de las normas indicadas.</li> </ul>
<p><b>TUA-4</b></p>	<p>Las obras y actividades de turismo alternativo deberán estar sustentadas en un estudio de capacidad de carga turística, mismo que se deberá adjuntar a los estudios ambientales para su autorización, dicho estudio deberá contemplar como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de las actividades en el área total del proyecto</li> <li>• Análisis de los objetivos del proyecto</li> <li>• Análisis de la zonificación establecida</li> <li>• Identificación de factores y características que influyen en el área total del proyecto</li> </ul>
<p><b>TUA-5</b></p>	<p>Todas las Edificaciones deberán estar elaboradas con materiales de la región y deberán ser de tipo palafito, es decir la cimentación será sobre pilotes evitando rellenar el terreno para favorecer la permeabilidad del suelo y permitir el transporte y depósito de sedimentos.</p>
<p><b>TUA-6</b></p>	<p>Los nuevos caminos <b>rurales</b> deberán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prever medidas para evitar la interrupción del flujo hidrológico superficial, estableciendo para ello pasos elevados, secciones piloteadas o alcantarillas que garanticen y mantengan los flujos hídricos.</li> <li>• Tener un anchura máxima conformidad a la ley de acciones urbanísticas</li> <li>• Contar con límites de velocidad y señalización para evitar el atropello de fauna</li> <li>• Contar con pasos de fauna en los términos señalados en el CG-17</li> </ul> <p>La superficie que ocupe el camino se restará proporcionalmente a la superficie de aprovechamiento permitida para cada predio que atraviese</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<p><b>TUA-7</b></p>	<p>El desarrollo de actividades de turismo alternativo deberán aplicar a sus construcciones un diseño con criterios bioclimáticos que incluyan entre otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una orientación adecuada. La adecuada colocación de la construcción con respecto al tránsito solar, vientos dominantes, cuerpos de agua y vegetación para evitar la radiación directa y aprovechar el micro clima.</li> <li>• Inducción de aire fresco. Diseño que permita la penetración del aire frío a través de tubos bajo tierra.</li> <li>• Distribución adecuada del interior. Una adecuada distribución de los muros que impida el aislamiento de calor y propicie ventilación cruzada.</li> <li>• Adecuada altura. Entre más alta sea la techumbre más frescas estarán las partes bajas. En la parte alta se deberá disponer de una salida de aire.</li> <li>• Colocación de fresquera. Espacio de 80 x 80 cm colocado en la cocina inmediata a un muro exterior, en donde el aire circula de abajo hacia arriba por orificios en el muro y la temperatura inferior baja.</li> <li>• Celosías y parteluces exteriores que eviten el asoleamiento directo hacia el interior y por tanto la ganancia de calor. Su diseño provee la suficiente luminosidad natural y bloquea la radiación directa.</li> <li>• Geometría del techo. Cada 10° de inclinación sobre la horizontal representa de 10% a 15% menor ganancia de calor por radiación, por lo tanto es preferible la instalación de techos inclinados.</li> </ul>
<p><b>TUA-8</b></p>	<p>Se permite el desarrollo de proyectos de tipo eco alojamiento, los cuales podrán tener una densidad de hasta 2 cabañas ecoturísticas de dos niveles por hectárea. La superficie máxima de desplante por cabaña será de 40 m<sup>2</sup></p>
<p><b>TUA-9</b></p>	<p>Los estacionamientos deberán contar con áreas verdes en forma de camellones continuos en los que se conserve la vegetación arbórea original. En ausencia de vegetación natural deberán plantarse al menos un árbol o palma por cada dos cajones de estacionamiento; las banquetas deberán tener un borde ajardinado de por lo menos 60 cm de ancho. En ambos casos se deberá emplear al menos el 80 % de individuos de especies nativas.</p>
<p><b>TUA-10</b></p>	<p>El diseño de proyectos de infraestructura inmobiliaria o turística en áreas con presencia de cobertura vegetal forestal deberá considerar el establecimiento de corredores biológicos perimetrales e interiores para mantener la conectividad con la masa vegetal adyacente al predio.</p>
<p><b>TUA-11</b></p>	<p>En los predios colindantes con la costa se permitirá el establecimiento de andadores de acceso a la playa, los cuales deberán estar sobrepuestos en estructura piloteada y trazos que privilegien la permanencia de la vegetación de dunas costeras, así como la dinámica de éstas últimas. Los andadores o accesos a la playa tendrán una anchura</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	máxima de dos metros y se podrá establecer uno por cada 100 metros de frente de playa de cada predio.
<b>TUA-12</b>	Los andadores de acceso a la playa se establecerán sobre el terreno natural, sin rellenos, ni pavimentos, sólo se permitirá la delimitación del mismo con rocas u otros ornamentos no contaminantes. Se permite el establecimiento de andadores elevados que respeten el relieve natural de la duna y mantengan el libre flujo y transporte de los sedimentos.
<b>TUA-13</b>	Para efectos del perfil de diseño del proyecto y el nivel de desplante, deben evaluarse los niveles de inundación y caudales de precipitación ante diversos escenarios de lluvia. Lo anterior como criterio para la definición del nivel de desplante que asegure el mantenimiento de la hidrología superficial y sub-superficial del predio y la región, así como la seguridad de la infraestructura planteada.
<b>TUA-14</b>	El promovente de deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de los componentes del proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual. Dicha zonificación deberá garantizar la conectividad de ecosistemas a través del establecimiento de corredores biológicos dentro del predio.
<b>TUA-15</b>	Alrededor de los cenotes, accesos a cuevas y cauces de ríos subterráneos se deberá mantener inalterada la vegetación natural en una franja perimetral de protección con una anchura de 20 metros. En su caso, la autoridad ambiental federal determinará la superficie que podrá ser aclareada, conservando los árboles con diámetro a la altura de 1.30 m., mayores a 10 cm de diámetro.
<b>TUA-16</b>	Si por excepción la autoridad ambiental federal autoriza la remoción de la vegetación forestal, previo al aclareo que se realice en la franja perimetral de protección de los cenotes y accesos a cuevas se deberá efectuar el rescate de los árboles con diámetros menores o iguales a 10 cm de diámetro a la altura de 1.30 m, mismos que se estabilizarán en un vivero provisional y posteriormente se reintroducirán dentro de la franja de protección.
<b>TUA-17</b>	Las actividades turísticas que se promuevan en cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o secas, cavernas, rejolladas y lagunas), deberán mantener los parámetros de calidad ambiental y apegarse a los lineamientos del Reglamento de Cenotes y Cavernas del Municipio de Tulum, así como a la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).
<b>TUA-18</b>	<p>Las actividades turísticas que se promuevan en cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o secas, cavernas, rejolladas y lagunas), deberán mantener los siguientes parámetros de calidad ambiental:</p> <p>Que no se observen signos de eutrofización</p> <p>Que se mantengan la estructura y composición de las especies de flora y fauna nativa.</p> <p>Que no se registre la presencia de especies invasoras.</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<p>Que se mantenga los sitios de refugio y anidación de las especies de la fauna nativa.</p> <p>Adicionalmente, previo a cualquier tipo de aprovechamiento turístico en cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o secas, cavernas, rejolladas y lagunas) deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) a fin de evaluar si existen o no elementos arqueológicos. Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.</p>
<b>TUA-19</b>	<p>Las actividades de turismo alternativo, en especial ecoalojamientos, que se desarrollen en sitios sin cobertura de la red de drenaje municipal o cuya red de alcantarillado no cuente con sistemas de tratamiento de aguas residuales, deberán contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales cuyo efluente cumpla con los parámetros establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997. Dicho efluente deberá ser reutilizado en los procesos de operación como riego de áreas verdes, funcionamiento de inodoros, mantenimiento de las instalaciones y limpieza.</p>
<b>TUA-20</b>	<p>Las actividades de turismo alternativo, en especial ecoalojamientos, deberán establecer infraestructura o algún sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Los volúmenes de agua captados podrán ser utilizados para las necesidades de abasto de agua potable y no potable de la actividad, así como en la recarga artificial del acuífero, esto último conforme a la norma oficial mexicana NOM-015-CONAGUA-2007.</p>
<b>TUA-21</b>	<p>Los ecoalojamientos deberán contar con un sistema de distribución independiente de agua residual tratada, para el funcionamiento del servicio de inodoros, o en su caso instalar inodoros secos.</p>
<b>TUA-22</b>	<p>Los desarrollos turísticos de cualquier tipo deberán contar con tecnologías de bajo consumo, que permitan disminuir, al menos el 20% del consumo de agua en relación con equipos tradicionales, ya sean regaderas ahorradoras, grifos con temporizadores de cierre automático, inodoros de bajo consumo, mingitorios cero consumo, entre otros.</p>
<b>TUA-23</b>	<p>En el desarrollo de actividades ecoturísticas (recorridos, circuitos y paseos) dentro de las áreas con vegetación natural o lagunas se deben utilizar vehículos no motorizados o en su caso vehículos eléctricos o propulsados por energías alternativas, quedando excluidos los motorizados que empleen hidrocarburos.</p>
<b>TUA-24</b>	<p>Cualquier proyecto con superficie de construcción mayor o igual a 2,500 m<sup>2</sup> deberá contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales cuyo efluente cumpla con los parámetros establecidos con la NOM-003-SEMARNAT-1997 y además deberá contar con un sistema de tratamiento de lodos.</p>
<b>TUA-25</b>	<p>En sitios sin cobertura de la red de drenaje municipal, el promovente será el responsable de llevar a cabo la instalación de la red de drenaje del proyecto y su conexión a la red de drenaje municipal, en caso contrario, las aguas residuales generadas durante la operación del proyecto deberán recibir un tratamiento de manera tal que el efluente cumpla con los parámetros establecidos con la NOM-003-</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	SEMARNAT-1997 de manera tal que se de cumplimiento a los compromisos establecidos en los tratados internacionales firmados por México.
<b>TUA-26</b>	Los nuevos proyectos de asentamientos humanos y hoteles deberán desarrollarse fuera de las zonas inundables y humedales (las cuales deberán ser identificadas mediante muestras de suelo y vegetación y medidas a través de imágenes de satélite tomadas al final de la temporada de lluvias o con levantamientos topográficos realizados con trabajo de campo) y deberán contar con un área de amortiguamiento colindante, cuya superficie será determinada a partir de un modelo de simulación o datos empíricos
<b>TUA-27</b>	Se deberá reutilizar el agua tratada para el riego de áreas verdes, jardines, campos deportivos o áreas con vegetación natural, así como para su uso en servicios sanitarios y otros compatibles. En todo momento la calidad del agua tratada deberá cumplir los estándares indicados en la Norma Oficial Mexicana aplicable.
<b>TUA-28</b>	<p>Los proyectos de tipo turismo alternativo deberán implementar un Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual deberá contemplar como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen de generación con su clasificación y composición de los residuos</li> <li>• Procedimiento de manejo y destino de los residuos generados que incluya recolección, almacenamiento, transporte y entrega</li> <li>• Descripción de estrategias a utilizar para minimizar la generación y maximizar el aprovechamiento de los residuos generados, estableciendo metas y compromisos de los actores involucrados.</li> </ul>
<b>TUA-29</b>	Dentro de la superficie de aprovechamiento autorizada se deberá contar con un sitio de acopio de residuos sólidos en el cual se llevará a cabo una separación secundaria de los mismos, además dicho sitio deberá disponer de un espacio adecuado para la generación de composta, la cual deberá ser utilizada en el mantenimiento de áreas verdes.
<b>TUA-30</b>	Los contenedores para disposición de residuos sólidos en el sitio de acopio deberán contar con rótulos legibles que permitan la separación de residuos conforme al criterio anterior, deberán contar en todo momento con tapa.
<b>TUA-31</b>	Los contenedores para disposición de residuos sólidos distribuidos al interior de los proyectos, deberán estar en buen estado, ubicarse en áreas públicas, accesibles, visibles; y en las zonas costeras deberán ser ubicados a por lo menos 20 metros de la pleamar y/o cualquier otro cuerpo de agua o depósito para el almacenamiento de agua. Deberán colocarse sin contacto directo con el suelo y contar con medidas que impidan su derribo y permitan su retiro ante cualquier evento meteorológico.
<b>TUA-32</b>	Los proyectos en los que se requiera el manejo de materiales peligrosos o se generen residuos en grandes cantidades (27.3 kg/día), deberán establecer un plan de manejo adecuado de los residuos sólidos que considere:

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el volumen de residuos sólidos generados, a través de la adquisición de productos a granel y con un consumo mínimo de envases para disminuir la producción de basura.</li> <li>• Reutilizar, a través de la sustitución de artículos desechables por otros reutilizables, como pilas recargables, jaboneras rellenables, bolsas de tela para la ropa sucia, entre otros.</li> <li>• Reciclar, haciendo una clasificación de la basura en el momento que se produce. Recuperar artículos como el papel, el vidrio, el aluminio y el plástico. Transformando los restos de comida, las hojas y los restos de plantas en abono orgánico. Disponer de un lugar seguro e higiénico para el acopio de residuos.</li> </ul> <p>Dicho plan deberá presentarse como anexo al estudio de impacto ambiental o documento técnico unificado aplicable al proyecto.</p>
<b>TUA-33</b>	Se prohíbe la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna silvestre en la zona directa al área de trabajo y en sitios aledaños, con excepción de aquellas actividades relacionadas con el rescate y reubicación de flora y fauna. Se prohíbe dar alimento a la fauna silvestre.
<b>TUA-34</b>	Se deberán preservar las dunas costeras y su vegetación natural, manteniendo sus características naturales, físicas (topográficas) y químicas. Sólo se permite la construcción de estructuras permanentes detrás de la primer duna (zona pionera, zona móvil y zona semimóvil). El manifiesto de impacto ambiental o estudio técnico unificado aplicable al proyecto deberá contemplar el levantamiento topográfico a detalle de la duna junto con el desplante del proyecto.
<b>TUA-35</b>	En las zonas del proyecto destinadas para áreas verdes, camellones y estacionamientos, se deberán mantener en pie e integrar al diseño del proyecto ecoturístico los árboles con diámetro normal (1.30 cm del suelo) igual o mayor a 10 cm y las especies protegidas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
<b>TUA-36</b>	Queda prohibida la introducción de animales domésticos (mascotas) en las actividades de turismo alternativo
<b>TUA-37</b>	Las plantas ornamentales utilizadas tanto en el interior del ecoalojamiento como en las áreas verdes, deberán ser de especies nativas
<b>TUA-38</b>	Se permite el manejo y/o aprovechamiento de especies de fauna exótica (no invasora), previa autorización de la SEMARNAT, únicamente cuando: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Se realice en condiciones de confinamiento;</li> <li>b) Se realice fuera de áreas naturales protegidas, cavernas y cuerpos de agua superficiales o subterráneos;</li> </ul>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	c) Se demuestre que no afectará a los ejemplares y poblaciones nativos.
<b>TUA-39</b>	Los desarrollos turísticos situados en lugares con disponibilidad de red eléctrica, debe obtener al menos un 30 % del consumo de energía térmica anual para calentamiento de agua y al menos 30% del consumo de energía eléctrica, a partir de sistemas alternos, tales como la cogeneración y/o las fuentes renovables, dentro de la misma instalación.
<b>TUA-40</b>	Los desarrollos turísticos que se pretendan realizar en lugares que no tengan conexión a la red eléctrica deben generar al menos el 50% de su electricidad con el uso de energías renovables, y al menos el 50% de su energía térmica mediante fuentes renovables dentro de la misma instalación.
<b>TUA-41</b>	<p>Si por excepción, la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se ubiquen en predios donde se pretendan llevar a cabo nuevos proyectos de desarrollo, se podrá cambiar el uso del suelo (área de intervención máxima) hasta en un 5% de su superficie. El terreno forestal restante (95%) deberá estar sujeto a acciones de manejo permanentes que promuevan la conservación de las comunidades vegetales presentes, el manejo de hábitats de fauna silvestre y la reubicación de los ejemplares de especies vegetales provenientes del área desmontada, así como la minimización en la fragmentación de hábitats y los efectos de borde y relajación en la o las teselas de vegetación remanente. Las acciones de rehabilitación y manejo, enunciativas más no limitativas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera).</li> <li>• Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO)</li> <li>• Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas.</li> <li>• Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas.</li> <li>• El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la conectividad ecológica a través de la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes.</li> </ul>
<b>TUA-42</b>	Si por excepción, la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se ubiquen en predios donde se pretendan llevar a cabo nuevos proyectos de desarrollo, se podrá cambiar el uso del suelo hasta en un 20% de su superficie. En esta superficie se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<p>El terreno forestal restante (80%) deberá estar sujeto a acciones de manejo permanentes que promuevan la conservación de las comunidades vegetales presentes, el manejo de hábitats de fauna silvestre y la reubicación de los ejemplares de especies vegetales provenientes del área desmontada, así como la minimización en la fragmentación de hábitats y los efectos de borde y relajación en la o las teselas de vegetación remanente. Las acciones de rehabilitación y manejo, enunciativas más no limitativas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera).</li> <li>• Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO)</li> <li>• Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas.</li> <li>• Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas.</li> <li>• El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la conectividad ecológica a través de la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes.</li> </ul>
<b>TUA-43</b>	Se podrán desarrollar proyectos de cabañas ecoturísticas de tipo eco-alojamiento únicamente dentro de los terrenos ejidales, con densidad de hasta 1 cabaña de dos niveles por hectárea. El diseño deberá de contar con la validación de la Secretaría de Turismo Estatal, de conformidad con lo establecido en la Ley Estatal de Turismo y su reglamento.
<b>TUA-44</b>	Se podrán desarrollar proyectos de cabañas ecoturísticas de tipo eco alojamiento, los cuales podrán tener una densidad de hasta 5 cabañas ecoturísticas de dos niveles por hectárea. El diseño deberá de contar con la validación de la Secretaría de Turismo Estatal, de conformidad con lo establecido en la Ley Estatal de Turismo y su reglamento.
<b>TUA-45</b>	Se podrán desarrollar proyectos de cabañas ecoturísticas de tipo eco-alojamiento, con densidad de hasta 10 cabañas ecoturísticas de dos niveles por hectárea. El diseño deberá de contar con la validación de la Secretaría de Turismo Estatal, de conformidad con lo establecido en la Ley Estatal de Turismo y su reglamento.
<b>TUA-46</b>	Se podrán desarrollar proyectos de cabañas ecoturísticas de tipo eco alojamiento, con densidad de hasta 7 cabañas ecoturísticas de dos niveles por hectárea. El diseño deberá de contar con la validación de la Secretaría de Turismo Estatal, de conformidad con lo establecido en la Ley Estatal de Turismo y su reglamento.
<b>TUA-47</b>	La densidad aplicable a un predio se determina multiplicando la superficie total del predio (en hectáreas) acreditada legalmente, por el número de cuartos, cabañas ecoturísticas o viviendas permitidos en este ordenamiento para el uso del suelo

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	específico. En los proyectos mixtos la densidad aplicable al predio se estima por el uso predominante del proyecto. La densidad no es acumulable por usos del suelo. Si un predio está dividido en dos o más UGTS, a cada porción se le aplicará la densidad que corresponde para cada UGTS. En el caso de que el resultado obtenido sea una fracción, se realizará el redondeo usando sólo dos cifras significativas, según como se indica: hasta 0.50 se reduce al entero inferior; desde 0.51 en adelante se incrementa al entero superior.
<b>TUA-48</b>	Se podrán desarrollar un máximo de 423 unidades de eco-alojamiento en esta UGTS, únicamente dentro terrenos ejidales, y que podrán distribuirse en proyectos no mayores de 30 cabañas de dos niveles. De lo contrario podrá adquirir una densidad hasta de 2.5 cabañas por hectárea, siempre y cuando los parámetros de diseño estén validados por la Secretaría de Turismo Estatal, de conformidad con lo establecido en la Ley Estatal de Turismo.
<b>TUA-49</b>	Se podrán desarrollar un máximo de 10 unidades de eco-alojamiento en esta UGTS, únicamente dentro terrenos ejidales, de dos niveles. El diseño deberá de contar con la validación de la Secretaría de Turismo Estatal, de conformidad con lo establecido en la Ley Estatal de Turismo. Una vez que se alcancen las 10 cabañas, no podrán autorizarse nuevos proyectos de alojamiento turístico.
<b>TUA-50</b>	Se podrán desarrollar proyectos de cabañas ecoturísticas de tipo eco alojamiento, los cuales podrán tener una densidad de hasta 3 cabañas ecoturísticas de dos niveles por hectárea. El diseño deberá de contar con la validación de la Secretaría de Turismo Estatal, de conformidad con lo establecido en la Ley Estatal de Turismo y su reglamento.

#### 4.3.8. Criterios de regulación uso turismo convencional

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>TUC-1</b>	La densidad en fraccionamientos mixtos hotelero-habitacional fuera de los centros urbanos, se determinará a partir del número de cuartos que resulte de multiplicar la superficie total del predio por la densidad de cuartos hoteleros asignada para la UGTS. La conversión de cuartos hoteleros a viviendas residenciales se determinará de conformidad con las equivalencias indicadas en el criterio TUC-59 siempre y cuando ambos usos estén permitidos en la UGTS.
<b>TUC-2</b>	Con objeto de minimizar la fragmentación de los ecosistemas y mantener corredores biológicos, se deberá establecer una franja verde perimetral en los predios o parcelas, cuya superficie mínima será equivalente al 20 % del área del predio. Esta franja se establecerá del límite de la propiedad o parcela hacia el interior de la misma y deberá

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<p>conservar la vegetación natural de manera permanente. En esta franja se permite la conformación de accesos al predio.</p>
<b>TUC-3</b>	<p>Los predios que se encuentran colindantes a la Carretera Federal 307 Reforma Agraria - Puerto Juárez y la Carretera Tulum - Cobá deberán conservar la vegetación natural en una franja de 50 metros medidos a partir del derecho de vía. En esta franja se permite la conformación de accesos al predio.</p>
<b>TUC-4</b>	<p>No se deberá construir edificaciones (hoteles o viviendas de más de 2 pisos) sobre ríos subterráneos y aplicará una franja de protección de 20 metros alrededor del cauce. Para determinar la ubicación de estos ríos se deberá realizar un estudio geohidrológico y de mecánica de suelos, el cual debe proporcionar información detallada de las condiciones geológicas existentes como son: permeabilidad, compactación, fracturas, profundidad del acuífero y sobre todo la resistividad de la roca, todo ello con el objetivo de identificar la presencia de cavernas o ríos subterráneos que puedan representar un riesgo de colapso o hundimiento, y a la vez sirva de herramienta para evaluar la viabilidad técnica del proyecto. Dicho estudio contendrá como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo geoelectrico del predio.</li> <li>• Modelo de carga hidráulica del acuífero</li> <li>• Modelo de flujo hidrológico superficial y subterráneo</li> <li>• Mecánica de suelos</li> <li>• Determinación de cargas</li> <li>• Análisis de esfuerzos, cálculo y dimensionamiento</li> <li>• Memorias de cálculo, planos y especificaciones.</li> <li>• Mapa que determine la posición de los causes de los rios o de algún elemento que constituya un riesgo para la construcción</li> <li>• Medidas necesarias para garantizar la integridad de los ecosistemas y la estabilidad de la obra propuesta</li> </ul>
<b>TUC-5</b>	<p>En las áreas de aprovechamiento proyectadas se deberá mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.</p>
<b>TUC-6</b>	<p>Los nuevos caminos de acceso y vialidades interiores deberán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prever medidas para evitar la interrupción del flujo hidrológico superficial, como pasos elevados, secciones piloteadas, alcantarillas o pedraplenes.</li> <li>• Tener un anchura máxima conformidad a la ley de acciones urbanísticas</li> </ul>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar con límites de velocidad y señalización para evitar el atropello de fauna</li> <li>• Contar con pasos de fauna en los términos señalados en el CG-17</li> </ul> <p>La superficie que ocupe el camino se restará proporcionalmente a la superficie de aprovechamiento permitida para cada predio que atraviese.</p>
<b>TUC-7</b>	<p>Los desarrollos deberán establecer infraestructura o algún sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Los volúmenes de agua captados podrán ser utilizados para las necesidades de abasto de agua potable y no potable de la actividad, así como en la recarga artificial del acuífero, esto último conforme a la norma oficial mexicana NOM-015-CONAGUA-2007.</p>
<b>TUC-8</b>	<p>Los estacionamientos deberán contar con áreas verdes en forma de camellones continuos en los que se conserve la vegetación arbórea original. En ausencia de vegetación natural deberán plantarse al menos un árbol o palma por cada dos cajones de estacionamiento; las banquetas deberán tener un borde ajardinado de por lo menos 60 cm de ancho. En ambos casos se deberá emplear al menos el 80 % de individuos de especies nativas, así mismo deberá establecer desniveles en cualquier punto del estacionamiento para dar continuidad a los flujos hidrológicos.</p>
<b>TUC-9</b>	<p>El diseño de proyectos adyacentes a predios con edificios e instalaciones en proceso de construcción o de operación, debe considerar las áreas impactadas por estos y las áreas de conservación que mantengan su vegetación primaria. Esto con la finalidad de que las áreas de conservación que defina el proyecto aseguren la contigüidad del ecosistema y el mantenimiento de la diversidad florística y faunística.</p>
<b>TUC-10</b>	<p>Con la finalidad de evitar el efecto de islas de calor se deberá establecer, en por lo menos el 50 % de las losas planas de las construcciones, un jardín de azotea o roof garden en el que se utilicen preferentemente especies nativas.</p>
<b>TUC-11</b>	<p>Se permiten los andadores de acceso a la playa de conformidad con lo establecido en la normatividad vigente, los cuales siempre tendrán un trazo que atraviese la franja de vegetación costera en forma diagonal con la finalidad de evitar la erosión de la duna o playa. Los andadores o accesos a la playa tendrán una anchura máxima de dos metros y se podrá establecer uno por cada 100 metros de frente de playa de cada predio.</p>
<b>TUC-12</b>	<p>Los andadores de acceso a la playa serán elevados piloteados para respetar la permanencia de la vegetación y el relieve natural de la duna y reducir su erosión.</p>
<b>TUC-13</b>	<p>Para efectos del perfil de diseño del proyecto y el nivel de desplante, deben evaluarse los niveles de inundación y caudales de precipitación ante diversos escenarios de lluvia. Lo anterior como criterio para la definición del nivel de desplante que asegure el mantenimiento de la hidrología superficial y sub-superficial del predio y la región, así como la seguridad de la infraestructura planteada.</p>
<b>TUC-14</b>	<p>Los nuevos proyectos de asentamientos humanos y hoteles deberán desarrollarse fuera de las zonas inundables y humedales (las cuales deberán ser identificadas mediante muestras de suelo y vegetación y medidas a través de imágenes de satélite tomadas al final de la temporada de lluvias o con levantamientos topográficos</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<p>realizados con trabajo de campo) y deberán contar con un área de amortiguamiento colindante, cuya superficie será determinada a partir de un modelo de simulación o datos empíricos.</p> <p>En el caso de la infraestructura turística estará sujeta a lo establecido en la NOM-022-SEMARNAT-2003</p>
<b>TUC-15</b>	<p>El diseño y construcción de toda edificación hotelera o de uso mixto deberá considerar características de tipo bioclimático, la implementación de tecnología para producir energías renovables, la eficiencia en el consumo de agua, manejo de hidrocarburos y energía eléctrica convencional así como la implementación de medidas para mitigación de impactos de fenómenos meteorológicos y efectos del cambio climático.</p>
<b>TUC-16</b>	<p>Con el objetivo de evitar la contaminación visual, el cableado eléctrico de los desarrollos turísticos deberá ser subterráneo.</p>
<b>TUC-17</b>	<p>El promovente de deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de los componentes del proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual. Dicha zonificación deberá garantizar la conectividad de ecosistemas a través del establecimiento de corredores biológicos dentro del predio.</p>
<b>TUC-18</b>	<p>Alrededor de los cenotes, accesos a cuevas y cauces de ríos subterráneos se deberá mantener una franja perimetral de protección constituida por vegetación natural, con una anchura mínima de 20 metros. Alrededor de cenotes y acceso a cuevas sólo se permitirá el aclareo de hasta el 10 % de su cobertura y la remoción de árboles jóvenes de hasta 10 cm de diámetro, siempre y cuando la autoridad competente autorice por excepción el cambio de uso de suelo en esta superficie.</p>
<b>TUC-19</b>	<p>Previo al aclareo que se permite en la franja perimetral de protección de los cenotes y accesos a cuevas se deberá realizar el rescate de los árboles con diámetros menores o iguales a 10 cm de diámetro a la altura de 1.30 m, mismos que se estabilizarán en un vivero provisional y posteriormente se reintroducirán dentro de la franja de protección.</p>
<b>TUC-20</b>	<p>En el aprovechamiento de los cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas, lagunas) y otras formaciones cársticas (cuevas secas, rejolladas o chuntunes) sólo se permite el establecimiento de estructuras ligeras y de tipo temporal fuera del cuerpo de agua o estructura cárstica y de la franja de protección.</p>
<b>TUC-21</b>	<p>Las actividades turísticas que se promuevan en cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o secas, cavernas, rejolladas y lagunas), deberán sustentarse en un estudio de capacidad de carga e indicadores que determinen la intensidad de aprovechamiento sustentable y el límite de cambio aceptable en la calidad del sitio así como medidas de protección para la flora, fauna y otros elementos naturales presentes. Este estudio se debe presentar junto con el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto o actividad.</p>
<b>TUC-22</b>	<p>Los desarrollos turísticos de cualquier tipo deberán contar con tecnologías de bajo consumo de agua, que permitan disminuir, al menos el 20% del consumo en relación</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	con equipos tradicionales, ya sean regaderas ahorradoras, grifos con temporizadores de cierre automático, inodoros de bajo consumo, mingitorios cero consumo, entre otros.
<b>TUC-23</b>	Cualquier proyecto con superficie de construcción mayor o igual a 2,500 m <sup>2</sup> deberá contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales cuyo efluente cumpla con los parámetros establecidos con la NOM-003-SEMARNAT-1997 y además deberá contar con un sistema de tratamiento de lodos.
<b>TUC-24</b>	En sitios sin cobertura de la red de drenaje municipal, el promovente será el responsable de llevar a cabo la instalación de la red de drenaje del proyecto y su conexión a la red de drenaje municipal, en caso contrario, las aguas residuales generadas durante la operación del proyecto deberán recibir un tratamiento de manera tal que el efluente cumpla con los parámetros establecidos con la NOM-003-SEMARNAT-1997.
<b>TUC-25</b>	Se permite la instalación de pozos de absorción para recarga del acuífero únicamente con las aguas pluviales que hayan recibido tratamiento primario y las aguas residuales que hayan recibido tratamiento que cumpla con los parámetros establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997. La inyección de dichas aguas deberá hacerse en la interface salina y con la autorización previa de la autoridad competente en la materia. La construcción de dichos pozos deberá llevar a cabo los lineamientos establecidos en la NOM-003-CONAGUA-1996.
<b>TUC-26</b>	Se deberá reutilizar el agua tratada para el riego de áreas verdes, jardines, campos deportivos o áreas con vegetación natural, así como para su uso en servicios sanitarios y otros compatibles. En todo momento la calidad del agua tratada deberá cumplir los estándares indicados en la Norma Oficial Mexicana aplicable.
<b>TUC-27</b>	Los residuos vegetales provenientes del desmonte, deberán ser picados y confinados como composta en una zona cercana al proyecto, evitando que se mezclen con otras sustancias (plásticos, sascab, etc.) para que posteriormente sean utilizados en la implementación de áreas verdes y/o reforestación del predio.
<b>TUC-28</b>	Los desarrollos turísticos de cualquier tipo deberán contar con un sitio especialmente destinado al acopio y almacenamiento temporal de los residuos sólidos, en el cual se llevará a cabo una separación secundaria de los mismos. En caso de que en cualquier etapa del ciclo de vida del proyecto se generen más de 10 toneladas anuales de residuos peligrosos, se deberá contar con un plan de manejo y almacenamiento de los mismos.
<b>TUC-29</b>	Dentro de la superficie de aprovechamiento autorizada se deberá contar con un sitio de acopio de residuos sólidos en el cual se llevará a cabo una separación secundaria de los mismos, además dicho sitio deberá disponer de un espacio adecuado para la generación de composta, la cual deberá ser utilizada en el mantenimiento de áreas verdes.
<b>TUC-30</b>	Los contenedores para disposición de residuos sólidos en el sitio de acopio deberán contar con rótulos legibles que permitan la separación de residuos conforme al criterio anterior, deberán contar en todo momento con tapa.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>TUC-31</b>	<p>Los contenedores para disposición de residuos sólidos distribuidos al interior de los proyectos, deberán estar en buen estado, ubicarse en áreas públicas, accesibles, visibles; y en las zonas costeras deberán ser ubicados a por lo menos 20 metros de la pleamar y/o cualquier otro cuerpo de agua o depósito para el almacenamiento de agua. Deberán colocarse sin contacto directo con el suelo y contar con medidas que impidan su derribo y permitan su retiro ante cualquier evento meteorológico.</p>
<b>TUC-32</b>	<p>Los proyectos en los que se requiera el manejo de materiales peligrosos o se generen residuos en grandes cantidades (27.3 kg/día), deberán establecer un plan de manejo adecuado de los residuos sólidos que considere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el volumen de residuos sólidos generados, a través de la adquisición de productos a granel y con un consumo mínimo de envases para disminuir la producción de basura.</li> <li>• Reutilizar, a través de la sustitución de artículos desechables por otros reutilizables, como pilas recargables, jaboneras rellenables, bolsas de tela para la ropa sucia, entre otros.</li> <li>• Reciclar, haciendo una clasificación de la basura en el momento que se produce. Recuperar artículos como el papel, el vidrio, el aluminio y el plástico. Transformando los restos de comida, las hojas y los restos de plantas en abono orgánico. Disponer de un lugar seguro e higiénico para el acopio de residuos.</li> </ul> <p>Dicho plan deberá presentarse como anexo al estudio de impacto ambiental o documento técnico unificado aplicable al proyecto.</p>
<b>TUC-33</b>	<p>Se prohíbe la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna silvestre en la zona directa al área de trabajo y en sitios aledaños, con excepción de aquellas actividades relacionadas con el rescate y reubicación de flora y fauna. Se prohíbe dar alimento a la fauna silvestre.</p>
<b>TUC-34</b>	<p>Se deberán preservar las dunas costeras y su vegetación natural, manteniendo sus características naturales, físicas (topográficas) y químicas. Sólo se permite la construcción de estructuras permanentes detrás de la primer duna (zona pionera, zona móvil y zona semimóvil). El manifiesto de impacto ambiental o estudio técnico unificado aplicable al proyecto deberá contemplar el levantamiento topográfico a detalle de la duna junto con el desplante del proyecto.</p>
<b>TUC-35</b>	<p>Se permite el manejo y/o aprovechamiento de especies de fauna exótica (no invasora), previa autorización de la SEMARNAT, únicamente cuando: a) Se realice en condiciones de confinamiento; b) Se realice fuera de áreas naturales protegidas, cavernas y cuerpos de agua superficiales o subterráneos; c) Se demuestre que no afectará a las especies nativas.</p>
<b>TUC-36</b>	<p>Se deberán mantener en pie e integrar al diseño del proyecto los árboles con diámetro normal (1.30 cm del suelo) igual o mayor a 30 cm. Para evitar daño a las raíces deberá establecerse un radio de protección de 5 m alrededor del tronco del árbol. Esto aplicará</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<p>en la superficie que se destine a áreas verdes, camellones, estacionamientos siempre y cuando dicha medida no afecte el desplante de edificaciones.</p>
<b>TUC-37</b>	<p>En caso de ser necesario se establecerán sitios de albergue temporal de fauna rescatada durante las etapas de preparación del terreno, construcción y operación, con apego a lo indicado en la Ley General de Vida Silvestre.</p>
<b>TUC-38</b>	<p>En todas sus etapas -construcción, operación y mantenimiento- el desarrollo deberá contar con un programa de difusión ambiental que incluya los aspectos necesarios de información, concientización y capacitación a los diversos actores involucrados, que complemente o refuerce los fines de los demás programas aplicables al proyecto.</p>
<b>TUC-39</b>	<p>Los proyectos inmobiliarios y turísticos deberán utilizar en la reforestación y arquitectura del paisaje de sus áreas verdes, especies de vegetación nativa del ecosistema en el que se realice el proyecto. Se permite complementar la lista de especies nativas que se empleará en la reforestación y ajardinado con flora exótica siempre y cuando no esté incluida en el listado de especies exóticas invasoras de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un Programa de Arborización y Ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies exóticas ornamentales, excluyendo los pastos.</p>
<b>TUC-40</b>	<p>Los desarrollos turísticos situados en lugares con disponibilidad de red eléctrica, deben obtener al menos un 30 % del consumo de energía térmica anual para calentamiento de agua y al menos 30% del consumo de energía eléctrica, a partir de sistemas alternos, tales como la cogeneración y/o las fuentes renovables, dentro de las mismas instalaciones del desarrollo.</p>
<b>TUC-41</b>	<p>Los desarrollos turísticos que se pretendan realizar en lugares que no tengan conexión a la red eléctrica deben generar al menos el 50% de su electricidad con el uso de energías renovables, y al menos el 50% de su energía térmica mediante fuentes renovables dentro de las mismas instalaciones del desarrollo.</p>
<b>TUC-42</b>	<p>Las instalaciones de los desarrollos turísticos convencionales deberán utilizar sistemas de acondicionamiento del aire de alta eficiencia que cuenten con una fecha de fabricación no mayor a 10 años y mantenimiento periódico a excepción de la tecnología que tenga una vida útil mayor demostrable.</p>
<b>TUC-43</b>	<p>En los proyectos con una superficie construida inferior a 5,000 m<sup>2</sup>, el índice de consumo de energía eléctrica máximo permitido será de 45 kWh/m<sup>2</sup>-año y el índice de consumo de energía térmica máximo permitido de 35 kWh/m<sup>2</sup>-año. El uso de energías alternativas no será contabilizado para dichos índices.</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>TUC-44</b>	En los proyectos con una superficie construida mayor a 5,000 m <sup>2</sup> , el índice de consumo de energía eléctrica máximo permitido será de 90 kWh/m <sup>2</sup> -año y el índice de consumo de energía térmica máximo permitido de 50 kWh/m <sup>2</sup> -año. El uso de energías alternativas no será contabilizado para dichos índices.
<b>TUC-45</b>	Todo proyecto deberá presentar un análisis de riesgos por fenómenos naturales y los efectos que causan las edificaciones al ecosistema, así como las medidas de prevención y mitigación en los mismos.
<b>TUC-46</b>	No se deberán construir y/o instalar muros de contención en playas, duna costera y humedales
<b>TUC-47</b>	Se permite la construcción de edificaciones de hasta 3 niveles o 12 metros de altura.
<b>TUC-48</b>	Las redes de servicios dentro de los proyectos serán subterráneas para garantizar su permanencia y evitar la contaminación visual.
<b>TUC-49</b>	Las calles, carreteras, estacionamientos, pistas y otros sitios de tránsito y aparcamiento deberán ser construidas de tal manera que la superficie de rodamiento sea impermeable, para prevenir la lixiviación de hidrocarburos y/o otras sustancias que puedan provenir de los vehículos concurrentes en dichas instalaciones. Adicionalmente se deberá contar con las medidas de drenaje y alcantarillado correspondientes que permitan la recarga artificial de acuífero.
<b>TUC-50</b>	Los proyectos deberán contar con un plan integral de manejo del agua durante las etapas de construcción y operación.
<b>TUC-51</b>	Las edificaciones se realizarán con materiales locales, preferentemente con estructura de madera, respetando el tipo de construcciones tipo palapa y palafito
<b>TUC-52</b>	Se establecerá una banqueta ecológica con ciclopista y jardinera al frente de cada predio. La guarnición deberá ser baja para permitir el paso de fauna, en particular los cangrejos azules.
<b>TUC-53</b>	En temporada de anidación de tortugas marinas estará prohibida la iluminación en exteriores para evitar afectar a estas especies y se deberá retirar todo el mobiliario de playa y no se deberán establecer cercas u otro tipo de barreras en las playas.
<b>TUC-54</b>	Si por excepción, la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se ubiquen en predios donde se pretendan llevar a cabo nuevos proyectos de desarrollo, se podrá cambiar el uso del suelo (Área de Intervención Máxima) hasta en un 30% de su superficie. En esta superficie se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<p>El terreno forestal restante (70%) deberá estar sujeto a acciones de manejo permanentes que promuevan la conservación de las comunidades vegetales presentes, el manejo de hábitats de fauna silvestre y la reubicación de los ejemplares de especies vegetales provenientes del área desmontada, así como la minimización en la fragmentación de hábitats y los efectos de borde y relajación en la o las teselas de vegetación remanente. Las acciones de rehabilitación y manejo, enunciativas más no limitativas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera).</li> <li>• Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO)</li> <li>• Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas.</li> <li>• Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas.</li> <li>• El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la conectividad ecológica a través de la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes.</li> </ul>
<b>TUC-55</b>	La densidad para desarrollos turísticos hoteleros es de hasta 2 cuartos por hectárea.
<b>TUC-56</b>	La densidad para desarrollos turísticos hoteleros es de hasta 10 cuartos por hectárea.
<b>TUC-57</b>	Se permite el desarrollo de proyectos turísticos con una densidad de hasta 14 cuartos por hectárea.
<b>TUC-58</b>	En los proyectos mixtos la densidad aplicable al predio se estima por el uso predominante del proyecto. La densidad no es acumulable por usos del suelo. Si un predio está dividido en dos o más UGTS, a cada porción se le aplicará la densidad que corresponde para cada UGTS. En el caso de que el resultado obtenido sea una fracción, se realizará el redondeo usando sólo dos cifras significativas, según como se indica: hasta 0.50 se reduce al entero inferior; desde 0.51 en adelante se incrementa al entero superior.
<b>TUC-59</b>	<p>Se consideran como equivalentes:</p> <p>1 cuarto hotelero = 0.5 cuartos clínica, hospital, asilo u orfanato.</p> <p>2 cuarto hotelero = 1.0 vivienda residencial de 2 recámaras.</p> <p>1 cuarto hotelero = 1.0 cuarto de condohotel, motel, estudio, departamento o llave hoteleraa (no incluye cuartos adicionales al permitido con esa sola llave hotelera)</p> <p>Estas equivalencias son estimadas a partir del consumo de agua determinado por CONAGUA (Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos básicos.</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	2007), teniendo como referencia un cuarto hotelero (4 a 5 estrellas) sencillo para dos ocupantes cuyo consumo estimado es de 1,500 L/día.
<b>TUC-60</b>	Para que los sectores de desarrollo urbano y turismo logren adaptarse a las condiciones ambientales más probables derivadas del cambio climático que puedan ocurrir en un lapso de tiempo entre los años 2046-2065 en la zona costera, diversas secciones de ésta deberán permanecer sin intervención debido a las condiciones de riesgo que implica un escenario de aumento en el nivel del mar. Para tal efecto, las secciones de tierra adentro de la línea de costa que no podrán estar sujetas a intervención, serán aquellas que probablemente sean cubiertas por un aumento en el nivel del mar hasta 50 cm y que estén por encima del límite más alto que alcance la zona federal marítimo terrestre en este supuesto. La determinación de estas áreas de exclusión deberá estar basadas en el modelado del efecto de las mareas de tormenta que identifique las superficies susceptibles a inundarse bajo los nuevos escenarios de incremento en el nivel medio del mar.

#### 4.3.9. Criterios de regulación uso suburbano

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>SUB-1</b>	<p>Se deberá buscar, en la medida de lo posible, que la tesela o teselas de terrenos forestales que se vayan a eliminar (hasta el 20% de la superficie del predio del proyecto de desarrollo), se ubiquen en la parte central del predio del proyecto de desarrollo y que tengan el menor perímetro posible, para minimizar los efectos de borde y de fragmentación en el territorio remanente (80% de la superficie del predio) que conservará la vegetación forestal.</p> <p>Se deberá evitar la creación de numerosos proyectos de desarrollo que promuevan una amplia fragmentación de hábitats y un extenso efecto de borde y relajación. Para tal efecto, se deberá realizar acciones de concertación y gestión entre los dueños de los predios, para que se organicen y promuevan pocos proyectos de desarrollo en grandes extensiones del territorio.</p>
<b>SUB-2</b>	Los predios que se encuentran colindantes a la Carretera Federal 307 Reforma Agraria - Puerto Juárez y la Carretera Tulum - Cobá deberán conservar la vegetación natural en una franja de 50 metros medidos a partir del derecho de vía. En esta franja se permite la conformación de un acceso a cada predio. En los casos en que los predios se subdividan se deberán realizar las servidumbres de paso para que solo se mantenga un camino de entrada
<b>SUB-3</b>	No se deberán construir edificaciones mayores a dos pisos o 6 metros de alto. Estas construcciones deberán ubicarse a una distancia mínima de 20 m del cauce de ríos

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	subterráneos. La determinación de la ubicación del cauce del o los rios subterráneos, se llevará a cabo a través de los datos generados por un geo-radar, u otros instrumentos similares, que permitan elaborar los mapas correspondientes.
<b>SUB-4</b>	En las áreas de aprovechamiento proyectadas se deberá mantener en pie los ejemplares de especies arbóreas y las palmas de la vegetación original, que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.
<b>SUB-5</b>	<p>Los nuevos caminos de acceso y vialidades interiores deberán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prever medidas para evitar la interrupción del flujo hidrológico superficial, estableciendo para ello pasos elevados, secciones piloteadas o alcantarillas que garanticen y mantengan los flujos hídricos</li> <li>• Tener un anchura máxima de conformidad a la ley de acciones urbanísticas</li> <li>• Contar con límites de velocidad y señalización para evitar el atropello de fauna</li> <li>• Contar con infraestructura que permita inducir a la fauna terrestre para que utilice los pasos que se deberán construir en sitios que se determinen como estratégicos para el movimientos</li> </ul>
<b>SUB-6</b>	Los fraccionamientos suburbanos deberán de desarrollar un plan maestro que les permita minimizar la pérdida de terrenos forestales, minimizar la fragmentación y concentración de impactos.
<b>SUB-7</b>	Los estacionamientos deberán contar con áreas verdes en forma de camellones continuos en los que se conserve la vegetación arbórea original. En ausencia de vegetación natural deberán plantarse al menos un árbol o palma por cada dos cajones de estacionamiento; las banquetas deberán tener un borde ajardinado de por lo menos 60 cm de ancho. En ambos casos se deberá emplear al menos el 80 % de individuos de especies nativas, así mismo, se deberá establecer desniveles en cualquier punto del estacionamiento para dar continuidad a los flujos hidrológicos presentes en el área.
<b>SUB-8</b>	El diseño de proyectos adyacentes a predios con edificios e instalaciones en proceso de construcción o de operación, debe dar prioridad a la ocupación de las áreas impactadas por éstos y las áreas de conservación que mantengan su vegetación primaria. Esto con la finalidad de que las áreas de conservación que defina el proyecto aseguren la contigüidad del ecosistema y el mantenimiento de la diversidad florística y faunística.
<b>SUB-9</b>	Con la finalidad de evitar el efecto de islas de calor, se deberá establecer, en por lo menos el 50 % de las losas planas de las construcciones, un jardín de azotea ("roof

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	garden”) en el que se utilicen preferentemente especies nativas tolerantes a las condiciones de radiación solar, temperatura y humedad que se presenten.
<b>SUB-10</b>	El diseño arquitectónico de las edificaciones, debe considerar medidas de adaptación a las inundaciones periódicas anuales y extraordinarias por huracanes. Para tal efecto, se deben proponer soluciones constructivas que eviten el daño a las viviendas e infraestructura asociada (sistemas de conducción eléctrica, drenaje y agua potable; caminos; plantas de tratamiento de aguas residuales; sitios de acopio y traslado de residuos sólidos, etcétera)
<b>SUB-11</b>	El promovente de deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de los componentes del proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual. Dicha zonificación deberá garantizar la conectividad de ecosistemas a través del establecimiento de corredores biológicos dentro del predio.
<b>SUB-12</b>	En los casos en los que sea indispensable se podrá intervenir alrededor de los cenotes, accesos a cuevas y cauces de ríos subterráneos se deberá mantener una franja perimetral de protección constituida por vegetación natural, con una anchura de 20 metros. Alrededor de cenotes y acceso a cuevas sólo se permitirá el aclareo de hasta el 10 % de su cobertura y la remoción de árboles jóvenes de hasta 10 cm de diámetro, siempre y cuando la autoridad competente por excepción otorgue el cambio de uso de suelo en esta superficie.
<b>SUB-13</b>	Previo al aclareo que se permite en la franja perimetral de protección de los cenotes y accesos a cuevas se deberá realizar el rescate de los árboles con diámetros menores o iguales a 10 cm de diámetro a la altura de 1.30 m, mismos que se estabilizarán en un vivero provisional y posteriormente se reintroducirán dentro de la franja de protección.
<b>SUB-14</b>	Todos los proyectos de desarrollo suburbano deberán contar con un sistema de tratamiento de aguas cuyo efluente cumpla con los parámetros establecidos con la NOM-003-SEMARNAT-1997 y además deberá contar con un sistema de tratamiento de lodos.
<b>SUB-15</b>	En sitios sin cobertura de la red de drenaje, el promotor del proyecto de desarrollo deberá ser el responsable de llevar a cabo la instalación de la red de drenaje del proyecto y su conexión a la red que lleve a la planta de tratamiento de aguas residuales. La planta de tratamiento deberá cumplir con los parámetros establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997 de manera tal que se dé cumplimiento a los compromisos establecidos en los tratados internacionales firmados por México.
<b>SUB-16</b>	La instalación de pozos de absorción para recarga del acuífero únicamente se podrá realizar con las aguas pluviales que hayan recibido tratamiento primario y las aguas residuales que hayan recibido tratamiento que cumpla con los parámetros establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997. La inyección de dichas aguas deberá hacerse en la interface salina y con la autorización previa de la autoridad competente en la materia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	La construcción de dichos pozos deberá llevar a cabo los lineamientos establecidos en la NOM-003-CONAGUA-1996.
<b>SUB-17</b>	Se deberá reutilizar el agua tratada para el riego de áreas verdes, jardines, campos deportivos o áreas con vegetación natural, así como para su uso en servicios sanitarios y otros compatibles.
<b>SUB-18</b>	Se deberá recoger la capa de suelo fértil que se encuentre en las áreas donde se lleven a cabo los cambios de uso de suelo en terrenos forestales. Este material deberá usarse para los jardines de los proyectos de desarrollo.
<b>SUB-19</b>	Los contenedores para disposición de residuos sólidos en el sitio de acopio deberán contar con rótulos legibles que permitan la separación de residuos conforme al criterio anterior, deberán contar en todo momento con tapa.
<b>SUB-20</b>	Los contenedores para disposición de residuos sólidos distribuidos al interior de los proyectos, deberán estar en buen estado, ubicarse en áreas públicas, accesibles, visibles; y en las zonas costeras deberán ser ubicados a por lo menos 20 metros de la pleamar y/o cualquier otro cuerpo de agua o depósito para el almacenamiento de agua. Deberán colocarse sin contacto directo con el suelo y contar con medidas que impidan su derribo y permitan su retiro ante cualquier evento meteorológico.
<b>SUB-21</b>	<p>Los proyectos en los que se requiera el manejo de materiales peligrosos o se generen residuos en grandes cantidades (27.3 kg/día), deberán establecer un plan de manejo adecuado de los residuos sólidos que considere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el volumen de residuos sólidos generados, a través de la adquisición de productos a granel y con un consumo mínimo de envases para disminuir la producción de basura.</li> <li>• Reutilizar, a través de la sustitución de artículos desechables por otros reutilizables, como pilas recargables, jaboneras rellenables, bolsas de tela para la ropa sucia, entre otros.</li> <li>• Reciclar, haciendo una clasificación de la basura en el momento que se produce. Recuperar artículos como el papel, el vidrio, el aluminio y el plástico. Transformando los restos de comida, las hojas y los restos de plantas en abono orgánico. Disponer de un lugar seguro e higiénico para el acopio de residuos.</li> </ul> <p>Dicho plan deberá presentarse como anexo al estudio de impacto ambiental o documento técnico unificado aplicable al proyecto.</p>
<b>SUB-22</b>	La porción de los predios de los proyectos de desarrollo que no sean intervenidos por cambios de uso del suelo en terrenos forestales, podrán ser utilizados como Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre, o bien, convertidos en Áreas destinadas voluntariamente a la Conservación.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>SUB-23</b>	Se deberán preservar las dunas costeras y su vegetación natural, manteniendo sus características naturales, físicas (topográficas) y químicas. Se deberá permitir la construcción de estructuras permanentes detrás de la primer duna (zona pionera, zona móvil y zona semimóvil). El manifiesto de impacto ambiental o estudio técnico unificado aplicable al proyecto deberá contemplar el levantamiento topográfico a detalle de la duna junto con el desplante del proyecto.
<b>SUB-24</b>	En caso de ser necesario se establecerán sitios de albergue temporal de fauna rescatada durante las etapas de preparación. Estas instalaciones deberán contar con la infraestructura necesaria para darles un trato digno a los animales, así como las atenciones veterinarias necesarias que permitan, en la medida de lo posible, su liberación a sus hábitats.
<b>SUB-25</b>	En las playas, dunas y post dunas solo se permite el uso de vehículos motorizados para situaciones de limpieza, vigilancia y control, así como para las actividades autorizadas que hagan las personas públicas o privadas participantes en los programas de protección a la tortuga marina.
<b>SUB-26</b>	En todas sus etapas -construcción, operación y mantenimiento- el desarrollo deberá contar con un programa de difusión ambiental que incluya los aspectos necesarios de información, concientización y capacitación a los diversos actores involucrados, que complemente o refuerce los fines de los demás programas aplicables al proyecto.
<b>SUB-27</b>	Los proyectos inmobiliarios deberán utilizar en la reforestación y arquitectura del paisaje de sus áreas verdes, especies de vegetación nativa del ecosistema en el que se realice el proyecto. Se permite complementar la lista de especies nativas que se empleará en la reforestación y ajardinado con flora exótica siempre y cuando no esté incluida en el listado de especies exóticas invasoras de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un Programa de Arborización y Ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies exóticas ornamentales, excluyendo los pastos.
<b>SUB-28</b>	Los desarrollos suburbanos que se pretendan establecer en zonas sin servicio de recolección de residuos sólidos, deberán contar con un sitio especialmente destinado al acopio y almacenamiento temporal de los residuos sólidos, en el cual se llevará a cabo una separación secundaria de los mismos. En caso de que en cualquier etapa del ciclo de vida del proyecto se generen más de 10 toneladas anuales de peligrosos, se debe tener contemplado un plan de manejo y almacenamiento de los mismos.
<b>SUB-29</b>	<p>El área de intervención máxima permitida es del 20% del predio en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido.</p> <p>Si, por excepción, la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el área que pierda la vegetación forestal no deberá ser mayor al</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<p>20% de la superficie del terreno forestal sujeto a intervención. El terreno forestal restante (80%) deberá mantener su vegetación forestal y estará sujeto a acciones de manejo que promuevan el mantenimiento de las comunidades vegetales presentes y la reubicación de los ejemplares provenientes del área desmontada</p> <p>Si por excepción, la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se ubiquen en predios donde se pretendan llevar a cabo nuevos proyectos de desarrollo, se podrá cambiar el uso del suelo hasta en un 20% de su superficie. En esta superficie se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido.</p> <p>El terreno forestal restante (80%) deberá estar sujeto a acciones de manejo permanentes que promuevan la conservación de las comunidades vegetales presentes, el manejo de hábitats de fauna silvestre y la reubicación de los ejemplares de especies vegetales provenientes del área desmontada, así como la minimización en la fragmentación de hábitats y los efectos de borde y relajación en la o las teselas de vegetación remanente. Las acciones de rehabilitación y manejo, enunciativas más no limitativas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera).</li> <li>• Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO)</li> <li>• Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas.</li> <li>• Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas.</li> <li>• El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes.</li> </ul>
<b>SUB-30</b>	La densidad para fraccionamientos suburbanos de tipo residencial es de hasta 4 viviendas residenciales por hectárea
<b>SUB-31</b>	La conversión de cuartos hoteleros a viviendas residenciales se determinará de conformidad con las equivalencias indicadas en el criterio SUB-33 siempre y cuando ambos usos estén permitidos en la UGTS.
<b>SUB-32</b>	En los proyectos mixtos (suburbanos-turísticos), la densidad aplicable al predio se estima por el uso predominante del proyecto. La densidad no es acumulable por usos del suelo. Si un predio está dividido en dos o más UGTS, a cada porción se le aplicará

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<p>la densidad que corresponde para cada UGTS. En el caso de que el resultado obtenido sea una fracción, se realizará el redondeo usando sólo dos cifras significativas, según como se indica: hasta 0.50 se reduce al entero inferior; desde 0.51 en adelante se incrementa al entero superior.</p>
<p><b>SUB-33</b></p>	<p>Se consideran como equivalentes: 1.0 vivienda residencial de 2 recámaras = 2 cuarto hotelero. Vivienda residencial de 2 recámaras = 0.5 cuartos clínica, hospital, asilo u orfanato. 1.0 vivienda residencial de 2 recámaras = 1.0 cuarto de condohotel, motel, estudio, departamento o llave hotelera (<b>no incluye cuartos adicionales al permitido con esa sola llave hotelera</b>). 1 vivienda de 4 recámaras = 4 cuartos de hotel. Por cada recámaras adicionales = 1 cuarto hotelero. Estas equivalencias son estimadas a partir del consumo de agua determinado por CONAGUA (Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos básicos. 2007), teniendo como referencia un cuarto hotelero (4 a 5 estrellas) sencillo para dos ocupantes cuyo consumo estimado es de 1,500 L/día.</p>
<p><b>SUB-34</b></p>	<p>Los nuevos proyectos de asentamientos humanos y hoteles deberán desarrollarse fuera de las zonas inundables y humedales (las cuales deberán ser identificadas mediante muestras de suelo y vegetación y medidas a través de imágenes de satélite tomadas al final de la temporada de lluvias o con levantamientos topográficos realizados con trabajo de campo) y deberán contar con un área de amortiguamiento colindante, cuya superficie será determinada a partir de un modelo de simulación o datos empíricos.</p> <p>En el caso de la infraestructura turística estará sujeta a lo establecido en la NOM-022-SEMARNAT-2003</p>
<p><b>SUB-35</b></p>	<p>Los desarrollos deberán establecer infraestructura o algún sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Los volúmenes de agua captados podrán ser utilizados para las necesidades de abasto de agua potable y no potable de la actividad, así como en la recarga artificial del acuífero, esto último conforme a la norma oficial mexicana NOM-015-CONAGUA-2007.</p>
<p><b>SUB-36</b></p>	<p>La densidad para fraccionamientos suburbanos de tipo residencial es de hasta 7 viviendas residenciales por hectárea</p>
<p><b>SUB-37</b></p>	<p>La densidad para fraccionamientos suburbanos de tipo residencial es de hasta 10 viviendas residenciales por hectárea</p>

#### 4.3.10. Criterios de regulación uso urbano

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>URB-1</b>	<p>Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener la <u>autorización correspondiente</u> de manera previa a su inicio.</p>
<b>URB-2</b>	<p>Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada proyecto, se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna silvestre presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar se determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las medidas propuestas deberán obtener la autorización correspondiente de manera previa a su inicio.</p>
<b>URB-3</b>	<p>Los proyectos inmobiliarios y turísticos deberán utilizar en la reforestación y arquitectura del paisaje de sus áreas verdes, especies de vegetación nativa del ecosistema en el que se realice el proyecto. Se permite complementar la lista de especies nativas que se empleará en la reforestación y ajardinado con flora exótica siempre y cuando no esté incluida en el listado de especies exóticas invasoras de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un Programa de Arborización y Ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies exóticas ornamentales, excluyendo los pastos.</p> <p>En la selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines se dará preferencia a aquellas que no afecten la infraestructura urbana (como banquetas, vialidades, drenaje etc.) y que no generen riesgos a la población (especies proclives a derrumbarse, armadas o urticantes).</p>
<b>URB-4</b>	<p>Para el desplante de cualquier obra o instalación se deberán utilizar preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.</p>
<b>URB-5</b>	<p>En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos no podrán ser comercializados –salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente-, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.</p>
<b>URB-6</b>	<p>En cualquier obra o proyecto deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario (aguas residuales).</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>URB-7</b>	La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de conformidad con la normatividad aplicable.
<b>URB-8</b>	Las aguas residuales deberán canalizarse hacia las plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado o el organismo operador autorizado por esta instancia. En el caso de que no existan plantas de tratamiento que puedan atender la demanda del proyecto, el promovente deberá instalar una planta que cumpla con las condiciones establecidas en la normatividad vigente en materia de aguas residuales tratadas.
<b>URB-9</b>	Los fraccionamientos residenciales se deberá hacer uso de las aguas residuales tratadas para el riego de jardines y áreas verdes, dichas aguas deberán cumplir con las condicionantes establecidas en la normatividad aplicable.
<b>URB-10</b>	Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.
<b>URB-11</b>	En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones, sembradíos, y para el control de pestes y plagas, sólo se permite el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).
<b>URB-12</b>	Los residuos derivados de las obras tendrán un adecuado almacenamiento, por lo que no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación de los predios aledaños.
<b>URB-13</b>	Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) a fin de evaluar si existen o no elementos arqueológicos. Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.
<b>URB-14</b>	Las reservas territoriales destinadas al aprovechamiento urbano y las áreas de preservación ecológica establecidas en el programa de desarrollo urbano deberán mantener su cobertura vegetal original mientras no se incorporen al desarrollo y se autorice su aprovechamiento por las autoridades competentes. Asimismo el desarrollo de proyectos en las áreas de reserva urbana se realizará de acuerdo con la programación prevista en el plan o programa director de desarrollo urbano que le corresponda.
<b>URB-15</b>	Alrededor de los cenotes, accesos a cuevas y cauces de ríos subterráneos se deberá mantener una franja perimetral de protección constituida por vegetación natural, con una anchura de 20 metros. Alrededor de cenotes y acceso a cuevas sólo se permitirá el aclareo de hasta el 10 % de su cobertura y la remoción de árboles jóvenes de hasta

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	10 cm de diámetro, siempre y cuando la autoridad competente por excepción otorgue el cambio de uso de suelo en esta superficie.
<b>URB-16</b>	En el aprovechamiento de los cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o lagunas) y otras formaciones cársticas (cuevas secas, rejolladas o chuntunes) sólo se permite el establecimiento de estructuras ligeras y de tipo temporal fuera del cuerpo de agua o de la estructura cárstica y de la franja de protección.
<b>URB-17</b>	El manejo y disposición final de los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales es responsabilidad del propietario del sistema de tratamiento que los genere, quien deberá presentar un reporte semestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental, que indique el volumen de agua tratado, tipo y características de los lodos y otros residuos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final.
<b>URB-18</b>	En las áreas de aprovechamiento proyectadas se deberá mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, jardines, áreas verdes, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.
<b>URB-19</b>	El área de desmonte permitida estará en función de lo que indique el programa de desarrollo urbano. Es obligatorio mantener la superficie remanente con la vegetación original. En el caso que la superficie remanente se encuentre afectada o que carezca de vegetación, el promovente deberá procurar su restauración o reforestación.
<b>URB-20</b>	Para atender los efectos más probables del cambio climático sobre los asentamientos humanos urbanos, para el año de 2050 todas las nuevas áreas destinadas a las viviendas deberán ser construidas en edificios que minimicen la ocupación del territorio que permitan que exista, al menos 12m <sup>2</sup> de áreas verdes por habitante. Las áreas verdes deberán ser intercaladas entre las edificaciones para disminuir las "islas de calor".
<b>URB-21</b>	Se deberán mantener en pie e integrar al diseño del proyecto los árboles con diámetro normal (1.30 cm del suelo) igual o mayor a 30 cm. Para evitar daño a las raíces deberá establecerse un radio de protección de 5 m alrededor del tronco del árbol. Esto aplicará en la superficie que se destine a áreas verdes, camellones, estacionamientos siempre y cuando dicha medida no afecte el desplante de edificaciones.
<b>URB-22</b>	Se permite la instalación temporal de plantas de premezclado, dosificadoras o similares dentro del área de desmonte permitida en el interior de predios para abastecer al proyecto, únicamente durante su construcción. Debiendo ser retiradas una vez que se concluya la construcción del mismo. El área ocupada por la planta deberá integrarse al proyecto.
<b>URB-23</b>	Las plantas de premezclado, dosificadoras o similares deberán contar con un programa de cumplimiento ambiental autorizado por la SEMA para la regulación de emisiones a la atmósfera, ruido y generación de residuos peligrosos, que dé

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	cumplimiento a la normatividad vigente. Este programa se deberá presentar junto con la manifestación de impacto ambiental de la planta.
<b>URB-24</b>	Se deberá instalar una malla perimetral para reducir la emisión de polvos hacia el exterior de las áreas de trabajo y reducir el impacto visual.
<b>URB-25</b>	Durante el transporte de materiales pétreos éstos deberán humedecerse y cubrirse con una lona antidispersante, la que se debe sujetarse adecuadamente y encontrarse en buen estado, con objeto de minimizar la dispersión de partículas de polvo.
<b>URB-26</b>	En predios urbanos en los que existan manglares, deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables
<b>URB-27</b>	En el desarrollo y/o operación de cualquier tipo de proyecto o establecimiento comercial y de servicios se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes. En este sentido el promovente deberá manifestar el tipo de sustancias potencialmente contaminantes que se empleará en las distintas etapas del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso corrección, que aplicará. Para el almacenamiento de este tipo de sustancias se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar el registro de su manejo en la bitácora del almacén.
<b>URB-28</b>	Para evitar la contaminación por fugas de aguas residuales en las redes de alcantarillado, se deberá dar cumplimiento a lo establecido en la Norma NOM-001-CONAGUA-2011, que establece las especificaciones y métodos de prueba para garantizar la hermeticidad de las redes instaladas.
<b>URB-29</b>	<p>No se deberán construir edificaciones (hoteles o viviendas de más de 2 pisos) sobre ríos subterráneos y aplicará una franja de protección de 20 metros alrededor del cauce. La determinación de estas áreas deberá estar basada en estudios geohidrológico y de mecánica de suelos, el cual debe proporcionar información detallada de las condiciones geológicas existentes como son: permeabilidad, compactación, fracturas, profundidad del acuífero y sobre todo la resistividad de la roca, todo ello con el objetivo de identificar la presencia de cavernas o ríos subterráneos que puedan representar un riesgo de colapso o hundimiento, y a la vez sirva de herramienta para evaluar la viabilidad técnica del proyecto. Dicho estudio contendrá como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo geoelectrico del predio.</li> <li>• Modelo de carga hidráulica del acuífero</li> <li>• Modelo de flujo hidrológico superficial y subterráneo</li> <li>• Mecánica de suelos</li> <li>• Determinación de cargas</li> <li>• Análisis de esfuerzos, cálculo y dimensionamiento</li> <li>• Memorias de cálculo, planos y especificaciones.</li> </ul>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa que determine la posición de los causes de los rios o de algún elemento que constituya un riesgo para la construcción</li> <li>• Medidas necesarias para garantizar la integridad de los ecosistemas y la estabilidad de la obra propuesta</li> </ul>
<b>URB-30</b>	<p>Se deberán preservar las dunas costeras y su vegetación natural, manteniendo sus características naturales, físicas (topográficas) y químicas. Sólo se permite la construcción de estructuras permanentes detrás de la primer duna (zona pionera, zona móvil y zona semimovil). El manifiesto de impacto ambiental o estudio técnico unificado aplicable al proyecto deberá contemplar el levantamiento topográfico a detalle de la duna junto con el desplante del proyecto.</p>
<b>URB-31</b>	<p>En todas sus <u>etapas -construcción</u>, operación y mantenimiento- el proyecto deberá contar con un programa de difusión ambiental que incluya los aspectos necesarios de información, concientización y capacitación a los diversos actores involucrados, que complemente o refuerce los fines de los demás programas aplicables al proyecto.</p>
<b>URB-32</b>	<p>En sitios sin cobertura de la red de drenaje municipal, el promovente será el responsable de llevar a cabo la instalación de la red de drenaje del proyecto y su conexión a la red de drenaje municipal, en caso contrario, las aguas residuales generadas durante la operación del proyecto deberán recibir un tratamiento de manera tal que el efluente cumpla con los parámetros establecidos con la NOM-003-SEMARNAT-1997 de manera tal que se de cumplimiento a los compromisos establecidos en los tratados internacionales firmados por México.</p>
<b>URB-33</b>	<p>Para atender los efectos más probables del cambio climático sobre los asentamientos humanos urbanos, para el año de 2050 se deberá instalar la siguiente infraestructura "verde": Cubrir el 100% de las vialidades con pavimento con un índice de refracción del (IRS) 29%; Tener una densidad de, al menos, 1 árbol por cada 50m<sup>2</sup> de espacio público, salvo en plazas, y un árbol por cada 25m lineales de calle; Cubrir, al menos, el 50% de los aparcamientos comunes con un IRS de 29% o con árboles que den sombra; Cubrir, al menos, el 50% de los techos de las instalaciones que componen el equipamiento público con un IRS del 29%; las viviendas cuentan con azoteas "verdes", ya sea como jardín o como campo de cultivo urbano.</p>
<b>URB-34</b>	<p>Para realizar actividades de turismo alternativo (recreativas, contemplativas, senderismo, ecoturismo, espeleobuceo, etc.) se deberá contar con un reglamento de operación mismo que garantice la operación ambientalmente sustentable de la actividad. Dicho reglamento deberá considerar y regular los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La disposición de desechos</li> <li>• La recolección de leña, utilización de combustibles y materiales inflamables, uso de cocinas de gas, fogatas, asadores, entre otros.</li> <li>• Áreas de campamento</li> <li>• Acceso y disposición de agua potable</li> <li>• Comportamiento en senderos, navegación, buceo, etc.</li> <li>• Distancias y otras recomendaciones para la observación de especies silvestres</li> <li>• Manejo de mascotas dentro del área</li> <li>• Niveles de ruido permisibles en alojamientos, campamentos, áreas recreativas, etc.</li> </ul>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección de fuentes de agua</li> <li>• Tamaño de grupos</li> <li>• Horarios de visita o de actividades</li> <li>• Distanciamiento entre grupos en senderos</li> <li>• Costumbres y tradiciones locales</li> <li>• Bebidas alcohólicas</li> <li>• Liberación de responsabilidad en caso de accidentes debidos al incumplimiento de las normas indicadas.</li> </ul>
<b>URB-35</b>	<p>Las obras y actividades de turismo alternativo deberán estar sustentadas en un estudio de capacidad de carga turística, mismo que se deberá adjuntar a los estudios ambientales para su autorización, dicho estudio deberá contemplar como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de las actividades en el área total del proyecto</li> <li>• Análisis de los objetivos del proyecto</li> <li>• Análisis de la zonificación establecida</li> <li>• Identificación de factores y características que influyen en el área total del proyecto.</li> </ul>
<b>URB-36</b>	<p>En las playas, dunas y post dunas sólo se permite el uso de vehículos motorizados para situaciones de limpieza, vigilancia y control, así como para las actividades autorizadas que hagan las personas públicas o privadas participantes en los programas de protección a la tortuga marina.</p>
<b>URB-37</b>	<p>En los predios colindantes con la costa se permitirá el establecimiento de andadores de acceso a la playa, los cuales deberán estar sobrepuestos en estructura piloteada y trazos que privilegien la permanencia de la vegetación de dunas costeras, así como la dinámica de éstas últimas. Los andadores o accesos a la playa tendrán una anchura máxima de dos metros y se podrá establecer uno por cada 100 metros de frente de playa de cada predio.</p>
<b>URB-38</b>	<p>Los proyectos de tipo turismo alternativo deberán implementar un Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual deberá contemplar como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen de generación con su clasificación y composición de los residuos</li> <li>• Procedimiento de manejo y destino de los residuos generados que incluya recolección, almacenamiento, transporte y entrega</li> <li>• Descripción de estrategias a utilizar para minimizar la generación y maximizar el aprovechamiento de los residuos generados, estableciendo metas y compromisos de los actores involucrados.</li> </ul>
<b>URB-39</b>	<p>Dentro de la superficie de aprovechamiento autorizada se deberá contar con un sitio de acopio de residuos sólidos en el cual se llevará a cabo una separación secundaria de los mismos, además dicho sitio deberá disponer de un espacio adecuado para la generación de composta, la cual deberá ser utilizada en el mantenimiento de áreas verdes.</p>
<b>URB-40</b>	<p>Los contenedores para disposición de residuos sólidos en el sitio de acopio deberán contar con rótulos legibles que permitan la separación de residuos conforme al criterio anterior, deberán contar en todo momento con tapa.</p>
<b>URB-41</b>	<p>Los contenedores para disposición de residuos sólidos distribuidos al interior de los proyectos, deberán estar en buen estado, ubicarse en áreas públicas, accesibles,</p>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	visibles; y en las zonas costeras deberán ser ubicados a por lo menos 20 metros de la pleamar y/o cualquier otro cuerpo de agua o depósito para el almacenamiento de agua. Deberán colocarse sin contacto directo con el suelo y contar con medidas que impidan su derribo y permitan su retiro ante cualquier evento meteorológico.
<b>URB-42</b>	Deberá tenerse listo el Programa de Desarrollo Urbano en un máximo de 18 meses posteriores a la publicación del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial, Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable
<b>URB-43</b>	La finalización de los procesos administrativos de regularización en materia ambiental ante PROFEPA, tendrán que estar listos antes de la publicación del Plan de Desarrollo Urbano.

#### 4.3.11. Criterios de regulación equipamiento

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>EQ-1</b>	Para el desarrollo de cualquier proyecto de equipamiento se requiere contar con las autorizaciones en materia de impacto ambiental y de cambio de uso de suelo correspondientes, así como todos los permisos y autorizaciones a nivel federal, estatal y municipal a que haya lugar.
<b>EQ-2</b>	El diseño y construcción de las vías de comunicación y sus servicios auxiliares, deberán considerar la implementación de tecnología para producir energía con fuentes renovables, la eficiencia en el consumo de agua, manejo de hidrocarburos y energía eléctrica convencional así como la implementación de medidas para mitigación de impactos de fenómenos meteorológicos.
<b>EQ-3</b>	Para la implementación de proyectos de equipamiento, con base en estudios geológicos, geofísicos y geotécnicos, se debe llevar a cabo la ubicación y zonificación de formas geológicas superficiales y subterráneas como fallas, fracturas y las producidas por karstificación como cenotes, cavernas, galerías, corrientes subterráneas, etc. Una vez identificadas dichas formaciones, se implementarán las soluciones de diseño e ingeniería que permitan evitar su afectación.
<b>EQ-4</b>	En las zonas donde se realice el mantenimiento de los equipos ferroviarios y de aeronaves, se debe establecer un programa de manejo de residuos líquidos y sólidos de acuerdo con su clasificación de peligro y de potencial contaminación.
<b>EQ-5</b>	En ningún caso los proyectos de equipamiento regional se establecerán dentro de algún área natural protegida.
<b>EQ-6</b>	Se permite la construcción y operación de aeropuertos, carreteras y vías férreas, derivadas de la planeación y ejecución de los proyectos estratégicos regionales, previa autorización en materia de impacto ambiental, del

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
	cumplimiento de las normas oficiales en la materia y de los mandatos de las leyes federales y estatales, así como de la obtención de todos los permisos y autorizaciones a nivel federal, estatal y municipal a que haya lugar, tanto en la construcción como durante la operación.
<b>EQ-7</b>	Los proyectos de vías de comunicación se realizarán preferentemente en terrenos afectados por usos previos o en derechos de vía ya existentes, sólo cuando no exista esta posibilidad o sea técnica y económicamente inviable, se ocuparán superficies con vegetación natural. En tal caso, se aplicarán medidas de compensación sobre áreas establecidas en acuerdo con la autoridad competente.
<b>EQ-8</b>	Precedido de estudios específicos, el desarrollo de proyectos de equipamiento debe ajustarse a las condiciones geológicas, topográficas, morfológicas, hidrológicas, edafológicas, florísticas, faunísticas, demográficas y demás características de tal modo que no represente una amenaza para el funcionamiento de los procesos territoriales.
<b>EQ-9</b>	En la planeación y ejecución de los proyectos de vías de comunicación regional, a fin de disminuir los riesgos respecto al uso de combustibles y aceites, se debe implementar un programa de manejo de contingencias de contaminantes y un programa para evitar su dispersión.
<b>EQ-10</b>	Se deberá contemplar estrictamente la normatividad respecto al transporte de sustancias peligrosas y considerar la posibilidad de establecer un centro de control de emergencias especialmente entrenado en el manejo, control y remediación de sustancias tales como combustibles, aceites, compuestos químicos y todas aquellas listadas en las normas oficiales mexicanas que se clasifiquen como peligrosas por la cantidad transportadas.
<b>EQ-11</b>	Los estudios de factibilidad para proyectos de equipamiento deben incluir análisis y zonificación de riesgos, así como de prevención, mitigación y atención inmediata en caso de una eventualidad. Este análisis se debe presentar junto con el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto.
<b>EQ-12</b>	En caso de inevitable afectación a árboles con diámetro normal (1.30 cm del suelo) igual o mayor a 30 cm en la implementación de vías de comunicación, se implementarán medidas de mitigación adecuadas y compensatorias.
<b>EQ-13</b>	Para la construcción de equipamiento, deberá obtenerse, de manera previa al inicio de obras, la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) a fin de evaluar si existen o no elementos arqueológicos. durante el desarrollo del proyecto se realiza un hallazgo arqueológico se deberá informar de manera inmediata al INAH.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>EQ-14</b>	La construcción de vías de comunicación deberá prever medidas para evitar la interrupción de los flujos hidrológicos superficiales, estableciendo para ello puentes, pasos elevados, secciones piloteadas o alcantarillas, todo ello con base en estudios hidrológicos e hidráulicos detallados y basados en el cálculo de volúmenes máximos de precipitación pluvial en un período de retorno de 100 años. Esto, además, prevendrá daños a la infraestructura.
<b>EQ-15</b>	Se deberá prever una zona de amortiguamiento o protección en el caso de la construcción de todo tipo de aeropuertos.
<b>EQ-16</b>	El porcentaje de desmonte para proyectos de equipamiento se determinará de acuerdo con la naturaleza misma de cada proyecto, sin sobrepasar, en ningún caso, el 50% del predio.

## 4.4. Proyectos Estratégicos

De acuerdo con lo anterior y siguiendo las estrategias de desarrollo y ordenamiento territorial urbano se proponen los siguientes proyectos por rubro:

### Ordenamiento territorial - urbano

OTU1 Parque Tecnológico

OTU2 Programa de imagen urbana

OTU3 Polígono de actuación estación del tren Maya (Tulum y Cobá).

Nombre	Parque Tecnológico	Clave: OTU1
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Fomentar la innovación y la creación de productos o servicios que generen un importante valor agregado comercial y tecnológico dentro del municipio.</p> 	<p>Parque Tecnológico que concentre diversas empresas que propicien una universidad técnica para facilitar la incorporación de los estudiantes y los jóvenes profesionales a las compañías de tecnología.</p> <p>Cuenta un espacio industrial especializado en innovación e integración de ciencia, tecnología e industria, el cual debe contener un equipo de gestión que realice las funciones de animación y transferencia de tecnología mediante infraestructuras de soporte a la innovación como centros tecnológicos, incubadoras de empresas, laboratorios de ensayo y medida, etc.</p>
Costo de inversión	Fuentes de financiamiento:	
<p>Estudio de factibilidad: 3 mdp</p> <p>Obra: dependerá del estudio</p>	Federal (SE), Estatal y Privado	

Nombre	Programa de Imagen Urbana	Clave: OTU2
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Fortalecer y revitalizar la imagen urbana actual del municipio mediante mejora de fachadas, accesos viales, peatonales y sendas que permitan recuperar en espacios con diseño paisajístico.</p> 	<p>Programa de recuperación de la imagen urbana mediante diseño de equipamiento, paleta de colores, mobiliarios y conexiones viales.</p> <p>Entre sus características esta la homologación de los anuncios espectaculares, el pintado de las fachadas de casas y negocios, así como las obras de infraestructura urbana, pavimentación de calles, rehabilitación de banquetas y de iluminación</p>
<p><b>Costo de inversión</b></p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b></p>	
<p><b>Estudio de factibilidad: 2 mdp</b> <b>Obra: dependerá del estudio</b></p>	<p>Estatal y Municipal.</p>	

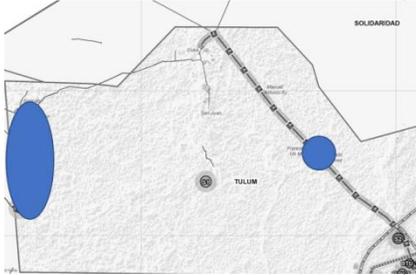
Nombre	Sistema de Actuación Estación del Tren	Clave: OTU3
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Mejorar y consolidar sustentablemente el desarrollo urbano de la zona de la estación del Tren Maya.</p> 	<p>El sistema de actuación plantea la promoción y apoyo de infraestructura y equipamiento, y el desarrollo de servicios públicos, vivienda, comercio, recreación y turismo.</p> <p>Para ello se plantea la elaboración de estudio de Pre-inversión y Plan de Desarrollo Urbano a través de un sistema de actuación para lograr la consolidación urbana sustentable mediante el mejoramiento de la movilidad, la accesibilidad, la recuperación y consolidación de nuevos espacios públicos, la modernización de la infraestructura y constitución de nuevos equipamientos urbanos, para proveer una sustentabilidad ambiental, social y económica.</p>
<p><b>Costo de inversión</b></p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b></p>	
<p><b>Estudio de factibilidad: 12 mdp</b></p> <p><b>Obra: No aplica</b></p>	<p>PÚBLICO-PRIVADA</p>	

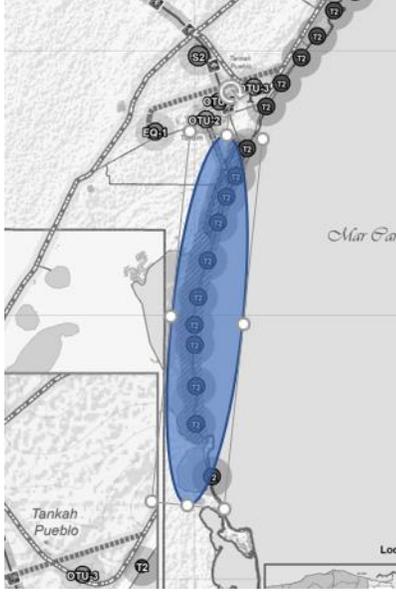
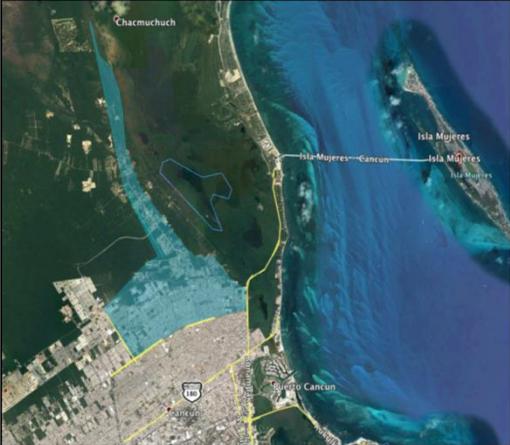
**Turísticos**

- T1 Construcción de corredor turístico
- T2 Ventana al mar, faro del saber e infraestructura comercial (21)
- T3 Programa de impulso artesanal
- T4 Zona Turística Sustentable (De Boca Paila a Zona Urbana)

Nombre	Construcción de Corredor Turístico	Clave: T1
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Consolidar la oferta turística del municipio de manera ordenada y planificada.</p> 	<p>Es un espacio homogéneo, en el que por la cercana distancia de los atractivos y servicios genera una concentración de ellos, por lo que se agregan rutas troncales que permitan su integración y eficiencia en el flujo de visitantes.</p> <p>Entre sus Características se propone contar con una zona de palapas, área de servicios, área de camastros, atractivos turísticos, área de servicios sanitarios y regaderas. Zona hotelera, restaurantes, etc.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 3 mdp Obra: Dependerá del estudio.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO-PRIVADA</p>	

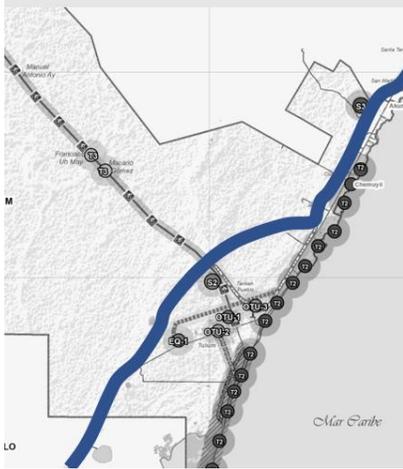
Nombre	Ventana al mar, faro del saber e infraestructura comercial	Clave: T2
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Rescatar y preservar la cultura del municipio a través de la difusión y de actividades recreativas</p> 	<p>Proyecto a través del cual, se busca acercar el arte y la cultura local, con miras a la reconstitución de ciertos espacios en el área costera.</p> <p>Para ello se propone que dicho proyecto cuente con un Faro, espacio con actividades recreativas, área de juegos infantiles, zona de exposiciones temporales, área cultural, zona comercial, zona de alimentos, auditorio al aire libre, etc.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 3 mdp Obra: Dependerá del estudio.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO-PRIVADA</p>	

Nombre	Programa de impulso artesanal	Clave: T3
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Impulsar el rescate y la preservación de la artesanía municipal.</p> 	<p>Proyecto para contribuir a mejorar el ingreso de las personas artesanas mediante el impulso y desarrollo de actividades artesanales como son: apoyos para producción, capacitación, y comercialización.</p> <p>Se propone que dichos apoyos se den mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-marcas colectivas</li> <li>- capacitación y talleres específicos</li> <li>- concursos artesanales</li> <li>- registro de artesanos</li> </ul> <p>Ferias, eventos y exposiciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-financiamiento a la producción.</li> </ul>
<p><b>Costo de inversión</b> <b>Estudio de factibilidad: 5 mdp</b> <b>Obra: No aplica.</b></p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> <b>PÚBLICO-PRIVADA</b></p>	

Nombre	Zona Turística Sustentable (De Boca Paila a Zona Urbana)	Clave: T4
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Establecer zonas turísticas sustentables que mantengan y preserven la vegetación y fauna mediante proyectos de bajo impacto ambiental</p> 	<p>Se plantea la elaboración de estudios de factibilidad para generar la declaratoria de la Zona de Desarrollo Turístico, para ello deberá considerarse:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La Integración y concordancia de la ZDTS con los planes o programas ecológicos y de gestión integral de los residuos.</li> <li>2. La Compatibilidad de las actividades y servicios turísticos con el riesgo y vulnerabilidad en la zona.</li> <li>3. La Compatibilidad de las actividades y servicios turísticos con los escenarios climáticos actuales y futuros.</li> </ol>
<p><b>Costo de inversión</b> <b>Estudio de factibilidad: 1.5 mdp</b> <b>Obra: No aplica.</b></p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>	

## Transporte

### TR1 Tren Maya

Nombre	Tren Maya	Clave: TR1
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>El objetivo es Integrar un sistema de transporte férreo con conexiones a estaciones de transportes motorizados, trasportes multimodales y terminales con servicios de infraestructura básica.</p> 	<p>Se plantea la construcción de una vía férrea para transporte de pasajeros conecte la ruta maya a través de un tren ligero en el caso específico del estado de Quintana Roo se proponen a las localidades de Cancún y Tulum a través de un corredor turístico de 126 km, con estaciones en los principales en los centros poblacionales incluyendo al Aeropuerto Internacional de Cancún. Dicho tren esta propuesto en dos fases, la primera partiendo Cancún a Playa del Carmen y la segunda de Playa del Carmen a Tulum.</p>
<p><b>Costo de inversión</b>  <b>Estudio de factibilidad: 1000 mdp</b>  <b>Obra: 60,000 mdp.</b></p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b>                  PÚBLICO</p>	

## Movilidad

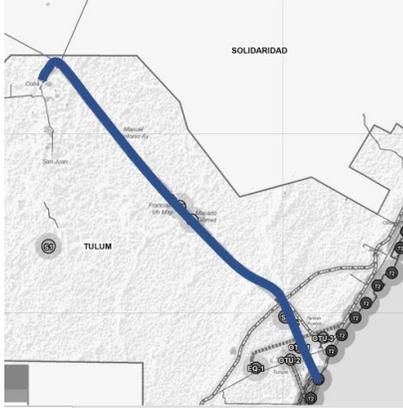
M1 Ciclopista Tulum – Coba

M2 Vía alterna de servicios zona hotelera

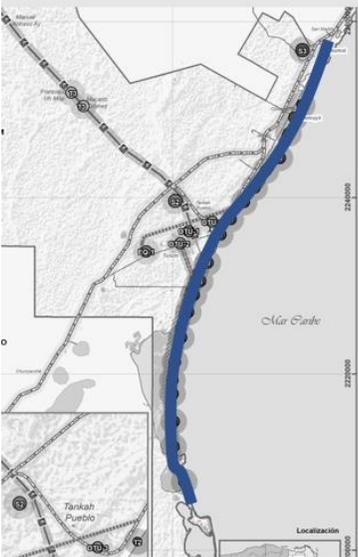
M3 Revitalización carretera costera peatonal con ciclopista

M4 Libramiento Zona Arqueológica – Carretera Chetumal – Cancún

M5 Acceso Av. Kukulcán - Playa

Nombre	<b>Ciclista Tulum – Coba</b>		<b>Clave: M1</b>
Localización	<b>Objetivo</b>		<b>Descripción</b>
	<p>Mejorar las condiciones de movilidad, así como las ambientales a través de la promoción de movilidad mediante bicicletas que disminuyan además el tráfico vehicular y el rescate de áreas verdes dentro de la zona.</p> 	<p>Se plantea la construcción de una ciclovía de dos carriles, bajo esquemas de accesibilidad universal, que garanticen el paso libre de usuarios mediante ciclovías que permitan su accesibilidad vial y la integración de estas conexiones hacia espacios verdes que integre aspectos de señalización y mobiliario urbano sustentable y áreas de descanso.</p>	
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 2 mdp Obra: 20 mdp.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>		

Nombre	Vía alternativa de servicios zona hotelera	Clave: M2
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Mejorar las condiciones de movilidad y la disminución de tráfico en la zona hotelera.</p> 	<p>Se plantea la construcción de un eje vial de 2 carriles paralelo a la zona hotelera, de manera que permita la conectividad vial y de servicios para mejorar con ello las condiciones de movilidad de transportes motorizados, así como la agilidad de transportes semimasivos y de uso particular, buscando con ello además mejorar la actual pavimentación y conectividad vial existente, así como la implementación de vías alternas que permitan el desahogo de las vialidades centrales de la zona hotelera.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 15 mdp Obra: 40 mdp x km.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>	

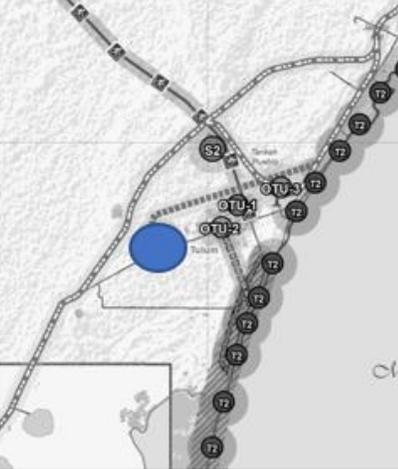
Nombre	<b>Revitalización carretera costera peatonal con ciclopista</b>	<b>Clave: M3</b>
Localización	<b>Objetivo</b>	<b>Descripción</b>
	<p>Rescatar y modernizar la antigua conexión costera peatonal con ciclopista.</p> 	<p>Se plantea la construcción de una vialidad intermunicipal primaria de dos carriles, con ciclopista y acceso peatonal, que permita mejorar la actual conexión viales costera, contará con áreas de descanso, zona peatonal, señalización, sendas peatonales, áreas de estacionamiento de bicicletas, jardineras y áreas verdes, etc.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> <b>Estudio de factibilidad: 15 mdp</b> <b>Obra: Dependerá del estudio de factibilidad.</b></p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>	

Nombre	Libramiento Zona Arqueológica – Carretera Chetumal – Cancún	Clave: M4
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>librar de congestiones las rutas de vialidad actuales dentro del municipio.</p> 	<p>Se plantea la elaboración de un libramiento que conecte: Zona Arqueológica – Carretera Chetumal – Cancún para agilizar el tránsito de vehículos pesados y motorizados de todo tipo, buscando además con ello eficientar el paso carretero de manera que disminuya tiempos de traslados a través la creación de carriles viales y equipamiento móvil y de señalización que mejoren la conectividad de transportes particulares y pesado.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> <b>Estudio de factibilidad: 20 mdp</b> <b>Obra: 20 mdp X km.</b></p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>	

Nombre	Acceso Av. Kukulkán - Playa	Clave: M5
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Conectar la Av. Kukulkán con las conexiones viales de la zona costera del municipio.</p> 	<p>Se plantea la construcción y consolidación de la actual Av. Kukulkán como uno de los accesos principales viales y peatonales hacia la zona costera del municipio, dotándola de infraestructura vial y de señalética que permita generar vialidades de movilidad alternas tanto viales como peatonales hacia la zona de playa y la zona hotelera.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 6 mdp Obra: dependerá del estudio.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>	

## Infraestructura y Equipamiento

### IE1 Universidad Estatal Campus Tulum

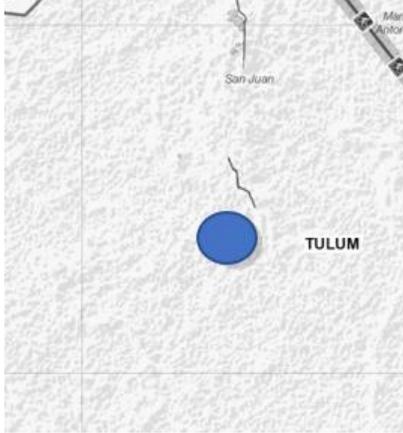
Nombre	<b>Universidad Estatal Campus Tulum</b>	<b>Clave: IE1</b>
Localización	<b>Objetivo</b>	<b>Descripción</b>
	<p>Crear infraestructura educativa que mejore las condiciones y los niveles de educación en el municipio.</p> 	<p>Se plantea la construcción de infraestructura educativa a nivel superior mediante una universidad estatal que permita no solo al municipio sino también a las localidades aledañas contar con una oferta de servicios educativos superiores, para ello se plantea que esta cuente con aulas, laboratorios, biblioteca, área de servicios, área de atención, áreas verdes, espacios recreativos y deportivos, etc.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 8 mdp Obra: dependerá del estudio.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>	

### Sustentabilidad

S1 Rescate de conservación de la Abeja Melipona (En municipio)

S2 Parque Ecológico de Tulum

S3 Programa Integral de Residuos Sólidos SEMA AKUMAL

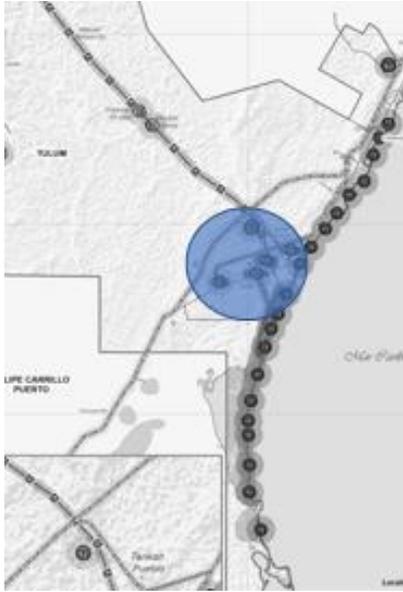
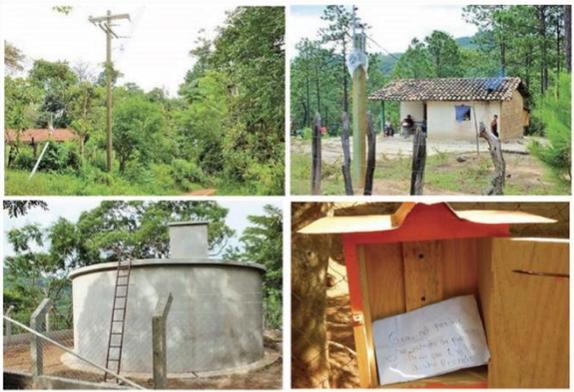
Nombre	Rescate de conservación de la Abeja Melipona	Clave: S1
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Preservar la Abeja Melipona como una de las especies en peligro y de importancia para el municipio.</p> 	<p>Se plantea la construcción espacio de conservación y resguardo de la Abeja Melipona que cuente además con un área de capacitación, de reproducción, de concientización ambiental, talleres de preservación, área de colmenas, área de producción, etc.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 3 mdp Obra: dependerá del estudio.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO - PRIVADA</p>	

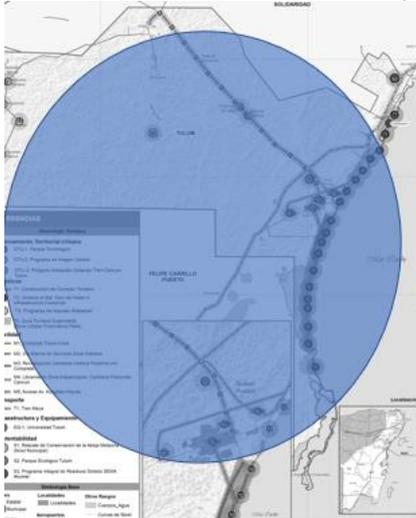
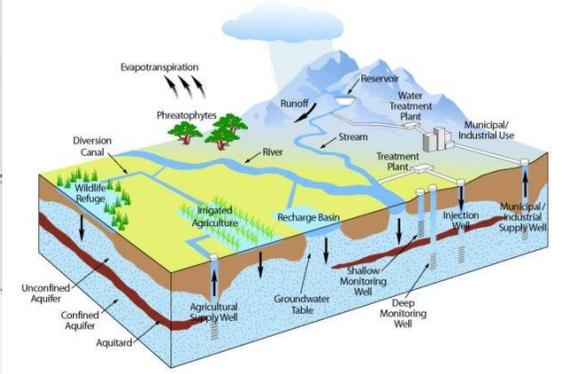
Nombre	Parque Ecológico de Tulum	Clave: S2
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Propiciar el desarrollo ecoturístico para mejorar la infraestructura de servicios.</p> 	<p>Espacio recreativo con actividades de bajo impacto ambiental en el que se propone contar área de restaurante, cabañas, plataforma de observación de aves, avistamiento de animales marinos, andadores, senderos naturales, recorridos temáticos, área de juegos infantiles, infraestructura para personas con discapacidades, área recreativa, vivero, áreas verdes, etc.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 3 mdp Obra: 40 mdp.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO - PRIVADA</p>	

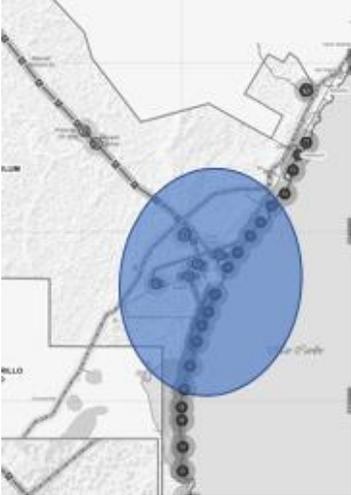
Nombre	Programa Integral de Residuos Sólidos SEMA AKUMAL	Clave: S3
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Fomentar el manejo y la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.</p> 	<p>Creación de un Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos que permita al municipio contar con un instrumento que defina los principios y las estrategias para el manejo adecuado de los residuos sólidos, a través de metas, objetivos, acciones y definición de responsabilidades.</p> <p>Que cuente además con indicadores medibles y cuantificables que permiten conocer el grado de cumplimiento de las metas de acuerdo con su periodicidad, y que además fomente el aprovechamiento y la valorización de residuos para disminuir la cantidad enviada a rellenos sanitarios.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> <b>Estudio de factibilidad: 7 mdp</b> <b>Obra: No aplica.</b></p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO - PRIVADA</p>	

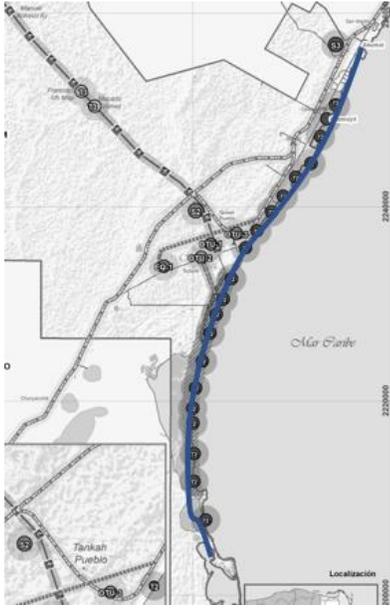
### Proyectos Transversales

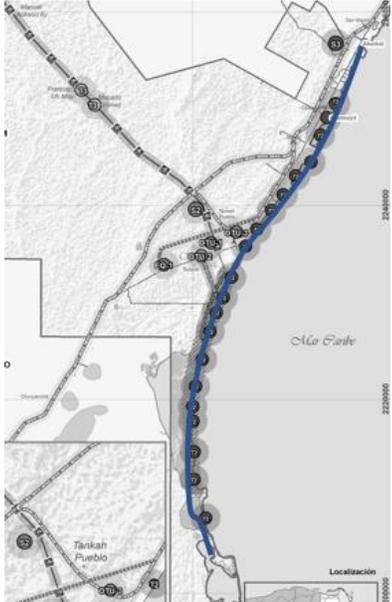
- Programa de infraestructura saneamiento y servicios básicos.
- Estudio geohidrológico para determinar nueva zona de extracción de agua potable.
- Imagen urbana del Pueblo Mágico.
- Proyecto ejecutivo del corredor costero playas públicas y zona arqueológica.
- Ciclopista turística camino costero.
- Actualización del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tulum.
- Estudio de factibilidad y delimitación de la zona metropolitana Riviera Maya.
- Saneamiento y clausura del tiradero a cielo abierto.

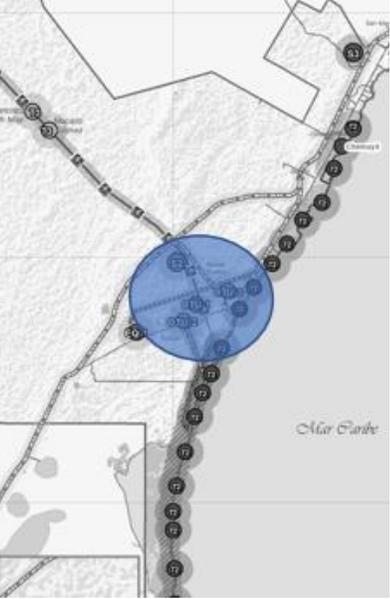
Nombre	Programa de infraestructura saneamiento y servicios básicos	Clave: PT1
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Fomentar y consolidar infraestructura de saneamiento y servicios básicos.</p> 	<p>Creación de un Programa de infraestructura saneamiento y servicios básicos que permita al municipio contar con un instrumento que defina los principios y las estrategias la creación de infraestructura y de servicios básicos como agua potable, drenaje, rellenos sanitarios, energía eléctrica, y alcantarillado.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 6 mdp Obra: No aplica.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>	

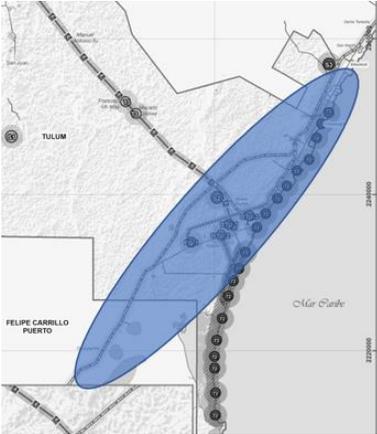
Nombre	<b>Estudio geohidrológico para determinar nueva zona de extracción de agua potable.</b>	<b>Clave: PT2</b>
Localización	<b>Objetivo</b>	<b>Descripción</b>
	<p>Contar con nuevas alternativas para propiciar el abastecimiento de agua potable en el municipio.</p> 	<p>Se plantea la creación de un estudio geohidrológico que permita estudiar las cuentas hidrológicas y las estructuras geográficas del municipio a fin de determinar zonas de posible aprovechamiento para extracción de agua potable en el municipio, buscando con ello mejorar el abastecimiento y las condiciones de servicios básicos para el mismo.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> <b>Estudio de factibilidad: 15 mdp</b> <b>Obra: No aplica.</b></p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> <b>PÚBLICO</b></p>	

Nombre	Imagen urbana del Pueblo Mágico	Clave: PT3
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Fomentar la inversión y el fortalecimiento comunitario dentro de la zona para el mejoramiento de la imagen urbana.</p> 	<p>Se plantea la realización de un estudio de Mejoramiento de la Imagen Urbana mediante el aprovechamiento de bienes inmuebles abandonados, por lo que dicho estudio debe identificar los inmuebles abandonados, los espacios públicos y el grado de deterioro de estos para así diseñar un plan de fortalecimiento a nivel de imagen urbana y de señalética y de reactivación social; asimismo, se debe llevar a cabo un diagnóstico de los recursos y fortalezas comunitarias que podrían contribuir a la mejora del municipio mediante creación de una paleta de colores, mobiliario urbano, áreas verdes y espacios de recreación entre otros.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> <b>Estudio de factibilidad: 8 mdp</b> <b>Obra: Dependerá del estudio.</b></p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>	

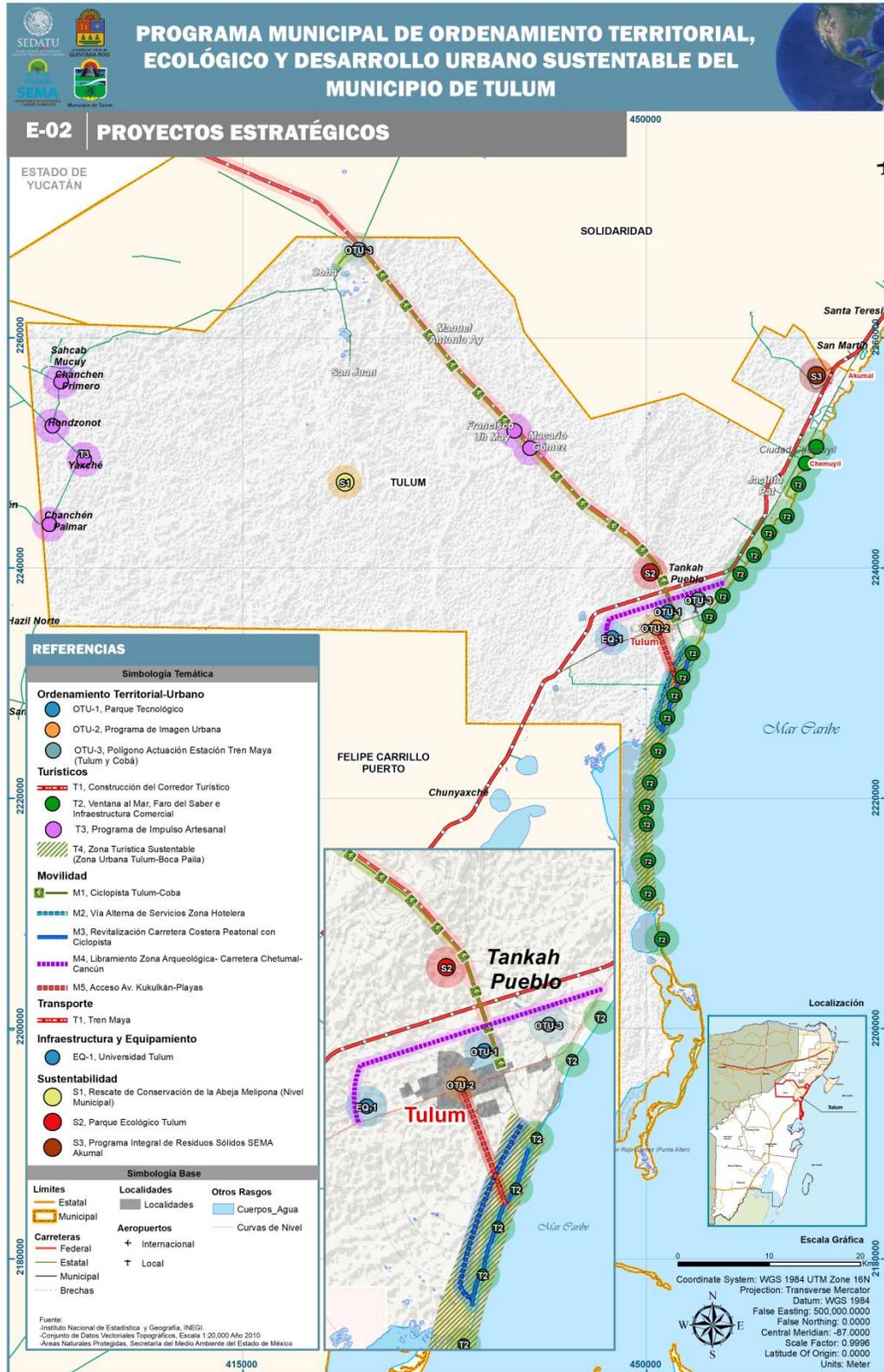
Nombre	Proyecto ejecutivo del corredor costero playas públicas y zona arqueológica.	Clave: PT4
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Fomentar la inversión y el fortalecimiento comunitario dentro de la zona para el mejoramiento de la imagen urbana.</p> 	<p>Se plantea la realización de un estudio que permita la realización del proyecto ejecutivo para determinar la creación del corredor costero de playas públicas y la zona arqueológica de Tulum, con la finalidad de buscar un ordenamiento planificado de dicha zona, así como de la determinación de equipamiento y obras necesarias para lograr dicho corredor.</p> <p>Se propone revisar el programa de parques público de playa que cuenta Fonatur.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 8 mdp Obra: Dependerá del estudio.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO - PRIVADA</p>	

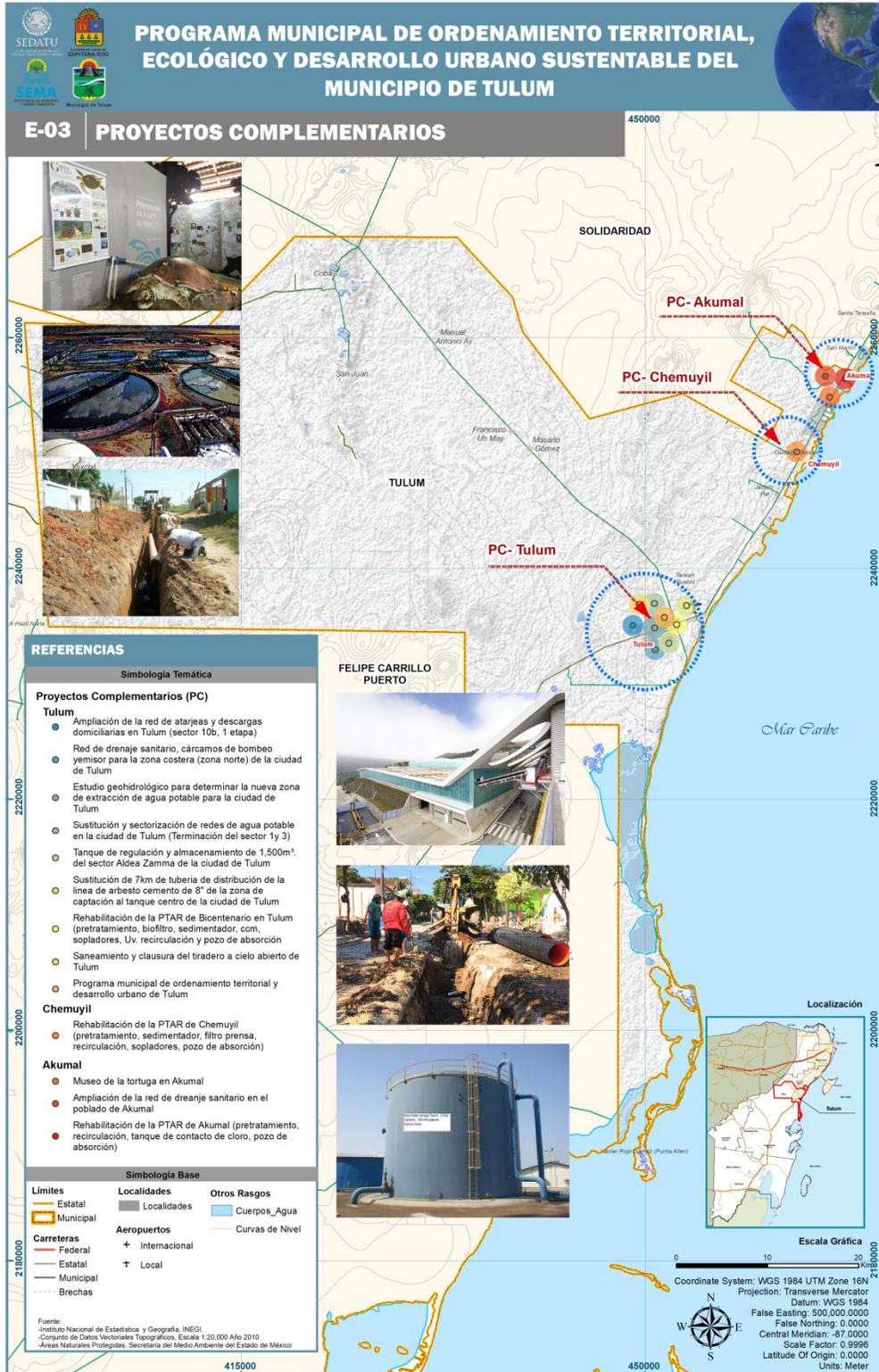
Nombre	<b>Ciclista turística camino costero.</b>	<b>Clave: PT5</b>
Localización	<b>Objetivo</b>	<b>Descripción</b>
	<p>Dotar de una conexión de movilidad al municipio mediante preceptos de bajo impacto ambiental y desarrollo social.</p> 	<p>Se plantea la construcción de una ciclista de dos carriles a lo largo de toda la zona costera, bajo esquemas de accesibilidad universal, que garanticen el paso libre de usuarios mediante ciclovías que permitan su accesibilidad vial y la integración de estas conexiones hacia espacios verdes que integre aspectos de señalización y mobiliario urbano sustentable y áreas de descanso.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 2 mdp Obra: 30 mdp.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO-PRIVADA</p>	

Nombre	Actualización del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tulum.	Clave: PT5
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Contar con un programa de desarrollo urbano actualizado y acorde al actual crecimiento poblacional del municipio.</p> 	<p>Se plantea la actualización del PDU del Centro Poblacional del municipio de Tulum, con la finalidad de contar con instrumentos actualizados que respondan al crecimiento y desarrollo urbano actual del municipio, de manera ordenada y planificada.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 2.5 mdp Obra: No aplica.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>	

Nombre	<b>Estudio de factibilidad y delimitación de la zona metropolitana Riviera Maya.</b>	<b>Clave: PT6</b>
Localización	<b>Objetivo</b>	<b>Descripción</b>
	<p>Contar con un programa de desarrollo urbano actualizado y acorde al actual crecimiento poblacional del municipio.</p> 	<p>Se plantea la realización de un estudio que permita establecer los límites de la Zona Metropolitana de la Riviera Maya, con la finalidad de generar el desarrollo de una metrópoli ordenada y con servicios urbano-modernos que correspondan ala realizad del crecimiento de la propia zona, especialmente con el establecimiento del Tren Maya dentro de la misma.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 4 mdp Obra: No aplica.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>	

Nombre	Saneamiento y clausura del tiradero a cielo abierto.	Clave: PT7
Localización	Objetivo	Descripción
	<p>Contar con un programa de desarrollo urbano actualizado y acorde al actual crecimiento poblacional del municipio.</p> 	<p>Se plantea la realización de un estudio que permita el saneamiento de los rellenos sanitarios y tiraderos al aire libre, así como la construcción sitios o estaciones específicas para la recolección adecuada de desechos, asimismo es importante que dicho estudio señale la necesidad de cumplir con las normas de sanidad en la que se establece que los tiraderos deben ser cerrado y no al aire libre para garantizar la sanidad de las localidades.</p>
<p><b>Costo de inversión</b> Estudio de factibilidad: 3 mdp Obra: No aplica.</p>	<p><b>Fuentes de financiamiento:</b> PÚBLICO</p>	





## 5. BIBLIOGRAFÍA

Campos. L. y Astorga A. 2009. La metodología del índice de fragilidad ambiental como herramienta de introducción integral de la dimensión ambiental en el ordenamiento del territorio en Costa Rica (conferencia presentada en el “Segundo Congreso Internacional sobre Geología y Minería en la Ordenación del Territorio y en el Desarrollo”, Utrillas-2009).

CEPAL. Método de árboles.  
[http://www.eclac.cl/ilpes/noticias/paginas/7/35117/04\\_ARBOLES.pdf](http://www.eclac.cl/ilpes/noticias/paginas/7/35117/04_ARBOLES.pdf) (consultada el 12 de junio de 2014).

Comisión Nacional de Población. Proyecciones de la Población 2010-2050.  
<http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones> (Consultada el 16 de abril del 2014).

Delgadillo Macías, J., coord., 2008. Política Territorial en México. Hacia un modelo de Desarrollo basado en el territorio. México: Sedesol, UNAM, Plaza y Valdés editores.

Delgadillo Macías, Javier, coord. 2008. Desarrollo Territorial en México: un balance general. En Política Territorial en México: hacia un modelo de desarrollo basado en el territorio, coords. Daniel Hiernaux y Rino Torres, 127-129. México: Sedesol, UNAM, Plaza y Valdés.

FAO. Tema 4. Evaluaciones para fines específicos. En Evaluación de Suelos.  
<http://edafologia.ugr.es/evaluacion/tema4/fao.htm> (consultada el 6 de mayo de 2014).

Gómez, Montserrat y José Barredo. 2006. Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio, 2ª ed. México: Alfa Omega.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Guía para la interpretación de cartografía. Uso potencial del suelo. Ed. 2005. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/> (consultada el 6 de junio de 2014).

Ley de Planeación. 2012. México: Gobierno de la República.

Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento del Territorio y Desarrollo Urbano. 2016. México: Diario Oficial de la Federación.

Ley General de Protección Civil. 2012. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios.

López Vázquez, Víctor y Gómez Delgado, M. 2008. Flexibilidad de los SIG para asistir a la toma de decisiones espaciales. Conferencia presentada en Actas del XI Coloquio Ibérico de Geografía en Alcalá de Henares, España.

Guía Metodológica para la Elaboración de Programas de Ordenamiento Territorial

Malczewski, Jacek. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons. USA. 1999.

Massiris, Ángel. 2001. Guía Conceptual y Metodológica para el Diseño de Escenarios de Uso y Aprovechamiento del Territorio. México: UNAM y Sedesol.

Massiris, Ángel. Ordenamiento Territorial y Procesos de Construcción Regional. <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/masir/inicio.htm> (consultada el 6 de mayo de 2014).

Palacio, José Luis, María Teresa Sánchez, et al, 2004. Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. México: SEMARNAT, INE, UNAM-IG y SEDESOL.

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.2013. México: Gobierno de la República.

Priego Santander, et al, 2008. Marco atípico. En Paisajes Físico-Geográficos de México. Edición digital. México: UNAM.

Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2014–2018. 2013. México: Gobierno de la República.

Saborío Viquez, María. 2010. Inclusión del Concepto de Riesgo dentro del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA). Tesina elaborada para Master Oficial en sustentabilidad, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.

Sánchez Salazar, María Teresa. 2008. Metodologías para el ordenamiento territorial. Conferencia presentada en el “Día Virtual de Ordenamiento Territorial”, el 13 de marzo de 2008 por el Instituto de Geografía/UNAM en México.

Sánchez, Casado y Gerardo Bocco. 2013. Reflexiones sobre sus avances y retos a futuro. En La política del ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica. México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. (Edición digital)

Secretaría de Economía. Desarrollo sustentable y el crecimiento económico en México. <http://www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/> (consultada el 13 de junio de 2014).

Secretaría del Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de Jalisco. 2011. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Cabo Corrientes, Jalisco. México: Secretaria del Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de Jalisco.

SEDESOL y UNAM-IG. 2005. Bases para la integración de un Sistema de Información para el Desarrollo Territorial. México: Sedesol y UNAM-IG.

SEDESOL y CONAPO. 2012. Catálogo Sistema Urbano Nacional 2012. México: SEDESOL, CONAPO.

Guía Metodológica para la Elaboración de Programas de Ordenamiento Territorial. Sedesol y UNAM. 2004. Guías metodológicas para la elaboración de Programas Estatales de Ordenamiento Territorial. 2ª generación. México: Sedesol y UNAM.

SEDESOL, CONAPO E INEGI. 2012. Delimitación de las Zonas metropolitanas de México 2010. México: SEDESOL, CONAPO, INEGI.

SEDESOL. 2010. Guía Metodológica para Elaborar Programas Municipales de Ordenamiento Territorial. México: Sedesol.

SEGAM. 2013. Etapa de Caracterización. En Estudio Técnico de Ordenamiento Ecológico Regional del Sitio Sagrado Natural de Huiricuta. México: SEGAM.

SEMARNAT. 2006. Anexo 3. Técnicas para la Identificación y Ponderación de Atributos. En Manual de Proceso de Ordenamiento Ecológico. 1a ed. México: Semarnat.

SEMARNAT. Ordenamiento Ecológico del Territorio. <http://web2.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Paginas/OrdGenTerr.aspx> (consultada el 21 de mayo de 2014).

SEMARNAT. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. (POEGT). México. 2013.

Soms García, Esteban. 1995. Conceptos básicos. En Apuntes Metodológicos para la Elaboración de Estrategias y Planes Regionales. Chile: MIDEPLAN/PNUD.

Soms García, Esteban. 1997. Herramientas para el Análisis de la Cartera de Proyectos Regionales. Chile. MIDEPLAN.

Soms García, Esteban. 2003. Estrategia Regional y Plan Regional de Gobierno: Guía Metodológica. Chile: División de Planificación Regional. Ministerio de Planificación.

## 6. GLOSARIO

**Actividades incompatibles:** Aquellas que se presentan cuando un sector disminuye la capacidad de otro para aprovechar los recursos naturales, mantener los bienes y los servicios ambientales o proteger los ecosistemas y la biodiversidad de un área determinada (Reglamento de la LGEEPA en MOE Art. 3, Fracc. I).

**Actividades cinegéticas o caza:** La actividad que consiste en dar muerte a un ejemplar de fauna silvestre a través de medios premeditados. (Ley General de Vida Silvestre Artículo 3 Fracción V)

**Acuicultura:** Es el conjunto de actividades dirigidas a la reproducción controlada, preengorda y engorda de especies de la fauna y flora realizadas en instalaciones ubicadas en aguas dulces, marinas o salobres, por medio de técnicas de cría o cultivo, que sean susceptibles de explotación comercial, ornamental o recreativa (Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables Artículo 4, Fracción I)

**Acuicultura industrial:** Sistemas de producción de organismos acuáticos a gran escala, con alto nivel de desarrollo empresarial y tecnológico y gran inversión de capital de origen público o privado (Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables Artículo 4, Fracción IV Bis).

**ACUÍFERO:** Cualquier formación o estructura geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, situada encima de una capa impermeable que posee la capacidad de almacenar agua que fluye en su interior, por la que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo. Los términos manto acuífero, estrato acuífero y depósito acuífero son sinónimos.

**AFECTACIÓN AMBIENTAL:** La pérdida, menoscabo o modificación de las condiciones químicas, físicas o biológicas de la flora y fauna silvestres, del paisaje, suelo, subsuelo, agua, aire o de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y la afectación a la integridad de la persona es la introducción no consentida en el organismo humano de uno o más contaminantes, la combinación o derivación de ellos que resulte directa o indirectamente de la exposición a materiales o residuos y de la liberación, descarga, desecho, infiltración o incorporación ilícita de dichos materiales o residuos en la atmósfera, en el agua, en el suelo, en el subsuelo y en los mantos freáticos o en cualquier medio o elemento natural.

**AFLUENTE:** fluido líquido o gaseoso que se descarga en el medio ambiente.

**AGROFORESTAL:** La combinación de agricultura y ganadería conjuntamente con el cultivo y aprovechamiento de especies forestales (LDRS Artículo 3, fracción IV); forma de uso de la tierra en donde leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando el principio de sostenibilidad. (Sistemas Agroforestales, Fichas Técnicas para el Desarrollo Rural, Componente de Conservación y Uso Sustentable del Suelo y Agua COUSSA, SAGARPA)

**AGUA FREÁTICA:** manto acuífero subterráneo, más o menos continuo que descansa sobre la primera capa impermeable. Se trata de aguas que pueden acumularse tanto en rocas sueltas porosas, como en rocas duras agrietadas que carecen de presión hidrostática y de las condiciones necesarias para ser ascendentes.

**AGUA POTABLE:** es aquella apta para el consumo humano, incolora e inodora, oxigenada, libre de bacterias patógenas y de compuestos de nitrógeno y de un grado de dureza inferior a 30. Los límites bacteriológicos que determinan la potabilidad del agua son los siguientes: dos organismos coliformes por cada cien mil no contener partículas fecales en suspensión. Las características organolépticas deberán ser: pH de 6.9 a 8.5; turbiedad, hasta 10 unidades en la escala de Sílice, o su equivalente en otro método.

**AGUAS NEGRAS:** aguas residuales que provienen de las casas habitación y que no han sido utilizadas con fines industriales, comerciales, agrícolas o pecuarios.

**AGUAS RESIDUALES:** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas (LAN Art. 3, Fracc. IV).

**AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS:** Las provenientes del uso particular de las personas y del hogar (NOM-002-SEMARNAT-1996 Numeral 3.4). Son aquellas provenientes de inodoros, regaderas, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes, (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos (NMX-AA-164-SCFI-2012 Numeral 4.3).

**AGUAS RESIDUALES DE PROCESO:** Son las resultantes de la producción de un bien o servicio comercializable.

**AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES:** Son aquellas que se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza pueden contener, además de los componentes de las aguas domésticas, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre, solventes, grasas y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado (NMX-AA-164-SCFI-2012 Numeral 4.4).

**AGUAS RESIDUALES TRATADAS:** Son aquellas que mediante procesos individuales o combinados de tipo físicos, químicos, biológicos u otros, se han adecuado para hacerlas aptas para su reúso en servicios al público (NOM-003-SEMARNAT-1997 Numeral 3.3).

**ALTITUD:** altura de un punto geográfico considerada a partir del nivel medio del mar que es de cero metros.

**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.

**AMENAZA:** riesgo inminente de ocurrencia de un desastre. Puede manifestarse en un lugar específico con una intensidad y dirección determinada. Signo de peligro, desgracia o molestia.

**ANÁLISIS DE RIESGOS:** es el desarrollo de una estimación cuantitativa del riesgo, basado en técnicas matemáticas que combinan la estimación de las consecuencias de un incidente y sus frecuencias. También puede definirse como la identificación y evaluación sistemática de objetos de riesgo y peligro.

**APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE:** La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos (LGEEPA Art. 1, Fracc. V).

**APROVECHAMIENTO FORESTAL:** la extracción realizada en los términos de la LGDFS, de los recursos forestales del medio en que se encuentren, incluyendo los maderables y lo no maderables.(LGDFS Art. 7, Fracc. I)

**APTITUD DEL TERRITORIO:** Capacidad del territorio para el desarrollo de actividades humanas (Reglamento de la LGEEPA en MOE, Art. 3, Fracc. III).

**ÁREA NATURAL PROTEGIDA:** zona del territorio en donde la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, dentro de cuyo perímetro el ambiente original no ha sido significativamente alterado por la actividad del hombre y ha quedado sujeta al régimen de protección que establece la ley.

**Área suburbana:** La caracterizada por presentar asentamientos humanos, en la que se ofrecen uno o más servicios urbanos básicos, generalmente localizada en la periferia de las ciudades y colindando con usos no urbanos en su parte externa. Asimismo, puede ubicarse de forma aislada pero con alta dependencia económica y funcional respecto de un área urbana (NOM-129-SEMARNAT-2006 Numeral 3.3)

**Área Urbana:** La caracterizada por presentar asentamientos humanos concentrados de más de 15,000 habitantes. Estas zonas son ocupadas por la infraestructura, el equipamiento, los servicios, las instalaciones y edificaciones de un centro de población (NOM-129-SEMARNAT-2006, Numeral 3.4).

**ARIDEZ:** característica que presentan algunas regiones geográficas cuando la proporción de evaporación y condensación de la humedad ambiental excede a la precipitación pluvial del sitio, produciéndose en consecuencia, un alto déficit de agua.

**ARROYO:** Corriente de agua. Generalmente se atribuye a los ríos de bajo caudal.

**ASENTAMIENTO HUMANO:** establecimiento provisional de un grupo de personas, con el conjunto de sus sistemas de subsistencia en un área físicamente localizada.

**ATLAS DE RIESGO:** serie de mapas con diversas características y escalas, que informan por sí mismos de los eventos naturales y sociales, que pueden representar algún tipo de desastre para la población.

**ATMÓSFERA:** masa gaseosa que envuelve a la Tierra, constituida por el aire, la mezcla de gases y vapores contenidos en suspensión y materias sólidas finamente pulverizadas, así como iones y hasta partículas nucleares. Datos e información geográfica referidos al medio atmosférico nacional. Ejemplo: Climas, precipitación, temperatura, humedad, vientos, ciclones, huracanes, nevadas, contaminación del aire, etc.

**AUTOCONSTRUCCIÓN:** procedimiento de edificación, principalmente de viviendas, en el cual participa la comunidad beneficiada, con la asesoría y bajo la dirección de personal especializado.

**Banco de material:** Sitio determinado por la autoridad correspondiente para extracción de materiales necesarios para la construcción y/o conservación de una obra (NOM-129-SEMARNAT-2006, Numeral 3.5).

Bienes y servicios ambientales: estructuras y procesos naturales necesarios para el mantenimiento de la calidad ambiental y realización de las actividades humanas (Reglamento de la LGEEPA en MOE, Art. 3, Fracc. VII).

Bioenergéticos: Combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades, agrícola, pecuaria, silvícola, acuicultura, residuos de la pesca, domésticas, comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados, producidos, por procesos tecnológicos sustentables que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente en los términos de la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos. (LPDB Artículo 2, Fracción II)

**BIODIVERSIDAD:** Es toda la variedad de vida en la Tierra. Puede abordarse de tres maneras: como variedad de ecosistemas, variedad de especies y variedad de genes. La encontramos en todos los niveles, desde la molécula de ADN hasta los ecosistemas y la biósfera. Todos los sistemas y entidades biológicas están interconectados y son interdependientes. La importancia de la biodiversidad estriba en que nos facilita servicios esenciales: protege y mantiene los suelos, regula el clima y hace posible la biosíntesis, proporcionándonos así el oxígeno que respiramos y la materia básica para nuestros alimentos, vestidos, medicamentos y viviendas.

**Cabaña Ecoturística.-** Unidad de alojamiento construida con materiales de la región con el empleo de arquitectura bioclimática y técnicas tradicionales de construcción. Cuentan con una superficie máxima de desplante de hasta 100 m<sup>2</sup> y hasta dos niveles. En su diseño se aplican ecotecnias tales como generación alternativa de energía, captación de agua de lluvia y manejo integral de residuos. Pueden albergar hasta cuatro ocupantes. El diseño debe contar con la validación de la Secretaría de Turismo Estatal, de conformidad con lo establecido en el Reglamento de la Ley de Turismo Estatal.

**Capacidad de carga:** Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperación en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico (LAN Art. 3, Fracc. X);

**Capacidad de carga turística:** Se refiere al número máximo de visitantes, que un área donde se practique el ecoturismo puede soportar, de acuerdo a la tolerancia del ecosistema y al uso de sus componentes, de manera que no rebase su capacidad de recuperarse en el corto plazo, sin disminuir la satisfacción del visitante se ejerza un impacto adverso sobre la sociedad, la economía o la cultura de un área (NMX-AA-133-SCFI-2006 numeral 3.6);

**Cambio de Uso de Suelo:** Modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación (Reglamento de la LGEEPA en MEIA, Art. 3, Fracc. I)

**CICLO:** serie de fases por las que pasa un fenómeno físico a partir de su nacimiento, desarrollo, y vuelta al punto en donde se inició. Se aplica al ciclo de vida de una calamidad o al proceso que se desarrolla a partir del impacto de la misma en el sistema afectable.

**CLIMA:** conjunto de condiciones atmosféricas de un lugar determinado, constituido por una diversidad de factores físicos y geográficos, que caracterizan y distinguen a una región. Los principales elementos del clima son: insolación, temperatura, precipitación, presión atmosférica, humedad, vientos y nubosidad. También se llama así a la descripción estadística del estado del tiempo en un lapso suficientemente amplio como para ser representativo; usualmente se considera un mínimo de 30 años, en un lugar determinado. La diferencia entre tiempo y clima estriba en que al primero se le define como la suma total de las propiedades físicas de la atmósfera en un período cronológico corto; es decir, se trata del estado momentáneo de la atmósfera. Mientras que el tiempo varía de un momento a otro, el clima varía de un lugar a otro. Al clima lo estudia la climatología; al tiempo lo estudia la meteorología, que es la disciplina que se ocupa de las propiedades de la atmósfera y de los fenómenos físicos y dinámicos que en ella ocurren. Cuando se habla del clima de una región, debe hacerse referencia tanto a los valores medios como a los extremos alcanzados por cada variable.

**COLAPSO DE SUELO:** falla o hundimiento en una zona, ya sea por efecto de su propia carga o de una carga ajena.

**Composta:** Material inodora, estable y parecido al humus, rico en materia orgánica, resultado del proceso de compostaje de los residuos biodegradables. (LRQROO Artículo 8, Fracción VI)

**Composteo:** Proceso de descomposición aeróbica de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos específicos. (LRQROO Artículo 8, Fracción VII)

**Conservación:** La protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de la vida silvestre, dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo (LGVS, Art. 3, Fracc IX).

**CONTAMINACIÓN AMBIENTAL:** situación caracterizada por la presencia en el medio ambiente de uno o más elementos nocivos, en tal forma combinados que, atendiendo a sus características y duración, en mayor o menor medida causan un desequilibrio ecológico y dañan la salud y el bienestar del hombre, perjudicando también la flora, la fauna y los materiales expuestos a sus efectos.

**CONTAMINACIÓN DEL AGUA:** proceso ecológico degenerativo, en el curso del cual el agua incorpora microorganismos patógenos, sustancias químicas, tóxicas, minerales, y ocasionalmente, radiactivas, en suspensión y en concentraciones variables. La contaminación del agua puede producirse de manera mecánica, biológica y química. Las aguas superficiales se contaminan, a partir del agua de lluvia que arrastra bacterias y otras impurezas, descargas de las aguas de uso doméstico, descargas de las aguas con desechos de las poblaciones urbanas y descargas de los efluvios de las industrias. Las aguas subterráneas pueden contaminarse por la infiltración de agentes químicos y biológicos: en las actividades agrícolas, por el uso de plaguicidas, fertilizantes y otros productos similares derivados de desechos bacteriales provenientes de fosas sépticas residenciales y pozos negros o letrinas; de los basureros o tiraderos urbanos y del fecalismo al aire libre.

**CONTAMINACIÓN DEL AIRE:** se considera que el aire está contaminado cuando contiene impurezas en forma de humos, gases, vapores, cenizas, polvos, partículas en suspensión, bacterias patógenas, elementos químicos extraños y partículas radiactivas, durante lapsos prolongados y en cantidades que rebasen los grados de tolerancia permitidos, y que además resultan dañinos a la salud humana, a sus recursos o a sus bienes. En el fenómeno de la contaminación del aire, atendiendo al punto de vista de las causas que la producen, existen dos aspectos fundamentales a considerar: las fuentes contaminantes y la capacidad de ventilación atmosférica del medio. Las fuentes contaminantes se clasifican en fijas, móviles y naturales. Las siguientes son las más importantes: industrias, depósitos y almacenamientos; medios de transporte; actividades agrícolas; actividades domésticas y fuentes naturales.

**CONTAMINACIÓN DEL SUELO:** un suelo se considera contaminado cuando su composición química y sus características bióticas, entrañan peligros para la vida. Muy a menudo este tipo de contaminación es resultado de la acumulación de desechos sólidos y líquidos que contienen sustancias químicas tóxicas, materias no biodegradables, materias orgánicas en descomposición o microorganismos peligrosos. La contaminación de un suelo equivale muchas veces a su inutilidad total.

Las principales causas de la contaminación de los suelos son las siguientes: prácticas agrícolas nocivas, basadas en el uso de aguas negras o de aguas de ríos contaminados; uso indiscriminado de pesticidas, plaguicidas y fertilizantes peligrosos en la agricultura; carencia o uso inadecuado de sistemas tecnificados de eliminación de basuras urbanas; actividades industriales con sistemas inadecuados para la eliminación de los desechos y causas naturales.

**CONTINGENCIA:** posibilidad de ocurrencia de una calamidad que permite preverla y estimar la evolución y la probable intensidad de sus efectos, si las condiciones se mantienen invariables.

**Corredores biológicos:** Son puentes entre reservas naturales que permiten el movimiento de especies, en particular de aquéllas con grandes requerimientos de espacio. Ayudan a conservar la estructura de los ecosistemas, proporcionan una serie de servicios ambientales (PROY-NMX-AA-000-SCFI-2011, Numeral 4.9). Ruta geográfica que permite el intercambio y migración de las especies de flora y fauna silvestre dentro de uno o más ecosistemas, cuya función es mantener la conectividad de los procesos biológicos para evitar el aislamiento de las poblaciones (LGCC, Art. 3, Fracc. IX)

**CRISIS:** estado delicado y conflictivo en el cual, por circunstancias de origen interno o externo, se rompe el equilibrio y la normalidad de un sistema y se favorece su desorganización.

**CUENCA:** es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia el mismo punto de salida\* Es un área que tiene una salida única para su escurrimiento superficial. En otros términos, una cuenca es la totalidad del área drenada por un río o su afluente, tales que todo el escurrimiento natural originado en tal área es descargado a través de una única salida.

**CUENCA de hundimiento:** depresión delimitada por fallas.

**CUENCA HIDROLÓGICA:** superficie de tierra en la cual el agua que escurre drena a un cauce principal, limitándose por una línea que pasa por la parte más alta de las montañas que se conoce como parteaguas. Existen dos tipos de cuencas hidrológicas: cuenca cerrada, sus aguas no salen de los límites de su parteaguas; y cuenca abierta, drena sus aguas al mar.

**CURVAS DE NIVEL:** líneas que unen puntos de igual elevación en un terreno, referidas al nivel del mar.

**DAÑO:** la pérdida o menoscabo sufrido en la integridad o en el patrimonio de una persona determinada o entidad pública como consecuencia de los actos u omisiones en la realización de las actividades con incidencia ambiental. Por lo que deberá entenderse como daño a la salud de la persona, la incapacidad, enfermedad, deterioro, menoscabo, muerte o cualquier otro efecto negativo que se le ocasione directa o indirectamente por la exposición a materiales o residuos, o bien daño al ambiente, por la liberación, descarga, desecho, infiltración o incorporación de uno o más de dichos materiales o residuos en el agua, el suelo, el subsuelo, en los mantos freáticos o en cualquier otro elemento natural o medio; hay también daños materiales (leves, parciales y totales), productivos (internos y externos al sistema) y sociales (a la seguridad, a la subsistencia y a la confianza).

**DEGRADACIÓN DE SUELOS:** evolución de un suelo en sentido desfavorable. Acción y efecto de disminuir o rebajar el relieve, proceso que se realiza mediante la incidencia de tres factores principalmente: meteorización, remoción en masa y erosión.

**DERRUMBE:** fenómeno geológico que consiste en la caída libre y en el rodamiento de materiales en forma abrupta, a partir de cortes verticales o casi verticales de terrenos en desnivel. Se diferencia de los deslizamientos, por ser la caída libre su principal forma de movimiento, y por no existir una bien marcada superficie de deslizamiento. Los derrumbes pueden ser tanto de rocas como de suelos. Los derrumbes de suelos no son generalmente de gran magnitud, ya que su poca consolidación impide la formación de cortes de suelo de gran altura; en cambio, los de rocas sí pueden producirse en grandes riscos y desniveles.

**DERRUMBAMIENTOS DE DETRITOS:** el volumen de la masa está constituido por detrito rocoso, contienen más agua que los deslizamientos de detritos.

**DESARROLLO** de un agente perturbador: fase de crecimiento o intensificación de un fenómeno destructivo o calamidad.

**DESASTRE:** evento concentrado en tiempo y espacio, en el cual la sociedad o una parte de ella sufren daños severos por el impacto de una calamidad devastadora, sea de origen natural o antropogénico, enfrentando la pérdida de sus miembros infraestructura o entorno, de tal manera que la estructura social se desajusta y se impide el cumplimiento de las actividades esenciales de la sociedad, afectando el funcionamiento de los sistemas de subsistencia.

**DESECHO:** residuo que no es susceptible de volver a emplearse como materia prima en la elaboración de otros productos.

**DESERTIFICACIÓN:** cambio ecológico que despoja a la tierra de su capacidad para sostener y reproducir vegetación, actividades agropecuarias y condiciones de habitación humana. Desde el punto de vista de las causas que la generan, la desertificación está relacionada con la deforestación, la erosión, el sobrepastoreo, entre otras.

**DESLIZAMIENTO:** fenómeno de desplazamiento masivo de material sólido que se produce bruscamente, cuesta abajo, a lo largo de una pendiente cuyo plano acumula de manera parcial el mismo material, autolimitando su transporte. Este movimiento puede presentar velocidades variables, habiendo registrado aceleraciones de hasta 320 km/h.

**DESLIZAMIENTOS DE ROCAS:** son masas de substrato que se deslizan o resbalan a lo largo de lo que, en general, son superficies de estratificación diaclasas o fallas.

**DESMORONAMIENTO:** es provocado por un movimiento intermitente de masas de tierra o de rocas en una distancia corta, e involucra una rotación hacia atrás de la masa o las masas en cuestión, como resultado de la cual la superficie de la masa desmoronada muestra a menudo un declive inverso.

**DESPRENDIMIENTO:** fragmentación y caída, cercana a la vertical, de material consistente.

**DETRITUS:** en sentido tradicional, acumulación de pequeñas partículas de roca acarreadas por los vientos. En ecología, la palabra se ha utilizado últimamente para describir toda la materia orgánica no viva de un ecosistema.

**DIAGNÓSTICO:** proceso de acercamiento gradual al conocimiento analítico de un hecho o problema, que permite destacar los elementos más significativos de una alteración en la realidad analizada. El diagnóstico de un determinado lugar, entre otros datos, permite conocer los riesgos a los que está expuesto por la eventual ocurrencia de una calamidad.

**Ecoalojamiento:** Alojamiento turístico que depende o se encuentra en áreas naturales y que incorpora la filosofía y los principios del ecoturismo; éste servicio ofrece al turista una experiencia educacional y participativa con el medio ambiente, debiendo desarrollarse y operar de una manera ambientalmente sensible para la protección del entorno ecológico (Reg. de la LTQROO, Artículo 2, fracción V).

**Ecoturismo:** Aquella modalidad turística ambientalmente responsable consistente en viajar o visitar espacios naturales relativamente sin perturbar, con el fin de disfrutar, apreciar y estudiar los atractivos naturales de dichos espacios; así como cualquier manifestación cultural del presente y del pasado que puedan encontrarse ahí, a través de un proceso que promueve la conservación, tiene bajo impacto ambiental y cultural e induce un involucramiento activo y socio-económicamente benéfico de las poblaciones locales (NMX-AA-133-SCFI-2006 numeral 3.14).

**ECOSISTEMA:** grupo de plantas y animales que conviven en la parte del ambiente físico en el cual interactúan. Es una entidad casi autónoma para su subsistencia, ya que la materia que fluye dentro y fuera del mismo es pequeña en comparación con las cantidades que se reciclan dentro, en un intercambio continuo de las sustancias esenciales para la vida.

**Elemento natural:** Los elementos físicos, químicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre (LGEEPA Art. 3 Fracc. XV).

**EFEECTO DE INVERNADERO:** aquél en el que la radiación solar pasa a través del aire y su energía es absorbida por la tierra; a su vez la tierra radia esta energía en forma de calor (radiación infrarroja) y ésta es absorbida por el aire, específicamente por el bióxido de carbono. En este proceso el aire se comporta como el vidrio de un invernadero, que permite el paso de la radiación solar y no permite la salida de las radiaciones infrarrojas generadas en la tierra. Por lo anterior, algunos científicos piensan que el aumento del bióxido de carbono en la atmósfera puede ir elevando la temperatura y producir una catástrofe en nuestro planeta. El contenido del bióxido de carbono en la atmósfera se ha incrementado notablemente en nuestros días, si se compara con las cantidades medidas a principios de siglo.

**ELEVACIÓN:** distancia vertical comprendida entre un punto considerado sobre la superficie terrestre y el nivel medio del mar.

**EMERGENCIA:** situación o condición anormal que puede causar un daño a la sociedad y propiciar un riesgo excesivo para la salud y la seguridad del público en general. Conlleva a la aplicación de medidas de prevención, protección y control sobre los efectos de una calamidad. Como proceso específico de la conducción o gestión para hacer frente a situaciones de desastre, la emergencia se desarrolla en 5 etapas: identificación, evaluación, declaración, atención y terminación. Se distinguen, además, cuatro niveles de emergencia: interno, externo, múltiple y global, con tres grados cada uno.

**EMISIÓN:** descarga directa o indirecta a la atmósfera de energía, de sustancias o de materiales, en cualquiera de sus estados físicos.

**ENDEMIAS:** presencia continua de una enfermedad o de un agente infeccioso dentro de una zona geográfica determinada. También puede significar la prevalencia usual de una determinada enfermedad dentro de esa zona.

**Energías renovables:** Aquellas reguladas por la LGAERFTE, cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que se enumeran a continuación (Ley General para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética “LGAERFTE”, Art. 3, Fracc. II):

- a) El viento;
- b) La radiación solar, en todas sus formas;
- c) El movimiento del agua en cauces naturales o artificiales;
- d) La energía oceánica en sus distintas formas, a saber: maremotriz, maremotérmica, de las olas, de las corrientes marinas y del gradiente de concentración de sal;
- e) El calor de los yacimientos geotérmicos;
- f) Los bioenergéticos, que determine la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, y
- g) Aquellas otras que, en su caso, determine la Secretaría, cuya fuente cumpla con el primer párrafo de esta fracción;

Energía térmica: Para efectos del presente Programa de Ordenamiento Ecológico se considera como energía térmica a la energía necesaria para el calentamiento de agua y alimentos en los desarrollos turísticos.

ENTORNO o medio ambiente: conjunto de elementos naturales o generados por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados, propiciando la existencia, transformación y desarrollo de organismos vivos.

EQUILIBRIO ECOLÓGICO: relación de interdependencia que se da entre los elementos que conforman el medio ambiente, misma que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos.

EROSIÓN: conjunto de fenómenos que disgregan y modifican las estructuras superficiales o el relieve de la corteza terrestre. Los agentes que producen la erosión son de tipo climático: -viento (eólica), lluvia (pluvial), hielo (glacial), oleaje marino (marina), etc.- o biológico; los procesos desencadenados son puramente físicos o químicos, con modificación en este caso de la composición de las rocas.

ESCALA DE RICHTER: instrumento de medida que sirve para conocer la magnitud de un sismo, esto es: la cantidad de energía que se libera durante el terremoto en forma de ondas sísmicas. Fue propuesta en 1935 por el geólogo californiano Charles Richter.

ESCENARIO DE DESASTRE: presentación de situaciones y actos simultáneos o sucesivos que, en conjunto, constituyen la representación de un accidente o desastre simulados.

Especie exótica: Aquellos individuos de flora o fauna que se encuentran fuera de su ámbito de distribución natural, lo que incluye a los híbridos y modificados. (modificada de NOM-022-SEMARNAT-2003).

Especie exótica invasora: Es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública. (LGVS)

**ESTACIÓN METEOROLÓGICA:** sitio donde se evalúan las condiciones actuales del tiempo; consta de un espacio donde se instalan los instrumentos meteorológicos, entre los cuales se consideran como más frecuentes el abrigo o garita de instrumentos, el pluviómetro, el evaporómetro, la veleta, etcétera.

**ESTADO DE EMERGENCIA:** situación anormal que puede causar un daño o proporcionar un riesgo excesivo para la seguridad e integridad de la población en general, generada o asociada con la inminencia, alta probabilidad o presencia de un agente perturbador. Se declara cuando se afecta una entidad federativa y/o se rebasa su capacidad de respuesta, requiriendo el apoyo federal.

**Estero:** terreno bajo, pantanoso, que suele llenarse de agua por la lluvia o por desbordes de una corriente, o una laguna cercana o por el mar (LAN).

**Estrategia ecológica:** La integración de los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigida al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el área de estudio (Reglamento de la LGEEPA en MOE Art. 3, Fracc. XII).

**Estuario:** Es un ecosistema costero cuya fisiografía es semicerrada con conexión al mar abierto y cuya característica es la dilución de agua marina con aporte de agua dulce proveniente de un escurrimiento continental, por lo que la salinidad varía entre 3 y 25 partes por mil. Los sistemas estuarinos incluyen estuarios, deltas, lagunas costeras, esteros, manglares, zonas lodosas y arrecifes. (NOM-022-SEMARNAT-2003).

**EUTROFICACIÓN:** proceso por medio del cual al recibir un lago un gran aporte de ciertos nutrientes -como pueden ser fosfatos-, se desarrolla la vegetación en tal forma que se produce la disminución gradual del oxígeno en el propio lago y, por lo tanto, la muerte de otras especies. Con el paso del tiempo, ese lago empieza a secarse y termina por desaparecer como tal, quedando sólo vegetación.

**EVACUACIÓN,** procedimiento de: medida de seguridad por alejamiento de la población de la zona de peligro, en la cual debe preverse la colaboración de la población civil, de manera individual o en grupos. En su programación, el procedimiento de evacuación debe considerar, entre otros aspectos, el desarrollo de las misiones de salvamento, socorro y asistencia social; los medios, los itinerarios y las zonas de concentración o destino; la documentación del transporte para los niños; las instrucciones sobre el equipo familiar, además del esquema de regreso a sus hogares, una vez superada la situación de emergencia'.

**EVAPOTRANSPIRACIÓN:** pérdida de agua de un suelo a través de la transpiración de la vegetación y de la propia evaporación.

**EXPLOSIÓN:** fenómeno originado por la expansión violenta de gases, se produce a partir de una reacción química, o por ignición o calentamiento de algunos materiales, se manifiesta en forma de una liberación de energía y da lugar a la aparición de efectos acústicos, térmicos y mecánicos.

**FENÓMENO GEOLÓGICO:** agente perturbador que tiene como causa directa las acciones y movimientos de la corteza terrestre. A esta categoría pertenecen los sismos, las erupciones volcánicas, los tsunamis o maremotos, la inestabilidad de laderas, flujos, caídos o derrumbes, hundimientos, subsidencia y agrietamientos. Ver agente perturbador de origen geológico.

**FENÓMENO HIDROMETEOROLÓGICO:** agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones fluviales, pluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad;

**FRACTURA:** superficie de ruptura en rocas a lo largo de la cual no ha habido movimiento relativo, de un bloque respecto del otro.

**FREÁTICO:** nivel de las aguas acumuladas en el subsuelo sobre una capa impermeable del terreno; pueden aprovecharse por medio de pozos. También se da este nombre a la capa del subsuelo que las contiene y almacena.

**FUENTE CONTAMINANTE:** todos aquellos elementos que en el medio ambiente contribuyen a su alteración y deterioro, como el monóxido de carbono, el plomo, los óxidos de azufre, etcétera.

**GEOHIDROLOGÍA (Hidrogeología):** rama de la Geología que se encarga del estudio de los cuerpos de agua en el subsuelo, conocidos como acuíferos.

**GEOLOGÍA:** ciencia que se encarga del estudio del origen, evolución y estructura de la Tierra, su dinámica y de la búsqueda y aprovechamiento de los recursos naturales no renovables asociados a su entorno.

**GEOTECNIA:** aplicación de principios de ingeniería, a la ejecución de obras públicas en función de las características de los materiales de la corteza terrestre.

**GRADIENTE:** grado de variación de una magnitud con relación a la unidad. También es la medida de la variación de un elemento meteorológico en función de la distancia y dirección.

**GRANIZADA:** fenómeno meteorológico que consiste en la precipitación atmosférica de agua congelada en formas más o menos irregulares.

**GRUPO DE TRABAJO MULTISECTORIAL (GTM):** Instancia donde participan servidores públicos estatales, federales o municipales que será convocada por la Instancia Ejecutora para participar, colaborar y responsabilizarse en las actividades del PEOT.

**GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE PROGRAMAS ESTATALES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL:** El documento que emite la SEDATU con las pautas orientativas para la realización del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial.

**HÁBITAT:** conjunto local de condiciones geofísicas en el que se desarrolla la vida de una especie o de una comunidad animal o vegetal.

**HELADA:** fenómeno hidrometeorológico producido por masas de aire polar con bajo contenido de humedad, cuando el aire alcanza temperaturas inferiores a los cero grados centígrados. Cuanto más baja sea la temperatura, más intensa resultará la helada.

**HIDROLOGÍA:** es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación, y distribución sobre y debajo de la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.

**HIDROMETEORO:** término genérico empleado para designar ciertos fenómenos del tiempo, tales como la lluvia, las nubes, la niebla, etcétera, que dependen principalmente de las modificaciones del vapor del agua en la atmósfera.

**Humedal:** Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga naturales de acuíferos (Ley de Aguas Nacionales Art. 3 fracc. XXX).

**HUNDIMIENTO REGIONAL Y AGRIETAMIENTO:** fenómenos de naturaleza geológica cuya presencia se debe a los suelos blandos, en los cuales se producen pérdidas de volumen como consecuencia de la extracción de agua del subsuelo.

**IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS:** reconocimiento y localización de los probables daños que pueden ocurrir en el sistema afectable (población y entorno), bajo el impacto de los fenómenos destructivos a los que está expuesto.

**IMPACTO AMBIENTAL:** modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

**INCENDIO:** fuego no controlado de grandes proporciones, que puede presentarse en forma súbita, gradual o instantánea, al que le siguen daños materiales que pueden interrumpir el proceso de producción, ocasionar lesiones o pérdida de vidas humanas y deterioro ambiental. En la mayoría de los casos el factor humano participa como elemento causal de los incendios.

**INFRAESTRUCTURA:** conjunto de bienes y servicios básicos que sirven para el desarrollo de las funciones de cualquier organización o sociedad, generalmente gestionados y financiados por el sector público. Entre ellos se cuentan los sistemas de comunicación, las redes de energía eléctrica, puentes, presas, redes de comunicación telefónica, faros, puertos, límites político administrativos, demarcaciones geográficas de cualquier tipo, plataformas petroleras, etcétera.

**INUNDACIÓN:** Efecto generado por el flujo de una corriente, cuando sobrepasa las condiciones que le son normales y alcanza niveles extraordinarios que no pueden ser controlados en los vasos naturales o artificiales que la contienen, lo cual deriva, ordinariamente, en daños que el agua desbordada ocasiona en zonas urbanas, tierras productivas y, en general en valles y sitios bajos. Atendiendo a los lugares donde se producen, las inundaciones pueden ser: costeras, fluviales, lacustres y pluviales, según se registren en las costas marítimas, en las zonas aledañas a los márgenes de los ríos y lagos, y en terrenos de topografía plana, a causa de la lluvia excesiva y a la inexistencia o defecto del sistema de drenaje, respectivamente.

**ISOYETAS:** la isoyeta es una isolínea que une los puntos, en un plano cartográfico, que presentan la misma precipitación en la unidad de tiempo considerada. Así, para una misma área, se puede diseñar un gran número de planos con isoyetas; como ejemplos, las isoyetas de la precipitación media de largo periodo del mes de enero, de febrero, etc., o las isoyetas de las precipitaciones anuales.

**LICUEFACCIÓN:** comportamiento pseudo-líquido de una o varias capas de suelo provocado por una elevada presión intersticial que genera un movimiento en la superficie. Se manifiesta en arenas sueltas (limosas saturadas o muy finas redondeadas) y se localiza en zonas costeras, sobre las riberas o llanuras inundables de los ríos (Ortiz y Zamorano, 1998). Es importante determinar si el espesor de la arena en el terreno tiende de 1 a 10 metros, y si el agua subterránea se localiza a menos de 10 metros de profundidad, pues todos estos aspectos indican zonas potenciales a la licuefacción en caso de que ocurra un sismo.

**Lineamiento ecológico:** Meta o enunciado general que refleja el estado deseable de una unidad de gestión ambiental (Reglamento de la LGEEPA en MOE Art. 3, Fracc. XVI). Esta información será empleada, de manera exclusiva, como el parámetro de referencia en la evaluación del desempeño del programa de ordenamiento ecológico del territorio, que será realizada entre 3 a 5 años después de su publicación en el periódico oficial del gobierno del estado.

**LLUVIA:** fenómeno atmosférico producido por la condensación de las nubes. Consiste en la precipitación de gotas de agua líquida o sobre enfriada, cuyo diámetro es mayor a los 0.5 mm. Generalmente las gotas de agua líquida al chocar con los objetos, se aplastan esparciéndose, mojando rápidamente el área del impacto y, tratándose de gotas grandes, produciendo salpicaduras.

**MAGNITUD (de un sismo):** valor relacionado con la cantidad de energía liberada por el sismo. Dicho valor no depende, como la intensidad, de la presencia de pobladores que observen y describan los múltiples efectos del sismo en una localidad dada. Para determinar la magnitud se utilizan, necesariamente uno o varios registros de sismógrafos y una escala estrictamente cuantitativa, sin límites superior ni inferior. Una de las escalas más conocidas es la de Richter, aunque en la actualidad frecuentemente se utilizan otras como la de ondas superficiales (Ms) o de momento sísmico (Mw).

**Manifestación de impacto ambiental (MIA):** El documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que se negatio. (LGEEPA Art. 3, Fracc. XXI)

**MAPA DE RIESGOS:** nombre que corresponde a un mapa topográfico de escala variable, al cual se le agrega la señalización de un tipo específico de riesgo, diferenciando las probabilidades alta, media y baja de ocurrencia de un desastre

**METEORO:** cualquier fenómeno que ocurra en la atmósfera. Los meteoros pueden clasificarse en líquidos, sólidos, ígneos, eléctricos, magnéticos y luminosos.

**METEOROLOGÍA:** ciencia que estudia los fenómenos que se producen en la atmósfera, sus causas y sus mecanismos.

**MITIGACIÓN:** son las medidas tomadas con anticipación al desastre y durante la emergencia, para reducir su impacto en la población, bienes y entorno.

**MORFOLOGÍA:** parte de la geología que describe las formas externas del relieve terrestre, su origen y formación.

**OBRAS HIDRÁULICAS:** conjunto de estructuras construidas con el objeto de manejar el agua, cualquiera que sea su origen, con fines de aprovechamiento o defensa. Se clasifican en: a) obras de aprovechamiento: 1 de abastecimiento de agua a poblaciones; 2 de riego; 3 de producción de fuerza motriz; 4 de encharcamiento; 5 contra inundaciones y b) obras de retención de azolves.

**ORDENAMIENTO TERRITORIAL:** Política pública orientada a impulsar el desarrollo sustentable, la cual conduce a una distribución de la población y sus actividades, acorde con la aptitud y potencialidad de los recursos naturales del territorio nacional, las entidades federativas y los municipios. Es un proceso permanente que tiene como fin contribuir a mejorar el nivel de vida de la población. Estudio y aplicación de medidas financieras y de planeación para fomentar en el territorio nacional un equilibrio armonioso entre las actividades, necesidades de la población y los recursos del país.

**ORDENAMIENTO ECOLÓGICO:** proceso de planeación dirigido a diagnosticar, programar y evaluar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente.

**Organismo genéticamente modificado:** Cualquier organismo vivo, con excepción de los seres humanos que ha adquirido una combinación genética novedosa, generada a través del uso específico de técnicas de la biotecnología moderna. (LBOGM Art. 3, fracción XXI).

**Plaguicida:** Insumo fitosanitario destinado a prevenir, repeler, combatir y destruir a los organismos biológicos nocivos a los vegetales, sus productos o subproductos. (Ley de Sanidad Vegetal Artículo 5)

**PELIGRO** o peligrosidad: evaluación de la intensidad máxima esperada de un evento destructivo en una zona determinada y en el curso de un período dado, con base en el análisis de probabilidades

**PERTURBACIÓN:** alteración de un proceso regular originado por la interferencia de un factor ajeno al proceso afectado.

**PERTURBACIÓN ATMOSFÉRICA:** alteración de las condiciones atmosféricas originada por la variación de la temperatura y de la presión.

**PLACA TECTÓNICA:** segmento de la litosfera que internamente es rígido, se mueve independientemente encontrándose con otras placas en zonas de convergencia y separándose en zonas de divergencia.

**PRECIPITACIÓN:** agua procedente de la atmósfera, que cae a la superficie de la Tierra en forma de lluvia, granizo, rocío, escarcha, nieve, etcétera.

**Preservación:** El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitat naturales (LGEEPA Art. 3 Fracc. XXV).

**PREVENCIÓN:** uno de los objetivos básicos de la Protección Civil, se traduce en un conjunto de disposiciones y medidas anticipadas, cuya finalidad es impedir o disminuir los efectos que se producen con motivo de la ocurrencia de calamidades. Esto, entre otras acciones, se realiza a través del monitoreo y vigilancia de los agentes perturbadores y de la identificación de las zonas vulnerables del sistema afectable (población y entorno), con la idea de prever los posibles riesgos o consecuencias para establecer mecanismos y realizar acciones que permitan evitar o mitigar los efectos destructivos.

**PROGRAMA DE PROTECCIÓN CIVIL:** instrumento de planeación para definir el curso de las acciones destinadas a la atención de las situaciones generadas por el impacto de las calamidades en la población, bienes y entorno. A través de éste se determinan los participantes, sus responsabilidades, relaciones y facultades, se establecen los objetivos, políticas, estrategias, líneas de acción y recursos necesarios para llevarlo a cabo. Se basa en un diagnóstico y se divide en tres subprogramas: prevención, auxilio y apoyo.

**PROGRAMA DE GESTIÓN DE RIESGOS Y DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL (PGROTM):** Instrumento de planeación que establece de manera sistemática y estratégica, líneas de acción para el aprovechamiento acorde con la aptitud y potencialidad de los recursos naturales del territorio nacional, las entidades federativas, y los municipios. Es un instrumento diseñado bajo principios de largo plazo, pero sujeto a resultados en el corto y mediano plazo.

**Protección:** El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro (LGEEPA Art. 3 Fracc. XXVII).

**PROTECCIÓN CIVIL:** es la acción solidaria y participativa, que en consideración tanto de los riesgos de origen natural y/o antrópico como de los efectos adversos de los agentes perturbadores, prevé la coordinación y concertación de los sectores públicos, privados y social en el ramo del sistema estatal de protección civil, con el fin de crear un conjunto de disposiciones, planes, programas, estrategias, mecanismos y recursos para que de manera corresponsable y privilegiando la gestión integral de riesgos y la continuidad de operaciones, se apliquen las medidas y acciones que sean necesarias para salvaguardar la vida, integridad y salud de la población, así como sus bienes; la infraestructura, la planta productiva y el medio ambiente.

**REGIÓN ECOLÓGICA:** extensión de territorio definida por características ecológicas comunes.

**REGIÓN HIDROLÓGICA:** superficie determinada de territorio que comprende una o varias cuencas hidrológicas con características físicas y geográficas semejantes.

**REGIONALIZACIÓN SÍSMICA:** zonificación terrestre de una región determinada caracterizada por la ocurrencia de sismos, diferenciándose una zona de otra por su mayor o menor intensidad.

**Rehabilitación:** Conjunto de actividades sistemáticas para restablecer las estructuras y funciones existentes a su estado anterior en un sitio, después de que éstas fueron dañadas o alteradas (NOM-129-SEMARNAT-2006).

**RELLENO SANITARIO:** método de ingeniería sanitaria para la disposición final de desechos sólidos en terrenos propios para el efecto, protegiendo el medio de la contaminación por malos olores, arrastre por vientos, plagas de moscas y ratas. Este método consiste en depositar los desechos sólidos en capas delgadas, compactarlos al menor volumen posible y cubrirlos con una capa de tierra.

**RESIDUO:** cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó;

**Residuos sólidos urbanos:** Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley (LGPGIR).

**Restauración:** Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. (LGEEPA Art. 3 Fracc. XXXIV), (NOM-116-SEMARNAT-2005)

**Reutilización:** El empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación. (Reg\_LGEEPA\_MRETC), (LGPGIR).

**RIESGO:** probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos, en un lugar específico y durante un tiempo de exposición determinado.  $R = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$ . Probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador (Ley General de Protección Civil); la UNESCO define el riesgo como la posibilidad de pérdida tanto en vidas humanas como en bienes o en capacidad de producción. Esta definición involucra tres aspectos relacionados por la siguiente fórmula:  $\text{riesgo} = \text{vulnerabilidad} \times \text{valor} \times \text{peligro}$ . En esta relación, el valor se refiere al número de vidas humanas amenazadas o en general a cualquiera de los elementos económicos (capital, inversión, capacidad productiva, etcétera), expuestos a un evento destructivo. La vulnerabilidad es una medida del porcentaje del valor que puede ser perdido en el caso de que ocurra un evento destructivo determinado. El último aspecto, peligro/peligrosidad, es la probabilidad de que un área en particular sea afectada por algunas de las manifestaciones destructivas de la calamidad.

**Sector:** Conjunto de personas, organizaciones, grupos o instituciones que comparten objetivos comunes con respecto al aprovechamiento de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales o la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad (Reglamento de la LGEEPA en MOE Art. 3, Fracc. XXVI)

**Sedimentación:** Proceso de asentamiento y depósito, bajo la influencia de la gravedad, de los sólidos en suspensión transportados por el agua o el agua residual (NMX-AA-089/1-SCFI-2010 numeral 3.47).

**Separación primaria:** Acción de segregar entre sí los residuos sólidos urbanos en orgánicos e inorgánicos (NMX-AA-171-SCFI-2014 numeral 5.2.4).

**Separación secundaria:** Acción de segregar entre sí los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que sean inorgánicos y susceptibles de ser valorizados en los términos de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (orgánico, vidrio, papel, metales, etc). NMX-AA-133-SCFI-2006 numeral 3.34 y NMX-AA-171-SCFI-2014 numeral 5.2.4.

**SEQUÍA:** condición del medio ambiente en la que se registra deficiencia de humedad, debido a la ausencia prolongada o escasez marcada de precipitación. Situación climatológica anormal que se da por la falta de precipitación en una zona, durante un período de tiempo prolongado. Esta ausencia de lluvia presenta la condición de anómala cuando ocurre en el período normal de precipitaciones para una región bien determinada. Así, para declarar que existe sequía en una zona, debe tenerse primero un estudio de sus condiciones climatológicas. El ciclo hidrológico se desestabiliza al extremo de que el agua disponible llega a resultar insuficiente para satisfacer las necesidades de los ecosistemas, lo cual disminuye las alternativas de supervivencia e interrumpe o cancela múltiples actividades asociadas con el empleo del agua.

**SERVICIOS PÚBLICOS DE SALUD:** los que el Estado pone a disposición de la población en general para atender su salud; se ofrecen a quienes los requieren, en establecimientos públicos específicos.

**Silvopastoril:** Opción de producción pecuaria en la cual las plantas leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (animales y plantas forrajeras herbáceas) bajo un sistema de manejo integral. (Sistemas Silvopastoriles, Fichas Técnicas para el Desarrollo Rural, Componente de Conservación y Uso Sustentable del Suelo y Agua COUSSA, SAGARPA)

**SISMICIDAD:** la ocurrencia de terremotos de cualquier magnitud en un espacio y periodo dados; estudio de la intensidad y frecuencia de los sismos en la superficie terrestre. Su distribución geográfica delimita tres grandes bandas sísmicas que son: Mediterráneo-Himalaya y Circumpacífica, en las que se registra más del 90% de los terremotos; la tercera comprende las dorsales oceánicas. La República Mexicana se encuentra ubicada en una de las zonas de más alta sismicidad en el mundo, debido a que su territorio está localizado en una región donde interactúan cinco importantes placas tectónicas: Cocos, Pacífico, Norteamérica, Caribe y Rivera. El territorio nacional también se ve afectado por fallas continentales (San Andrés, la Trinchera Mesoamericana y la de Motagua Polochic), regionales y locales (sistema de fallas en el área de Acambay, en el centro del país y el de Ocosingo, en Chiapas), en todos estos tipos de fracturas o fallas entre placas e intraplacas se presenta un importante número de sismos.

**SISMO:** fenómeno geológico que tiene su origen en la envoltura externa del globo terrestre y se manifiesta a través de vibraciones o movimientos bruscos de corta duración e intensidad variable, los que se producen repentinamente y se propagan desde un punto original (foco o hipocentro) en todas direcciones. Según la teoría de los movimientos tectónico, la mayoría de los sismos se explica en orden a los grandes desplazamientos de placas que tienen lugar en la corteza terrestre; los restantes, se explican como efectos del vulcanismo, del hundimiento de cavidades subterráneas y, en algunos casos, de las explosiones nucleares subterráneas o del llenado de las grandes presas.

**SISTEMA**, estructura de un: de acuerdo al enfoque estructural, un sistema está compuesto por subsistemas, partes, componentes y elementos, que en su conjunto permiten cumplir con los objetivos propuestos.

**SUELO**: estructura sólida y porosa, de composición heterogénea, que ocupa la parte más superficial de la litosfera. A su formación contribuyen los mecanismos de disgregación de las rocas (física y química) y la propia actividad de los organismos asentados. Posee un componente mineral de tamaño de grano y litología variable y una parte de materia orgánica que puede llegar a ser del 100% en las turbas. El suelo no sólo sirve de soporte a los organismos, sino que además contiene el agua y los elementos nutritivos necesarios. En su organización espacial se identifica una serie de horizontes cuya importancia relativa varía en los distintos tipos de suelo.

**TALUD**: declive de un muro o terreno.

**TEMPERATURA**: magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el Sistema Internacional es el kelvin (K).

**TEMPERATURA EXTREMA**: manifestación de temperatura más baja o más alta, producida con motivo de los cambios que se dan durante el transcurso de las estaciones del año.

**Terreno Forestal**: Es el que está cubierto por vegetación forestal y produce bienes y servicios forestales. No se considerará terreno forestal, para efectos de esta Ley, el que se localice dentro de los límites de los centros de población, en términos de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, con excepción de las áreas naturales protegidas.

**Terreno preferentemente forestal**: Aquel que habiendo estado cubierto por vegetación forestal y que en la actualidad no está cubierto por dicha vegetación, pero por sus condiciones de clima, suelo y topografía, cuya pendiente es mayor al 5 por ciento en una extensión superior a 38 metros de longitud y puede incorporarse al uso forestal, siempre y cuando no se encuentre bajo un uso aparente.

**Tierra de monte**: Producto forestal no maderable compuesto por material de origen mineral y orgánico que se acumula sobre terrenos forestales o preferentemente forestales. (Reglamento de la LGDFS Art. 2, Fracc. XXXIV).

**TOPOGRAFÍA**: conjunto de los rasgos físicos que configuran una parte de la superficie terrestre

**TORMENTA TROPICAL:** fenómeno meteorológico que forma parte de la evolución de un ciclón tropical; se determina cuando la velocidad promedio durante un minuto, de los vientos máximos de superficie es de 63 a 118 Km/h. En esta fase evolutiva se le asigna un nombre por orden de aparición anual y en términos del alfabeto, de acuerdo a la relación determinada para todo el año, por el Comité de Huracanes de la Asociación Regional.

**Turismo alternativo:** Comprende el turismo de aventura, ecoturismo, turismo rural, religioso, enológico, gastronómico, cultural, ecoalojamiento, así como la exploración o viaje a espacios naturales relativamente sin perturbar, con el fin de disfrutar, apreciar y estudiar los atractivos naturales de dichos espacios, a través de un proceso que promueve la conservación, tiene bajo impacto ambiental y cultural e induce un involucramiento activo y socio-económicamente benéfico de las poblaciones locales

**Turismo convencional:** turismo boutique, todo incluido, tiempo compartido, económico (hostales), turismo de negocios.

**Unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre:** Los predios e instalaciones registrados que operan de conformidad con un plan de manejo aprobado y dentro de los cuales se da seguimiento permanente al estado del hábitat y de poblaciones o ejemplares que ahí se distribuyen. (LGVS)

**Usos compatibles:** Aquellas actividades potenciales que pueden llevarse a cabo de forma simultánea con otras actuales y para las cuales existe la aptitud para su desarrollo en un área determinada. Constituyen alternativas de uso diversificado y sustentable.

**Usos condicionados:** Aquellas actividades existentes y de importancia por el beneficio económico que representan para la sociedad. Pueden causar conflictos ambientales con otras actividades desarrolladas en un área determinada, por lo que para su realización, es necesario exista un estudio técnico y científico. Se deberá demostrar que los procesos productivos no afectan a los ecosistemas naturales, la salud humana y la del ganado y en su caso, propongan las medidas de modificación del deterioro.

**Usos incompatibles:** Aquellos que se presentan cuando un sector disminuye la capacidad de otro para aprovechar los recursos naturales, mantener los bienes y servicios naturales o proteger los ecosistemas y biodiversidad en un área determinada.

**Vegetación forestal:** Es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales. Para este ordenamiento ecológico se consideran como vegetación forestal los siguientes tipos:

SMQ	Selva mediana subperennifolia
VS/SMQ	Vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia
TU	Tular (este tipo de vegetación no deberá estar sujeta a intervención )
VM	Vegetación de manglar (este tipo de vegetación no deberá esatr sujeta a intervención)
DUNA	Duna costera
INC	Zona incendiada
SBI	Selva baja inundable (La intervención de este tipo de vegetación se hará con en los se determine en la NOM-022-SEMARNAT-2003), esta norma aplica cuando esta vegetación se encentra en zonas de manglar
VS/SBI	Vegetación secundaria de selva baja inundable (La intervención de este tipo de vegetación se hará con en los se determine en la NOM-022-SEMARNAT-2003), esta norma aplica cuando esta vegetación se encentra en zonas de manglar
MAR	Marisma

Vegetación halófila: vegetación característica de suelos salinos (NMX-AA-157-SCFI-2012 Numeral 3.44).

Vegetación hidrófila: Vegetación constituida por comunidades de plantas estrechamente relacionadas con el medio acuático o de suelo permanentemente saturados de agua (NMX-AA-157-SCFI-2012 Numeral 3.45).

VIENTO: aire en movimiento, especialmente una masa de aire que tiene una dirección horizontal. Los flujos verticales de aire se denominan corrientes. Las diferencias de temperatura de los estratos de la atmósfera, provocan diferencias de presiones atmosféricas que producen el viento. Su velocidad suele expresarse en kilómetros por hora, en nudos o en cualquier otra escala semejante.

ZONIFICACIÓN: instrumento técnico de planeación que puede ser utilizado en el establecimiento de las áreas naturales protegidas, que permite ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, de su uso actual y potencial, de conformidad con los objetivos dispuestos en la misma declaratoria.