Nombre del Medio de Verificación: Superficie del Estado que cuente con algún instrumento de planeación ambiental	
Clave y nombre de la dependencia:	1117 Secretaría de Ecología y Medio Ambiente
Programa presupuestario:	P002 - Política Ambiental y Planeación
Resumen narrativo:	F.P - El territorio de Quintana Roo se encuentra ordenado con instrumentos de política ambiental que promueven medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático para impulsar el desarrollo sostenible y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, desarrollando acciones de ordenamiento ecológico, educación ambiental, así como fomentar la eficiencia y aprovechamiento energético.
Indicador:	PED18I1 - Superficie bajo distintas modalidades de conservación, uso y desarrollo sustentable
Método de cálculo:	(Superficie del Estado que cuente con algún instrumento de planeación ambiental / superficie total del Estado) * 100
Trimestre:	Cuarto Trimestre
Unidad responsable del indicador:	1117-2206 - Subsecretaría de Política Ambiental, Planeación, Mejora Regulatoria y de Archivos

Variables reportadas: Diciembre de 2024 una superficie del 52 % del estado

Numerador: 2,611,576 hectáreas

Denominador: 5,022,262 hectáreas

Descripción de los resultados:
En el mes de diciembre se logra trabajar con la ordenación territorial en un 52% del estado, con la elaboración de los documentos de la Actualización de l Agenda ambiental, la etapa de Caracterización y Diagnóstico del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Bacalar (716,021.840 hectareas) y el pronóstico del municipio de Tulum (una superficie de 159,839.16 hectareas) y la line base ordenada del 34%.

Tipo de evidencia: Documento

Desarrollar la evidencia
cla Actualización de l Agenda ambiental, la etapa de Caracterización y Diagnóstico del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Bacalar y el pronóstico del municipio de Tulum.

Ing. Juan Pablo Ortega Ceballos
Subsecretario
Subsecretario de Política Ambiental, Planeación, Mejora Regulatoria y de Archivos

Salvador Poot Villanueva
Director de Ordenamiento Ecológico

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE TULUM

ETAPA DE PRONÓSTICO

ELABORADO POR:

Diciembre de 2024

CONTENIDO

9 PRONÓSTICO 4

9.1 INTRODUCCIÓN 4

9.2 MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA SOCIOAMBIENTAL 5
9.2.1 MÉTODO 7
9.2.1.1 TALLERES DE PARTICIPACIÓN SOCIAL 8
9.2.2 RESULTADOS 10

9.3 IMAGEN OBJETIVO 20
9.3.1 RESULTADOS 20
9.3.1.1 EJES ESTRATÉGICOS 22

9.4 ESCENARIO TENDENCIAL 31
9.4.1 CAMBIO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN 32
9.4.1.1 RESULTADOS 35
9.4.2 DISPONIBILIDAD DE AGUA 47
9.4.2.1 CONCLUSIONES 51
9.4.3 CRECIMIENTO URBANO, DINÁMICA DEMOGRÁFICA Y DESARROLLO DEL SECTOR TURÍSTICO 52
9.4.3.1 CRECIMIENTO URBANO, DINÁMICA DEMOGRÁFICA Y DESARROLLO DEL SECTOR TURÍSTICO DE LA COSTA DE QUINTANA ROO. 56
9.4.3.2 FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO URBANO 61
9.4.3.3 IMPACTOS EN EL DESARROLLO URBANO DE TULUM. 64
9.4.3.4 ESTADO ACTUAL DEL TURISMO EN EL MUNDO Y PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO 65
9.4.3.4.1 RECUPERACIÓN DEL TURISMO EN QUINTANA ROO 68
9.4.3.4.2 PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO DEL TURISMO 69
9.4.3.4.3 RESUMEN DEL MERCADO TURÍSTICO EN MÉXICO Y EL MUNDO 70
9.4.3.4.4 SECTOR TURÍSTICO EN TULUM 71
9.4.3.5 PROYECTOS FEDERALES DE INFRAESTRUCTURA 72
9.4.3.5.1 DEMANDA DE INFRAESTRUCTURA GENERADA POR LOS PROYECTOS FEDERALES 76
9.4.3.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES 84
9.4.4 CAMBIO CLIMÁTICO 87
9.4.4.1 MÉTODO 89
9.4.4.2 MODELOS Y ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO 95
9.4.4.2.1 ANÁLISIS DE LA TENDENCIA DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS MENSUALES Y ANUALES 98

9.4.4.2.2 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS CICLONES TROPICALES 127

9.5 ESCENARIO CONTEXTUAL Y ESCENARIO ESTRATÉGICO 134
9.5.1 RESULTADOS..... 135
9.5.1.1 ESCENARIO CONTEXTUAL 135
9.5.1.2 ESCENARIO ESTRATÉGICO 140

9 PRONÓSTICO

9.1 INTRODUCCIÓN

En el contexto del ordenamiento territorial, es crucial comprender la evolución de los conflictos ambientales y anticiparse a los cambios en el uso y ocupación del territorio. Bajo este contexto el pronóstico desempeña un papel fundamental al permitir anticipar y planificar el desarrollo futuro del territorio.

La importancia del pronóstico radica en su capacidad para informar y orientar la toma de decisiones estratégicas, ayudando a identificar oportunidades de desarrollo, mitigar riesgos y garantizar la sostenibilidad a largo plazo. La participación de diversas partes interesadas es fundamental para garantizar la robustez y la relevancia de los pronósticos, así como su alineación con los objetivos de desarrollo sostenible y las aspiraciones de las comunidades locales.

Considerando lo establecido en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico la etapa de Pronóstico tiene como objetivo examinar la evolución de los conflictos ambientales, a partir de la previsión de las variables naturales, sociales y económicas, considerando[1]:

I. El deterioro de los bienes y servicios ambientales;
II. Los procesos de pérdida de cobertura vegetal, degradación de ecosistemas y de especies sujetas a protección;
III. Los efectos del cambio climático;
IV. Las tendencias de crecimiento poblacional y las demandas de infraestructura urbana, equipamiento y servicios urbanos;
V. Los impactos ambientales acumulativos considerando sus causas y efectos en tiempo y lugar; y
VI. Las tendencias de degradación de los recursos naturales y de cambio de los atributos ambientales que determinan la aptitud del territorio para el desarrollo de las actividades sectoriales.

Para lograr el objetivo que plantea, se empleó un enfoque prospectivo que permitió modelar el comportamiento futuro de los atributos ambientales clave, incluyendo la consideración del deterioro de los bienes y servicios ambientales, las tendencias de crecimiento poblacional y urbano, así como las condiciones socioeconómicas de la región.

[1] Artículo 44 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico.

Este análisis se llevó a cabo bajo tres escenarios distintos: tendencial, contextual y estratégico. Cada escenario ofreció una perspectiva única sobre cómo podrían desarrollarse los conflictos ambientales y el uso del territorio en el futuro, permitiendo así una planificación más robusta y adaptativa.

De acuerdo a lo anterior, en este apartado, se presenta como fue abordado el análisis y qué aspectos se consideraron para modelar cada escenario, que tienen como fin el proporcionar una base sólida para la toma de decisiones informadas y la gestión sostenible del territorio.

9.2 MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA SOCIOAMBIENTAL

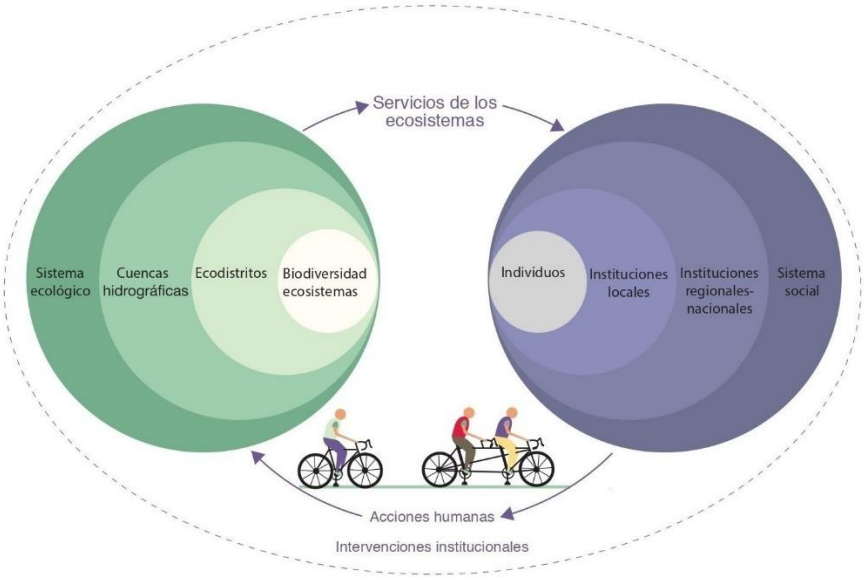
Los sistemas socioambientales, también llamados sistemas sociecológicos, se entienden como un sistema complejo y adaptativo en el que distintos componentes culturales, políticos, sociales, económicos, ecológicos y tecnológicos interactúan de manera continua, aportan una visión integral, mediante un enfoque interdisciplinario, necesarios para abordar problemas ambientales complejos, como la gestión de ecosistemas y gobernanza (Bardsley & Wiseman, 2016; Kopperoinen, Luque, Tenerelli, Zulian & Viinikka, 2017 citados por Cerón et al., 2019)[2].

En la Figura 1 se presenta un diagrama conceptual desarrollado por Martín-Lotes et al. (2009), que define las características de un sistema socioambiental. En este diagrama se observa que el sistema social está compuesto por individuos, grupos locales e instituciones a mayor escala, así como por las relaciones que se establecen entre ellos. Además, se muestra que el sistema ecológico incluye las distintas escalas de biodiversidad, las cuales están en constante interacción y retroalimentación. Finalmente, se evidencia que ambos sistemas, el social y el ecológico, están interconectados y se relacionan de manera continua (Rincón-Ruíz, et al., 2014)[3].

[2] Cerón, V., Fernández, G., Figueroa, A. y Restrepo, I. 2019. El Enfoque de Sistemas Socioecológicos en las Ciencias Ambientales. Investigación y Desarrollo, vol. 27, núm. 2 pp. 85-109. Fundación Universidad del Norte.

[3] Rincón-Ruíz, A., Echeverry-Duque, M., Piñeros, A. M., Tapia, C. H., David, A., Arias-Arévalo, P. y Zuluaga, P. A. 2014. Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C. Colombia, 151 pp.

Figura 1. Diagrama conceptual del sistema socioambiental.



La sociedad depende de los ecosistemas para satisfacer sus necesidades, pero estas acciones también implican modificaciones y transformaciones en los ecosistemas, generando dinámicas de cambio continuo (Berkes et al., 2003 citado por Rincón-Ruíz, et al., 2014).

La modelación de los sistemas socioambientales permite comprender las interacciones entre los procesos sociales, económicos, ambientales y políticos en un territorio desde una perspectiva holística. Esto genera una herramienta eficaz para la gestión de los servicios ecosistémicos. El propósito de la modelación de los sistemas socioambientales puede incluir predicción, comprensión, aprendizaje o como herramienta para el proceso de toma de decisiones.

La conceptualización se refiere a la premisa básica del funcionamiento del sistema, es decir, explicar como la estructura genera el comportamiento del sistema socioambiental, incluyendo una definición clara de variables (Gotts et al., 2018; Kelly et al., 2013 citados por Berrío, 2020)[4].

[4] Berrío, L. 2020. Dinámica de Sistemas Socioecológicos en Cuencas Hidrográficas de Media Montaña, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas Departamento de Geociencias y Medio Ambiente. Medellín, Colombia.

9.2.1 MÉTODO

La construcción del modelo conceptual del sistema socioecológico para el municipio de Tulum se realizó mediante la elaboración de un diagrama causal. Este tipo de diagramas permite conocer la estructura de un sistema dinámico. Esta estructura viene dada por la especificación de las variables que aparecen en el mismo y por el establecimiento de la existencia o no existencia de una relación entre cada variable.

En este diagrama las diferentes relaciones están representadas por flechas. Las flechas van acompañadas de un signo (+ o -) o indicadas en un color, que muestran el tipo de influencia ejercida por una variable sobre la otra. Un signo "+" o color "azul" significa que un cambio en la variable origen de la flecha producirá un cambio del mismo sentido en la variable destino. El signo "-" o color "rojo" simboliza que el efecto producido será en sentido contrario (Aracil, J. 1995[5]; García, J, 2003[6]).

Ejemplo:

Si el incremento de A produce un incremento de B, o si la disminución de A provoca una disminución de B, se reconoce como una relación positiva (Figura 2).

Figura 2. Relación positiva.



Si el incremento de A, produce una disminución de B, o si bien una disminución de A provoca un aumento de B, tendremos una relación negativa (Figura 3).

Figura 3. Relación negativa.



[5] Aracil, J. 1995. Dinámica de Sistemas. Madrid, España.
[6] García, J. 2003. Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas. Barcelona España.

Para establecer la intensidad de las relaciones, se utilizó una escala lingüística asociada a una escala cardinal (Tabla 1), siendo positivas o negativas de acuerdo a la relación establecida entre variables, de acuerdo a lo presentado en párrafos previos.

Tabla 1. Escala para determinar la intensidad de las relaciones entre variables.

Expresión lingüistica	Valor cardinal	
	Interacción positiva	Interacción negativa
Muy fuerte	9	-9
Fuerte	7	-7
Moderada	5	-5
Baja	3	-3
Muy baja	1	-1
Nula	0	0

Las interacciones también se evaluaron en términos de su efecto, siendo α una relación de efecto acumulativo y ß una relación de efecto instantánea. En la relación acumulativa el efecto de la variable generadora, x_j, se almacena en la variable receptora x_i. En la relación instantánea, el efecto sobre la variable receptora x_i solamente se manifiesta cuando la variable generadora, x_j, cambia de valor en un período.

9.2.1.1 TALLERES DE PARTICIPACIÓN SOCIAL

El esquema del diagrama del sistema socioambiental, derivó de un ejercicio colectivo de participación del Comité Técnico del Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Tulum, mediante la aplicación de la metodología previamente descrita, siguiendo un enfoque sistémico y considerando las siguientes premisas:

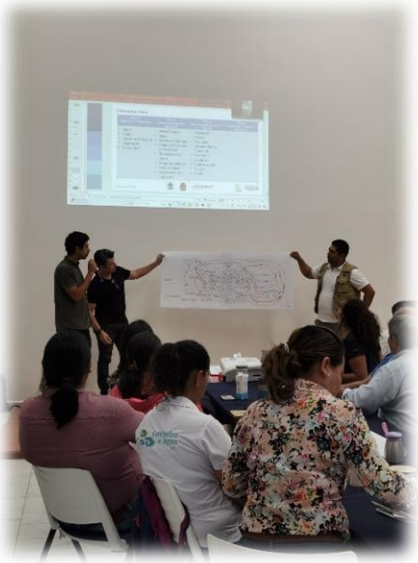
- Actividades económicas que inciden en el territorio, así como los sectores conservación y asentamientos humanos.
- Elementos ambientales (agua, suelo, aire, vegetación, etc.).
- Problemáticas ambientales (degradación, contaminación, sobreexplotación, etc.).
- Programas y proyectos gubernamentales que ejecutan acciones compatibles con las actividades sectoriales.

En la conceptualización del modelo se incluyó solo aquellos elementos identificados como de influencia razonable en el comportamiento del sistema, elementos clave o limitantes.

Foto 1. Registro fotográfico del trabajo grupal.









9.2.2 RESULTADOS

En la Figura 4, se presenta un detallado sistema socioambiental, el cual ilustra la compleja composición lograda a partir de la información recopilada durante el trabajo colaborativo llevado a cabo por el Comité Técnico. Los datos obtenidos posteriormente fueron analizados e integrados en un modelo conceptual unificado.

El modelo resultante no solo refleja la interrelación entre los componentes sociales y ambientales, sino que también proporciona una visión comprensiva de las dinámicas y sinergias que caracterizan el sistema socioambiental del municipio de Tulum.

Figura 4. Modelo conceptual del sistema socioambiental del municipio de Tulum.



Así mismo, este modelo aporta una comprensión profunda y amplia de la interdependencia que existe entre los sistemas ecológico y social, identificándose como elementos críticos, para el desarrollo de las actividades económicas, el suelo, agua, vegetación y acuífero.

El sector asentamientos humanos y la actividad turística, los cuales están estrechamente relacionados y registran un crecimiento exponencial en los últimos años, determinan gran parte de la dinámica territorial, siendo fuertes catalizadores del crecimiento de otras actividades y principales fuentes de presión sobre los recursos.

El sector conservación representa un elemento importante en el mantenimiento de la biodiversidad, hábitats, ecosistemas y servicios ecosistémicos, indispensables para el desarrollo de los sectores productivos en Tulum.

En la siguiente Tabla 2, se presenta una breve descripción de las interacciones entre variables identificadas para este sistema socioambiental.

Tabla 2. Descripción de las interacciones entre variables del sistema socioambiental.

Variable Generadora	Variable Receptora	Influencia	Intensidad	Efecto	Relación entre variables
Asentamiento humano	Turismo	+/-	MF	A	Los asentamientos humanos proveen de la infraestructura, servicios y atracciones necesarias para el turismo. El turismo por su parte, representa un propulsor del desarrollo económico y crecimiento de los asentamientos humanos. De igual manera, el turismo conlleva un intercambio cultural y en algunos casos, la transformación de las costumbres y modos de vida locales.
Turismo	Asentamiento humano	+	MF	A	
Asentamiento humano	Infraestructura y equipamiento	+	MF	A	Los asentamientos humanos demandan infraestructura y equipamiento para satisfacer las necesidades de la población. También determinan la distribución, tipo y cantidad de infraestructura y equipamiento requerido. La actividad económica que genera los asentamientos humanos financia la construcción y mantenimiento de infraestructura y equipamiento. La infraestructura y equipamiento facilitan el desarrollo y la expansión de los asentamientos humanos.
Infraestructura y equipamiento	Asentamiento humano	+	MF	A	
Asentamiento humano	Agricultura	+/-	MF	A	La población de los asentamientos humanos necesita alimentos, lo cual impulsa la producción agrícola y ganadera para satisfacer esta
Asentamiento humano	Ganadería	+/-	B	A	

Variable Generadora	Variable Receptora	Influencia	Intensidad	Efecto	Relación entre variables
					demanda. La proximidad a áreas urbanas mejora el acceso a infraestructura como carreteras, mercados y servicios básicos, lo que facilita la producción, transporte y comercialización de productos agrícolas y ganaderos. La expansión de los asentamientos humanos puede llevar a la conversión de tierras agrícolas y ganaderas en terrenos urbanos, disminuyendo la superficie disponible para estas actividades.
Asentamiento humano	Apicultura /meliponicultura	-	MF	A	El crecimiento de los asentamientos humanos conlleva la conversión de áreas naturales, lo que implica la reducción de hábitat disponible para las abejas y de superficie forestal.
Asentamiento humano	Forestal	-	MF	A	
Asentamiento humano	Agua	-	MF	A	La demanda de agua aumenta en la medida que los asentamientos humanos crecen. Los asentamientos humanos también pueden generar contaminación de este recurso a través del desarrollo de diversas actividades. La disponibilidad de recursos hídricos influye en la localización y expansión de asentamientos humanos.
Agua	Asentamiento humano	+	MF	I	
Asentamiento humano	Vegetación	-	MF	A/I	El establecimiento de los asentamientos humanos y desarrollo turístico requiere de la eliminación de la cobertura vegetal y suelo para dar paso a construcciones y otras infraestructuras.
Asentamiento humano	Suelo	-	MF	A/I	
Turismo	Vegetación	-	MF	A/I	
Turismo	Suelo	-	MF	A/I	
Asentamiento humano	Acuífero	-	MF	A	Los asentamientos humanos y el desarrollo turístico reducen la superficie permeable, disminuyendo la recarga natural del acuífero. La población de los asentamientos humanos y turística, llevan a cabo actividades que posibilitan la contaminación del acuífero. La construcción de infraestructura requerida para los asentamientos humanos y el turismo conllevan la alteración del paisaje natural que puede modificar los ciclos hidrológicos locales.
Turismo	Acuífero	-	MF	A	

Variable Generadora	Variable Receptora	Influencia	Intensidad	Efecto	Relación entre variables
Asentamiento humano	Cambio climático	+	M	A	Los asentamientos humanos son emisores de GEI derivado de actividades como el transporte, industria, demanda de energía y eliminación de vegetación. El cambio climático aumenta la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, que pueden causar afectación a asentamientos humanos e infraestructura asociada.
Cambio climático	Asentamiento humano	+	F	A/I	
Cambio climático	Infraestructura y equipamiento	+	F	A/I	
Asentamiento humano	Cultura	+/-	MF	A	Los asentamientos humanos juegan un papel crucial en la preservación del patrimonio cultural tangible e intangible. El turismo y ecoturismo puede revitalizar y preservar la cultura local, pero también pueden comercializarla y aumentar la presión sobre los recursos y la infraestructura. La gentrificación impulsada por los procesos sociales que se manifiestan en el territorio puede llevar al desplazamiento de residentes locales debido al aumento de precios en la vivienda y el costo de vida. Esto puede erosionar la cohesión social y la identidad cultural de una comunidad, diluyendo las tradiciones y prácticas locales.
Turismo	Cultura	+/-	F	A	
Ecoturismo	Cultura	+/-	F	A	
Gentrificación	Cultura	+	F	A	
Asentamiento humano	Residuos	+	MF	A	Toda actividad humana conlleva la generación de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial o peligrosos.
Turismo	Residuos	+	MF	A	
Ganadería	Residuos	+	B	A	
Agricultura	Residuos	+	M	A	
Artesanal	Residuos	+	B	A	
Proyectos gubernamentales (Tren Maya, Aeropuerto, Parque del Jaguar)	Residuos	+	M	A	
Asentamiento humano	Conservación	-	MF	A/I	Los asentamientos humanos pueden ejercer presión sobre los recursos naturales y los ecosistemas a través de su expansión, contaminación, demanda y extracción.
Asentamiento humano	Economía	+	MF	A	Los asentamientos humanos son centros de actividad económica, atraen inversiones, fomentan el comercio y crean empleo. Por su parte las
Turismo	Economía	+	MF	A	
Ganadería	Economía	+	MB	A	
Agricultura	Economía	+	M	A	

Variable Generadora	Variable Receptora	Influencia	Intensidad	Efecto	Relación entre variables
Apicultura / meliponicultura	Economía	+	M	A	diversas actividades contribuyen al crecimiento económico mediante la creación de empleo, la generación de ingresos y la producción de bienes y servicios.
Forestal	Economía	+	B	A	
Ecoturismo	Economía	+	MF	A	
Minería (bancos de materiales)	Economía	+	B	A	
Asentamiento humano	Minería (bancos de material)	+	MF	A	Los asentamientos humanos influyen en los bancos de materiales principalmente a través de la demanda de materiales para la construcción de infraestructura y vivienda. Esta demanda impulsa la expansión de esta actividad económica.
Turismo	Minería (bancos de material)	+	MF	A	
Asentamiento humano	Gentrificación	+	F	A	Los asentamientos humanos a través del desarrollo urbano, las mejoras en la infraestructura, la demanda de vivienda y los proyecto y políticas gubernamentales, influyen en el proceso de gentrificación.
Infraestructura y equipamiento	Gentrificación	+	F	A	
Proyectos gubernamentales (Tren Maya, Aeropuerto, Parque del Jaguar)	Gentrificación	+	F	A	
Turismo	Movilidad	+	MF	A	El turismo impulsa la mejora y expansión de la infraestructura de transporte, para facilitar el acceso y la movilidad del destino turístico. Sin embargo, la población turística puede influir en la sobrecarga y congestión de la infraestructura y sistemas de transporte.
Turismo	Migración	+	MF	A	El turismo genera una amplia gama de empleos en sectores como el hotelería, el transporte, entretenimiento y servicios, atrayendo a trabajadores migrantes. La migración aporta mano de obra y diversidad cultural a los destinos turísticos. La afluencia de migrantes también puede cambiar la demografía de las áreas turísticas.
Migración	Población	+	MF	A	La migración afecta directamente en la composición y tamaño de la población en las áreas de destino, originando cambios significativos en la dinámica social, en la planificación urbana y el requerimiento de servicios públicos.

Variable Generadora	Variable Receptora	Influencia	Intensidad	Efecto	Relación entre variables
Población	Asentamiento humano	+	MF	A	El tamaño y la distribución de la población influyen en la formación, desarrollo y expansión de los asentamientos humanos. La densidad de población, las necesidades de vivienda, los servicios y la infraestructura están directamente relacionados con la cantidad y ubicación de los asentamientos.
Conservación	Acuífero	+	MF	A/I	Las prácticas de conservación, como la gestión del uso del agua, la protección de zonas de recarga y el mantenimiento o mejora de la cobertura vegetal, contribuyen a la sostenibilidad a largo plazo y garantizan la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para la supervivencia y el bienestar humano.
Conservación	Vegetación	+	MF	A/I	
Conservación	Suelo	+	MF	A/I	
Conservación	Forestal	+	B	A/I	La preservación de la biodiversidad, la protección de hábitats y el mantenimiento de paisajes naturales, a través de las prácticas de conservación, contribuyen a una experiencia de ecoturismo enriquecedor. Por otro lado, la gestión adecuada de las selvas, asegura la sostenibilidad a largo plazo de este recurso y elementos asociados, como el suelo, agua, biodiversidad, etc. Además, la gestión forestal adecuada promueve la salud del ecosistema y evita la degradación ambiental.
Forestal	Conservación	+	B	A	
Conservación	Ecoturismo	+	F	A/I	
Ganadería	Vegetación	-	F	A/I	Prácticas de manejo no sostenible de estas actividades requieren de la eliminación de la cobertura vegetal e implican la degradación del suelo. Por otro lado, el acceso a agua limpia y abundante es fundamental para su desarrollo. Fuentes de agua adecuadas aseguran la sostenibilidad de estas actividades.
Ganadería	Suelo	-	B	A/I	
Ganadería	Agua	-	B	A	
Agua	Ganadería	+	F	I	
Agricultura	Vegetación	-	F	A/I	
Agricultura	Suelo	-	M	A/I	
Agricultura	Agua	-	M	A	
Agua	Agricultura	+	MF	I	
Artesanal	Economía	+	MF	A	La actividad artesanal contribuye a la economía local, como el comunitario mediante la generación de ingresos y empleo. También coadyuva en la preservación de las
Economía	Artesanal	+	MF	A	

Variable Generadora	Variable Receptora	Influencia	Intensidad	Efecto	Relación entre variables
					tradiciones culturales y a fortalecer la identidad cultural. Por otro lado, una economía fuerte y favorable provee de los recursos y el apoyo necesario para el desarrollo de la actividad artesanal.
Apicultura / meliponicultura	Agricultura	+	M	A	La gestión adecuada en la apicultura y meliponicultura, puede mejorar la salud de los ecosistemas forestales, aumentando la biodiversidad y la regeneración natural. La apicultura y meliponicultura para la agricultura puede generar beneficios en términos de producción agrícola. Los ecosistemas forestales y cultivos proporcionan recursos cruciales para el mantenimiento y productividad de las abejas.
Apicultura / meliponicultura	Forestal	+	B	A	
Apicultura / meliponicultura	Vegetación	+	MF	A	Las abejas juegan un papel crucial en la polinización de plantas, lo que mejora la reproducción y diversidad de la vegetación. Una polinización efectiva aumenta la producción de semillas y frutos, lo que a su vez beneficia a la fauna local y contribuye a la estabilidad del ecosistema. Además, la meliponicultura contribuye en la conservación de especies de nativas polinizadoras, así como de flora. Una vegetación rica, variada y en buen estado de conservación sostiene la salud y productividad de las colonias de abejas, permitiendo una producción de calidad y constante de productos apícolas.
Apicultura / meliponicultura	Conservación	+	MF	A	
Vegetación	Apicultura /meliponicultura	+	MF	A/I	
Apicultura / meliponicultura	Elemento cultural y social	+	MF	A	La apicultura y la meliponicultura son prácticas profundamente enraizadas en las tradiciones culturales de muchas comunidades. Estas actividades no solo contribuyen a la conservación de ecosistemas e ingresos económicos, sino que también forman parte integral de las prácticas tradicionales y conocimientos ancestrales. La preservación y promoción de estas prácticas enriquecen la

Variable Generadora	Variable Receptora	Influencia	Intensidad	Efecto	Relación entre variables
					identidad cultural y fortalecen el patrimonio cultural local.
Forestal	Ecoturismo	+	B	A	Las prácticas forestales sostenibles pueden mejorar el atractivo de las selvas como destinos ecoturísticos. La gestión adecuada de las selvas, incluyendo la conservación de la biodiversidad, la creación de senderos y la protección de paisajes naturales, aumenta el valor estético y recreativo. Esto atrae a más turistas interesados en experiencias naturales y educativas.
Forestal	Suelo	+	B	A	Las prácticas forestales sostenibles promueven la estabilización de suelo, reducen su pérdida y previenen su erosión.
Ecoturismo	Educación ambiental	+	MF	A	El ecoturismo ofrece un contexto ideal para la educación ambiental. Al proporcionar a los visitantes experiencias directas en la naturaleza se aumenta la conciencia y comprensión de los problemas ambientales. A futuro, esta mayor conciencia puede traducirse en acciones positivas para la conservación y el comportamiento sostenible.
Educación ambiental	Conservación	+	MF	A	
Conservación	Educación ambiental	+	MF	A	A medida que la educación ambiental se extiende y profundiza en una comunidad, se incrementa gradualmente el compromiso y la participación en actividades de conservación. Este aumento en la conciencia y el conocimiento fomenta un apoyo más fuerte y sostenido para las políticas y proyectos de conservación.
Vegetación	Acuífero	+	MF	A/I	La vegetación influye en el microclima local, proporcionando sombre y reduciendo las temperaturas extremas. También ayudan a mantener o mejorar la calidad del aire y funcionan como sumideros de carbono. Es crucial en la prevención de la erosión del suelo y contribuye a mantener o mejorar su calidad con la aportación de materia orgánica. Proveen de áreas recreativas y estéticamente agradables que
Vegetación	Paisaje	+	MF	A/I	
Vegetación	Ecosistemas / hábitats / biodiversidad	+	MF	A/I	
Vegetación	Captura de carbono /regulación de temperatura	+	MF	A/I	
Vegetación	Suelo	+	MF	A/I	

Variable Generadora	Variable Receptora	Influencia	Intensidad	Efecto	Relación entre variables
					influye en el bienestar humano.
Acuífero	Ecosistemas / hábitats / biodiversidad	+	MF	A/I	Los acuíferos son una fuente crucial de agua. Un acuífero saludable y bien gestionado asegura un suministro continuo de agua potable, esencial para la vida y el desarrollo económico. Así mismo un acuífero saludable contribuye a la estabilidad de los ecosistemas locales y a mantener fuentes de agua superficial vitales para la biodiversidad y el bienestar humano.
Acuífero	Agua	+	MF	A/I	
Acuífero	Paisaje	+	MF	A/I	A través de los procesos geológicos locales, relacionados con el acuífero, se puede apreciar el paisaje actual que caracteriza Tulum.
Minería (bancos de materiales)	Vegetación	-	M	A/I	La extracción de materiales implica la remoción de la cubierta vegetal y del suelo superficial. La alteración del terreno puede cambiar el flujo superficial y subterráneo del agua. La realización de esta actividad conlleva la generación de polvos que pueden originar otros efectos a nivel ambiental y social.
Minería (bancos de materiales)	Acuífero	-	M	A/I	
Minería (bancos de materiales)	Aire	-	M	I	
Minería (bancos de materiales)	Suelo	-	M	A/I	
Residuos	Acuífero	-	MF	A	Las actividades humanas, como el uso de fertilizantes, pesticidas, manejo inadecuado de residuos, puede contaminar el acuífero, suelo y vegetación.
Residuos	Vegetación	-	F	A	
Residuos	Suelo	-	F	A	
Infraestructura y equipamiento	Vegetación	-	MF	A/I	La construcción de infraestructura tiene un impacto inmediato en la vegetación local, ya que requiere la remoción de plantas y árboles en el área de construcción. Esto resulta en la pérdida instantánea de cobertura vegetal y reducción de hábitat para especies.
Economía	Infraestructura y equipamiento	+	MF	A	La economía de un área determina en gran medida la disponibilidad de recursos financieros para desarrollar y mantener infraestructuras y equipamientos. Una economía próspera puede permitir inversiones en proyectos de infraestructura, así como en equipamientos.
Paisaje	Ecoturismo	+	MF	I	

Variable Generadora	Variable Receptora	Influencia	Intensidad	Efecto	Relación entre variables
Ecosistemas / hábitats / biodiversidad	Ecoturismo	+	MF	I	Estos elementos son los principales atractivos del ecoturismo. Un paisaje natural diverso y bien conservado, ecosistemas únicos, hábitats diversos y una amplia biodiversidad son lo que atrae a los turistas interesados en experimentar y disfrutar de la naturaleza en su estado original.
Programas gubernamentales	Agricultura	+	B	I	Los programas gubernamentales, pueden tener un impacto significativo en el desarrollo y la gestión de las actividades primarias. Estos programas pueden influir en la planificación de la producción, el uso de la tierra y el acceso a recursos y mercados. Los programas gubernamentales dirigidos a las actividades primarias, sin considerar principios de sostenibilidad pueden originar efectos negativos en el medio ambiente.
Programas gubernamentales	Ganadería	+	B	I	
Programas gubernamentales	Forestal	+	B	I	
Proyectos gubernamentales (Tren Maya, Aeropuerto, Parque del Jaguar)	Turismo	+	MF	A	Influyen en la afluencia de viajeros para Tulum, como destino turístico. Un aumento en el turismo genera demandas adicionales de infraestructura y equipamiento. Así mismo ejerce presión sobre los recursos naturales locales, pero también estimula el desarrollo económico regional.
Proyectos gubernamentales (Tren Maya, Aeropuerto, Parque del Jaguar)	Ecoturismo	+	MF	A	
Proyectos gubernamentales (Tren Maya, Aeropuerto, Parque del Jaguar)	Acuífero	-	F	A	La construcción de grandes proyectos puede generar riesgos de contaminación del agua subterránea y modificación en los patrones de drenaje y recarga en el acuífero.

9.3 IMAGEN OBJETIVO

La imagen objetivo se define como la visión ideal y deseada del modelo territorial que se aspira a alcanzar. Considera las interrelaciones actuales entre los aspectos ambientales, sociales y económicos y las tendencias previstas a futuro. Y actúa como un marco de referencia y guía para la planificación y gestión del territorio[7].

En este apartado se describe la imagen objetivo establecida para el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Tulum, la cual fue construida de manera participativa a través del Comité Técnico, quien identificó y priorizo los ejes estratégicos, objetivos y metas para transformar la visión ideal y deseada en una realidad tangible.

Esta imagen objetivo, se centra en lograr un equilibrio armónico entre la protección ambiental, bienestar social y crecimiento económico y establece un compromiso colectivo hacia un futuro donde Tulum sea un ejemplo de convivencia sostenible entre la naturaleza y la sociedad.

9.3.1 RESULTADOS

A continuación, se presenta la imagen objetivo considerada para el municipio de Tulum en el marco del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial.

“En el horizonte, el municipio de Tulum se posiciona como un modelo de desarrollo equilibrado, donde la gestión eficiente de los recursos naturales y la planificación territorial son fundamentales para asegurar la viabilidad y el bienestar de la comunidad, así como revertir la degradación ambiental y asegurar la protección y preservación de los ecosistemas. Conscientes de la importancia de consolidar esta imagen objetivo, nos proponemos trazar un camino hacia un futuro sostenible, fundamentado en siete ejes estratégicos.

1. Gestión integral del recurso hídrico y conservación del sistema kárstico.
2. Gestión sostenible del recurso forestal.
3. Conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad.
4. Gestión ambiental integral de los residuos.
5. Desarrollo económico sostenible
6. Asentamientos humanos sostenibles y resilientes
7. Gobernanza.

[7] Márquez, M. y Veloso, Eva. 2020. El Ordenamiento Territorial en Chile Estado del Arte. Revista Estado, Gobierno y Gestión Pública. No. 35.

En nuestra visión, la gestión integral del recurso hídrico ocupa un lugar central como componente esencial de nuestro patrimonio natural. Nos comprometemos a liderar una labor dedicada a salvaguardar la pureza y la abundancia de nuestras aguas subterráneas, reconociendo su importancia crítica para el sustento de la vida y el equilibrio de nuestros ecosistemas.

Este compromiso considera no solo asegurar la disponibilidad y la calidad del agua para el consumo humano, sino también para respaldar el desarrollo de las actividades económicas del municipio. Asimismo, conlleva la preservación de la integridad del acuífero y los ecosistemas asociados, reconociendo su papel en la conservación de la biodiversidad y la estabilidad de nuestro entorno natural. Esto se logrará mediante la adopción de prácticas de manejo eficiente y restauración de ecosistemas, asegurando así la salud y la resiliencia de nuestros sistemas naturales.

En el ámbito forestal, nos comprometemos a promover la conservación y el uso responsable de nuestras comunidades vegetales, reconociendo su valor como reservorios de biodiversidad, sumideros de carbono y proveedores de bienes y servicios indispensables para la vida. Buscamos fomentar prácticas de manejo forestal sustentable que aseguren la regeneración de nuestros recursos y la prosperidad de nuestras comunidades.

En términos de biodiversidad, buscamos asegurar la protección de nuestros ecosistemas y diversidad biológica mientras se fomenta un uso responsable de los recursos, reconociendo la interdependencia entre los seres vivos y la importancia de mantener la salud de nuestros ecosistemas, como garantía del bienestar humano y para mantener la viabilidad a largo plazo de nuestros recursos naturales.

En el ámbito de la gestión de residuos, apostamos por una visión integral que promueva la reducción, reutilización, reciclaje y disposición final adecuada de los desechos, minimizando su impacto ambiental y maximizando su valor económico y social. Nos comprometemos a impulsar la economía circular en los sectores productivos y asentamientos humanos y a involucrar activamente a la comunidad en el manejo integral de los residuos.

En términos de desarrollo económico, aspiramos a un modelo que sea sostenible, inclusivo y resiliente, donde la diversificación de la economía y la generación de empleo sean compatibles con la conservación de nuestros recursos naturales y la mejora del bienestar de nuestra población. Nos esforzamos por promover actividades económicas que agreguen valor a nuestros recursos naturales, como el ecoturismo, la meliponicultura y la artesanía local, y por fortalecer las cadenas de valor que beneficien a productores locales y comunidades rurales.

Finalmente, en términos de asentamientos humanos, la visión se centra en un desarrollo que se integra armónicamente con el entorno natural y en donde se consideran las interacciones entre los elementos naturales y humanos, siendo diseñados de manera integral e incorporando medidas de adaptación al cambio climático, para garantizar la resiliencia de las comunidades. Además, se destaca el compromiso con la conservación y protección de los espacios naturales, evitando el establecimiento de asentamientos en ecosistemas sensibles y áreas de riesgo y limitando el desarrollo de asentamientos humanos fuera de áreas urbanizables, garantizando que se lleven a cabo en estricto cumplimiento de la normativa vigente, priorizando la disponibilidad de servicios públicos básicos y alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Esta visión también abarca la promoción de la regulación de los asentamientos informales compactos que no involucren áreas con alto valor ambiental o promuevan la fragmentación de los ecosistemas, asegurando condiciones adecuadas de vivienda y servicios básicos para todos sus habitantes, minimizando con ello su impacto al medio ambiente."

9.3.1.1 EJES ESTRATÉGICOS

Eje estratégico 1: Gestión integral del recurso hídrico y conservación del sistema kárstico.

Propósito

Promover la gestión integral y sostenible del recurso hídrico, integrando medidas de protección, conservación y manejo eficiente del acuífero y sistema kárstico, para garantizar la disponibilidad y calidad del agua, para consumo humano, así como el caudal ecológico para asegurar la funcionalidad ecosistémica.

Objetivos	Identificar y establecer esquemas de protección de las zonas de importancia para la recarga del acuífero y las áreas vulnerables del sistema kárstico.
	Identificar, proteger y regular las formaciones kársticas (cuevas, cenotes, ríos subterráneos, cavernas).
	Identificar y regular las actividades de riesgo que puedan comprometer la integridad y salud del acuífero y sistema kárstico.
	Priorizar las concesiones del agua para consumo humano y caudal ecológico, frente al uso y aprovechamiento con fines industriales y/o comerciales.

Garantizar el aprovechamiento sustentable del agua a través de la implementación de tecnologías limpias y la implementación de buenas prácticas.
Garantizar y vigilar que las descargas de aguas residuales reciban un tratamiento terciario, previo a su reincorporación al acuífero o su reutilización.
Establecer sistemas de monitoreo, vigilancia y alerta temprana de la calidad del agua.
Implementar programas integrales de educación y cultura ambiental para garantizar la protección y uso responsable del agua.
Implementar medidas de mitigación y remediación para restaurar ecosistemas acuáticos continentales degradados y garantizar su salud y biodiversidad.
Integrar en la Bitácora Ambiental el registro de las concesiones del uso y aprovechamiento del agua.
Fomentar que la gestión integral del recurso hídrico y conservación del sistema kárstico incorpore medidas de adaptación al cambio climático, anticipando y mitigando los riesgos asociados.

El horizonte de tiempo para el cumplimiento de las metas se estableció de acuerdo a lo siguiente:

Corto plazo: Tres años.
Mediano plazo: Cinco años.
Largo plazo: Más de cinco años, hasta 10 años.

Metas
Para el 2030, aumentar en un 50% la superficie de las áreas de importancia para la recarga del acuífero.
Implementar tecnologías y prácticas de conservación, reutilización y reciclaje del agua en al menos el 50% de las actividades productivas y asentamientos humanos del municipio en el mediano plazo.
Implementar al menos tres proyectos de soluciones basadas en la naturaleza, a mediano plazo, para la gestión del agua, aguas grises y aguas residuales en el municipio, con el fin de promover prácticas sostenibles y resilientes.
Promover la participación activa de la comunidad en la conservación del sistema kárstico y la gestión del agua, mediante la capacitación y sensibilización de al menos el 50% de la población a mediano plazo.
A mediano plazo, generar los mecanismos para que los sectores productivos y asentamientos humanos pueda acceder a bonos climáticos.
A mediano plazo, generar los mecanismos para que los sectores productivos y asentamientos humanos, que implementen prácticas de reutilización y reciclaje de agua en sus procesos productivos y/u operativos puedan acceder a incentivos económicos y fiscales vinculados a la conservación.

Eje estratégico 2: Gestión sostenible del recurso forestal.

Propósito

Garantizar la protección, restauración y el uso sostenible de la masa forestal, para asegurar la funcionalidad ecosistémica, provisión de servicios ambientales y sostenibilidad.

Objetivos	Establecer y fortalecer mecanismos de protección y vigilancia comunitaria para prevenir la deforestación, la tala ilegal, incendios forestales y otras actividades que amenacen la integridad de los bosques.
	Implementar programas de restauración y reforestación en áreas degradadas, siniestradas o afectadas por actividades humanas o naturales, con el objetivo de incrementar la cobertura forestal y mejorar la conectividad de los ecosistemas.
	Incentivar el desarrollo económico de la actividad forestal, bajo criterios de sostenibilidad, para contribuir al bienestar socioeconómico de las comunidades locales, sin comprometer la integridad de los recursos forestales, ni su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos.
	Generar los mecanismos para implementar sistemas de certificación forestal y etiquetado para productos maderables, promoviendo la trazabilidad y la comercialización responsable de productos provenientes de un manejo forestal sostenible y consecuentemente la conservación del recurso.
	Incentivar el desarrollo de programas de manejo forestal, para el municipio, involucrando a las comunidades locales.
	Desarrollar programas de educación ambiental y capacitación dirigidos a la comunidad, con el fin de sensibilizar sobre la importancia del recurso forestal y promover prácticas de uso responsable de los recursos naturales.
	Fomentar que la gestión sostenible de los recursos forestales incorpore medidas de adaptación al cambio climático, anticipando y mitigando los riesgos asociados.

Metas	Restaurar al menos el 50% de la superficie de las áreas forestales identificadas como degradadas o afectadas por actividades humanas o por causas naturales a mediano plazo.
	Establecer y promover al menos cinco iniciativas de negocios forestales sostenibles en comunidades locales a mediano plazo
	Generar un sistema de certificación forestal en el municipio a corto plazo.
	Establecer un programa de manejo forestal por cada iniciativa autorizada de negocio forestal sostenible a mediano plazo.

Capacitar a las comunidades locales del municipio en prácticas de manejo forestal sostenible a mediano plazo.
Promover la participación activa de la comunidad en la conservación del recurso forestal, mediante la capacitación y sensibilización de al menos el 50% de la población a mediano plazo.
Generar los mecanismos para que el sector forestal pueda acceder a bonos climáticos.

Eje estratégico 3: Conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad.

Propósito

Promover la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad y recursos naturales, garantizando la protección de los ecosistemas naturales, sus servicios ambientales, así como el bienestar humano.

Objetivos
Identificar y restaurar hábitats/ecosistemas clave y críticos, incorporando el conocimiento tradicional de las comunidades y el enfoque de adaptación basado en ecosistemas, para la supervivencia de especies en categoría de riesgo, así como para mejorar y mantener la conectividad ecológica.
Evitar la ocupación y regular las actividades en los ecosistemas identificados como frágiles y únicos, así como en zonas de alto riesgo; ejemplo dunas costeras y zonas inundables y vegetación asociada, para su protección y reducción de la vulnerabilidad de éstos y del desarrollo esperado.
Incrementar la superficie protegida, incentivando el establecimiento de áreas destinadas voluntariamente a la conservación, así como la ampliación de las áreas naturales protegidas ya establecidas.
Promover la participación de los sectores productivos en el monitoreo de especies prioritarias y en la generación de información sobre su estado de conservación.
Incentivar el establecimiento de unidades de manejo para la conservación de vida silvestre (UMA) extensivas, para el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, para contribuir al bienestar socioeconómico de las comunidades locales y apoyar la recuperación de poblaciones de especies.
Promover la diversificación de actividades económicas dentro de las UMA extensivas, como el ecoturismo, la artesanía y la producción sostenible de alimentos, para generar ingresos adicionales para las comunidades locales.
Incentivar y apoyar la integración de soluciones basadas en la naturaleza, uso de ecotecnologías y prácticas sustentables de construcción, en los nuevos desarrollos de las áreas definidas como urbanizables, para reducir el impacto sobre ecosistemas y la biodiversidad.

Establecer los mecanismos para que los sectores productivos y asentamientos humanos pueda acceder a incentivos económicos vinculados a la conservación de la biodiversidad.
Gestionar los mecanismos para que las UMA extensivas y población interesada puedan acceder a pagos por servicios ambientales.
Fomentar el conocimiento y difusión de la relevancia de la biodiversidad municipal, como proveedora de servicios ecosistémicos, en la calidad de vida de la población y en la contribución para la mitigación al cambio climático.
Fomentar que la conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad incorpore medidas de adaptación al cambio climático, anticipando y mitigando los riesgos asociados.

Metas	
	Identificar y restaurar al menos el 50% de los hábitats y ecosistemas clave y críticos del municipio a mediano plazo.
	Establecer criterios claros de ocupación y regulación de las actividades en ecosistemas frágiles y únicos, así como zonas de alto riesgo.
	Aumentar la superficie protegida del municipio en un 20% a largo plazo, a través de esquemas de áreas destinadas voluntariamente a la conservación.
	Facilitar el acceso a capacitación y recursos técnicos para que las comunidades locales puedan establecer y gestionar UMA extensivas de manera efectiva a mediano plazo.
	El 50% de los nuevos asentamientos humanos localizados en las áreas urbanizables y reservas de crecimiento del municipio integran soluciones basadas en la naturaleza, ecotecnologías y prácticas sustentables de construcción a mediano plazo.
	A corto plazo, implementar al menos un mecanismo para que los sectores productivos y asentamientos humanos puedan acceder a financiamiento o beneficios económicos por la conservación de la biodiversidad.
	Sensibilizar a la población sobre la importancia de la biodiversidad municipal y servicios ecosistémicos, alcanzando al menos al 80% de la comunidad a mediano plazo.

Eje estratégico 4: Gestión ambiental integral de los residuos.

Propósito

Promover una gestión ambiental integral y sostenible de los residuos, con el fin de proteger el medio ambiente, preservar los recursos naturales y promover el bienestar humano.

Objetivos

Mejorar la infraestructura y capacidades técnicas para la gestión integral de residuos, incluyendo la construcción y operación de centros de transferencia de residuos, rellenos sanitarios y la implementación de sistemas de recolección selectiva y gestión de residuos de manejo especial y peligrosos.
Mejorar la infraestructura y capacidades técnicas para la gestión integral de aguas residuales, incluyendo la construcción y operación de plantas de tratamiento.
Establecer centros integrales de tratamiento y aprovechamiento de residuos, así como difundir entre la población local los centros ya establecidos, que operan acorde con la normatividad.
Promover en los sectores productivos y asentamientos humanos, la implementación de modelos de producción y consumo basados en la economía circular.
Fomentar la participación activa de la comunidad en la gestión de residuos a través de campañas de sensibilización, educación ambiental y programas de participación ciudadana, con el objetivo de generar conciencia sobre la importancia de reducir, reciclar y manejar adecuadamente los residuos.
Implementar, en colaboración con la comunidad local, un programa para el correcto manejo de los residuos sólidos aplicando las sanciones correspondientes.

Metas

Construir y operar un nuevo relleno sanitario, que cumpla con las regulaciones ambientales vigentes, incluyendo medidas de mitigación de impacto ambiental y controles de contaminación, para asegurar una disposición adecuada y segura de los residuos generados.
Valorar en el corto plazo la necesidad de construir nuevos rellenos sanitarios considerando las tendencias de crecimiento del municipio. Su localización geográfica deberá estar sustentada en un análisis de aptitud de suelo y estudios ambientales de soporte.
En áreas rurales, establecer tres centros de transferencia de residuos, para facilitar su manejo desde los puntos de generación, hasta las instalaciones de disposición final, a corto plazo.
A mediano plazo, establecer en el municipio, un centro acopio de residuos orgánicos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.
En el municipio, que todas las aguas residuales generadas sean sometidas a un riguroso tratamiento a través de sistemas de gestión adecuados, cumpliendo estrictamente con la normativa establecida. Una vez tratadas, estas aguas son reintegradas al acuífero mediante un proceso controlado de infiltración, asegurando así la protección y preservación de nuestros recursos hídricos.
A mediano plazo, establecer un programa de economía circular en el municipio, para un consumo responsable, reutilización y reciclaje de residuos, dirigido a la población del municipio, para fomentar una estrategia de cero residuos.

Contar con un programa de combate de depósito ilegal de residuos.
Sanear y rehabilitar los espacios que fueron destinados en el pasado como depósitos de los residuos generados en el municipio.
Mejorar a corto plazo la recolección de residuos en todo el municipio, separando los residuos desde que se depositan en el camión recolector, para lo cual se establecerá un programa de educación para la población en donde se enseñará a realizar la adecuada separación de los residuos.

Eje estratégico 5: Desarrollo económico sostenible.

Propósito

Regular el desarrollo económico de las actividades productivas, utilizando los recursos naturales de manera responsable y sostenible, evitando la sobreexplotación, el agotamiento y la contaminación, protegiendo la biodiversidad y los ecosistemas, promoviendo la inclusión social y mejorando la calidad de vida de la población.

Objetivos
Fomentar la diversificación de la base económica local, con la premisa de la creación de sectores económicos resilientes y sostenibles, que minimicen la dependencia de actividades extractivas o intensivas en recursos naturales.
Promover alternativas con valor agregado a la producción pecuaria local.
Garantizar que las actividades productivas, incorporen prácticas sustentables para la conservación de las especies, ecosistemas y servicios ambientales.
Garantizar un crecimiento económico que beneficie a todos los sectores de la sociedad, para fomentar equidad económica y social.
Usar, promover y potenciar las tecnologías limpias y eficientes, así como infraestructura sostenible que contribuya a la reducción de la huella ambiental de las actividades económicas, promoviendo la transición del municipio hacia una economía más responsable y circular y resiliente ante el cambio climático.
Promover que en los programas de incentivos y subsidios dirigidos a las actividades productivas del municipio se integren criterios para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad.
Garantizar prácticas empresariales responsables que respeten los derechos humanos, priorizando del desarrollo sostenible del municipio sobre el sector privado.

Metas	
	Lograr que al menos el 80% de las actividades productivas del municipio, a mediano plazo, implementen prácticas sustentables para la conservación de las especies, ecosistemas y servicios ambientales.
	Conseguir que el 90% del turismo que se desarrolla en el municipio, a corto, mediano y largo plazo, sea de mediano a bajo impacto, evitando el turismo masivo.
	Fomentar la adopción de tecnologías limpias y eficientes en al menos el 70% de las actividades productivas del municipio a mediano plazo.
	Incrementar en un 20% el acceso a servicios básicos y oportunidades económicas en comunidades marginadas del municipio a mediano plazo.
	En la diversificación económica se prioriza el fomento de actividades como la apicultura y meliponicultura, que conllevan un beneficio significativo para la conservación de los recursos naturales.

Eje estratégico 6: Asentamientos humanos sostenibles y resilientes.

Propósito

Delimitar el desarrollo de asentamientos humanos y que estén diseñados, planificados y gestionados de manera que puedan resistir y adaptarse a los impactos adversos, al tiempo que promueven el bienestar de sus habitantes y la preservación del medio ambiente.

Objetivos	
	Propiciar que los asentamientos humanos estén planificados de manera integral, considerando las interacciones entre los diferentes elementos del entorno natural, utilizando de manera eficiente los recursos naturales, energéticos y materiales, manejando y minimizando la generación de residuos y la emisión de contaminantes y considerando el uso de tecnologías limpias e infraestructura de bajo impacto ambiental.
	Fomentar que los asentamientos humanos incorporen medidas de adaptación al cambio climático en su diseño y planificación, anticipando y mitigando los riesgos asociados al aumento de las temperaturas, los fenómenos meteorológicos extremos y el aumento del nivel del mar.
	Garantizar que el crecimiento de asentamientos humanos se limite a las áreas definidas como urbanizables, para conservar y proteger los espacios naturales.
	Garantizar que el desarrollo de los asentamientos humanos se realice de acuerdo con la normativa vigente, considerando la disponibilidad de servicios públicos básicos, y alineado con los ODS, para promover comunidades seguras, inclusivas y sostenibles.
	Prohibir el establecimiento de asentamientos humanos en ecosistemas sensibles, zonas de riesgo y áreas críticas de recarga del acuífero, con el fin de preservar la integridad ambiental, reducir la vulnerabilidad ante

	desastres naturales y garantizar el suministro sostenible de recursos hídricos para las comunidades.
	Evitar el cambio de uso de suelo en zonas ecológicamente frágiles, con el fin de proteger la biodiversidad, preservar los ecosistemas naturales y promover el desarrollo de asentamientos humanos más sostenibles y resilientes.
	Regular los asentamientos humanos establecidos de manera informal en áreas que no promuevan la fragmentación de los ecosistemas y pérdida de la diversidad biológica, evitando el desarrollo de esquemas segregados o unifuncionales, así como las tendencias a la suburbanización extensiva, garantizando condiciones adecuadas de vivienda, servicios básicos y seguridad para sus habitantes.
Metas	Establecer límites claros para el desarrollo de asentamientos humanos mediante la delimitación de áreas urbanizables y la aplicación efectiva de las regulaciones establecidas en este instrumento, para restringir la expansión humana hacia áreas ecológicamente sensibles o zonas de riesgo.
	El 100% de los asentamientos humanos en el municipio, se desarrollan en apego a la normatividad, están planificados de manera integral, incorporan medidas de adaptación al cambio climático y consideran la disponibilidad de servicios públicos básicos.
	Regularización de asentamientos informales localizados fuera de áreas ecológicas vulnerables, con aplicación de medidas de mitigación o compensación ambiental.

Eje estratégico 7: Gobernanza.

Propósito

Fortalecer la coordinación institucional y la colaboración entre los tres órdenes de gobierno para mejorar el monitoreo, la evaluación y la actualización del instrumento de ordenamiento ecológico. Esto incluye la armonización con la política urbana y el fortalecimiento de la capacidad del personal técnico y operativo, asegurando una aplicación efectiva de la regulación establecida y una toma de decisiones informada y participativa.

Objetivos	Establecer mecanismos efectivos de coordinación y comunicación entre los diferentes niveles de gobierno y las instituciones involucradas en la gestión del ordenamiento ecológico.
	Desarrollar e implementar un sistema integral de monitoreo y evaluación que permitan un seguimiento continuo del cumplimiento y la efectividad del instrumento de planeación.
	Asegurar que el desarrollo urbano esté alineado y sea coherente con las estrategias, objetivos y acciones del ordenamiento ecológico, para garantizar una visión unificada del desarrollo territorial.
	Mejorar las habilidades y competencias del personal técnico y operativo mediante programas de capacitación continua y acceso a recursos y herramientas actualizadas.

Metas	Crear a corto plazo un protocolo de comunicación y colaboración entre las instituciones involucradas, asegurando una respuesta rápida y coordinada a los desafíos ambientales.
	Realizar evaluaciones periódicas del instrumento de planeación ecológica y publicar informes de progreso accesibles al público y a las partes interesadas.
	Asegurar que el desarrollo urbano previsto para el municipio cumpla con los principios del ordenamiento ecológico.
	Implementar programas de capacitación anuales para el personal técnico y operativo, enfocados en las mejores prácticas de gobernanza ambiental y la aplicación de la regulación establecida.

9.4 ESCENARIO TENDENCIAL

El escenario tendencial es una herramienta en la planificación ambiental y territorial que permite proyectar las condiciones futuras de una región, basándose en la continuidad de las tendencias actuales de desarrollo, uso de suelo, y gestión de los recursos naturales. Este análisis no considera cambios significativos en las políticas, normativas o intervenciones estratégicas, ofreciendo una visión de lo que podría suceder si las dinámicas actuales se mantienen sin alteraciones.

El propósito de delinear un escenario tendencial es proporcionar una referencia sobre el estado futuro probable del medio ambiente y el territorio, en ausencia de nuevas políticas o acciones correctivas. Esto permite entender las posibles consecuencias de la inacción y la necesidad de intervenciones estratégicas para guiar el desarrollo hacia un enfoque más sostenibles.

En el contexto del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Tulum, el escenario tendencial abordará los siguientes temas:

1. Cambio de uso de suelo y vegetación.
2. Disponibilidad de agua.
3. Crecimiento urbano, dinámica demográfica y desarrollo del sector turístico.
4. Cambio climático.

9.4.1 CAMBIO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

Para elaborar los mapas de cambio de cubierta y uso del suelo en el municipio Tulum" a escala 1:50,000, se partió de la información contenida en imágenes del satélite Sentinel 2A con 10m, de resolución espacial para los años (2017- 2018, 2020 - 2021, y 2023 - 2024). Se generó un compuesto con las bandas 8, 11, y 2 (ICr, SW1, Azul), respectivamente). La imagen fue sometida a un proceso de corrección radiométrica de tipo atmosférica con la herramienta Sen2Cor, implementada en el software SNAP (2016), una clasificación de tipo No Supervisada, con el algoritmo K-Means; así como una clasificación Supervisada con Random Forest. Finalmente se realizó la verificación de pertenecía de las clases informacionales de acuerdo con las siete clases definidas en la leyenda (Tabla 3), por lo que fue necesario un proceso de edición para ajustar bordes. Para lo cual se empleó el software ArcGIS V-10.8 con licencia educativa (ESRI, 2020).

Tabla 3. Leyenda del mapa de cambio de cubierta y uso del suelo del municipio Tulum.

Clase	Clave
Vegetación densa	Vd
Vegetación inundada	Vi
Pastos y cultivos	PC
Suelo desnudo	SD
Superficies abiertas	SA
Cuerpo Agua	CA
Superficie construida	SC

Fuente: Elaborado propia.

Clases de uso y cobertura del suelo

Para definir la leyenda de las clases informacionales partimos de la guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación (INEGI, 2012); consultamos además la guía de campo Identificación de los manglares en México (C. Agráz-Hernández, 2006); así como la Guía Vegetación de Playa en Tulum. Las clases quedaron agrupadas de la manera siguiente:

Vegetación densa

Cualquier agrupación significativa de vegetación densa alta (~15 m o más), típicamente con un dosel cerrado o densa, con árboles de entre 8, 12, y 15 metros de altura, alcanzando a veces hasta de 18 m de altura. Las especies presentes son chakah (*Bursera simaruba*), chukum (*Havardia albicans*), tsalam (*Lysiloma latisiliquum*) y jabín (Piscidia piscipula). Estas especies tienen tallos que pierden su corteza y desarrollan actividad fotosintética durante el periodo en que la planta ha tirado sus hojas. En algunos fragmentos del bosque donde ha ocurrido alguna perturbación, natural o antrópica, se presentan de forma dominante especies de menor talla, sumamente abundantes, como el ts'i'ts'ilché (*Gymnopodium floribundum*), sak its'a (*Neomillspauguia emarginata*), sak kaatsim (*Mimosa bahamensis*) y algunas especies de trepadoras leñosas como *Pisonia aculeata* (be'eb), *Bignonia potosina* (éek k'iix il) y *Fridericia floribunda* (sak aak'), entre otras. Puede encontrarse en diferentes estados de sucesión secundaria como consecuencia de la destrucción parcial o total de la vegetación primaria, como resultado de distintas prácticas agrícolas y ganaderas, que se han realizado desde varias décadas en el municipio, ocasionando daños a la vegetación original, de forma temporal. Este tipo de comunidades son transitorias y dan lugar a etapas sucesivas tendientes al restablecimiento de la vegetación original, a través del tiempo, al menos desde el punto de vista estructural, así como a la recuperación de la diversidad de la selva.

Se consideran también algunas pequeñas comunidades arbóreas bajas, con individuos de 4 a 6 m de altura dominadas ampliamente por algunas especies secundarias tardías como el waaxiim (*Leucaena leucocephala*), el ts'i'ts'ilché (*Gymnopodium floribundum*), el sak kaatsim (*Mimosa bahamensis*) y el sak its'a (*Neomillspauguia emarginata*), box kaatsim (*Senegalia gaumeri*), entre otras. Esta clase incluye a las comunidades arbustivas mucho más densas y bajas, cuyo proceso de recuperación tiene poco tiempo o ha sido muy lento debido al nivel de deterioro a que fue sometido el terreno, como producto de la actividad productiva. Entre las especies predominantes se encuentran *Diospyros cuneata* (uchul ché), *Diospyros anisandra* (kakal che'), *Acacia pennatula* (chimay), *Caesalpinia gaumeri* (kitam che'), *Caesalpinia yucatanensis* (taak'in che'), *Senegalia gaumeri* (box kaatsim), *Havardia albicans* (chucum), *Bunchosia swartziana* (siip che'), *Bourreria pulchra* (bakal che'), *Helicteres baruensis* (sutup), *Croton chichenensis* (eek' balam), *Croton humilis* (x'ik aban), *Diphysa carthagenensis* (tsusuk), *Neomillspauguia emarginata* (sak its'a), *Parmentiera millspaughiana* (kat cu'uk), *Randia obcordata*, *Solanum tridynamum*, entre otras.

Vegetación inundada

Áreas de cualquier tipo de vegetación con evidente presencia de agua durante la mayor parte del año, incluye superficie inundada estacionalmente que es una combinación de pasto/ arbustos/ árboles/ suelo desnudo. Constituido por mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*), nipa (*Distichlis spicata*), palma chit (*Thrinax radiata*), bromelia (*Bromelia alsodes*), (*Anthurium schlechtendalii*), chicozapote (*Manilkara zapota*), chaca o palo mulato, palo chaca (*Bursera simaruba*), palma nakás (*Coccothrinax readii*), chechem negro (*Metopium brownei*), alacrancillo (*Heliotropium gnaphalodes*).

Cultivos y pastos

Cultivos y pastos plantados, trazados por humanos; su dosel no llega a la altura de los árboles. Esta categoría la componen básicamente terrenos donde se cultivan diversas especies de árboles productores de frutos. Las especies de árboles frutales que mayormente han sido identificados se cultivan en la reserva son: el mango, papaya, mamey, aguacate, naranja y limón, además de la pitaya, que es una especie de cactus trepador para el cual se utilizan árboles o troncos que les den soporte.

Incluye la agricultura tradicional en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia o no, por lo que su éxito depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua. Su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, que puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien son por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal como el garbanzo.

En el caso de los pastos está presente la comunidad dominada por gramíneas o graminoides se observa en medio de la vegetación secundaria de selva baja caducifolia, como consecuencia del desmonte del cultivo de Henequén. Se encuentra en zonas de pastoreo de ganado y la mayor parte del año la cubierta vegetal herbáceo no pasa de una altura media de 10 cm. Ocasionalmente es cortado para alimentar al ganado en el período poco lluvioso; en otros casos encontramos que son sometidos a fuegos frecuentes y la acción del pisoteo de animales, lo que parece ser uno de los principales factores de su existencia. El periodo de sequía hace que tengan un color amarillo pajizo durante más de 6 meses.

Suelo desnudo

Superficies de arenas, roca o suelo con muy escasa o nula vegetación durante todo el año. Con esta categoría también identificamos a las superficies de explotación donde se lleva a cabo la extracción de materiales pétreos fundamentalmente de distintos tamaños (canteras y gravas).

Superficies abiertas

Superficies abiertas, cubiertas homogéneos con poca o ninguna vegetación de baja altura; es una mezcla de pequeños grupos de plantas o plantas individuales dispersas en un paisaje. Está representada por comunidades de vegetación secundaria herbácea cuya altura no sobrepasa el metro y medio, y donde predominan especies de pastos, ciperáceas y herbáceas, también denominadas especies secundarias tempranas. Son frecuentes especies herbáceas como el tah (*Viguiera dentanta*), chichi'beel (*Melochia pyramidata*), sak xiw (*Walteria americana*), x'opché (*Cordia globosa*), put balam (*Solanum tridynamum*), chi'chi'bej (*Corchorus siliquosus*), x'ik aban (*Croton humilis*).

Cuerpos de agua

Se trata de superficies, donde el agua estuvo predominantemente presente durante todo el año.

Superficies construidas

Estructuras creadas por el hombre; principales redes de carreteras y ferrocarriles; grandes superficies impermeables homogéneas que incluyen estructuras de estacionamiento, edificios de oficinas y viviendas residenciales.

9.4.1.1 RESULTADOS

En términos generales los resultados del análisis de cambio en la cobertura y usos del suelo se presentan en la Tabla 4, donde se señalan puntualmente las superficies ocupadas por cada tipo de cubierta para las tres fechas analizadas, 2017-2018, 2020-2021 y 2023-24 (Mapa 1, Mapa 2 y Mapa 3).

Tabla 4. Superficies y porcentajes ocupados por tipo de cubierta en los años 2017-2018, 2020-2021 y 2023-24.

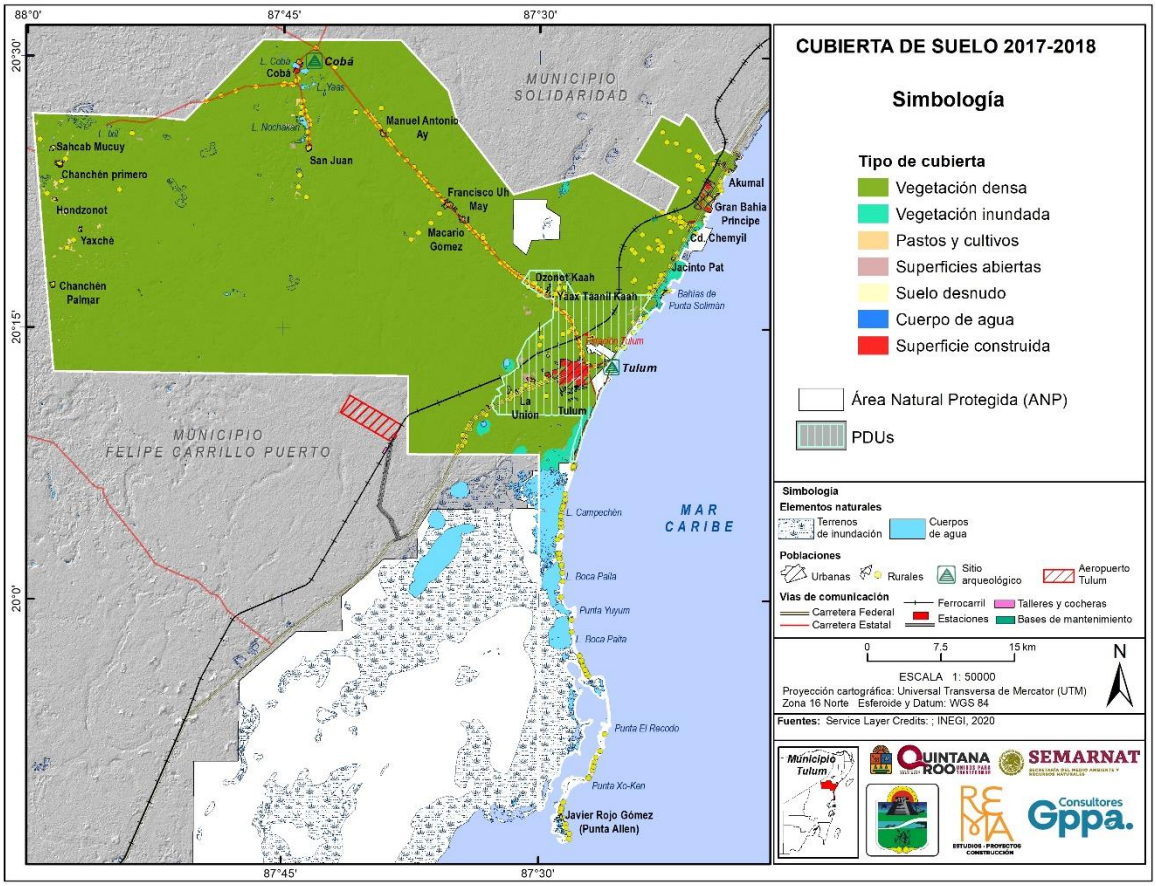
Tipo de Uso	Año 2017-2018		Año 2020-2021		Año 2023-2024	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Vegetación densa	185537.588	91.86	183134.13	90.67	183170.62	90.71
Vegetación inundada	8270.64046	4.09	8616.52	4.27	8151.57	4.02
Pastos y cultivos	496.68	0.25	1654.76	0.82	18.36	0.01
Suelo desnudo	264.29867	0.13	232.42	0.12	363.14	0.18
Superficies abiertas	2465.587	1.22	2838.73	1.41	3490.73	1.72
Cuerpo Agua	3388.50525	1.68	3307.45	1.63	3430.55	1.70
Superficie construida	1558.2809	0.77	2197.57	1.08	3356.62	1.66
Total	**201981.58**	**100**	**201981.58**	**100**	**201981.59**	**100**

Fuente: Elaborado propia.

En el periodo (2017-2018), se observa que la clase que tiene mayor ocupación en el territorio es la “vegetación densa” con (91.8 %), le siguen en orden de extensión de área ocupada con un porcentaje muy por debajo la “vegetación inundada” con el (4 %), cabe mencionar que la superficie construida representa menos del 1 % del área total.

La distribución espacial de las cubiertas en el municipio coincide con los porcentajes, por lo que la mayor extensión territorial es predominantemente de vegetación de tipo densa, no obstante, se aprecian pequeñas parcelas de pastos y cultivos con respecto al área total del municipio, cabe mencionar la presencia de vegetación en la barra de costa de tipo inundada.

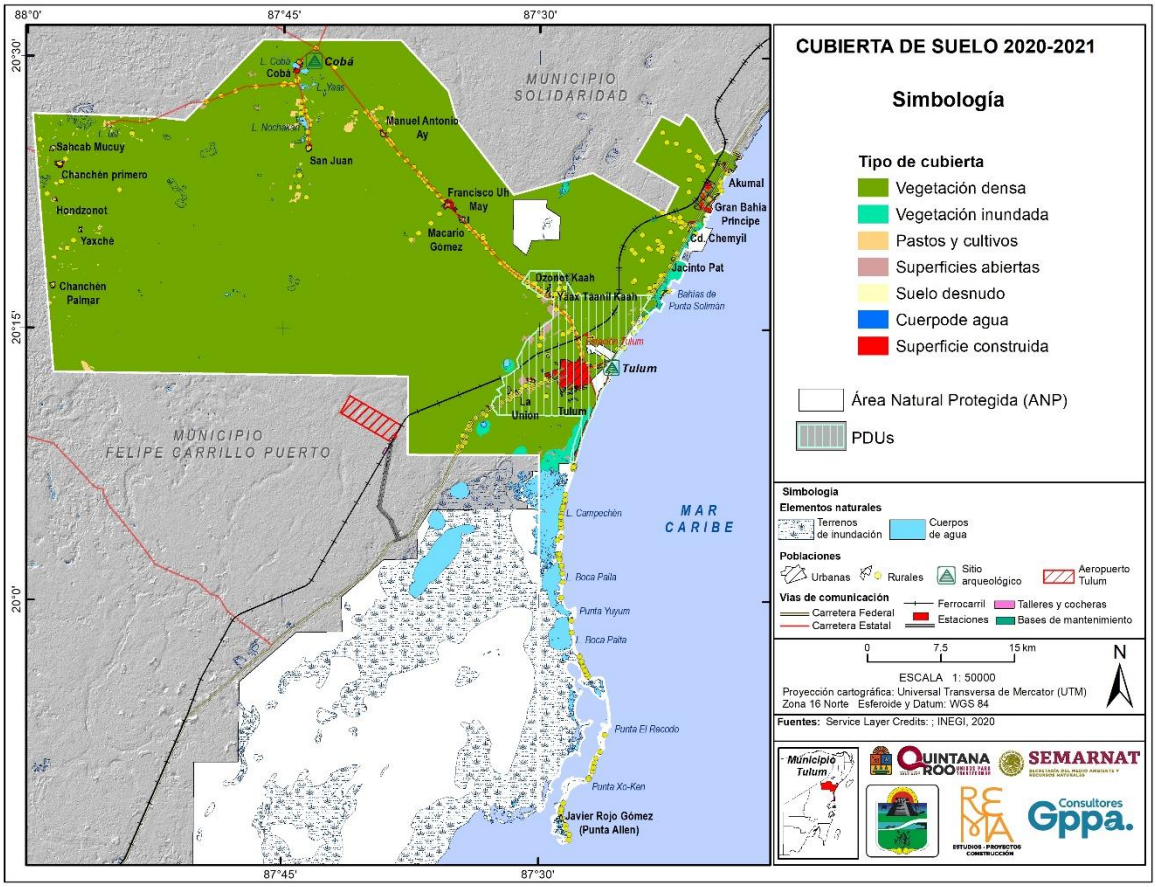
Mapa 1. Tipo de cubierta 2017-2018 en el municipio Tulum.



Fuente: Elaborado propia.

Se aprecia entre los años (2020-2021) que se mantiene la cubierta de vegetación densa con mayor presencia ocupando aproximadamente el 91 % del área total del municipio, le siguen con un bajo porcentaje del 4.2 % la vegetación inundada. Para este periodo la superficie construida aumenta al 1 % del área total por debajo y muy próximo al porcentaje que representan los cuerpos de agua y las superficies abiertas con el 1.6 y 1.4 % respectivamente. Es importante mencionar el incipiente aumento de la cobertura de pastos y cultivos a un 0.8 %.

Mapa 2. Tipo de cubierta 2020 – 2021 en el municipio Tulum.

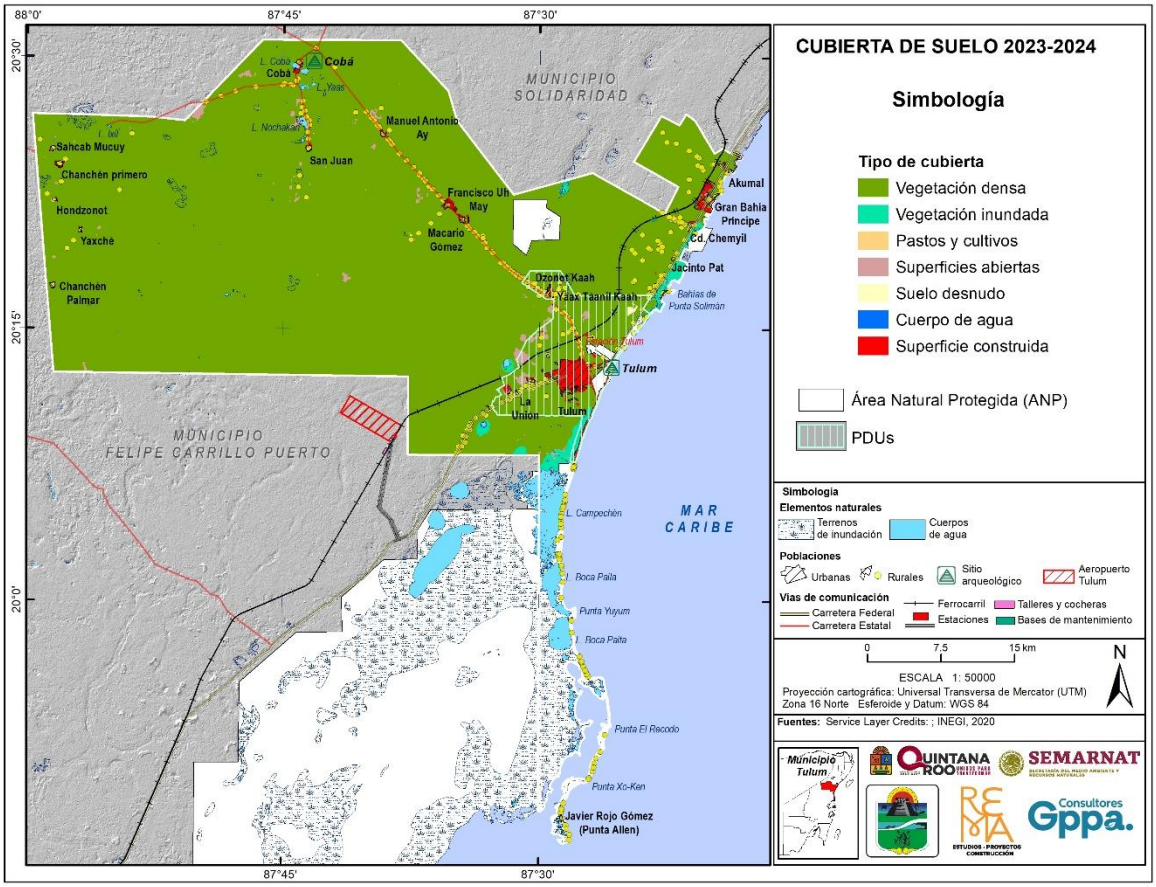


Fuente: Elaborado propia.

Haciendo referencia a los datos más recientes (2023-2024), se observa que la clase que concentra la mayor cantidad de área es “vegetación densa” con el 90 % del municipio; le continúan en orden de ocupación, pero con muy baja presencia la “vegetación inundada” con el 4 %.

El patrón de distribución espacial de las cubiertas para este periodo se observa el predominio de la “vegetación densa”, por su parte la vegetación inundada continúa presente en toda la franja costera del municipio, es importante mencionar que, aunque la extensión espacial de la superficie construida espacialmente no es tan apreciable, sin embargo, para este periodo representa casi el 2 % del área total.

Mapa 3. Tipo de cubierta 2023-2024 en el municipio Tulum.



Fuente: Elaborado propia.

Cambio en la cubierta y usos de suelo

En esta sección analizamos los cambios de uso del suelo y la vegetación a escala 1:50,000. Para determinar los procesos de cambio, considerando básicamente aquéllos ocasionados por las actividades antrópicas a causa de las transformaciones ocurridas durante los últimos siete años en el municipio, utilizamos la leyenda de cambio que se relaciona más abajo. En nuestro caso partimos de la superposición cartográfica de los mapas de cubierta y uso del suelo (2017- 2018, 2020 - 2021, y 2023 - 2024), generados previamente en el presente estudio. La superposición de las diferentes fechas se realizó con ayuda de la herramienta de Geoprocesamiento “Intersect” del software ArcGIS V-10.8 licencia educativa (ESRI, 2020).

La leyenda utilizada para identificar los cambios, en el presente estudio se relaciona con:

- **Conservada:** Mide la superficie de vegetación densa y vegetación inundada.
- **Revegetada:** Mide la cantidad de superficie donde anteriormente se llevaba alguna actividad agropecuaria (Pastos y cultivos), espacios abiertos, suelo desnudo y que actualmente se encuentra ocupada por vegetación densa, y/o vegetación inundada.
- **Deforestada:** Mide la cantidad de superficie que cambió su uso de suelo de vegetación densa y vegetación inundada a zonas de cultivos y pastos, o a otro uso como el urbano, así como las ocupadas por suelo desnudo.
- **Degradada:** Mide la cantidad de superficie que presentó cambio en el uso del suelo, pérdida de cobertura vegetal densa a espacios abiertos.
- **Por actividad productiva:** Mide la cantidad de superficie donde anteriormente se presentaba una cubierta suelo desnudo, superficies abiertas; pero actualmente ha cambiado de actividad productiva.
- **Abandono de la actividad productiva:** Mide la cantidad de superficie donde anteriormente se presentaba una cubierta de pastos y cultivos, pero actualmente ha cambiado a superficie abierta, suelo desnudo, o a superficie construida.
- **Ocupadas por agua:** Mide la cantidad de superficie donde anteriormente se presentaba una cubierta de vegetación densa, vegetación inundada, pastos y cultivos, suelo desnudo, superficies abiertas, pero actualmente ha cambiado a superficie de cuerpo de agua.
- **Sin cambio:** Mide la cantidad de superficie de las zonas donde el uso del suelo por actividades productivas, superficie abierta y superficie construida se ha mantenido.

Cambios apreciados

Como se observa en la Tabla 5, los cambios por actividades de superficie construida fueron incrementando en cada año con un total de 1,798.34 ha; a costa en lo fundamental de la disminución de la cubierta de vegetación densa por 2,366.97 ha, por su parte la vegetación inundada también se aprecia una reducción de un total de 119.07 ha. Cabe señalar las variaciones que impacto en la presencia de suelo desnudo, dada una pequeña reducción en el primer periodo analizado y posteriormente un incremento de un total aproximado de 98.84 ha, de igual manera la cubierta de pastos y cultivos presentó variaciones teniendo un incremento en el primer periodo analizado y posteriormente y hasta el presente una reducción considerable de -478.32 ha.

Tabla 5. Superficie de cambio de 2017-2018 a 2020-2021, 2020-2021 a 2023-2024 y de 2017-2018 a 2023-2024.

Tipo de Uso	Año 2017	Año 2020	Año 2023	2017a2020	2020a2023	2017a2023
	Superficie (ha)	Superficie (ha)	Superficie (ha)	Superficie (ha)	Superficie (ha)	Superficie (ha)
Vegetación densa	185537.588	183134.13	183170.62	-2403.45788	36.49	-2366.97
Vegetación inundada	8270.64046	8616.52	8151.57	345.879538	-464.95	-119.07
Pastos y cultivos	496.68	1654.76	18.36	1158.08	-1636.40	-478.32
Suelo desnudo	264.29867	232.42	363.14	-31.87867	130.72	98.84
Superficies abiertas	2465.587	2838.73	3490.73	373.143001	652.00	1025.14
Cuerpo Agua	3388.50525	3307.45	3430.55	-81.055248	123.10	42.05
Superficie construida	1558.2809	2197.57	3356.62	639.289103	1159.05	1798.34

Fuente: Elaborado propia.

En cuanto a los procesos de cambio entre los periodos 2017 – 2018 y 2020 – 2021, los más importante que se aprecia es un proceso de cambio de tipo deforestada y degradada que representa aproximadamente el 1,6% del área total de vegetación densa e inundada. Es importante mencionar que se observa un proceso de cambio de tipo revegetada que representa el 15% de la superficie total entre pastos y cultivos, suelo desnudo, superficies abiertas y cuerpos de agua. Cabe mencionar que la cobertura con mayor ganancia es pastos y cultivos con un total de 1,459.1 ha, a su vez la cobertura que presenta mayor perdida es la vegetación densa con un total de 3,104.8 ha, se aprecia además una superficie de 16 ha, consideradas como abandonadas por la agricultura (Tabla 6).

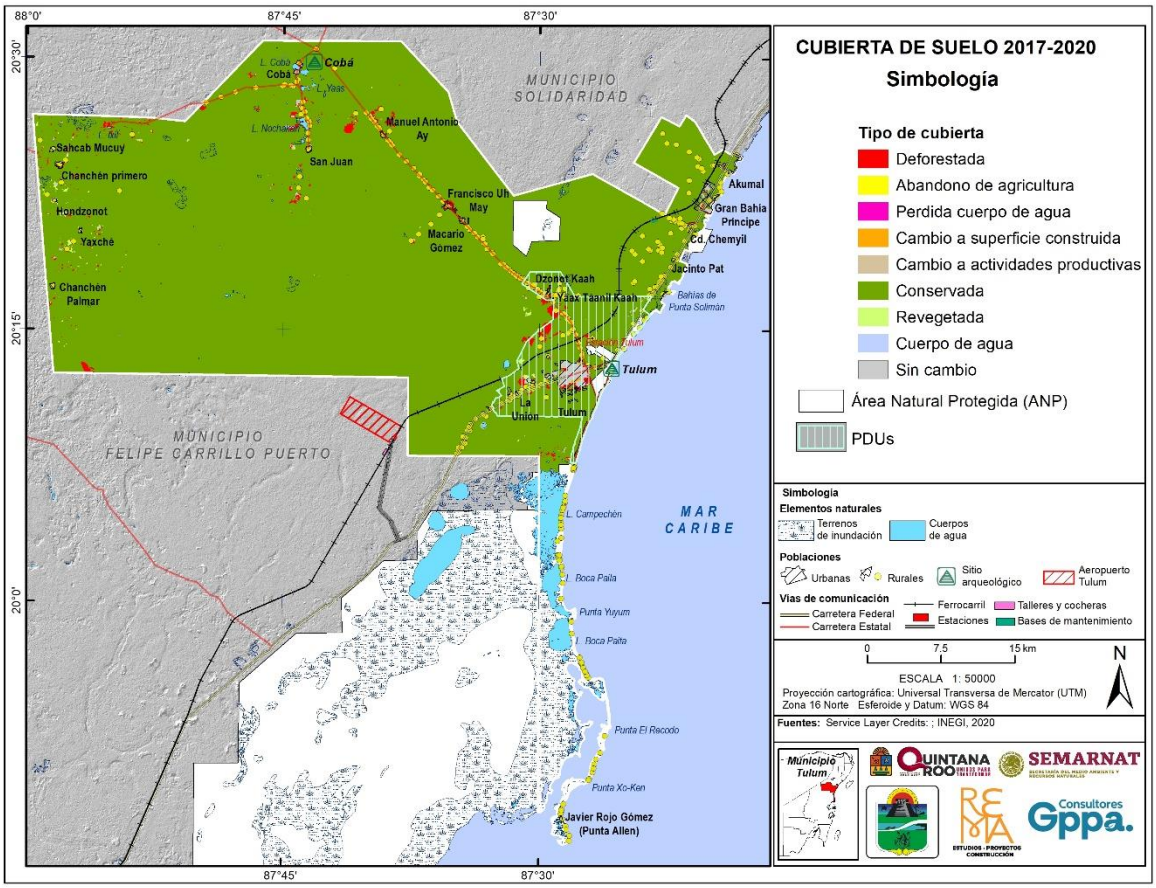
Tabla 6. Matriz de transición entre 2017-2018 (1) y 2020-2021 (2), así como su superficie en ha.

1 \ 2	A	B	C	D	E	F	G
A	182432.8	146.84	1182.87	10.36	1201.38	16.2	547.14
B	0	8206.4	55.5	8.74	0	0	0
C	229	0.17	251.15	0	16.02	0	0.34
D	6.52	10.49	0	218.71	15.27	4.47	8.84
E	465.8	141.11	220.74	2.24	1550.04	2.69	82.97
F	0	111.51	0	1.11	0.51	3275.36	0
G	0	0	0	0	0	0	1558.28

Leyenda: A- Vegetación densa, B- Vegetación inundada; C- Pastos y cultivos, D- Suelo desnudo, E- Superficies abiertas, F- Cuerpo Agua; G- Superficie construida.

Deforestada
Abandono de agricultura
Cambio a actividades productivas
Revegetada
Sin cambio
Perdida cuerpo de agua
Cambio a superficie construida
Conservada
Cuerpo de agua

Mapa 4. Cambio de tipo de cubierta entre 2017-2018 y 2020-2021 en el municipio Tulum.



Fuente: Elaborado propia.

En el siguiente periodo entre 2020 - 2021 y 2023 - 2024, los procesos de cambio más importantes que se reflejan está el proceso de cambio de tipo deforestada y degradada en un porcentaje relativamente un poco más bajo que en el periodo anterior del 1,3% del área total de vegetación densa más la vegetación inundada. Por su parte la superficie considerada como proceso de revegetación representa el 29% de la superficie total entre pastos y cultivos, suelo desnudo, superficies abiertas y cuerpos de agua.

Por otro lado, la cobertura con mayor ganancia en este periodo es la vegetación densa con 2,267.7 ha y por su parte la cobertura con mayor pérdida es vegetación densa con 2,231.2 ha, considerando esas medias se puede apreciar que en este periodo el intercambio entre coberturas se dio principalmente en la vegetación densa, muy importante señalar que la superficie abandonada por la agricultura creció hasta un total de 423,2 ha (Tabla 7).

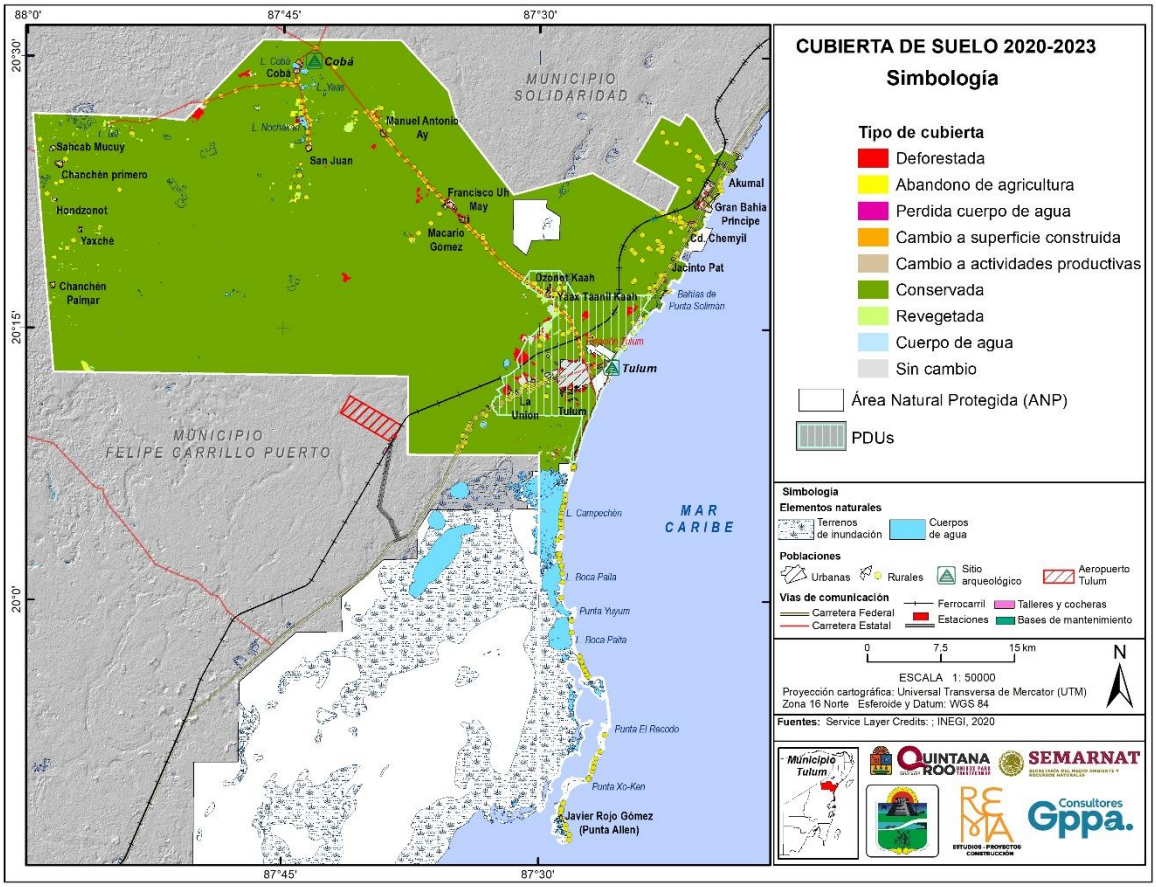
Tabla 7. Matriz de transición entre 2020-2021 (1) y 2023-2024 (2), así como su superficie en ha.

1 \ 2	A	B	C	D	E	F	G
A	180902.94	39.32	9.16	94.38	1026.85	10.2	1051.28
B	220.15	7791.65	0.43	25.52	265.98	309.94	2.86
C	1200.84	6.36	4.04	0	423.18	0.12	20.22
D	6.28	1.27	0	207.73	4.52	2.68	9.93
E	814.7	133.82	4.73	35.2	1768.44	12.58	69.27
F	25.72	179.14	0	0.28	1.77	3095.04	5.5
G	0	0	0	0	0	0	2197.56

Leyenda: A- Vegetación densa, B- Vegetación inundada; C- Pastos y cultivos, D- Suelo desnudo, E- Superficies abiertas, F- Cuerpo Agua; G- Superficie construida.

Deforestada
Abandono de agricultura
Cambio a actividades productivas
Revegetada
Sin cambio
Perdida cuerpo de agua
Cambio a superficie construida
Conservada
Cuerpo de agua

Mapa 5. Cambio de tipo de cubierta entre 2020-2021 y 2023-2024 en el municipio Tulum.



Fuente: Elaborado propia.

Finalmente, los procesos de cambios observados para el periodo 2017 – 2018 y 2023 -2024, se aprecian con un intercambio incipiente entre las coberturas de vegetación densa, vegetación inundada y pastos y cultivos que conllevan a procesos de tipo deforestación y degradada y una pequeña área de revegetación que pasó de pastos y cultivos a vegetación densa. En este periodo de 6 años de intervalo en total, el proceso de cambio de tipo deforestada representó el 2% de toda la superficie de vegetación densa e inundada, en contrapartida la superficie revegetada en todo el periodo fue del 20%. En total la cobertura con mayor ganancia fue la superficie abierta con un área de 1,940.4 ha y por su parte la cobertura con mayores ganancias se mantuvo la vegetación densa con 3,505.8 ha, las tierras abandonadas por la agricultura presentaron diferentes variaciones para un total 140.3 ha al 2024 (Tabla 8).

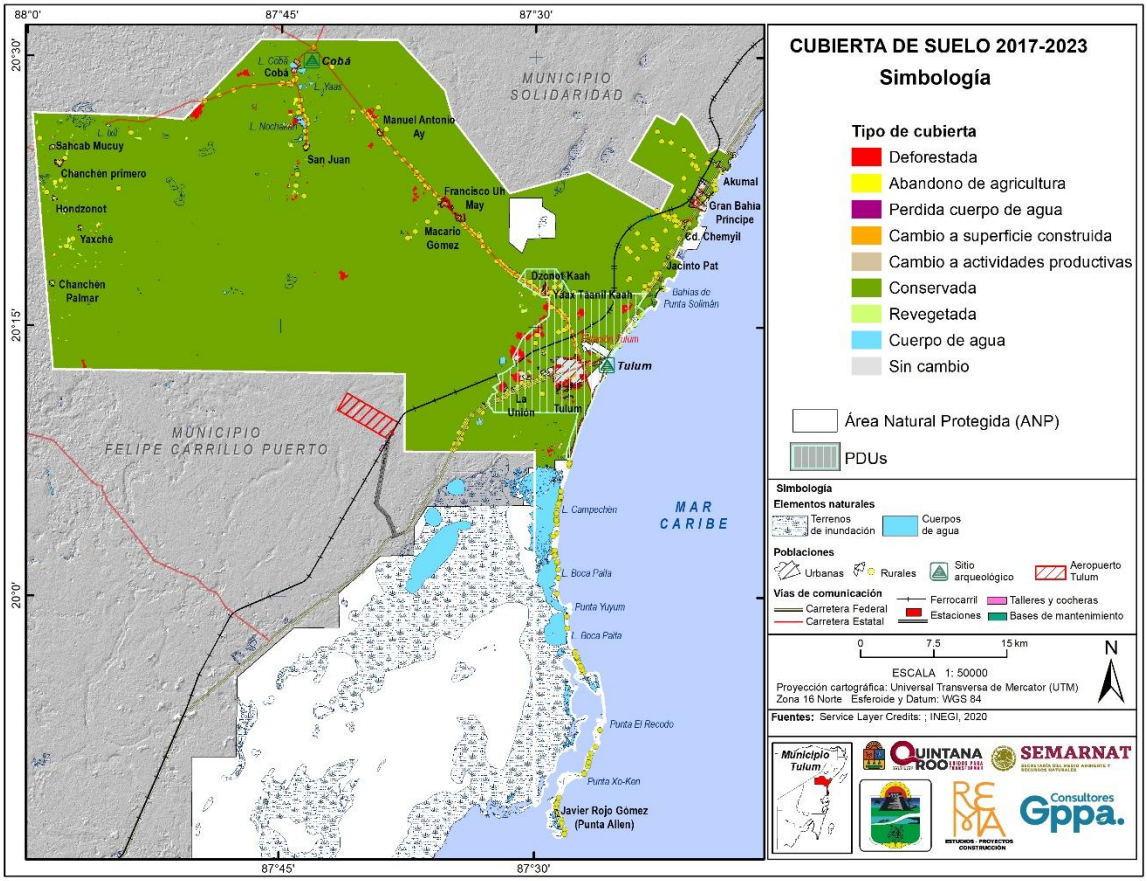
Tabla 8. Matriz de transición entre 2017-2018 (1) y 2023-2024 (2), así como su superficie en ha.

1 \ 2	A	B	C	D	E	F	G
A	182031.78	165.23	13.99	96.78	1574.34	15.21	1640.26
B	181.94	7629.2	0.19	21.51	218.56	216.73	2.51
C	350.29	4.39	1.18	0	140.26	0	0.56
D	10.38	9.25	0	213.24	6.13	5.33	19.98
E	577.12	160	3	31.4	1550.37	13.69	130
F	19.1	183.49	0	0.21	1.07	3179.6	5.03
G	0	0	0	0	0	0	1558.27

Leyenda: A- Vegetación densa, B- Vegetación inundada; C- Pastos y cultivos, D- Suelo desnudo, E- Superficies abiertas, F- Cuerpo Agua; G- Superficie construida.

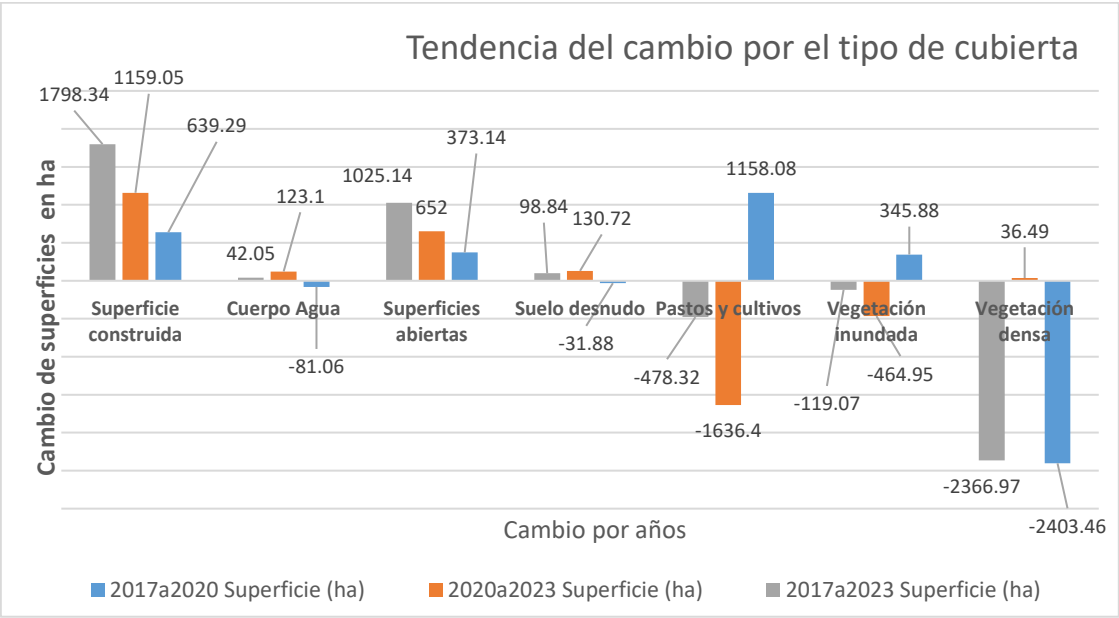
Deforestada
Abandono de agricultura
Cambio a actividades productivas
Revegetada
Sin cambio
Perdida cuerpo de agua
Cambio a superficie construida
Conservada
Cuerpo de agua

Mapa 6. Cambio de tipo de cubierta entre 2017-2018 y 2023-2024 en el municipio Tulum. Elaboración propia.



Fuente: Elaborado propia.

Gráfica 1. Tendencias de los cambios del uso del suelo.



A partir de la gráfica de tendencia anterior podemos observar las diferentes variaciones que han acontecido en las coberturas analizadas, es muy evidente como la Superficie construida, ha tenido un incremento sostenido en cada periodo y en general seguido de las superficies abiertas los cuales de igual manera han tenido un incremento sostenido, aunque en han abarcado menor superficie en hectáreas. A estos escenarios se suman una considerable fluctuación entre los periodos analizados de la cobertura de pastos y cultivos, lo cual sugiere un abandono de la actividad agrícola, y finalmente la cobertura de Vegetación densa con un decrecimiento generalizado, aunque se observa una incipiente recuperación entre 2020 y 2023. Por su parte la Vegetación inundada presenta pequeñas variaciones con una tendencia a la disminución para el final del periodo analizado (2023 -2024).

9.4.2 DISPONIBILIDAD DE AGUA

Para fines de la administración del agua, la NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, define a la disponibilidad de agua como “volumen medo anual de agua subterránea que puede ser extraído de un acuífero para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas”.

Evaluar la disponibilidad de agua subterránea es crucial por múltiples razones entre las ellas el garantizar un suministro continuo y seguro de agua para consumo humano, lo cual es fundamental para la salud pública y el desarrollo social. Asimismo, la disponibilidad de agua resulta de especial relevancia en la sostenibilidad ambiental, la salud de diversos ecosistemas y el mantenimiento de su biodiversidad, dependen del equilibrio de los niveles de las aguas subterráneas.

Conocer la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo también es esencial para la toma de decisiones informadas sobre el manejo del agua. Esta información permite orientar el desarrollo de estrategias que promuevan una gestión del agua efectiva y sostenible, asegurando un uso equilibrado que satisfaga las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

Balance hídrico

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en su actualización de la disponibilidad media anual de agua para el acuífero Península de Yucatán (3105) del 2024, acuífero al que pertenece el municipio de Tulum, éste cuenta con una recarga total media anual de 14931.80 hm^3/año, una descarga natural comprometida de 7686.80 hm^3/año, un volumen de extracción de aguas subterráneas de 5185.37 m^3/año y una disponibilidad media anual de 2059.63 hm^3/año (Tabla 9).

Tabla 9. Disponibilidad de agua en el acuífero Península de Yucatán.

Acuífero	Recarga media annual	Descarga natural comprometida	Volumen de extración de aguas subterráneas	Disponibilidad media annual de agua subterránea
	hm^3/año			
Peninsula de Yucatán	14931.80	7686.80	5185.37	2059.63

Considerando la relación entre la recarga del acuífero y su explotación, se puede inferir que el grado de presión es bajo, estimado en aproximadamente 34%. De acuerdo a lo anterior la disponibilidad de agua subterránea a nivel acuífero aún es suficiente.

Sin embargo, al examinar el registro histórico de la disponibilidad de agua, de acuerdo con los datos de CONAGUA, para el acuífero Península de Yucatán en el 2003, era de 5759.22 hm3/año. Comparado con lo reportado en el informe de 2024, esto representa una disminución del 64% en 21 años.

En cuanto al volumen de extracción de aguas subterráneas, el registró histórico indica que entre 2015 y 2018 existió un aumento considerable, pasando de 1209.2 hm^3/año a 4428.48 hm^3/año en tan solo 3 años.

Realizando el cálculo de presión sobre la disponibilidad total actual a nivel acuífero, considerando los 2059.63 hm^3/año de disponibilidad media anual de agua subterránea y los 5185.37 hm^3/año volúmenes de extracción de aguas subterráneas, implica una presión del 71.57%.

Tabla 10. Datos históricos del acuífero Península de Yucatán.

Año	Recarga media anual	Descarga natural comprometida	Volumen de extración de aguas subterráneas	Disponibilidad media annual de agua subterránea
	hm^3/año			
2024	14931.80	7686.80	5185.37	2059.63
2020	21813.40	14542.20	4884.27	2386.93
2018	21813.40	14542.20	4428.48	2842.72
2015	21813.40	14542.20	1209.2	3388.86
2013	21813.40	14542.20	1209.2	3882.82
2009	21813.40	14542.20	1313.3	5005.60
2003	21813.40	14542.20	1313.3	5759.22

Uso del agua

Los principales usos del agua a nivel acuífero Península de Yucatán refieren al uso agrícola, público urbano y servicios, quienes conjuntan el 64.5%.

Tabla 11. Usos de agua en el acuífero Península de Yucatán.

Actividad	Volumen utilizado	
	hm^3/año	%
Agrícola	1911.6	38.4
Agroindustrial	0.2	---
Doméstico	0.4	---
Acuacultura	18.4	0.4
Servicios	652.5	13.1
Industrial	90.7	1.8
Pecuario	34.6	0.7
Urbano	650.3	13
Diferentes usos	1622.3	32.6
Generación de energía eléctrica	1.8	---

Para el municipio de Tulum, de acuerdo al Registro Público de Derechos del Agua (REPDA, 2023)[8], se cuenta con un registro de 98 concesiones para el aprovechamiento subterráneo, con volumen de 37.31 hm^3/año, lo que representa el 0.71% del volumen de extracción de aguas subterráneas a nivel acuífero Península de Yucatán.

[8] Comisión Nacional del Agua. 2023. Registro Público de Derechos del Agua. Recuperado de: https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/SINA/?opcion=repda.

Tabla 12. Concesiones para el aprovechamiento subterráneo para el municipio de Tulum.

Año	Número de concesiones	Volumen concesionado (hm^3/año)
2023	98	37.31
2022	93	37.22
2021	89	46.26
2020	85	46.20

El uso de acuerdo a datos del REPDA, en el aprovechamiento del agua subterránea, está distribuido da de la siguiente manera:

Tabla 13. Uso agrupado para aprovechamiento subterráneo para el municipio de Tulum.

Año	Agrícola	Abastecimiento público	Industrial integrado	Total
	hm^3/año			
2023	1.360	7.138	28.81	37.31
2022	1.360	7.138	28.72	37.22
2021	1.360	5.896	39.00	46.26
2020	1.360	5.842	38.99	46.20

Retorno de descargas de aguas residuales

El marco jurídico establece para todo aquel usuario de aguas nacionales la obligación de contar con el "Permiso de descarga de aguas residuales" y se señala como casos de excepción para contar con dicho permiso a aquellas descargas que no formen parte de un sistema municipal de alcantarillado y que provengan, ya sea de uso doméstico o bien aquellas que, siendo suministradas por el sistema de agua potable, así como no contengan metales pesados, cianuros o tóxicos y que su volumen no exceda a 300 metros cúbicos mensuales. Se establece que aquellas descargas que correspondan a estos casos de excepción podrán llevarse a cabo con sujeción a las Normas Oficiales Mexicanas que al efecto se expidan y mediante un aviso por escrito a la "autoridad del agua" (PHR PY, 2021-2024)[9].

A continuación, se hará referencia a los retornos de aguas residuales al acuífero en el sentido de los permisos de descargas de aguas residuales otorgados por la CONAGUA.

[9] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua. s.f. Programa Hídrico Regional 2021 – 2024. Región Hidrológico – Administrativa XII Península de Yucatán. Recuperado de: https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/PNH/PHR_2021-2024_RHA_XII_Pen%C3%ADnsula_de_Yucat%C3%A1n.pdf.

De acuerdo con el REPDA, para 2023, en el acuífero Península de Yucatán, se tiene 4189 permisos de descarga de aguas residuales emitidos por CONAGUA, con un volumen total de descarga de 1010.30 hm^3/año.

Para el municipio de Tulum, de acuerdo al REPDA (2023), se cuenta con un total de 53 permisos de descarga de aguas residuales emitidos por CONAGUA, con un volumen total de descarga de 33.54 hm^3/año.

Considerando el volumen total de descarga de 33.54 hm^3/año y el aprovechamiento de 37.31 hm^3/año registrado para Tulum, el 89.89% del agua extraída se retorna al acuífero.

Tabla 14. Volúmenes concesionados de descarga de aguas residuales para el municipio de Tulum.

Año	Agrícola	Abastecimiento público	Industrial integrado	Total
	hm^3/año			
2023	---	4.739	28.80	33.54
2022	---	4.739	27.97	32.71
2021	---	4.739	34.43	39.17
2020	---	4.739	34.33	39.07

9.4.2.1 CONCLUSIONES

El balance hídrico del acuífero Península de Yucatán muestra tendencias inquietantes que apuntan a una disminución progresiva en la disponibilidad de agua subterránea, lo cual es crítico tanto para el desarrollo humano como para la sostenibilidad de los ecosistemas. Está marcada tendencia de disminución refleja una creciente presión sobre los recursos hídricos subterráneos, probablemente debida a un aumento significativo en la demanda de agua y a cambios en las tasas de recarga y extracción del acuífero.

El volumen de extracción de aguas subterráneas ha mostrado un aumento sustancial en los últimos años. Entre 2015 y 2018, la extracción incrementó un 266%, lo que constituye un crecimiento notable en un corto período. Para 2024, la extracción se sitúa un 6.16% por encima del registro de 2020, evidenciando una continua y creciente demanda de agua subterránea.

Si bien el retorno de aguas residuales es una práctica que puede contribuir a la recarga del acuífero, es esencial considerar la calidad del agua residual retornada y su impacto a largo plazo. La elevada presión sobre el acuífero sugiere que, sin intervenciones efectivas y sostenibles, es probable que la disponibilidad de agua continúe disminuyendo. Esta tendencia podría afectar negativamente tanto a los ecosistemas locales como al abastecimiento de agua para la población y los sectores productivos.

El balance hídrico para el municipio de Tulum, considerando los efectos del cambio climático, se presenta en el apartado 9.4.3.

9.4.3 CRECIMIENTO URBANO, DINÁMICA DEMOGRÁFICA Y DESARROLLO DEL SECTOR TURÍSTICO

Regularmente en los programas de ordenamiento ecológico la variable que rige, algunas veces de manera casi única, es la ecología.

No obstante, desde el punto de vista metodológico e incluso normativo, son cuatro las partes que componen un ordenamiento ecológico: caracterización, diagnóstico, pronóstico-prospectiva, y propuesta

Y en ellos se establece que se debe buscar un balance entre las actividades con expresión territorial y la protección de los recursos naturales, es decir, buscar un equilibrio entre las actividades productivas y la protección de los recursos naturales

En el municipio de Tulum la actividad fundamental, por mucho, es el turismo: más del 61% del producto interno bruto (PIB) municipal corresponde al sector turismo. En consecuencia, es la actividad productiva que más se debe de cuidar. Sin olvidar, desde luego, que la componente ecológica es fundamental.

Si bien, estrictamente hablando, el desarrollo urbano es tan solo uno más de los ingredientes que conforman un Programa de Ordenamiento Ecológico Local, en lugares donde el crecimiento de las actividades económicas (en nuestro caso el turismo) se han venido desarrollando de manera casi explosiva, este componente ha jugado un papel determinante en el proceso de crecimiento de los centros turísticos; específicamente en la costa norte del estado de Quintana Roo.

Esto es, las variables de crecimiento de la población y el desarrollo urbano han sido quizá el factor más importante en el desenvolvimiento de los centros turísticos de esta parte de la geografía nacional, imprimiéndole un carácter específico a la conformación de estos polos de desarrollo. Este crecimiento descomunal de la población trajo aparejadas, las más de las veces, un deterioro de la imagen urbana de estos centros, y una baja en la calidad de los servicios urbanos y turísticos que ofrecían.

Estamos hablando, desde luego, del proceso que se vivió en Cancún, Playa del Carmen, y, en general, el corredor Cancún-Tulum. Desde los inicios de la introducción del turismo planificado, de la actividad turística en forma industrial en esta parte del país (finales de los años 60´s, principios de los 70´s del siglo pasado), casi siempre se le dio al proceso de urbanización un papel secundario en los análisis y planes maestros que se fueron construyendo en los distintos sitios de desarrollo. Esto es, se planeaba y se fomentaba el crecimiento de las variables estrictamente turísticas como: espacios de alojamiento, amenidades, servicios turísticos, transporte turístico, etc., pero se dejaba en un segundo término al desarrollo urbano que se gestaría en dichos sitios, tanto por un crecimiento natural, como por el propiciado por el incremento en las actividades económicas y turísticas en especial. Es decir, se plantearon de manera específica en los distintos planes de desarrollo de estos centros turísticos zonas de crecimiento y reservas de suelo turístico (zonas hoteleras o de alojamiento, zonas habitacionales turísticas, zonas de servicios turísticos como campos de golf, bares y restaurantes, etc.), donde se establecía con cierta precisión: superficie de las zonas, densidades, el número de unidades, metros cuadrados; pero, en la mayoría de los casos, la parte habitacional y urbana en general sólo se señalaba o indicaba de manera general.

Este aspecto se mejoró sustancialmente con el advenimiento del nuevo milenio. Todos los planes de Desarrollo Urbano que se generaron desde ese momento incorporaron las distintas variables que atañen a la población, como zonas habitacionales, se servicio y comercio, zonas de esparcimiento y áreas verdes, etc.

Sin embargo, todo lo referente a los espacios urbanos necesarios no se incorporaron de manera categórica en los Programas de Ordenamiento Ecológico de las distintas zonas de la costa quintanarroense; en donde sólo se establecen las unidades de gestión ambiental urbanas, sin cuantificar ni calificar de manera específica el desarrollo urbano que se gestaría en dichas zonas, dado el posible crecimiento de la actividad turística que se preveía sucedería en las mismas.

De esta manera, el desarrollo urbano se presenta como una variable que debe considerase de manera categórica en los Programas de Ordenamiento Ecológico. Resulta notorio que en el proceso de crecimiento del turismo en el estado de Quintana Roo cuando se descuidó, se minimizó o incluso se ignoró el posible incremento de la población debido al auge económico del turismo, se tuvieron graves problemas urbanos y por ende ecológicos; que incidieron en la calidad de vida de los pobladores, así como de los turistas.

De esta manera, en los distintos polos de desarrollo turísticos de esta región, se dieron casi desde su gestación los asentamientos precarios o definitivamente irregulares.

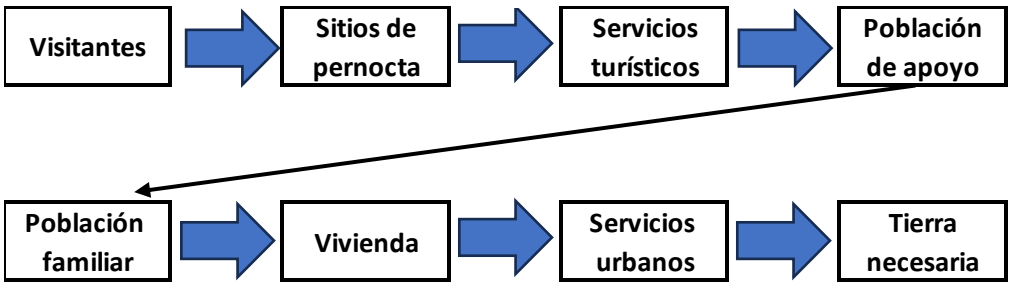
En este apartado vamos a comentar el proceso de desenvolvimiento que tuvieron Cancún y Playa del Carmen en los aspectos turísticos y poblacionales, y la problemática que se generó por un crecimiento en algunos momentos explosivo de la actividad turística y de la población.

Todo el fenómeno que se gestó con este crecimiento tan grande puede permear, sin duda en otros destinos del Estado, en especial en Tulum. Es decir, si las condiciones de crecimiento del mercado, tanto nacional, pero sobre todo el internacional, se dan como se han expandido después de la pandemia (fuerte crecimiento del mercado), habrá una sobredemanda de mercado que generará una fuerte presión en los puntos de mayor atractivo del país; en especial Tulum, dado su enorme atractivo.

En este sentido, es necesario comentar que Cancún tuvo un crecimiento explosivo durante algunos años mucho más grande que lo acotado por los Planes que se tenían. Este crecimiento, con un lapso de tiempo entre ambos, se transmitió hacia el sur de la costa del estado, generando también un crecimiento desmesurado en Playa del Carmen y en general en la denominada Riviera Maya. Podríamos decir que primero creció Cancún hasta que de alguna manera se saturó, después se "descubrieron" Playa del Carmen y la Riviera Maya, y crecieron también hasta saturarse. Lo mismo podría pasar en Tulum: una gran presión generada por un incremento exponencial de visitantes que quieren venir a esta zona generará, sin duda, una demanda de todos los servicios indispensables para su satisfacción. Lo cual generará, a su vez, un fuerte crecimiento poblacional que demandará servicios y suelo urbano.

Claro que todo esto se precipitó no por un movimiento migratorio espontáneo, sino porque había un crecimiento económico de grandes dimensiones en la zona, debido al gran crecimiento de la demanda turística.

Esto es, el fenómeno turístico y todas sus derivaciones forman una cadena que empieza por la demanda turística, tal como se muestra de manera gráfica en la siguiente imagen:



Los visitantes en potencia demandarán sitios de pernocta en todas sus vertientes desde hoteles, hostales, posadas, campamentos, etc., así como los servicios complementarios como restaurantes, bares, discotecas, transporte, etc., todo lo cual requerirá de población de apoyo para manejar todos estos servicios, desde la construcción de los espacios, hasta la operación y administración cotidiana de los mismos, esta población de apoyo, a su vez, se acompañará de su familia en algún momento, por su parte todo este incremento de la población requerirá de una vivienda (casas, apartamentos, lotes, etc.), además de todos los servicios urbanos (infraestructura como calles, agua, luz, drenaje, basura, etc.) y administrativos (escuelas, hospitales, oficinas, etc.) y, por último, para todo lo anterior se requerirá de la tierra necesaria.

En resumen, a Tulum le podría pasar lo que le sucedió a Cancún y Playa del Carmen: empezaron a tener una fuerte presión urbana cuando el número de turistas se comenzó a expandir de manera muy fuerte debido al crecimiento de la demanda, sobre todo la internacional. De esta manera, se vino un crecimiento desmesurado en la construcción de la oferta de hospedaje necesaria (Cancún pasó de tener 7,000 cuartos en 1987 a 14,000 cuartos en 1989 -dos años-), y por otra parte comenzaron a redensificarse las construcciones por arriba de la norma para los establecimientos turísticos y en general todos los servicios turísticos; esto atrajo, a su vez, grandes corrientes de trabajadores de la construcción y sus familias, que demandaron un lugar para vivir, generando una demanda de suelo urbano en muy corto plazo, que generó incluso asentamientos irregulares, y zonas que se habitaron sin contar con los servicios urbanos adecuados.

Los factores que más inciden en el desarrollo urbano son:

- Crecimiento de la actividad económica (turismo)
- Creación de grandes infraestructuras regionales
- Desarrollo de vivienda turística, o 2ª casa, vivienda trabajadores “nómadas”

El desarrollo urbano en Cancún (midiéndolo en habitantes) creció en poco más de 25 años quince veces; mientras el número de cuartos de hotel, en el mismo período, se elevó en 10 veces. Playa del Carmen tuvo también un crecimiento desmesurado en 25 años. Tulum en menos de 20 años ha tenido también un desarrollo espectacular en su mancha urbana.

La correlación entre el crecimiento de cuartos de hotel en Quintana Roo y número de turistas es muy grande; pero es más estrecha esta correlación entre cuartos y población-viviendas. Entre más crezcan los cuartos u otros espacios de pernocta o alquiler a corto plazo, crecerán los habitantes y sus viviendas.

¿Por qué Tulum está forzado a crecer desde el punto de vista urbano?

Premisa Fundamental:

Tulum es el punto de la costa de Quintana Roo más atractivo desde el punto de vista turístico puesto que es el único sitio que enlaza los cuatro atractivos más importantes para los visitantes, nacionales y extranjeros:

- El mar turquesa y las playas de arena blanca.
- Una zona arqueológica de las más importantes del país, e incluso del mundo.
- La colindancia a una zona natural protegida de inmensa riqueza ecológica.
- Y, una zona turística frente al mar con un carácter "típico" muy especial.

9.4.3.1 CRECIMIENTO URBANO, DINÁMICA DEMOGRÁFICA Y DESARROLLO DEL SECTOR TURÍSTICO DE LA COSTA DE QUINTANA ROO.

Antecedentes

Cancún

El primer Centro Integralmente Planeado por el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), Cancún, que se inició en 1970, planteó que sería una ciudad turística que llegaría a contar con 7,000 cuartos de hotel, y una población de alrededor de 20,000 habitantes.

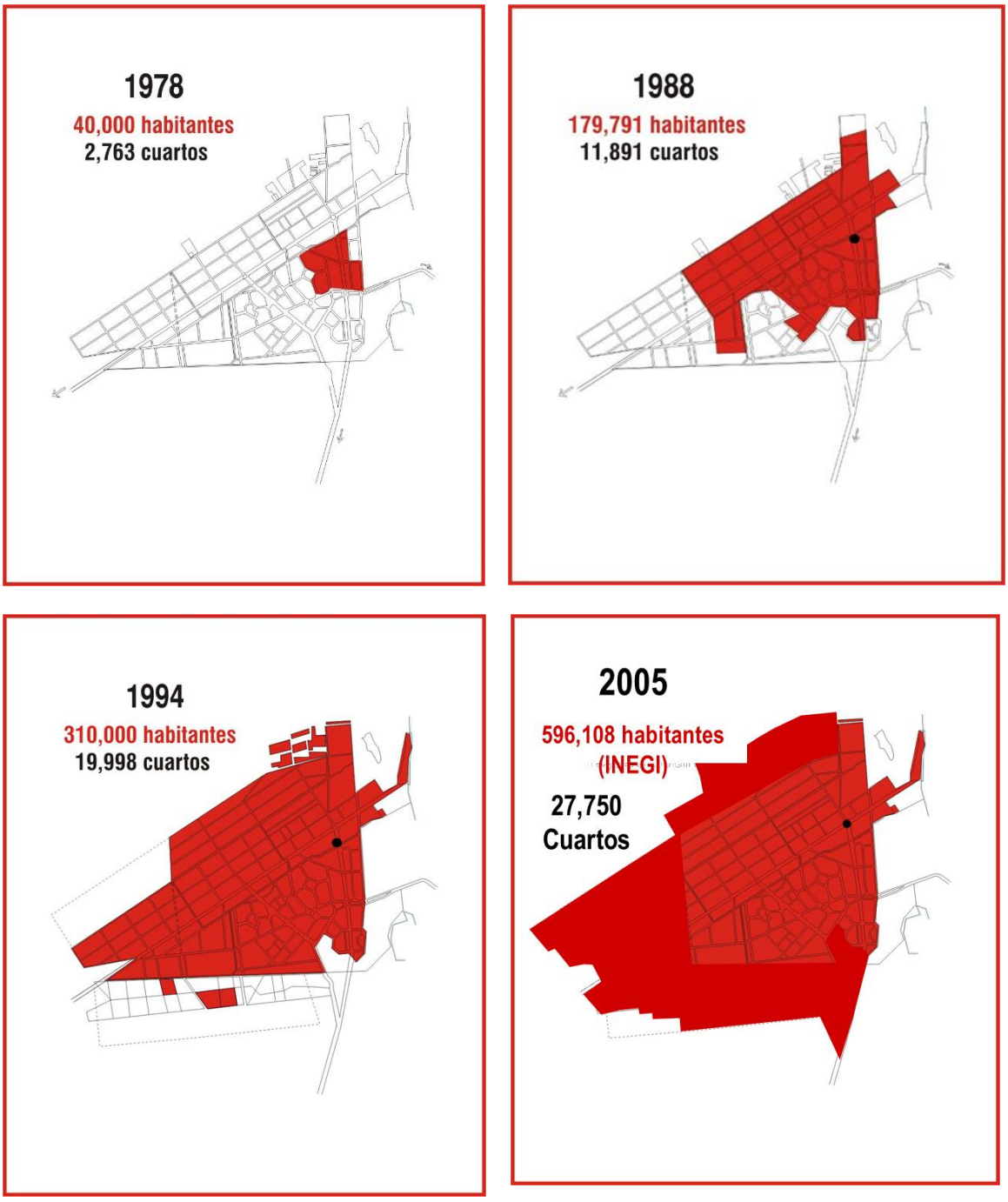
Para el año 1978 este destino había alcanzado casi 2,800 cuartos y contaba para ese momento con una población de alrededor de 40,000 habitantes (14 habitantes por cuarto).

Alrededor del año 1987, este desarrollo ya había alcanzado los 7,000 cuartos de hotel planteados al inicio del desarrollo. Y dos años después, 1989, ya había duplicado ese número de cuartos.

Este crecimiento explosivo se siguió dando en los años posteriores hasta alcanzar las cifras actuales que son por demás enormes.

Cabe aclara que en muchos momentos se trató de acotar el crecimiento de la ciudad; pero las condiciones del desarrollo del turismo en el mundo y en el país establecieron el devenir de Cancún.

Imagen 1. Crecimiento experimentado en Cancún.



Playa del Carmen

El crecimiento de las actividades turísticas y sobre todo del desarrollo urbano de Playa del Carmen fue quizá más explosivo que el desenvolvimiento de Cancún.

Imagen 2. Crecimiento experimentado en Playa del Carmen.

1980



Playa del Carmen en la actualidad



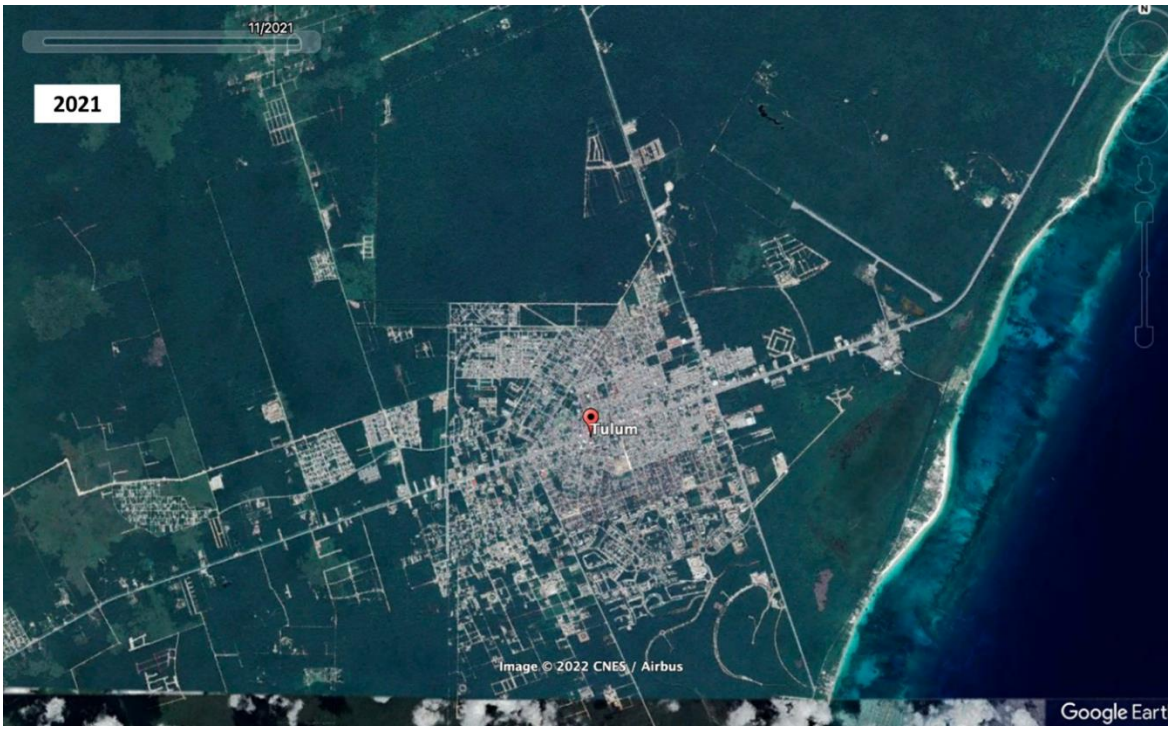
Como se observa en los dos casos anteriores, el crecimiento de las actividades turísticas y económicas en general de estos dos polos de desarrollo se dieron de una manera no prevista del todo, Lo que trajo como consecuencia que los planes de desarrollo urbano de la zona fueran rebasados fundamentalmente por el alto crecimiento de infraestructura y superestructura turística, así como los requerimientos asociados de servicios urbanos, suelo e infraestructura urbana,

Tulum

En el caso de Tulum, en las siguientes imágenes se puede observar el crecimiento que ha experimentado la localidad en 12 años.

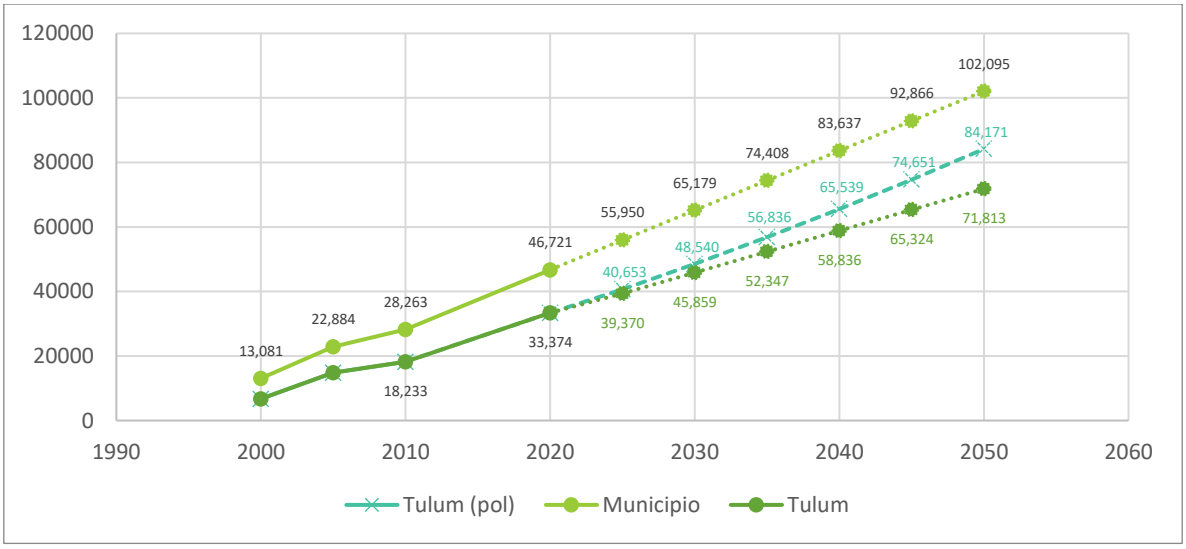
Imagen 3. Crecimiento experimentado en Tulum.





Debido a las diversas variables que pueden afectar el crecimiento poblacional, se realizaron diversos modelos (modelo lineal y modelo polinómico) para el cálculo del crecimiento que se podría esperar para el municipio de Tulum, para ello se utilizaron los datos históricos disponibles. Los resultados se pueden observar en la Gráfica 2.

Gráfica 2. Proyecciones demográficas para el municipio de Tulum.



Fuente: Elaboración propia con datos del ITER 2000, ITER 2005, ITER 2010 e ITER 2020 del INEGI.

Los valores más conservadores para la ciudad de Tulum son de 71,813 personas, en caso de que el crecimiento poblacional continue según la tendencia actual hasta el 2050. Sin embargo, hay que tomar en cuenta los nuevos factores que sin duda tendrán un impacto en el crecimiento dándonos los valores de 84,171 personas. Debido a la falta de datos del municipio dada su reciente creación solamente se hizo el cálculo del modelo polinómico para la ciudad de Tulum.

El modelo realizado dentro de Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tulum nos indica que el desarrollo urbano en Tulum estará influido por proyectos como el Tren Maya y el nuevo Aeropuerto de Tulum. Aunque el crecimiento poblacional del centro de población disminuirá gradualmente de 5.5% anual (2020-2025) a 0.5% (2045-2050), las áreas colindantes tendrán un crecimiento acelerado, pasando del 18% al 5% en el mismo periodo.

En dicho modelo se proyecta una población para el 2050 de 73,192 personas, con demanda de 7,230 hectáreas para vivienda nueva y una expansión urbana total de 19,074 hectáreas hacia 2050, con un modelo de crecimiento predominantemente horizontal. La densidad urbana seguirá disminuyendo, alcanzando 1.9 viviendas por hectárea.

Adicionalmente, una población flotante de 38.6 millones de personas entre 2045 y 2050, vinculada al turismo y la infraestructura, generará presiones significativas en servicios como agua potable, con una demanda estimada de 720.6 litros por segundo para consumo turístico.

Por otro lado, dentro del mismo instrumento, en el modelo ideal se proyecta una expansión urbana más controlada y eficiente, con una mancha urbana total de 2,072 hectáreas para 2050, requiriendo 195 hectáreas adicionales entre 2045 y 2050 para una población de 93,292 personas. Este crecimiento estará basado en un modelo mixto, combinando desarrollos horizontales y verticales, con una densidad media urbana de hasta 12 viviendas por hectárea.

9.4.3.2 FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO URBANO

De manera general podemos decir que el desarrollo urbano de una región o zona geográfica está determinado por una gran suma de variables, es decir, es multifactorial. En consecuencia, cualquier cambio importante que suceda en alguno de los factores que inciden en este ámbito tendrá una repercusión temprana o tardía en el desenvolvimiento urbano de esa zona.

De manera general podemos citar algunos de los factores fundamentales que inciden en el desarrollo urbano:

I.- Crecimiento natural y cambios en la composición de la población.

Esta variable está asociada a cómo cambian los estadios de las familias en una comunidad: crece la familia por el nacimiento de nuevos miembros, los hijos crecen y demandan nuevos requerimientos, o se casan y crean nuevas familias, etc. Todos estos cambios en la dinámica de las familias establecen nuevos requerimientos que, a la postre, establecen nuevas demandas de suelo urbano.

II.- Crecimiento de la actividad económica.

En especial en esta parte del territorio nacional la actividad económica preponderante es el turismo. De esta manera, los cambios bruscos en los principales componentes del sector turismo vendrán a precipitar cambios necesarios en el terreno del desarrollo urbano.

Entre los principales componentes turísticos que hay que estudiar se encuentran:

- Crecimiento de espacios de pernocta (cuartos de hotel, condominios hoteleros, Airbnb, hostales, etc).
- Crecimiento de asientos de avión y otras ofertas de transporte.
- Crecimiento de los visitantes y turistas (como un resultado del desenvolvimiento de las dos variables anteriores).
- Desarrollo de nuevos atractivos (parques turísticos, marinas, campos de golf, nuevos sitios arqueológicos, reservas ecológicas, etc). Así como resolución de problemas en los atractivos actuales, como el derivado del Sargazo.
- El crecimiento económico mismo en las zonas generadoras de turistas a esta región del Caribe mexicano.

III.- Creación de Infraestructuras Regionales en la Zona

Este es un factor de fundamental importancia en el ámbito del Desarrollo Urbano en la región; puesto que estos nuevos proyectos están llamados a cambiar los espacios territoriales públicos y privados, a través de nuevas corrientes de trabajadores orientados a la instrumentación de estas nuevas infraestructuras, en primera instancia, y a la posterior llegada de visitantes.

Entre estas infraestructuras podemos citar:

- Carreteras.
- Ferrocarriles.
- Aeropuertos.
- Nuevas ciudades.
- Reservas ecológicas.

De manera puntual para la zona podemos destacar:

- Nuevo aeropuerto de Tulum.
- El Tren Maya, en especial la estación Tulum.
- El Parque del Jaguar.
- Los nuevos libramientos y mejoras en la carretera Chetumal – Cancún.

IV.- El amplio desarrollo de vivienda Turística o "2ª casa vivienda para "trabajadores nómadas"

El mercado de una vivienda para disfrute temporal en un lugar turístico, o una segunda casa para el ocio y el descanso es un fenómeno que ha ido creciendo de manera importante en los últimos tiempos en el país, y en especial en los desarrollos turísticos de Quintana Roo.

Este mercado se ha vuelto más importante con la incorporación de un mercado de nuestros tiempos. El de los denominados "trabajadores nómadas", empleados (principalmente jóvenes) de corporaciones nacionales o internacionales que trabajan "en línea", es decir desde sus casas. Sitios en donde viven pero que pueden estar a cientos de kilómetros de las sedes de las corporaciones, y donde sólo necesitas un buen sistema de internet

V.- Movimientos poblacionales. Migración

Los movimientos migratorios en Quintana Roo, sobre todo en la zona norte del estado han sido por demás significativos. Estas corrientes de pobladores se gestaron desde el momento mismo del inicio del primer centro turístico integralmente planeado (CIP) del país: Cancún.

Se inician con la llegada de trabajadores de la construcción (en todos los niveles, desde ingenieros hasta albañiles) para desarrolla inicialmente las grandes obras de infraestructura, para posteriormente seguir con obras de superestructura: hoteles, campos de golf, viviendas, centros comerciales y otras obras.

Estos trabajadores que llegan a construir todas estas obras más temprano que tarde traen a sus familiares, y así se inicia el ciclo de poblamiento de las distintas zonas de las ciudades. Estos trabajadores de la construcción cambian de trabajo buscando las mejores condiciones económicas que ofrecen los empleos turísticos, y sus espacios de trabajo son llenados por nuevos pobladores iniciando con esto un nuevo ciclo.

Otro aspecto fundamental que atrae a nuevos trabajadores es el crecimiento económico de una región, es decir, la proliferación de la oferta de trabajo que trae aparejado el crecimiento de las actividades productivas. Y este fenómeno de oportunidades de trabajo atrae tanto a población regional, como a trabajadores de las distintas zonas del país, como a nivel internacional.

Esto es: si hay crecimiento económico necesariamente habrá movimientos poblacionales de trabajadores que llegan a la región buscando un puesto de trabajo. Para después traer a sus familiares, generando un movimiento migratorio importante.

Por demás está decir que todos estos movimientos de población generan demanda de servicios urbanos y sobre todo de viviendas; lo que genera a su vez una fuerte demanda de suelo urbano.

VI.-Adquisición de bienes inmuebles por otras vías

Por último, debemos mencionar un fenómeno que se ha dado a lo largo y ancho del país, pero que ha tenido una fuerte concentración en los desarrollos turísticos del estado de Quintana Roo. El hecho de adquirir bienes inmuebles a través de pagos parciales o totales con dinero en efectivo (pesos, dólares u otras monedas), o con intercambios de bienes. Este fenómeno ha hecho que muchos desarrollos de vivienda turística se hayan instrumentado casi de manera instantánea, aunque no estén habitados de manera constante.

Todo este fenómeno también ha demandado grandes cantidades de suelo orientadas a satisfacer esta demanda.

9.4.3.3 IMPACTOS EN EL DESARROLLO URBANO DE TULUM.

Además del crecimiento tendencial del turismo en la zona, esta actividad económica está destinada a tener impactos por demás importantes debido al impulso extraordinario que le está otorgando el Gobierno Federal a este rubro del desarrollo del país; lo cual se pone de manifiesto de manera por demás significativa con la construcción de nuevas infraestructuras en la zona. Pensadas, precisamente para detonar esta actividad económica

A continuación, se presenta un resumen de las principales características de estas obras y el impacto que generarán en Tulum. Asimismo, se establece cómo se vislumbra el futuro del turismo en el mundo, en México; y en especial en la costa de Quintana Roo.

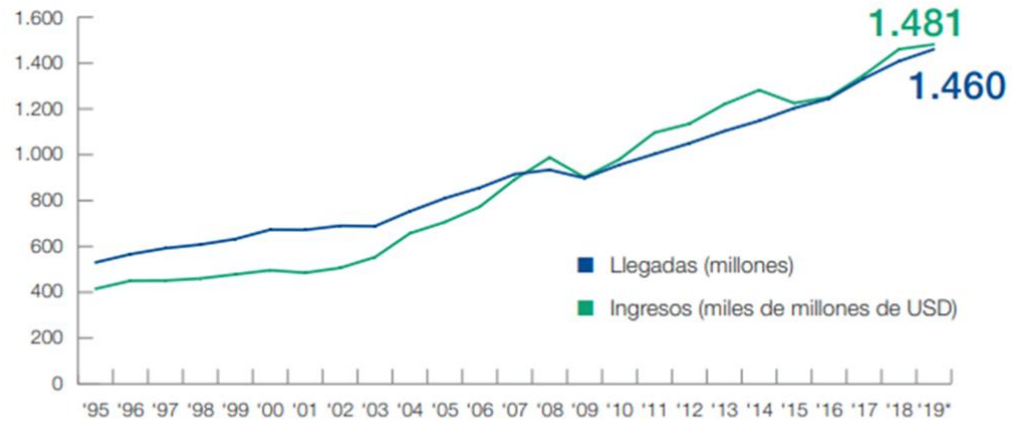
9.4.3.4 ESTADO ACTUAL DEL TURISMO EN EL MUNDO Y PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO

Desempeño del turismo en el mundo

El turismo, tanto a nivel mundial como en el país, había tenido un desempeño muy afortunado hasta el año de 2019. A lo largo de una década tuvo un buen crecimiento tanto en el número de visitantes, como en los ingresos obtenidos.

De acuerdo con las estadísticas de la Organización Mundial del Turismo (OMT) durante el año 2019 se alcanzaron en el mundo un total de 1,460 millones de llegadas, y se tuvieron ingresos turísticos 1,481 miles de millones de dólares. A continuación, se presenta el desempeño del turismo mundial durante 2019.

Gráfica 3. 2019-Décimo año consecutivo de crecimiento continuo.

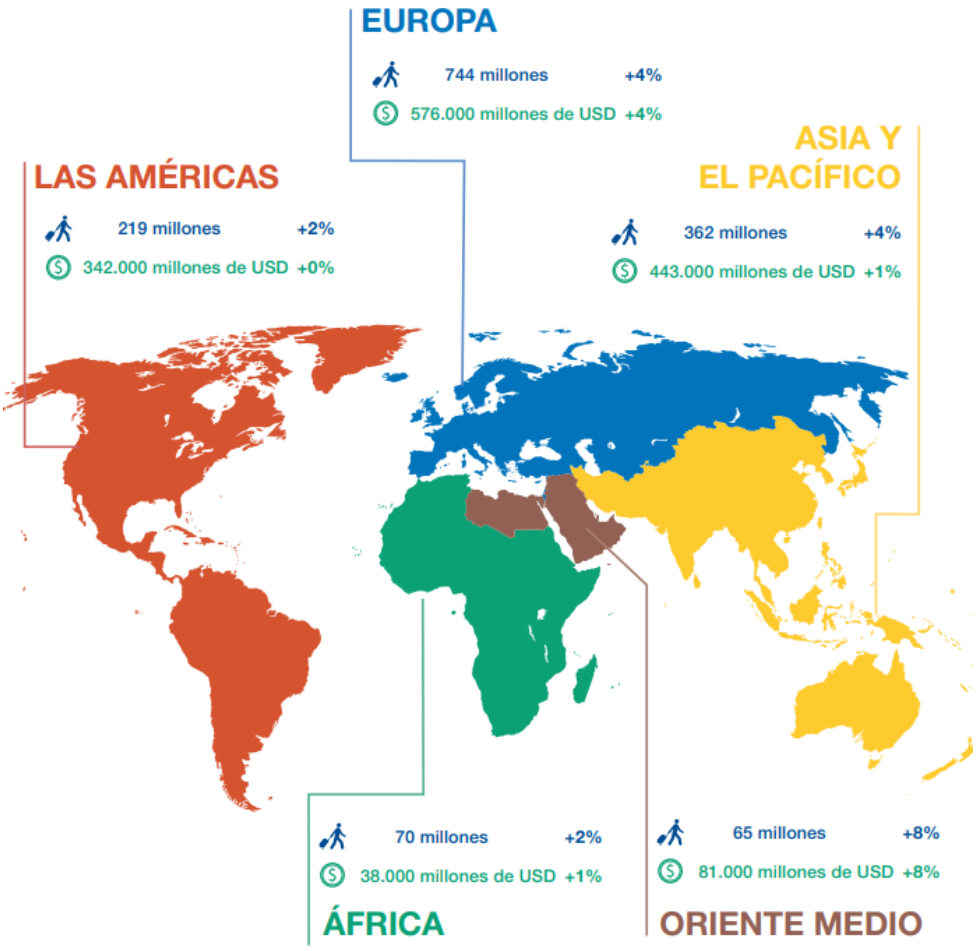


Llegadas de turistas internacionales (millones) e ingresos por turismo internacional (miles de millones de USD)

Cifras de noviembre 2020.

Para el caso de la región del continente americano (denominado región Las Américas en la OMT), durante 2019 se alcanzó una captación de 219 millones de visitantes, lo que significó un incremento del 2 % respecto al año anterior; además, se tuvo un ingreso de alrededor de 342 mil millones de dólares, lo que significó un gasto promedio por turista de casi 1,480 dólares.

Imagen 4. Estadísticas OMT.



Mapa de llegadas de turistas internacionales (millones) e ingresos por turismo internacional (miles de millones de USD)

Fuente: Organización Mundial del Turismo (OMT/UNWTO).

Cifras de noviembre 2020.
* Datos provisionales.

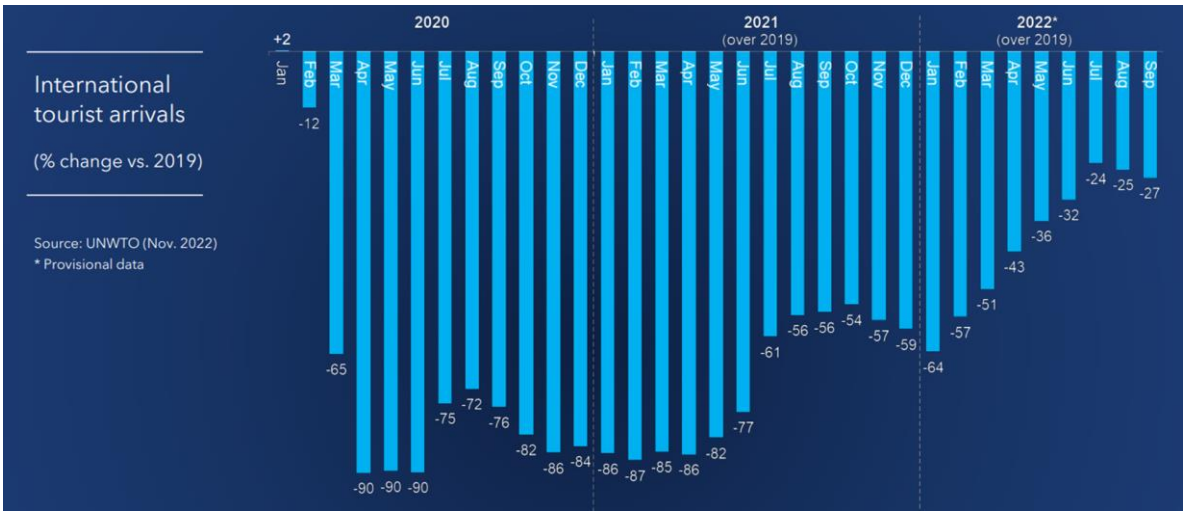
Durante 2019 México se colocó en el séptimo lugar en la captación de turistas internacionales con alrededor de 45 millones de visitantes; que correspondió a un incremento de 9 % respecto al año anterior.

Gráfica 4. Los diez destinos principales por llegadas de turistas internacionales, 2019.



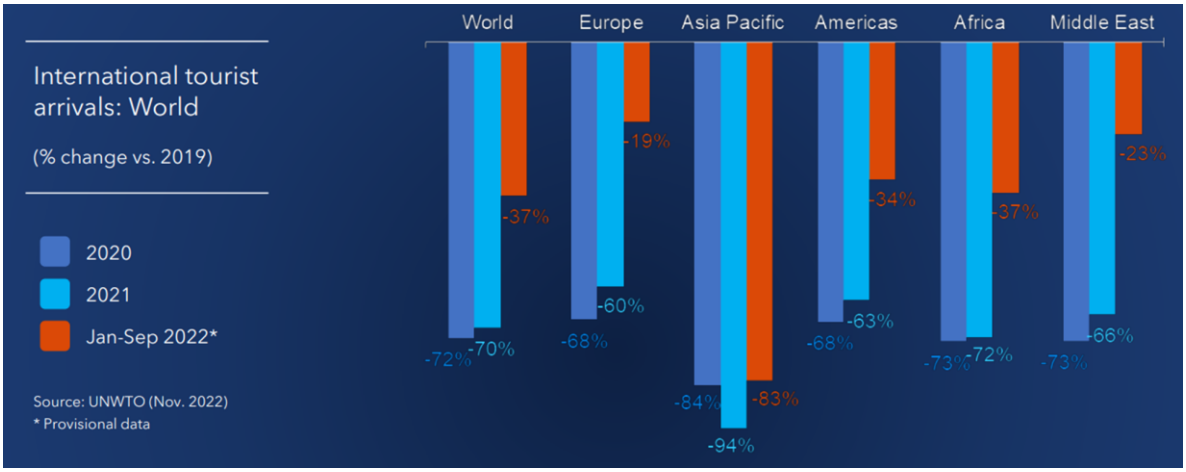
Después de la crisis del Covid19, el turismo en el mundo se está recuperando.

Gráfica 5. Arribo de turistas internacionales.



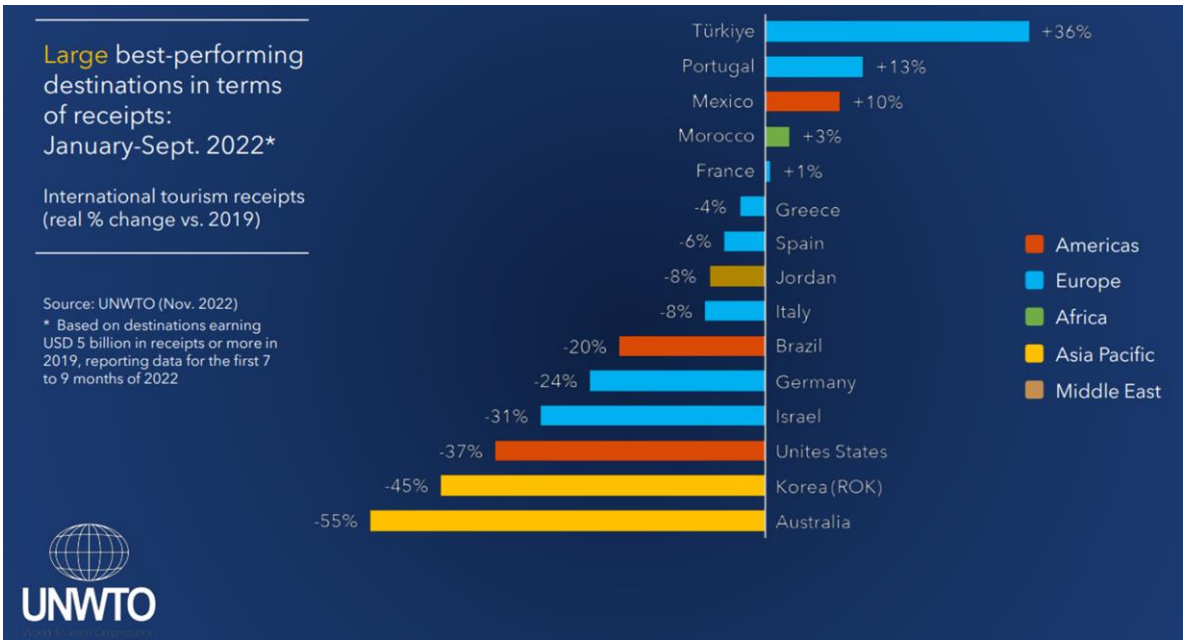
Las regiones que más se han recuperado son: Europa, Oriente Medio (Sobre todo por Turquía) y Las Américas.

Gráfica 6. Arribo de turistas internacionales en el mundo.



México es de los países con mejor desempeño en la recuperación del turismo.

Gráfica 7. Receptores internacionales de turismo.



9.4.3.4.1 Recuperación del Turismo en Quintana Roo

La mejor forma de comprobar la recuperación de las actividades turísticas en Quintana Roo, es observando el factor de ocupación que se logró en 2022.

Tabla 15. Turismo en Quintana Roo.

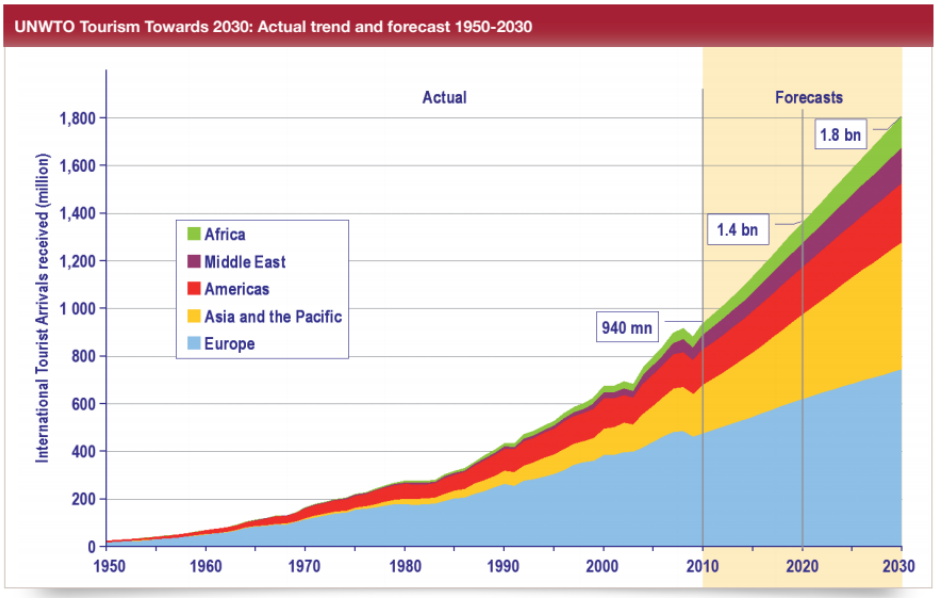
DESTINO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	ANUAL
Cancún y Puerto Morelos	64.3 %	68.9 %	79.0 %	81.0 %	77.4 %	81.2 %	84.0 %	76.54 %
Cozumel	63.7 %	70.8 %	80.8 %	66.8 %	64.1 %	70.2 %	78.5 %	70.7 %
Isla Mujeres	69.6 %	70.8 %	73.2 %	79.5 %	72.4 %	74.4 %	79.4 %	74.19 %
Chetumal	26.8 %	26.0 %	31.7 %	56.1 %	44.3 %	39.1 %	46.9 %	38.7 %
Riviera Maya	65.9 %	72.6 %	80.1 %	80.8 %	77.8 %	77.6 %	80.8 %	76.51 %

Comparativo del acumulado del mes al día 31 de Agosto			
Destino \ Año	2022	2021	Variación
Cancún	76.7	57.7	19 %
Cozumel	71.3	51.1	20.2 %
Isla Mujeres	75.2	71.4	3.8 %
Chetumal	0.0	28.5	-28.5 %
Riviera Maya	76.7	58.4	18.3 %

9.4.3.4.2 Perspectivas de Crecimiento del Turismo

De acuerdo a la OMT el crecimiento que se espera para la región de las Américas será importante. Pasará de 150 millones de llegadas en el 2010 a 248 millones en el 2030.

Gráfica 8. Crecimiento esperado del turismo en Las Américas.



9.4.3.4.3 RESUMEN DEL MERCADO TURÍSTICO EN MÉXICO Y EL MUNDO

- Después de una década de crecimiento sostenido el turismo, al igual que el resto de los sectores productivos en el mundo, tuvo un serio descalabro a partir de marzo del 2020, debido a la Pandemia del COVID-19.
- Durante 2019 nuestro país alcanzó niveles muy satisfactorios tanto en la captación de visitantes internacionales, como en el significado que tuvo el sector turístico en la economía nacional: México alcanzó el 7º lugar mundial en la llegada de visitantes internacionales, y el PIB turístico conformó casi el 10 % del PIB nacional.
- Respecto a la crisis por el COVID-19 y su impacto en el turismo:
  - Nos enfrentamos a una emergencia sanitaria, social y económica sin precedentes. El turismo se encuentra entre los sectores más afectados de la economía
  - Es con mucho el peor resultado de la serie histórica de turismo internacional desde 1950 y puso un final abrupto a diez años de crecimiento sostenido desde la crisis financiera de 2009.
  - Los países de todo el mundo (y México no es la excepción) están implementando numerosas medidas para mitigar el impacto negativo del brote de COVID-19, y para estimular la recuperación del sector turístico.
  - No obstante, lo anterior, en diversas partes del mundo ya se comienza a sentir una recuperación de este sector. El impacto que sufrió nuestro país por la pandemia fue menos agudo que el resto de los países de América; y, aparentemente, se está recuperando de buena forma.
  - Una prueba de lo anterior se ejemplifica con: el factor de ocupación hotelera para la Riviera Maya en agosto de 2022 se ubicó cercano al 78 %, que comparado con los resultados de 2020 en ese mismo destino nos da una diferencia de 61 puntos por encima de ese año.
  - Las previsiones de la OMT para el año 2030 muestran que las llegadas de turistas internacionales aumentarán en unos 43 millones al año en todo el mundo.
  - El crecimiento que se espera para la región de Las Américas pasará de 150 millones de llegadas en el 2010 a 248 millones en el 2030

Todo lo anterior indica que, una vez recuperado el sector turístico nacional de la nociva pandemia del COVID-19, retornaran los crecimientos importantes que se habían tenido en los últimos años en la captación de turistas y divisas.

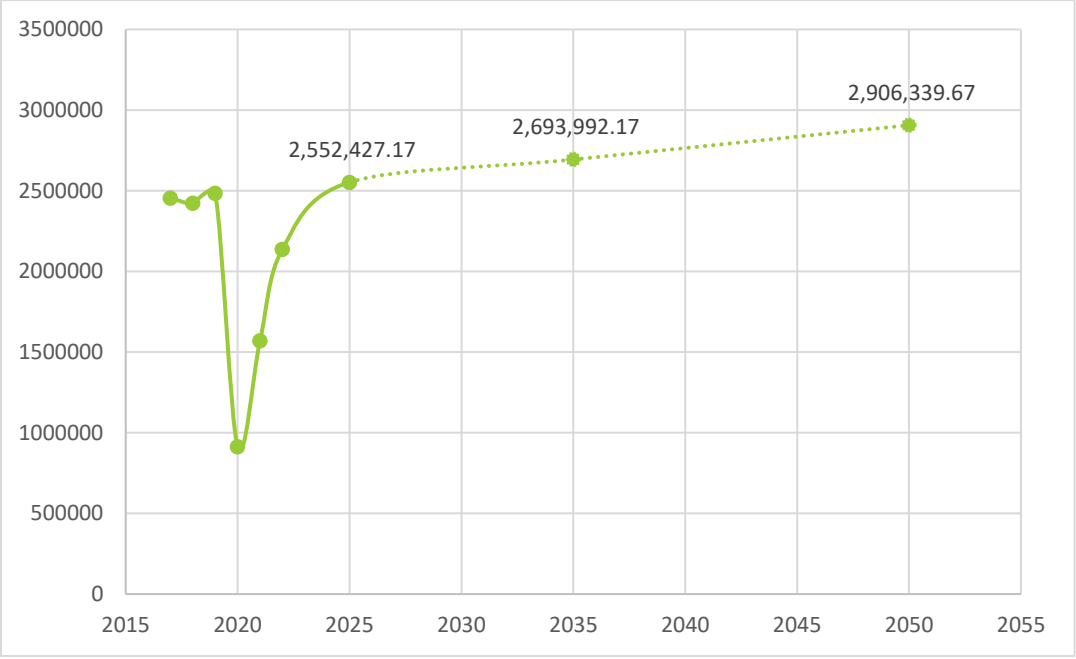
9.4.3.4.4 SECTOR TURÍSTICO EN TULUM

La principal concentración económica para el municipio es sin duda el turismo. La afluencia turística en la región ha tenido un crecimiento acelerado en los últimos años y sin duda este fenómeno se verá acrecentado por los nuevos proyectos en la región, posicionándose como uno de los destinos turísticos más importantes a nivel internacional.

En la siguiente Gráfica 9 y Gráfica 10, se muestra la proyección de afluencia turística esperada, así como la proyección de crecimiento de la infraestructura turística. Es importante considerar que los visitantes en los años 2019 y 2020 estuvieron seriamente afectados por las restricciones de viaje nacionales e internacionales por la pandemia del COVID-19 sin embargo ya ha habido una recuperación importante del turismo.

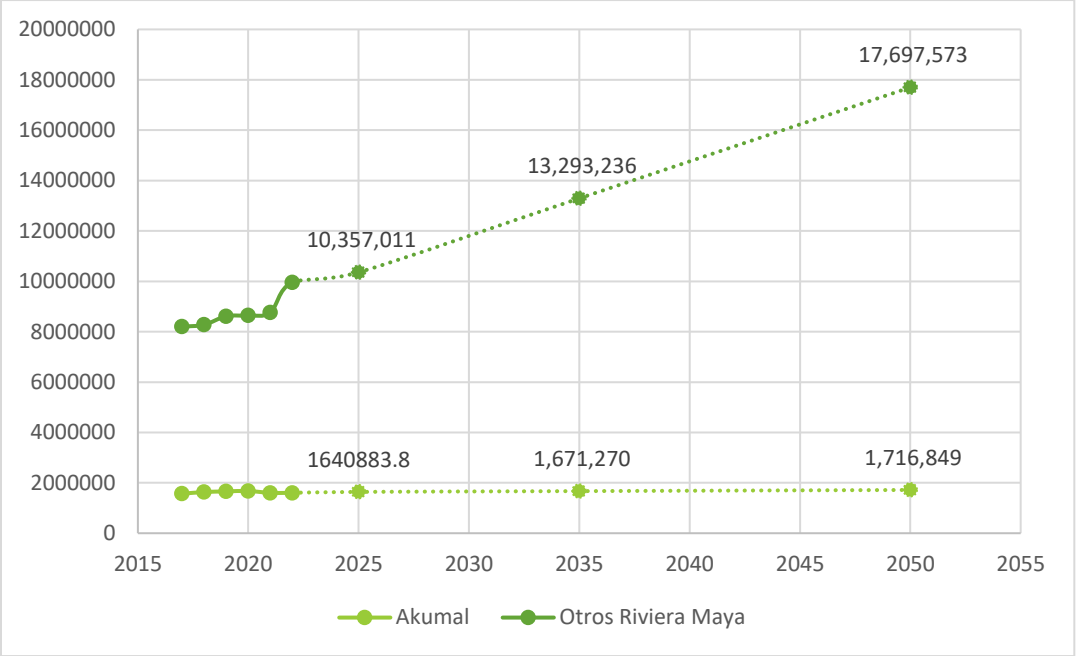
Se tomaron los datos históricos disponibles en el Sistema Nacional de Información Estadística del Sector Turismo de México (DATATUR). La ciudad de Tulum forma parte del centro de Riviera Maya y se encuentra en los datos como “Otros Riviera Maya”.

Gráfica 9. Proyección de visitantes turísticos “Otros Riviera Maya”.



Fuente: Elaboración propia con datos de DATATUR.

Gráfica 10. Proyección de cuartos disponibles.



Fuente: Elaboración propia con datos de DATATUR.

9.4.3.5 PROYECTOS FEDERALES DE INFRAESTRUCTURA

El Gobierno Federal está llevando a cabo una serie de proyectos de infraestructura de gran envergadura que seguramente van a impactar el desarrollo de toda la región del denominado sureste de México, en especial de la península de Yucatán; y Quintana Roo.

Los proyectos del Tren Maya y el Corredor Interoceánico estarán llamados a ser dos ejes fundamentales del desarrollo del sureste mexicano. Así como la instalación del nuevo aeropuerto de Tulum, y el Parque del Jaguar.

Tren Maya

- Fortalecerá el ordenamiento territorial de la región y potencializará la industria turística de la misma. Generará derrama económica e incrementará la conectividad en la península de Yucatán, permitiendo mover carga y pasajeros.
- El Centro de Población de Tulum estará ligado en dos tramos del proyecto:
  - Tramo 5 Sur: Playa del Carmen – Tulum (49.8 km aprox.)
  - Tramo 6: Tulum – Bacalar (254 km aprox.)

- De manera específica el objetivo fundamental del Tren Maya resulta ser: “se pretende incrementar el número de visitantes y la estadía promedio en la región en aquellos destinos que cuenten con potencial para un pleno aprovechamiento de sus atractivos turísticos, de una forma sustentable”.

Efecto multiplicador

- En un proyecto de la envergadura del Tren Maya se generará un efecto multiplicador, tanto en el rubro que se refiere a inversiones, como en el del empleo.
- La derrama económica estimada por FONATUR se eleva a 31,700 millones para 2020, y de 113,800 millones de pesos del 2021 al 2023.
- Por lo que se refiere al empleo, de acuerdo también con FONATUR, en base a análisis realizados por la Universidad de Townson en Estados Unidos, el efecto multiplicador de empleos en la industria ferrocarrilera es de 3.22 para empleos indirectos, y 3.38 para empleos inducidos; es decir, por cada empleo directos que se genera en los ferrocarriles, se generan 3.22 empleos indirectos y 3.38 empleos adicionales inducidos

Estación Tulum

- Puede decirse que dentro del proyecto Tren Maya los tramos que se construirán en el Estado de Quintana Roo constituyen una columna vertebral del sistema mismo, sobre todo desde el punto de vista turístico (más de la tercera parte de las estaciones estarán en Quintana Roo). Y Tulum como centro gravitacional del tramo que cubre la entidad, que va de Cancún a Chetumal.
- Es de esperarse que, en consecuencia, Tulum actúe como eje distribuidor del flujo turístico que moverá el Tren Maya en la zona. De esta manera se considera que la demanda de pasajeros estimada será alta, y de carácter fundamentalmente turístico. Por consiguiente, en esta estación se considera un esquema de 5 vías y dos andenes.

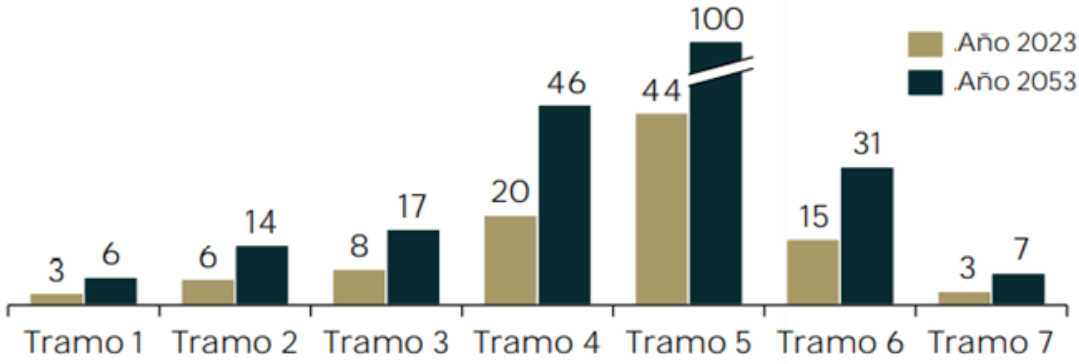
Imagen 5. Imagen de referencia de estación Tulum.



Tren Maya Indicadores económicos

- Para el caso del transporte de pasajeros, en el año 2023 se espera contar con la capacidad para atender a 43,680 pasajeros al día, por sentido, en el tramo de mayor demanda (Tramo 5 Cancún-Chetumal); mientras que al final del horizonte de evaluación, es decir en el año 2053, se espera contar con la capacidad para atender a 100,100 pasajeros al día, por sentido, en el tramo de mayor demanda.

Gráfica 11. Capacidad máxima ofertada por sentido (pax(000)/día).



En el caso del turismo, el nuevo servicio del Tren aumentará la estancia de los turistas en la región, generando 8% más noches turista en la zona en su primer año y 17.5% para 2030.

Tabla 16. Evolución de las noches turista durante el periodo de evaluación del proyecto [millones de noche turista/año].

		2019	2033	2052
Turista Nacional	Chiapas	0.5	1.6	2.6
	Tabasco	0.1	0.2	0.4
	Campeche	0.6	1.5	2.5
	Yucatán	2.5	6.5	10.6
	Q. Roo	7.3	16.7	27.1
Turista Internacional	Chiapas	0.1	0.3	0.5
	Tabasco	0.0	0.0	0.0
	Campeche	0.1	0.3	0.5
	Yucatán	0.6	1.4	2.5
	Q. Roo	49.6	96.7	171.5

Aeropuerto de Tulum

- El Nuevo Aeropuerto Internacional de Tulum 'Felipe Carillo Puerto' tendrá la capacidad de atender, en una primera etapa, a 5 millones de pasajeros al año
- Contará con una Base aérea militar polivalente que va a fortalecer la seguridad del espacio aéreo nacional, auxiliar a la población civil en caso de desastres y atenderá incendios forestales.
- Se construirá un corredor comercial y de servicios de 10.5 kilómetros que conectará la carretera federal 307 con el Aeropuerto.
- "Se desarrollará una ciudad aeroportuaria que inclusive sirva para reordenar el crecimiento urbano hacia ese corredor"
- Contará con 'la pista más grande y de mejor calidad' del sureste mexicano, con una extensión de tres mil 700 metros de longitud
- Se plantea, además que el aeropuerto de Tulum podría convertirse en un centro logístico de carga.

Imagen 6. Imagen de referencia del aeropuerto de Tulum.



9.4.3.5.1 Demanda de Infraestructura Generada por los Proyectos Federales

Aeropuerto de Tulum

Para estimar los crecimientos de la demanda en la zona de Tulum derivada de la puesta en marcha del nuevo aeropuerto, se partió del análisis del comportamiento que se ha tenido en otros aeropuertos turísticos del país la afluencia de pasajeros y cuántos de estos se constituyen en visitantes hospedados en el sitio (turistas alojados), en especial el de Cancún.

Las cifras son las siguientes:

Tabla 17. Llegadas de pasajeros y afluencia turística en Cancún.

Llegada de pasajeros a Cancún (2019)	12,665,948 pasajeros
Afluencia de turistas a Cancún (2019)	6,006,822 turistas
Porcentaje participación	47.4%

Fuente: Agencia Federal de Aviación Civil. Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transporte.

Como se observa, el porcentaje de pasajeros arribados al aeropuerto de Cancún que recurren a los servicios turísticos en el mismo sitio (alojamiento y otros servicios) alcanza casi al 50%. Es decir, de cada dos pasajeros que aterrizan en este aeropuerto, uno hace turismo en Cancún.

Para la estimación en el nuevo aeropuerto de Tulum, se considera que hasta un 60% de los pasajeros que llegarán a este aeropuerto serán turistas en la zona; considerando que tanto la ciudad de Tulum, como Akumal y Chemuyil se ubican dentro del municipio.

Suponemos que para Tulum se alcanzará un: Considerando: Tulum, Akumal, Chemuyil y otros sitios dentro del Municipio	60%

- Estimación de pasajeros al Aeropuerto de Tulum

Durante 2023, se transportaron alrededor de 40 mil pasajeros mensuales.

39,768	Pasajeros transportados en 2023
Es decir, casi 40,000 pax en un mes	Que equivaldría a casi medio millón en un año

Sin embargo, se estima que en el mediano plazo este aeropuerto recibirá, cuando menos 4 millones de pasajeros (Cancún tiene una afluencia de alrededor de 13 millones de pasajeros).

Visitantes a Tulum en el mediano plazo	
Cuando menos:	4,000,000 de pasajeros

Si tomamos en cuenta que de estos pasajeros alrededor de 60% harán turismo en la zona de Tulum, significa que se tendrían alrededor de 2.4 millones de pasajeros adicionales al año.

Turistas adicionales a Tulum:		Participación
Pasajeros x partic. de turistas Tulum	1,896,999	47.4%
Pasajeros x partic. de turistas Akumal, Chemuyil	503,001	12.6%
Total de nuevos turistas	2,400,000	60.0%

Tren Maya

Las estimaciones que estableció FONATUR para la estación de Tulum del Tren Maya indicaron que ésta tendrá un flujo de casi 50 mil pasajeros al día. Lo cual significará un flujo anual de casi 16 millones de pasajeros que transitarán por esta estación en un año.

Para la estimación de este pronóstico se consideró que al menos el 30 % de este flujo podría descender en esta estación y hacer turismo en la zona. Esto significará que se tendía un flujo adicional de turistas a esta zona de 4.8 millones de turistas anuales.

Estación Tulum del Tren Maya	
Tren Maya Pax /día	43,680 pasajeros
Pax al año	15,943,200
% se queda en Tulum	30.0%
	4,782,960 Turistas

El total de turistas adicionales estimados a la zona de Tulum derivadas de la puesta en marcha de los proyectos del Tren Maya y del aeropuerto Carrillo Puerto sumarían un poco más de 7 millones anuales. Lo que significaría un crecimiento de más de 10 veces el tamaño actual de turistas.

Suma Aeropuerto + Tren	**7,182,960 turistas**
Incremento respecto actual	10.26 veces 926.14%

Dotación de equipamiento

A partir de estos cálculos de turistas adicionales, se estimaron: el número de cuartos adicionales para alojamiento que se requerirían, la población inducida por este crecimiento de cuartos, el total de viviendas adicionales para esta población; así como las superficies de terreno que sería necesarias tanto para las viviendas adicionales, como para las instalaciones turísticas.

Para la estimación de cuartos adicionales se utilizó la siguiente fórmula:

Turistas x Estadía ÷ Densidad ÷ Factor Ocupación ÷ 365 días = Cuartos totales

Los factores utilizados para este cálculo son:

Factores para cálculo	
Estadía	2.5 días
Densidad	1.8 ocupación por cuarto
Factor Ocupa.	70%

Cuartos adicionales requeridos:

Cuartos adicionales requeridos		39,046
Cuartos de Hotel	80.0%	31,237
Airb&b	20.0%	7,809

Estimación de la población adiciona por el incremento de número de cuartos:

No. de cuartos adicionales	39,046	
Empleos directos:		
Factor	1.1	Empleos x cuarto
Población total inducida:		
Factor	5.6	Pobladores x cuarto
Composición		
	1.1	Empleos directos
	2	Miembros adicionales x familia
	2.5	Población adicional x servicios x cuarto
	5.6	Suma
Población adicional	**218,659**	

Estimación de viviendas adicionales en Tulum por Nuevo Aeropuerto y Tren Maya:

Población adicional	218,659	
Pobladores x vivienda	3.5	
Viviendas adicionales requeridas	62,474	Viviendas
Densidad	40	Viviendas x hectárea
Hectáreas requeridas x viviendas	1,562	Hectáreas
Viviendas requeridas adicionales:	**62,474**	**viviendas**
Hectáreas requeridas x viviendas:	**1,562**	**hectáreas**

Estimación de superficie de tierra para usos turísticos:

No. de turistas a mediano plazo	7,182,960	Turistas totales en un año			
			Densidad		
Cuartos de hotel adicionales	39,046	Cuartos			Hectáreas necesarias
Hotel	31,237	Cuartos	25	Cuartos x hectárea	1,249
Airbnb	7,809	Unidades	40	Unidades x hectárea	195
				Suma	1,445
			Densidad		
Residencias turísticas					
Habitacional turístico	% de los turistas	Número de unidades	Unidades/ hectárea	Hectáreas	
Residencias	0.75%	53,872	50	1,077	
Departamentos	1.25%	89,787	75	1,197	
			Suma	2,275	

Superficie necesaria para el desarrollo urbano:

Uso habitacional	Hectáreas
+ Habitacional	1,562
+ Vialidades	
+ Infraestructura	
+ Servicios urbanos	
+ Parques y jardines	
+ Otros usos habitacional	
Suma Habitacional	1,562
Uso Turístico	
+ Hotelero	1,249
+ Airbnb	195
+ Residencias turísticas	1,077
+ Departamentos turísticos	1,197
Subtotal	3,719
Vialidades turísticas	
Infraestructura turística	
Servicios turísticos	
Otros usos turísticos	
Subtotal	0
Suma usos turísticos	3,719
Total de superficie	5,281

Dotación de infraestructura

Desde el punto de vista urbano, un incremento en la población de para los siguientes escenarios nos darían las siguientes necesidades adicionales de infraestructura.

2030

REQUERIMIENTOS					
DOSIFICACION DE LA DEMANDA DE EQUIPAMIENTO URBANO					
CIUDAD:	MUNICIPIO DE TULUM 2030		CRECIMIENTO POBLACIONAL		65,179
SUBSISTEMA	ELEMENTO	Unidad Basica de Servicio	Hab/UBS Totales	m^2 de T/UBS	m^2 C/UBS
Educacion					
	Jardin de niños	aulas	49	16,123.23	4,900.68
	Escuelas Primarias	aulas	155	43,918.23	17,846.63
	Escuelas Secundarias	aulas	37	33,996.77	10,887.86
	CBETA	aulas	12	19,344.00	4,260.00
	Instituto Tecnologico Agropecuario	aulas	26	40,378.00	7,774.00
	Total		**279**	**153,760**	**45,669**
Asistencia social					
	Centro de Asistencia de desarrollo infantil	aulas	57	15,756.31	6,574.58
	Centro de desarrollo comunitario	aulas	47	22,347.09	7,914.59
	Centro Integral Juvenil	m^2	326	977.69	325.90
	Total			**39,081.09**	**14,489.17**
Administración Publica					
	Oficinas de Gobierno Federal	m^2	1,304	2,216.09	1,303.58

REQUERIMIENTOS					
	Oficinas de Gobierno estatal	m^2	652	1,108.04	651.79
	Total			**3,324.13**	**1,955.37**
Cultura y Culto					
	Bibliotecas	sillas	65	733.26	273.75
	Auditorio	butacas	466	2,793.39	791.46
	Teatro	butacas	136	2,580.00	930.16
	Centro Social Popular	m^2	2,037	10,591.59	2,036.84
	Escuela integral de artes	aulas	7	1,440.46	1,016.79
	Casa de la Cultura	m^2	639	2,236.53	990.47
	Museos	m^2	652	1,955.37	2,998.23
	Total			**22,330.60**	**9,037.71**
Recreacion					
	Plazas Civicas	m^2	10,429	14,078.66	312.86
	Juegos Infantiles	m^2	16,295	16,294.75	162.95
	Jardines vecinales	m^2	65,179	65,179.00	2,607.16
	Parque de barrio	m^2	65,179	71,696.90	651.79
	Cine	butacas	652	3,128.59	782.15
	Area de ferias y exposiciones	m^2	6,518	6,517.90	1,955.37
	Total			**176,895.81**	**6,472.27**
Deporte					
	Modulo deportivo	m^2	4,345	4,910.15	117.32
	Unidad deportiva	m^2	8,691	12,514.37	686.55
	Centro Deportivo	m^2	300	2,411.92	1,533.36
	Total			**19,836.44**	**2,337.23**
Salud					
	Centro de salud urbano	consultorios	5	2,085.73	568.36
	Unidad de medicina familiar	consultorios	14	17,109.49	8,147.38
	Clinica Hospital	camas	45	8,934.75	4,467.37
	Total			**28,129.97**	**13,183.11**
Comercio					
	Plaza para tianguis	puesto	539	48,496.41	26,744.94
	Mercado Publico	puesto	539	16,160.08	9,696.05
	Tienda o centro comercial	m^2	498	2,415.03	1,043.29
	Total			**67,071.52**	**37,484.28**
Abasto					
	Unidad básica de abasto	m^2	1,105	30,468.42	6,926.65
	Total			**30,468.42**	**6,926.65**
Comunicaciones					
	Centro integral de servicios	ventanilla de attn	4	124.22	55.98
	Administracion de correos	ventanilla de attn	7	555.47	32.08
	Oficina comercial Telmex	ventanilla de attn	2	285.87	92.85
	Total			**965.57**	**180.91**
Transporte					
	Central de autobuses de pasajeros	anden	8	4,073.69	765.85
	Central de servicios de carga	cajon	26	7,821.48	2,007.51
	Total			**11,895.17**	**2,773.37**
Servicios Urbanos					
	Comandancia de Policia	m2	395	987.56	395.02
	Estacion de gasolina	bomba	87	4,374.43	1,399.82
	Central de bomberos	autobomba	1	293.31	97.77
	Estación de Transferencia	m2 año	7,242	7,242.11	0.00
	Cementerio	fosa	326	2,036.84	65.18
	Total			**14,934.25**	**1,957.79**

2040

REQUERIMIENTOS					
DOSIFICACION DE LA DEMANDA DE EQUIPAMIENTO URBANO					
CIUDAD:	MUNICIPIO DE TULUM 2040		CRECIMIENTO POBLACIONAL		83,637
SUBSISTEMA	ELEMENTO	Unidad Basica de Servicio	Hab/UBS Totales	m^2 de T/UBS	m^2 C/UBS
Educacion					
	Jardin de niños	aulas	63	20,689.15	6,288.50
	Escuelas Primarias	aulas	199	56,355.41	22,900.61
	Escuelas Secundarias	aulas	48	43,624.30	13,971.18
	CBETA	aulas	12	19,344.00	4,260.00
	Instituto Tecnologico Agropecuario	aulas	26	40,378.00	7,774.00
	Total		**348**	**180,391**	**55,194**
Asistencia social					
	Centro de Asistencia de desarrollo infantil	aulas	73	20,218.34	8,436.43
	Centro de desarrollo comunitario	aulas	60	28,675.54	10,155.92
	Centro Integral Juvenil	m^2	418	1,254.56	418.19
	Total			**50,148.43**	**18,592.35**
Administración Publica					
	Oficinas de Gobierno Federal	m^2	1,673	2,843.66	1,672.74
	Oficinas de Gobierno estatal	m^2	836	1,421.83	836.37
	Total			**4,265.49**	**2,509.11**
Cultura y Culto					
	Bibliotecas	sillas	84	940.92	351.28
	Auditorio	butacas	597	3,584.44	1,015.59
	Teatro	butacas	174	3,310.63	1,193.57
	Centro Social Popular	m^2	2,614	13,591.01	2,613.66
	Escuela integral de artes	aulas	8	1,848.38	1,304.74
	Casa de la Cultura	m^2	820	2,869.90	1,270.95
	Museos	m^2	836	2,509.11	3,847.30
	Total			**28,654.39**	**11,597.09**
Recreacion					
	Plazas Civicas	m^2	13,382	18,065.59	401.46
	Juegos Infantiles	m^2	20,909	20,909.25	209.09
	Jardines vecinales	m^2	83,637	83,637.00	3,345.48
	Parque de barrio	m^2	83,637	92,000.70	836.37
	Cine	butacas	836	4,014.58	1,003.64
	Area de ferias y exposiciones	m^2	8,364	8,363.70	2,509.11
	Total			**226,990.82**	**8,305.15**
Deporte					
	Modulo deportivo	m^2	5,576	6,300.65	150.55
	Unidad deportiva	m^2	11,152	16,058.30	880.98
	Centro Deportivo	m^2	385	3,094.95	1,967.59
	Total			**25,453.91**	**2,999.11**
Salud					
	Centro de salud urbano	consultorios	7	2,676.38	729.31
	Unidad de medicina familiar	consultorios	17	21,954.71	10,454.63
	Clinica Hospital	camas	57	11,464.98	5,732.49
	Total			**36,096.07**	**16,916.43**
Comercio					
	Plaza para tianguis	puesto	691	62,230.08	34,318.82
	Mercado Publico	puesto	691	20,736.45	12,441.87
	Tienda o centro comercial	m^2	639	3,098.94	1,338.74
	Total			**86,065.47**	**48,099.43**
Abasto					
	Unidad básica de abasto	m^2	1,418	39,096.75	8,888.20
	Total			**39,096.75**	**8,888.20**
Comunicaciones					
	Centro integral de servicios	ventanilla de attn	5	159.40	71.83

REQUERIMIENTOS					
	Administracion de correos	ventanilla de attn	9	712.77	41.17
	Oficina comercial Telmex	ventanilla de attn	3	366.83	119.15
	Total			**1,239.00**	**232.14**
Transporte					
	Central de autobuses de pasajeros	anden	10	5,227.31	982.73
	Central de servicios de carga	cajon	33	10,036.44	2,576.02
	Total			**15,263.75**	**3,558.75**
Servicios Urbanos					
	Comandancia de Policia	m^2	507	1,267.23	506.89
	Estacion de gasolina	bomba	112	5,613.22	1,796.23
	Central de bomberos	autobomba	1	376.37	125.46
	Estación de Transferencia	m^2 año	9,293	9,293.00	0.00
	Cementerio	fosa	418	2,613.66	83.64
	Total			**19,163.47**	**2,512.21**

2050

REQUERIMIENTOS					
DOSIFICACION DE LA DEMANDA DE EQUIPAMIENTO URBANO					
CIUDAD:	MUNICIPIO DE TULUM 2050		CRECIMIENTO POBLACIONAL		102,095
SUBSISTEMA	ELEMENTO	Unidad Basica de Servicio	Hab/UBS Totales	m^2 de T/UBS	m^2 C/UBS
Educacion					
	Jardin de niños	aulas	77	25,255.08	7,676.32
	Escuelas Primarias	aulas	243	68,792.58	27,954.58
	Escuelas Secundarias	aulas	58	53,251.82	17,054.51
	CBETA	aulas	12	19,344.00	4,260.00
	Instituto Tecnologico Agropecuario	aulas	26	40,378.00	7,774.00
	Total		**416**	**207,021**	**64,719**
Asistencia social					
	Centro de Asistencia de desarrollo infantil	aulas	89	24,680.36	10,298.28
	Centro de desarrollo comunitario	aulas	73	35,004.00	12,397.25
	Centro Integral Juvenil	m^2	510	1,531.43	510.48
	Total			**61,215.78**	**22,695.53**
Administración Publica					
	Oficinas de Gobierno Federal	m^2	2,042	3,471.23	2,041.90
	Oficinas de Gobierno estatal	m^2	1,021	1,735.62	1,020.95
	Total			**5,206.85**	**3,062.85**
Cultura y Culto					
	Bibliotecas	sillas	102	1,148.57	428.80
	Auditorio	butacas	729	4,375.50	1,239.73
	Teatro	butacas	213	4,041.26	1,456.98
	Centro Social Popular	m^2	3,190	16,590.44	3,190.47
	Escuela integral de artes	aulas	10	2,256.30	1,592.68
	Casa de la Cultura	m^2	1,001	3,503.26	1,551.44
	Museos	m^2	1,021	3,062.85	4,696.37
	Total			**34,978.18**	**14,156.47**
Recreacion					
	Plazas Civicas	m^2	16,335	22,052.52	490.06
	Juegos Infantiles	m^2	25,524	25,523.75	255.24
	Jardines vecinales	m^2	102,095	102,095.00	4,083.80
	Parque de barrio	m^2	102,095	112,304.50	1,020.95
	Cine	butacas	1,021	4,900.56	1,225.14
	Area de ferias y exposiciones	m^2	10,210	10,209.50	3,062.85
	Total			**277,085.83**	**10,138.03**
Deporte					
	Modulo deportivo	m^2	6,806	7,691.16	183.77
	Unidad deportiva	m^2	13,613	19,602.24	1,075.40
	Centro Deportivo	m^2	470	3,777.99	2,401.82

REQUERIMIENTOS					
	Total			**31,071.38**	**3,660.99**
Salud					
	Centro de salud urbano	consultorios	8	3,267.04	890.27
	Unidad de medicina familiar	consultorios	21	26,799.94	12,761.88
	Clinica Hospital	camas	70	13,995.20	6,997.60
	Total			**44,062.18**	**20,649.74**
Comercio					
	Plaza para tianguis	puesto	844	75,963.74	41,892.70
	Mercado Publico	puesto	844	25,312.81	15,187.69
	Tienda o centro comercial	m^2	780	3,782.86	1,634.19
	Total			**105,059.41**	**58,714.58**
Abasto					
	Unidad básica de abasto	m^2	1,730	47,725.09	10,849.76
	Total			**47,725.09**	**10,849.76**
Comunicaciones					
	Centro integral de servicios	ventanilla de attn	6	194.58	87.68
	Administracion de correos	ventanilla de attn	11	870.08	50.25
	Oficina comercial Telmex	ventanilla de attn	4	447.79	145.44
	Total			**1,512.44**	**283.38**
Transporte					
	Central de autobuses de pasajeros	anden	13	6,380.94	1,199.62
	Central de servicios de carga	cajon	41	12,251.40	3,144.53
	Total			**18,632.34**	**4,344.14**
Servicios Urbanos					
	Comandancia de Policia	m^2	619	1,546.89	618.76
	Estacion de gasolina	bomba	137	6,852.01	2,192.64
	Central de bomberos	autobomba	1	459.43	153.14
	Estación de Transferencia	m^2 año	11,344	11,343.89	0.00
	Cementerio	fosa	510	3,190.47	102.10
	Total			**23,392.69**	**3,066.64**

9.4.3.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES

Tulum posee un enorme atractivo para los visitantes, condensa los mejores atributos turísticos: el azul turquesa del mar y playas maravillosas, un entorno ecológico increíble, uno de los sitios arqueológicos de la cultura maya más extraordinarios, y 8 kilómetros de costa de un poblado turístico único y con un "sabor especial".

Tulum se ha desarrollado de una manera importante en los últimos años, y es de esperarse que tenga un crecimiento por demás significativo en los próximos.

No obstante, se vislumbran eventos adicionales que cambiarán, seguramente, el crecimiento de la actividad turística, y por ende el desarrollo de variables asociadas, como el desarrollo urbano.

Las ciudades turísticas en Quintana Roo han tenido un despegue increíble desde las últimas décadas del siglo pasado y lo que va del presente milenio. Sin embargo, algunas cuestiones asociadas a este desarrollo o consecuencia derivada del mismo, no han tenido el mejor desempeño que se esperaría.

Este es el caso del Desarrollo Urbano. Podría decirse que la planeación y administración del Desarrollo Urbano en Quintana Roo no se ha desenvuelto con la agilidad y antelación que se necesitaba, dado el desmesurado crecimiento de la actividad turística.

Los primeros Planes Maestros que concreto FONATUR para Cancún desde 1970, y en especial el de 1984-1985, forzaba a que este desarrollo limitara su crecimiento, tanto en su parte estrictamente turística, como en el entorno de la propia ciudad. Es decir, se tenía la visión de que Cancún no debía exceder un determinado tamaño (número de hoteles, cuartos, población, extensión territorial, número de viviendas, etc.). Tamaño que, puede decirse, fue determinado casi por decreto.

Muy rápidamente esas cotas impuestas para Cancún fueron rebasadas en forma por demás cuantiosa. Se rebasaron todos los límites que se habían establecido para la oferta turística (cuartos de hotel-visitantes) así como las demandas urbanas que se generaban por ese desarrollo turístico tan acelerado (suelo, vivienda, servicios, infraestructura, etc.).

Un patrón similar se concretó en Playa del Carmen. El crecimiento desmesurado de la oferta turística (y por ende los visitantes) conformó un desorden urbano que tuvo que ser paliado con tratar de arreglar los ordenamientos que estaban vigentes. A todo ello se agregó un crecimiento urbano complicado que implicó el surgimiento de algunos asentamientos irregulares que detonaron problemas serios en la administración del Desarrollo Urbano.

De los seis factores que inciden en el desarrollo urbano, descritos anteriormente, el que consideramos que impactará más a Tulum será la puesta en marcha de los proyectos federales: en especial El Tren Maya y el nuevo aeropuerto de Tulum.

Los organismos encargados del fenómeno turístico tanto a nivel nacional (SECTUR, FONATUR), como internacional (Organización Mundial del Turismo OMT) indican que el turismo en esta parte del mundo va a crecer de manera considerable en los próximos años; igual que lo ha hecho en los años recientes.

De acuerdo con la OMT el crecimiento que se espera para la región de las Américas será importante. Pasará de 150 millones de llegadas en el 2010 a 248 millones en el 2030. Esto es, habrá un mercado considerable para los nuevos emprendimientos que encabeza el Gobierno Federal en materia turística.

Respecto al emprendimiento del Tren Maya, que se inaugura a finales del año, se plantea para el primer año de operación contar con la capacidad para atender a 43,680 pasajeros al día, por sentido, en el tramo de mayor demanda (Tramo 5 Cancún-Chetumal); mientras que al final del horizonte de evaluación, es decir en el año 2053, se espera contar con la capacidad para atender a 100,100 pasajeros al día, por sentido, en el tramo de mayor demanda.

Las estimaciones que se tienen es que el nuevo servicio del Tren aumentará la estancia de los turistas en la región, generando 8% más noches turista en la zona en su primer año y 17.5% para 2030.

Por lo que respecta a el nuevo aeropuerto internacional de Tulum 'Felipe Carillo Puerto' tendrá la capacidad de atender, en una primera etapa, a 4 millones de pasajeros al año.

En todo el mundo se observa que, con la llegada de los visitantes a un aeropuerto de arribo, muchos de ellos pernoctan por lo menos una noche en ese sitio no obstante que su destino final sea otro. Mucho más cuando son visitantes internacionales.

Esto es un patrón internacional que se observa en todos los destinos del mundo. Es decir, un viajero que decide visitar Capadocia en Turquía y arriba al aeropuerto de Estambul, destacadamente dedicará algunos días de su viaje para hacer turismo en la ciudad de Estambul; o las persona que tienen la necesidad de visitar Quebec y arriban como puerta de entrada a la ciudad de Montreal, seguramente pasarán alguna noche en esa ciudad de arribo. En este tenor se puede observar que un alto porcentaje de las personas que arriban al aeropuerto de Cancún cumplen con esa premisa.

De acuerdo a los datos de 2019 (antes de la pandemia) el aeropuerto de Cancún recibió alrededor de 12.7 millones de pasajeros en el año.

Por su parte, en ese mismo año, Cancún tuvo una afluencia de alrededor de 6 millones de turistas.

Esto significa que casi la mitad de los visitantes que arribaron al aeropuerto de Cancún "hicieron" turismo en este centro turístico, (entre 46% y 47%).

Se estima que el aeropuerto de Tulum puede alcanzar una utilización del 50 % de la capacidad instalada en muy pocos años. Esto es, alcanzar los 2 millones de pasajeros.

Si consideramos el mismo patrón observado en el aeropuerto de Cancún, encontramos que de los 2 millones de pasajeros que llegarán al aeropuerto de Tulum, casi un millón realizarán pernoctas en Tulum y utilizarán instalaciones y servicios del lugar.

En cuanto al Tren Maya, FONATUR estima que la estación Tulum tendrá una afluencia de casi 44 mil pasajeros al día. Esto significa, a su vez, alrededor de 16 millones de pasajeros anuales. Si consideramos que sólo un 10 % de los pasajeros (que se considera bajo) que transitarán la estación de Tulum realizan pernoctas y estancias en Tulum, significaría que Tulum tendría un incremento de turistas, por esta vía, de casi 1.6 millones de visitantes.

Los dos proyectos en conjunto otorgarían a Tulum un incremento de más de 2.5 millones de visitantes anuales.

Si consideramos que actualmente Tulum tiene poco más de 8 mil cuartos de hotel y una afluencia turística de 700 mil visitantes en el año, encontramos que la cantidad de visitantes adicionales que tendrá Tulum tan solo por estos dos proyectos federales será de casi cuatro veces más de visitantes.

Lo que traerá aparejado que se requieran casi 4 veces más de servicios turísticos en general y, por consiguiente, casi cuatro veces más de: tierra para ese desarrollo, servicios, y en general la infraestructura necesaria.

Estos proyectos son ya una realidad, por lo que deberíamos considerar muy seriamente que Tulum puede experimentar una presión muy fuerte de crecimiento de TODA la actividad turística, con sus implicaciones en el desarrollo urbano y los servicios inherentes a este desarrollo. Por último, debiéramos mencionar que parece un poco extraño o hasta paradójico que el Gobierno Federal este impulsando el crecimiento turístico en la zona a través de proyectos como los mencionados, por un lado, y que por el otro lado se trate de constreñir el crecimiento de Tulum en todos los órdenes.

9.4.4 CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático tiene repercusiones en los ecosistemas y su prestación de servicios, en actividades productivas, en infraestructuras y en la población en general. La forma en que incide en el territorio puede conllevar a que actores públicos, privados y sociales incurran en gastos no previstos al verse afectados por eventos causados por aumentos en la temperatura o por cambios en la precipitación.

Por otro lado, las manifestaciones del cambio climático pueden representar una oportunidad para el crecimiento económico, el desarrollo social y el manejo responsable y sostenible de los ecosistemas.

Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero (GEI) han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico y, actualmente, son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin comparación en por lo menos los últimos 800,000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático global y es sumamente probable que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX (Allen et al., 2014)[10].

En los últimos decenios, los cambios del clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos. Estos impactos ponen de manifiesto la sensibilidad de los sistemas naturales y humanos al cambio del clima.

Desde aproximadamente 1950 se han observado cambios en muchos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Algunos de estos cambios han sido asociados con influencias humanas, como por ejemplo la disminución de las temperaturas frías extremas, el aumento de las temperaturas cálidas extremas, la elevación de los niveles máximos del mar y el mayor número de precipitaciones y sequías intensas en diversas regiones (Allen et al., 2014).

Muchas afectaciones del cambio climático y sus impactos asociados continuarán durante siglos, incluso si se detienen las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero. Los riesgos de cambios abruptos o irreversibles en los ecosistemas y el ambiente aumentan, a medida que aumenta la magnitud del calentamiento.

[10] Allen, S. K., Plattner, G.-K., Nauels, A., Xia, Y., & Stocker, T. F. 2014. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. An overview of the Working Group 1 contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). EGU General Assembly Conference Abstracts, 3544.

En este apartado se presentan los modelos de cambio climático, usando como base los datos de WorldClim 2.1 (Fick & Hijmans, 2017)[11] para el presente (1991-2020) con una resolución espacial de 30 arcos de segundo (≈ 904 m). Cabe resaltar que corresponden a la última normal (Arguez & Vose, 2011[12]; WMO, 1983[13]).

También, este trabajo se basa en la clasificación climática de Köppen modificado por García (2004), con el fin de agrupar climas similares para identificar zonas climáticas que sirvan de base para reducir riesgos por efecto del cambio climático; también se presenta la proyección del futuro cercano y medio de las variables climatológicas y el balance hídrico.

9.4.4.1 MÉTODO

Datos utilizados y su calidad

Se utilizaron los datos de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en México. Las estaciones utilizadas están enumeradas abajo (Tabla 18) (se muestra su ubicación en el mapa de la Figura 5) y las variables utilizadas fueron precipitación, evapotranspiración potencial, temperatura máxima y temperatura mínima. La determinación de los tipos de clima en la Figura 5 fue elaborada a partir de los datos de Wordlclim 2.1 (Fick y Hijmans, 2017) usando la clasificación de Koeppen modificada por García.

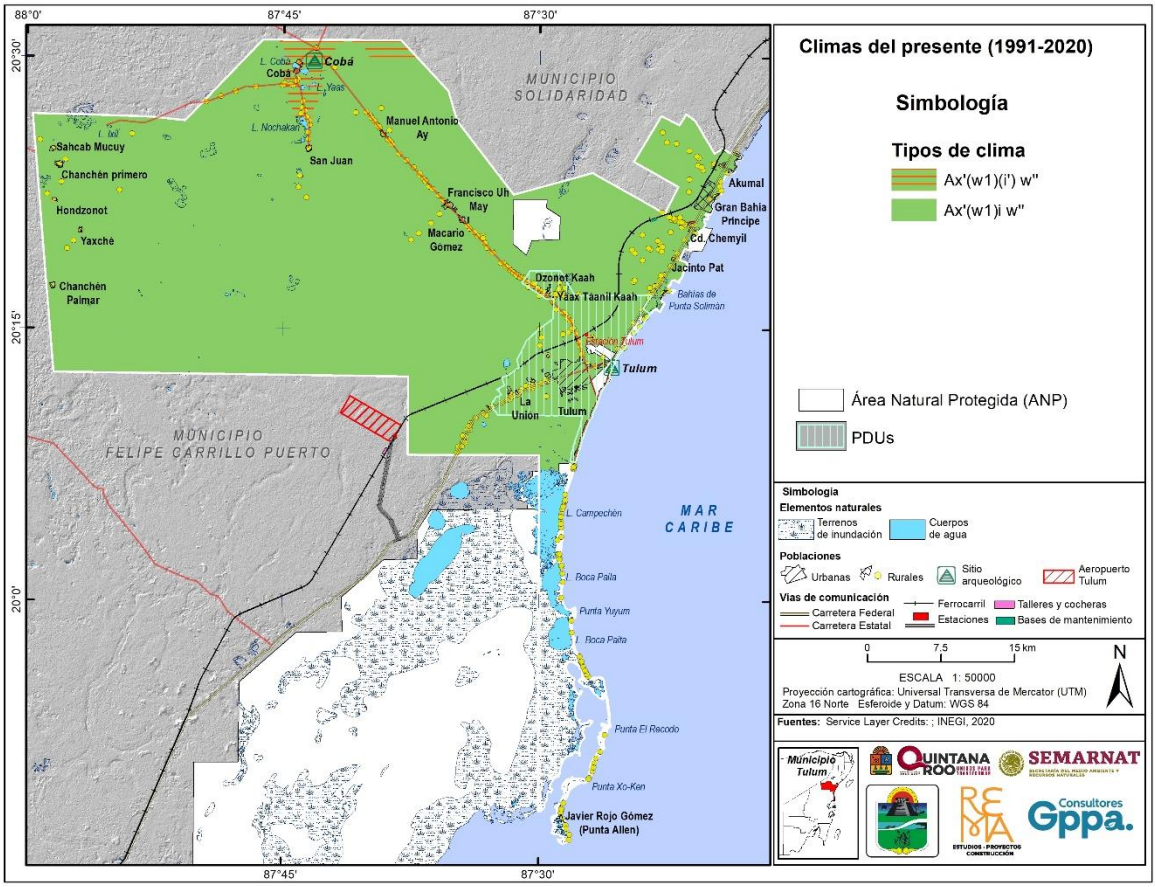
Tabla 18. Estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (Fuente: SMN).

Clave	Longitud °	Latitud °	Altitud (m)	Nombre	Año de inicio	Año de final de datos	% de datos
23012	-87.7375	20.488611	5	Coba	1971	2019	67.2
23025	-87.458056	20.225556	10	Tulum	1964	2019	77.2

Para cada estación se calculó en porcentaje de datos existentes para los valores mensuales de precipitaciones, temperaturas mínimas, temperaturas máximas, temperaturas medias y evapotranspiración. considerando un mínimo de 75%, se retiene la estación de Tulum.

[11] Fick, S. E., & Hijmans, R. J. 2017. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International journal of climatology, 37(12), 4302-4315.
[12] Arguez, A., & Vose, R. S. 2011. The definition of the standard WMO climate normal. Bulletin of the American Meteorological Society, 92(6), 699-704. https://doi.org/10.1175/2010BAMS2955.1
[13] WMO. (1983). Guide to climatological practices, second edition. (3rd ed.). Secretariat of the World Meteorological Organization Geneva.

Figura 5. Tipos de climas del presente en la el municipio de Tulum y ubicación de las estaciones meteorológicas (cuadros rojos).



La falta de homogeneidad de las series climáticas dificulta la detección y caracterización del cambio climático a diferentes escalas espaciales, por lo que previamente a su utilización con esta finalidad, deben ser sometidas a un proceso riguroso de control de calidad y de homogeneización (Aguilar et al., 1999)[14]. Esta ausencia puede obedecer a causas diversas, entre otras, hay que destacar las que introducen discontinuidades abruptas en las series, como las asociadas a las relocalizaciones de los observatorios, cambios en las prácticas observacionales y en el cálculo de las medias, etc. o bien graduales, generalmente relacionadas con cambios en el entorno (efecto urbano, cambios de uso del suelo, deforestación o reforestación, etc.) (Aguilar et al., 1999).

[14] Aguilar, E., López, J. M., Brunet, M., Saladié, Ó., Sigró, J., & López, D. 1999. Control de calidad y proceso de homogeneización de series térmicas catalanas.

A los datos de las estaciones meteorológicas se les realizaron las pruebas de Homogeneidad Normal Estándar (SNHT, por sus siglas en inglés) (Alexandersson, 1986[15]; Khaliq & Ouarda, 2007[16]; Verstraeten et al., 2006[17]) y la prueba de Pettitt (Belz et al., 2007; Pettitt, 1979; Verstraeten et al., 2006), estas se describen brevemente a continuación junto con sus estadísticos de prueba (Guajardo-Panes et al., 2017)[18]:

- Homogeneidad normal estándar (SNHT), un valor *T(d)* compara el promedio de los primeros *d* años registrados con los últimos *(n - d)* este valor se obtiene con la expresión $T_{(d)} = dz_1{}^{-2} + (n-d)z_2{}^{-2}$ *para d=1,2,…,n,* donde $\overline{z_1} = 1/d \sum_{i=1}^{d} (y_1 - \overline{y})/s$ y $\overline{z_2} = 1/n - d \sum_{i=d+1}^{d} (y_1 - \overline{y})/s$. Un valor alto de *T* en un año *d* indica una variación "brusca". El estadístico T_0 se define como $T_0 = max_{1 \le d \le 0} T(d)$.
- La prueba de Pettitt no paramétrica se basa en rangos y hace caso omiso de la normalidad de la serie, se basa en el orden de rangos de los valores y_i. El estadístico que se emplea se define como $T_0 = max_{1 \le d \le 0} T(d)$ para *d=1,2,…,n,* donde la variación es detectada cuando el valor del año *m* cumple $X_m = max_{1 \le d \le n} |X_d|$.

El juego de hipótesis planteadas en las dos pruebas son las siguientes: H_0 (Los datos son homogéneos) *versus* H_a (existe una fecha en la que hay un cambio en los datos).

El nivel de significancia planteado es valores-p (pv) <0.1, en decir, la probabilidad de rechazar la H_0 cuando esta es verdadera (error de tipo I) es del 10% (Ramírez Guzman & López, 1993)[19].

[15] Alexandersson, H. 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. Journal of climatology, 6(6), 661-675.
[16] Khaliq, M. N., & Ouarda, T. B. M. J. 2007. On the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT). International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 27(5), 681-687.
[17] Verstraeten, G., Poesen, J., Demarée, G., & Salles, C. 2006. Long-term (105 years) variability in rain erosivity as derived from 10-min rainfall depth data for Ukkel (Brussels, Belgium): Implications for assessing soil erosion rates. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 111(D22).
[18] Guajardo-Panes, R. A., Granados-Ramírez, G. R., Sánchez-Cohen, I., Díaz-Padilla, G., & Barbosa-Moreno, F. 2017. Validación espacial de datos climatológicos y pruebas de homogeneidad: Caso Veracruz, México. Tecnologia y Ciencias del Agua, 8(5), 157-177. https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-05-11.
[19] Ramírez Guzmán, M. E., & López, Q. 1993. Métodos estadísticos no paramétricos.

Las pruebas se realizaron a las variables de precipitación, temperatura mínima, media y máxima de la estación de Tulum usando lenguaje de programación R (R Core Team, 2020)[20] y la paquetería R "Trend" (Pohlert, 2020)[21]; gracias a esta misma se obtuvieron los valores-p correspondientes y se rechazaron los años en los que se presentó un cambio en los datos. Posteriormente, se realizó un concentrado de resultados, que permitió realizar la clasificación de estaciones en tres clases (Schönwiese & Rapp, 1997[22]; Wijngaard et al., 2003)[23]. Cuando en una estación la prueba de hipótesis nula se rechaza a lo máximo una sola vez, la información se puede considerar como c*onfiable (C)*, cuando en una estación la prueba de hipótesis nula se rechaza a lo máximo dos veces, la información se puede considerar como medianamente c*onfiable (MC)* y, cuando en una estación la prueba de hipótesis nula se rechaza tres veces, la información se considera como *no confiable (NC)*.

El SMN no cuenta con metadatos que registren eventos que influyan en la calidad de los datos como los que se enumeran anteriormente, por lo que debemos tener en cuenta este aspecto a la hora de analizar las variables cuyas pruebas de homogeneidad dieron como resultado MC (medianamente confiable) y NC (no confiable).

Definiciones y fórmulas utilizadas

Para el cálculo de balance hídrico, es necesario calcular previamente la evapotranspiración real, la cual necesita de la evapotranspiración potencial.

Evapotranspiración Potencial

De acuerdo con la OMM y UNESCO (1992), la evapotranspiración potencial (ETP) es la cantidad máxima de agua capaz de ser evaporada de un clima dado, por una cubierta vegetal continua y bien alimentada de agua. Por lo tanto, incluye la evaporación del suelo y la transpiración vegetal en una región específica y en un intervalo de tiempo dado. Se expresa en altura de agua.

[20] R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
[21] Pohlert, T. 2020. trend: Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection.
[22] Schönwiese, C.-D., & Rapp, J. 1997. Climate trend atlas of Europe based on observations 1891—1990. Springer Science \& Business Media.
[23] Wijngaard, J. B., Klein Tank, A. M. G., & Können, G. P. 2003. Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 23(6), 679-692.

Para calcular la evapotranspiración potencial, se utilizó la fórmula de Hargreaves (Hargreaves et al, 1985) mediante la expresión:

$$ETP = 0.0023 * (Tm + 17.8) * (Tx - Tn)^{0.5} * Ra$$

Donde:

Tm es la temperatura media (˚C)
Tx, la temperatura máxima (˚C)
Tn, la temperatura mínima (˚C)
Ra, la radiación extraterrestre (mm por día)

$$\delta r = 1 + 0.33 * cos\left(\frac{2\pi}{365} * dj\right)$$

$$\delta s = 0.4093 * sen\left(\left(\frac{2\pi}{365} * dj\right) - 1.405\right)$$

$$\omega = arcos\left(1 - tan\left(\frac{lat * \pi}{180}\right) * tan\,(\delta r)\right)$$

$$Ra = 15.392 * \delta r * \left(\omega * sen\left(\frac{lat * \pi}{180}\right) * sen(\delta s) + cos\left(\frac{lat * \pi}{180}\right) * cos(\delta s) * sen(\omega)\right)$$

Donde:

dj: el día juliano del año
lat: la latitud en el lugar (º)
δs: la variación de la insolación
δr: la variación de la radiación
ω: el Angulo de incidencia

Evapotranspiración real (ETR)

Las condiciones establecidas por la evapotranspiración potencial no siempre se dan en la realidad, y aquella evapotranspiración que ocurre en la situación real, difiere de los límites máximos o potenciales establecidos. La evapotranspiración real (ETR) se refiere a la cantidad de agua que realmente es evapotranspirada.

La ETR es más difícil de calcular que la ETP, ya que además de las condiciones atmosféricas que influyen en ella, interviene la magnitud de las reservas de humedad del suelo y los requerimientos de los cultivos.

Para su cálculo se utilizó la relación adimensional de Budyko (1974)[24]:

$$ETR = P * \left(1 - exp \frac{\left(\frac{-ETP}{P}\right) * ETP}{P} * tanh\left(\frac{P}{ETP}\right) \right)^{1/2}$$

Donde:

P: Acumulado de precipitaciones mensuales
ETP: Evapotranspiración potencial

Balance Hídrico

El modelo de climatología física utilizado, representa el balance hídrico multianual mediante la ecuación de balance dada por:

$$S=P - ETR$$

Donde:

S es la lámina de escurrimiento anual (mm)
P, total anual de precipitaciones (mm)
ETR, la evapotranspiración real anual (mm)

Gran parte del basamento teórico de tales metodologías descansa sobre los trabajos pioneros de Mijaíl Budyko y Sellers (Guo et al., 2019)[25]. La solución de esta ecuación de balance hídrico requiere de la estimación de toda una serie de variables físicas intermedias. En este caso solo se tendrá en cuenta los ingresos de agua por precipitación y salida por evapotranspiración.

[24] Budyko, M. I. 1974. Climate and life. Academic press.
[25] Guo, A., Chang, J., Wang, Y., Huang, Q., Guo, Z., & Li, Y. 2019. Uncertainty analysis of water availability assessment through the Budyko framework. Journal of Hydrology, 576, 396-407. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.06.033.

Tendencia de las series de datos

La tendencia de los datos las variables meteorológicas, fue calculada mediante el estadígrafo Mann-Kendall tal como establece la Nota Técnica No. 143 de la OMM (Sneyers, 1990), utilizando la paquetería R "Kendall" (Hipel & McLeod, 1994[26]; Libiseller & Grimvall, 2002)[27].

El Mann-Kendall Test es una prueba sencilla para la calcular la tendencia, la cual es no paramétrica y, como tal, no es dependiente de la magnitud de los datos, de su distribución, de los datos faltantes o espaciados irregularmente.

Mann-Kendall evalúa si un conjunto de datos de tiempo ordenado exhibe una tendencia creciente o decreciente, lo cual indica en el valor tau, correspondiente a la pendiente de la relación entre la serie temporal de valores analizados y el tiempo, dentro de un nivel predeterminado de significación estadística, de la misma manera que para las otras pruebas, se utilizó un valor- p de 0.1 para determinar la validez de la tendencia.

9.4.4.2 MODELOS Y ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Los escenarios de cambio climático son una representación global y simplificada del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construyen para ser utilizados de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, y que sirven a menudo de insumo para evaluar el efecto de sus impactos (Fernández et al., 2015)[28]. Debe recalcarse que estos escenarios no son pronósticos climáticos, ya que cada escenario es una alternativa de cómo se puede comportar el clima en el futuro.

[26] Hipel, K. W., & McLeod, A. I. 1994. Time series modelling of water resources and environmental systems. Elsevier.
[27] Libiseller, C., & Grimvall, A. 2002. Performance of partial Mann–Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. Environmetrics: The official journal of the International Environmetrics Society, 13(1), 71-84.
[28] Fernández, A., Zavala, J., Romero, R., Conde, A. C., & Trejo, R. I. 2015. Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica. Centro de Ciencias de la Atmósfera, 1-22.

La evaluación de las condiciones futuras en función del modo de desarrollo económico global y de la cantidad de población humana en la tierra, liberando a la atmósfera gases de efecto invernadero se realiza gracias a escenarios de cambio climático correspondientes a trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP por sus siglas en inglés) (Cuaresma, 2017[29]; KC & Lutz, 2017[30]; Leimbach et al., 2017[31]; Riahi et al., 2017[32]). Se consideran SSP1 (Sostenibilidad), SSP2 (Mitad del camino), SSP3 (Rivalidad regional), SSP4 (Desigualdad) y SSP5 (Desarrollo impulsado por combustibles fósiles) (Van Vuuren et al., 2017)[33]. Cada uno de estos se relaciona con un forzamiento radiativo por la acción humana, los valores de este forzamiento a horizonte 2100 van de 1.9 a 8.5 W·m2. A partir de esto, se utilizan modelos de circulación general (MCG) los cuales simulan las condiciones ambientales con los diferentes escenarios (Rivera, 2023).

Las proyecciones climáticas denominadas MGC del proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados 6 (CMIP6) (Tebaldi et al., 2021)[34] sirven como materia prima para la construcción de escenarios climáticos, pero estos requieren información adicional, por ejemplo, acerca del clima observado en un momento determinado o sobre las condiciones económicas que permiten el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, etc. Un 'escenario de cambio climático' es la diferencia entre un escenario y un período climáticos de referencia (Fernández et al., 2015).

[29] Cuaresma, J. C. 2017. Income projections for climate change research: A framework based on human capital dynamics. Global Environmental Change, 42, 226-236. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.02.012.

[30] KC, S., & Lutz, W. 2017. The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100. Global Environmental Change, 42, 181-192. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004.

[31] Leimbach, M., Kriegler, E., Roming, N., & Schwanitz, J. 2017. Future growth patterns of world regions – A GDP scenario approach. Global Environmental Change, 42, 215-225. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.02.005.

[32] Riahi, K., Vuuren, D. P. van, Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J. C., KC, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., … Tavoni, M. 2017. The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. Global Environmental Change, 42, 153-168. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009.

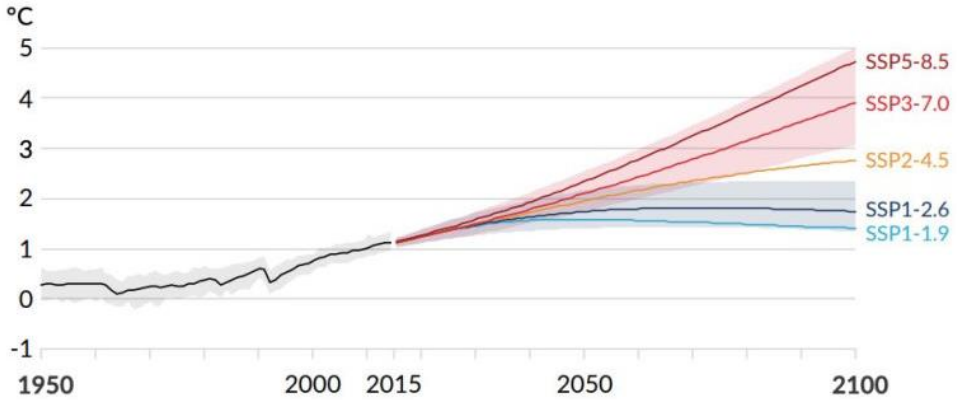
[33] Van Vuuren, D. P., Riahi, K., Calvin, K., Dellink, R., Emmerling, J., Fujimori, S., ... & O'Neill, B. 2017. The Shared Socio-economic Pathways: Trajectories for human development and global environmental change. Global Environmental Change, 42, 148-152.

[34] Tebaldi, C., Debeire, K., Eyring, V., Fischer, E., Fyfe, J., Friedlingstein, P., Knutti, R., Lowe, J., O'Neill, B., Sanderson, B., Van Vuuren, D., Riahi, K., Meinshausen, M., Nicholls, Z., Tokarska, K. B., Hurtt, G., Kriegler, E., Lamarque, J.-F., Meehl, G., … Ziehn, T. 2021. Climate model projections from the Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) of CMIP6. Earth System Dynamics, 12(1), 253–293. https://doi.org/10.5194/esd-12-253-2021.

Muchos aspectos del cambio climático y los impactos asociados continuarán durante siglos, incluso si se detienen las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero. Los riesgos de cambios abruptos o irreversibles aumentan a medida que aumenta la magnitud del calentamiento (Stocker et al., 2014)[35]. Por esta razón los escenarios utilizados son los SSP que indican que el patrón de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) hacia 2100 se traducirían en un forzamiento radiativo de 4.5 (SSP2-4.5, el cual consideramos el escenario más favorable, debido a que es poco probable que ocurran los SSP1-1.9 y SSP1-2.6), 7.0 (SSP7-6.0) el escenario mediano o 8.5 (SSP5-8.5) Watts por metro cuadrado en la superficie terrestre (Figura 6) (Zhu et al., 2021)[36]. El forzamiento radiativo es la cantidad de energía expresada en Watts por metro cuadrado que llega a la superficie terrestre por el efecto de los gases de efecto invernadero incrementados antrópicamente.

La Figura 6 representa la evolución temporal de las anomalías de temperatura global para el futuro, existen 5 escenarios que corresponden a medianas de intervalos de emisiones. Por las condiciones de emisiones actuales en el mundo, los escenarios SSP1-1.9 y SSP1-2.6 son poco realista ya que consideran disminuciones en el consumo de energía fósiles desde tiempo ya pasados. Cabe señalar que los escenarios de cambio climático consideran emisiones de gases de infecto invernadero a nivel global y no local por lo que políticas locales no pueden determinar el SSP sino el conjunto de las políticas públicas y económicas en el mundo.

Figura 6. Escenarios futuros de anomalías de temperatura global por emisiones antropógenas con respecto a 1850-1900. (Allan et al., 2021).



[35] Stocker, T., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. 2014. Summary for policymakers.
[36] Zhu, X., Lee, S. Y., Wen, X., Ji, Z., Lin, L., Wei, Z., ... & Dong, W. 2021. Extreme climate changes over three major river basins in China as seen in CMIP5 and CMIP6. Climate Dynamics, 57, 1187-1205.

Debido a la incertidumbre, se recomienda usar siempre más de un MGC, más de un horizonte, más de un forzamiento. De esta forma se seleccionaron los 3 escenarios, con 6 modelos y 3 horizontes.

Para este estudio se emplearon los datos disponibles en la página de WordlClim https://worldclim.org/data/cmip6/cmip6climate.html. Los datos disponibles son proyecciones climáticas futuras reducidas del CMIP6. La reducción de escala y la calibración (corrección de sesgo) se realizaron con WorldClim v2.1 (Fick y Hijmans, 2017) como clima de referencia. Los autores de WorldClim procesaron valores mensuales de temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación para 23 modelos climáticos globales (GCM), y para cuatro SSP: 126, 245, 370 y 585. Los valores mensuales fueron promedios de períodos de 20 años (2021-2040, 241-2060, 2061-2080, 2081-2100). Están disponibles las siguientes resoluciones espaciales (expresadas como minutos de un grado de longitud y latitud): 10 minutos, 5 minutos, 2,5 minutos y 30 segundos.

Los modelos utilizados en este estudio son el Modelo ACCESS-CM2 (Australian Community Climate and Earth System Simulator), el CMCC_ESM2 (*Euro-Mediterranean Centre on Climate Change*), el MPI-ESM1-2-HR (*Max Planck Institute*), el EC-Earth3 (*A European community Earth System Model*), IPSL-CM6A-LR (*Institut Pierre Simon Laplace*) y UKESM1-0-LL (*The UK Earth System Modelling project*), todos con una resolución espacial de 30” de longitud por 30” de latitud.

Se calculó el valor promedio de las variables par cada píxel del territorio municipal a partir de los valores obtenidos de todos los modelos para la creación de un ensamble para cada periodo (2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100). La representación cartográfica se realizó entonces solamente con el ensamble de modelos a que se considera con son los datos más robustos. De igual manera, solo se tomó de los periodos 2041-2060 y 2081-2100, también se realizó un reescalado para mejorar la resolución espacial y cartografiar a escala municipal.

9.4.4.2.1 ANÁLISIS DE LA TENDENCIA DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS MENSUALES Y ANUALES

Las tendencias de temperatura y precipitaciones se calcularon gracias al Análisis de Mann-Kendall para cada mes y a nivel anual para el periodo 1960-2019 de los datos recolectados en la estación de Tulum, no obstante, probablemente por la falta de datos, todos los análisis dieron resultados no significativos estadísticamente.

A escala del municipio, es posible calcular la anomalía de las variables climáticas entre el periodo considerado como presente para este estudio y los estudios de cambio climático (1961-1990), el cual también es la base para la cartografía climática del país, y los valores extraídos a partir de los datos anuales de WorldClim 2.1 (Fick & Hijmans, 2017) con resolución espacial de 30' de grado. Dentro de los cambios históricos recientes (Tabla 19), se nota un aumento de las temperaturas mínimas, máximas y promedias para todos los meses. Esta variación en las temperaturas mínimas lleva a una disminución de la oscilación térmica anual, y la de temperaturas medias conlleva un aumento de la evapotranspiración potencial.

El cambio en el régimen de lluvias es más caótico con 5 meses de anomalía negativa y 7 de anomalía positiva (Tabla 19). Se encuentran particularmente diminuciones en verano (-13 mm en julio y -14.9 en septiembre) y aumentos en otros (+35.7 mm en octubre). A escala anual, la anomalía de lluvia es de +34 mm, lo cual se debe a los datos altos de octubre. La ocurrencia de meses con anomalía negativa en todo el invierno y durante julio y su canícula permite entender la percepción de disminución de las lluvias por parte de las poblaciones. Como consecuencia de este comportamiento de las lluvias y temperaturas, la evapotranspiración real tiene tendencia a aumentar. La variación de ETR es siembre inferior a la de las precipitaciones por lo cual el balance hídrico responde directamente al comportamiento de las lluvias.

Tabla 19. Anomalías de las variables climáticas entre el periodo normal 1961-1990 y 1991-2020.

Mes	P (mm)	Tx (°C)	Tn (°C)	Tp (°C)	ETP (mm)	ETR (mm)	BH (mm)	OT (°C)
1	-1.559	0.593	0.657	0.625	2.105	-0.588	-0.971	-0.064
2	-5.728	1.047	0.684	0.866	3.009	-3.851	-1.877	0.363
3	-3.748	0.751	0.333	0.542	2.371	-3.201	-0.547	0.418
4	7.337	0.529	0.77	0.65	3.019	6.568	0.769	-0.241
5	10.82	0.288	0.642	0.465	2.321	6.35	4.47	-0.354
6	9.922	0.415	0.585	0.5	2.432	4.262	5.66	-0.171
7	-13.034	0.522	0.619	0.57	2.85	-6.905	-6.129	-0.097
8	0.492	0.542	0.536	0.539	2.625	0.956	-0.464	0.006
9	-14.884	0.502	0.615	0.558	2.454	-2.039	-12.845	-0.113
10	35.698	0.572	0.795	0.684	2.756	7.617	28.081	-0.223
11	13.896	0.481	0.566	0.524	1.773	7.044	6.851	-0.085
12	-4.748	0.65	0.852	0.751	2.428	-2.488	-2.26	-0.202
Anual	34.466	0.574	0.638	0.606	30.143	13.727	20.739	-0.064

(Tn: temperatura mínima, Tx; temperatura máxima, Tp: temperatura media, OT.: oscilación térmica, P: precipitaciones, ETP: Evapotranspiración potencial, ETR: Evapotranspiración real, BH: balance hídrico).

Cambios proyectados para el clima futuro

El clima y el ciclo hidrológico están estrechamente relacionados, de tal manera que los incrementos en la temperatura y la variación en la precipitación esperados en los escenarios más probables de cambio climático tendrá un impacto importante en la disponibilidad de los recursos hídricos de todos los rincones del mundo y, de mayor interés para nosotros, en las zonas rurales vulnerables de México (Martínez-Austria et al, 2012).

En el municipio de Tulum, consistentemente con las proyecciones realizadas en la Actualización de Escenarios de Cambio Climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional, en el futuro cercano (2041-2060) como el más lejano (2081-2010), todos los modelos analizados en los 3 escenarios proyectan un incremento de las temperaturas, unas disminuciones de las precipitaciones y en consecuencia del balance hídrico (Tabla 20) llevando a cambios en los tipos de climas.

Tabla 20. Valores promedios de los principales elementos climáticos en el municipio de Tulum para el presente y las estimaciones.

	Periodo	P (mm)	T prom (°C)	ETP (mm)	ETR (mm)	BH (mm)	OTD (°C)	OT (°C)
	1991-2020	1208.17	26.04	1583.43	879.22	328.95	11.87	4.73
ssp2-4.5	2021-2040	1167.95	26.79	1621.95	872.77	295.18	11.88	4.69
ssp2-4.5	2041-2060	1165.26	27.45	1655.33	875.30	289.96	11.89	4.69
ssp2-4.5	2081-2100	1165.75	28.30	1698.44	878.23	287.52	11.90	4.70
ssp3-7.0	2021-2040	1183.30	26.78	1621.05	877.55	305.75	11.86	4.68
ssp3-7.0	2041-2060	1155.97	27.60	1662.77	870.83	285.15	11.89	4.69
ssp3-7.0	2081-2100	1065.82	29.39	1754.00	832.04	233.78	11.93	4.94
ssp5-8.5	2021-2040	1169.16	26.87	1625.75	871.68	297.48	11.86	4.63
ssp5-8.5	2041-2060	1121.94	27.80	1673.15	857.11	264.83	11.92	4.81
ssp5-8.5	2081-2100	1002.79	30.24	1796.96	804.41	198.38	12.04	5.19

(T. prom: temperatura media, P: precipitaciones, ETP: Evapotranspiración potencial, ETR: Evapotranspiración real, BH: Balance hídrico, OTD (Oscilacion térmica diaria), OT (oscilación térmica anual).

Tipos de climas

En función de los escenarios y periodos considerados con el ensamble de modelos, se pueden identificar cambios en los tipos de climas. Particularmente, se presenta el clima Ax'(w0) con temperatura media anual mayor de 22°C, subhúmedo con régimen de lluvias intermedio, y porcentaje de lluvia invernal menor a 18%, una humedad baja con coeficiente P/T menos a 43.2. También, en totalidad la zona conoce un periodo de canícula, sequia intra-estival (w'').

Con el aumento del forzamiento radiativo y el tiempo, el clima Ax'(w1) se ve progresivamente remplazado por Ax'(w0), el más seco de los climas cálidos subhúmedos de lluvias intermedias (Figura 7 a Figura 12). Esto denota un aumento de condiciones secas por aumento de la radiación. De hecho, Ax'(w1) es remplazado en totalidad para 2081-2100 con SSP3-7.0 y 5-8.5 (Figura 10 a Figura 12). También, para estos escenarios, la zona isotermal se reduce indicando un aumento en la amplitud térmica anual, ósea un aumento de las temperaturas de meses cálidos mayor al de los meses fríos, esto puede ser un identificador de olas de calor.

Figura 7. Tipos de climas para 2041-2060, con SSP2-4.5.

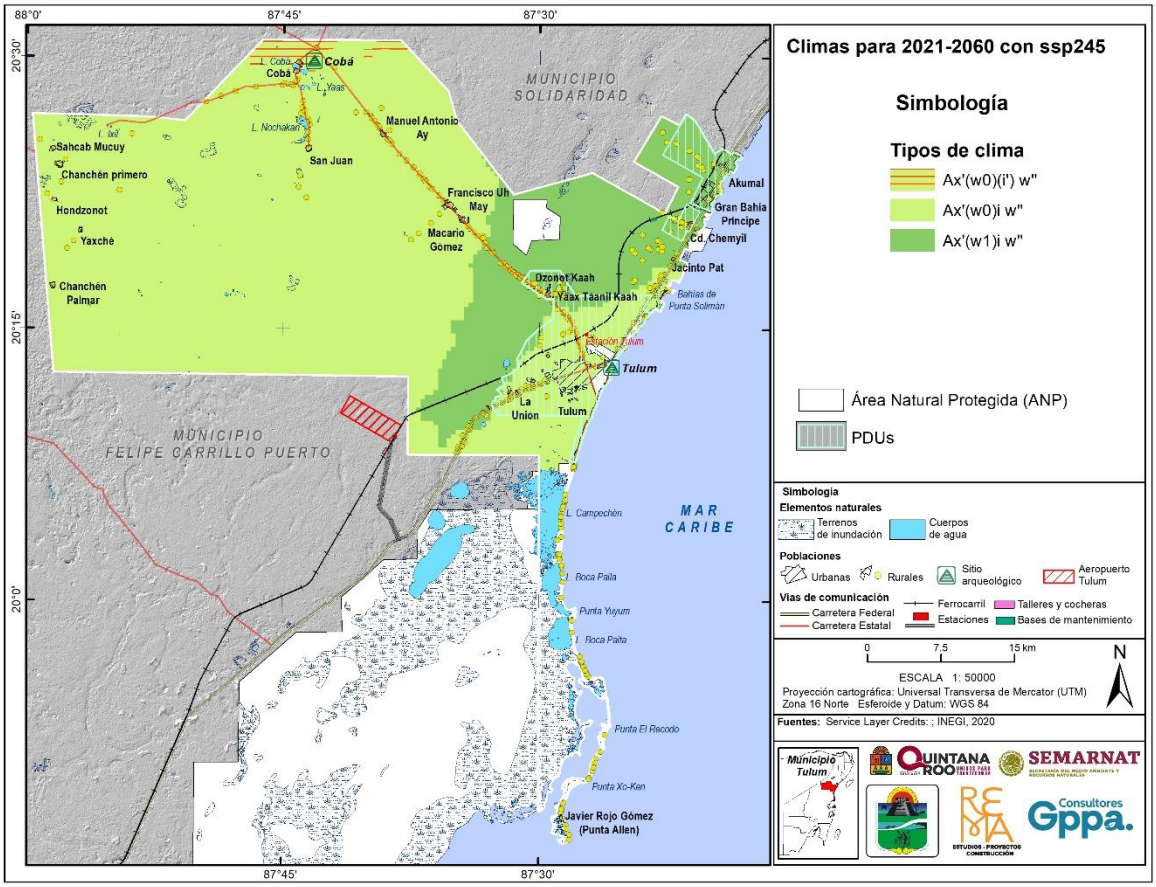


Figura 8 Tipos de climas para 2081-2100, con SSP2-4.5.

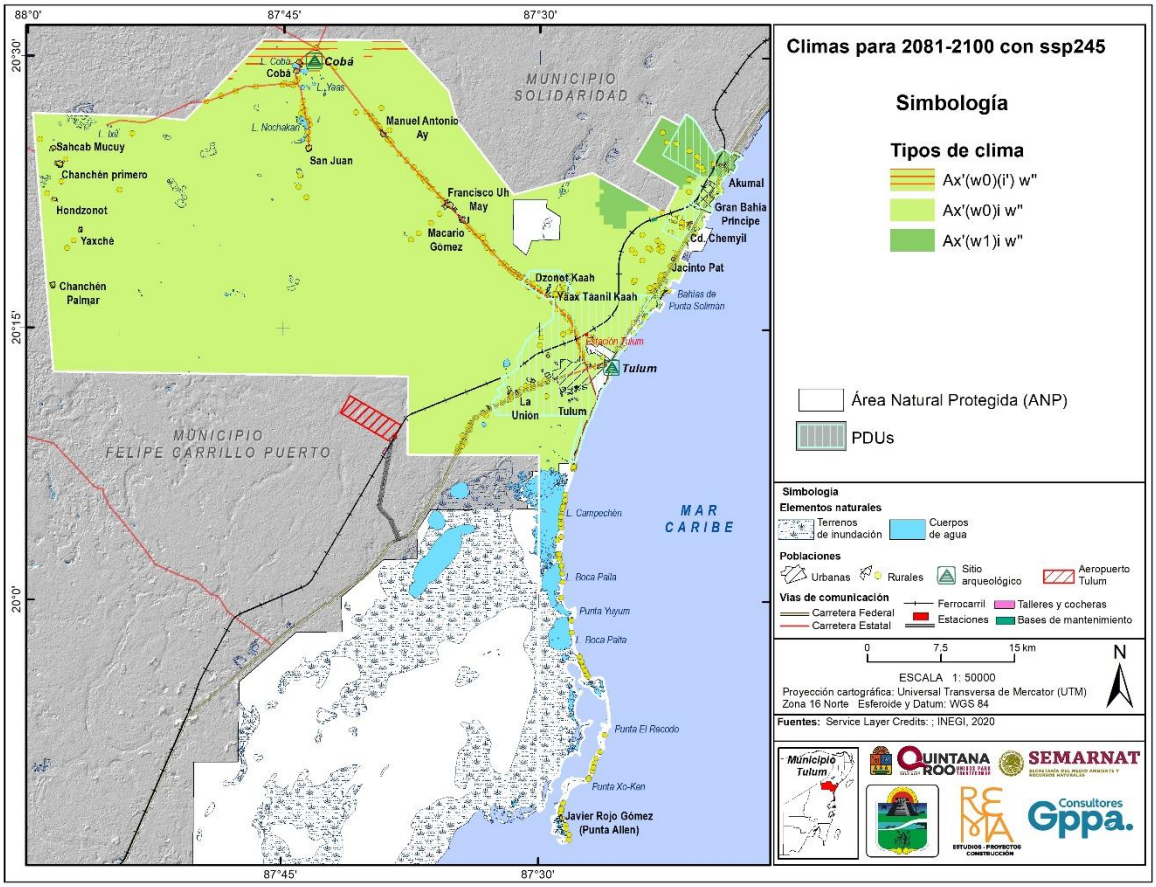


Figura 9. Tipos de climas para 2041-2060, con SSP3-7.0.

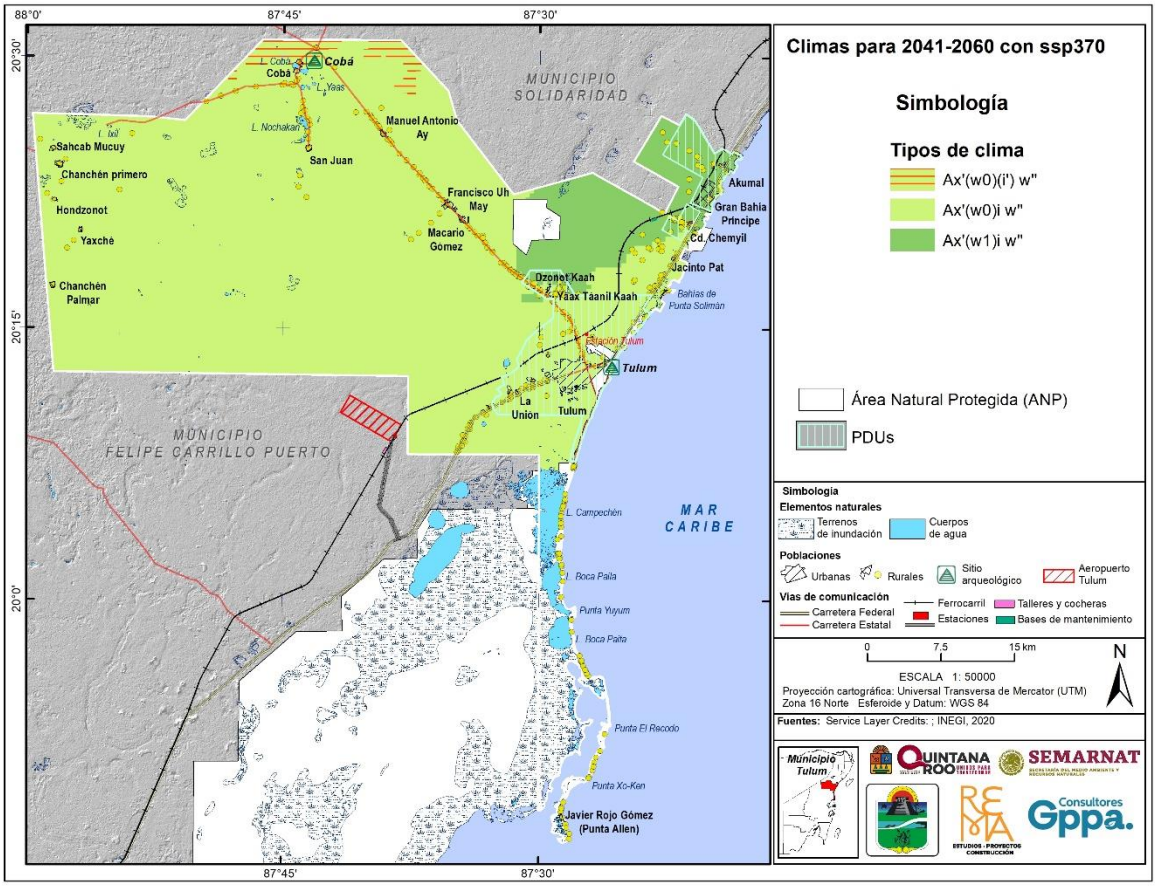


Figura 10. Tipos de climas para 2081-2100, con SSP3-7.0.

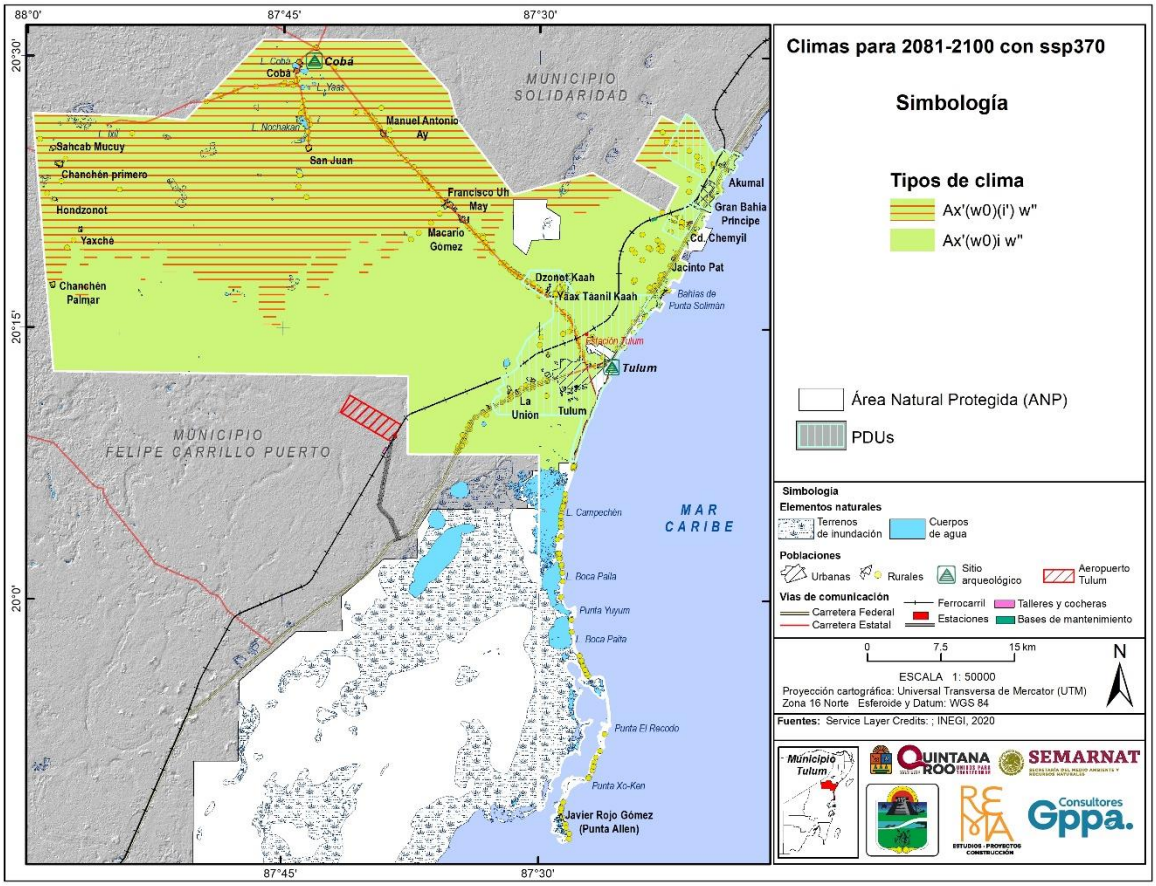


Figura 11. Tipos de climas para 2041-2060, con SSP5-8.5.

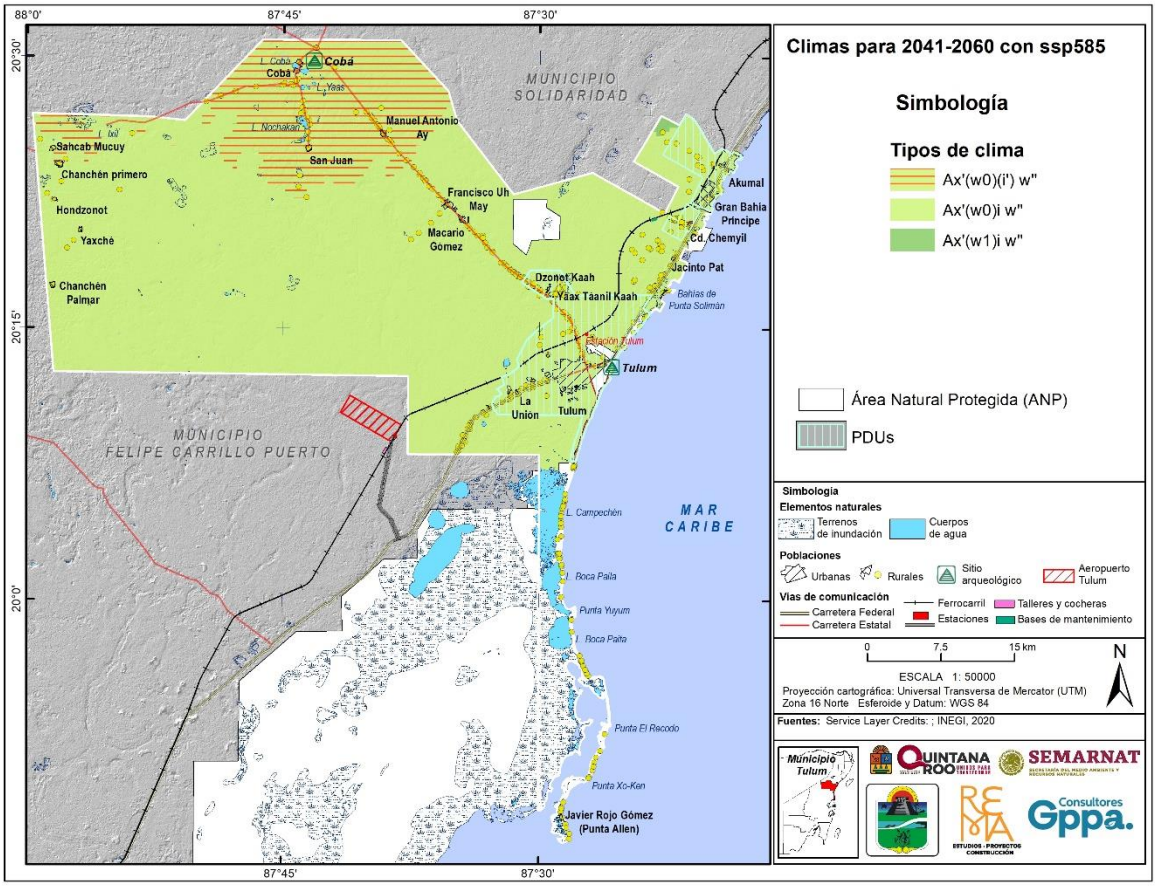
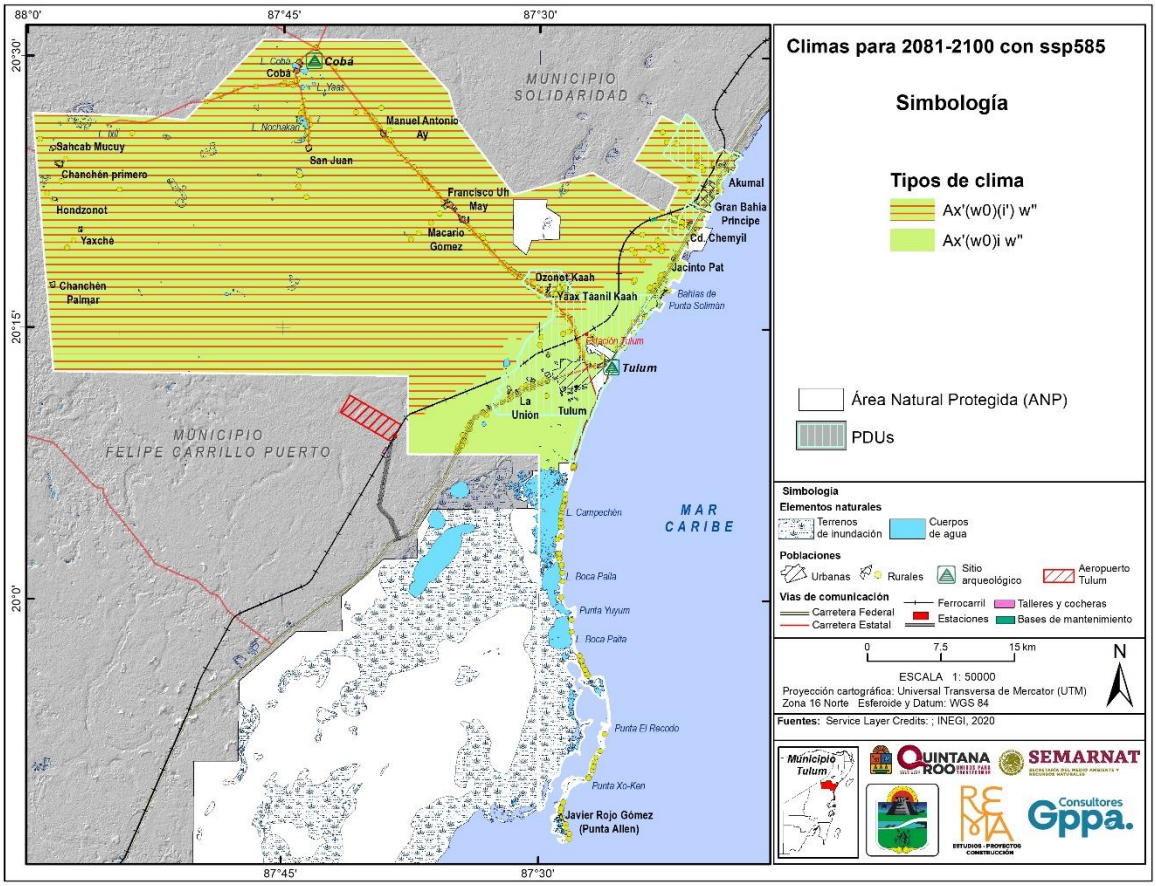


Figura 12. Tipos de climas para 2081-2100, con SSP5-8.5.



Temperaturas

Todos los modelos probados prevén aumentos de temperaturas mínimas como máximas para todos los meses, sea para 2021-2040, para 2041-2060 como para 2081-2100 con de +0.5 a +1.1ºC para el primer periodo, de +1.2 a +1.9ºC para el segundo periodo, y de +2 a 4.5ºC para el tercer periodo en lo que concierne a las temperaturas medias, marcando un incremento regular de +0.5 a +1ºC por 20 años dependiendo del forzamiento radiativo (Tabla 21).

Comparando los valores de la Tabla 21 con la Tabla 22 es notable que los valores de anomalías tienden a ser inferiores en la segunda por 0.1ºC. En consecuencia, al contrario, los valores de temperaturas máximas son los que compensan esto (Tabla 23) dando valor de hasta +4.9ºC en agosto para SSP5-8.5 al final del siglo.

Tabla 21. Anomalías de temperaturas medias en el municipio con respecto a 1991-2020.

°C	2021-2040			2051-2060			2081-2100		
Mes	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
1	0.8	0.8	0.9	1.5	1.7	1.8	2.3	3.4	4.1
2	0.5	0.5	0.6	1.2	1.3	1.5	2.0	3.0	3.8
3	0.8	0.8	0.8	1.5	1.6	1.8	2.3	3.4	4.2
4	0.7	0.6	0.7	1.3	1.4	1.6	2.2	3.2	3.9
5	0.9	0.9	1.0	1.5	1.6	1.8	2.3	3.3	4.1
6	0.8	0.7	0.8	1.4	1.6	1.8	2.3	3.4	4.2
7	0.7	0.7	0.9	1.4	1.6	1.9	2.3	3.6	4.5
8	0.8	0.8	0.8	1.4	1.6	1.9	2.3	3.6	4.5
9	0.8	0.8	0.9	1.4	1.6	1.8	2.3	3.5	4.4
10	0.7	0.7	0.8	1.3	1.5	1.7	2.2	3.3	4.3
11	0.9	1.0	1.1	1.7	1.7	1.9	2.5	3.5	4.4
12	0.7	0.7	0.7	1.3	1.5	1.6	2.2	3.2	3.9
Año	0.8	0.7	0.8	1.4	1.6	1.8	2.3	3.4	4.2

Tabla 22. Anomalías de temperaturas mínimas en el municipio con respecto a 1991-2020.

°C	2021-2040			2051-2060			2081-2100		
Mes	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
1	0.7	0.7	0.9	1.4	1.6	1.7	2.2	3.3	3.9
2	0.6	0.5	0.7	1.2	1.3	1.5	2.0	3.0	3.8
3	0.9	0.9	1.0	1.6	1.7	1.9	2.4	3.5	4.3
4	0.6	0.6	0.7	1.3	1.4	1.6	2.2	3.2	3.9
5	0.8	0.8	0.9	1.4	1.5	1.7	2.2	3.3	4.0
6	0.8	0.8	0.9	1.4	1.5	1.8	2.2	3.3	4.1
7	0.6	0.6	0.7	1.3	1.5	1.7	2.2	3.3	4.1
8	0.7	0.7	0.8	1.4	1.5	1.8	2.3	3.4	4.3
9	0.7	0.8	0.8	1.4	1.5	1.7	2.2	3.3	4.2
10	0.6	0.7	0.7	1.3	1.5	1.7	2.1	3.3	4.2
11	1.0	1.1	1.2	1.8	1.9	2.1	2.7	3.7	4.6
12	0.8	0.8	0.8	1.4	1.6	1.7	2.3	3.3	4.0
Año	0.8	0.7	0.8	1.4	1.6	1.7	2.3	3.3	4.1

Para todos los periodos y escenarios, el incremento de temperaturas máximas es mayor para los meses más cálidos que para el promedio del año (Tabla 23). Este hecho es el responsable del aumento de la oscilación térmica en el territorio, confirmando la ocurrencia de eventos muy calurosos en el futuro.

En los mapas (Figura 13 a Figura 18) se puede ver que las temperaturas del futuro respetaran los mismos patrones espaciales que las temperaturas del presente.

Tabla 23. Anomalías de temperaturas máximas en el municipio con respecto a 1991-2020.

°C	2021-2040			2051-2060			2081-2100		
Mes	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
1	0.9	0.9	1.0	1.6	1.8	1.9	2.4	3.5	4.2
2	0.5	0.4	0.5	1.2	1.2	1.5	2.0	2.9	3.8
3	0.7	0.6	0.7	1.4	1.5	1.7	2.2	3.3	4.1
4	0.7	0.6	0.7	1.4	1.4	1.7	2.2	3.2	3.9
5	1.0	0.9	1.1	1.6	1.6	1.9	2.4	3.4	4.2
6	0.8	0.7	0.8	1.4	1.6	1.9	2.3	3.5	4.4
7	0.8	0.8	1.0	1.6	1.8	2.0	2.5	3.9	4.9
8	0.8	0.8	0.9	1.4	1.7	1.9	2.4	3.7	4.7
9	0.8	0.9	0.9	1.5	1.7	1.9	2.4	3.6	4.7
10	0.7	0.7	0.8	1.4	1.6	1.8	2.2	3.4	4.4
11	0.8	0.8	0.9	1.5	1.6	1.8	2.3	3.3	4.2
12	0.6	0.6	0.6	1.2	1.4	1.5	2.1	3.1	3.9
Año	0.8	0.7	0.8	1.4	1.6	1.8	2.3	3.4	4.3

Figura 13. Temperatura promedio para 2041-2060, con SSP2-4.5.

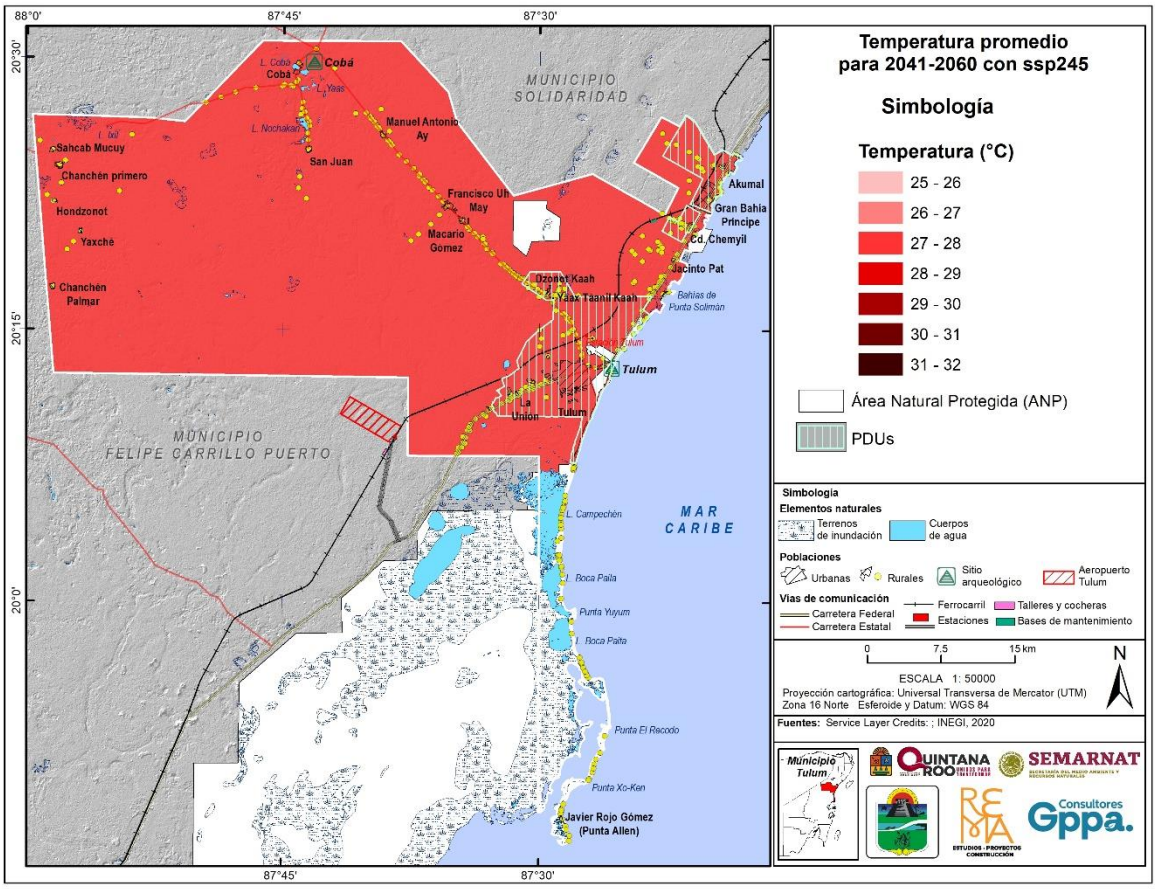


Figura 14. Temperatura promedio para 2081-2100, con SSP2-4.5.

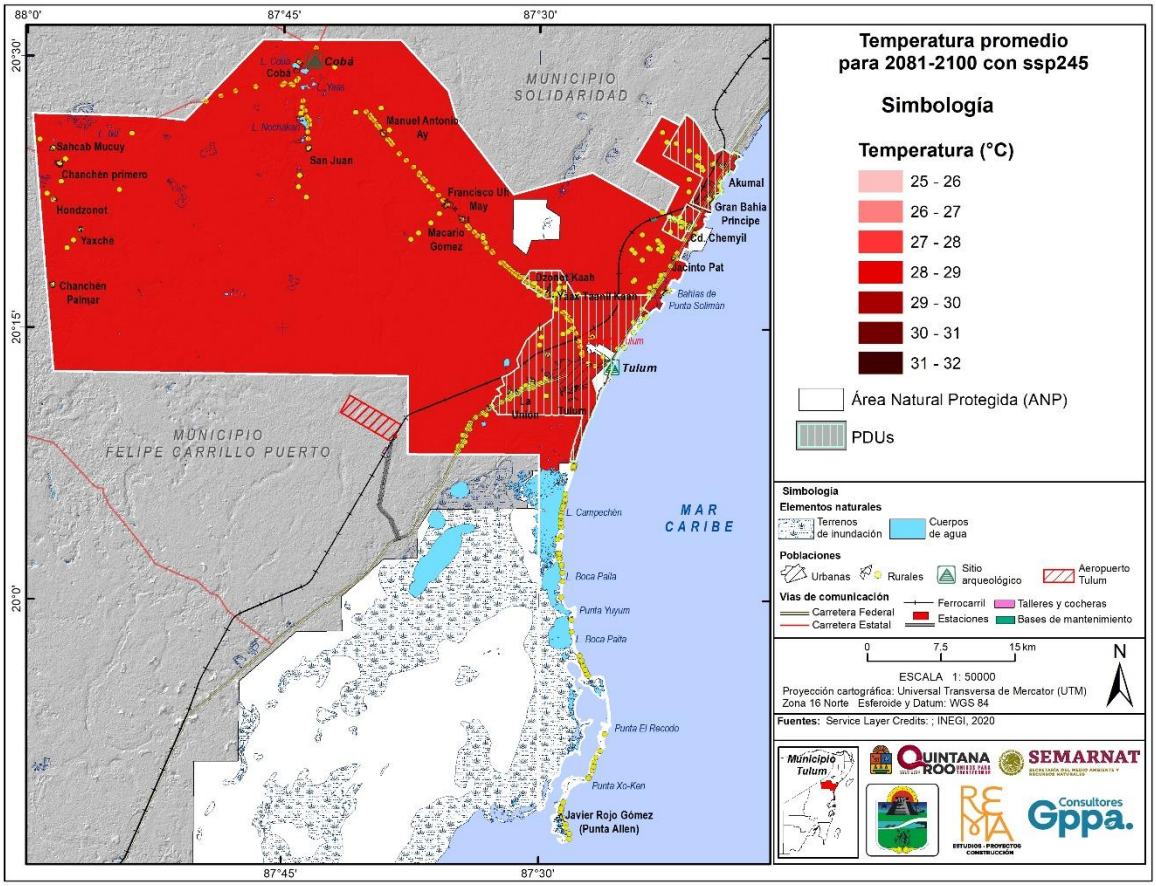


Figura 15. Temperatura promedio para 2041-2060, con SSP3-7.0.

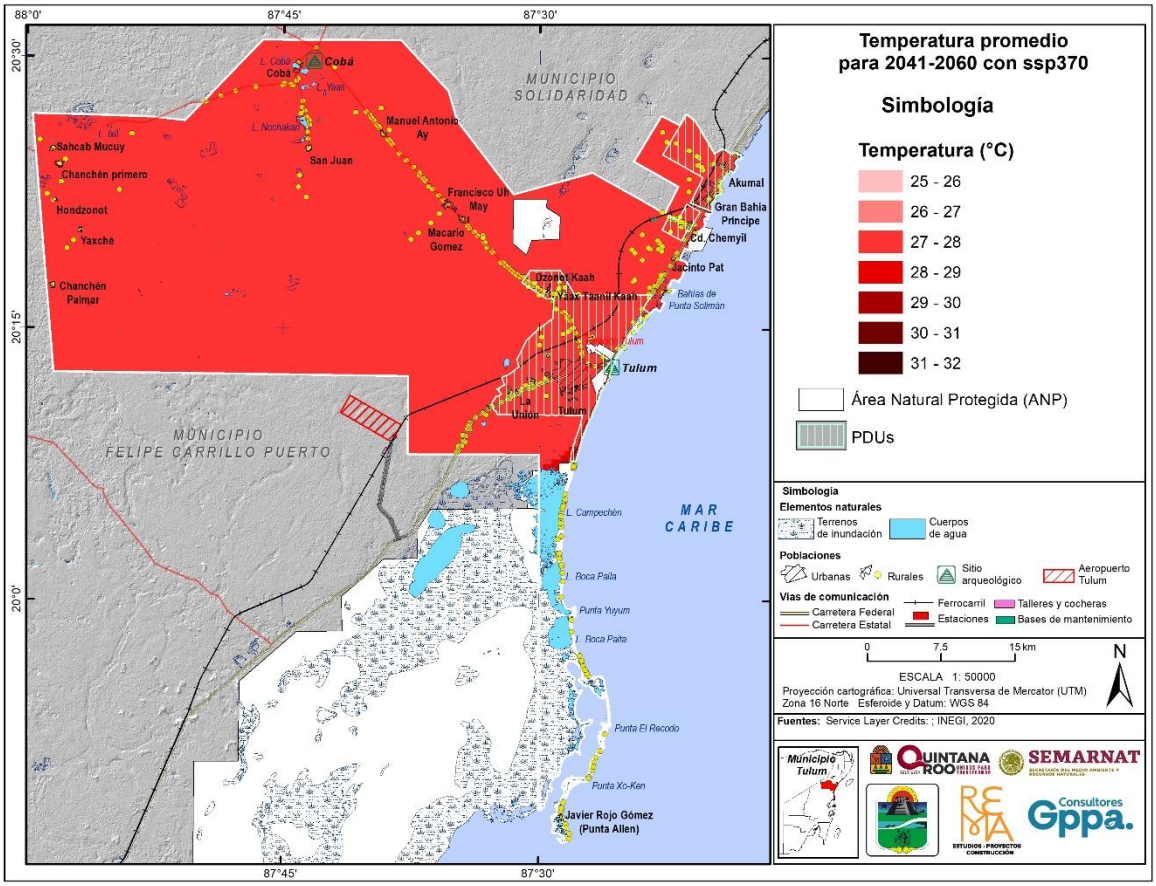


Figura 16. Temperatura promedio para 2081-2100, con SSP3-7.0.

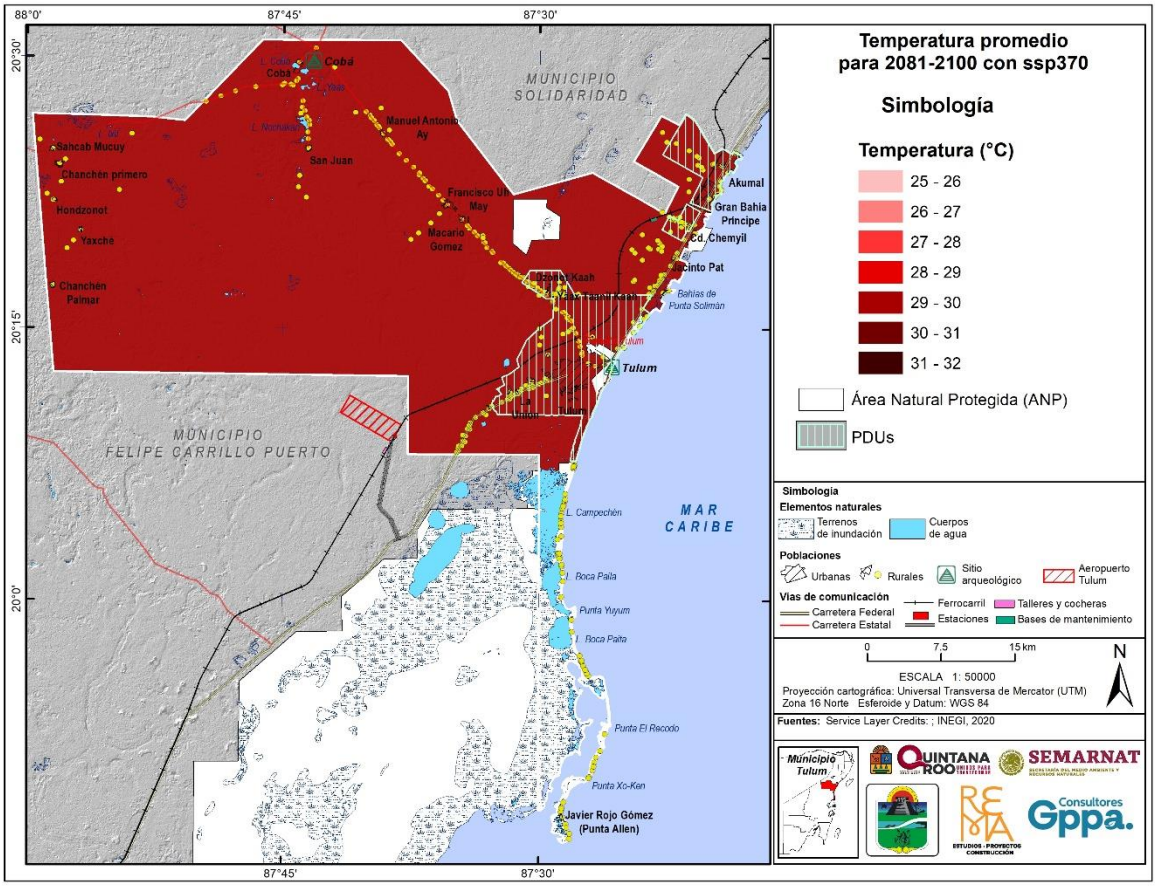


Figura 17. Temperatura promedio para 2041-2060, con SSP5-8.5.

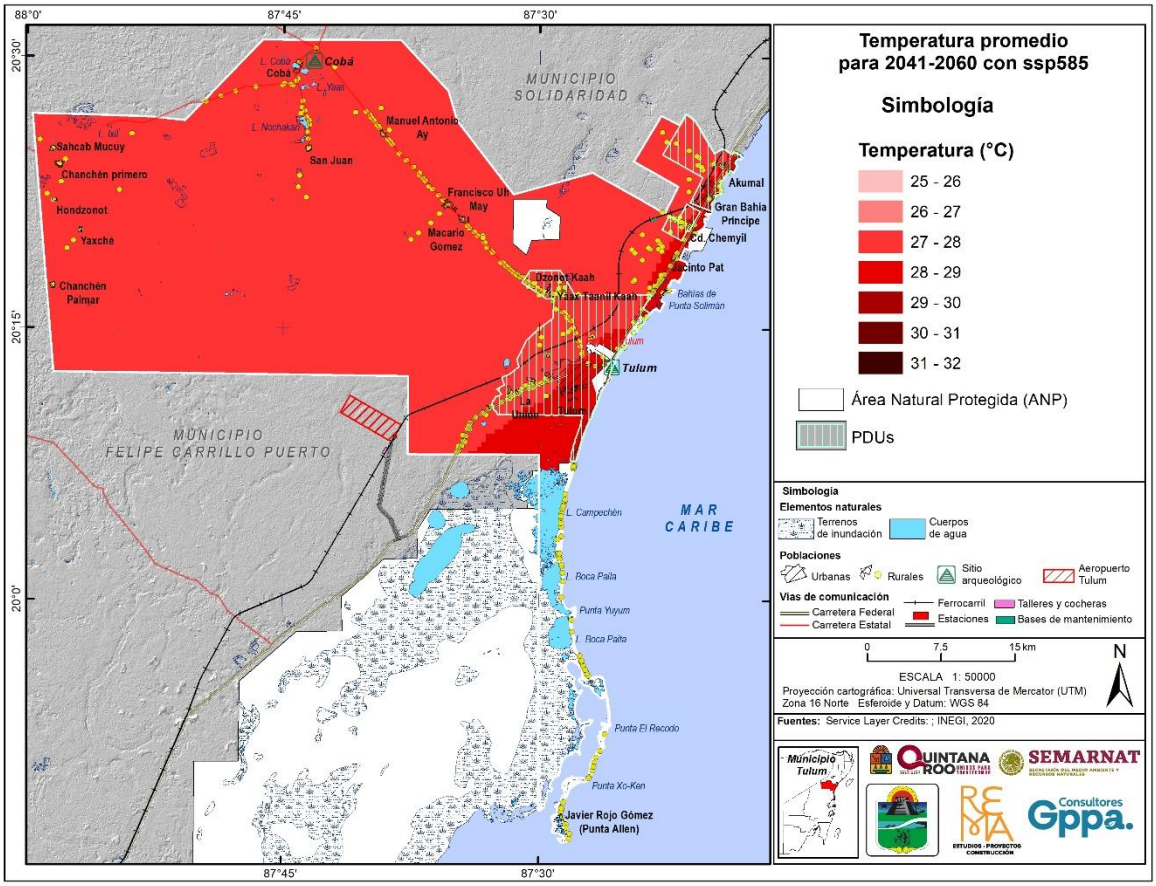
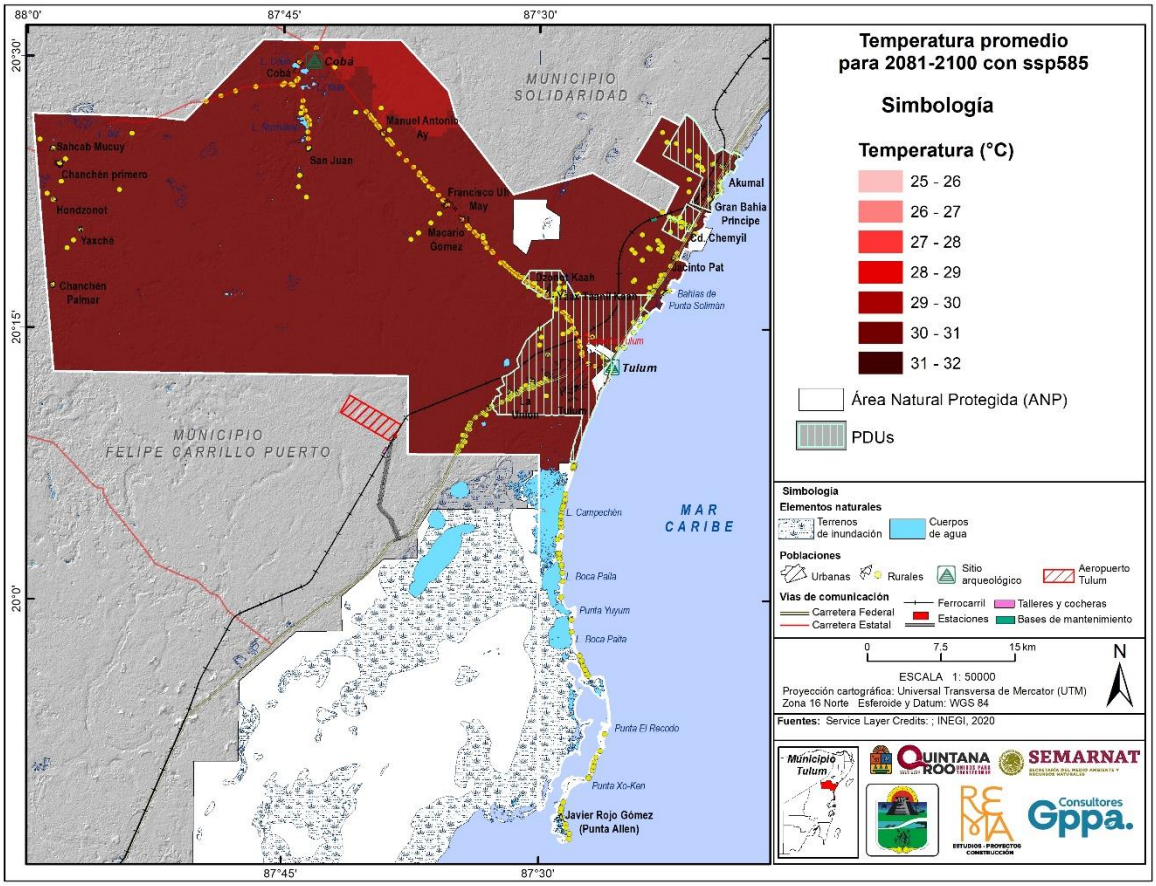


Figura 18. Temperatura promedio para 2081-2100, con SSP5-8.5.



Precipitaciones

Los cambios estimados al régimen de lluvias son muy variables dependiendo de los modelos. La mayoría de las predicciones prevén disminuciones de las lluvias en primavera y verano y aumento fin de año. Las disminuciones más abundantes se consideran para el verano, principalmente junio (hasta -57.5 mm) y agosto (hasta -40.6) (Tabla 24), pero es el periodo que tiene mayor cantidad de precipitaciones, por lo que las disminuciones de primavera son más preocupantes ya que, asociadas con los aumentos de temperatura pueden provocan condiciones de sequía grave, las cuales son problemáticas para la vegetación, las actividades agropecuarias y pueden favorecer la expansión de fuegos forestales. También, cabe resaltar que las diminuciones previstas para octubre, el mas más lluviosos son débiles con valores de -16.4 mm a +3 mm.

Tabla 24. Anomalías de precipitaciones en el municipio con respecto a 1991-2020.

(mm)	2021-2040			2051-2060			2081-2100		
Mes	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
1	1.0	0.0	1.0	0.3	0.7	-2.3	1.3	-1.3	-4.0
2	1.8	1.2	3.1	1.9	1.8	0.1	1.4	-2.1	-3.5
3	1.6	2.0	1.6	0.1	0.2	0.1	-0.2	-3.3	-3.5
4	-4.3	-3.4	-4.1	-3.7	-4.5	-5.7	-6.2	-6.8	-7.0
5	-15.0	-8.3	-16.2	-11.2	-12.4	-16.1	-16.6	-24.4	-26.7
6	-15.7	-4.4	-8.7	-19.5	-19.6	-24.7	-18.7	-43.6	-57.5
7	4.6	2.5	-1.4	-0.7	-5.4	-6.7	-1.8	-23.7	-29.7
8	-11.0	-12.4	-12.4	-11.3	-17.3	-21.0	-14.0	-31.4	-40.6
9	6.6	4.9	3.4	1.8	0.9	-3.6	-3.2	-21.4	-37.1
10	-16.4	-11.9	-13.2	-8.9	-7.1	-13.5	3.0	-1.2	-11.1
11	-0.9	-0.7	2.2	1.7	3.1	1.3	4.9	10.8	8.5
12	7.5	5.6	5.6	6.5	7.3	6.0	7.7	6.0	6.7
Año	-40.2	-24.9	-39.0	-42.9	-52.2	-86.2	-42.4	-142.4	-205.4

Los mapas de precipitaciones (Figura 19 a Figura 24) para el futuro permiten ver que no hay cambios de patrones espaciales, sino que las disminuciones lluvias afectaran todo el territorio, siendo entonces más problemáticas en las zonas que en el presente reciben menos agua.

Figura 19. Precipitaciones totales anuales para 2041-2060, con SSP2-4.5.

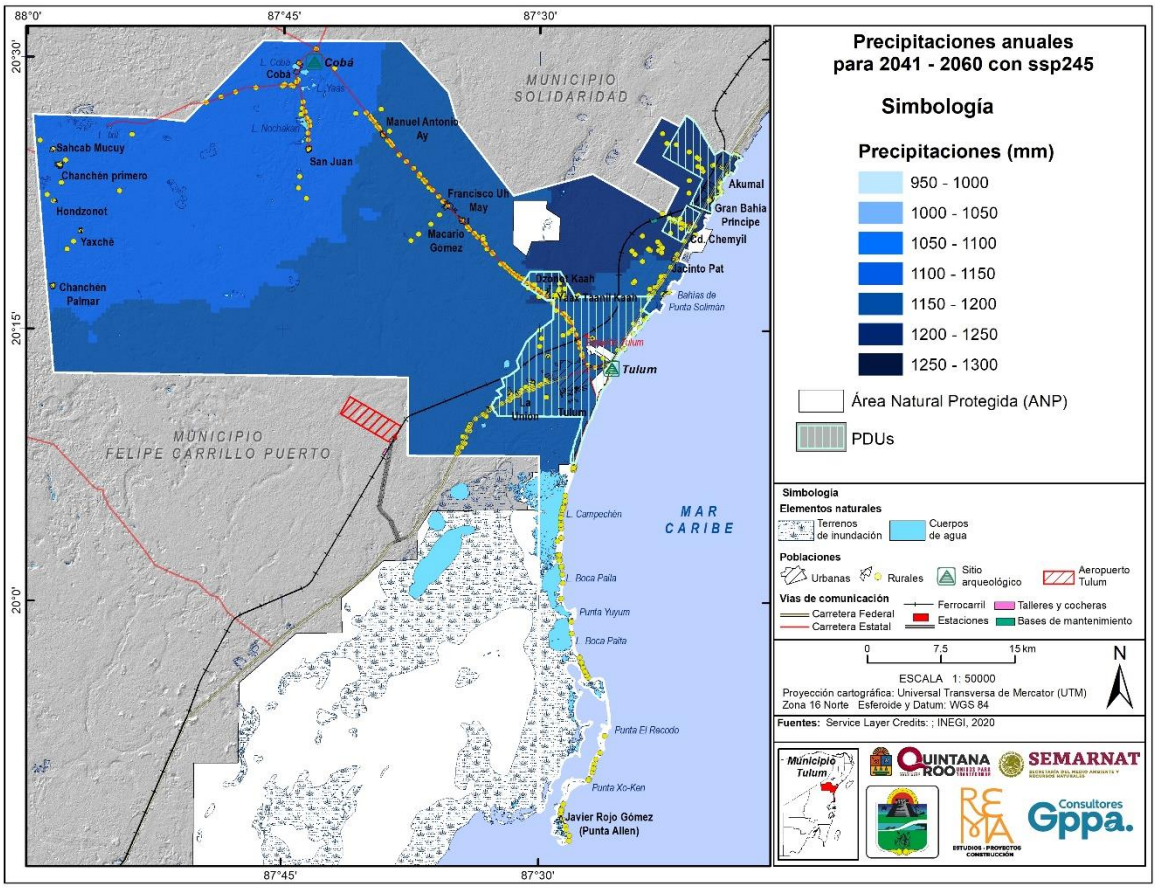


Figura 20. Precipitaciones totales anuales para 2081-2100, con SSP2-4.5.

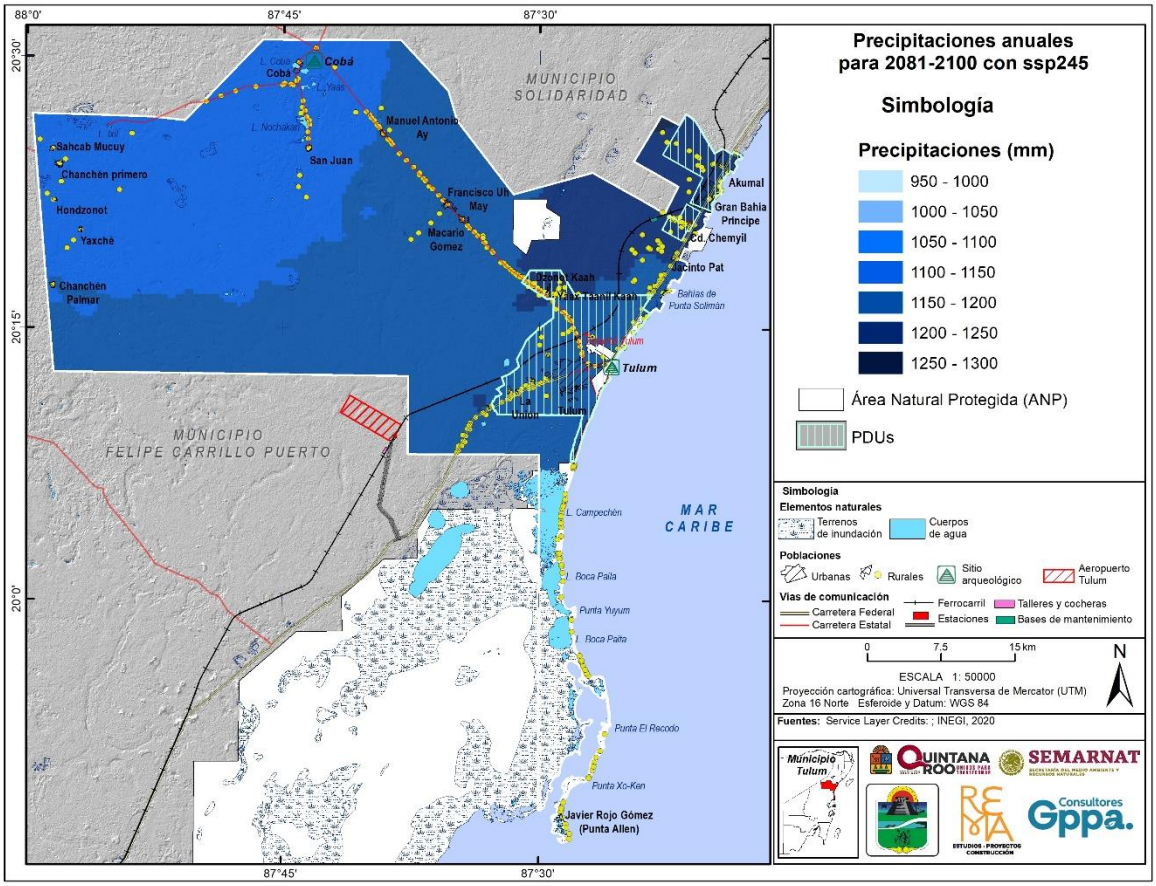


Figura 21. Precipitaciones totales anuales para 2041-2060, con SSP3-7.0.

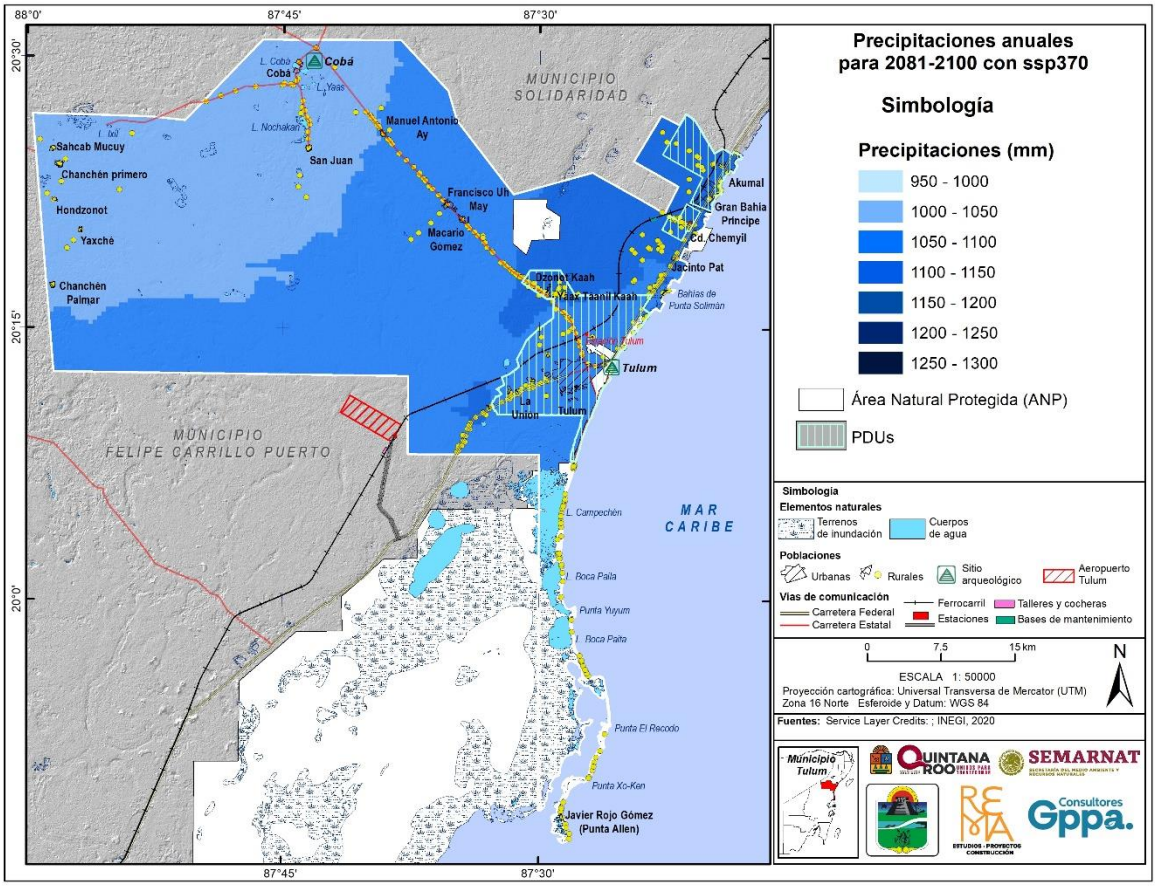


Figura 22. Precipitaciones totales anuales para 2081-2100, con SSP3-7.0.

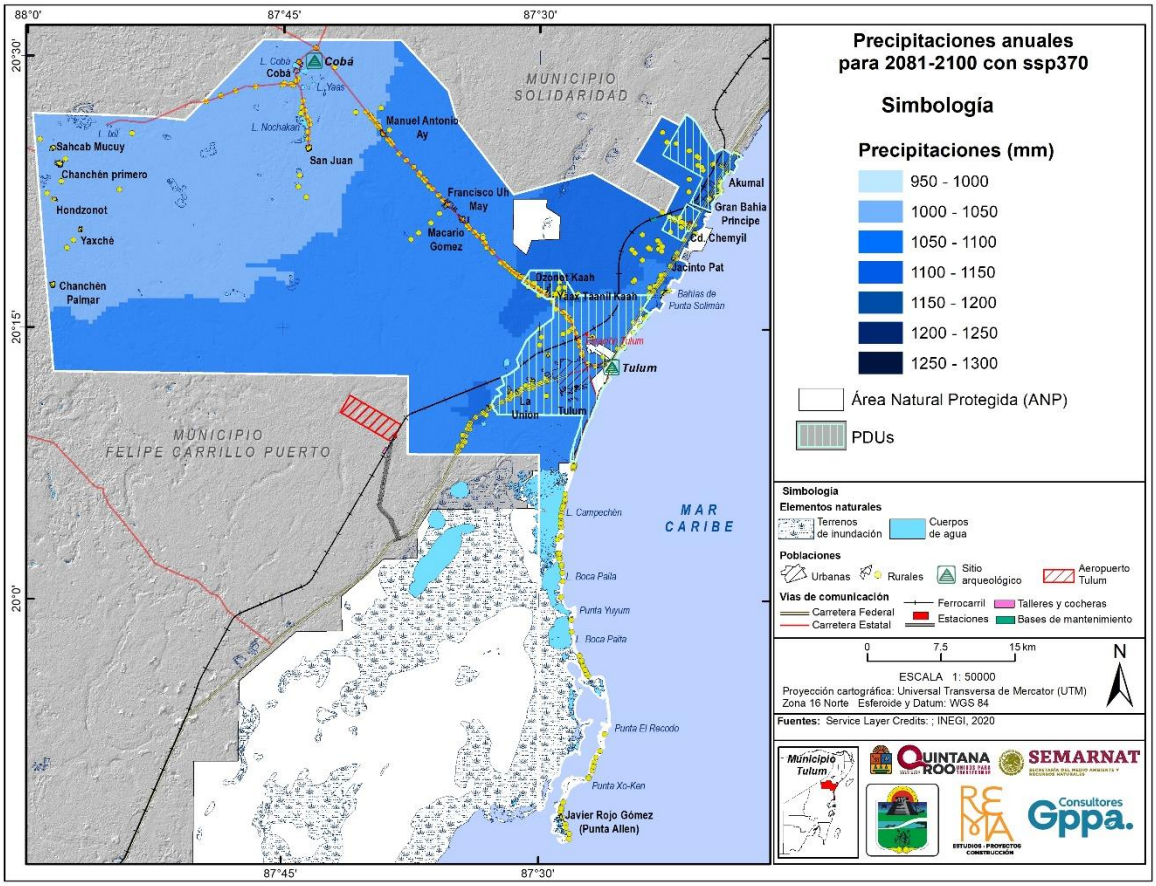


Figura 23. Precipitaciones totales anuales para 2041-2060, con SSP5-8.5.

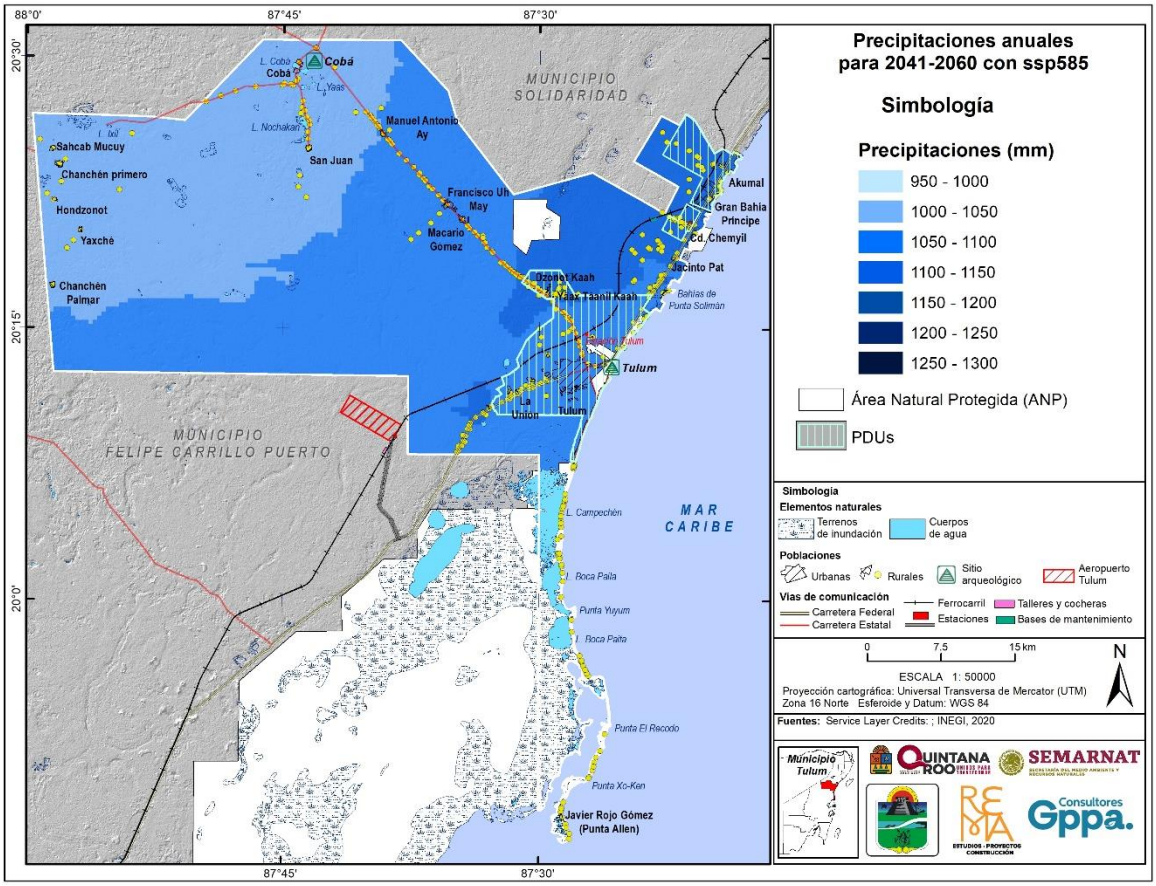
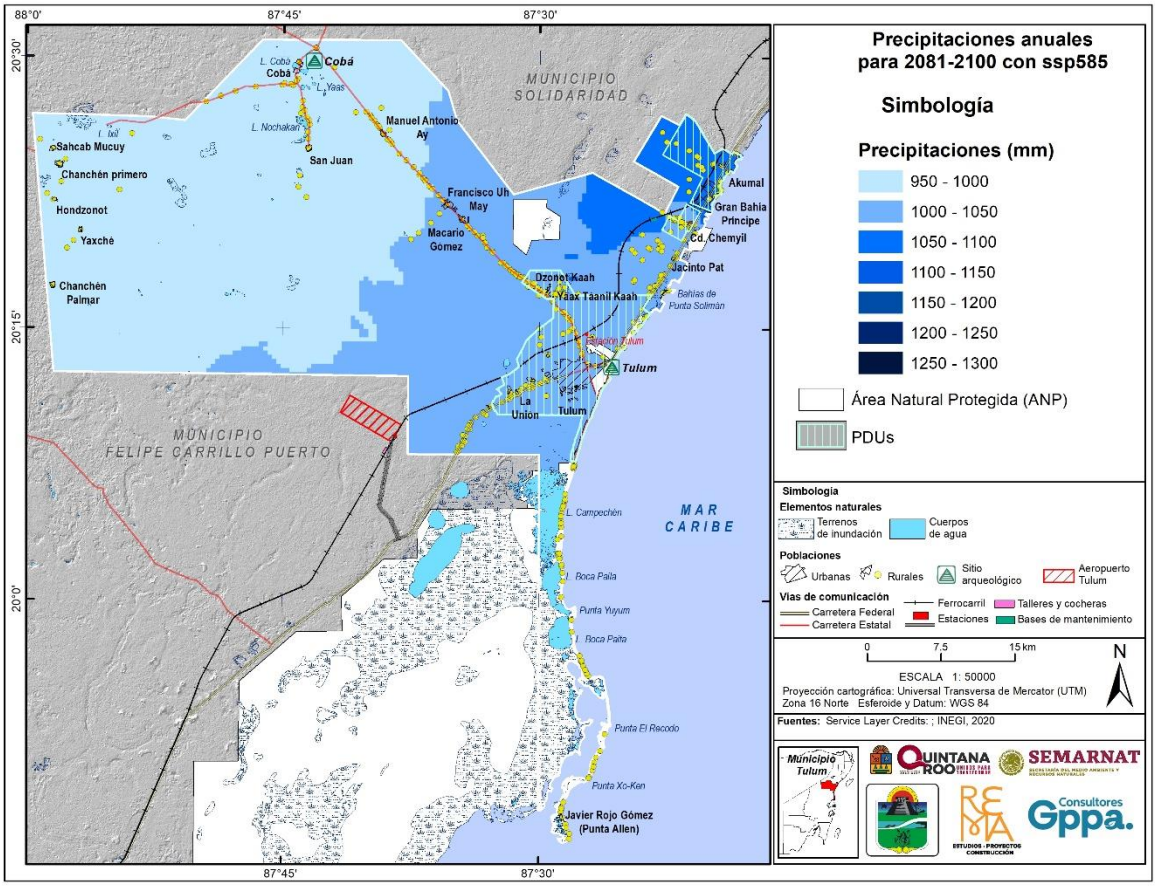


Figura 24. Precipitaciones totales anuales para 2081-2100, con SSP5-8.5.



Evapotranspiración

Los pronósticos de evapotranspiración potencial corresponden obviamente a los de las temperaturas con aumento para todas las fechas y todos los escenarios (Tabla 25).

Tabla 25. Anomalías de evapotranspiración potencial en el municipio con respecto a 1991-2020.

(mm)	2021-2040			2051-2060			2081-2100		
Mes	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
1	2.8	2.7	3.2	4.9	5.6	6.0	7.9	11.4	13.7
2	1.8	1.7	2.1	4.2	4.5	5.2	7.0	10.4	13.2
3	3.4	3.4	3.7	6.5	7.0	8.0	10.1	14.7	18.3
4	3.1	2.9	3.2	6.2	6.5	7.6	10.1	14.8	18.2
5	4.5	4.3	4.9	7.4	7.9	9.0	11.7	16.5	20.3
6	3.9	3.5	4.1	6.8	7.7	8.8	10.9	16.5	20.6
7	3.7	3.6	4.3	7.2	8.2	9.3	11.6	17.9	22.5
8	3.8	3.7	4.1	6.9	7.9	9.1	11.2	17.4	22.0
9	3.4	3.5	3.8	6.2	7.1	8.1	10.1	15.2	19.5
10	2.8	2.8	3.2	5.5	6.2	6.9	8.8	13.5	17.4
11	3.1	3.3	3.6	5.7	5.9	6.5	8.5	11.9	15.0
12	2.2	2.3	2.3	4.3	5.0	5.2	7.1	10.3	12.8
Año	38.5	37.6	42.3	71.9	79.3	89.7	115.0	170.6	213.5

En cuanto a la evapotranspiración real (Tabla 26) aumenta de octubre a diciembre, cuando las precipitaciones son elevadas o tienden a aumentar significativamente, pero disminuye de abril a agosto, estas disminuciones, provienen de las disminuciones de las precipitaciones. Se reduce la ETR porque hay menos agua disponible para evaporar.

Tabla 26. Anomalías de evapotranspiración real en el municipio con respecto a 1991-2020.

(mm)	2021-2040			2051-2060			2081-2100		
Mes	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
1	1.0	0.3	1.1	0.9	1.2	-0.8	1.8	0.6	-1.0
2	1.4	1.0	2.4	1.7	1.6	0.4	1.5	-1.0	-2.1
3	1.5	1.9	1.5	0.2	0.3	0.3	0.0	-2.7	-2.9
4	-3.7	-2.9	-3.5	-3.1	-3.8	-4.9	-5.3	-5.8	-6.0
5	-7.8	-4.2	-8.6	-5.4	-5.9	-8.0	-8.1	-12.7	-14.0
6	-4.5	-1.0	-2.2	-5.7	-5.6	-7.6	-5.2	-16.2	-24.2
7	3.1	1.9	-0.5	0.4	-2.6	-3.2	0.1	-15.0	-19.7
8	-4.0	-4.8	-4.5	-3.4	-6.3	-7.7	-3.6	-12.4	-18.1
9	2.7	2.3	2.0	2.6	2.4	1.8	2.6	-1.1	-5.5
10	-1.1	-0.3	-0.6	1.4	2.3	1.4	5.4	6.6	5.9
11	0.1	0.4	1.8	1.9	2.8	1.9	4.1	7.6	7.1
12	4.8	3.7	3.6	4.5	5.1	4.4	5.6	5.0	5.7
Año	-6.5	-1.7	-7.5	-3.9	-8.4	-22.1	-1.0	-47.2	-74.8

Balance hídrico

El excedente de agua que se ve reflejado en los valores de balance hídrico tiende a disminuir (Tabla 27) por la reducción de las precipitaciones y el aumento de la evapotranspiración. Estas disminuciones, expresadas en mm son bajas para la primavera y el invierno, alta para el verano. Cabe resaltar que solamente diciembre conoce un aumento para todos los periodos y escenarios. También, las variaciones se ven importantes y graduales en los mapas realizados con datos anuales (Figura 25 a Figura 30), respetando el patrón espacial de las lluvias y disminuyendo de manera homogéneas los totales de excedente hídricos.

Tabla 27. Anomalías de balance hídrico en el municipio con respecto a 1991-2020.

(mm)	2021-2040			2051-2060			2081-2100		
Mes	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
1	0.0	-0.3	0.0	-0.6	-0.5	-1.6	-0.6	-2.0	-3.1
2	0.3	0.2	0.6	0.2	0.2	-0.3	-0.1	-1.0	-1.4
3	0.1	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.5	-0.6
4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.8	-0.9	-1.0	-1.0
5	-7.1	-4.2	-7.6	-5.9	-6.5	-8.2	-8.5	-11.7	-12.7
6	-11.2	-3.5	-6.5	-13.8	-14.1	-17.1	-13.5	-27.5	-33.3
7	1.4	0.6	-0.9	-1.1	-2.7	-3.5	-2.0	-8.7	-9.9
8	-7.0	-7.5	-7.9	-7.9	-11.0	-13.2	-10.4	-18.9	-22.5
9	3.8	2.6	1.4	-0.8	-1.6	-5.5	-5.8	-20.3	-31.5
10	-15.3	-11.6	-12.6	-10.3	-9.4	-14.9	-2.4	-7.8	-17.0
11	-1.1	-1.2	0.4	-0.2	0.3	-0.6	0.8	3.2	1.5
12	2.7	1.9	1.9	2.0	2.2	1.7	2.1	1.0	1.0
Año	-33.8	-23.2	-31.5	-39.0	-43.8	-64.1	-41.4	-95.2	-130.6

Figura 25. Balance hídrico anual para el periodo 2041-2080 con SSP2-4.5.

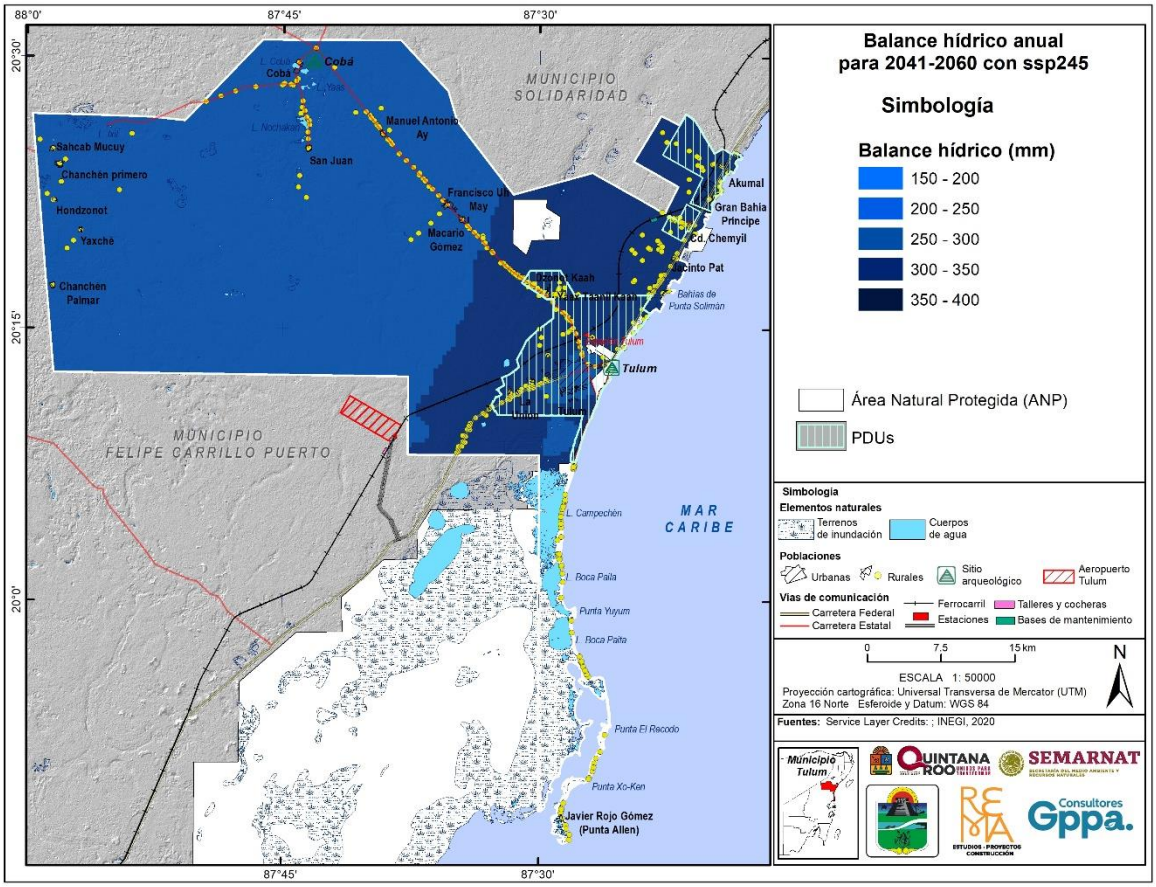


Figura 26. Balance hídrico anual para el periodo 2081-2100 con SSP2-4.5.

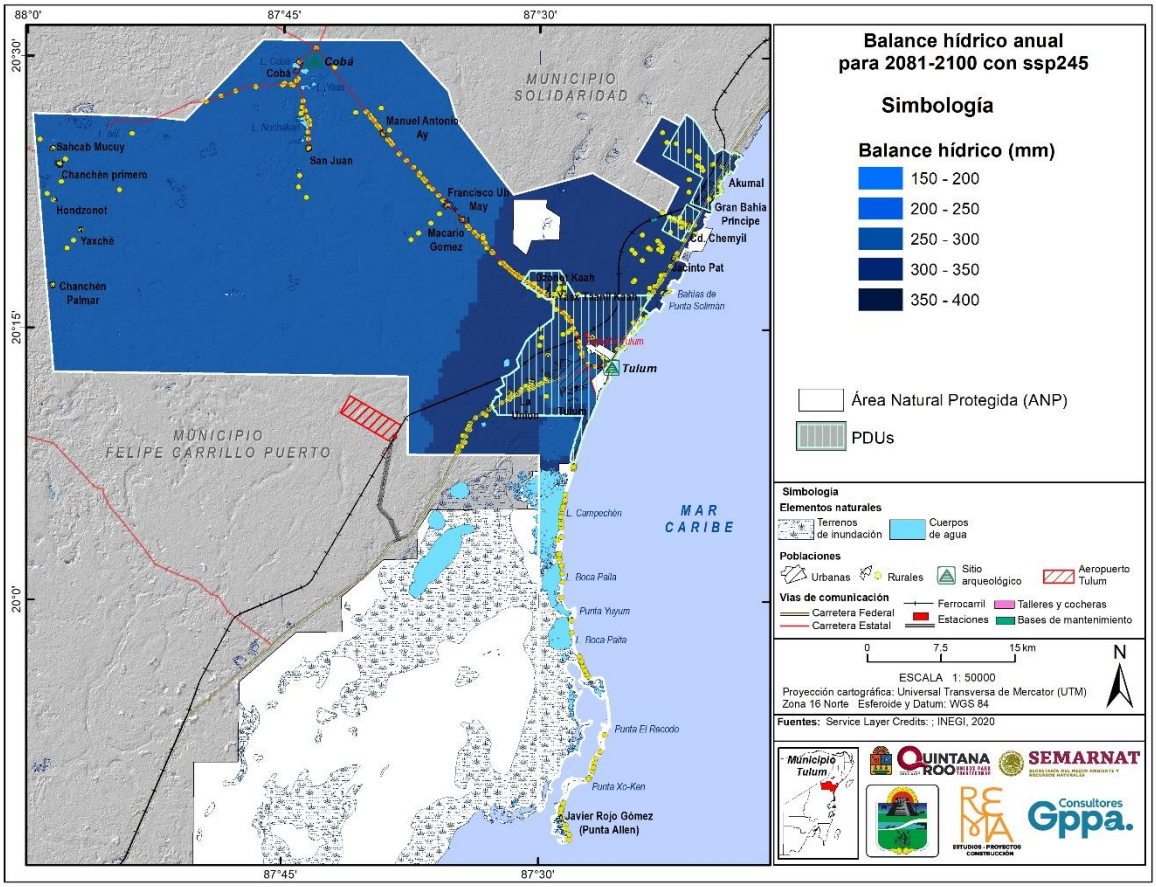


Figura 27. Balance hídrico anual para el periodo 2041-2060 con SSP3-7.0.

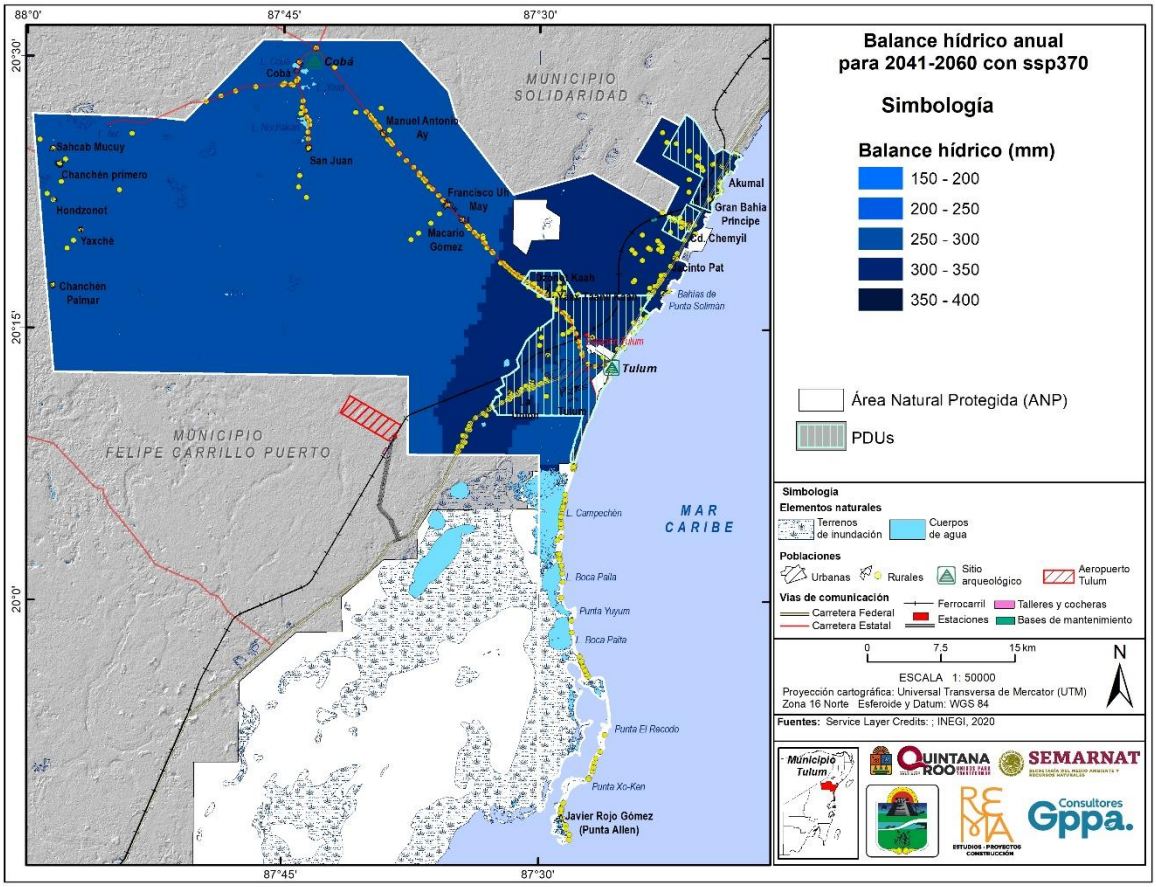


Figura 28. Balance hídrico anual para el periodo 2081-2100 con SSP3-7.0.

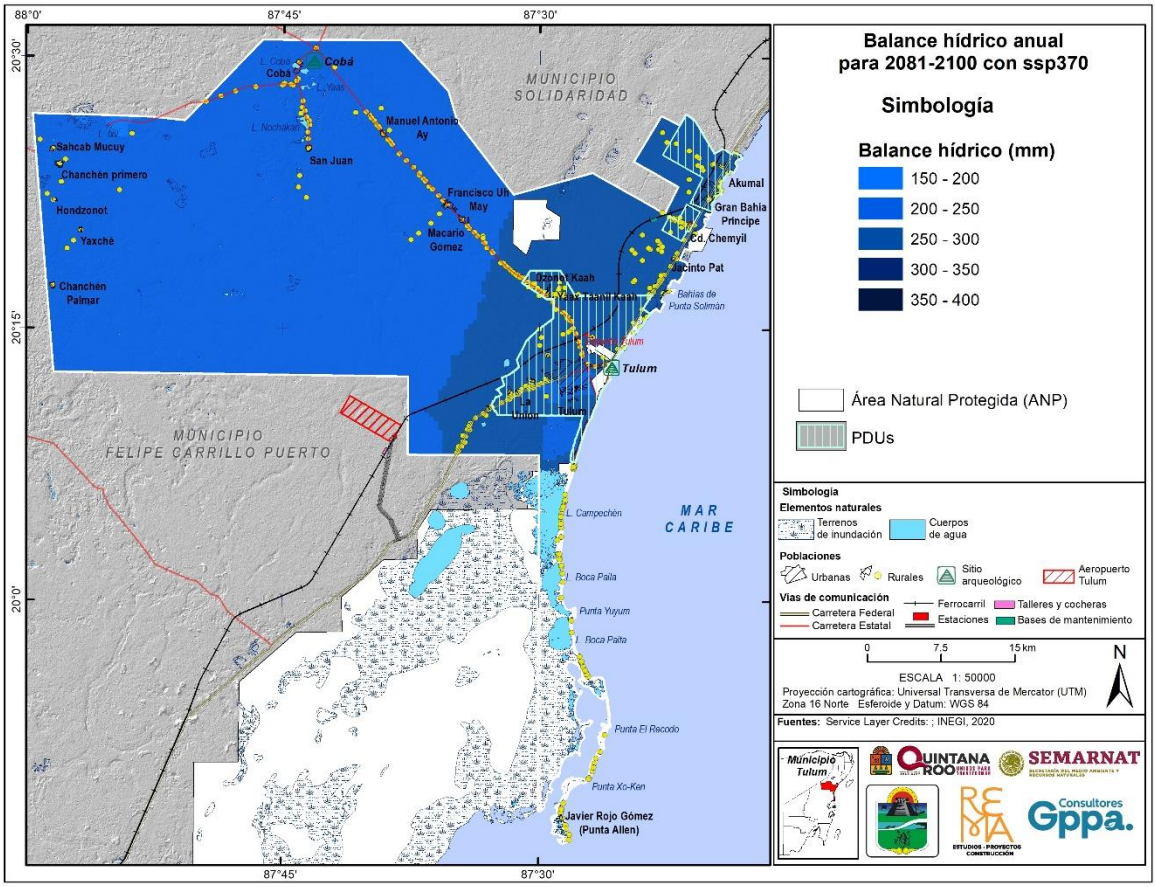


Figura 29. Balance hídrico anual para el periodo 2041-2060 con SSP5-8.5.

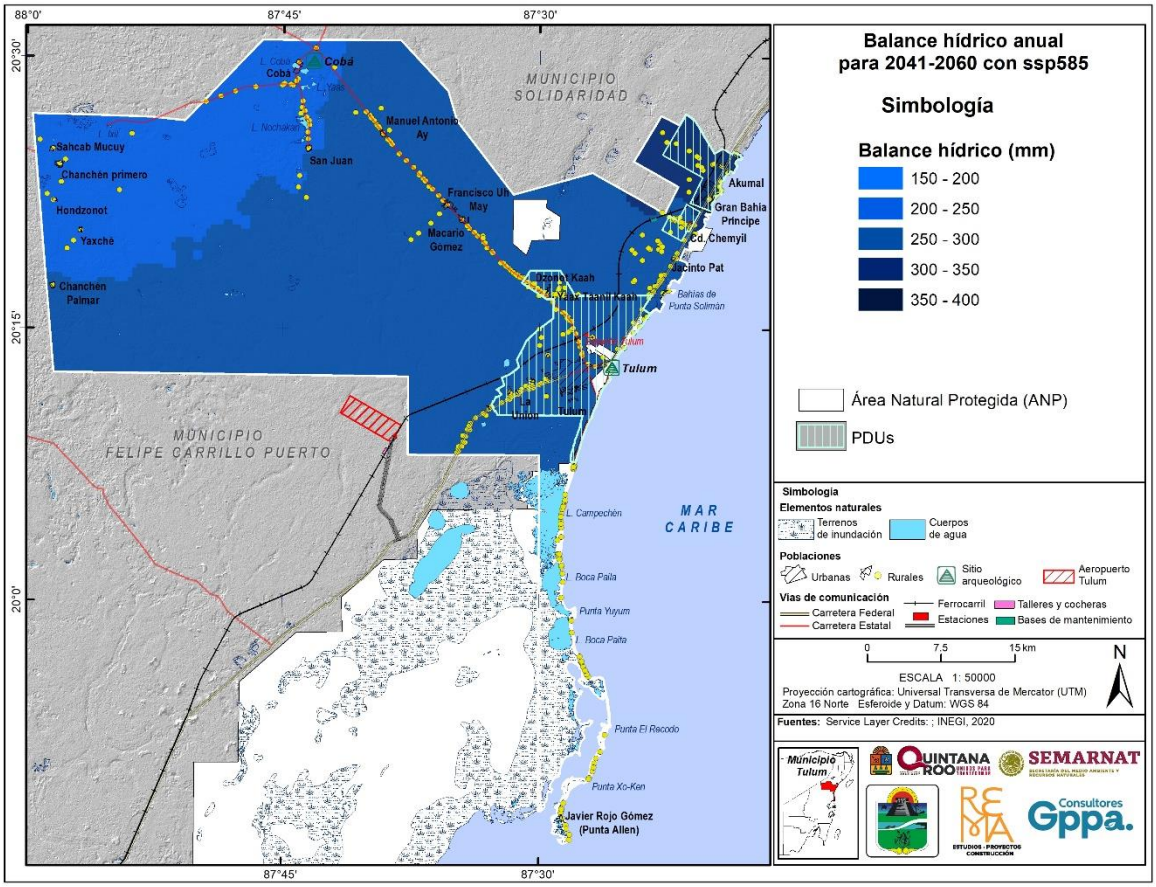
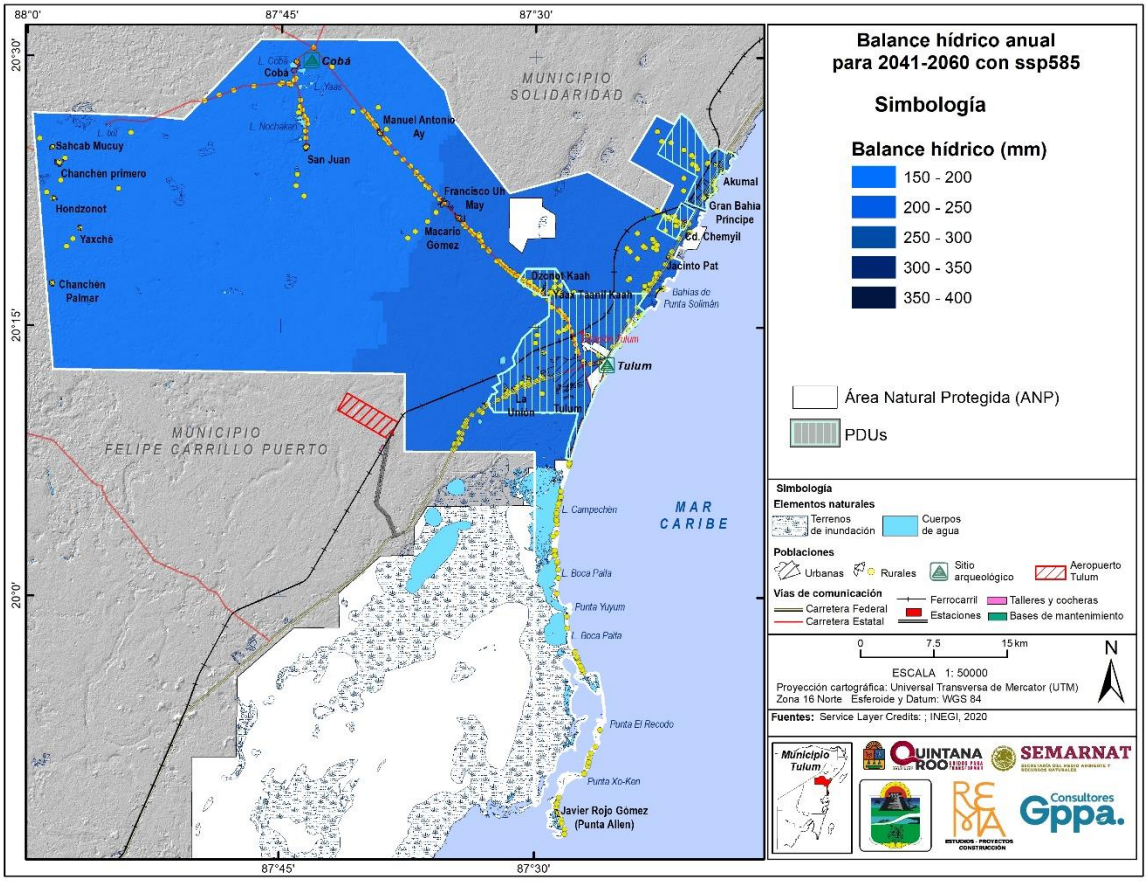


Figura 30. Balance hídrico anual para el periodo 2081-2100 con SSP5-8.5.



La Tabla 28 resume los datos anteriores relativizándolos con los valores de balance hídrico del presente. Así, en términos porcentuales, es notable que las disminuciones de primavera y verano son problemáticas ya que pueden disminuir la disponibilidad de agua de más de la mitad, en cambio, los altos valores de cambios en fin de año son positivos o ligeramente negativos.

Tabla 28. Variación porcentual de balance hídrico en el municipio con respecto a 1991-2020.

(%)	2021-2040			2051-2060			2081-2100		
Mes	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
1	0.1	-3.5	-0.2	-6.9	-6.2	-17.7	-6.5	-22.2	-34.8
2	9.5	6.6	18.7	5.7	4.9	-8.4	-3.8	-29.5	-41.8
3	12.5	13.7	8.9	-10.7	-9.8	-13.2	-19.4	-47.0	-51.2
4	-31.0	-27.9	-32.6	-33.8	-36.2	-46.6	-50.6	-55.5	-58.4
5	-33.8	-19.8	-35.9	-27.8	-30.9	-38.9	-40.3	-55.8	-60.2
6	-22.4	-6.9	-12.9	-27.5	-28.1	-34.1	-27.0	-54.8	-66.5
7	10.3	4.1	-6.4	-7.8	-19.5	-24.7	-13.9	-61.5	-70.5
8	-19.3	-20.9	-21.8	-21.8	-30.3	-36.7	-28.7	-52.5	-62.2
9	5.7	3.9	2.1	-1.2	-2.3	-8.1	-8.6	-30.2	-46.9
10	-15.6	-11.8	-12.8	-10.5	-9.6	-15.2	-2.5	-7.9	-17.3
11	-5.3	-5.8	2.1	-0.9	1.7	-3.1	3.8	16.0	7.2
12	38.2	26.7	27.0	27.6	31.5	23.6	29.3	13.4	13.5
Año	-10.3	-7.1	-9.6	-11.9	-13.3	-19.5	-12.6	-28.9	-39.7

En conclusión, es claro con todos los modelos que el cambio climático es susceptible de reducir la disponibilidad de agua en el municipio por un aumento de las temperaturas y una disminución casi generalizada de las precipitaciones, excepto en noviembre y diciembre. Estos cambios se harán con relativa uniformidad en el territorio, afectando las zonas que ahora son menos lluviosas. Un balance hídrico menor a 200 mm en promedio (Figura 30) puede resultar en la ocurrencia de años particularmente secos conllevando a problemáticos incendios forestales.

9.4.4.2.2 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS CICLONES TROPICALES

Los ciclones tropicales que arriban a tierra con un alto grado de peligro por su intensidad de vientos tienen un fuerte impacto con costos humanos y económicos, dejando a su paso una devastadora estela de destrucción al afectar áreas costeras densamente pobladas (AMIS, 2021; Hallegatte, 2008[37]). El costo humano es evidente al ocasionar pérdida de vidas, desplazamientos de la población y traumas emocionales (Schoenbaum et al., 2009)[38]. Desde el punto de vista económico, los huracanes pueden generar gastos colosales derivados de la reconstrucción de infraestructuras, interrupción de la industria y tensiones en los recursos públicos destinados a la respuesta y recuperación de emergencias (AMIS, 2021), además de impactar sobre las pequeñas empresas y las cadenas de suministro globales, exacerbando el impacto económico (Wachtendorf et al., 2013)[39]. El desafío actual radica en fortalecer las comunidades del municipio contra estas convulsiones socioeconómicas, al tiempo que se aborda el potencial aumento en la frecuencia e intensidad de los huracanes en un clima cambiante.

[37] Hallegatte, S. 2008. An Adaptive Regional Input-Output Model and its Application to the Assessment of the Economic Cost of Katrina. Risk Analysis, 28(3), 779–799. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01046.x.

[38] Schoenbaum, M., Butler, B., Kataoka, S., Norquist, G., Springgate, B., Sullivan, G., Duan, N., Kessler, R. C., & Wells, K. 2009. Promoting Mental Health Recovery After Hurricanes Katrina and Rita: What Can Be Done at What Cost. Archives of General Psychiatry, 66(8), 906. https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2009.77.

[39] Wachtendorf, T., Brown, B., & Holguin-Veras, J. 2013. Catastrophe Characteristics and their Impact on Critical Supply Chains: Problematizing Materiel Convergence and Management Following Hurricane Katrina. Journal of Homeland Security and Emergency Management, 10(2). https://doi.org/10.1515/jhsem-2012-0069

En el contexto del cambio climático y el calentamiento global en curso, la comunidad se enfrenta a la perspectiva de un aumento en la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales más extremos (Knutson et al., 2020). El aumento de las temperaturas de la superficie del mar, una característica del cambio climático sirve como una fuente de energía potente para estas tormentas, lo que podría llevar a una mayor y más intensa actividad ciclónica.

La evaluación de las condiciones futuras en función del modo de desarrollo económico global y de la cantidad de población humana en la tierra, liberando a la atmósfera gases de efecto invernadero se realiza gracias a escenarios de cambio climático correspondientes a trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP por sus siglas en inglés). Se consideran SSP1 (sostenibilidad), SSP2 (mitad del camino), SSP3 (rivalidad regional), SSP4 (desigualdad) y SSP5 (desarrollo impulsado por combustibles fósiles) (Van Vuuren et al., 2017)[40]. Cada uno de estos se relaciona con un forzamiento radiativo por la acción humana, los valores de este forzamiento a horizonte 2100 van de 1.9 a 8.5 W·m2. A partir de esto, se utilizan modelos de circulación general (MCG) los cuales simulan las condiciones ambientales con los diferentes escenarios (Rivera, 2023).

Método

Los datos históricos de ciclones tropicales fueron obtenidos de la base de datos histórica del Pacífico Oriental del proyecto de Archivo Internacional de Mejor Trayectoria (Best Track) para la Gestión Climática (IBTrACS), versión 4 (Knapp et al., 2010, 2018)[41]. El archivo contiene información sobre los ciclones tropicales registrados entre 1851 y 2023 en el área del Pacífico Oriental. Los datos relevantes para el municipio de Tulum incluyen la agencia responsable de los datos, la posición geográfica (en grados, con dos decimales), el número del sistema, el número de código, la fecha y hora reportada en tiempo universal coordinado (UTC), la velocidad máxima sostenida del viento (en nudos), la posición del ojo del huracán y la distancia a la tierra. Datos adicionales, como la presión atmosférica, no están disponibles para todos los registros.

[40] Van Vuuren, D. P., Riahi, K., Calvin, K., Dellink, R., Emmerling, J., Fujimori, S., ... & O'Neill, B. 2017. The Shared Socio-economic Pathways: Trajectories for human development and global environmental change. Global Environmental Change, 42, 148-152.

[41] Knapp, K. R., Diamond, H. J., Kossin, J. P., Kruk, M. C., & Schreck, G. J. 2018. International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4. En NOAA National Centers for Environmental Information. https://www.ncei.noaa.gov/data/international-best-track-archive-for-climate-stewardship-ibtracs/v04r00/access/.

Knapp, K. R., Kruk, M. C., Levinson, D. H., Diamond, H. J., & Neumann, C. J. 2010. The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying Tropical Cyclone Data. Bulletin of the American Meteorological Society, 91(3), Article 3. https://doi.org/10.1175/2009BAMS2755.1.

Para el municipio de Tulum, se utilizaron datos de la Organización Meteorológica Mundial, registrados en intervalos de seis horas, con velocidades del viento generalmente reportadas en múltiplos de cinco. También se utilizaron datos del Centro Nacional de Huracanes (NHC) correspondientes a puntos de intervalo de tres horas (a las 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 y 24 h UTC), incluyendo los datos provisionales para 2023. Se seleccionó el período de datos a partir de 1950 como referencia histórica dado que las mediciones confiables para los ciclones tropicales en la región comenzaron después de los 1940s con las observaciones de aviones caza huracanes (Vecchi & Knutson, 2011)[42].

Se obtuvieron conjuntos de datos de ciclones tropicales sintéticos (CTS) generados con el método desarrollado por Emanuel et al. (2006, 2008) y modificado para la generación de modelos del proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados 6 (CMIP6) (Tebaldi et al., 2021) por Emanuel (2021a, 2021b). Se obtuvieron ciclones tropicales sintéticos derivados de seis modelos de circulación general (MCG) (Tabla 29). Para cada modelo, obtuvimos dos conjuntos de datos de ciclones tropicales sintéticos, uno para el periodo histórico (1950-2014) y otro para el clima futuro (2015-2100) bajo los escenarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 (Zhu et al., 2021) para el océano Atlántico Norte.

Tabla 29. Modelos de circulación general utilizados para la generación de eventos sintéticos.

Institución	Modelo	Resolución atmosférica	Referencia
National Centre for Atmospheric Research	CESM2	1.25° × 0.93°	Danabasoglu et al. (2020)
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	GFDL-ESM 4.1	100 km × 100 km	Dunne et al. (2020)
Met Office Hadley Centre	HadGEM3-GC-GC31-LL	1.25° × 1.88°	Sellar et al. (2020)
Institut Pierre Simon Laplace	IPSL-CM6A-LR	1.25° × 2.5°	Boucher et al. (2020)
Center for Climate System Research; University of Tokyo; Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology; National Institute for Environmental Studies	MIROC6	1.4° × 1.4°	Tatebe et al. (2019)
Max Planck Institute	MPI-ESM1.2-HR	0.94° × 0.94°	Müller et al. (2018)

Utilizando las condiciones ambientales de cada modelo de circulación general, se obtuvieron las trayectorias sintéticas de ciclones tropicales con valores de posición y velocidad sostenida del viento 1 minuto expresados en m·s-1 cada 2 horas. Se generaron 3055 eventos sintéticos para cada uno de los MCG para condiciones de clima presente como 4042 para el futuro.

[42] Vecchi, G. A., & Knutson, T. R. 2011. Estimating Annual Numbers of Atlantic Hurricanes Missing from the HURDAT Database (1878–1965) Using Ship Track Density. Journal of Climate, 24(6), 1736-1746. https://doi.org/10.1175/2010JCLI3810.1.

El uso de MCG permite la generación de ciclones tropicales para diferentes periodos de tiempo permitiendo ver las consecuencias probables de las condiciones atmosféricas y oceánicas del futuro. No obstante, por su naturaleza, cada MCG representa las condiciones climáticas bajo condiciones de clima actual y futuro, pero puede contener sesgos espaciales y, por lo tanto, la climatología de ciclones tropicales resultante de cada base de datos puede contener errores que reflejan dichos sesgos (Romero et al., 2024)[43]. Para contrarrestar los sesgos entre modelos y tener una mejor aproximación de la climatología de los ciclones tropicales del futuro, se realizó un ensamble de los seis MCG, método que permite mejorar el ajuste a los valores medidos (Camargo, 2013)[44] y, se implementó una calibración de las condiciones del clima futuro.

A partir del número real (16) de ciclones tropicales cuya trayectoria pasó en la zona de interés (87°08'38" W a 88°10'31" W y 19°42'51.5" N a 20°42'44.3" N) durante el periodo 1950-2014, calibramos las frecuencias de las bases de datos de CTS para el pasado, los datos calibrados del pasado permitieron corregir los datos de frecuencia de los CTS del futuro. A partir de los números de ocurrencias, calculamos el número promedio anual y calculamos la probabilidad anual según la formula recomendada (Elsner & Bossak, 2004)[45].

$$P = 1 - e^{-nm}$$

donde *nm* es el número promedio de observaciones al año.

Resultados

La frecuencia de los ciclones tropicales en la zona es elevada, los 16 eventos en el periodo 1950-2014 dan una probabilidad de 0.21, ósea ocurre en promedio por lo menos 1 ciclón tropical en un periodo de 5 años.

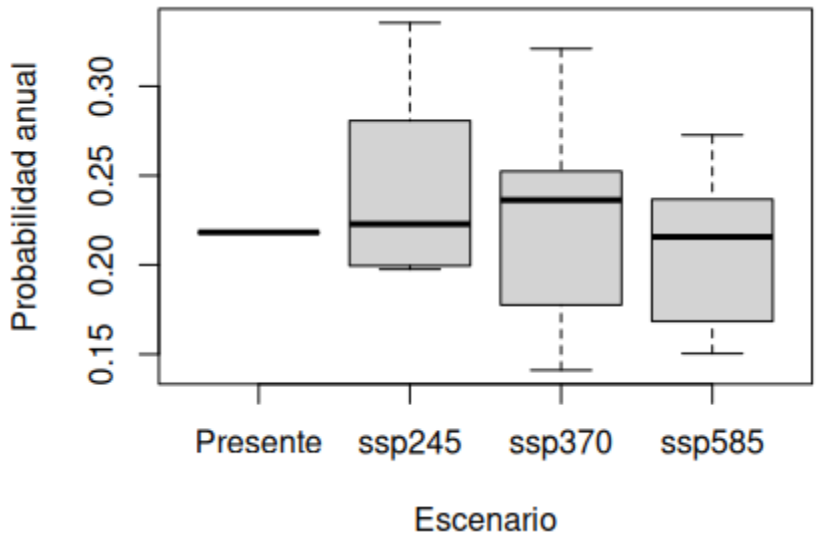
[43] Romero, D., Appendini, C. M., & Ruiz-Salcines, P. 2024. Evaluación de ciclones tropicales sintéticos derivados de los modelos globales de circulación para México, en Mendoza M. & Frausto O. (coord.) Resiliencia y acciones por el clima ante desastres. Diez años de la REDESCLIM. CIGA UNAM.

[44] Camargo, S. J. 2013. Global and regional aspects of tropical cyclone activity in the CMIP5 models. Journal of Climate, 26(24), 9880-9902. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00549.1.

[45] Elsner, J. B., & Bossak, B. H. 2004. Hurricane landfall probability and climate. En R. Murnane & K. Liu (Eds.), Hurricanes and Typhoons: Past, Present, and Future (pp. 333-353). Columbia University Press New York, NY.

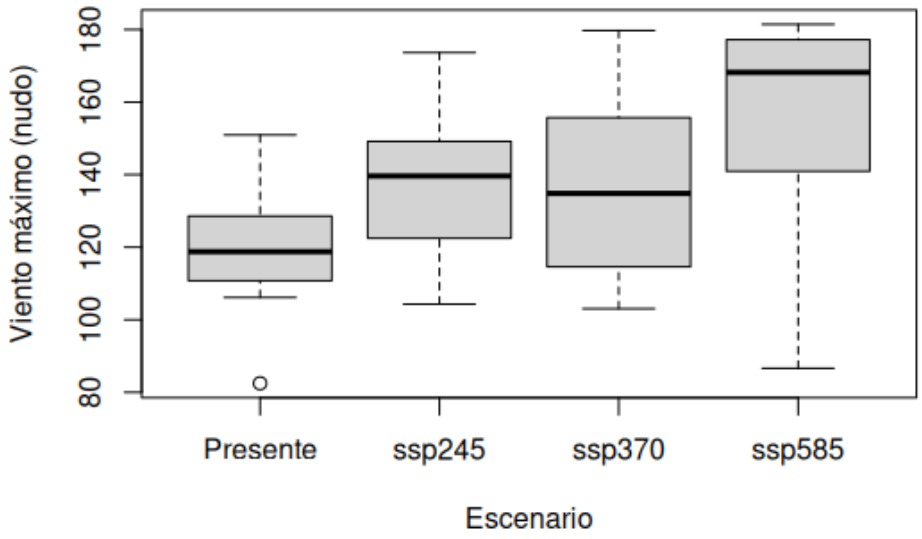
La Gráfica 12 permite ver una relativa estabilidad de las frecuencias de ciclones tropicales en el futuro en la zona. La barra negra que indica la mediana de los modelos es ligeramente más elevada para el futuro con forzamientos radiativos de 4.5 y 6 y es ligeramente menor para 8.5. No obstante, es posible ver una gran variabilidad, algún modelo da un fuerte incremento, alrededor (> +0.1) para SSP2-4.5 y en menor medida para SSP3-7.0, por otro lado, diminuciones de las frecuencias se dan para varios modelos con SSP3-7.0 y SSP5-8.5 con -0.1. Se puede concluir que es poco probable un fuerte aumento en la frecuencia de los ciclones tropicales en la zona de estudio.

Gráfica 12. Probabilidades anuales de ocurrencia de ciclón tropical en la zona de estudio para el presente (1950-2014) y el futuro (2015-2100) para 3 SSPs.



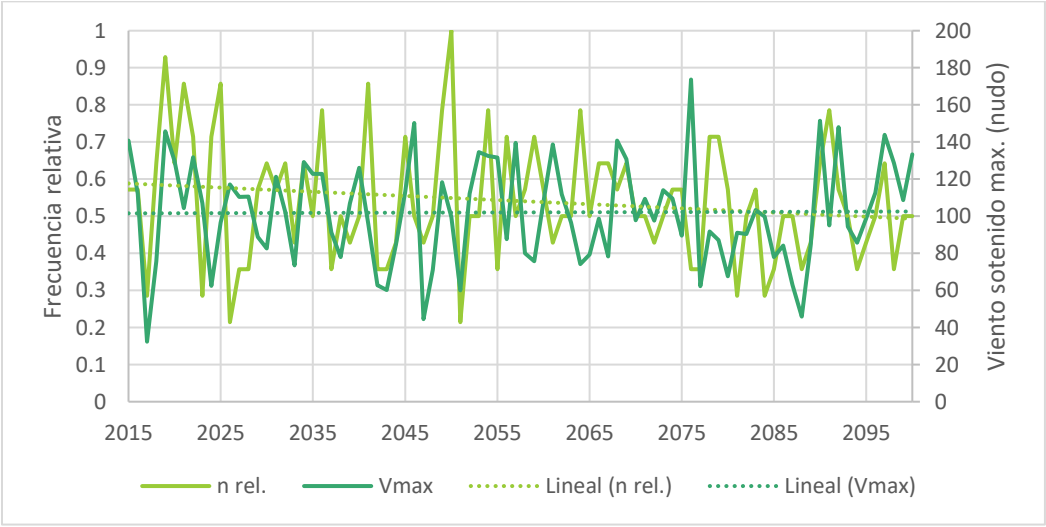
En la Gráfica 13 se nota un aumento de las velocidades máximas de los ciclones tropicales en función del forzamiento radiativo. El valor máximo real fue de 117 nudos con el Huracán Emily en 2005, cercano a la mediana de 119 que aparece en la gráfica –cabe también notar que el valor máximo registrado, aunque poco confiable fue 122 nudos en 1933. Para el futuro, todos los escenarios dan valores más altos para casi todos los modelos, así la mediana pasa a 141 nudos para SSP2-4.5 y más de 170 nudos para SSP5-8.5. Los 117 nudos corresponden a huracán de categoría 4 de la escala de Saffir Simpson, estando cerca del límite con categoría 3 mientras todas las medianas de los escenarios dan velocidades de categoría 5.

Gráfica 13. Velocidades de viento sostenido máximas en la zona de estudio para el presente (1950-2014) y el futuro (2015-2100) para 3 SSPs.

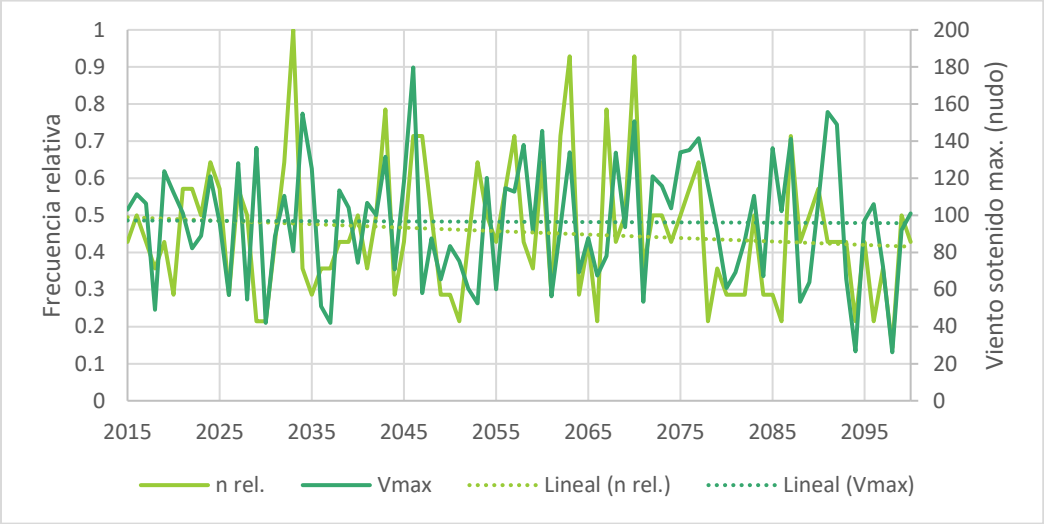


Las series temporales de frecuencia relativa para el futuro muestran todas tendencias negativas con valores máximos de frecuencia antes de 2045 (Gráfica 14 a Gráfica 16), de hecho, SSP2-4.5 y SSP5-8.5 tienen también valores particularmente altos cerca de 2020, contundente con la actividad ciclónica en la zona durante aquel año. También es notable que el número de ciclones disminuye de manera más pronunciada con forzamientos radiativos más altos. Al contrario, las tendencias de las velocidades de viento sostenido máximo son bastante estables por lo que es más difícil encontrar periodos de mayor peligro con respecto a esta variable. Cabe resaltar que valores de al menos 150 nudos se encuentran en 2046, 2034 y 2030 con respectivamente SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5.

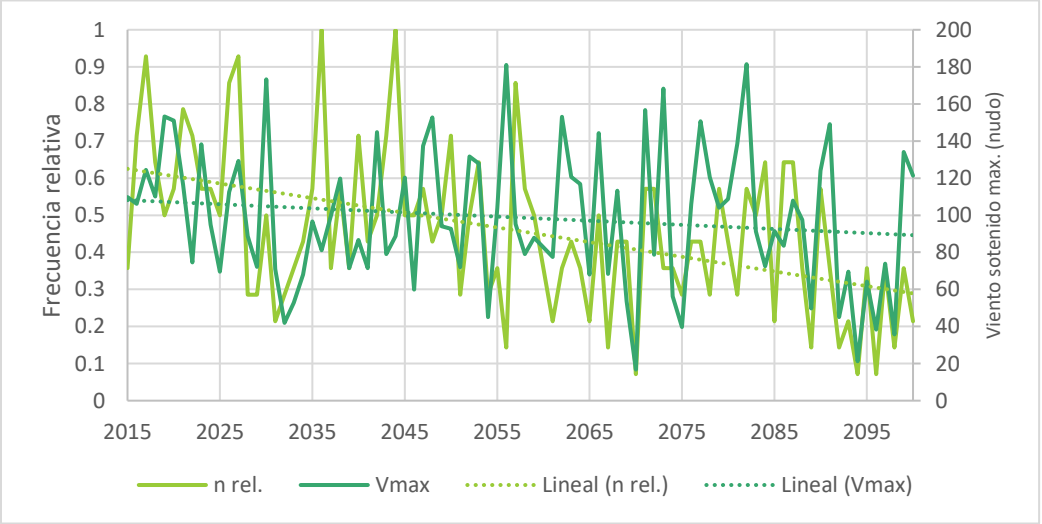
Gráfica 14. Series temporales de frecuencia relativa y velocidad de viento máxima de 2015 a 2100 con ensamble de modelos y SSP2-4.5.



Gráfica 15. Series temporales de frecuencia relativa y velocidad de viento máxima de 2015 a 2100 con ensamble de modelos y SSP3-7.0.



Gráfica 16. Series temporales de frecuencia relativa y velocidad de viento máxima de 2015 a 2100 con ensamble de modelos y SSP5-8.5.



En conclusión, el estudio de los ciclones tropicales y su impacto futuro bajo diferentes escenarios climáticos revela un panorama preocupante para las comunidades costeras. La evidencia sugiere que, con el aumento proyectado en las temperaturas de la superficie del mar debido al cambio climático, los ciclones tropicales podrían intensificarse en frecuencia, y particularmente en intensidad.

Esto representa un desafío significativo para la resiliencia de las poblaciones locales y la sostenibilidad económica, ya que estos eventos extremos no solo amenazan vidas y propiedades, sino que también implican costos considerables en términos de reconstrucción y recuperación.

El análisis de los ciclones tropicales bajo diferentes escenarios climáticos subraya particularmente la amenaza creciente de intensidades más extremas debido al cambio climático. Esta evolución plantea un riesgo significativo para las zonas costeras del municipio, especialmente para el sector turístico, vital para la economía local.

En función del escenario de cambio climático, es posible ver que la amenaza extrema puede ocurrir durante la próxima década. La vulnerabilidad de infraestructuras turísticas y la seguridad de los visitantes se ven comprometidas por la posible intensificación de estos fenómenos meteorológicos. Es esencial implementar estrategias robustas de preparación y adaptación para proteger esta industria crucial, asegurando la sostenibilidad económica y la seguridad de las comunidades locales que dependen del turismo.

9.5 ESCENARIO CONTEXTUAL Y ESCENARIO ESTRATÉGICO

El escenario contextual se enfoca en analizar los posibles cambios en el sistema derivados de la aplicación de programas, proyectos y acciones gubernamentales, a nivel nacional, estatal y municipal con incidencia en el área de ordenamiento. Este análisis considera cómo estas intervenciones pueden influir en la transformación del territorio, ya sea catalizando o inhibiendo el desarrollo de sectores específicos.

El escenario estratégico, por otro lado, identifica el tipo de intervenciones requeridas para prevenir los conflictos ambientales y el deterioro de los bienes y servicios ambientales. Este escenario sirve de fundamento para generar el patrón de ocupación del territorio y las regulaciones en la propuesta de modelo.

METODOLOGÍA

A partir del modelo conceptual del sistema socioambiental, fueron formulados los escenarios contextual y estratégico para el Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Tulum. En el escenario contextual, la prospectiva contempló el efecto que tendría sobre el territorio la implementación de los instrumentos de planificación gubernamental identificados y analizados en el apartado 8.7 Compatibilidad e Incompatibilidad de los Objetivos de Planes, Programas, Proyectos…, desarrollado para la etapa de Diagnóstico. En el escenario estratégico, la prospectiva consideró la imagen objetivo del Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Tulum, dado que representa las expectativas sociales vinculadas al desarrollo municipal que considera la prevención de los procesos de deterioro de ambiental a través del cumplimiento de ejes, objetivos y metas como medidas de corrección.

En la modelación del sistema, se utilizó un análisis de impacto cruzado, a través del método KSIM o simulación K, por Kane (1972)[46], para un periodo de 25 años. El algoritmo de la KSIM se fundamenta en una serie de ecuaciones que explican cinco postulados. El primero expresa que el valor de una variable en un tiempo dado (t+1) depende de su valor en el instante anterior, t, y del grado de cambio que experimente en ese lapso. El segundo establece que todas las variables del sistema deben estar normalizadas en el intervalo [0,1], de forma tal que:

$$0 \leq xit \leq 1, \text{ para toda } i = 1,2,\ldots,n \text{ y } t \geq 0$$

donde i es el índice de variables, n es el número total de variables y t es el tiempo de simulación.

Los postulados tres, cuatro y cinco se expresan mediante la siguiente ecuación por diferencia:

$$x_{it+1} = x_{it}^{\Phi_{it}}$$

El exponente Φ_{it} representa el cambio de una variable x_i del tiempo t al tiempo t+1. A su vez, este exponente se define por la siguiente ecuación:

$$\Phi_{it} = \frac{\frac{1+\Delta t}{2} \sum_{j=1}^{N} \left[\left| \alpha_{ij} + \beta_{ij} \frac{dx_j}{dt} \right| - \left(\alpha_{ij} + \beta_{ij} \frac{dx_j}{dt} \right) \right] x_j}{\frac{1+\Delta t}{2} \sum_{j=1}^{N} \left[\left| \alpha_{ij} + \beta_{ij} \frac{dx_j}{dt} \right| + \left(\alpha_{ij} + \beta_{ij} \frac{dx_j}{dt} \right) \right] x_j}$$

9.5.1 RESULTADOS

9.5.1.1 ESCENARIO CONTEXTUAL

Como fue señalado en apartados anteriores este escenario incorpora la influencia de los programas de gobierno sobre las variables que integran el sistema socioambiental del municipio de Tulum, ofreciendo una perspectiva de las posibles trayectorias futuras del sistema.

[46] Merino-Benítez, T. y L. A. Bojórquez-Tapia. 2021. Manual: Modelación y simulación dinámica de sistemas socioambientales. México: UNAM.

El modelo para el escenario contextual, muestra una dinámica socioambiental que refleja los efectos de las intervenciones gubernamentales y de políticas públicas previstas para el territorio. Este escenario, basado en la Gráfica 18, permite vislumbrar cambios moderados en diversas variables clave, lo que sugiere que los programas y acciones de los tres órdenes de gobierno tienen una influencia importante, aunque no siempre suficiente para modificar las tendencias de largo plazo observadas en el escenario tendencial (Gráfica 17).

En términos de desarrollo urbano, los asentamientos humanos muestran un crecimiento más regulado gracias a la implementación de políticas de planeación territorial y urbana. Un ejemplo claro de la puesta en marcha de estas políticas, es el trabajo que el municipio de Tulum ha venido realizando para consolidar la ordenación del territorio, particularmente en su ámbito urbano. Esto se evidencia en la reciente publicación, el 20 de septiembre de 2024, en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tulum. Además, destaca la labor en curso para concretar el Programa de Desarrollo Urbano del corredor Tulum-Cobá, un proyecto que refleja el compromiso de las autoridades municipales por garantizar la congruencia y armonización entre los diferentes instrumentos de planeación para el territorio. Este enfoque busca no solo regular el crecimiento urbano, sino también promover un desarrollo más equilibrado y sostenible en la región.

De manera similar, el sector de turismo evidencia un ritmo de desarrollo más mesurado, donde las intervenciones buscan equilibrar el crecimiento económico con la sostenibilidad ambiental, destacando un interés creciente en promover formas de turismo de menor impacto.

La economía mantiene una trayectoria moderada, lo que sugiere que las políticas de desarrollo comienzan a adoptar una perspectiva más integral, considerando tanto los beneficios económicos como los impactos ambientales.

En cuanto a los recursos naturales, el modelo evidencia mejoras en algunas variables ambientales. La disponibilidad de agua, aunque sigue siendo un desafío, presenta una ligera tendencia hacia la recuperación, atribuida posiblemente a políticas de conservación. De manera similar, el suelo y la vegetación muestran signos de estabilización e incluso recuperación en algunas áreas, reflejo de esfuerzos enfocados en prácticas de uso sostenible de la tierra y conservación. Sin embargo, estas tendencias no son lo suficientemente pronunciadas para modificar completamente las trayectorias críticas observadas en el escenario tendencial.

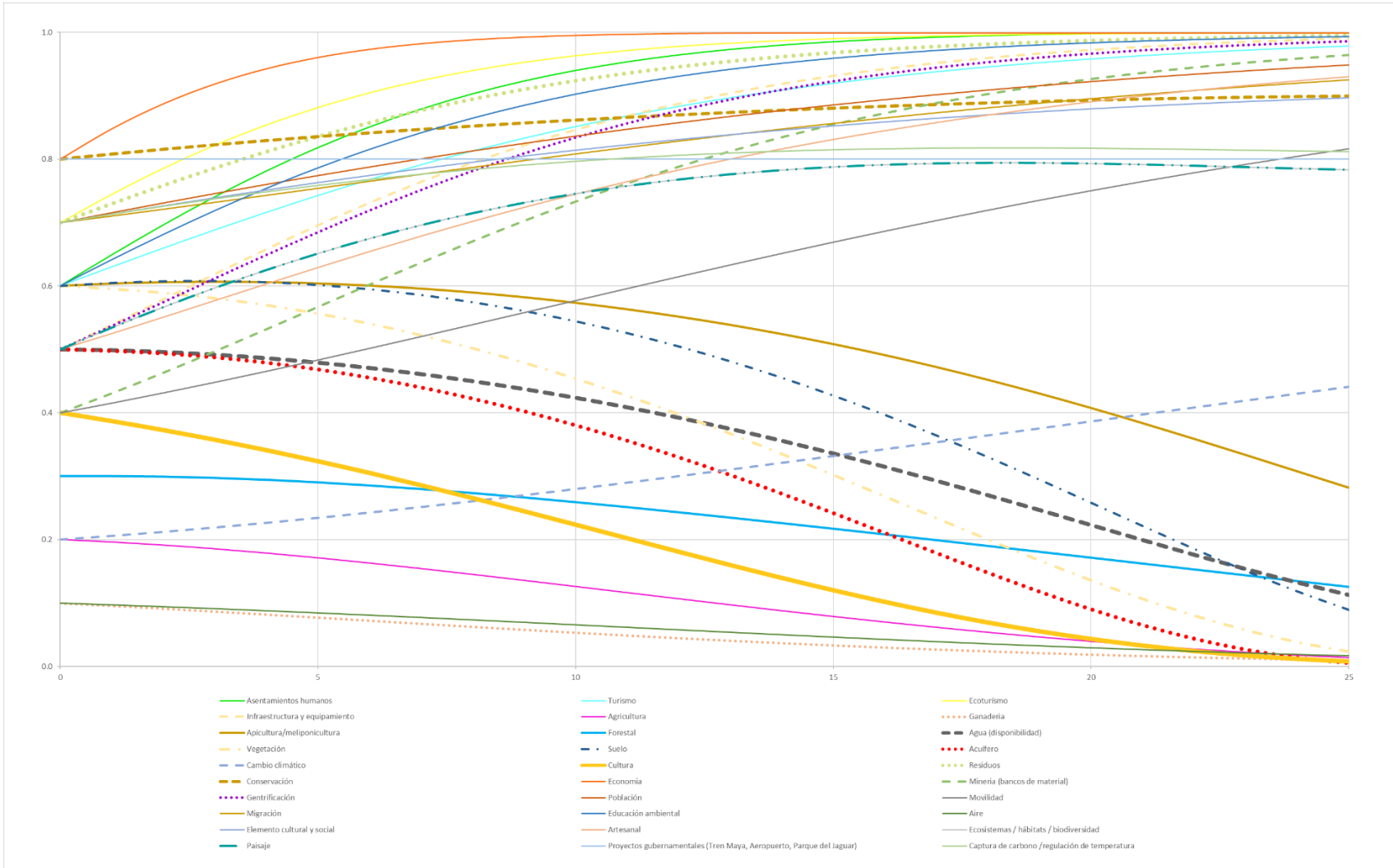
El cambio climático persiste como un desafío significativo, con una trayectoria ascendente que pone de manifiesto la insuficiencia de las acciones actuales para mitigar sus impactos. Este elemento sigue siendo un factor determinante en la vulnerabilidad del municipio.

En el sector agrícola, ganadero, forestal y apícola, se observa un crecimiento moderado, lo que refleja un mayor interés y apoyo gubernamental hacia estos sectores. Este comportamiento sugiere que las políticas y programas proyectados están logrando incentivar un desarrollo más controlado y sostenible, aunque el impacto acumulativo de estas actividades sobre los recursos naturales aún representa un riesgo importante.

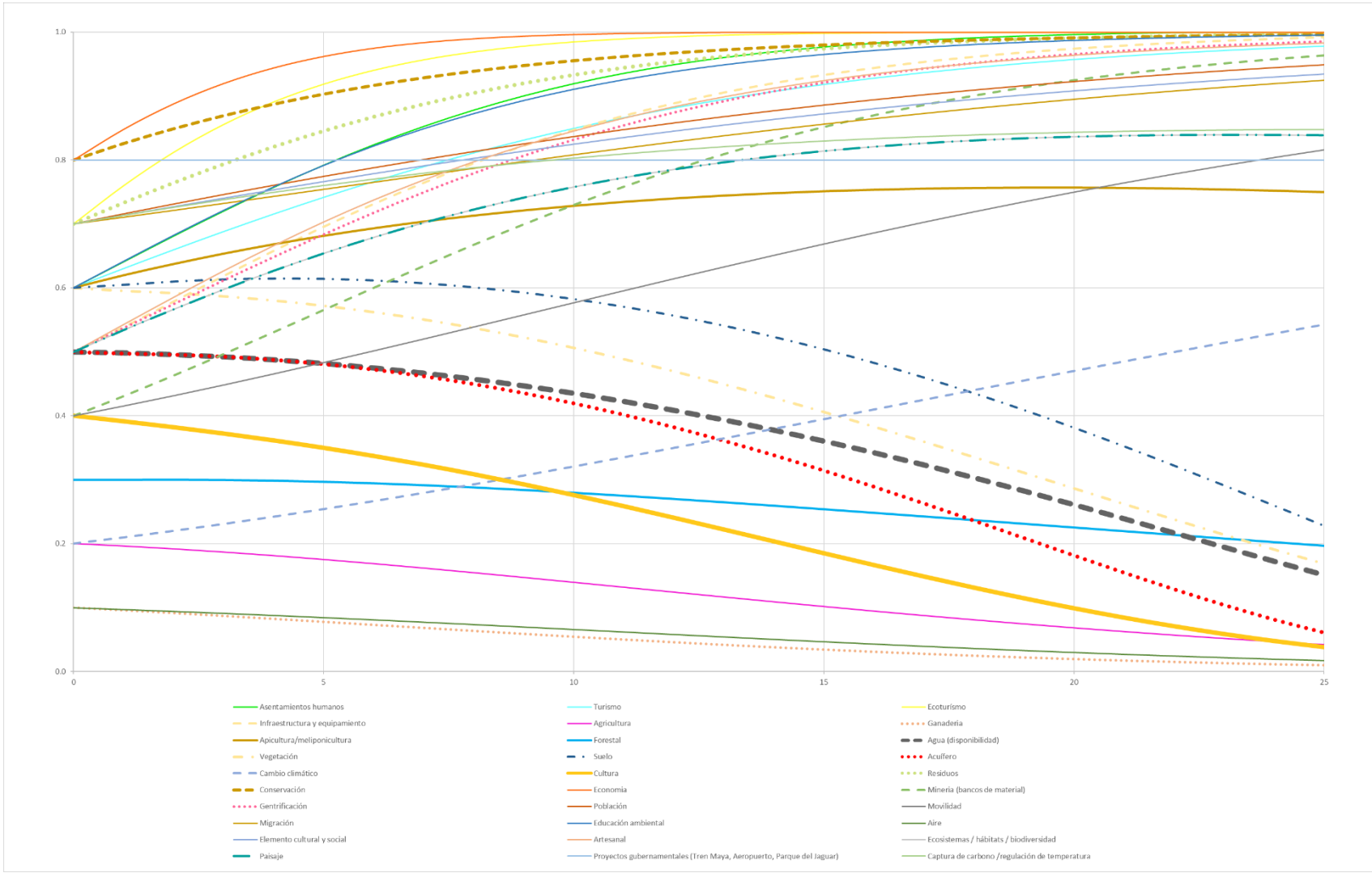
El sector conservación muestra un comportamiento positivo con una tendencia al alza más marcada en este escenario. Este avance se relaciona con el fortalecimiento de políticas y programas enfocados en la preservación de ecosistemas y la gestión sostenible del patrimonio natural. Sin embargo, cabe señalar que algunas acciones gubernamentales dirigidas al desarrollo económico y social, como los proyectos de gran envergadura (Tren Maya, Parque del Jaguar), tienen efectos contradictorios al generar impactos ambientales que pueden contrarrestar los avances logrados en conservación.

En conclusión, el escenario contextual revela que las políticas gubernamentales pueden desempeñar un papel fundamental en la configuración de las dinámicas socioambientales y, en el contexto de este escenario, nos permite identificar las áreas en donde se encuentran influyendo, así como las áreas de oportunidad en donde los desafíos persisten.

Gráfica 17. Escenario tendencial.



Gráfica 18. Escenario contextual.



9.5.1.2 ESCENARIO ESTRATÉGICO

Este escenario, tal y como fue indicado anteriormente, incorpora la influencia o efecto en el sistema socioambiental, de los ejes, objetivos y metas delineados por la participación ciudadana. A través del análisis de las tendencias de las variables, se puede observar el potencial impacto de las estrategias planteadas por la ciudadanía.

Como se puede apreciar en la Gráfica 20, este escenario exhibe una transformación significativa en la dinámica del sistema socioambiental, considerando la tendencial del sistema presentada en el apartado 9.4 y lo observado en la Gráfica 19. La participación ciudadana, traducida en ejes estratégico concretos, parece ejercer una influencia positiva en la mitigación de tendencias negativas y en la promoción de un desarrollo más equilibrado y respetuoso con el medio ambiente.

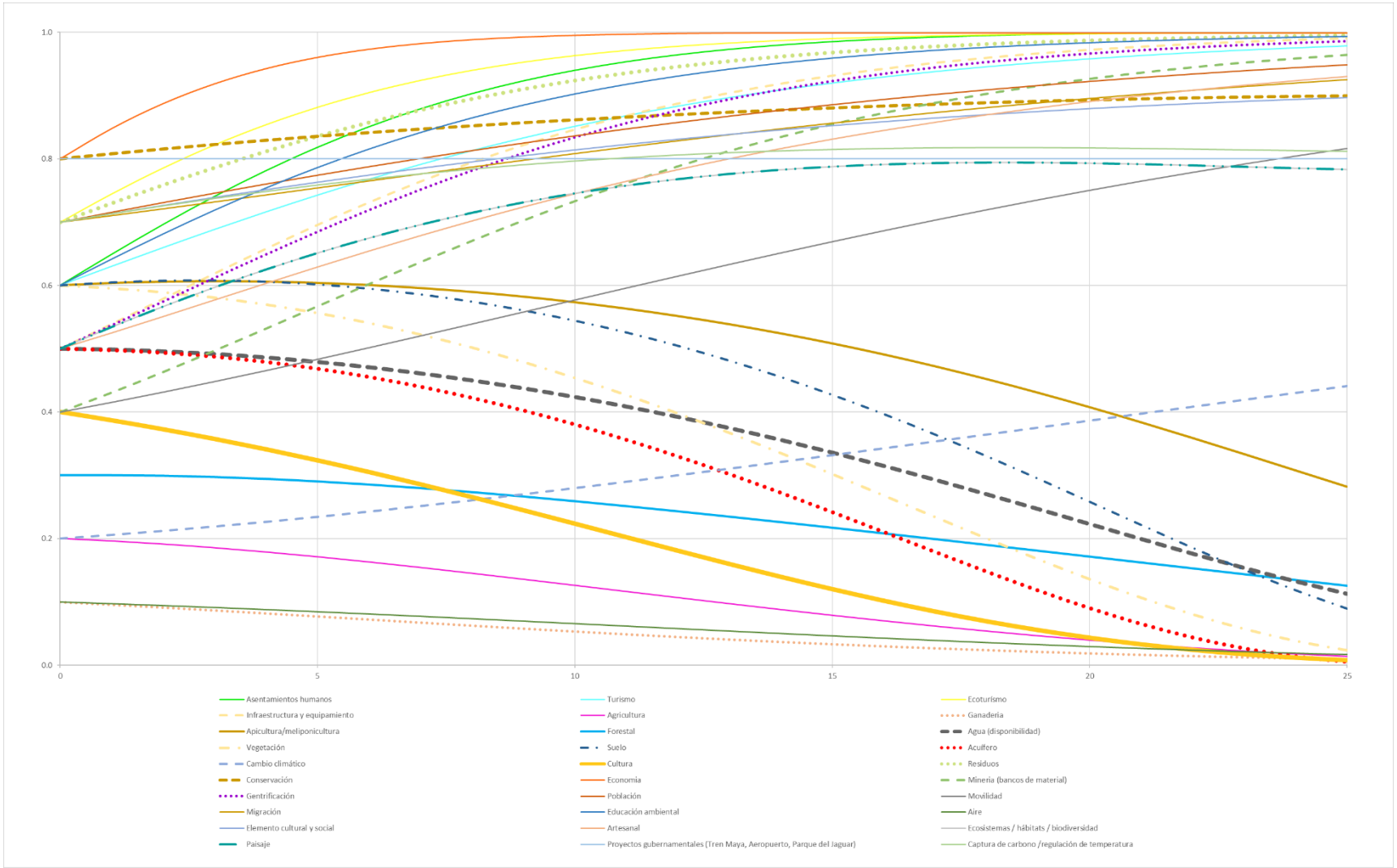
En este caso observamos una moderación en el crecimiento de variables como asentamientos humanos y turismo, lo que sugiere que las estratégicas enfocadas en la planificación urbana sostenible y el turismo responsable, promueven un desarrollo más armónico de estos sectores con el entorno. Esto podría traducirse en una menor presión sobre los recursos naturales y los ecosistemas, así como en una mejora en la calidad de vida de los habitantes del municipio.

El ecoturismo, la apicultura/meliponicultura, sectores económicos de bajo impacto ambiental, experimentan una tendencia ascendente, lo que indica un creciente interés por parte de la ciudadanía hacía estas prácticas. Estos sectores económicos además de generar ingresos económicos, pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad, la generación de ingresos y el fortalecimiento de las comunidades locales.

En cuanto a las variables ambientales, se pueden observar algunos puntos de inflexión, donde las tendencias de algunas variables cambian de dirección. Por ejemplo, en la estabilización y recuperación de la vegetación, suelo y agua. Asimismo, la educación ambiental y conservación muestran un crecimiento notable, lo que parece reflejar un mayor compromiso de la ciudadanía con la sostenibilidad y la adopción de prácticas más amigables con el entorno natural.

En conclusión, el escenario estratégico evidencia el impacto significativo de la participación ciudadana en la construcción de un futuro sostenible. Las estrategias definidas orientadas a la gestión integral de los recursos naturales y residuos y la promoción de un desarrollo equilibrado, parecen generar resultados positivos en la dinámica socioambiental.

Gráfica 19. Escenario tendencial.



Gráfica 20. Escenario estratégico.

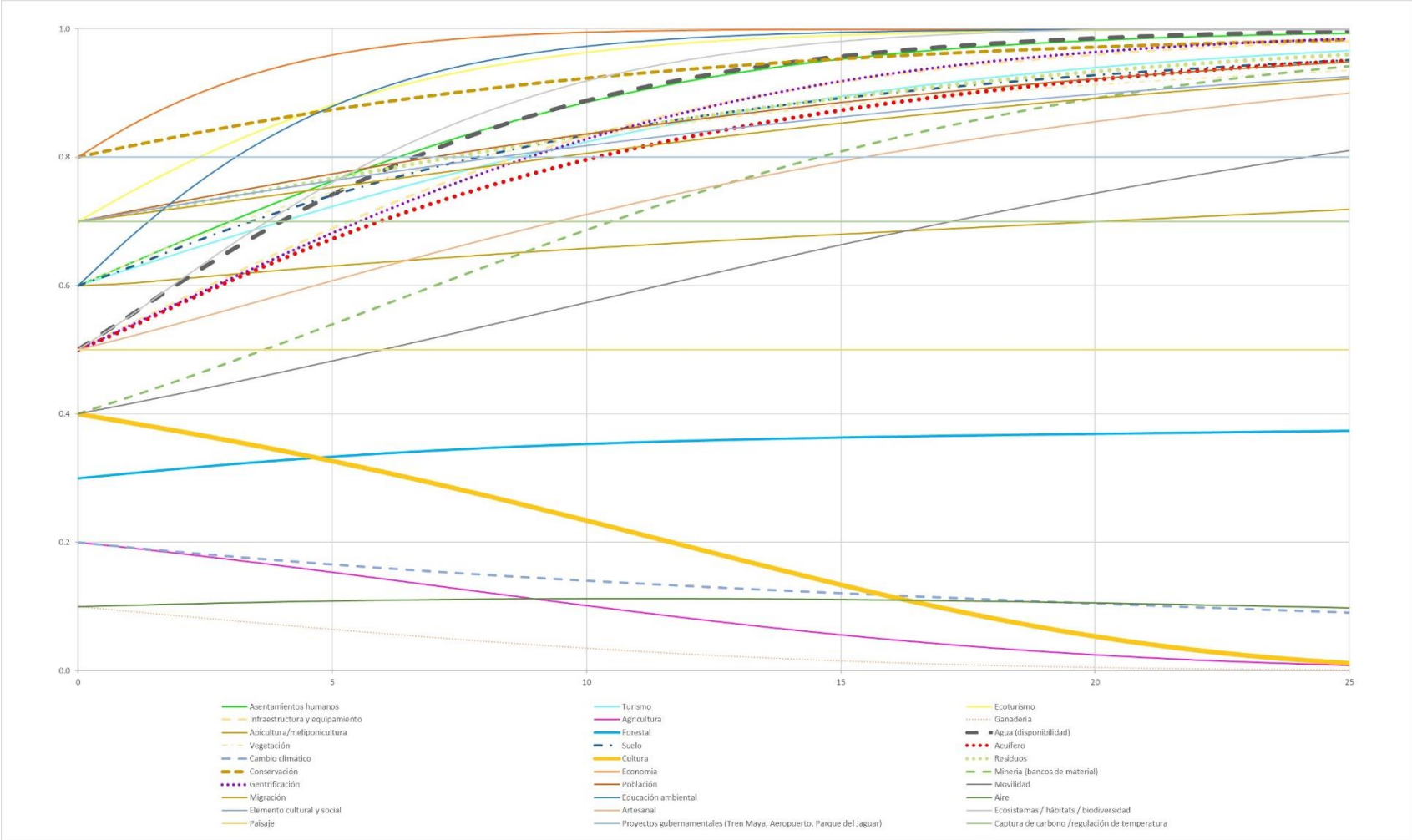


Tabla de contenido

1. Mapeo Social para Problemas Ambientales....2
   1.1. Revisión de la Agenda Ambiental....8
   1.2. Identificación de problemas ambientales prioritarios....9
   1.3. Análisis de datos secundarios....13

2. Mapeo Social para Intervenciones de Actores-Sectores....21
   2.1. Identificación de actores-sectores clave....21
   2.2. Análisis de sus intervenciones....25
   2.3. Elaboración de mapas de actores....58

3. Diagnóstico De Vulnerabilidad....64
   3.1. Análisis De La Relación Sociedad-Medio Ambiente.... 64
   3.2. Identificación de unidades socioambientales....169
   3.3. Evaluación de la vulnerabilidad....212
   3.4. Elaboración de mapas de vulnerabilidad....223

4. Aptitud Sectorial y Conflictos Ambientales....229
   4.1. Identificación de conflictos ambientales....229
   4.2. Elaboración de mapas de aptitud y conflictos....242

5. Actualización de la Etapa de Diagnóstico....281
   5.1. Integración de resultados....281
   5.2. Actualización del diagnóstico....321

1 Mapeo Social para Problemas Ambientales

El ordenamiento ecológico (OE) es un instrumento de política ambiental para regular e inducir el uso del suelo y promover un desarrollo sustentable, y busca maximizar el consenso entre los sectores y minimizar los conflictos ambientales por el uso del territorio. El ordenamiento ecológico debe considerarse como un proceso de planeación continuo, participativo, transparente y metodológicamente riguroso y sistemático.

En la planeación del uso del suelo se debe buscar un balance entre las acti idades con expresión territorial y la protección de los recursos naturales. De esta manera, el ordenamiento ubica las actividades productivas en las zonas con mayor aptitud para su desarrollo y donde se generen menores impactos ambientales.

Con frecuencia, el patrón de distribución de los sectores social, productivo y de conservación no conduce a una distribución geográfica óptima de los usos del suelo, lo que provoca conflictos entre los sectores y problemas ambientales.

Contar con un instrumento de planeación territorial es de primordial importancia para identificar, prevenir y revertir los procesos de deterioro ambiental, como la escasez y contaminación del agua, la afectación y pérdida de especies de flora y fauna, la degradación del suelo y la pérdida de la cobertura vegetal, entre otros, además de disminuir la vulnerabilidad de las poblaciones humanas ante eventuales desastres naturales.

El sustento jurídico del OE se plasma en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley de Planeación y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su reglamento en materia de ordenamiento ecológico, así como en diversas leyes federales y locales. Tanto en la Constitución Política, como en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, se establece un sistema de concurrencia entre los tres órdenes de gobierno, que sustenta la participación coordinada de las autoridades del ámbito federal, estatal y municipal de acuerdo con sus competencias.

Así mismo, hay leyes con injerencia en el proceso de OE, como la Ley General de Bienes Nacionales, que estipula los bienes de uso común y las atribuciones de cada ámbito de gobierno; y la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, la cual afirma que la información de carácter público debe ponerse a disposición de la sociedad.

En la LGEEPA se establecen la definición, modalidades y contenido de los programas de ordenamiento ecológico, así como las autoridades responsables de su formulación y expedición.

De manera particular, el Reglamento de la LGEEPA en materia de ordenamiento ecológico menciona las bases de actuación del gobierno federal en los ordenamientos y su competencia. Por su parte, en las leyes ambientales locales se indican los términos con base en los cuales los estados y municipios deberán formular y expedir los programas de ordenamientos ecológicos regionales y locales.

En la LGEEPA se señalan las diferentes modalidades de ordenamiento ecológi o, entre las cuales se encuentra el ordenamiento ecológico local (OEL). Los OEL son procesos de aplicación local, expedidos por las autoridades municipales y lideradas por los propios ayuntamientos, usualmente a través de la autoridad ambiental.

El ordenamiento ecológico no es el único instrumento del que disponen los municipios para planear y regular las actividades productivas y el uso del suelo. Los planes de desarrollo urbano (PDU), que regulan el uso del suelo dentro de los centros de población, son un ejemplo.

En este sentido, es indispensable que ambos instrumentos sean compatibles y estén dirigidos al fomento del desarrollo sustentable municipal.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y de Protección Ambiente (LGEEPA) establece en su artículo 20 bis 4 que "*Los programas de ordenamiento ecológico local serán expedidos por las autoridades municipales, y en su caso del Distrito Federal, de conformidad con las leyes locales en materia ambiental, y tendrán por objeto:*

I.- Determinar las distintas áreas ecológicas que se localicen en la zona o región de que se trate, describiendo sus atributos físicos, bióticos y socioeconómicos, así como el diagnóstico de sus condiciones ambientales, y de las tecnologías utilizadas por los habitantes del área de que se trate;

II.- Regular, fuera de los centros de población, los usos del suelo con el propósito de proteger el ambiente y preservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales respectivos, fundamentalmente en la realización de actividades productivas y la localización de asentamientos humanos, y

III.- Establecer los criterios de regulación ecológica para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro de los centros de población, a fin de que sean considerados en los planes o programas de desarrollo urbano correspondientes".

Ahora bien, los procedimientos bajo los cuales los programas de ordenamiento ecológico locales serán formulados, aprobados, expedidos, evaluados y modificados serán establecidos en las leyes estatales, o del Distrito Federal en la materia, conforme a las bases establecidas en el artículo 20 Bis de la LGEEPA.

Por lo tanto hay que referirse a la legislación estatal en la materia y en este casos tenemos que El Artículo Quinto de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quinta Roo (LEEPAEQ) establece los asuntos que son de competencia estatal y en su fracción X establece lo siguiente:

"El ordenamiento ecológico local, particularmente en los asentamientos humanos, a través de los programas de desarrollo urbano y demás instrumentos regulados en esta ley y en las disposiciones estatales aplicables".

Así mismo en el Artículo 22 de la LEEPAEQ se establecen que para el ordenamiento ecológico (OE) local se deben considerara los siguientes criterios:

I.- Cada ecosistema dentro de la entidad tiene sus propias características y funciones que debe de ser respetadas.

II.- Las áreas o zonas dentro de los asentamientos tienen una vocación en función de sus recursos naturales, de la distribución de la población y de las actividades conómicas y sociales predominantes, que deben de respetarse.

III.- Los asentamientos humanos, las actividades económicas y otras actividades humanas, así como los fenómenos naturales causan y pueden causar desequilibrio en los ecosistemas por lo que deben mitigarse.

IV.- Toda actividad pública o privada que pudiere alterar al equilibrio ecológico o al ambiente en forma peligrosa, solo será autorizada, si produciendo un notorio beneficio económico o social, puedan mitigarse los efectos adversos que pudiere producir y restaurarse este equilibrio al estado inicial.

Finalmente el Artículo 24 de la LEEPAEQ señala que el OE local se formulara en congruencia con el OE que establezca la Federación, y particularizara en aquellos aspectos que contribuyan a restablecer y preservar el equilibrio ecológico en el Territorio del Estado.

Por otra parte la LGEEPA el artículo 20 bis 5, fracción V señala que cuando un programa de OE local incluya un área natural protegida, competencia de la Federación, o parte de ella, el programa será elaborado y aprobado en forma conjunta por la Secretaría y los Gobiernos de los Estados, del Distrito Federal y de los Municipios, según corresponda;

El Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico (ROE), establece que este instrumento deberá llevarse a cabo como un proceso de planeación y señala que los estudios técnicos que los sustenten deben realizarse a través de las etapas de caracterización, diagnóstico, pronóstico y propuesta.

El programa de ordenamiento ecológico está integrado por el modelo de ordenamiento ecológico, los lineamientos ecológicos, las estrategias ecológicas y los criterios de regulación ecológica.

El modelo de ordenamiento ecológico es la representación de las unidades de gestión ambiental (UGA) en un sistema de información geográfica (mapas digitales, bases de datos y metadatos), y sus respectivos lineamientos ecológicos (meta ambiental).

Las estrategias ecológicas son el resultado de la integración de los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigidas al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el área de estudio.

Los criterios de regulación ecológica son enunciados generales o específicos que norman los diversos usos de suelo en el área de ordenamiento a nivel de las distintas Unidades de Gestión Ambiental. Éstos contribuyen al cumplimiento de las estrategias ecológicas y establecen las condiciones ambientales que deberán ser observadas por todo proyecto o actividad que se desarrolle en ese territorio, con el objeto de lograr la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Los criterios de regulación ecológica que se establezcan para los centros de población deberán ser integrados en los programas de desarrollo urbano.

Conforme a lo establecido en el artículo 40 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Ordenamiento Ecológico, para la formulación del Programa de Ordenamiento Ecológico se deberán realizar las siguientes acciones:

Identificar las actividades sectoriales que inciden en el área de estudio, así como su relación con posibles conflictos ambientales que generen, sobre todo con respecto a la oferta y demanda de recursos naturales; el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como de la protección y conservación de los ecosistemas y de la biodiversidad.

Ubicar las zonas donde se presenten conflictos ambientales que deban resolverse con la aplicación de las estrategias ecológicas y de criterios de regulación ecológica definidos en el programa de ordenamiento ecológico.

Generar un modelo de ordenamiento ecológico que maximice el consenso entre los sectores, minimice los conflictos ambientales y favorezca el desarrollo sustentable en la región.

El proceso de formulación del programa de ordenamiento ecológico debe:

Contar con el **rigor metodológico** en la definición de los procesos de obtención de información, análisis y generación de resultados.

Ser **transparente** en la obtención de la información y la generación de los resultados para que sea posible conocer la ruta de obtención, análisis y presentación de cada uno de los resultados obtenidos.

Ser **sistemático** de manera que los resultados presentados puedan ser verificados.

Incluir la **participación** de los principales sectores[1] de la sociedad que inciden en la distribución de las actividades y uso del suelo del Municipio, mediante representantes sectoriales que puedan transmitir sus objetivos, intereses y necesidades particulares a cada sector.

[1] 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. Los asentamientos humanos y la conservación de los recursos naturales deberán ser considerados como sectores.

1.1 Revisión de la Agenda Ambiental.

La SEMARNAT (2006)2 define a la Agenda Ambiental como el proceso inicial para definir la percepción social de la problemática relacionada con el uso del suelo y el planteamiento de líneas generales de solución. Esta Agenda Ambienta consiste en la identificación de la problemática ambiental y los conflictos ambientales locales o regionales que se presentan en el territorio a ordenar y que se deberán prevenir o resolver mediante el modelo de ordenamiento, las estrategias y los criterios de regulación ecológica que en conjunto conformarán el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Bacalar.

Su objetivo es identificar y priorizar los principales problemas ambientales y las interacciones entre los sectores que se presentan en el territorio a ordenar para que, con base en ello, se integren en el estudio técnico la información y los análisis que sean relevantes para su atención.

De conformidad con los términos de referencia para la elaboración del estudio del Programa de Ordenamiento Ecológico Local, se debe realizar la agenda ambiental misma que se utilizará como guía preliminar que permita enfocar la información que se requiere integrar en las etapas de caracterización y diagnóstico; sin embargo, la información y la agenda pueden irse enriqueciendo a lo largo del proceso de elaboración del estudio técnico. Es importante resaltar que la agenda ambiental se limita en los temas que son materia de ordenamiento ecológico, es decir, referidos a la ocupación del territorio fuera de las zonas urbanas. Esta Agenda deberá irse actualizando de manera participativa en coordinación con el Comité.

Para la elaboración de la agenda ambiental se identificó y priorizó la problemática ambiental en el municipio y posteriormente se ponderaron los problemas, para la ponderación se utilizo la metodología AHP y finalmente se evaluó las interacciones entre los sectores.

[2] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; *Manual para el Proceso de Ordenamiento Ecológico";* 1ª edición, México 2006.

1.2 Identificación de problemas ambientales prioritarios.

Con la información consultada con el Ayuntamiento se genero un listado de problemas ambientales, respondiendo la siguiente pregunta **¿Mencionar cuáles son los problemas ambientales que son generados por las diferentes actividades del sector?**

Las respuestas se agruparon por aquellas que tuvieran la misma esencia y se eliminaron aquellas que no son competencia del OE. Como resultado se obtuvieron 10 problemas ambientales que son generados por las diferentes actividades del sector. Para la identificación y priorización de los problemas ambientales se utilizó el formato A-1

1.2.1. Priorización de la Problemática Ambiental.

Una vez definida la lista de los principales problemas se procedió a su priorización, para lo cual se empleó una tabla de calificación en cuanto a extensión, intensidad y duración, tomando en cuenta la escala de valores que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.1 Escala de Valoración del problema

ESCALA DE VALORACIÓN LA EXTENSIÓN DEL PROBLEMA INCIDE EN:	INTENSIDAD	DURACIÓN
1: Un sitio puntual	1: muy baja	1: MUY CORTA (Menos De 6 Meses).
3: Una localidad, Poblado pequeño	2: Baja	2: CORTA (De 6 Meses A 1 Año).
5: Varios poblados	3: Moderada	3: LARGA (De 1 Año A 3 Años).
7: Casi todo el municipio	4: Alta	4: MUY LARGA (De 3 Años A 5 Años).
9: Todo el municipio	5: Muy Alta	5: PERMANENTE (Mayor A 5 Años.

Entendiendo por duración como el periodo de tiempo de existencia que se conoce o se percibe de problema. Finalmente se sumaron las calificaciones dadas a cada problema según su intensidad, extensión y duración, para tener un valor total por cada problema y poder dete minar su importancia. .

Tabla 1.2 Formato A-1IDENTIFICACION Y PRIORIZACION DE PROBLEMAS AMBIENTALES					
No.	Problema	Extensión	Intensidad	Duración	Total
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

En la siguiente tabla se muestra la lista de problemas propuestos .

Tabla 1.3 Reclasificación de la Problemática Ambiental

No.	PROBLEMA AMBIENTAL	PRIORIZACIÓN	RECLASIFICACIÓN
1	Cambio de uso de suelo	19	**Cambio de uso de suelo**
2	Cambios de Uso de suelo	19	Cambio de uso de suelo
3	Contaminación de los cuerpos de agua 9	19	**Contaminación de los cuerpos de agua incluida la laguna**
4	Disposición de residuos sólidos	19	**Manejo y disposición de los residuos sólidos.**
5	Falta de cultura forestal	19	Falta de cultura forestal
6	Falta de esquemas de educación y conciencia ambiental.	19	**Falta de esquemas de educación y conciencia amb ental.**
7	Falta de un Atlas de Riesgo	19	Falta de un Atlas de Riego
8	Incendios forestales	19	Incendios forestales
9	Manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos.	19	**Manejo y disposición de los residuos sólidos**
10	Tratamiento de agua residuales	19	Tratamiento de agua residuales
11	Cambio climático	18	Cambio climático
12	Deforestación –Tala clandestina	18	Deforestación.
13	Falta de instrumentos legales ambientales.	18	Falta de instrumentos legales ambientales.
14	Falta de reforestación	18	Deforestación.
15	Fenómenos meteorológicos	18	Fenómenos meteorológicos

16	Incendios forestales	18	Incendios forestales
17	Incendios forestales	18	Incendios forestales
18	Aprovechamiento ilegal de la fauna silvestre	17	Aprovechamiento ilegal de la fauna silvestre
19	Carencia de desarrollo urbano y servicios básicos.	17	Carencia de desarrollo urbano y servicios básicos.

Tabla1.4 . Reclasificación de la Problemática Ambiental

No.	PROBLEMA AMBIENTAL	PRIORIZACIÓN	RECLASIFICACIÓN
20	Deforestación	17	Deforestación
21	Falta de cultura ambiental	17	Falta de cultura ambiental
22	Manejo Inadecuado de flora y fauna	17	Manejo Inadecuado de flora y fauna
23	Regulación de asentamientos humanos	17	Regulación de asentamientos humanos
24	Sequías	17	Sequías
25	Tala y explotación forestal irregular	17	Tala y explotación forestal irregular
26	Manejo Integral de Residuos	16	**Manejo y disposición de los residuos sólidos**
27	Contaminación del agua	15	**Contaminación de los cuerpos de agua incluida la laguna**
28	Destrucción de manglar	15	Destrucción de manglar
29	Procesos de deforestación.	15	Deforestación
30	Regulación de Asentamiento Humanos	15	Planeación urbana
31	Regulación de las obras de construcción	15	Regulación de las obras de construcción
32	Regulación de rellenos y obras en Zona Federal Lagunar y Costera	15	Regulación de rellenos y obras en Zona Federal Lagunar y Costera
33	Usos indebidos del territorio	15	Planeación territorial
34	Contaminación del agua por agroquímicos	14	**Contaminación de los cuerpos de agua incluida la laguna**
35	Contaminación del agua por descargas urbanas.	14	**Contaminación de los cuerpos de agua incluida la laguna**
36	Falta de Buenas Prácticas en los Desarrollo Turístico.	14	Falta de Buenas Prácticas en los Desarrollo Turístico.
37	Identificación de las zonas de recarga y captación.	14	Falta de Buenas Prácticas en los Desarrollo Turístico.
38	Quemas e incendios forestales	14	Incendios forestales
39	Contaminación de la Laguna	13	**Contaminación de los cuerpos de agua incluida la laguna**
40	Erosión de suelo	11	Erosión de suelo
41	Explotación de la zona laguna	11	Explotación de la zona lagunar
42	Incumplimiento de programas de manejo	11	Incumplimiento de programas de manejo
43	Invasión de las áreas naturales protegidas	11	Invasión de las áreas naturales protegidas
44	Regulación de actividades restauranteras y hoteleras.	11	Regulación de actividades restauranteras y hoteleras.

45	Uso ineficiente del agua	8	Uso ineficiente del agua

Así mismo el equipo de especialistas del grupo consultor elaboró una lista resumen de problemas ambientales, a partir del listado que cada mesa sectorial elaboro, resultando así el listado que se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1.5. Resumen de problemas ambientales identificados

NO.	PROBLEMA AMBIENTAL
1	Perdida de la biodiversidad.
2	Destrucción del Manglar.
3	Deterioro de los arrecifes.
4	Contaminación del agua subterránea.
5	Deforestación
6	Deterioro de los cuerpos de agua.
7	Incendios forestales
8	Deterioro de la Laguna
9	Manejo y disposición de los residuos sólidos.
10	Cambios de uso de suelo

1.3 Análisis de datos secundarios.

Como del resumen del análisis de incidencia de los sectores en los problemas ambientales, a continuación, en la figura 1.1, se muestran los 10 problemas analizados y los tres sectores que tienen una mayor influencia en cada uno de ellos.



Figura 1.1 Los tres primeros sectores que más influyen en los 10 problemas ambientales.

Se identificaron y priorizaron los principales problemas resultando que estos son en orden de priorización los siguientes:

Tabla 1.6. Listado de Problemas Ambientales Identificados y su valor de prioridad.

LUGAR	PROBLEMA AMBIENTAL	VALOR DE PRIORIDAD
1	Deforestación –Tala clandestina	85
2	Contaminación de los cuerpos de agua incluida la laguna	75
3	Incendios forestales	69
4	Manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos.	54
5	Cambio de uso de suelo	38
6	Falta de esquemas de educación y conciencia ambiental.	36
7	Regulación de asentamientos humanos	35
8	Falta de cultura forestal	19
9	Falta de un Atlas de Riego	19
10	Tratamiento de agua residuales	19
11	Cambio climático	18
12	Falta de instrumentos legales ambientales.	18
13	Fenómenos meteorológicos	18
14	Aprovechamiento ilegal de la fauna silvestre	17
15	Carencia de desarrollo urbano y servicios básicos.	17
16	Manejo Inadecuado de flora y fauna	17
17	Sequías	17
18	Destrucción de manglar	15
19	Regulación de las obras de construcción	15
20	Regulación de rellenos y obras en Zona Federal Lagunar y Costera	15
21	Usos indebidos del territorio	15
22	Falta de Buenas Prácticas en los Desarrollo Turístico.	14
23	Identificación de las zonas de recarga y captación.	14
24	Erosión de suelo	11
25	Explotación de la zona laguna	11
26	Incumplimiento de programas de manejo	11
27	Invasión de las áreas naturales protegidas	11
28	Regulación de actividades restauranteras y hoteleras.	11
29	Uso ineficiente del agua	8

Después se sintetizaron y depuraron estos problemas y se definió una lista de los 10 problemas ambientales principales, los cuales son:

Tabla 1.7. Resumen de problemas ambientales identificados

NO.	PROBLEMA AMBIENTAL
1	Perdida de la biodiversidad.
2	Destrucción del Manglar.
3	Deterioro de los arrecifes.
4	Contaminación del agua subterránea.
5	Deforestación
6	Deterioro de los cuerpos de agua.
7	Incendios forestales
8	Deterioro de la Laguna
9	Manejo y disposición de los residuos sólidos.
10	Cambios de uso de suelo

A fin de ponderar la incidencia de los sectores en cada uno de los problemas ambientales anteriores se usó la metodología AHP y los resultados nos muestran la importancia de los sectores en cada uno de estos 10 problemas ambientales evaluados:

En la perdida de la biodiversidad, se tiene que los sectores que tiene mayor influencia son el pecuario y turismo, en lugares intermedios se encuentra el urbano, el agrícola y seguidos por el forestal y pétreos y los de menos importancia son el acuícola y el de conservación.

En la destrucción del manglar es el turismo el sector más importante, seguido por el urbano, los sectores agrícola, pecuario y forestal ocupan los lugares intermedios, el de aprovechamiento de materiales pétreos, acuícola y conservación ocupan los últimos lugares.

En el deterioro de los arrecifes el sector urbano es el que tiene mayor influencia, seguido por el turismo y el acuícola, los sectores forestal y agrícola ocupan los lugares intermedios, el pecuario, pétreos y conservación ocupan los últimos lugares.

En la contaminación del agua subterránea, se obtuvo que el sector que tiene mayor influencia es el agrícola, seguido por el pecuario y el urbano, los sectores forestal, acuícola, pétreos y conservación ocupan los últimos lugares.

En la deforestación, encontró que el sector que tiene mayor influencia es el agrícola, seguido por el pecuario, urbano y pétreos, los sectores turismo, forestal, acuícola y conservación

ocupan los últimos lugares.

En el deterioro de los cuerpos de agua, los sectores que tienen mayor influencia son el turismo, seguido el urbano, sectores con igual importancia son el agrícola y el pecuario y aquellos con menos importancia son pétreos, acuícola, forestal y por último el de conservación.

En los incendios forestales, los sectores que tienen mayor influencia es el agrícola, seguido pecuario y el forestal y aquellos con menos importancia son pétreos, turismo y acuícola y por último el de conservación.

En el deterioro de la laguna, los sectores que tienen mayor influencia es el urbano seguido turismo y agrícola y los de menor importancia se encuentran el pecuario, pétreos, acuícola y conservación

En el manejo y disposición de los residuos sólidos, se obtuvo que los sectores que tienen mayor influencia es el urbano seguido del turismo, posteriormente se ubica el pecuario y el agrícola y por último se encuentran el pétreo, acuícola y el de conservación.

En el cambio de uso de suelo, los sectores que tienen mayor influencia es el pecuario, seguido por el urbano, posteriormente se ubica turismo y el agrícola y por último se ubican el pétreo, acuícola, forestal y el de conservación.

Por lo tanto observamos que, en general, son el sector Urbano, el Turismo, el Agrícola y el Pecuario, los sectores que resultaron ser los más importantes en la generac ón de la problemática ambiental identificada.

1.3.1 Integración de la Agenda Ambiental.

Como se mencionó anteriormente la Agenda Ambiental tiene como objetivo identificar y priorizar los principales problemas ambientales y las interacciones entre los sectores que se presentan en la zona de estudio para que, con base en ello, se integren en el estudio técnico la información y los análisis que sean relevantes para su atención y se utilizará como guía preliminar que permita enfocar la información que se requiere integrar en las etapas de caracterización y diagnóstico; la información y la

agenda pueden irse enriqueciendo a lo largo del proceso de elaboración del estudio técnico. Es importante resaltar que la agenda ambiental se limita en los temas que sean materia de ordenamiento ecológico, es decir, referidos a la ocupación del territorio fuera de las zonas urbanas.

Los problemas ambientales identificados a través de taller de participación pública fueron 42 problemas, los cuales después de su análisis y depuración se pudieron sintetizar en 10 problemas prioritarios o principales, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 1.8. Resumen de problemas ambientales identificados

NO.	PROBLEMA AMBIENTAL
1	Perdida de la biodiversidad.
2	Destrucción del Manglar.
3	Deterioro de los arrecifes.
4	Contaminación del agua subterránea.
5	Deforestación
6	Deterioro de los cuerpos de agua.
7	Incendios forestales
8	Deterioro de la Laguna
9	Manejo y disposición de los residuos sólidos.
10	Cambios de uso de suelo

Posteriormente, con la finalidad de identificar la incidencia de cada uno de los problemas ambientales en el deterioro ambiental general del municipio de Bacalar, procedimos a hacer nuevamente un análisis jerárquico a través de la técnica AHP comparando ahora como es la incidencia de cada uno de los problemas ambientales identificados, en cuanto al deterioro ambiental general del municipio de Bacalar, en comparación con cada uno de los otros 10 problemas, a fin de poder construir un modelo jerárquico, el cual tiene como objetivo global ponderar la importancia de los problemas ambientales en el deterioro ambiental del municipio de Bacalar. En el segundo nivel de este modelo se ubicaron los 10 problemas ambientales identificados, que son: Perdida de la biodiversidad, destrucción del manglar, deterioro del arrecife, contaminación del agua subterránea, deforestación, deterioro de los cuerpos de agua, incendios, deterioro de la laguna, manejo y disposición de los residuos sólidos y el cambio de uso de suelo; y en el tercer nivel se relacionan los 8 sectores identificados que fueron:

agrícola, pecuario, forestal, turismo, urbano, pétreos, acuícola y conservación.

En la siguiente tabla se presenta el resultado del análisis pareado de los problemas identificados, el cual fue hecho por el equipo de expertos del grupo consultor.

Tabla 1.9. Matriz de comparaciones pareadas de los problemas ambientales

PROBLEMAS	PERDIDA DE LA BIODIVERSIDAD	DESTRUCCIÓN DE MANGLAR	DETERIORO DE LOS ARRECIFES	CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	DEFORESTACIÓN	DETERIORO DE LOS CUERPOS DE AGUA	INCENDIOS FORESTAL	DETERIORO DE LA LAGUNA	MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	CAMBIO DE USO DE SUELO
Perdida de la Biodiversidad	1	3	5	5	1	5	1	1/3	3	1/5
Destrucción de manglar	1/3	1	3	1/5	1/3	1/5	1/3	1/7	1/3	1/7
Deterioro de los arrecifes	1/5	1/3	1	1/3	1/3	1/5	1/3	1/3	1/3	1/5
Contaminación del agua subterránea	1/5	5	3	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1/5
Deforestación	1	3	3	3	1	3	1/5	1/5	3	3
Deterioro de los cuerpos de agua	1/5	5	5	1	1/3	1	3	3	3	1/3
Incendios	1	3	3	3	5	1/3	1	3	3	1/3
Deterioro de la Laguna	3	7	3	3	5	1/3	1/3	1	5	5
Manejo y disposición de residuos sólidos	1/3	3	3	3	1/3	1/3	1/3	1/5	1	1/5
Cambio de uso de suelo	5	7	5	5	1/3	3	3	1/5	5	1

Partiendo de lo anterior y aplicando la técnica AHP se pudo obtener los valores de incidencia de cada problema en la problemática ambiental del Municipio de Bacalar, los cuales se muestran en la siguiente tabla y cómo podemos ver el deterioro de la laguna y el cambio de uso de suelo son los problemas que ocupan los primeros lugares seguidos por el de incendios forestales y el deterioro de los cuerpos de agua; en los lugares intermedios se encuentran la deforestación y la pérdida de la biodiversidad; y en últimos el manejo y disposición de residuos sólidos, la contaminación del agua subterránea, la destrucción de manglar y deterioro de los arrecifes.

Tabla 1.10. Incidencia ponderada de cada problema ambiental en la problemática ambiental del Municipio de Bacalar

PROBLEMAS AMBIENTALES	1RA INTERACCIÓN	2DA. INTERACCIÓN	3RA. INTERACCIÓN
Perdida de la Biodiversidad	0.12053	0.11887	**0.11926**
Destrucción de manglar	0.02212	0.02339	**0.02335**
Deterioro de los arrecifes	0.02037	0.02186	**0.02173**
Contaminación del agua subterránea	0.04287	0.04243	**0.04245**
Deforestación	0.12045	0.11641	**0.11706**
Deterioro de los cuerpos de agua	0.11364	0.12430	**0.12277**
Incendio forestal	0.13560	0.14382	**0.14275**
Deterioro de la Laguna	0.20143	0.19638	**0.19705**
Manejo y disposición de residuos sólidos	0.04420	0.04025	**0.04044**
Cambio de uso de suelo	0.17879	0.17229	**0.17314**

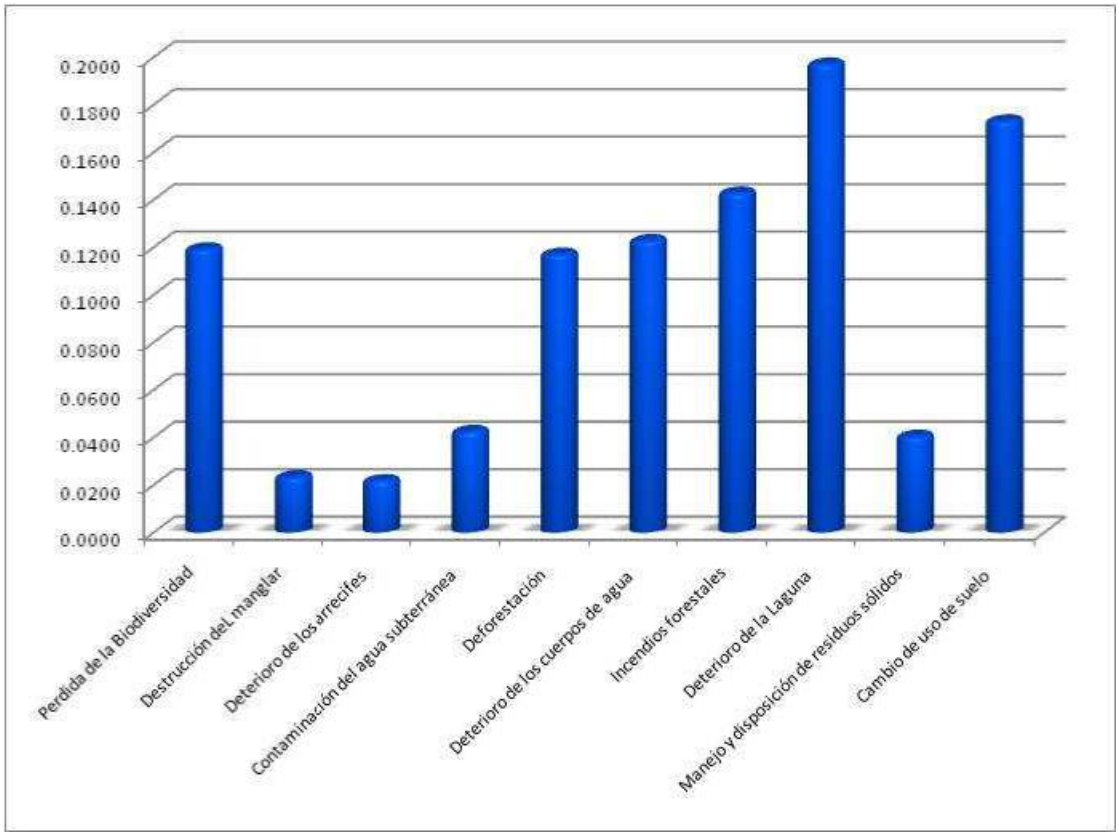


Figura 1.2. Incidencia ponderada de los 10 problemas ambientales con relación a la problemática ambiental del Municipio de Bacalar.

En la figura 1.2, se observa un esquema jerárquico que resume la identificación y priorización de los problemas ambientales del Municipio y a la vez identifica la incidencia relativa de cada sector en esta problemática. En este esquema en el primer nivel se presenta el objetivo global que es: ponderar la influencia de los problemas ambientales en el deterioro ambiental del municipio de Bacalar, en el segundo nivel los 10 problemas ponderados que fueron: Perdida de la biodiversidad, destrucción del manglar, deterioro de los arrecifes, contaminación del agua subterránea, deforestación, deterioro de los cuerpos de agua, incendios forestales, deterioro de la laguna, manejo y disposición de residuos sólidos y cambios de usos de suelo.

En el tercer nivel del esquema jerárquico se tienen los sectores e influencia de cada uno de ellos en cada uno los problemas ambientales y se observa que:

1.- El **sectoragrícola** es quien más influye en la contaminación del agua subterránea, en los incendios forestales y la deforestación.

2.- El **sectorpecuario** es quien más influye en la pérdida de la biodiversidad y en el cambio de uso de suelo.

3.- El **sector turismo** es quien más influye en la destrucción del manglar y en el deterioro de los cuerpos de agua.

4.- El **sectorurbano** es quien más influye en el deterioro de la laguna y en el problema de manejo y disposición de los residuos sólidos.

5.- El **sectoracuícola** (pesca) es quien más influye en el deterioro de los arrecifes

2 Mapeo Social para Intervenciones de Actores-Sectores

2.1 Identificación de actores-sectores clave.

De acuerdo con la información consultada con la Secretaria de Ecología y Medio Ambiente (SEMA) y la Presidencia Municipal de Bacalar, se realizó la identificación de los sectores del municipio, lo que ayudó a determinar los actores de cada sector que deberían participar en el Taller para la construcción de la Agenda Ambiental, con la finalidad de contar con una opinión plural en su construcción. Los sectores identificados para el municipio son:

- Agrícola
- Pecuario
- Acuícola
- Turismo
- Urbano
- Conservación
- Forestal

Tabla 2.1. Sectores identificados, así como sus actividades productivas y modalidades de uso en el municipio de Bacalar, Quintana Roo.

SECTOR	SUBSECTOR	Actividades Productivas y Modalidades de Uso	CLAVE
Agrícola		Agropecuario	**AGP**
		Agricultura	**AG**
		Agricultura de riego	**AGR**
		Agricultura de temporal	**AGT**
		Agricultura intensiva	**AGI**
		Agroforestal	**AGF**
		Agroforestería	**AGFO**

		Silvopastoril	**SIP**
		Producción orgánica	**POR**
Pecuario		Pecuario	**PE**
		Ganadería extensiva	**GAE**
		Ganadería estabulada	**GAI**
		Avicultura	**AV**
		Apicultura	**AP**
		Porcicultura	**PO**
		Ovinocultura	**OV**
Acuicola	**Acuacultura**	Acuacultura	**AC**
		Acuacultura en estanques	**ACE**
Forestal	**Forestal**	Forestal	**FO**
		Aprovechamiento forestal maderable	**AFS**
		Aprovechamiento de recursos forestales no maderables	**ARNM**
		Silvicultura	**SI**
		Plantación forestal	**PF**
	UMA’s	UMA’s	**UMA**
		Manejo intensivo	**MI**
		Manejo en vida libre	**MVL**
Urbano	**Urbano**	Urbano	**UR**
	Suburbano	Suburbano	**SUB**
		Rural	**RU**

SECTOR	SUBSECTOR	Actividades Productivas y Modalidades de Uso	CLAVE
	Transformación	Equipamiento suburbano y rural	**ESR**
		Bancos de material pétreo	**BMP**
		Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos	**DFRS**
		Sitios para tratamiento de Sargazo	**SZ**
		Tratamiento de agua	**TA**
	Infraestructura	Infraestructura	**IFR**
		Vías de comunicación (carreteras)	**VC**
		Líneas de conducción	**LC**
		Vías Férreas	**VF**
	Industria	Industria	**IN**
		Industria forestal	**IFO**
		Agroindustria	**IAG**
Turismo	**Turismo convencional**	Turismo convencional	**TUC**
		Desarrollos turísticos (Obras e Instalaciones)	**DT**
		Equipamiento turístico	**ET**
	Turismo Alternativo	Turismo alternativo	**TA**
		Instalaciones básicas de hospedaje y alimentación	**IB**
		Patrimonio Cultura	**ARQ**
		Ecoturismo	**ECO**
		Campismo	**CA**

		Senderismo	**SE**
		Turismo cultural	**TC**
		Actividades acuáticas (sin motor)	**AA**
		Actividades náuticas (con motor)	**AN**
Conservación	**Servicios ambientales**	Servicios Ambientales	**SA**
		Área natural protegida	**ANP**
		Área prioritaria de conservación	**APC**
		Corredor biológico	**CBIO**
		Reserva forestal	**RF**
		Bonos de carbono	**PC**

2.2 Análisis de sus intervenciones.

Para poder analisar la ontervencion de los sectores en el rerritorio y la relacion con las problematicas ambientales se procedio a analizar 2 problemas, para realizar la matriz de comparaciones pareadas de los sectores, para conocer la importancia de estos sobre la problemática analizada. Para ello se realizaron a 2 preguntas que permitieron definir el marco de referencia, estas preguntas fueron:

Para el problema ambiental X. ¿cuál de los dos sectores comparados tiene mayor importancia en su generación? Al responder esto los integrantes de la mesa sabríamos que escala de valores utilizar (del 1 al 9 o del 1/9 al 1).

Conforme a la escala de calificación, indique que sector es más o menos importante considerando el problema que se analiza

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremadamente fuerte	Muy fuerte	Fuerte	Moderado	Igual	Moderado	Fuerte	Muy fuerte	Extremadamente fuerte

Para este ejercicio se empleó el formato A-2.

Tabla 2.2 Formato A-2 Matriz de Comparaciones Pareadas de Incidencia de los Sectores en cada Problema

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6	Sector 7
Sector 1							
Sector 2							
Sector 3							
Sector 4							
Sector 5							
Sector 6							
Sector 7							

Con la finalidad que los sectores se reconozcan y que muestren la percepción que tienen sobre su interacción entre ellos, se realizó el formato A-3.

Tabla 2.3 Formato A-3 Matriz De Interacción Entre Los Sectores

	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	sector
Sector							
Sector							
Sector							
Sector							
Sector							

Sector							
sector							

Sector X impacta positivamente a sector Y= 1

Sector X impacta negativamente a sector Y= -1

Sector X no influencia sobre el sector Y=0

Pregunta:

Conforme a la escala de calificación indicada, indique como el sector X incide o impacta sobre el sector Y, en relación a la degradación del medio ambiente.

2.2.1 Perdida de la biodiversidad

Tabla 2.4. Matriz combinaciones pareadas de los sectores: Pérdida de la biodiversidad

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	1	1/3	2	1/5	2	3	3	5
PECUARIO	3	1	5	3	3	4	5	5
FORESTAL	1/2	1/5	1	1/5	1/3	2	5	5
TURISMO	5	1/3	5	1	1/2	3	3	5
URBANO	1/2	1/3	3	2	1	5	5	5
PETREOS	1/3	1/4	1/2	1/3	1/5	1	3	5
ACUICOLA	1/3	1/5	1/3	1/3	1/5	1/5	1	1
CONSERVACION	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1

Se lee:

El sector agrícola es moderadamente menos importante que el pecuario, entre igual y moderadamente más importante que el forestal y el urbano, fuertemente menos importante que el turismo, moderadamente más importante que el pétreo y el acuícola y fuertemente más importante que conservación.

El sector pecuario es moderadamente más importante que el agrícola, el turismo y el urbano, fuertemente más importante que el forestal, el acuícola y conservación, entre moderadamente y fuertemente más importante que el pétreo.

El sector forestal está entre igual y moderadamente menos importante que el agrícola, fuertemente menos importante que el pecuario y el turismo, moderadamente menos importante que el urbano, entre igual y moderadamente más importante que el pétreo y fuertemente más importante que el acuícola y conservación

El sector turismo es fuertemente más importante que el agrícola, el forestal y la conservación, es moderadamente menos importante que el pecuario, entre igual y moderadamente menos importante que el urbano y moderadamente más importante que el pétreo y el acuícola.

El sector urbano está entre igual a moderadamente menos importante que el agrícola, moderadamente menos importante que el pecuario, moderadamente ás importante que el forestal, entre igual y moderadamente más importante que el turismo y fuertemente más importante que el pétreo, acuícola y conservación.

El sector pétreo es fuertemente menos importante que el acuícola y el turismo, está entre moderadamente a fuertemente menos importante que el pecuario y está entre igual a moderadamente menos importante que el forestal, es fuertemente menos importante que el urbano, es moderadamente más importante que el acuícola y fuertemente más importante que el de conservación.

El sector acuícola es moderadamente menos importante que el agrícola, el forestal y turismo, fuertemente menos importante que el pecuario, el urbano y el pétreo, igual e importante que el de conservación.

El sector conservación es fuertemente menos importante que el agrícola, pecuario, forestal, turismo, urbano, pétreos e igual de importante que el acuícola.

Los resultados obtenidos de matriz de comparaciones pareadas de los sectores en la perdida de la biodiversidad, y que se muestran en la siguiente tabla, en el pecuario y turismo son los más importantes, en lugares intermedios se encuentra el urbano, el agrícola y seguidos por el forestal y pétreos y los de menos importancia son el acuícola y el de conservación.

Tabla 2.5 Resultado de interacción de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores. (Perdida de la biodiversidad).

SECTOR	1RA. INTERACCIÓN DE LA MATRIZ	2DA. INTERACCIÓN	3RA INTERACCIÓN	DIFERENCIA
AGRICOLA	0.132	0.129	**0.129**	0.000
PECUARIO	0.294	0.300	**0.299**	0.000
FORESTAL	0.078	0.079	**0.079**	0.000
TURISMO	0.209	0.200	**0.201**	0.001
URBANO	0.176	0.172	**0.172**	0.000
PETREOS	0.057	0.061	**0.060**	0.000
ACUICOLA	0.030	0.033	**0.033**	0.000
CONSERVACION	0.024	0.027	**0.027**	0.000

En la siguiente figura se observan estos resultados, siendo el pecuario el que tiene mayor influencia en la pérdida de la biodiversidad en el municipio de Bacalar.

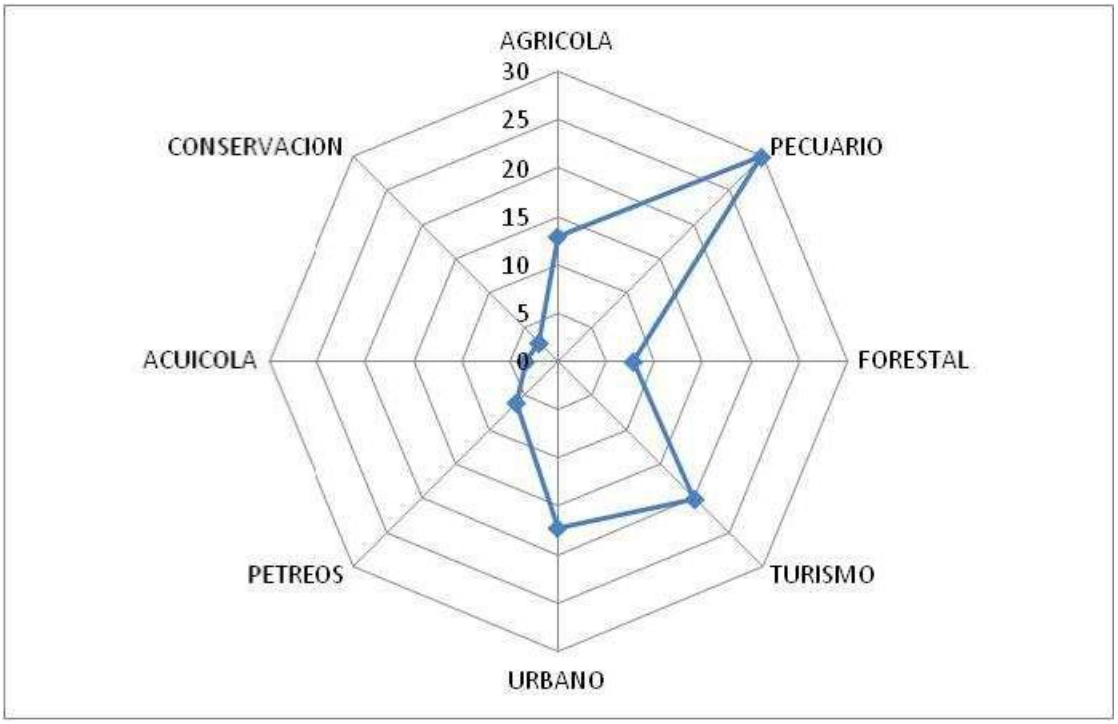


Figura 2.1. Importancia de los sectores en la pérdida de la biodiversidad.

2.2.2. Destrucción del manglar

Tabla 2.6. Matriz combinaciones pareadas de los sectores: Destrucción del Manglar

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	1	1	1	1/7	1/3	1	1	1
PECUARIO	1	1	1	1/7	1/3	1	1	1
FORESTAL	1	1	1	1/7	1/3	1	1	1
TURISMO	7	7	7	1	5	9	9	9
URBANO	3	3	3	1/5	1	5	9	9
PETREOS	1	1	1	1/9	1/5	1	1	1
ACUICOLA	1	1	1	1	1	1	1	1
CONSERVACION	1	1	1	1	1	1	1	1

Se lee:

El sector agrícola es igual de importante en la destrucción del manglar que el pecuario, forestal, pétreo, acuícola y el de conservación, es muy fuertemente menos importante que turismo y moderadamente menos importante que el urbano.

El sector pecuario es igual de importante en la destrucción del manglar que agrícola, el forestal, el pétreo, acuícola y el de conservación, es muy fuertemente menos importante que el pecuario y moderadamente menos importante que el urbano.

El sector forestal es igual de importante en la destrucción del manglar que el agrícola, pecuario, forestal, pétreos, acuícola y el de conservación, es muy fuertemente menos importante que el turismo y moderadamente menos importante que el urbano.

El sector turismo es muy fuertemente más importante en la destrucción del manglar que el agrícola, pecuario y forestal, fuertemente más importante que el urbano y extremadamente más importante que el pétreo, acuícola y conservación.

El sector urbano es moderadamente más importante en la destrucción del manglar que el agrícola, pecuario, forestal, fuertemente menos importante que el turismo, fuertemente más importante que el pétreo y extremadamente más importante que el acuícola y el de conservación.

El sector pétreo es igual de importante en la destrucción del manglar que el agrícola, pecuario, forestal, acuícola y el de conservación, extremadamente menos importante que el turismo y fuertemente menos importante que el urbano.

El sector acuícola es igual de importante en la destrucción del manglar que los demás sectores.

El sector de conservación es igual de importante en la destrucción del manglar que los demás sectores.

Los resultados obtenidos la matriz de comparaciones pareadas de los sectores, se tiene que el sector que tiene mayor influencia es el turismo, seguido por el urbano, los sectores agrícola, pecuario y

forestal ocupan los lugares intermedios, el de aprovechamiento de materiales pétreos, acuícola y conservación ocupan los últimos lugares, como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2.7 . Resultado de la interacción de la matriz de comparaciones pareaas de los sectores (Destrucción del Manglar).

SECTOR	1ra. Interacción de la matriz	2ra . Interacción	**3ra Interacción**	Diferencia
AGRICOLA	0.052	0.053	**0.053**	0.000
PECUARIO	0.052	0.053	**0.053**	0.000
FORESTAL	0.052	0.053	**0.053**	0.000
TURISMO	0.482	0.478	**0.478**	0.000
URBANO	0.226	0.224	**0.224**	0.000
PETREOS	0.047	0.048	**0.048**	0.000
ACUICOLA	0.044	0.045	**0.045**	0.000
CONSERVACION	0.044	0.045	**0.045**	0.000

En la siguiente figura se observa la importancia que el sector turismo y urbano en la destrucción del manglar.

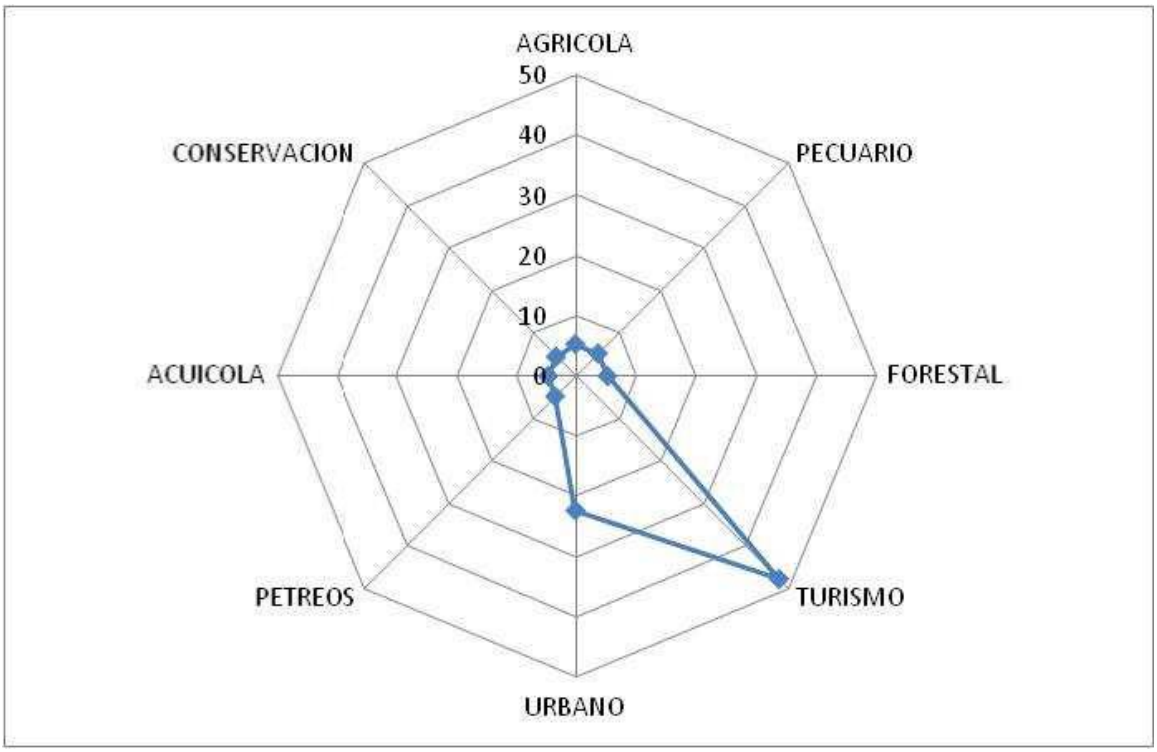


Figura 2.2 Importancia de los sectores en la destrucción del manglar.

2.2.3 Deterioro de los arrecifes

Tabla 2.8. Matriz combinaciones pareadas de los sectores: Deterioro de los arrecifes.

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	1	1	1/3	1/7	1/7	3	1/9	3
PECUARIO	1	1	1/5	1/7	1/7	1	1/9	1/9
FORESTAL	3	5	1	1/5	1/5	7	1/7	1/9
TURISMO	7	7	5	1	1	7	1/3	7
URBANO	7	7	5	1	1	7	1	9
PETREOS	1/3	1	1/7	1/7	1/7	1	1/9	3
ACUICOLA	9	9	7	3	1	9	1	7
CONSERVACION	1/3	9	9	1/7	1/9	1/3	1/7	1

Se lee:

El sector agrícola es igual de importante en el deterioro de los arrecifes que el pecuario, es moderadamente menos importante que el forestal, es muy fuertemente menos importante que el turismo y el urbano, es moderadamente más importante que el pétreo y el de conservación y extremadamente menos importante que el acuícola.

El sector pecuario es igual de importante en el deterioro de los arrecifes que el sector agrícola y el pétreo, es fuertemente menos importante que el forestal, es muy fuertemente menos importante que el turismo y el urbano y es extremadamente menos importante que el acuícola y el de conservación.

El sector forestal su influencia en el deterioro de los arrecifes es moderadamente más importante que el agrícola, es fuertemente más importante que el pecuario, fuertemente menos importante que el turismo y el urbano, es muy fuertemente más importante que el pétreo, es muy fuertemente menos importante que el acuícola y extremadamente menos importante que el de conservación.

El sector turismo su influencia en el deterioro de los arrecifes es muy fuertemente más importante que agrícola, pecuario, pétreo y el de conservación, es fuertemente más

importante que el forestal, es igual de importante que el urbano y moderadamente menos importante que el acuícola.

El sector urbano su influencia en el deterioro de los arrecifes es muy fuertemente más importante que el agrícola, pecuario y el pétreo, es igual de importante que el turismo y el acuícola y extremadamente más importante que el de conservación.

El sector pétreo en el deterioro de los arrecifes es moderadamente menos importante que el agrícola, igual de importante que el pecuario, muy fuertemente menos importante que el forestal, turismo y urbano, es extremadamente menos importante que el acuícola, es moderadamente más importante que el de conservación.

El sector acuícola en el deterioro de los arrecifes es extremadamente más importante que el agrícola, el pecuario y el pétreo, es muy fuertemente más importante que el forestal y el de conservación, es moderadamente más importante que el turismo e igual de importante que el urbano.

El sector de conservación en el deterioro de los arrecifes es moderadamente menos importante que el agrícola y el pétreo, es extremadamente más importante que el pecuario y forestal, es muy fuertemente menos importante que el turismo y el acuícola, extremadamente menos importante que el urbano.

Los resultados obtenidos de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores se tiene que el sector que tiene mayor influencia en el deterioro de los arrecifes es el acuícola (pesca), seguido por el urbano y turismo, los sectores conservación y turismo ocupan los lugares intermedios; y agrícola, pétreos y pecuario ocupan los últimos lugares.

Tabla 2.9. Resultado de la matriz de comparaciones pareada de los sectores. (Deterioro de los arrecifes).

SECTOR	1RA. INTERACCIÓN	2DA. INTERACCIÓN	3RA INTERACCIÓN	DIFERENCIA
AGRICOLA	0.052	0.051	0.052	0.001
PECUARIO	0.018	0.021	0.021	-0.001
FORESTAL	0.058	0.070	0.067	-0.003
TURISMO	0.204	0.204	0.204	0.000
URBANO	0.237	0.236	0.237	0.001
PETREOS	0.042	0.039	0.040	0.001
ACUICOLA	0.284	0.291	0.290	-0.002
CONSERVACION	0.104	0.088	0.090	0.002

En la siguiente figura que los sectores que más influyen en el deterioro de los arrecifes por orden de importancia son el acuícola, el urbano y el turismo.

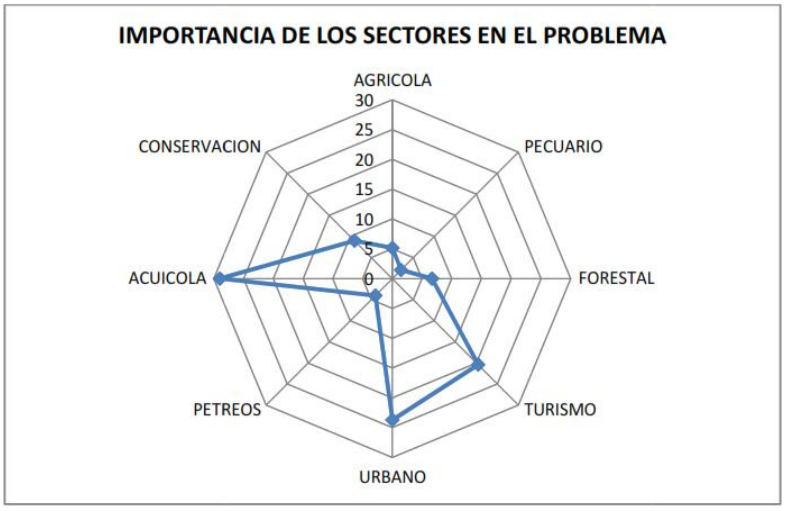


Figura 2.3 Importancia de los sectores en el deterioro de los arrecifes.

2.2.4 Contaminación del agua subterránea

Tabla 2.10. Matriz combinaciones pareadas de los sectores: Contaminación del agua subterránea.

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	1	5	7	5	3	5	7	9
PECUARIO	1/5	1	5	1	3	5	7	9
FORESTAL	1/7	1/5	1	1/5	1/7	1	3	9
TURISMO	1/5	1	5	1	1/3	5	5	9
URBANO	1/3	1/3	7	3	1	7	7	9
PETREOS	1/5	1/5	1	1/5	1/7	1	1/5	1
ACUICOLA	1/7	1/7	1/3	1/5	1/7	5	1	1/3
CONSERVACION	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1	3	1

Se lee:

El sector agrícola en la contaminación del agua subterránea es fuertemente más importante que el pecuario, turismo y el pétreo, es muy fuertemente más importante que el forestal y el acuícola, es moderadamente más importante que el urbano y extremadamente más importante que el de conservación.

El sector pecuario su influencia en la contaminación del agua subterránea es fuertemente menos importante que el agrícola, es fuertemente más importante que el forestal y el pétreo, es igual de importante que el turismo, es moderadamente más importante y es extremadamente más importante que el de conservación.

El sector forestal su importancia en la contaminación del agua subterránea de muy

fuertemente menos importante que el agrícola y el urbano, es fuertemente menos importante que el pecuario y el turismo, es igual de importante que el pétreo, es moderadamente más importante que el acuícola y extremadamente más importante que el de conservación.

El sector turismo tiene influencia en la contaminación del agua subterránea: es fuertemente menos importante que el agrícola, igual de importante que el pecuario, es fuertemente más importante que el forestal, pétreo y acuícola, es moderadamente menos importante que el urbano y extremadamente más importante que el de conservación.

El sector urbano su importancia en la contaminación del agua subterránea es moderadamente menos importante que el agrícola y el pecuario, es muy fuertemente más importante que el forestal, el pétreo y el acuícola, es moderadamente más importante que el turismo y extremadamente más importante que el de conservación.

El sector de materiales pétreos su importancia en la contaminación del agua subterránea: es fuertemente menos importante que el agrícola, pecuario, turismo y acuícola, es igual de importante que el forestal y el de conservación, es muy fuertemente menos importante que el urbano.

El sector acuícola su influencia en la contaminación del agua es: muy fuertemente menos importante que el agrícola, pecuario y urbano, es moderadamente menos importante que el forestal y el de conservación, es fuertemente más importante que el pétreo.

El sector conservaciónsu importancia en la contaminación del agua subterránea es: extremadamente menos importante que el agrícola, pecuario, forestal, turismo y urbano, es igual de importante que el pétreo y moderadamente más fuerte que el acuícola.

Los resultados obtenidos de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores productivos y su influencia en la contaminación del agua subterránea, que se muestran en la siguiente tabla, se obtuvo que es el agrícola, seguido por el pecuario y el urbano; y los sectores forestal, acuícola, pétreos y conservación ocupan los últimos lugares.

Tabla 2.11. Resultado de la matriz de compasiones pareadas de los sectores (Contaminación del agua subterránea).

SECTOR	1RA. INTERACCIÓN	2DA. INTERACCIÓN	3RA INTERACCIÓN	DIFERENCIA
AGRICOLA	0.344	0.357	**0.355**	-0.002
PECUARIO	0.190	0.186	**0.186**	0.000
FORESTAL	0.059	0.056	**0.057**	0.001
TURISMO	0.134	0.129	**0.130**	0.001
URBANO	0.193	0.184	**0.185**	0.001
PETREOS	0.026	0.028	**0.028**	0.000
ACUICOLA	0.028	0.034	**0.034**	0.000
CONSERVACION	0.025	0.026	**0.026**	0.000

En la siguiente figura que el sector agrícola es el que tiene mayor influencia en la contaminación del agua subterránea, seguidos por orden de importancia por el pecuario y el urbano.

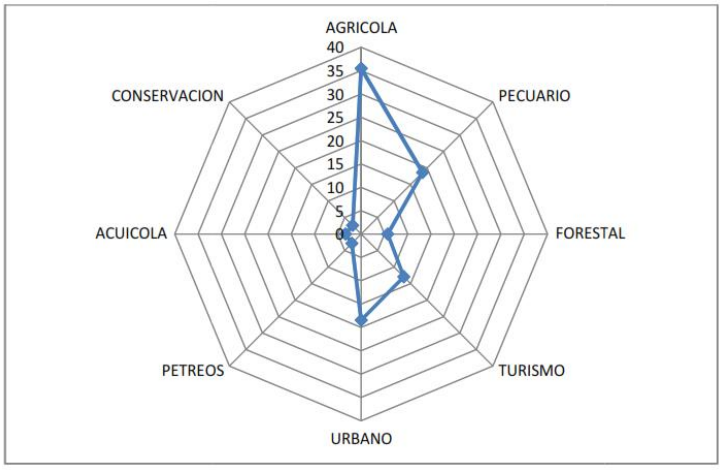


Figura 2.4. Importancia los sectores en la contaminación del agua subterránea.

2.2.5. Deforestación.

Nota: Es importante remarcar que los participantes de esta mesa para la evaluación de la importancia de los sectores en el problema de la deforestación, se acordó considerar únicamente por superficie.

Tabla 2.12. Matriz combinaciones pareadas de los sectores: Deforestación

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	1	3	7	5	5	3	3	9
PECUARIO	1/3	1	7	5	5	5	3	7
FORESTAL	1/7	1/7	1	1	1	1/3	1	1
TURISMO	1/5	1/5	1	1	1	1	3	9
URBANO	1/5	1/5	1	1	1	5	5	7
PETREOS	1/3	1/5	3	1	1/5	1	7	7
ACUICOLA	1/3	1/3	1	1/3	1/5	1/7	1	7
CONSERVACION	1/9	1/7	1	1/3	1/7	1/7	1/7	1

Se lee:

El sector agrícola su importancia en el deforestación es: moderadamente más importante que el pecuario, pétreo y el acuícola, es muy fuertemente más importante que el forestal, es fuertemente más importante que el turismo y el urbano y extremadamente más importante que el de conservación.

El sector pecuario su influencia en la deforestación es: moderadamente menos importante que el agrícola, es muy fuertemente más importante que el sector forestal y el de conservación, es

fuertemente más importante que el turismo, urbano y pétreo es moderadamente más importante que el acuícola.

El sector forestal su importancia en la deforestación es: muy fuertemente menos importante que el agrícola y el pecuario, es igual de importante que el turismo, urbano, acuícola y el de conservación, es moderadamente menos importante que el pétreo.

El sector turismo su importancia en la deforestación es fuertemente menos importante que el agrícola y el pecuario, es igual de importante que el forestal, urbano y pétreos, es moderadamente más importante que el acuícola y el de conservación.

El sector urbano su importancia en la deforestación es fuertemente menos importante que el agrícola y el pecuario, es igual de importante que el forestal y turismo, fuertemente más

importante que el pétreos y el acuícola, muy fuertemente más importante que el de conservación.

El sector acuícola su importancia en la deforestación es moderadamente menos importante que el agrícola, el pecuario y el turismo, es igual de importante que el forestal, es fuertemente memos importante que el urbano, es muy fuertemente menos importan e que el pétreo y muy fuertemente más importante que el de conservación.

El sector de conservación su importancia en la deforestación es extremadamente menos importante que el agrícola, muy fuertemente menos importante que el pecuario, urbano, pétreos y acuícola, es igual de importante que el forestal y moderadamente menos importante que el turismo.

Los resultados obtenidos de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores y su influencia en la deforestación, y que se muestran en la siguiente tabla, se obtuvo que el sector que tiene mayor influencia es el agrícola, seguido por el pecuario y el urbano; y por otra parte los sectores pétreos, turismo, forestal, acuícola y conservación ocupan los últimos lugares.

Tabla 2.13. Resultado de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores (Deforestación).

SECTOR	1RA. INTERACCIÓN	2DA. INTERACCIÓN	3RA INTERACCIÓN	DIFERENCIA
AGRICOLA	0.299	0.321	**0.317**	-0.003
PECUARIO	0.260	0.259	**0.259**	0.000
FORESTAL	0.044	0.045	**0.045**	0.000
TURISMO	0.074	0.070	**0.071**	0.000
URBANO	0.148	0.130	**0.132**	0.003
PETREOS	0.109	0.102	**0.103**	0.001
ACUICOLA	0.047	0.052	**0.052**	0.000
CONSERVACION	0.019	0.021	**0.021**	0.000

En la siguiente figura que el sector agrícola es el que tiene mayor influencia en la deforestación seguidos por orden de importancia por el pecuario y el urbano.

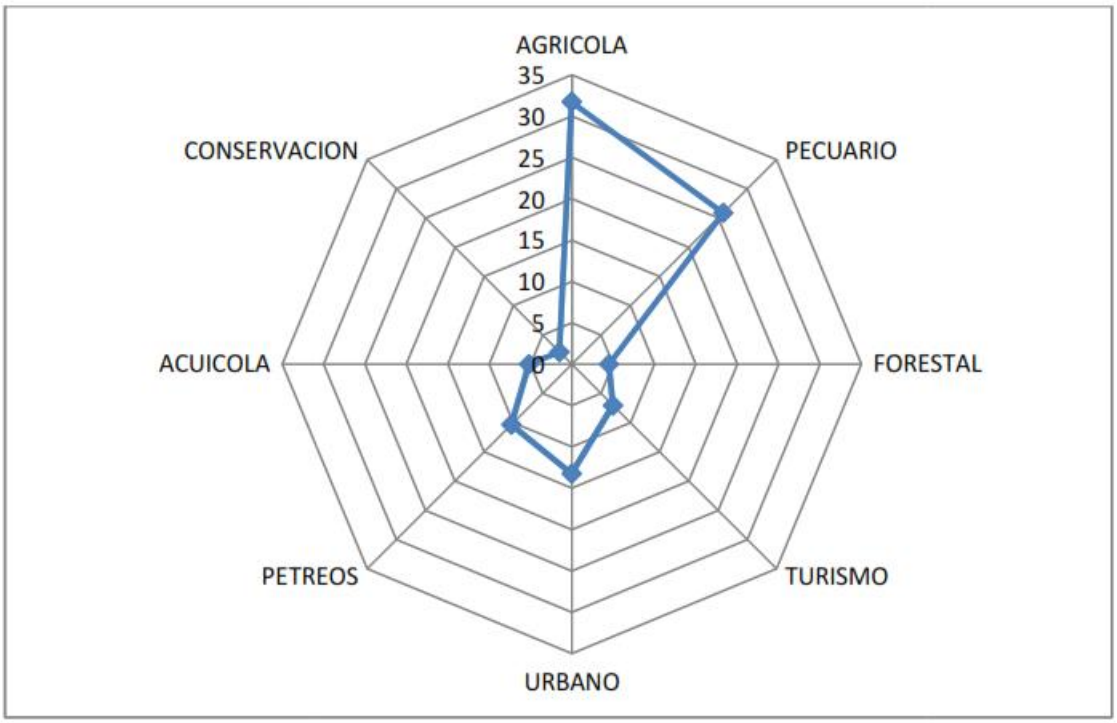


Figura 2.5 Importancia de los sectores en la deforestación.

2.2.6 Deterioro de los cuerpos de agua.

Tabla 2.14 Matriz combinaciones pareadas de los sectores: Deterioro de los uerpos de agua.

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	1	1	7	1/9	1/5	5	7	9
PECUARIO	1	1	5	1/7	1	5	5	7
FORESTAL	1/7	1/5	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1
TURISMO	9	7	3	1	1	3	5	9
URBANO	5	1	3	1	1	3	5	9
PETREOS	1/5	1/5	3	1/3	1/3	1	5	7
ACUICOLA	1/7	1/5	3	1/5	1/5	1/5	1	5
CONSERVACION	1/9	1/7	1	1/9	1/9	1/5	1/5	1

Se lee:

El sector agrícola su importancia en el deterioro de los cuerpos de agua es: igual de importante que el pecuario, es muy fuertemente más importante que el forestal, es extremadamente menos importante que el turismo, es fuertemente menos importante que el urbano, fuertemente más importante que el pétreo, muy fuertemente más importante que el acuícola y extremadamente más importante que el de conservación.

El sector pecuario su importancia en el deterioro de los cuerpos de agua es: igual de importante que el agrícola y el urbano, es fuertemente más importante que el forestal, pétreos y acuícola, es muy fuertemente menos importante que el turismo, muy fuertemente más importante que el de conservación.

El sector forestal su importancia en el deterioro de los cuerpos de agua es: muy fuertemente menos importante que el agrícola, es fuertemente menos importante que el pecuario, moderadamente menos importante que el turismo, urbano y pétreos, es igual de importante que el de conservación.

El sector turismo su importancia en el deterioro de los cuerpos de agua es: extremadamente muy importante que al agrícola y el de conservación, es muy fuertemente más importante que

el pecuario, es moderadamente más importante que el forestal y el pétreos y es igual de importante que el urbano.

El sector urbano su importancia en el deterioro de los cuerpos de agua es fuertemente más importante que el agrícola y el acuícola, es igual de importante que el pecuario y el turismo, moderadamente más importante que el forestal y el pétreos y extremadamente más importante que el de conservación.

El sector pétreos su importancia en el deterioro de los cuerpos de agua es fuertemente menos importante que el agrícola y pecuario, es moderadamente más importante que el forestal, es moderadamente menos importante que el turismo y el urbano, es fuertemente más importante que el acuícola y muy fuertemente más importante que el de conservación.

El sector acuícola su importancia en el deterioro de los cuerpos de agua, es muy fuertemente menos importante que el agrícola, fuertemente menos importante que el pecuario, turismo, urbano y pétreos, moderadamente más importante que el forestal, igual de importante que el acuícola y fuertemente más importante que el de conservación.

El sector conservación su importancia en el deterioro de los cuerpos de agua, es extremadamente menos importante que el agrícola, turismo y urbano, muy fuertemente menos importante que el pecuario, es igual de importante que el forestal y fuertemente menos importante que el pétreos y acuícola.

Los resultados obtenidos de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores y su influencia en el deterioro de los cuerpos de agua, y que se muestran en la siguiente tabla, son el turismo, seguido el urbano, sectores con igual importancia son el agrícola y el pecuario; y aquellos con menos importancia son pétreos, acuícola, forestal y por último el de conservación.

Tabla 2.15. Resultados de la matriz de comparaciones pareadas (Deterioro de los cuerpos de agua).

SECTOR	1RA. INTERACCIÓN	2DA. INTERACCIÓN	3RA INTERACCIÓN	DIFERENCIA
AGRICOLA	0.148	0.138	**0.140**	0.002
PECUARIO	0.143	0.139	**0.140**	0.001
FORESTAL	0.026	0.033	**0.032**	-0.001

TURISMO	0.356	0.348	**0.350**	0.001
URBANO	0.208	0.209	**0.208**	0.000
PETREOS	0.071	0.074	**0.074**	0.000
ACUICOLA	0.033	0.041	**0.040**	-0.001
CONSERVACION	0.014	0.017	**0.017**	0.000

En la siguiente figura que los sectores turismo y urbano son los que tienen una mayor importancia en el deterioro de los cuerpos de agua en el municipio.

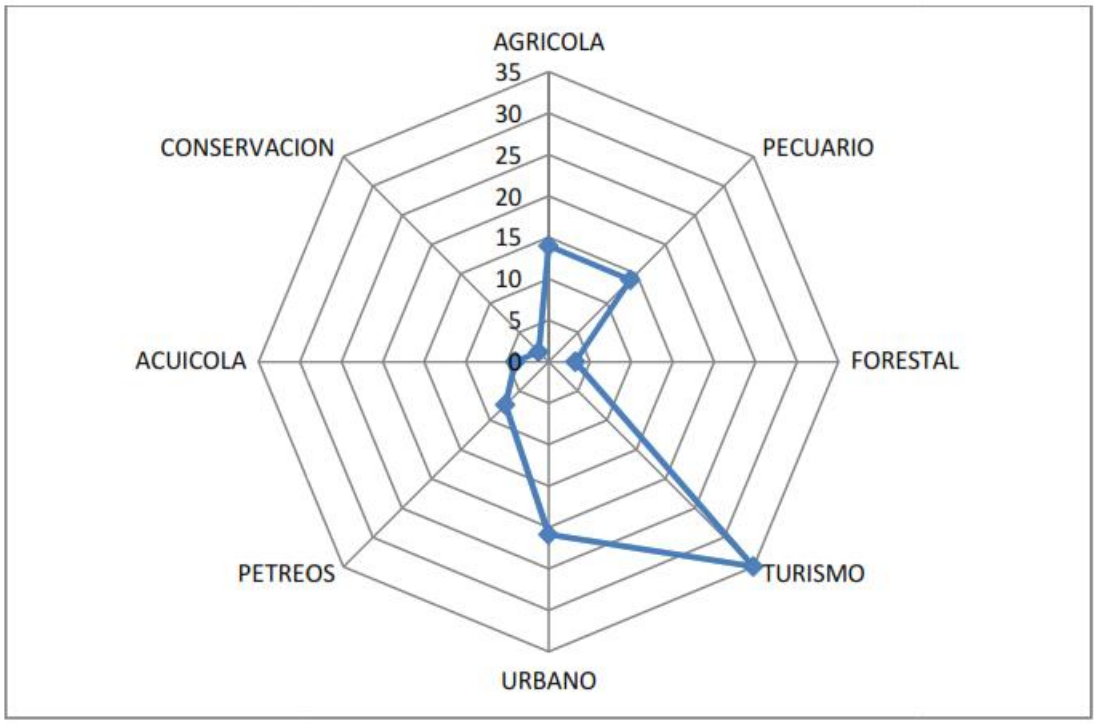


Figura 2.6 Ponderación de los sectores en el deterioro de los cuerpos de agua.

2.2.7 Incendios forestales.

Tabla 2.16. Matriz combinaciones pareadas de los sectores: Incendios forestalez

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	1	5	7	7	7	7	7	7
PECUARIO	1/5	1	5	5	5	5	5	5
FORESTAL	1/7	1/5	1	5	5	1	7	3
TURISMO	1/7	1/5	1/5	1	1	1/5	3	3
URBANO	1/7	1/5	1/5	1	1	1	3	3
PETREOS	1/7	1/5	1	5	1	1	5	3
ACUICOLA	1/7	1/5	1/7	1/3	1/3	1/5	1	1/3
CONSERVACION	1/7	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	3	1

Se lee:

El sector agrícola su importancia en los incendios forestales, es fuertemente más importante que el pecuario y muy fuertemente más importante que el forestal, turismo, urbano, pétreos, acuícolas y conservación.

El sector pecuario su importancia en los incendios forestales, es fuertemente menos importante que el agrícola y es fuertemente más importante que el forestal, turismo, urbano, pétreos, acuícola y el de conservación.

El sector forestal la importancia que tiene en los incendios forestales es: muy fuertemente menos importante que el agrícola, es fuertemente menos importante que el pecuario, fuertemente más importante que el turismo y urbano, igual de importante que el pétreo, muy fuertemente más importante que el acuícola y moderadamente más importante que el de conservación.

El sector turismo su importancia en los incendios forestales es: muy fuertemente menos importante que el agrícola, fuertemente menos importante que el pecuario, forestal y pétreos, es igual de importante que el urbano y es moderadamente más importante que el acuícola y el de conservación.

El sector urbano la importancia que tiene en los incendios forestales es: muy fuertemente menos importante que el agrícola, fuertemente menos importante que e pecuario y el forestal, es igual de importante que el turismo y pétreos, moderadamente más importante que el acuícola y el de conservación.

El sector pétreo su importancia en los incendios forestales es: muy fuertemente menos importante que el agrícola, es fuertemente menos importante que el pecuario, es igual de importante que el forestal y urbano, es fuertemente más importante que el turismo y el acuícola, es moderadamente más importante que el de conservación.

El sector acuícola su importancia en los incendios forestales es muy fuertemente menos importante que el agrícola y forestal, es fuertemente menos importante que el pecuario y el pétreo, es moderadamente menos importante que el turismo, urbano y el de conservación.

El sector conservación su importancia en los incendios forestales es muy fuertemente menos importante que el agrícola, es fuertemente menos que el pecuario, es moderadamente menos importante que el forestal, turismo, urbano y pétreos y es moderadamente más importante que el acuícola.

En los resultados obtenidos de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores y su influencia en los incendios forestales, que se muestran en la siguiente tabla, se observa que son el sector agrícola, seguido pecuario y el forestal, los sectores de más incidencia; y aquellos con menos importancia son pétreos, turismo, acuícola y por último el de conservación.

Tabla 2.17. Resultado de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores (Incendios forestales).

SECTOR	1RA. INTERACCIÓN	2DA. INTERACCIÓN	3RA INTERACCIÓN	DIFERENCIA
AGRICOLA	0.424	0.432	**0.431**	-0.001
PECUARIO	0.235	0.221	**0.222**	0.001
FORESTAL	0.115	0.112	**0.112**	0.000
TURISMO	0.041	0.044	**0.044**	0.000
URBANO	0.050	0.051	**0.051**	0.000
PETREOS	0.087	0.085	**0.085**	0.000
ACUICOLA	0.019	0.022	**0.022**	0.000
CONSERVACION	0.029	0.033	**0.033**	0.000

En la siguiente figura que los sectores agrícola y pecuario son los que tienen una mayor importancia en los incendios forestales en el municipio.

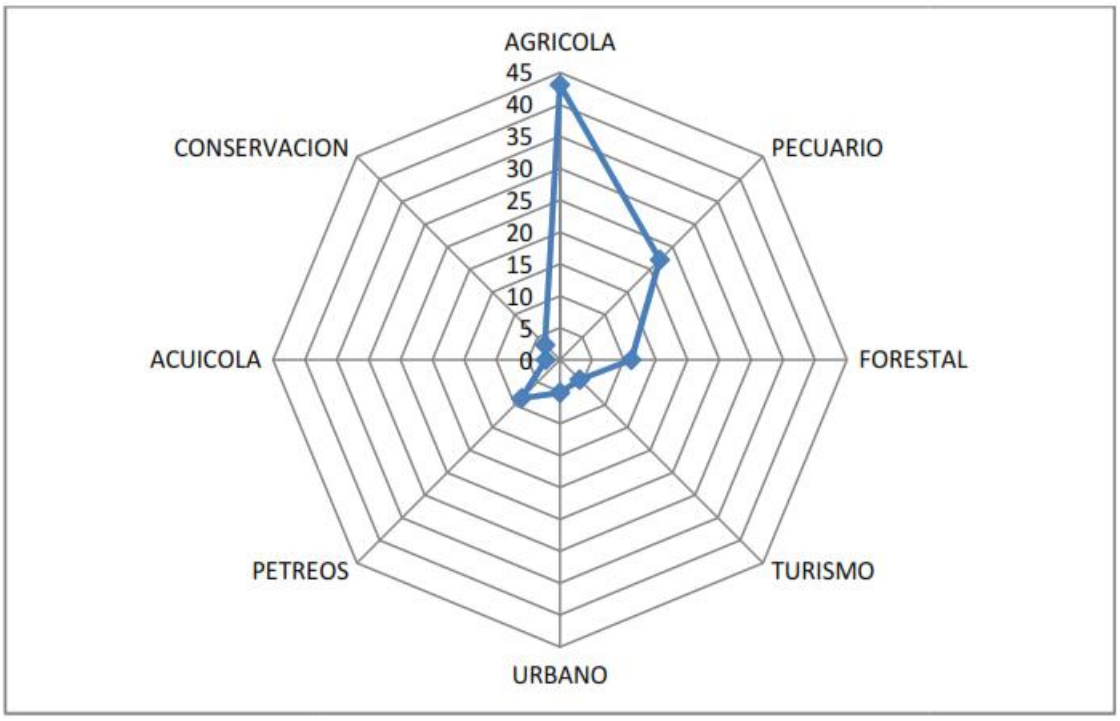


Figura 2.7. Importancia de los sectores en los incendio forestales.

2.2.8 Deterioro de la laguna

Tabla 1.28. Matriz combinaciones pareadas de los sectores: Deterioro de la laguna

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	1	5	5	1/7	1/5	1	5	7
PECUARIO	1/5	1	3	1/5	1/7	1	5	7
FORESTAL	1/5	1/3	1	1/7	1/7	1	1	5
TURISMO	7	5	7	1	1/3	7	5	7
URBANO	5	7	7	3	1	7	5	9
PETREOS	1	1	1	1/7	1/7	1	1	5
ACUICOLA	1/5	1/5	1	1/5	1/5	1	1	3
CONSERVACION	1/7	1/7	1/5	1/7	1/9	1/5	1/3	1

Se lee:

El sector agrícola tiene una importancia en el deterioro de la laguna, fuertemente más importante que el pecuario, forestal y el acuícola, es muy fuertemente menos importante que el turismo, es fuertemente menos importante que el urbano, es igual de importante que el pétreo, es muy fuertemente más importante que el de conservación.

El sector pecuario su importancia en el deterioro de la laguna es fuertemente menos importante que el agrícola y el turismo, es moderadamente más importante que el forestal, es muy fuertemente menos importante que el urbano, es igual de importante que el pétreo, fuertemente más importante que el acuícola y es muy fuertemente más importante que el de conservación.

El sector forestal su importancia en el deterioro de la laguna es fuertemente menos que el agrícola, es moderadamente menos importante que el pecuario, es muy fuertemente menos importante que el turismo y urbano, es igual de importante que el pétreo y acuícola y es fuertemente más importante que el de conservación.

El sector turismo su importancia en el deterioro de la laguna es muy fuertemente más importante que el agrícola, forestal, pétreo y conservación, es fuertemente más importante que el pecuario y el acuícola y moderadamente menos importante que el urbano.

El sector urbano su importancia en el deterioro de la laguna es fuertemente más importante que el agrícola y el acuícola, es muy fuertemente más importante que el pecuario, forestal y pétreos, moderadamente más importante que el turismo, extremadamente más importante que el de conservación.

El sector pétreo su importancia en el deterioro de la laguna es igual de importante que el agrícola, pecuario, forestal y acuícola, es muy fuertemente menos importante que el turismo y urbano y es fuertemente más importante que el de conservación.

El sector acuícola su importancia en el deterioro de la laguna es fuertemente menos importante que el agrícola, pecuario, turismo y urbano, es igual de importante que el forestal y pétreo, es moderadamente menos importante que el de conservación.

El sector conservación su importancia en el deterioro de la laguna es muy fuertemente menos importante que el agrícola, pecuario y turismo, es fuertemente menos importante que el forestal y pétreo, es extremadamente menos importante que el urbano y moderadamente menos importante que el acuícola.

Los resultados obtenidos de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores y su influencia en el deterioro de la laguna, que se muestran en la siguiente tabla, muestran que los sectores que tienen mayor influencia es el urbano seguido del turismo y agrícola; y los de menor importancia son el pecuario, pétreos, acuícola y conservación

Tabla 2.19. Resultado de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores (Deterioro de la laguna).

SECTOR	1RA. INTERACCIÓN	2DA. INTERACCIÓN	3RA INTERACCIÓN	DIFERENCIA
AGRICOLA	0.138	0.125	**0.127**	0.001
PECUARIO	0.073	0.075	**0.075**	0.000
FORESTAL	0.036	0.039	**0.039**	0.000
TURISMO	0.295	0.283	**0.285**	0.001
URBANO	0.354	0.366	**0.365**	-0.002
PETREOS	0.054	0.055	**0.055**	0.000
ACUICOLA	0.034	0.039	**0.038**	0.000
CONSERVACION	0.015	0.017	**0.017**	0.000

En la siguiente figura se puede ver que el sector urbano, seguido por el turismo son los que tienen una mayor importancia en el deterioro de la laguna en el municipio.

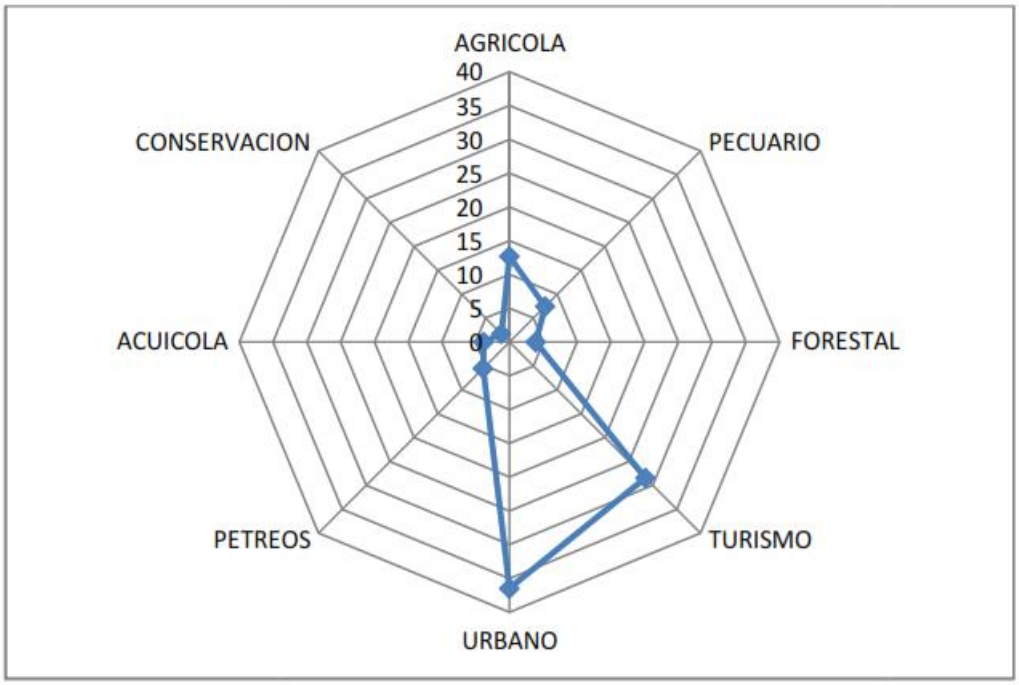


Figura 2.8. Importancia de los sectores en el deterioro de la laguna.

2.2.9. Manejo y disposición de residuos sólidos

Tabla 2.20. Matriz combinaciones pareadas de los sectores: Manejo y disposición de residuos sólidos.

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	1	5	5	1/7	1/7	5	5	9
PECUARIO	1/5	7	7	1/7	1/9	3	3	9
FORESTAL	1/5	1/7	1	1/8	1/9	1	1	2
TURISMO	7	7	8	1	1/5	9	9	9
URBANO	7	9	9	5	1	9	9	9
PETREOS	1/5	1/3	1	1/9	1/9	1	1	2
ACUICOLA	1/5	1/3	1	1/9	1/9	1	1	2
CONSERVACION	1/9	1/9	½	1/9	1/9	½	½	1

Se lee:

El sector agrícola su importancia en el manejo y disposición de residuos sólidos es fuertemente más importante que el pecuario, forestal, pétreo y acuícola, es muy fuertemente menos importante que el turismo y el urbano, es extremadamente más importante que el de conservación.

El sector pecuario su importancia en el manejo y disposición de residuos sólidos es fuertemente menos importante que el agrícola, es muy fuertemente más importante que el turismo, es extremadamente menos importante que el urbano, es moderadamente más importante que elpétreo y acuícola y es extremadamente más importante que el de conservación.

El sector forestal y su importancia en el manejo y disposición deresiduos sólidos, es fuertemente menos importante que el agrícola, es muy fuertemente menos importante que el pecuario, está entre muy fuertemente y extremadamente importante menos importante que el turismo, es extremadamente menos importante que el urbano, es igual de importante que el pétreo y el acuícola y está entre igual a moderadamente más importante que la conservación.

El sector turismo y su importancia en el manejo y disposición de residuos sólidos, es muy fuertemente más importante que el agrícola y el pecuario, está entre muy fuertemente y extremadamente más importante que el forestal, es fuertemente menos importante que el urbano, es extremadamente más importante que el pétreo, acuícola y el de conservación.

El sector urbano y su importancia en el manejo y disposición de residuos sólidos, es muy fuertemente más importante que el agrícola, es extremadamente más importante que el pecuario, forestal, pétreo, acuícola y el de conservación y es fuertemente más importante que el turismo.

El sector pétreo y su importancia en el manejo y disposición de residuos sólidos es fuertemente menos importante que el agrícola, moderadamente menos importante que el pecuario, es igual de importante que el forestal y el acuícola, es extremadamente menos importante que el

turismo y el urbano, está entre igual a moderadamente más importante que el de conservación.

El sector acuícola y su importancia en el manejo y disposición de residuos sólidos es fuertemente menos importante que el agrícola, es moderadamente menos importante que el pecuario, es igual de importante que el forestal y el pétreo, es extremadamente menos importante que el turismo y el urbano, está entre igual a moderadamente más importante que el de conservación.

El sector conservación y su importancia en el manejo y disposición de residuos sólidos es extremadamente menos importante que el agrícola, pecuario, turismo y urbano, está entre igual a moderadamente menos importante que el forestal, pétreos y acuícola.

Los resultados obtenidos de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores y su influencia en el manejo y disposición de los residuos sólidos, que se muestran en la siguiente tabla, muestran que los sectores que tienen mayor influencia es el urbano seguido del turismo, posteriormente se ubica el pecuario y el agrícola; y por último se encuentran el pétreo, acuícola y el de conservación.

Tabla 2.21. Resultado de la Matriz de comparaciones pareadas de los sectores (Manejo y disposición de los residuos sólidos).

SECTOR	1RA. INTERACCIÓN	2DA. INTERACCIÓN	3RA INTERACCIÓN	DIFERENCIA
AGRICOLA	0.126	0.122	**0.122**	0.000
PECUARIO	0.134	0.131	**0.132**	0.000
FORESTAL	0.019	0.020	**0.020**	0.000
TURISMO	0.269	0.258	**0.259**	0.000
URBANO	0.398	0.412	**0.411**	-0.001
PETREOS	0.021	0.022	**0.022**	0.000
ACUICOLA	0.021	0.022	**0.022**	0.000
CONSERVACION	0.012	0.014	**0.014**	0.000

En la siguiente figura se observa como el sector urbano, seguido por el turismo, son los que tienen una mayor importancia en la problemática del manejo y disposición de los residuos sólidos en el municipio.

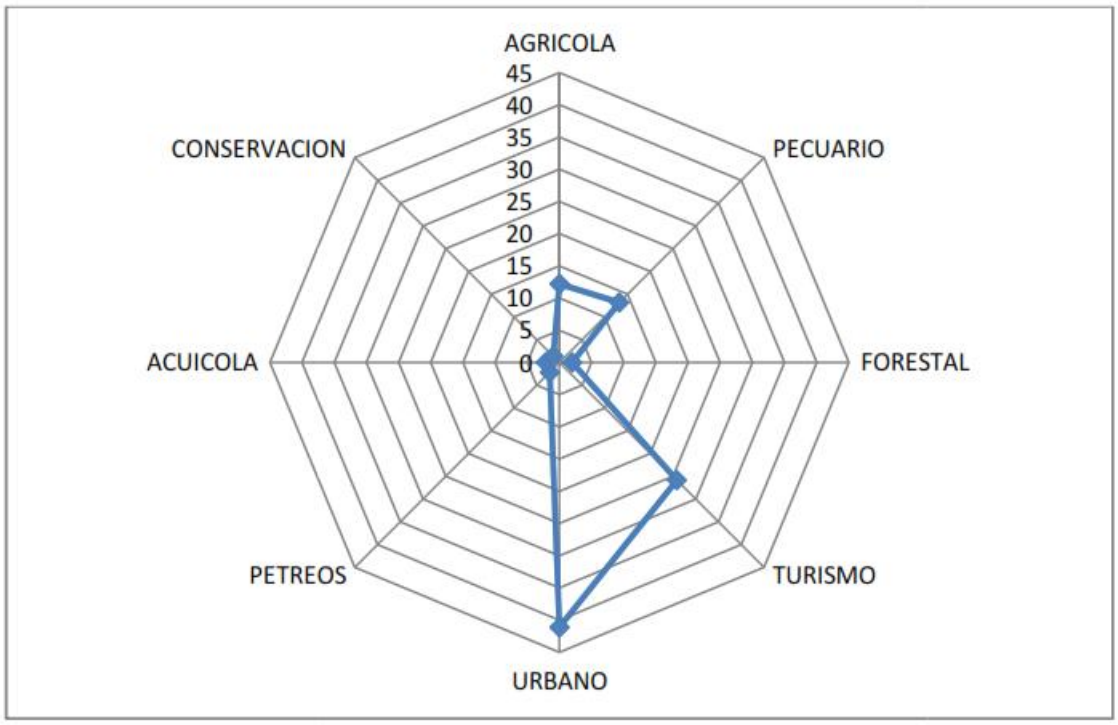


Figura 2.9. Importancia de los sectores en el manejo y disposición de residuos sólidos.

2.2.10. Cambio de uso de suelo

Tabla 2.22. Matriz combinaciones pareadas de los sectores: Cambio de uso de suelo

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	1	1/3	7	1/5	1/7	3	9	9
PECUARIO	3	1	7	5	7	7	9	9
FORESTAL	1/7	1/7	1	1/5	1/7	1/5	1/2	1
TURISMO	5	1/5	5	1	1/5	9	9	9
URBANO	7	1/7	7	5	1	9	9	9
PETREOS	1/3	1/7	5	1/9	1/9	1	5	9
ACUICOLA	1/9	1/9	2	1/9	1/9	1/5	1	3
CONSERVACION	1/9	1/9	1	1/9	1/9	1/9	1/3	1

Se lee:

El sector agrícola su importancia en cambio de uso de suelo es moderadamente menos importante que el pecuario, es muy fuertemente más importante que el forestal, fuertemente menos importante que el turismo, es muy fuertemente menos importante que el urbano, es moderadamente más importante que el pétreo, es extremadamente más importante que el acuícola y el de conservación.

El sector pecuario y su importancia en el cambio de uso de suelo es moderadamente más importante que el agrícola, es muy fuertemente más importante que el forestal, urbano y pétreo, es fuertemente más importante que el turismo y extremadamente más importante que el acuícola y el de conservación.

El sector forestal y su importancia en el cambio de uso de suelo es muy fuertemente menos importante que el agrícola, pecuario y urbano, es fuertemente menos importante que el turismo y el pétreo, está entre igual y moderadamente menos importante que el acuícola, es igual de importante que el de conservación.

El sector turismo su importancia en el cambio de uso de suelo es fuertemente más importante que el agrícola y forestal, es fuertemente menos importante que el forestal y el urbano, es extremadamente más importante que el pétreo, acuícola y el de conservación.

El sector urbano su importancia en el cambio de uso de suelo es muy fuertemente más importante que el agrícola y el forestal, es muy fuertemente menos importante que el pecuario, es fuertemente más importante que el turismo y es extremadamente más importante que el pétreo, acuícola y el de conservación.

El sector pétreo y su importancia en el cambio de uso de suelo es moderadamente menos

importante que el agrícola, es muy fuertemente menos importante que el pecuario, es fuertemente más importante que el forestal y el acuícola, es extremadamente menos importante que el turismo y urbano y es extremadamente más importante que el de conservación.

El sector acuícola su importancia en el cambio de uso de suelo es extremadamente menos importante que el agrícola, pecuario, turismo y urbano, está entre igual a moderadamente más importante que el forestal y es moderadamente más importante que el acuícola.

El sector conservación importancia en el cambio de uso de suelo es extremadamente menos importante que el agrícola, pecuario, turismo y pétreo, es igual de importante que el forestal y es moderadamente menos importante que el acuícola.

Los resultados obtenidos de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores y su influencia en el cambio de uso de suelo, que se muestran en la siguiente tabla, muestran que los sectores que tienen mayor influencia son el pecuario, seguido por el urbano, posteriormente se ubica turismo y el agrícola; y por último se ubican el pétreo, acuícola, forestal y el de conservación.

Tabla 2.23. Resultado de la matriz de comparaciones pareadas de los sectores (Cambio de Uso del suelo).

SECTOR	1RA. INTERACCIÓN	2DA. INTERACCIÓN	3RA INTERACCIÓN	DIFERENCIA
AGRICOLA	0.088	0.086	**0.087**	0.001
PECUARIO	0.348	0.410	**0.397**	-0.012
FORESTAL	0.015	0.019	**0.019**	-0.001
TURISMO	0.189	0.149	**0.156**	0.007
URBANO	0.286	0.250	**0.256**	0.006
PETREOS	0.047	0.050	**0.050**	0.000
ACUICOLA	0.017	0.021	**0.021**	-0.001
CONSERVACION	0.011	0.015	**0.014**	-0.001

En la siguiente figura se observa que el sector pecuario, seguido por el urbano y el turismo, son los que tienen una mayor importancia en el cambio de uso de suelo en el municipio.

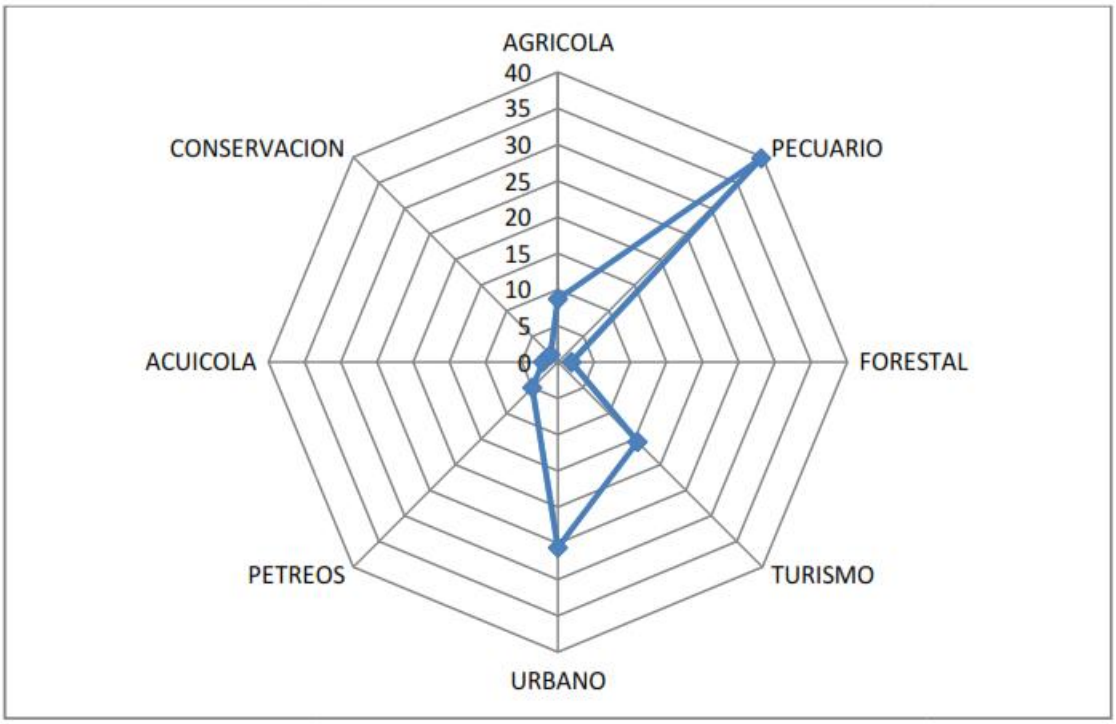


Figura 2.10. Importancia de los sectores en el cambio de uso de suelo.

2.3 Elaboración del mapa de actores

Como se menciona en la metodología este ejercicio se realizó con la finalidad de que los sectores se reconozcan como interactuantes entre si y se muestre la percepción que tienen sobre dicha interacción. Para ello se le pregunto a 6 diferente representantes de los sectores identificados cual era la relacion con los demas sectores y se untubieron los siguientes resultados:

Sector 1: Matriz de interacción entre los sectores.

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	0	1	1	0	0	0	0	-1
PECUARIO	-1	0	1	0	0	0	0	-1
FORESTAL	1	0	0	-1	0	0	0	-1
TURISMO	0	1	0	0	1	0	0	-1
URBANO	1	-1	-1	1	0	1	0	-1
PETREOS	0	-1	0	-1	0	0	0	-1
ACUICOLA	0	0	1	1	-1	1	0	-1
CONSERVACION	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0

Sector 2: Matriz de interacción entre los sectores.

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	0	1	1	0	1	1	1	1
PECUARIO	1	0	1	1	1	1	1	1
FORESTAL	1	1	0	1	1	1	1	1
TURISMO	-1	1	0	0	1	1	1	1
URBANO	-1	1	-1	0	0	1	1	1
PETREOS	0	0	-1	0	1	0	0	1
ACUICOLA	0	0	0	1	1	1	0	1
CONSERVACION	-1	- 1	- 1	-1	-1	-1	-1	0

Sector 3: Matriz de interacción entre los sectores.

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	CUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	0	1	1	0	0	-1	1	1
PECUARIO	-1	0	1	-1	0	-1	1	1
FORESTAL	-1	-1	0	-1	-1	-1	0	0
TURISMO	0	1	1	0	0	0	1	1
URBANO	0	0	1	0	0	0	1	1
PETREOS	1	1	1	0	0	0	1	1
ACUICOLA	-1	-1	0	-1	-1	-1	0	1
CONSERVACION	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	0

Sector 4: Matriz de interacción entre los sectores.

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	0	1	1	1	1	0	1	-1
PECUARIO	1	0	-1	0	0	0	1	-1
FORESTAL	0	0	0	1	0	0	0	-1
TURISMO	1	1	0	0	1	1	1	1
URBANO	1	1	1	1	0	1	1	-1
PETREOS	0	0	0	0	0	0	0	1
ACUICOLA	0	0	0	0	0	0	0	-1
CONSERVACION	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0

Sector 5: Matriz de interacción entre los sectores.

SECTORES	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
AGRICOLA	0	1	1	1	0	0	0	1
PECUARIO	1	0	1	0	1	0	0	1
FORESTAL	1	1	0	1	0	0	0	0
TURISMO	1	1	1	0	1	1	0	1
URBANO	1	1	1	0	0	1	-1	1
PETREOS	-1	-1	1	0	-1	0	0	1
ACUICOLA	-1	-1	-1	0	-1	0	0	1
CONSERVACION	-1	-1	0	0	-1	0	1	0

Sector .6. Integración resultados de las 5 mesas

AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	TURISMO	URBANO	PETREOS	ACUICOLA	CONSERVACION
0	1	1	1	0	0	1	-1
1	0	-1	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	-1
1	1	0	0	1	1	1	1
0	1	1	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	-1	0	1
-1	0	-1	-1	-1	-1	0	0

Esta matriz analizó a través del software MINITAB 16, utilizando el módulo de análisis multivariado de componentes principales.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación

Valor propio	4.1218	1.9534	0.7847	0.5945	0.3106	0.1956	0.0394	0.0000
Proporción	0.515	0.244	0.098	0.074	0.039	0.024	0.005	0.000
Acumulada	0.515	0.759	0.857	0.932	0.971	0.995	1.000	1.000

Análisis de componente principal:

Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación

Valor propio	4.1218	1.9534	0.7847	0.5945	0.3106	0.1956	0.0394	0.0000
Proporción	0.515	0.244	0.098	0.074	0.039	0.024	0.005	0.000
Acumulada	0.515	0.759	0.857	0.932	0.971	0.995	1.000	1.000
Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
AGRICOLA	0.321	-0.416	0.516	0.021	-0.017	0.310	-0.495	0.340
PECUARIO	0.405	0.149	-0.414	-0.169	0.575	0.356	-0.287	-0.275
FORESTAL	0.344	0.393	-0.370	0.353	-0.287	0.140	0.034	0.602
TURISMO	0.339	0.424	0.320	0.295	-0.341	-0.137	-0.251	-0.563
URBANO	0.395	-0.309	0.155	0.442	0.234	0.117	0.664	-0.142
PETREOS	0.447	-0.064	-0.002	-0.204	0.217	-0.815	-0.048	0.201
ACUICOLA	0.380	-0.177	-0.134	-0.621	-0.546	0.183	0.267	-0.137
CONSERVACION	-0.021	-0.583	-0.531	0.370	-0.265	-0.164	-0.307	-0.222

En primer lugar aparecen los valores propios de cada componente principal, y justo debajo la proporción de varianza explicada por cada una de ellos y la varianza explicada acumulada.

Los datos de varianza explicada son muy importantes para saber cuántos componentes principales se van a utilizar en el análisis; en este caso se observa que los primeros cuatro componentes explican el 93% de la varianza de los datos.

Finalmente, aparecen las correlaciones de cada componente principal con cada variable: esto nos ayudará a interpretar las variables

Se observa que el sector Agrícola tiene la mayor correlación positiva con materiales pétreos y Pecuario, explicando su compatibilidad, mientras tiene una pequeña correlación negativa con la conservación.

El sector pecuario muestra una correlación positiva con Turismo y con Forestal y una correlación negativa con conservación, lo que muestra claramente que la problemática del sector conservación es detonada por el sector pecuario.

El sector Forestal muestra una correlación positiva con el agrícola y negativa con el Pecuario y Conservación, resalta el hecho de que la agricultura no agrava la problemática del sector forestal.

El sector turismo presenta una correlación positiva con los sectores urbano, conservación y forestal, lo que indica una mezcla entre el turismo tradicional y el de naturaleza; y presenta una correlación negativa con los sectores pecuario y pétreos.

El sector Urbano presenta una correlación positiva con el sector pecuario y pétreo y negativa con los sectores conservación y forestal, evidenciando el antagonismo entre estos sectores por el espacio y los recursos.

Otro aspecto que se puede considerar para el análisis es la construcción de un dendrograma por conglomerados, donde se observa que los sectores Agrícola y Urbano con pétreos y agrícola son los sectores más similares entre sí, mientras que los sectores conservación y turismo son los sectores más distintos al resto y al mismo tiempo podría formar un conglomerado de análisis junto con el sector forestal. (Figura 2.11)

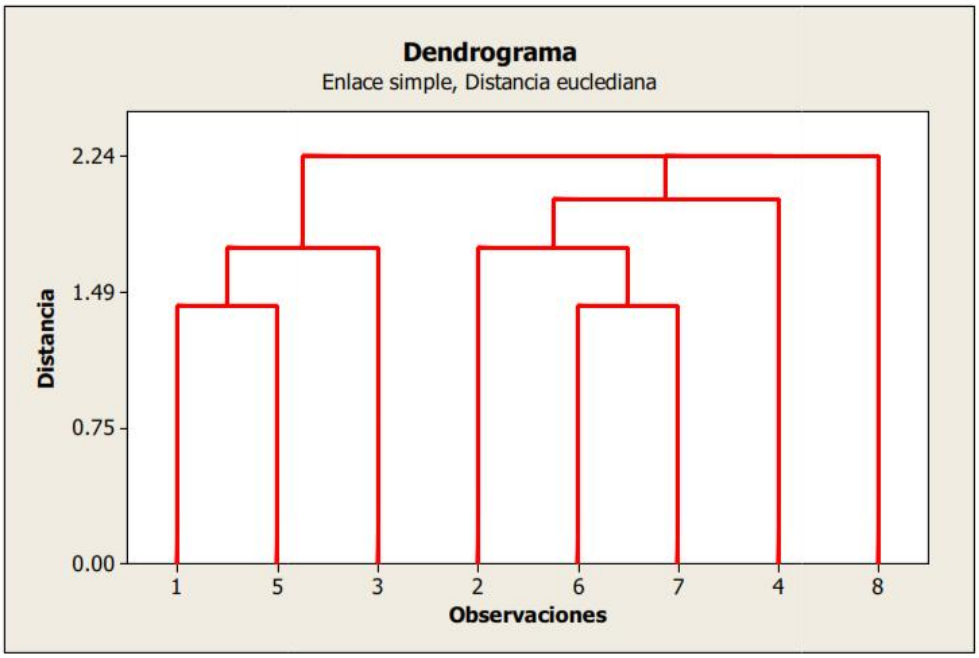


Figura 2.11. Dendograma de la interacción entre los sectores

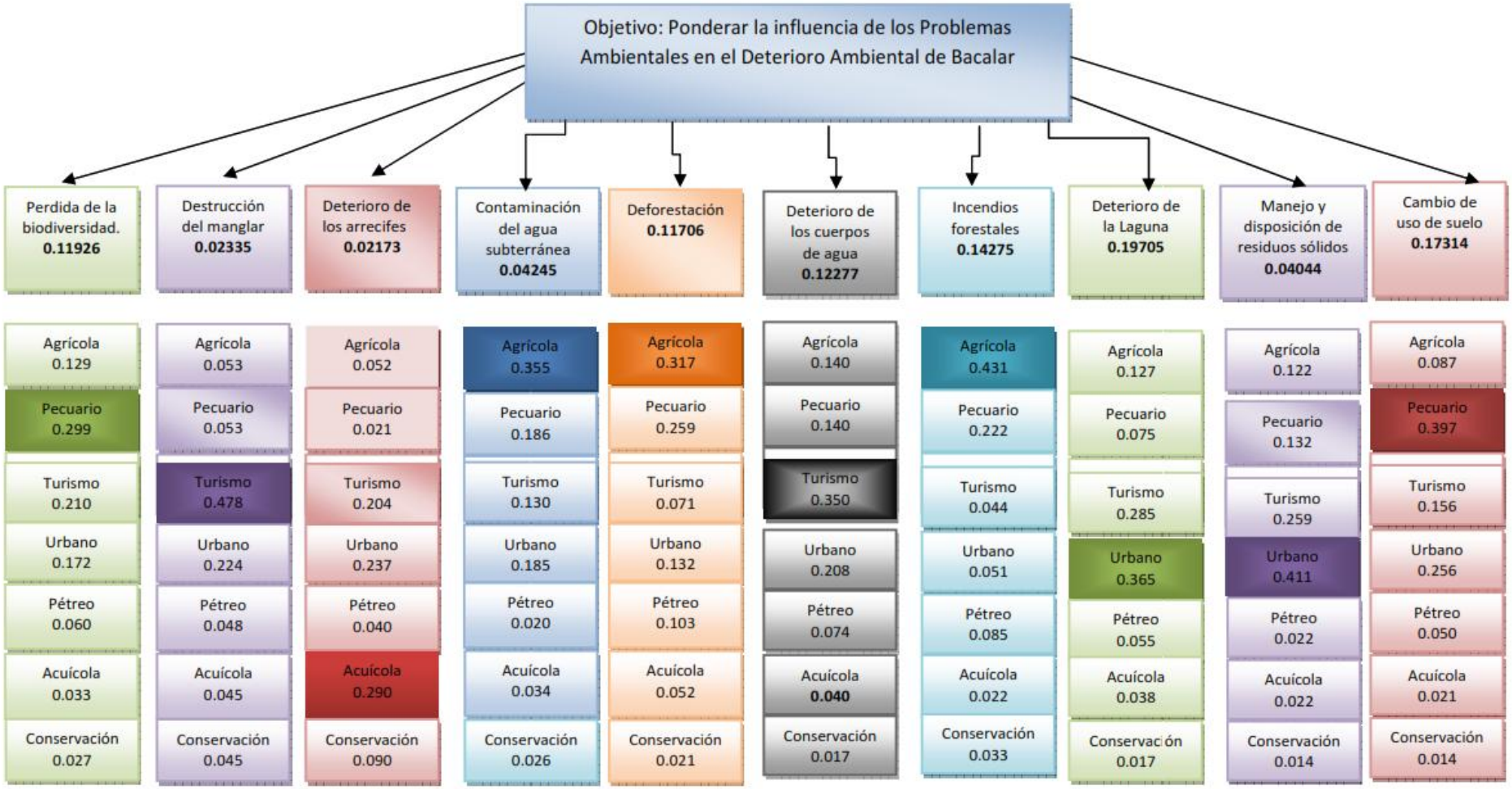


Figura 2.12. Esquema Jerárquico de la Problemática Ambiental del Municipio de Bacalar

3 Diagnóstico de la Vulnerabilidad

3.1 Análisis Sociedad Medio Ambiente

Vegetación

Según esta carta en el municipio de Bacalar encontramos actualmente 8 diferentes tipos de vegetación, siendo concordante con los datos de la Carta de Uso de Suelo y vegetación Serie IV del INEGI, lo cuales son: la selva baja subperenifolia, la selva baja subcaducifolia, la selva mediana subperenifolia, la selva mediana subcaducifolia, la vegetación de peten, la vegetación de manglar, el pastizal o sabana, y la vegetación hidrófila o tular.

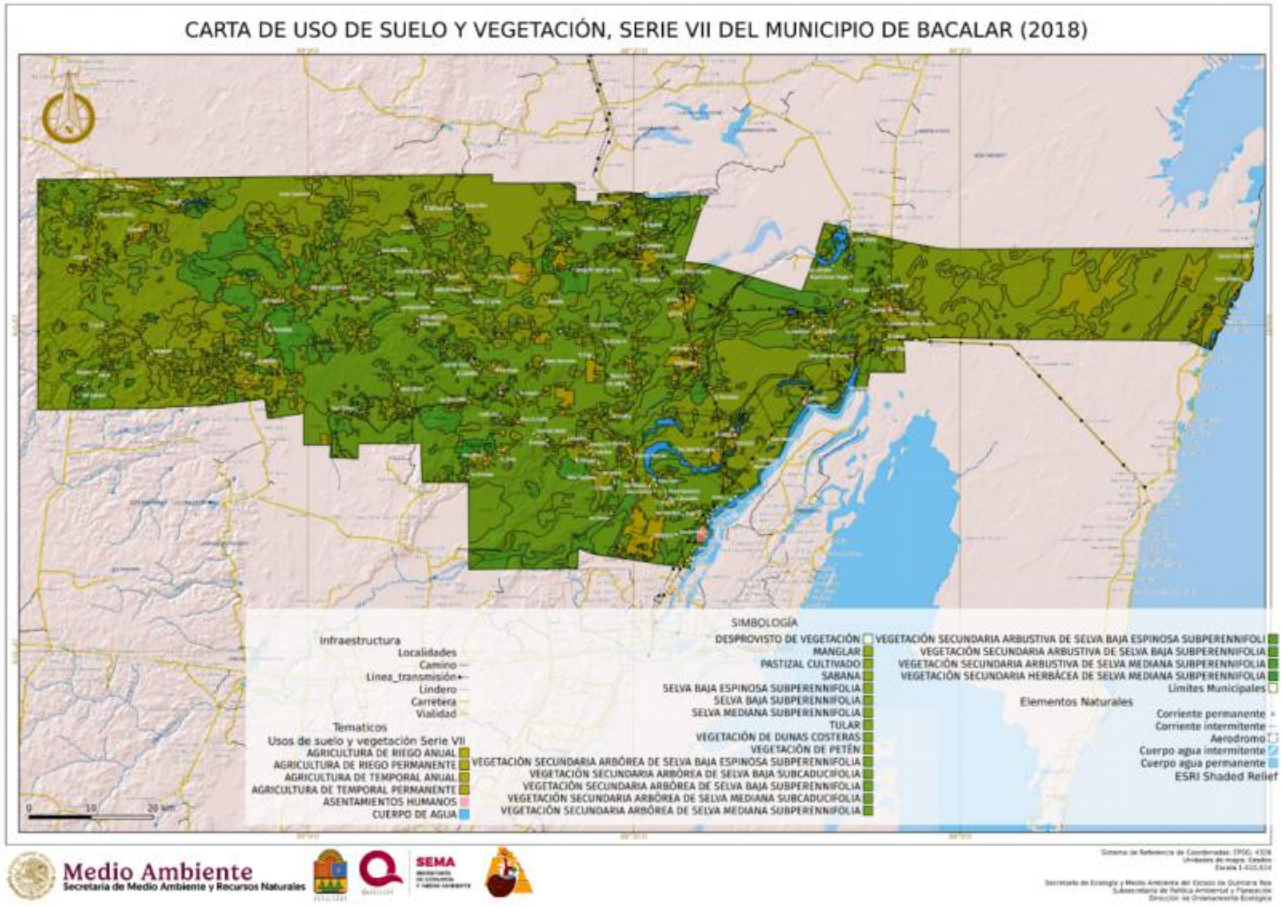


Figura 3.1.- Carta de Uso de Suelo y Vegetación del Municipio de Bacalar 2012, Escala 1:50,000.

Dentro de estos principales tipos de vegetación encontramos, específicamente en las selvas, una condición ecológica variada, lo cual permite hacer una subdivisión de estos en base a su condición en cuanto a los distintos estados sucesionales de la vegetación natural, es decir vegetación primaria y vegetación secundaria, y el estado de desarrollo o fase de la vegetación secundaria, es decir herbácea, arbustiva y arbórea. Así tenemos que dentro de los cuatro tipos de selva que encontramos en el municipio, tenemos en tres de ellos los dos estados sucesionales (no se encontró selva baja subcaducifolia en estado primario) y varios estados o fases de desarrollo, lo cual nos da como resultado los siguientes tipos o subtipos de selvas: selva baja subperenifolia primaria, selva baja subperenifolia con vegetación secundaria arbustiva, selva baja subperenifolia con vegetación secundaria arbórea, selva baja subcaducifolia con vegetación secundaria arbórea, selva mediana subperenifolia primaria, selva mediana subperenifolia con vegetación secundaria arbustiva, selva mediana subperenifolia con vegetación secundaria arbórea, selva mediana subperenifolia con vegetación secundaria herbácea, selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria arbórea y selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva.

Los tipos y/o subtipos de vegetación que dominan son en primer lugar la selva mediana subperenifolia con vegetación secundaria arbórea, la cual ocupa 323,513.64 ha de terreno, lo cual representa el 45.18% del territorio municipal. Le sigue la selva baja subperenifolia con vegetación secundaria arbórea, la cual ocupa más de 104,766.68 ha de terreno representando el 14.63% del territorio municipal, que se observa en la siguiente tabla.

Sobresale el hecho de que las selvas en condición primaria cubren ya solamente, considerando tanto la selva baja (43,114.97 ha) como la mediana (38,576.55 ha), poco más de 81 mil ha de terreno, lo cual implica que están presentes en solo el 11.41% del territorio municipal que se observa en la siguiente figura.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	HECTÁREAS

RA	AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL	586.95
RP	AGRICULTURA DE RIEGO PERMANENTE	842.49
TA	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	18,530.53
TP	AGRICULTURA DE TEMPORAL PERMANENTE	130.56
AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	2,567.46
H20	CUERPO DE AGUA	7,364.28
ADV	DESPROVISTO DE VEGETACIÓN	63.78
VM	MANGLAR	13,377.01
PC	PASTIZAL CULTIVADO	65,532.65
VS	SABANA	194.04
SBQ	SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA	59,708.42
SBQP	SELVA BAJA SUBPERENNIFOLIA	20,867.09
SMQ	SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	148,835.28
VT	TULAR	21,766.32
VU	VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS	198.62
PT	VEGETACIÓN DE PETÉN	678.06
VSA/SBQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI	31,086.95
VSA/SBS	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBPERENNIFOLIA	97.03
VSA/SBQP	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	26,528.35
VSA/SMS	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA	77,105.52
VSA/SMQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA	833.14
VSa/SBQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA SUBPERENNIFOLIA	24.20
VSa/SBQP	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	4,218.87
VSa/SMQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	213,835.60
VSh/SMQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA HERBÁCEA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	1,225.48

Tabla 3.1.- Tipos de Vegetación y Usos del Suelo en el Municipio de Bacalar, 2012.
Fuente: Carta de Uso de Suelo y Vegetación del Municipio de Bacalar 2018, INEGI.



Figura 3.2.- Vegetación en estado primario en el Municipio de Bacalar.

A continuación se describen las principales características de los 8 tipos de vegetación presentes en el municipio de Bacalar y se dan algunos comentarios sobre su distribución:

1. Selva baja subcaducifolia.- Este tipo de vegetación ha sido reportado en otros estudios (POET Región Laguna de Bacalar, 2005) dentro del territorio del municipio de Bacalar en especial en una franja de terreno que bordea a la Laguna de Bacalar en su margen occidental. No obstante, se menciona que la delimitación de esta vegetación no es muy precisa, debido a que en muchas localidades se ha llevado a cabo una fuerte modificación de la selva mediana (alta) subperennifolia, por lo que es muy posible que muchas de ellas en realidad correspondan a estados sucesionales de esta última vegetación.

Ante esta situación, en el estudio del POEL Región Laguna de Bacalar (2005), se enfatiza que según las opiniones vertidas por algunos autores, esta vegetación podría ser considerada como una selva de transición, integrando un enlace natural entre la selva mediana subperennifolia que se caracterizan por estar integradas de árboles de gran corpulencia (de más de 20 m de altura y DAP's superiores a los 20 cm) y las zonas bajas sujetas a inundación que se cubren con vegetación de manglar y otras comunidades.

Según el estudio mencionado anteriormente se trata de una selva que alcanza entre 8 y 15 m de altura, con el dosel completamente cerrado (durante la temporada más húmeda del año) y en donde la gran mayoría de estas especies presentan diámetros a la altura de pecho inferiores a los 15 cm, y solamente algunos individuos aislados presentan un diámetro superior. Dentro de los elementos caducifolios que constituyen esta vegetación se puede mencionar a: *Bursera simaruba* (chaka roja), *Croton niveus* (perezkutz),

Esembeckia berlandierii (naranjillo), *Gliricidia sepium* (madrecacao), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Piscidia piscipula* (habin), entre otros. En el caso de los perennifolios se tiene a *Gymnanthes lucida* (yaite), *Malpighia emarginata* (manzanita), *Manilkara zapota* (chicozapote), y *Talisia olivaeformis* (huaya), *Thrinax radiata* (Chit), *Sabal japa* (Huano), entre muchos otras. Asi mismo entre las epifitas se reporta a *Bromelia alsodes* (piñuela) y *Anthurium schlechtendalii* (moco de pavo). Este tipo de vegetacion presenta también un estrato arbustivo de entre 1 y 4 m de altura y en donde es conspicua la presencia de: *Nectandra coriacea* (laurel), *Malvaviscus arboreus* (tulipán de monte), *Psychotria nervosa, Randia aculeata* (cruceta), así como renuevos de los individuos de estratos superiores.

2. Selva Mediana Subperenifolia.- En esta comunidad vegetal sólo entre el 25al 50% de las especies presentes pierden sus hojas. Los árboles de esta comunidad presentan alturas que van de los 25 a los 35 m, su diámetro a la altura del pecho es menor que los de la selva alta perennifolia aun cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva,

se distinguen tres estratos arbóreos, de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 a 35 m. Formando parte de los estratos (especialmente del bajo y del medio) se encuentran las palmas, al igual que los de la selva alta perennifolia, presentan contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas. Especies importantes de este tipo de vegetación son las siguientes: *Lysiloma latisiliquum, Brosimum alicastrum* (capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jiote, copal), *Manilkara zapota* (ya', zapote, chicozapote), *Lysiloma* spp. (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Bucida buceras* (pukte'), *Alseis yucatanensis* (ja'asché), *Carpodiptera floribunda*. Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas, bromeliáceas y aráceas.

3. Selva mediana subcaducifolia.- Es subcaducifolia porque entre el 50 al 75% de sus especies tiran sus hojas en la época crítica. La altura de los elementos que componen a esta selva es de menor porte que la de la anterior. Este tipo de selva presenta en las zonas de su máximo desarrollo árboles cuya altura máxima oscila entre 25 y 30 m. Tanto la densidad de los árboles como la de la cobertura es mucho menor que la de las selvas altas perennifolias y subperennifolias; sin embargo, a mitad de la temporada de lluvias, en la época de mayor desarrollo de follaje, la cobertura puede ser lo suficientemente densa para disminuir fuertemente la incidencia de la luz solar en el suelo. Dentro de las especies que se localizan en este tipo de vegetación destacan las siguientes: *Hymenaea courbaril* (guapinol, capomo), *Hura polyandra* (jabillo, habillo), *Brosimum alicastrum* (capomo, ojoche), *Lysiloma bahamensis, Enterolobium cyclocarpum* (parota, orejón), *Piscidia piscipula, Bursera simaruba* (chaka', palo mulato), *Agave* sp. (ki'), *Vitex gaumeri* (*ya'axnik*), *Ficus* spp. (amate), *Aphananthe monoica, Astronium graveolens, Bernoullia flammea, Sideroxylon cartilagineum, Bursera arborea, Calophyllum brasiliense, Cordia alliodora, C. elaeagnoides, Tabebuia donnellsmithii, Dendropanax arboreus, Ficus cotinifolia, F. involuta, F. mexicana, Luehea candida, Lysiloma divaricatum, Sideroxylon capiri, Attalea cohune, Swietenia humilis, Tabebuia impetiginosa, T. Rosea, Acacia langlassei, Apoplanesia paniculata, Trichospermum mexicanum, Bursera excelsa, Jacaratia mexicana, Ceiba aesculifolia, Coccoloba*

barbadensis,Cordia seleriana, Croton draco, Cupania glabra, Esenbeckia berlandieri, Eugenia michoacanensis, Euphorbia fulva, Exothea copalillo, Forchhammeria pallida, Inga laurina, Jatropha peltata, Plumeria rubra, Psidium sartorianum, Swartzia simplex, Licania arborea, Haematoxylum campechianum, Annona purpurea, Lonchocarpus lanceolatus, Diospyros digyna, Pithecellobium dulce, P. lanceolatum, Annona reticulata, Gyrocarpus jatrophifolius, Sideroxylon persimile, Godmania aesculifolia, Manilkara zapota, Vitex mollis, Calycophyllum candidissimum, Pterocarpus acapulcensis, Lafoensia punicifolia, Tabebuia impetiginosa, Couepia polyandra, Erythroxylon areolare, Dalbergia granadillo, Hauya microcerata (*yoá*)*; Ficus bemslyana* (amate), *Platymiscium dimorphandrum* (hormiguillo), *Guettarda combsii* (*palo de tapón de pumpo*), *Wimmeria bartlettii* (hoja menuda de montaña), *Ulmus mexicana, Maclura tinctoria, Myroxylon balsamum, Piscidia piscipula, Ceiba pentandra,* Sideroxylon foetidissimum, Caesalpinia gaumeri, Cedrela odorata, Alseis yucatanensis, Spondias mombin, Pseudobombax ellipticum Astronium graveolens, y Vitex bemslei. Las formas de vida epifítas y las plantas trepadoras así como el estrato herbáceo son reducidos en comparación con ambientes mucho más mesófilos. Constituyen el epifitismo algunas aráceas, bromeliáceas y las orquídeas.

4. Vegetación de Peten.- Este tipo de comunidad se presenta dentro de las zonas cubiertas con saibal-manglar. Los petenes son islotes de tipo más o menos circular, bordeados por comunidades sujetas a periodos intermitentes de inundación, caracterizadas por la presencia de especies herbáceas integradas principalmente por Cladium jamaicense (navajuela) y arbustivas como el mangle botoncillo (POET Región Laguna de Bacalar, 2005). Estos islotes se cubren por una vegetación de muy distinto origen y que se constituyen principalmente por elementos propios de la selva. El tamaño de estos islotes varía entre 20-50 m o a veces son más grandes, generalmente se ubican entre 1-2 msnm, lo que les permite tener un menor grado de inundación. Según el estudio de caracterización para el POET Región Laguna de Bacalar (2005), la vegetación de los petenes se constituye de especies arbóreas como son: Bursera simaruba (chaka), Bucida buceras (pucte), Gymnopodium floribundum (tsitsilche) Manilkara zapota (chicozapote), Metopium brownei (chechem), Neea tenuis (tadzi), etc.

En ocasiones el dosel llega a alcanzar entre 6-8 m, presentándose entonces completamente cerrado.

Frecuentemente se presenta un estrato arbustivo con las mismas especies del dosel, aunque es más abundante *Bravaisia tubiflora*, especie propia de lugares sujetos a inundación. El suelo presenta una fuerte acumulación de materia orgánica, son profundos y con poca pedregosidad, moderada a ligeramente salinos. Algunas de la especies arbóreas que componen este tipo de comunidada son: *Metopium brownei* (Chechem), *Manilkara zapota* (Chicozapote), *Thrinax radiata* (Chit), *Gymnopodiun floribundum* (Tsitsilche), *Bursera simaruba* (Chaka), *Krugiodendron ferreum* (Chintok), *Pithecellobium keyense*, *Plumeria obtusa* (Flor de mayo) y *Caesalpinia yucatanensis*.

En el Municipio de Bacalar encontramos, según la Carta de Uso de Suelo y Vegetacion elaborada para este estudio, alrededor de 312 ha de terreno cubierto por este tipo de vegetación, ubicándose principalmente al nororiente del municipio.

5. Vegetación de Manglar.- Según la Carta de Uso de Suelo y Vegetación elaborada para este estudio, en el Municipio de Bacalar existe alrededor de 12,645 ha de manglares. Este tipo de vegetación es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas, ocasionalmente arbustivas, cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m, que se denominan mangles. Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Los manglares son vegetales halófilos facultativos, esto quiere decir que pueden tolerar rangos variables de salinidad, y lo que es más, tiene estructuras especializadas en el control de las sales internas, por lo que ésta es absorbida por las raíces de la planta y es eliminada a través de hojas, llegando a formar una capa de sal en su superficie.

En la península de Yucatan, debido a lo calcáreo de sus suelos, se mezclan manglares de 8 a 25 m de altura con maglares arbustivos menores a 2 metros (CONABIO, 2009).

En especifico para el estado de Quintana Roo, los manglares, en general,se caracterizan por la presencia de cuatro especies como son: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) *y Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) (POEL Región Laguna de Bacalar, 2005). En el caso de esta última especie se argumenta que no es un manglar en el sentido estricto, toda vez que no presenta el comportamiento típico de estas especies que es la germinación en la propia planta, la que también se ha denominado germinación vivípara.

En el POEL Región Laguna de Bacalar (2005) se señala que para el sistema Lagunar de Bacalar, el manglar se considera como una vegetación que se distribuye en una franja de terreno que se ubica por debajo del nivel medio del mar, razón por la cual es un área sujeta a periodos de inundación intermitente. Asimismo el manglar, se puede diversificar integrando distintas asociaciones vegetales y para el Municipio de Bacalar se reporta sólo la distribución de un tipo de asociación dentro de su territorio, que es denominada “Manglar chaparro con *Rhizophora mangle*”. Esta comunidad fue observada en el borde de la Laguna de Bacalar cerca del canal de comunicación entre la Laguna de Xul-Ha y Bacalar, sobre el camino en abandono que pretendía comunicar a Chetumal con Bacalar y en la zona ubicada frente al Punte de Huay Pich (al costado norte de la Carretera Federal 180) (POET Región Laguna de Bacalar, 2005).

Se ha denominado con el término de manglar chaparro a una población casi pura de mangle rojo (*R mangle*), cuya característica principal es que la gran mayoría de los individuos que lo integran apenas alcanzan entre 1 y 2.5 m de altura. En muchos de los casos esta especie se puede ver acompañada de numerosos individuos de navajuela (*Cladium jamaicense*). Por otra parte, esta asociación se presenta sobre zonas inundadas de manera intermitente, recibiendo su principal aporte producto de la precipitación pluvial. Además de que está ubicado a una altitud entre los 0 y -0.5 msnm. Por lo que los suelos son de tipo humífero (producto del aporte de materia orgánica que produce la especie), muy profundos y de color pardo obscuro.

Ademas de la asociación antes descrita, también se reporta una una asociación vegetal que fue denominada en el POET Región Laguna de Bacalar como Vegetación

subacuática con mangles dispersos con *Rhizophora mangle,* la cual es, según dicho estudio, la vegetación dominante en la costa oriental de la Laguna de Bacalar, la cual integra numerosos islotes y pequeños cayos. Esta se manifiesta como un área en donde la plataforma continental presenta una ligera elevación con respecto al nivel de la laguna. No obstante esta ubicación, el sustrato es de tipo cenagoso, producto de la acumulación de sedimentos que son acarreados por los cambios en el nivel de inundación, misma que se rige por la temporada de lluvias. La vegetación en la zona corresponde a individuos aislados y generalmente de muy baja talla (1 a 4 m de altura y con DAP no mayor a 5 cm) de las especies: *Coccoloba uvifera* (uva de mar), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), *Manilkara zapota* (chicozapote), *Metopium brownei* (chechem), *Myrica cerifera, Rhizophora mangle* (mangle rojo), entre otras. Estos tamaños pudieran ser un indicativo de poblaciones en etapa temprana de desarrollo, No obstante, se considera que estas en realidad son especies maduras que han visto inhibido su crecimiento por lo extremo de las condiciones físicas a que se encuentran sujetas (POET Región Laguna de Bacalar, 2005).

Así mismo se reporte otra asociación vegetal que fue denominada “Saibal– Manglar con *Cladium jamaicense (navajuela), Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) y *Acoelorhaphe* wrightii (tasiste)”. Estas asociaciones se encuentran cubriendo una extensión importante al Norte de la Laguna de Bacalar rumbo a Pedro A. Santos y algunas zonas ubicadas en los bordes de la laguna de Bacalar (POET Región Laguna de Bacalar, 2005). La vegetación fue definida como Saibal-Manglar, debido a que no es posible realizar la clara separación entre los elementos florísticos que integran esta asociación, ya que ambas son comunidades que se hacen manifiestas en zonas sujetas a algún grado de inundación, situación se ve favorecida por toda la zona en donde la topografía es sensiblemente plana y muy cercana (en algunos sitios por debajo) del nivel medio del mar. De acuerdo al POET Región Laguna de Bacalar, el saibal- manglar es una comunidad integrada por numerosas especies de monocotiledóneas, mismas que son especies de hojas angostas y carentes de órganos foliares flotantes. El saibal-manglar presenta como especies dominantes a la planta herbácea *Cladium jamaicense* (navajuela), que se mezcla con elementos

arborescentes como son: jícaro (*Crescentia cujete*), mangle botoncillo (*C. erectus*), pucte espinoso (*B. spinosa*), tasiste (*A. wrightii*). De esta forma, se integra una asociación muy densa, presentando de 1 a 5 m de altura y alcanza una cobertura de entre 90-100 % de la superficie total que ocupa. En áreas abiertas, se presentan de manera dispersa especies de herbáceas como son: *Eustoma exaltatum*, *E. geniculata*, *Fimbristylis cymosa* y *Mecardonia procumbens*, las cuales presentan una cobertura de 0 a 30 %. Finalmente, se presentan individuos de especies trepadoras como son las especies: *Gerardia maritima grandiflora* e *Ipomoea sagittata*.

6. Pastizal o Sabana.- Dentro del territorio municipal este tipo de vegetación solo se reporta en una pequeña superficie en el sur del área central del municipio dentro del Ejido Bacalar ocupando alrededor de 770 ha. Es una comunidad vegetal que se desarrolla sobre terrenos planos o poco inclinados, en suelos profundos y arcillosos que se inundan durante el periodo de lluvias y se endurecen en época de sequía. Según algunos autores, las sabanas son resultado de la intervención humana que ha talado, quemado y

sobrepastoreado las selvas. La sabana es una marisma que tiene periodos de secas y pastos muy altos. Predominan las gramíneas, pero es común encontrar un estrato arbóreo bajo, de tres a seis metros de alto. Esta comunidad se caracteriza por la dominancia de varias especies de pastizales como: *Andropogon bicornis, Paspalum pectinatum, Andropogon altus, Imperata* sp., *Panicum maximun* y otros. También existen algunas ciperáceas como Cyperus sp. y *Dichromena ciliata.* Además de las plantas arbóreas jícaro, pepino kat, raspa la vieja, nance y sakpa´. Por la abundancia de gramíneas, las sabanas se usan para la ganadería; pero también para la recolección de frutos de nance y jícaro, por su valor comestible, medicinal y artesanal.

7. Vegetación Hidrofila o Tular.- El tular incluye al saibal, son comunidades de plantas acuáticas arraigadas en el fondo, constituidas por monocotiledóneas, en el tular miden de 80 cm hasta 2.5 m de alto, y en el saibal de 40 a 80 cm; las hojas son largas y angostas o bien carecen de ellas. Dependiendo del tipo de planta dominante es el nombre que recibe (tule y tulillo: tular; saibal o zacate cortadera: saibal). El tular se

desarrolla en lagunas y lagos tanto de agua dulce como salada y de poca profundidad, el saibal en terrenos que siempre conservan humedad y que se inundan en épocas de lluvia. Ambos se distribuyen abundantemente en la reserva de la biósfera de Sian Ka'an.

En el Caso de la Laguna de Bacalar, el tular es una comunidad plantas adaptadas a las condiciones de variables de inundación, solamente que presenta un patrón aparentemente simple de distribución por el hecho de manifestarse como una población pura, es decir, integrada por una sola especie, misma que corresponde a *Typha domingensis* (tule). Esta es una especie de características herbáceas y de hasta 3 m de altura. En general, dentro del tular no se observa ningún otro tipo de especie y en ningún caso se presentan especies arbóreas que pudieran contribuir al cambio de las condiciones de luminosidad e irradiación solar en la asociación. En las orillas de la Laguna de Bacalar, el tular se distribuye a manera de grupos dispersos y de hasta 30 individuos, y en la Laguna San Felipe llega a integrar barreras densas, de hasta 10 m de ancho (POET Región Laguna de Bacalar, 2005).

Derivado de la revisión y análisis bibliográfico, en cuanto a la distribución nacional el Municipio de Bacalar de especies de flora listadas en la NOM-059- SEMARNAT-2010 se encontró lo siguiente:

Especie de Plantas	Nombre Común	Distribución
Avicennia germinans	Mangle Negro	Especie con distribución a lo largo de las costas mexicanas, en los mares Pacífico y Atlántico. EnBacalar, Quintana Roo se ubica al sureste de la cabecera municipal.
Conocarpus erectus	Mangle Botón	Especie con distribución a lo largo de las costas mexicanas, en los mares Pacífico y Atlántico. En Bacalar, Quintana Roo se ubica al sur de la cabecera municipal.
Cryosophila argentea	Guano kum	Especie distribuida al oeste de la cabecera municipalde

		Bacalar y al sur de la frontera de Quintana Roo y Belice.
Echinodorus nymphaeifolius	Griseb	Especie con distribución en la Península de Yucatán, para el caso de Bacalar se distribuye al oeste de la cabecera municipal.
Thrinax radiata	Palma de Chit	Especie con distribución en los estados de Yucatán y Quintana Roo, para el caso de Bacalar presenta una distribución al norte de la cabecera municipal.
Tillandsia flexuosa	Clavel del Aire	Especie con distribución en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Para el caso de Bacalar se le puede observar al oeste y suroeste de la cabecera municipal.
Cedrela Odorata	Cedro Americano	Especie con una alta distribución en los estados de Yucatán y Campeche, también se le observa en Quintana Roo. Para el caso de Bacalar se le puede encontrar al oeste de la cabecera municipal
Rhizophora mangle	Mangle Rojo	Especie con distribución a lo largo de las costas mexicanas, en los mares Pacífico y Atlántico. EnBacalar, Quintana Roo se ubica en la laguna Bacalar y al este de la cabecera municipal (costa).

Tabla 3.2 .- Distribución Nacional y en Bacalar de las Especies de Plantas Listadas en la NOM- 059-SEMARNAT-2010. Fuente: CONABIO http://www.conabio.gob.mx/

Fauna

Especies de Fauna incluidas en alguna categoría de riesgo según a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

En la siguiente tabla se muestra un listado con las 26 especies de Mamíferos que se encuentran dentro de alguna categoría de protección de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

En dicho listado se puede apreciar que de las 26 especies de Mamíferos reportadas en la norma 0 están en la categoría E (probablemente extinta en el medio silvestre), 9 están en la categoría de P (peligro en extinción), 12 están en la categoría de A (amenazadas) y 5 están en la categoría de Pr (sujetas a protección especial).

Mamiferos		
Nombre Científico	**Nombre Común**	**Categoría**
Caluromys derbianus	Tlacuache Arborícola	Pr
Cryptotis nigrescens	Musaraña Orejillas Pardas	Pr
Rhynchonycteris naso	Murciélago	Pr
Chrotopterus auritus	Vampiro Falso Lanudo	A
Lonchorhina aurita	Murciélago Espada de Tomas	A
Micronycteris schmidtorum	Murciélago Orejón Centroamericano	A
Micronycteris brachyotis	Murciélago Orejón Garganta Amarilla	A
Tonatia brasiliense	Murciélago Oreja redonda Brasileña	A
Tonatia evotis	Murciélago Oreja Redonda Mesoamericano	A
Trachops cirrhosus	Murciélago Labio Verrugoso	A
Ateles geoffroyi	Mono araña	P
Alouata pigra	Mono aullador	P
Tamandua mexicana	Oso hormiguero	P
Otonyctomys hatti	Ratón de Campo	A
Coendou mexicanus	Puerco espín	A
Bassariscus sumichrasti	Cocomistle Tropical	Pr
Potos flavus	Martucha, Mico de Noche	Pr
Eira barbara	Viejo de Monte, Cabeza de Viejo	P
Galictis vittata	Grisón	A
Panthera onca	Jaguar	P
Leopardus wiedii	Tigrillo	P
Leopardus pardalis	Ocelote	P
Herpailurus yagouaroundi	Jaguarundi	A
Tapirus bairdii	Tapir, Danto	P

Tabla 3.3. - Especies de Mamíferos Clasificadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios de Ordenamiento Ecológico Región Laguna de Bacalar y Listado Faunístico Bala'an K'aax.

En lo que se refiere a aves se encontró que existen 79 especies que se encuentran dentro de alguna categoría de protección de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que en la siguiente tabla se muestra el listado con dichas especies y como se puede apreciar, de estas 79 especies de aves reportadas en la norma, 0 están en la categoría E (probablemente extinta en el medio silvestre), 8

están en la categoría de P (peligro en extinción), 21 están en la categoría de A (amenazadas) y 50 están en la categoría de Pr (sujetas a protección especial).

Nombre Científico	Nombre Común	Categoría
Rostrhamus sociabilis	Gavilán Caracolero	Pr
Chondrohierax uncinatus	Gavilán Pico Gancho	Pr
Leptodon cayanensis	Gavilán cabeza gris	Pr
Notharchus macrorhynchos	Buco de collar	A
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr
Sarcoramphus papa	Zopilote Rey	P
Attila spadiceus	Atila	Pr
Columba speciosa	Paloma de torso Azul	Pr
Columba leucocephala	Paloma cabeza blanca	A
Pachyramphus major	Cabezón gris	Pr
Cras rubra	Hocofaisán	A
Penelope purpurascens	Pava Cojolita	A
Dendrocincla anabatina	Trepatroncos sepia	Pr
Dendrocolaptes certhia sanctithomae	Trepador barrado	Pr
Falco femoralis	Hálcon Fajado	A
Falco deiroleucus	Hálcon Pechirrufo	P
Xenops minutus	Picolezna lizo	Pr
Icterus spurius	Bolsero Castaño	Pr
Limnothlypis swainsonii	Chipe Corona Café	Pr
Campephilus guatemalensis	Carpintero Pico Plata	Pr
Celeus castaneus	Carpintero Castaño	Pr
Pionus senilis	Loro Coroniblanco	A
Pionopsitta haematotis	Loro Cabeza Oscura	A
Passerculus sandwichensis	Gorrión sabanero M, A	A
Rhynchopsitta terrisi	Cotorra Serrana Oriental	A
Ramphastos sulfuratus	Tucán Piquiverde	A
Psarocolius montezuma	Oropéndola de moctezuma	Pr
Pteroglossus torquatus	Tucancillo Collajero	Pr
Glaucidium brasilianum	Tecolotito Bajeño	A
Polioptila plumbea	Perlita Tropical	Pr
Euphonia gouldi	Eufonia olivacea	Pr
Tinamus major	Tinamu Mayor	Pr
Tachybaptus dominicus	Zambullidor menor	Pr
Botaurus lentiginosus	Pedrete rayado	A

Tigrisoma mexicanum	Garza tigre	Pr
Xenops minutus mexicanus	Barboncito sencillo	Pr
Agamia agami	Garza agami	Pr
Mycteria americana	Gaytán	Pr
Cairina moschata	Pato real	P
Odontophorus gutattus	Codorniz bolanchaco	Pr
Elanoides forficatus	Milano tijereta	Pr
Crax rubra	Hocofaisán	A
Ictinia mississipiensis	Milano migratorio	Pr
Accipiter striatus	Gavilán pajarero	Pr
Aratinga nana astec	Perico pecho sucio	Pr
Porzana flaviventer woodi	Gallineta pecho amarillo	Pr
Buteogallus anthracinus	Gavilán cangrejero	Pr
Helornis fulica	Pájaro cantil	Pr
Parabuteo unicinctus	Gavilán de harris	Pr
Dactylortyx thoracicus	Codorniz silbadora	Pr
Buteo albicaudatus hypospodius	Gavilán cola blanca	Pr
Buteo platypterus platypterus	Aguililla aluda	Pr
Busarellus nigricollis nigricol	Busarellus nigricollis	Pr
Buteogallus urubitinga ridgwayi	Gavilán negro	Pr
Harpagus bidentatus fasciatus	Milano bidentado	Pr
Platyrinchus cancrominus	Mosquero Pico Chato	Pr
Trogon collaris	Trogón de Collar	Pr
Vireo pallens	Vireo Manglero	Pr
Hylophilus ochraceiceps	Verdillo Ocre	Pr
Ardea herodias	Garzón cenizo	e,Pr
Jabiru mycteria	Jabirú	P
Ictinia plumbea	Milano plomizo	A
Accipiter bicolor	Gavilán bicolor	A
Geranospiza caerulescens	Gavilán zancón	A
Phaetornis longuemareus adolphi	Ermitaño chico	Pr
Spizastur melanoleucus	Aguila negra y blanca	P
Spizaetus tyrannus serus	Aguila negra	P
Spizaetus ornatus vicarius	Aguila elegante	P
Amazona xantholora	Loro yucateco	e,Pr
Amazona farinosa	Loro cabeza azul	A
Ciccaba nigrolineata	Búho blanquinegro	A

Trogon massena massena	Trogón cola oscura	A
Hylomanes momotula	Momoto enano	A
Galbula ruficauda melanogenia	Jacamar común	A
Onychorhynchus coronatus mexicanus real	Mosquero	P
Micrastur ruficollis gerilla	Halcón selvático chico	Pr
Micrastur semitorquatus naso	Halcón selvático grande	Pr
Eucometis penicillata	Tangara cabeza gris	Pr
Lanio aurantius	Tangara cabeza negra	Pr

Tabla 3.4.- Especies de Aves Clasificadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios de Ordenamiento Ecológico Región Laguna de Bacalar y Listado Faunístico Bala'an K'aax.

Por otra parte en cuanto a Reptiles se refiere, se encontró que en Bacalar están reportadas 36 especies de las que se encuentran en la Norma Oficial Mexicana. En la siguiente tabla se muestra el listado correspondiente a estas 36 especies y como puede apreciarse, de las 36 especies de Reptiles reportadas en la norma, ninguna esta en la categoría E (probablemente extinta en el medio silvestre) ni en la categoría de P (peligro en extinción); 10 están en la categoría de A (amenazadas) y 26 están en la categoría de Pr (sujetas a protección especial).

Nombre Científico	Nombre Común	Categoría
Kinosternon leucostomum	Casquito pochitoque	Pr
K. acutum	Casquito pochitoque	Pr
K. scorpioides	Casquito amarillo	Pr
Rhinoclemys areolata	Mojina	A
Chelydra serpentina	T. Lagarto, morocoy	Pr
Crocodylus moreleti	Cocodrilo, lagarto	Pr
Staurotypus triporcatus	Tortuga tres lomos	Pr
Terrapene carolina	Tortuga de caja	Pr
Coleonyx elegans	Geco escorpión	A
Trachemys scripta	Tortuga jicotea	Pr
Crocodylus acutus	Cocodrilo de pantano	Pr
Sphaerodactylus glaucus	Salamanqueza	Pr
Thecadactylus rapicauda	Geco patudo	Pr
Corytophanes cristatus	Turipache selvático	Pr

Corytophanes hernandezii	Turipache de montaña	Pr
Gonatodes albogularis		Pr
Laemanctus longipes	Laemancto Coludo	Pr
Laemanctus serratus	Lagartija de casco	Pr
Ctenosaura similis	Garrobo	A
Gehyra mutilata	Iguana iguana	Pr
Boa constrictor	Boa	A
Dipsas brevifases	Culebra chupa caracoles	Pr
Imantodes cenchoa	Cordelilla	Pr
I. gemmistratus	Cordelilla	Pr
I. tenuissimus	Cordelilla	Pr
Agkistrodon bilineatus russeolus	Cantil S	Pr
Leptophis mexicanus	Ranera, Bejuquilla	A
Lampropeltis triangulum	Culebra Pinta, Culebra Real Escarlata,Falso Coral	A
Sibon sartorii	Coralillo Falso	Pr
Micrurus diastema	Coralillo	Pr
Ctenosaura defensor	Iiguana	A
Leptophis ahaetulla	Ranera verde	A
Masticophis mentovarius	Chirrionera	A
Symphimus mayae	Culebra maya	Pr
Tantilla cuniculator	Tantilla	Pr
Thamnophis proximus	Culebra de agua	A

Tabla 3.5.- Especies de Reptiles Clasificadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010
Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios de Ordenamiento Ecológico Región Laguna de Bacalar y Listado Faunístico Bala'an K'aax.

Finalmente, en la siguiente tabla se muestra un listado con las 5 especies de Anfibios que se encuentran dentro de alguna categoría de protección de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. En dicho listado se puede apreciar que las 5 especies de Anfibios reportadas en la norma están en la categoría de sujeta a protección especial (Pr).

Nombre Cientifico	Nombre Común	Categoría
Rhinophrinus dorsalis	Sapo de lengua larga	Pr
Triprion petasatus	Rana arbórea	Pr
Bolitoglossa yucatana	Salamandra de Yucatán	Pr
Gastrophryne elegans	Sapito	Pr
Rana berlandieri	Rana leopardo	Pr

Tabla 3.6.- Especies de Anfibios Clasificadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios de Ordenamiento Ecológico Región Laguna de Bacalar y Listado Faunístico Bala'an K'aax.

Geología

La península de Yucatán se localiza en la confluencia de la Placa Oceánica del Caribe y la Placa Continental de Norte América. En ésta zona de confluencia, se forma una depresión de tamaño considerable por los procesos subductivos de ambas placas durante la era Paleozoica; este proceso forma la estructura conocida como Plataforma Yucateca, la cual conforma un basamento para toda la porción actualmente emergida que se denomina Península de Yucatán.

Geológicamente la Península de Yucatán es una estructura relativamente joven, su origen sedimentario se remonta a las formaciones rocosas del Mesozóico, en las cuales se han depositado arenas y estructuras de origen orgánico marino que han dado forma a una gigantesca losa caliza.

La Península de Yucatán muestra un marcado control estructural de dirección en su formación sedimentaria que se hace evidente en el relieve y paisaje de la misma como manifestación consecuente de las líneas de debilidad tectónica (fallas y fracturas), las cuales aparecen en el paisaje superficial como escalones, cuerpos de agua, valles cársticos y fluviales que mantienen una misma dirección y tendencia.

En la superficie que ocupa el estado de Quintana Roo se observan tres unidades o geosistemas principales, de los cuales los dos últimos son geosistemas que se extienden en la zona de estudio:

1. Al sur se alternan planicies internas con mesetas de desarrollo cárstico que alcanzan los 380 m sobre el nivel del mar; en ésta región se pueden observar diversas unidades litológicas de origen sedimentario con depósitos calcáreos y detríticos de diferentes edades. Asimismo en esta unidad encontramos expuestos algunos afloramientos del terciario inferior que presentan en su base lutitas de color verde con abundantes formaciones yesosas.
2. Al Oriente sobre la línea de costa se aprecia un geosistema conformado por bloques de hundimiento producto de actividad tectónica en el que abundan los depósitos detritícos, eólicos, litoral, lacustre y palustre, la conformación principal está dada por materiales ligeros sedimentados, arena con conchas,

lodo calcáreo, arcilla y arena. Hacia el final del periodo Jurásico, hubo una extensa intrusión marina en la base de la península y toda la península quedó sumergida durante el cretáceo temprano convertida en un mar somero. Las rocas más antiguas de Yucatán son rocas metamórficas del paleozoico con un geosinclinal hundido en el Petén guatemalteco y Belice, la cual queda de manifiesto en los actuales terrenos bajos del norte de Belice y noroeste de Guatemala. El nivel del mar oscilante durante el cenozoico originó grandes depósitos someros de plataforma.

3. En la región Oriente y sur del estado dominan rocas calizas del Paleoceno, son calizas arcillosas, parcialmente silicificadas, de color café amarillento, con presencia de nódulos de pedernal y microfauna mal preservada. Normalmente se encuentran cubiertas por una capa de caliche y por arenas margosas. Estas rocas corresponden al Cretáceo superior y subyacen a calizas del Eoceno medio, formando los afloramientos más antiguos del área.

El Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Laguna de Bacalar, señala que la composición geológica del Estado puede resumirse en tres estratos fundamentales en términos de su edad y sirven de basamento para la estructura geomorfológica del mismo:

Formaciones antiguas (Eoceno): Comprende tres formaciones principales que se encuentran en la región sur y oeste del Estado colindando con el estado de Campeche por el Oeste y con los países de Belice y Guatemala por el Sur.

- en Belice y México. Se encuentran fundamentalmente en las regiones centro y sureste del municipio de Othón P. Blanco.
- *Formación Icaiché.* Su composición es semejante a la del Eoceno indiferenciado sin embargo se distingue por la presencia de capas yesosas que rompen la continuidad de la estructura caliza. Se encuentra en la zona de los límites de Quintana Roo con Campeche, hacia la zona de la reserva de la Biósfera de Calakmul.
- *Formación Chichén-Itzá.*Esta formación contiene rocas calizas de colores blanco, amarillo y gris con impurezas, se encuentran abundantes inclusiones ya sea aisladas o en capas delgadas de tipo cristalino macizo, muy probablemente de origen aluvial; hacia la región de Champotón las capas muestran un plegamiento de origen tectónico, en tanto que por el norte, cerca de Chichén-Itzá, de donde toma su nombre, tiende a estar formada de capas amarillas consolidadas y cementadas de grano fino sobre las que se disponen capas de caliza blanca. En los alrededores de Libre Unión, las calizas son blancas, cristalinas, macizas y de aspecto marmoleado por compresión. La fauna fósil es visible y sus elementos son identificables como correspondientes con el mesozoico tardío.

Formaciones de mediana edad (Oligoceno): Comprende tres formaciones principales que se encuentran: dos constituyendo la zona de borde entre la placa sedimentaria de Yucatán y la llanura aluvial costera de Belice y la otra formando el cuerpo principal del Estado en extensión.

- Gris oscuro a negro. Se encuentran en las cercanías de la Laguna Bacalar correspondiente a la zona de estudio, de donde toma su nombre.
- Formación Estero Franco. Esta formación se compone fundamentalmente de masas de rocas calizas del Valle del Río Hondo, con carbonatos amarillo en capas regulares delgadas y muy cristalinas semejando el aspecto de la aragonita. En los niveles superiores las capas son macizas de color blanco o rosa, tiene un espesor calculado de aproximadamente 100 m. Se ubica al sudeste de la fractura que da origen al Río Hondo.
- Formación Carrillo Puerto. Se caracteriza porque en los niveles inferiores de sus losas existen capas de conchillas cementadas (coquinas) recubiertas por calizas duras de color amarillento con restos de moluscos y madréporas incluidos. Encima de estas losas hay calizas arenosas impuras y no cementadas de colores amarillo, rojizo y

blanco. Se extiende desde la población de Pedro Antonio de los Santos hacia el norte del estado por la parte oriental hasta unos kilómetros al norte de Cancún y por toda la costa de la Bahía de Chetumal hacia el sur hasta la desembocadura de Bacalar Chico penetrando en territorio beliceño.

Formaciones recientes (Cuaternario): Comprende una sola formación la cual puede separarse en varias capas desde el punto de vista fosilífero pero geológicamente constituye una sola capa que puede llamarse actual o superficial.

Formación Mioceno - Pleistoceno. Se caracteriza por estar formada de capas de coquinas de color crema con grandes cantidades de conchas de moluscos, se puede identificar una franja de aproximadamente 15 Km de ancho en toda la zona Norte de la península.

El Municipio de Bacalar se encuentra constituido por las formaciones del Eoceno Indiferenciado e Icaiché de mayor antigüedad así como Bacalar, Estero franco y Carrillo Puerto correspondientes a formaciones de mediana antigüedad.

Estas formaciones y subformaciones son estructural, geológica e hidrológicamente diferenciables aún en superficie, dadas las características que proyectan tanto en la capa subyacente a los suelos como en la estructura hidrológica que soportan.

Para la elaboración del mapa geológico del municipio de Bacalar se utilizó la Carta Geológica de INEGI escala 1:250,000, desarrollando con ésta un proceso de recorte del área de Bacalar, recalculando la geometría del mismo y su superficie a modo de verificación. También se revisó la información existente del Estudio de Caracterización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Othón P. Blanco, esto a manera de validación de los cortes y datos generados para el desarrollo de la cartografía en el tema.

En la siguiente figura se muestran las diferentes formaciones geológicas por tipo de roca existentes en la zona de estudio; asimismo, en la siguiente tabla se muestran las estructuras que conforman la geología del municipio, así como la superficie y porcentaje en función al área total.

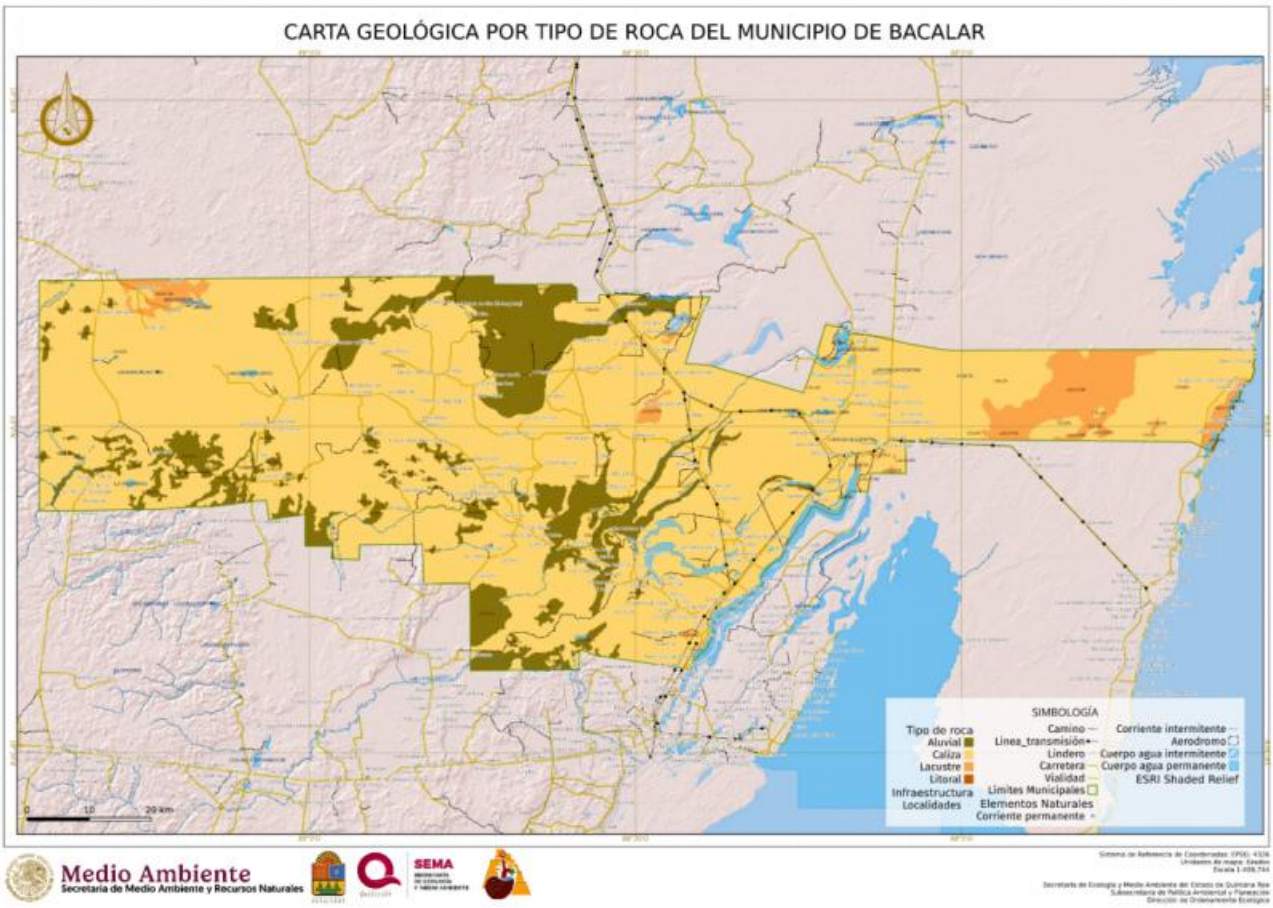


Figura 3.3.- Mapa Geológico del Municipio de Bacalar.

Tipo de Roca	Área (ha)	Porcentaje (%)
Aluvial	100,648.54	14.06
Caliza	579,888.98	80.99
Lacustre (arcillas, sales)	35,463.33	4.95
Litoral	20.98	0.00
TOTAL	716,021.83	100.00

Tabla 3.7.- Geología del Municipio de Bacalar.
Fuente: INEGI, Carta Geológica, Escala 1:250,000.

En la tabla anterior se observa que el tipo de roca más frecuente es la caliza al representar más del 80% de la superficie del territorio municipal distribuido en forma prioritariamente homogénea con excepción de algunas zonas ubicadas en el norte y oriente asociadas a terrenos aluviales, lacustres y el litoral colindante con la zona marítima del Caribe.

Los depósitos aluviales en general corresponden a los dejados por ríos y cuerpos de agua; incluye material fino como limo y arcilla y material grueso como arena y grava. El sedimento transportado es abandonado al disminuir la velocidad de una corriente. Estos tipos de depósitos se caracterizan por ser muy porosos y comprensibles, sobre todo si son ricos en arcilla, y son permeables si están compuestos principalmente de limo, arena o grava y se consideran adecuados para la agricultura.

Las calizas son rocas sedimentarias compuestas en su mayoría por carbonatos de calcio (CaCO3), generalmente denominadas calcitas. También pueden contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, y otras, que modifican (a veces sensiblemente) el color y el grado de coherencia de la roca. El carácter prácticamente monomineral de las calizas permite reconocerlas fácilmente gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita: es menos dura que el cobre y reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido clorhídrico. Por su aspecto blanco son muy distinguibles. Las calizas se forman en los mares cálidos y poco profundos de las regiones tropicales, en aquellas zonas en las que los aportes detríticos son poco importantes.

En los depósitos lacustres la superficie de la tierra se transforma constantemente por efectos de la erosión ocasionada por la acción del viento y el agua o por eventos catastróficos como deslizamiento, avalanchas y represamiento entre otros. Cuando la tierra rueda o es transportada por los ríos y quebradas y se deposita en el fondo de los lagos.

Modelo Digital de Elevación.

En la siguiente figura se observa el modelo digital de elevación del territorio del municipio de Bacalar y en este podemos observar que la altura máxima es de 265 msnm y corresponde al occidente del municipio.



Figura 3.4.- Modelo Digital de Elevación del Municipio de Bacalar.

Climatología.

Caracterización climática.

El clima del municipio de Bacalar está clasificado como cálido subhúmedo con lluvias en verano. Según la clasificación de Köppen, modificada por García Amaro y con datos de los componentes físico ambientales como la temperatura, la evapotranspiración y precipitación obtenidos durante 15 años por la Comisión Nacional del Agua (CNA), se ha establecido que tiene un clima cálido, subhúmedo intermedio Ax(w1) con temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío mayor de 18 °C. La precipitación del mes más seco es menor de 60 mm; con lluvias de verano y el porcentaje de lluvia invernal es mayor al 10.2% del total anual.

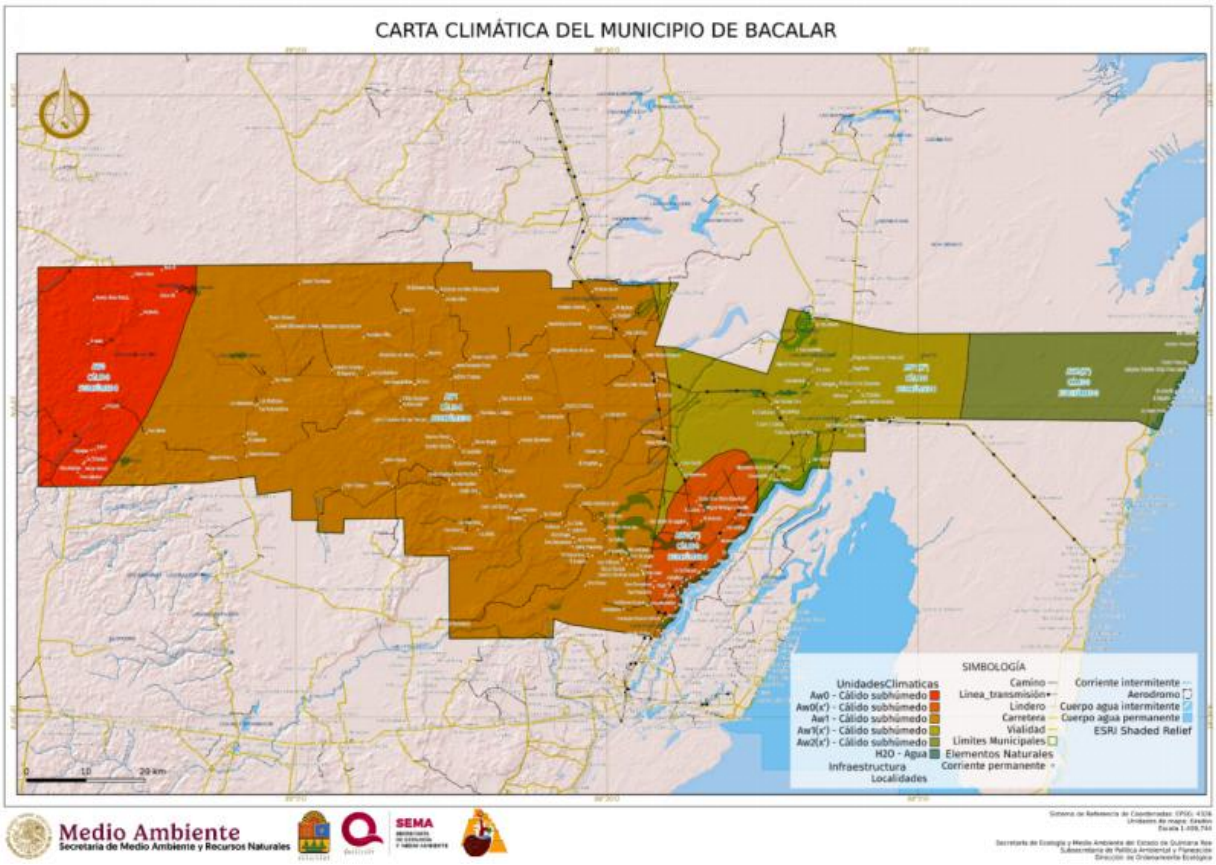
La época de lluvias fuertes es en verano, con sequía interestival, se presentan precipitaciones en todos los meses, aún en los que se toman como los más secos, marzo y abril, que es cuando se presentan precipitaciones exógenas traídas por las perturbaciones tropicales que se manifiestan en estas épocas, dado que el área se encuentra precisamente en la ruta de estos fenómenos hidrometeorológicos (huracanes, tormentas tropicales y depresiones tropicales).

Según la ambientales como la temperatura, la evapotranspiración y precipitación clasificación de Köppen, modificada por García Amaro y con datos de los componentes físico obtenidos durante 15 años por la Comisión Nacional del Agua (CNA), se ha establecido que tiene un clima cálido, subhúmedo intermedio Ax(w1) con temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frio mayor de 18 °C. La precipitación del mes más seco es menor de 60 mm; con lluvias de verano y el porcentaje de lluvia invernal es mayor al 10.2% del total anual.

La época de lluvias fuertes es en verano, con sequía interestival, se presentan precipitaciones en todos los meses, aún en los que se toman como los más secos, marzo y abril, que es cuando se presentan precipitaciones exógenas traídas por las perturbaciones tropicales que se manifiestan en estas épocas, dado que el área se precisamente en la ruta de estos fenómenos hidrometeorológicos (huracanes, tormentas tropicales y depresiones tropicales).encuentra

Cada año los fenómenos hidrometeorológicos amenazan la región donde se localiza el municipio Bacalar. Los huracanes Janet (1955), Roxana (1995) y Dean (2007), Karl (2010, tormenta tropical) y Ernesto (2012) son algunos de los fenómenos que mayor impacto han tenido en la zona, dejando inundaciones, encharcamientos, caída de árboles y daños en las cosechas.

Durante los meses de noviembre a febrero se presentan los frentes fríos y se caracterizan por ser anticiclónicos, estos fenómenos no llegan a afectar de manera significativa por lo que se les denomina intemperismos no severos, sin embargo es en esta época cuando la precipitación es más abundante.



FiFigura 3.5.- Tipo de Clima en el Municipio de Bacalar.

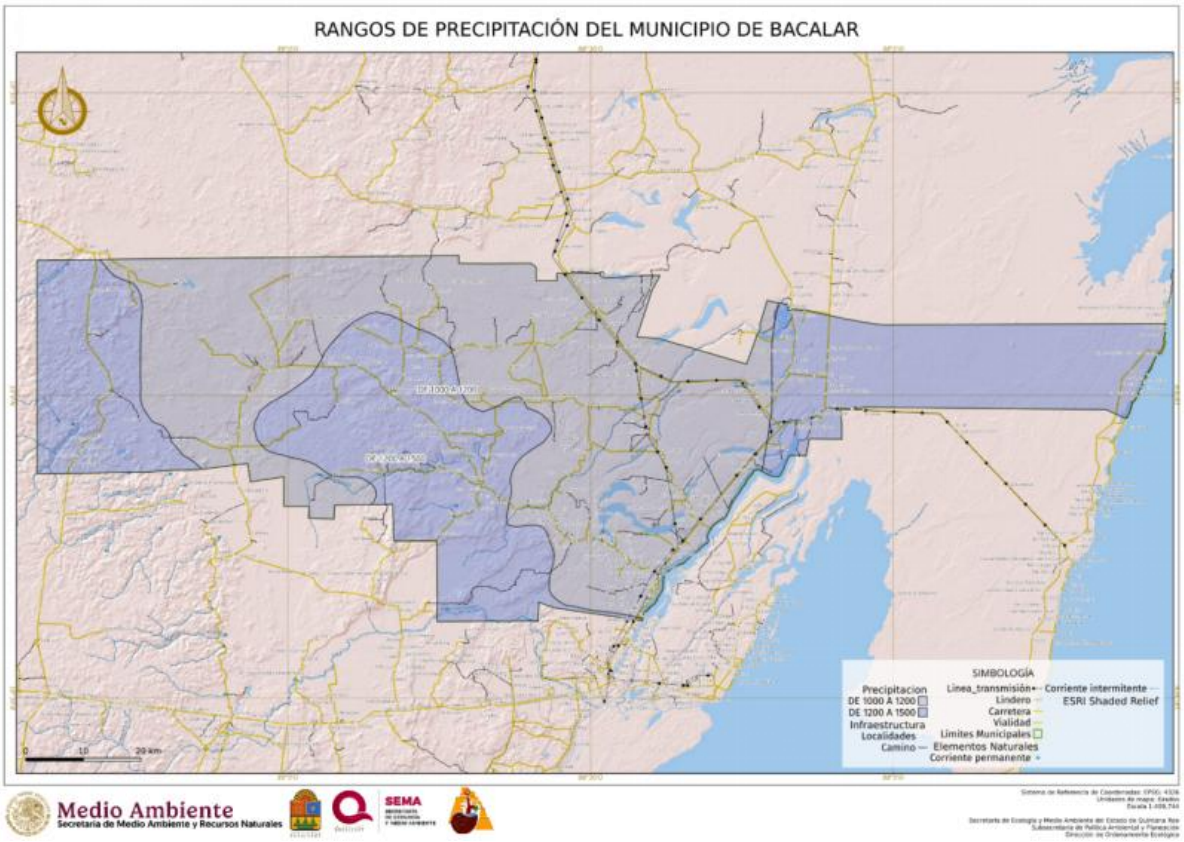


Figura 3.6-. Precipitación Media Anual

Hidrología Superficial.

Una Región Hidrológica-Administrativa (RHA) es aquella área territorial definida de acuerdo con criterios hidrológicos, por una o varias regiones hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos. Así cada región hidrológica está compuesta o dividida en cuencas. (CONAGUA, 2006).

De acuerdo con lo establecido por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Península de Yucatán está definida como Región Hidrológica Administrativa XII, la cual comprende una superficie total de 139,451.30 Km2 y abarca los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche exceptuando el municipio de Palizada, según el Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 18 de mayo de 1998 y

modificado el 18 de enero de 1999. En consecuencia, todo el estado de Quintana Roo está comprendido dentro de esta región hidrológica-administrativa, la cual a su vez comprende tres regiones o cuencas hidrológicas, la 31, 32 y 33, denominadas respectivamente Yucatán Oeste, Yucatán Norte y Yucatán Este, y es dentro de esta última que queda comprendido el municipio de Bacalar, presentando a su vez las siguientes subcuencas:

Clave	Nombre Subcuenca	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
RH33Ac	Bahía de Chetumal.	305824.46	42.71
RH33Bb	Xpechil – Felipe Carrillo Puerto – Chunhuhab,	281861.74	39.36
	Ycactúm, L. Paiyagua.		
RH33Ab	Bahías La Ascensión y Espíritu Santo.	66304.6	9.26
RH33Bc	Becanchén, L. Chichancanab, Loché,	26157.96	3.65
	Xkanha, Sin nombre.		
RH33Aa	Varias.	22721.3	3.17
RH33Ad	Río Hondo.	13151.78	1.84
Total		716021.84	100

Tabla 3.8.- Subcuencas Presentes en el Municipio de Bacalar.
Fuente: CONAGUA 2010, Sistema de Localización Geográfica Escala 1:50,000,

La siguiente figura muestra las subcuencas presentes en el municipio de Bacalar, de acuerdo con CONAGUA, donde se observa que la Subcuenca Bahía de Chetumal es la más extensa, pues ocupa un 42.71% del municipio, seguida de la Subcuenca denominada Xpechil – Felipe Carrillo Puerto – Chunhuhab, Ycactúm, L. Paiyagua, con un 39.37% de la superficie municipal.

Cabe mencionar que, de las tres regionalizaciones administrativas presentadas en este documento, ésta es la que maneja una escala menor y con mayor detalle de representación de las subcuencas

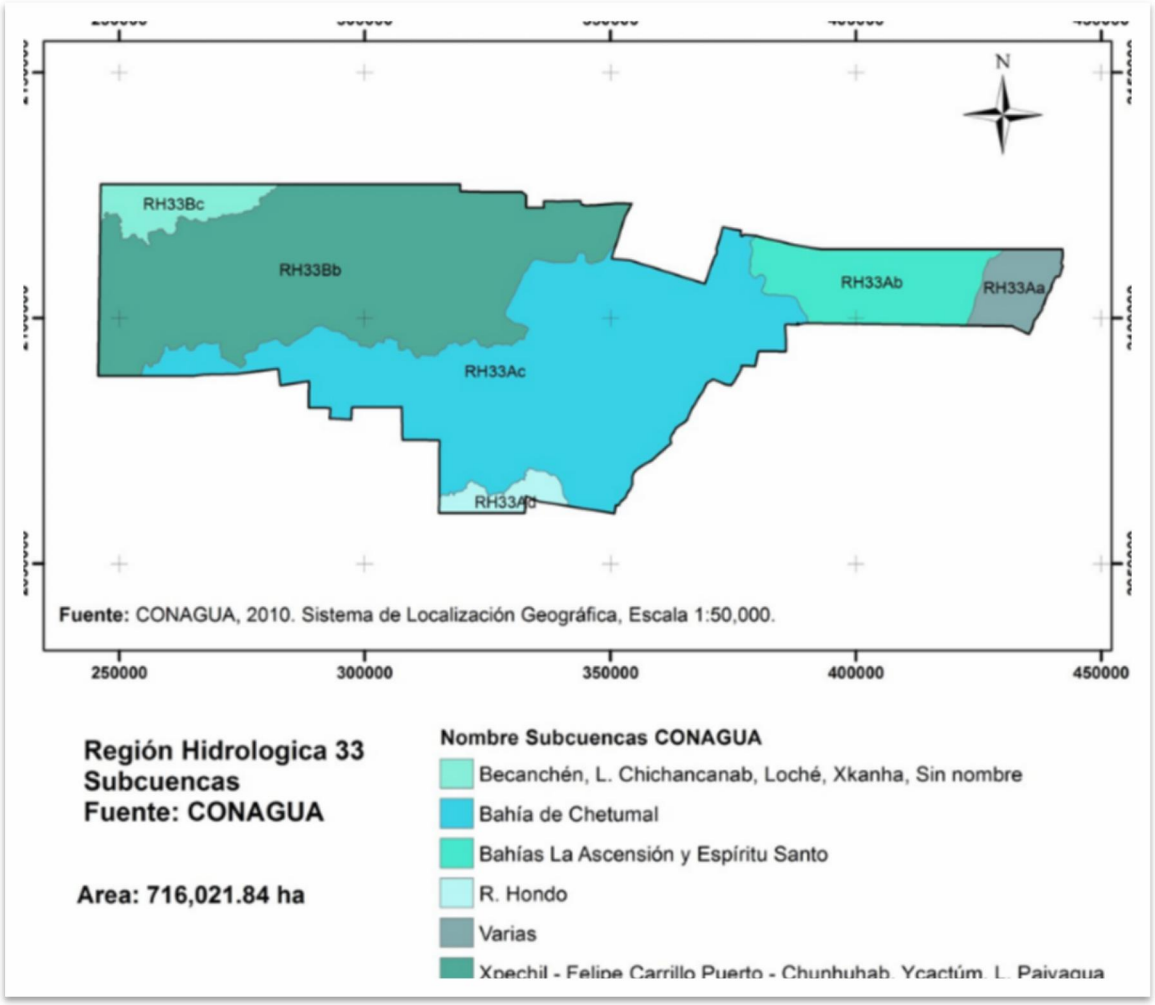


Figura 3.7.- Subcuencas del Municipio de Bacalar.

Regionalización Hidrológica INE-INEGI-CONAGUA.

En el documento técnico Delimitación de las Cuencas Hidrográficas de México a Escala 1:250,000, realizado por INE, INEGI y CONAGUA en el 2007, se realizó la clasificación de las cuencas hidrográficas en exorreicas, endorreicas y arreicas, a partir de criterios topográficos (morfográficos) e hidrográficos (red de drenaje superficial).

Las cuencas de tipo exorreico se caracterizan por descargar su escorrentía superficial hacia el mar, las cuencas endorreicas drenan hacia un cuerpo de agua interior, como un lago, mientras que las cuencas arreicas se caracterizan por presentar un drenaje superficial que se infiltra antes de encontrar un cuerpo colector.

De acuerdo con el estudio técnico anterior, en el municipio de Bacalar se considera la existencia de tres cuencas:

1. Laguna Bacalar. Esta cuenca está identificada con la clave CH_1139, abarca dentro del municipio de Bacalar una superficie de 359,734.91 ha. Es una cuenca de tipo arréica, es decir se caracteriza por presentar un drenaje superficial que se infiltra antes de encontrar un cuerpo colector. Presenta un drenaje desordenado.
2. Río Hondo. Esta cuenca está identificada con clave la CH_1180, abarca dentro del municipio de Bacalar una superficie de 18,462.52 ha. Es una cuenca de tipo exorréica, es decir se caracteriza por descargar su escorrentía superficial hacia al mar. Presenta un drenaje desordenado.

Cuerpos de Agua.

La Región Laguna de Bacalar posee uno de los sistemas hidrológicos más extensos del estado de Quintana Roo, contando con lagunas, cenotes y una extensa superficie cubierta de humedales y selvas inundables. Es un sistema hidrológico extremadamente complejo que se encuentra íntimamente relacionado con los sistemas geológicos y edafológicos de la zona y en consecuencia con los sistemas biológicos que soportan. Cuenta también con un complejo sistema hídrico subterráneo consecuencia de los procesos de carstificación de la zona y que actualmente es explotado para la extracción de agua para consumo urbano. Muchas de las corrientes de agua sólo circulan en superficie en presencia de pendiente en el suelo (mayor a 1.5), por lo que al llegar a la zona de ruptura de pendiente su cauce desaparece en superficie. Por esta razón, el escurrimiento superficial se interrumpe para continuar a profundidad. Otro tipo de escurrimientos presentes en el área son aquellos de poca longitud y que se infiltran al contacto con la ruptura de pendiente. Muchos de los escurrimientos sobre las superficies de pendiente débil no tienen cauces bien definidos, por lo que podrían denominarse estrechas superficies de escurrimiento en donde el agua superficial se infiltra y que permanecen prácticamente inundadas durante la estación lluviosa (Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Laguna de Bacalar, 2005)

Lagunas

Dentro del municipio de Bacalar, los principales cuerpos de agua en cuanto a su extensión son la Laguna de Bacalar y Laguna San Felipe con 45 y 20 km de longitud aproximada respectivamente. En la siguiente tabla se muestran las principales lagunas de Bacalar.

Laguna de Bacalar	Laguna Teresita	Laguna Dos Oros
Laguna San Felipe	Laguna San Antonio	Laguna El Ocho
Laguna Noh-Bec	Laguna Noha	Laguna San Pedro
Laguna La Virtud	Laguna Peten Tunich	Laguna Gorila
Laguna Yo Actum	Laguna Crick	Laguna Cazona
Laguna Vallehermoso	Laguna El Cafetal	Laguna Uvero
Laguna Valeriana	Laguna Chochoba	Laguna El Cinco

Tabla 3.9.- Principales Lagunas del Municipio de Bacalar.
Fuente: CONAGUA, 2010.

De acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Laguna de Bacalar (2005), algunas de las fracturas presentes en la zona de estudio han formado cuerpos de agua permanentes semejantes en estructura a la Laguna de Bacalar, tanto al noreste como al suroeste de la misma, aunque sus dimensiones y profundidad son muy variables y con una mayor acumulación de sedimentos de origen terrígeno no calcáreo. Estos cuerpos de agua, así como otros varios de menor tamaño, se encuentran distribuidos sobre la misma línea de debilidad tectónica que originó la Laguna de Bacalar. La mayoría de estos cuerpos de agua son perennes y presentan características estructurales de fractura cárstica que corresponden con la estructura que hipotéticamente tenía la costa emergida y formada por acreción coralina y crecimiento biostromal, en este sentido apunta que la parte más interna y convexa de las formaciones fracturadas se corresponda con la línea general de la placa de mayor antigüedad en la Península, es decir la placa del Paleoceno.



Figura. 3.8- Lagunas del Municipio de Bacalar

La Laguna de Bacalar es el cuerpo de agua continental más importante de la Península de Yucatán, tiene una extensión aproximada de 45 Km en línea recta desde la localidad de Xul-Há hasta la de Pedro Antonio de los Santos y hasta 2 Km en su parte más ancha. Forma parte de un sistema hidráulico con otros cuerpos de agua no conectados superficialmente, pero alineados en dirección norte-sur, paralelos a la Bahía de Chetumal, consistente con formaciones geológicas terciarias. Es conocida como “la laguna de siete colores”, por el gran atractivo visual que ofrecen las tonalidades cambiantes de sus aguas, aunado al verde de la vegetación de la selva que la rodea.

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Laguna de Bacalar (2005), entre los elementos que la batimetría de Bacalar ha proporcionado resalta una profundidad media cercana a los 25 m con zonas de

mayores profundidades, particularmente aquellas asociadas a los cenotes. La estructura de fondo de la Laguna se corresponde con la estructura supuesta de una fractura, sin embargo, los indicios que tenemos muestran una fractura producida por basculamiento a lo largo de una línea de debilidad en la masa caliza principal que corresponde de manera muy cercana con una línea que podemos trazar a lo largo del centroide de los grupos de cenotes y cuerpos de agua asociados a la formación actual. Es notable la casi verticalidad existente en las paredes occidentales del vaso respecto a los planos inclinados y terrazas formadas en el costado oriental del mismo. La profundidad de las orillas en el costado occidental cambia bruscamente de poco menos de un metro y medio a profundidades mayores a los 15 m en distancias relativamente cortas, denotando un corte casi vertical en la estructura, por otro lado las profundidades en el costado oriental varían de manera más gradual, llegando en algunos sitios a la formación de terrazas medianamente extensas hasta llegar a las cotas de máxima profundidad en el centro, en estas terrazas y en la parte central la deposición de materiales calcáreos finos es abundante. De manera paralela es notable la existencia de una serie de “camas” arenosas en la ribera oriental que se corresponden de modo cercano con las profundidades de la orilla de la ribera occidental y las profundidades de muchos de los canales de comunicación que hay entre Laguna de Bacalar y los cuerpos de agua vecinos. Esta característica es indicativa junto con los crecimientos biostromales hallados en la laguna de que el nivel de aguas en este sistema se ha incrementado en los últimos tiempos en aproximadamente un metro y medio (profundidad apreciable en las orillas de la rivera occidental) y en la profundidad de los canales, indicando posiblemente que el hundimiento de la placa continúa tanto por la disolución cárstica como por la compresión de los materiales sedimentarios profundos.

Esta laguna recibe importantes aportes de agua subterránea provenientes de las zonas relativamente altas del noroeste, a lo largo de su margen este. La evidencia proporcionada por las curvas de nivel determina que el agua subterránea ingresa a la Laguna de Bacalar a través de su pendiente este. Esta franja representa una estrecha banda con una pendiente relativamente marcada que pronto alcanza la zona central de la laguna. Este canal explica en gran medida la función de importante reservorio de

agua dulce en la laguna. Una vez que el aporte continuo de agua rebasa el nivel de este canal central, inicia un importante proceso de drenaje a través de varios puntos de la laguna hacia las lagunas vecinas, el Río Hondo y eventualmente la Bahía de Chetumal a través de aportes superficiales temporales o permanentes expresados a través de canales de comunicación, humedales y una extensa planicie de inundación la cual caracteriza el margen oeste de la misma. De esta manera podemos precisar que la Laguna de Bacalar posee un continuo flujo laminar de agua con un patrón general de noroeste-sureste (Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Laguna de Bacalar, 2005).

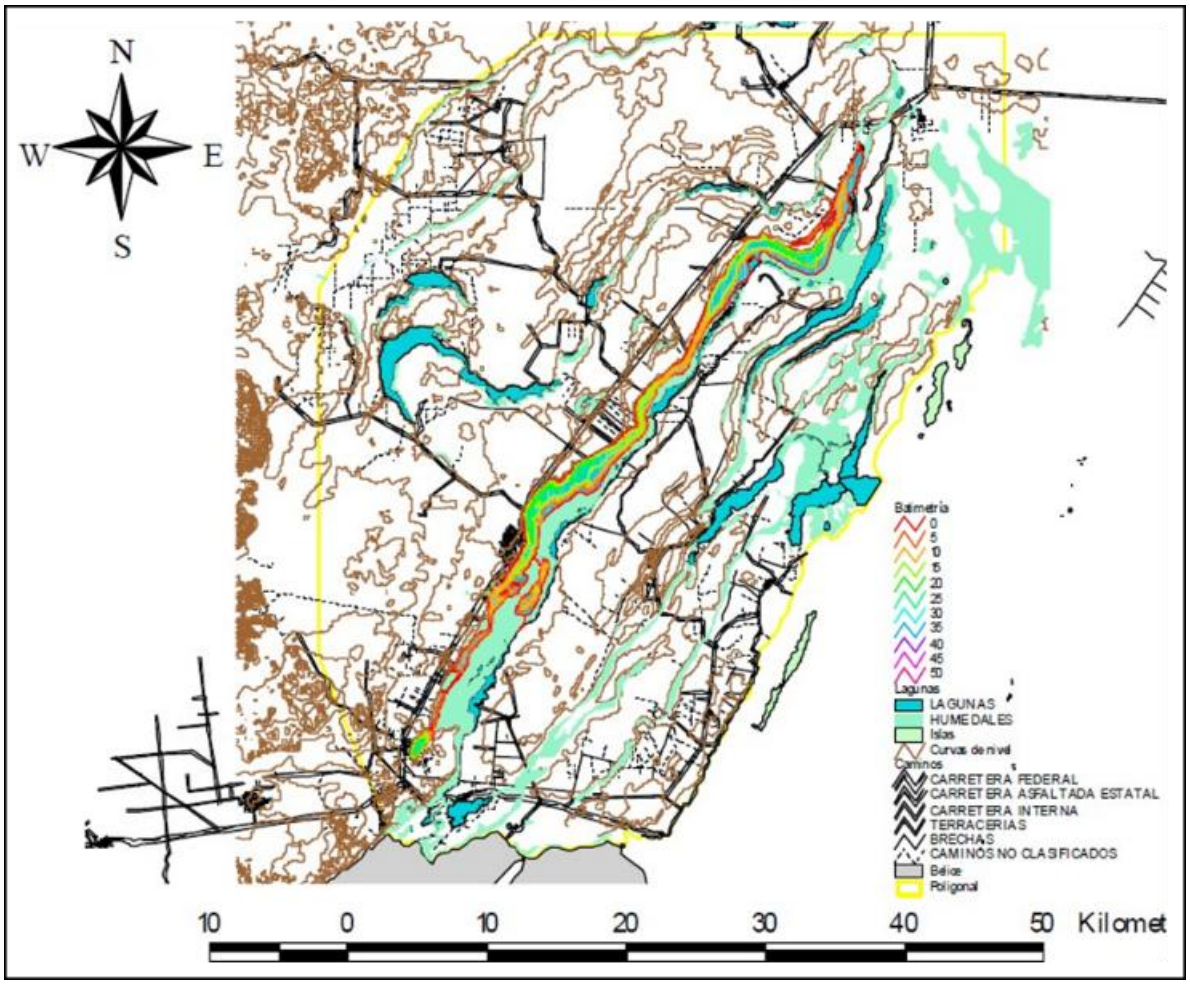


Figura. 3.9.- Batimetría de la Laguna de Bacalar.

Cenotes

Entre las formaciones cársticas típicas que han dado origen a cuerpos de agua expuestos tenemos los cenotes. Los cenotes son aberturas de forma circular que muestran capas delgadas de estratos calizos; su nombre deriva del vocablo maya *tzonot* que significa pozo. Los cenotes se clasifican de la siguiente manera: a) de botella, cuya entrada es pequeña y crece hacia el fondo; b) de pozo, son amplios y cilíndricos con paredes verticales; c) tipo caverna, de entrada lateral y con el agua cubierta por la roca caliza, y los llamados d) viejos cenotes, desplomados, con pendiente en dirección del agua en la estación lluviosa (Riqueza Biológica de Quintana Roo, 2011). En la siguiente tabla, se muestran los principales cenotes presentes en la Laguna de Bacalar, de acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Laguna de Bacalar (2005).

No.	Cenote	Profundidad (m)
1.	Cenote Azul	72
2.	Cenote La Normal	47
3.	Cenote Los Coquitos	40
4.	Cenote Bacalar	35
5.	Poza Norte	35

Tabla. 3.10.- Principales Cenotes de la Laguna de Bacalar.
Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Laguna de Bacalar, 2005.

Los primeros cuatro cenotes, corresponden en su formación a vasija típicos, en los cuales el derrumbe de la bóveda ha dejado expuesto un vaso de paredes aproximadamente verticales de gran profundidad, debemos hacer notar en este punto que con excepción del Cenote Azul, las demás formaciones corresponden a estructuras que se encuentran por debajo del nivel actual de la Laguna de Bacalar y en el interior de la misma. El quinto elemento en la lista corresponde a un vaso cónico abierto en el fondo de la Laguna de Bacalar a modo de embudo en un punto donde la fractura parece haber sufrido una inflexión.

Humedales.

Los humedales son 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, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos (Ley de Aguas Nacionales, 1992). Constituyen un eslabón básico e insustituible del ciclo del agua pues son sistemas de autopurificación, y figuran entre los ambientes más productivos del planeta. Su conservación y manejo sustentable pueden asegurar la riqueza biológica y los "servicios de ecosistema" que éstos prestan, tales como el control de inundaciones, reposición de aguas subterráneas, estabilización de costas y protección contra tormentas, retención y exportación de sedimentos, depuración de aguas, reservorios de biodiversidad, productos de los humedales, valores culturales, recreación y turismo y mitigación al cambio climático y adaptación a él (Atlas del Agua en México, 2011).

La región de Bacalar se caracteriza por la presencia de extensos humedales y canales de flujo entre los diversos cuerpos de agua. Los humedales se distribuyen ampliamente en la zona y se conectan entre sí, contando con una superficie total de 241,686.187 ha dentro del municipio .

A lo largo de la Laguna de Bacalar se encuentran superficies de acumulación lacustre que corresponden con la distribución actual de humedales de esta zona, donde se encuentran presentes manglares. Los humedales de la porción costera y noreste del municipio, se caracterizan por ser zonas con presencia de manglares. (Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Laguna de Bacalar, 2005)



Figura 3.10.- Atlas de Humedales de CONAGUA del Municipio de Bacalar.

Otros cuerpos de agua

La roca caliza que forma el sustrato geológico impide, en gran medida, la formación de escurrimientos y corrientes de agua superficiales, debido a que este material presenta una alta permeabilidad, provocando que numerosos escurrimientos se pierdan por infiltración, muchos de ellos culminan en terrenos deprimidos sujetos a inundación, a los que se da el nombre de aguadas. Aun así, en el municipio de Bacalar se identifican dos corrientes de agua intermitentes denominadas Río Escondido y Tigrito, con una longitud aproximada dentro del municipio de 59.87 Km y 83.48 Km respectivamente, determinada mediante la suma del cauce principal y sus afluentes. De igual manera, se encuentra en el municipio otra corriente de agua intermitente sin nombre, pero que cuenta con una longitud de 148.24 Km .

De acuerdo al estudio Riqueza Biológica de Quintana Roo (2011), no existen estudios que permitan conocer con precisión el Río Escondido, pero también es importante por su tamaño, ya que tiene una longitud de 173.3 km; es de carácter intermitente pues una parte de él corre bajo tierra y tiene un recorrido en dirección noreste, con trayectoria paralela al Río Hondo. Tiene un volumen medio anual escurrido de 541.8 mm^3, que corresponden a un caudal de 17.18 m^3 por segundo de 541.8 mm^3, que corresponden a un caudal de 17.18 m^3 por segundo.



Figura 3.11.- Ríos del Municipio de Bacalar.

Hidrología Subterránea.

Acuíferos.

De acuerdo con CONAGUA (2009), en el municipio de Bacalar se localizan tres acuíferos denominados Cerros y Valles (2301), Península de Yucatán (3105) y Xpujil (0405) los cuales se describen a continuación (figura18).

Clave	Acuífero	Superficie (ha)
3105	Península de Yucatán	564,108.31
0405	Xpujil	83,110.11
2301	Cerros y Valles	65,458.67

Tabla. 3.11.- Acuíferos del Municipio de Bacalar.

Fuente: CONAGUA, Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea. Acuíferos (3105) Península de Yucatán, (0405) Xpujil y (2301) Cerros y Valles. 2009.

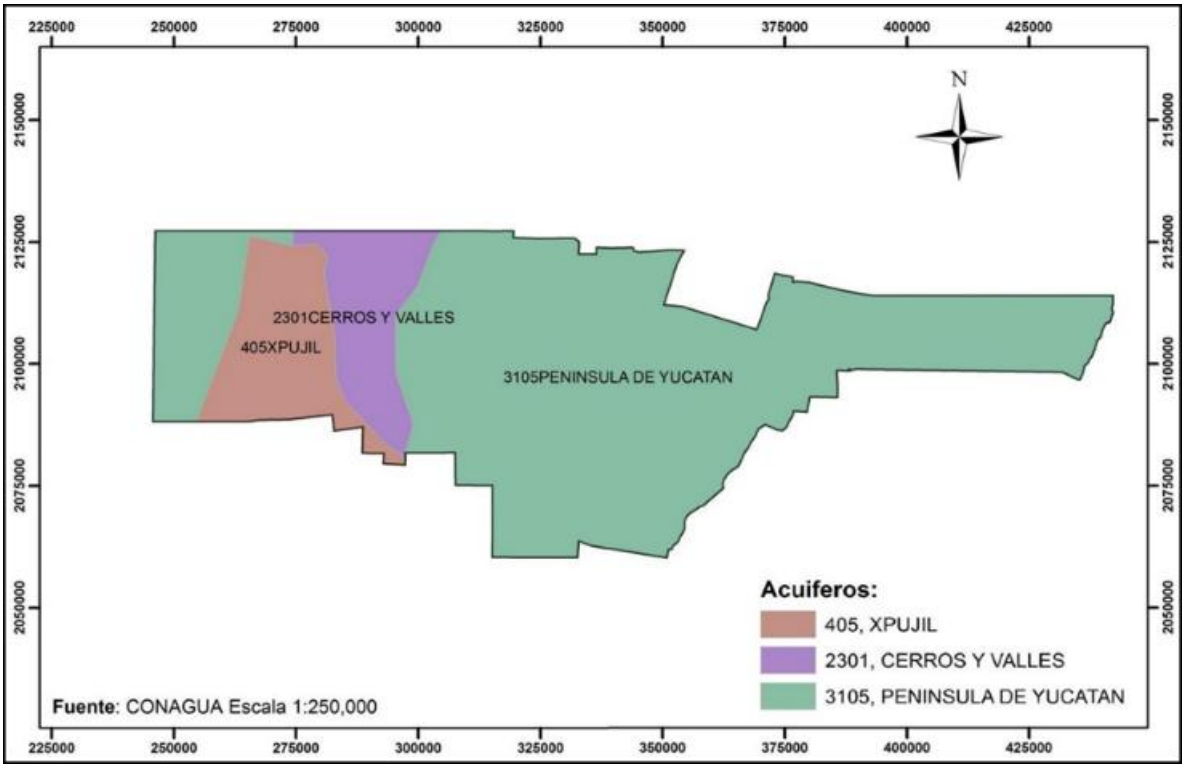


Figura. 3.12.- Acuíferos del Municipio de Bacalar.

1. Acuífero (0405) Xpujil: La región de Xpujil se localiza al sureste del estado de Campeche a una distancia aproximada de 300 km de la capital del estado y en la parte sur-central de la Península de Yucatán, geográficamente limita al norte con el paralelo

19° 00’ 00”, al sur con la República de Guatemala y al oeste con el meridiano 89° 38’ 00”. Este acuífero comprende una superficie estimada en 11,061 Km^2. En la zona se observan tres principales patrones de drenaje que obedecen al alto grado de disolución, carsticidad y fracturamiento de las rocas. Se caracteriza por tener un drenaje radial y rectangular que ha sido originado a partir de diapirismo y el segundo está gobernado por el fracturamiento. La mayoría del drenaje se genera en la parte topográfica más alta y forma una especie de parteaguas de donde parte de forma radial recorriendo cortas distancias y desapareciendo en la zona de contacto y variación litológica, principalmente entre la zona de yesos y calizas. La topografía de la zona tiene una tendencia a formar franjas alineadas sensiblemente orientadas al noroeste-sureste las que caracterizan la zona poniente del área y franjas alineadas en dirección noreste-suroeste que se presentan en la porción oriental. La composición geomorfológica de Xpujil es cerril de altura promedio de 150 msnm, alineada sensiblemente

noroeste-sureste y en donde se han desarrollada cavernas de grandes dimensiones, que se ha relacionado su origen al levantamiento diferencial. Se observa que la roca superficial de la zona ha sido fuertemente atacada por el intemperismo y la disolución, originando que el agua de lluvia que escurre superficialmente se infiltre incorporándose al acuífero, cuyas profundidades varían desde 30 hasta 150 m, a través de los pozos naturales de recarga, por lo que se infiere que se trata de una buena zona almacenadora, sin embargo se ha constatado que su composición química la restringe para consumo humano, ya que al disolverse la matriz rocosa, provoca altas concentraciones de sulfatos, por lo que se ha generalizado la captación de agua de lluvia por medio de aljibes y el aprovechamiento de aguadas y lagunas a pesar de que éstas presentan ciertos problemas de contaminación orgánica generada principalmente por el fecalismo al aire libre. El volumen estimado de precipitación es de 14,044.02 Mm^3/año y la temperatura promedio es de 26 °C, por lo que mediante la aplicación del método de Turk se tiene una evapotranspiración de 11,944.58 Mm^3/año y un volumen de infiltración de 2,099.43 Mm^3/año. La recarga total media anual de este acuífero corresponde a 2,099.4 Mm^3 y presenta una descarga natural comprometida de 1,784.1 Mm^3/año. El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión

inscritos en el REPDA de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de septiembre de 2008, es de 0.253 Mm^3/año. Este acuífero presenta una disponibilidad media anual de agua subterránea de 315.047 Mm^3 y un déficit de 0.0 m^3/año, siendo un acuífero no sobreexplotado.

2. Acuífero (2301) Cerros y Valles: Abarca dentro del estado de Quintana Roo una superficie de 4,410.8 Km^2. Esta zona se encuentra orientada en la parte suroriental de Quintana Roo, y se localiza dentro de los municipios de Othón P. Blanco, Bacalar y José María Morelos, limitado al noreste y sureste el acuífero denominado Península de Yucatán y al poniente por los estados de Campeche y Yucatán. El volumen estimado de precipitación es de 5,367.39 Mm^3/año y la temperatura promedio es de 26° C, por lo que mediante la aplicación del método de Turk se tiene una evapotranspiración de 4,631.29 Mm^3/año y un volumen de infiltración de 736.1 Mm^3/año. Presenta una recarga media anual de 1,194.2 Mm^3 y una descarga natural comprometida de 854.9 Mm^3/año. El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el REPDA de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de septiembre de 2008, es de 4.626 Mm^3/año. Este acuífero presenta una disponibilidad media anual de agua subterránea de 334.673 Mm^3 y un déficit de 0.0 m^3/año, siendo un acuífero no sobreexplotado

Zonas de Extracción.

Conforme al Estudio Geohidrológico del Estado de Quintana Roo, publicado por INEGI en el año 2002, en el municipio de Bacalar existen cinco zonas principales de extracción. En la siguiente tabla se señala la superficie que abarca cada una de ellos dentro del municipio.

Clave	Acuífero	Superficie (ha)
334	Lázaro Cárdenas	144,868.10
352	Ukum	77,445.51
335	Tampak	53,936.77
309	Los Lirios	49,146.91
421	Río Hondo	4,915.29

Tabla.3.12- Zonas de Extracción del Municipio de Bacalar.
Fuente: INEGI, Estudio Geohidrológico del Estado de Quintana Roo, 2002.

A continuación se mencionan las características generales de cada uno de ellos.

1. *Ukum:* Esta zona está formada por caliza del Paleoceno, Mioceno y Terciario Superior: de grano fino en capas medianas a gruesas y fracturamiento moderado, con presencia de cavernas de disolución lo que indica su alta permeabilidad. En esta área se formó un acuífero de tipo libre cuyos niveles estáticos se encuentran desde 6 a 95 m: la dirección del flujo subterráneo es sureste, hacia el litoral, La calidad del agua va de tolerable a salada, en donde la familia de agua es mixta bicarbonatada con tendencia a magnésica- sulfatada.

2. *Tampak:* Está constituida por caliza del Paleoceno, Eoceno, Mioceno y Terciario Superior, que se presenta en estratos gruesos a masivos y fracturamiento moderado con presencia de cavernas que debido a su alta permeabilidad, es de tipo libre cuyos niveles estáticos tienen en promedio 50 m (van de 2 a 80 m) y la dirección de flujo es noroeste-sureste hacia el litoral. La calidad del agua va de dulce a salada predominando la tolerable, sobresalen las familias mixta bicarbonatada con tendencia a sódica-clorurada y la mixta con tendencia cálcica.

3. *Los Lirios:* El área está constituida de calizas microctistalinas del Eoceno, en estratos delgados a gruesos, en ocasiones con nódulos de pedernal e intercalaciones de brecha sedimentaria. Manifiesta fracturamiento moderado y permeabilidad alta en materiales consolidados. Es de tipo libre con espesor teórico máximo del manto de agua dulce de 160 m y niveles estáticos de 12 a 124 m. El flujo subterráneo es de suroeste-noreste. En esta zona existen aguas de los tres tipos de calidad: dulce, salada y tolerable; la familia de agua predominante es la mixta.

4. *Río Hondo:* Zona constituida por caliza y dolomía en estratos que varían de delgados a medianos con fracturamiento moderado. Es de tipo libre con un nivel estático promedio de 20 m de profundidad y los gastos son de 80 lps, aproximadamente; la dirección del flujo subterráneo es suroeste-noreste. En esta zona se encuentra la unidad de Riego Álvaro Obregón que pertenece al distrito de riego número 102 Río Hondo en donde se tienen 42 pozos para el riego de 3,141 ha de caña

de azúcar. La calidad del agua extraída es tolerable a excepción de la zona colindante al cauce del Río Hondo, donde es salada y ocasionalmente dulce, la familia de agua predominante es cálcica- bicarbonatada con tendencia a magnésica-sulfatada.

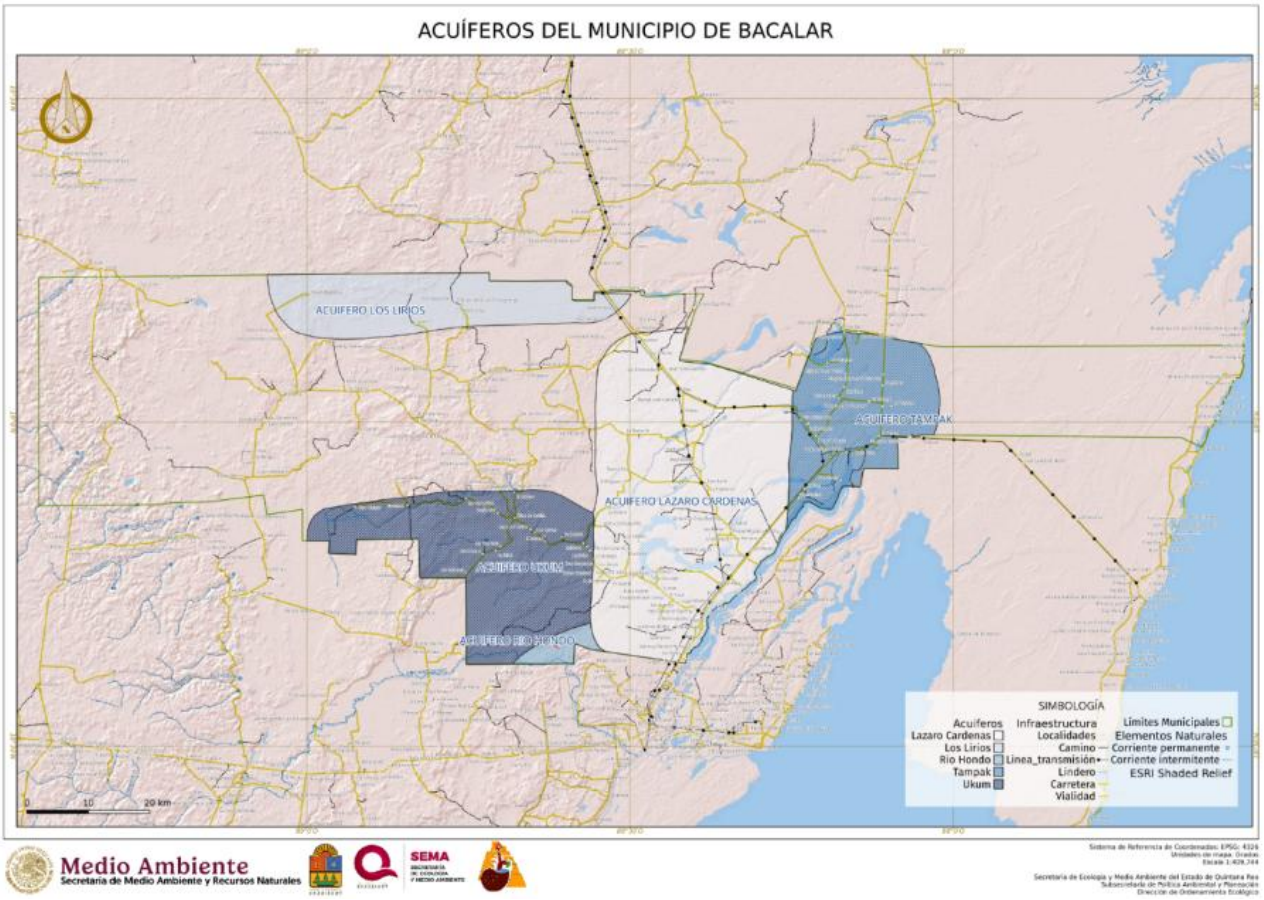


Figura. 3.13.- Zonas de Extracción del Municipio de Bacalar.

Disponibilidad del Agua.

Como ya se mencionó anteriormente en Bacalar existen tres acuíferos: (3105) Península de Yucatán, (0405) Xpujil y (2301) Cerros y Valles. Ninguno de estos tres acuíferos presenta déficit hídrico, de acuerdo con los estudios de Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de Agosto de 2009. En la siguiente tabla se resume la disponibilidad de las aguas subterráneas de estos acuíferos.

Clave	Acuífero	Recarga Media Anual (Mm^3)	Descarga Natural Comprometida (Mm^3/año)	Volumen Anual Concesionado[1)] (Mm^3)	Disponibilidad Media Anual (Mm^3)
3105	Península de Yucatán	21813.4	14542.2	2265.595	5005.605
405	Xpujil	2099.4	1784.1	0.253	315.047
2301	Cerros y Valles				

Tabla. 3.13 Disponibilidad de los Acuíferos del Municipio de Bacalar.

Fuente: CONAGUA, Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de Agosto de 2009.

1) De acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el REPDA de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de septiembre de 2008.

De acuerdo con datos proporcionados por el Registro Público de Derechos de Agua con fecha de corte al 30 de Septiembre de 2012, en el municipio de Bacalar se cuenta con un total de 389 pozos que reportan un volumen total de extracción de 23´235,843.70 m^3/año. La mayoría de éstos se localizan en el Acuífero (3105) Península de Yucatán, pues cuenta con 379 pozos con un volumen de extracción de 21´834,643.50 m^3/año, seguido por 6 pozos localizados en el Acuífero (0405) Xpujjil que reportan en total un volumen de extracción de 268,893.20 m^3/año y 4 pozos ubicados en el Acuífero (2301) Cerros y Valles con un volumen de extracción de 1´132,307.00 m^3/año. La figura 21 muestra la distribución de los pozos en el municipio de Bacalar para el aprovechamiento de las aguas subterráneas.

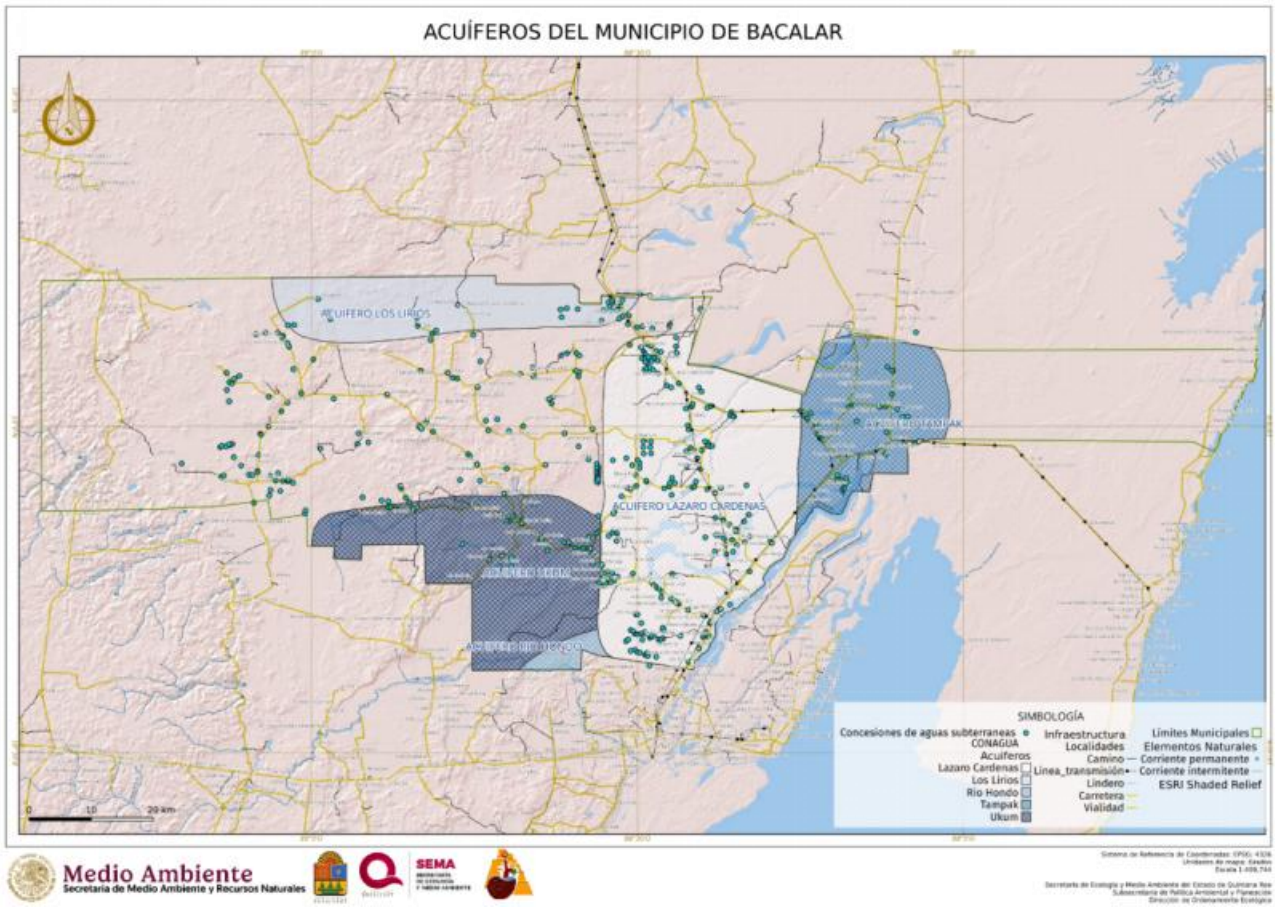


Figura. 3.14.- Distribución de los Pozos por Acuífero.

La Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, reporta para el año 2011 una cobertura de agua potable para Bacalar de 92.74% y 1.48% en cobertura del servicio de drenaje sanitario. Las aguas residuales, en su mayoría, son descargadas directamente al terreno y a fosas sépticas, lo que propicia la contaminación del agua subterránea con organismos fecales, materia orgánica, nitrógeno, compuestos químicos y detergentes, entre otros. No obstante, la considerable recarga del acuífero y las características hidráulicas facilitan el rápido tránsito de los contaminantes, pero debido a que en los núcleos de población se alternan las descargas y las extracciones, gran parte del agua residual infiltrada circula a los pozos por efectos del bombeo en lugar de seguir la trayectoria natural del flujo; por fortuna, si se eliminan los factores de la contaminación la calidad del agua puede recuperarse a corto plazo (Riqueza Biológica de Quintana Roo, 2011).

Usos del Agua.

Aprovechamiento del Agua Subterranea

De acuerdo con datos proporcionados por el Registro Público de Derechos de Agua con fecha de corte al 30 de Septiembre de 2012, de los 389 pozos localizados en el municipio de Bacalar, el 89.71% del agua que se extrae es utilizada para actividades agrícolas lo que corresponde a un volumen de extracción de 20´844,756.80 m³/año, el 9.83% se destina para uso público urbano constituido por 2´283,016.40 m³/año y el 0.47% restante se utiliza en actividades pecuarias lo que representa un volumen de extracción de 108,070.50 m³/año.

USO	POZOS	VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (m³/año)
AGRÍCOLA	232	20´844,756.80
PECUARIO	97	108,070.50
PÚBLICO URBANO	60	2´283,016.40
TOTAL	389	23´235,843.70

Tabla. 3.14.- Usos del Agua Subterránea en el Municipio de Bacalar

Fuente: REPDA con fecha de corte al 30 de Septiembre de 2012.

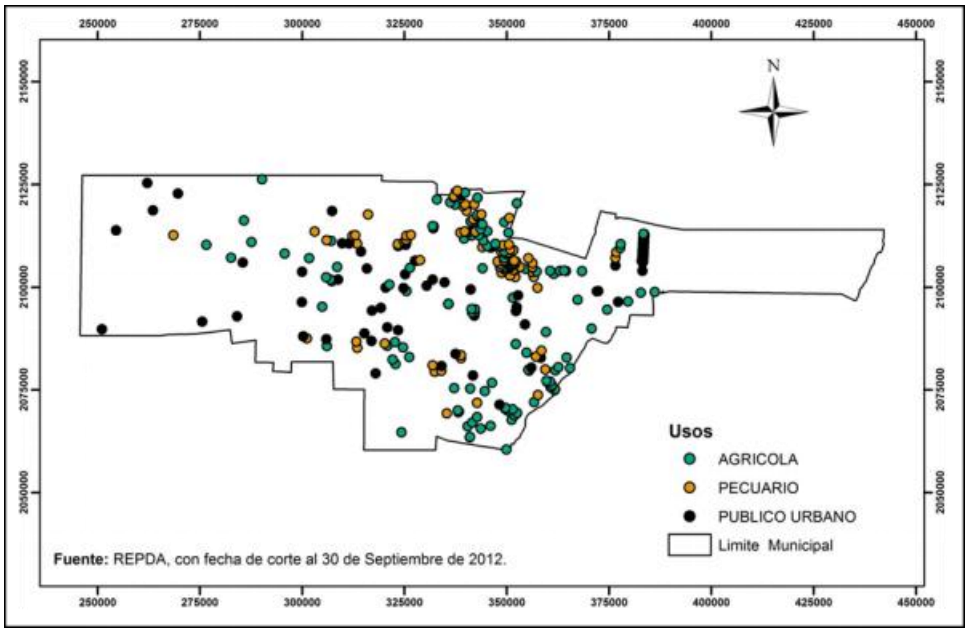


Figura. 3.15.- Distribución de los Pozos por Uso.

Vegetación

Según la Carta de Vegetación Primaria 1:1´000,000 que el INEGI publicó en el año 2003, la vegetación potencial del Estado de Quintana Roo, es decir el estado natural de las comunidades vegetales antes de los grandes cambios antropogénicos de los siglos XIX y XX, estaba dominada por la selva perennifolia al norte y centro del Estado, mientras que, en la parte sur, además de la selva perennifolia, también se presentaban importantes áreas de selva caducifolia (figura 47). Sin embargo, para el 2005 ya gran parte de esta vegetación, sobre todo al sur del Estado, había sido fuertemente modificada y sólo una pequeña cantidad permanecía en condición Primaria (INEGI, 2005).

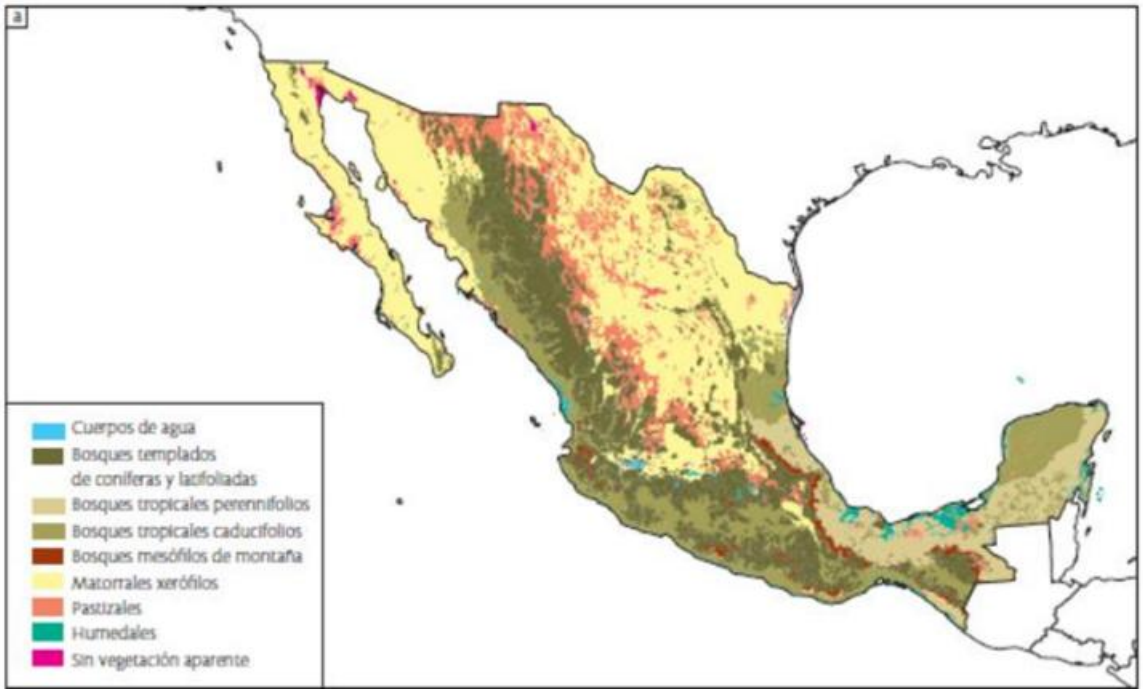


Figura. 3.16.- Vegetación Primaria Potencial de México según el INEG.

Por otra parte, el Estudio de Estado sobre la Biodiversidad del Estado de Quintana Roo, que fue elaborado por la CONABIO y el Gobierno de Quintana Roo, publicado en 2011

bajo el nombre de “Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un Análisis para su Conservación”, establece que un rasgo distintivo de Quintana Roo es su exuberante vegetación, propia de la región neotropical a la que pertenece y de la provincia fisiográfica de la que forma parte, el número once, que corresponde a la Península de Yucatán. Así mismo menciona que en todo el territorio estatal se han identificado doce comunidades vegetales, cuya distribución está determinada por el clima, las características geológicas, los tipos de suelo, la topografía y la presencia del mar Caribe. Estas comunidades son:

1. Selva alta subperennifolia
2. Selva mediana subperennifolia
3. Selva mediana subcaducifolia
4. Selva baja espinosa subperennifolia
5. Selva baja subcaducifolia
6. Selva baja caducifolia
7. Palmar
8. Manglar
9. Sabana
10. Vegetación de dunas costeras
11. Petén, y
12. Tular

Según este mismo estudio, en Quintana Roo predomina la selva mediana subperennifolia donde se insertan el resto de las comunidades vegetales. En menor proporción existen el tular-saibal, el popal, tasistal y la sabana con pino caribeño

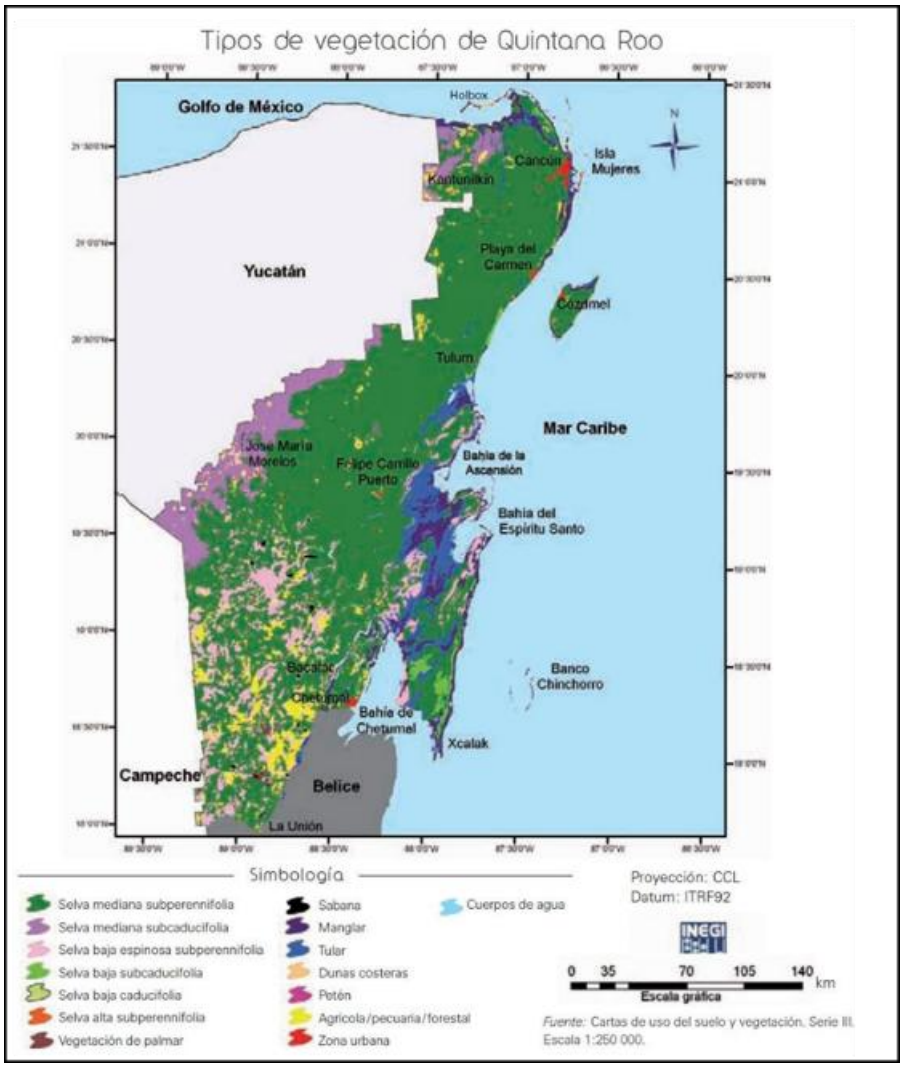


Figura. 3.17.- Mapa de Uso de Suelo y Vegetación del Estado de Quintana Roo.

Considerando lo anterior, para el presente estudio, se determinó que la caracterización de la vegetación del municipio de Bacalar se haría a partir de la clasificación de INEGI, específicamente la considerada en la Serie IV de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250,000. Por lo que fue esta clasificación la que se usó para la elaboración de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Escala 1:50,000 que forma parte del presente estudio y a partir de la cual se hace la descripción de la vegetación presente en el municipio de Bacalar.

Tipos de Vegetación del Municipio de Bacalar

En diversos proyectos se ha estudiado y descrito a diferentes escalas la vegetación presente, en una parte o en todo, el territorio que comprende la delimitación del municipio de Bacalar. Así por ejemplo INEGI elaboró en 2005 la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Escala 1:250,000 Serie III y posteriormente en 2010 publicó la Serie IV de esta carta temática y en ambas cartas cartografió, a escala 1:250,000, la vegetación presente en el territorio municipal.

Por otra parte en 2006 se publicó la actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico de la Costa Maya, donde se estudiaron las características y distribución de la vegetación correspondiente a dicha región del estado de Quintana Roo, dentro de la cual se comprende una pequeña porción del municipio de Bacalar. Este estudio detalló ampliamente las características de los tipos de vegetación presentes en esta zona.

En el año 2005 se publicó el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Laguna de Bacalar y como parte de éste se hicieron estudios sobre la caracterización de la vegetación del área que comprende este ordenamiento y dentro de la cual una buena parte está ahora comprendida dentro de los límites del territorio del municipio de Bacalar.

Finalmente, en el 2009 comenzó la elaboración del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Otón P. Blanco y para esto se hicieron estudios sobre la vegetación presente en dicho Municipio, identificándose y describiéndose los principales tipos de vegetación presentes y mapeando su distribución espacial dentro del territorio a través de la elaboración de una carta de uso de suelo y vegetación escala 1:100,000 del territorio de dicho municipio. Por consiguiente dentro de este estudio quedó comprendida la totalidad de la superficie actual del municipio de Bacalar, pues en dicha época, este territorio aun pertenecía al municipio de Othón P. Blanco.

Considerando lo anterior, para la elaboración del presente estudio de caracterización de la vegetación del municipio de Bacalar, se inició por analizar, principalmente, los estudios e información antes mencionados, de lo cual resulta que para el área a

ordenar se reportan los siguientes tipos de vegetación y con las características que se describen a continuación:

A) Según INEGI.- Con base en la Carta de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250,000 Serie IV dentro del territorio del municipio de Bacalar están presentes los siguientes tipos de vegetación y ocupan las superficies señaladas en la tabla:

CLAVEFOT	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (ha)
AH	ASENTAMIENTO HUMANO	2,605.19
H2O	CUERPO DE AGUA	7,704.98
IAPF	AGRICULTURA-PECUARIO-FORESTAL	89,531.86
PT	VEGETACIÓN DE PETEN	211.68
SBQ	SELVA BAJA SUBPERENNIFOLIA	43,114.97
SBQ/VSa	SELVA BAJA SUBPERENNIFOLIA/VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA	27,204.85
SBQ/VSA	SELVA BAJA SUBPERENNIFOLIA/VEGETACION SECUNDARIA ARBOREA	104,766.68
SBS/VSA	SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA/VEGETACION SECUNDARIA ARBOREA	1,448.19
SMQ	SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	38,576.55
SMQ/VSa	SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA/VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA	41,934.16
SMQ/VSA	SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA/VEGETACION SECUNDARIA ARBOREA	323,513.64
SMQ/VSh	SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA/VEGETACION SECUNDARIA HERBACEA	120.77
SMS/VSa	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA/VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA	1,229.11
SMS/VSA	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA/VEGETACION SECUNDARIA ARBOREA	3,121.38
VM	VEGETACION MANGLAR	15,098.77
VS	VEGETACION SABANA	773.12
VT	VEGETACION TULAR	14,218.00
ZU	ZONA URBANA	847.94
	TOTAL	**716,021.84**

Tabla. 3.15. Tipos de Vegetación y Usos del Suelo en el Municipio de Bacalar, 2012.

Fuente: Carta de Uso de Suelo y Vegetación del Municipio de Bacalar 2012, Escala 1:50,000.

Como puede verse según esta tabla, en el territorio del municipio de Bacalar existen 8 tipos de vegetación, los cuales en especial las selvas, presentan diferentes grados de conservación, por lo que encontramos desde vegetación de selva en condición primaria hasta selvas con un alto grado de disturbio, por lo cual a su vez están subdivididas o clasificadas en selvas primarias y selvas con vegetación secundaria, con lo que encontramos que los 4 tipos de selva reportados (selva baja subcaducifolia, selva baja subperenifolia, selva media subcaducifolia y selva media subperenifolia) están a su vez divididos y dan origen a 10 clases de selva.

Las características de los principales tipos de vegetación reportados por INEGI (2010) son:

1.- Selva Mediana Subperennifolia (SMQ).- son comunidades vegetales que se desarrollan generalmente en climas cálido-húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y Cw en menor proporción. Con temperaturas típicas entre 20 y 28 °C. La precipitación total anual es del orden de 1,000 a 1,600 mm. Se ubica entre los 0 a 1300 metros sobre del nivel medio del mar. Ocupa lugares de moderada pendiente, con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas pero ligeramente más secas y con drenaje rápido. El material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal son predominantemente rocas cársticas. Los árboles de esta comunidad presentan alturas que van de los 25 a los 35 m, su diámetro a la altura del pecho es menor que los de la selva alta perennifolia aun cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva, se distinguen tres estratos arbóreos, de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 a 35 m. Formando parte de los estratos (especialmente del bajo y del medio) se encuentran las palmas, al igual que los de la selva alta perennifolia, presentan contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas. Especies importantes de este tipo de vegetación son las siguientes: Lysiloma latisiliquum, Brosimum alicastrum (ox, ramón, capomo), Bursera simaruba (chaka', palo mulato, jiote, copal), Manilkara zapota (ya’, zapote, chicozapote), Lysiloma spp. (tsalam, guaje, tepeguaje), Vitex gaumeri (ya'axnik), Bucida buceras (pukte'), Alseis yucatanensis (ja’asché),

Carpodiptera floribunda. Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas y bromeliáceas y aráceas.

2.- Selva Mediana Subcaducifolia (SMS).- este tipo de vegetación se desarrolla en regiones cálidas subhúmedas con lluvias en verano, la precipitación anual oscila entre 1,000 y 1,229 mm y una temperatura media anual que va de los 25.9 a los 26.6º C, con una temporada seca muy bien definida y prolongada. Los climas en los que prospera son los Am más secos y preferentemente los Aw. Se localiza a una altitud que oscila entre los 150 y 1250 m, ocasionalmente se presenta a los 1 000 msnm. El material parental que sustenta a este tipo de vegetación es en donde abundan rocas basálticas o graníticas y donde hay afloramientos de calizas que dan origen a suelos oscuros, muy someros, con abundante pedregosidad o bien en suelos grisáceos arenosos y profundos. La altura de los elementos que componen a esta selva es de menor parte que las anteriores. Este tipo de selva presenta en las zonas de su máximo desarrollo árboles cuya altura máxima oscila entre 25 y 30 m. Tanto la densidad de los árboles como la de la cobertura es mucho menor que la de las selvas altas perennifolias y subperennifolias; sin embargo, a mitad de la temporada de lluvias, en la época de mayor desarrollo de follaje, la cobertura puede ser lo suficientemente densa para disminuir fuertemente la incidencia de la luz solar en el suelo. Dentro de las especies que se localizan en este tipo de vegetación destacan las siguientes: Hymenaea courbaril (guapinol, capomo), Hura polyandra (jabillo, habillo), Brosimum alicastrum (ox, ramón, capomo, ojoche), Lysiloma bahamensis, Enterolobium cyclocarpum (pich, parota, orejón), Piscidia piscipula, Bursera simaruba (chaka', palo mulato), Agave sp. (ki'), Vitex gaumeri (ya'axnik), Ficus spp. (amate), Aphananthe monoica, Astronium graveolens, Bernoullia flammea, Sideroxylon cartilagineum, Bursera arborea, Calophyllum brasiliense, Cordia alliodora, C. elaeagnoides, Tabebuia donnellsmithii, Dendropanax arboreus, Ficus cotinifolia, F. involuta, F. mexicana, Luehea candida, Lysiloma divaricatum, Sideroxylon capiri, Attalea cohune, Swietenia humilis, Tabebuia impetiginosa, T. Rosea, Acacia langlassei, Apoplanesia paniculata, Trichospermum mexicanum, Bursera excelsa, Jacaratia mexicana, Ceiba aesculifolia, Coccoloba

barbadensis, Cordia seleriana, Croton draco, Cupania glabra, Esenbeckia berlandieri, Eugenia

michoacanensis, Euphorbia fulva, Exothea copalillo, Forchhammeria pallida, Inga laurina, Jatropha peltata, Plumeria rubra, Psidium sartorianum, Swartzia simplex, Licania arborea, Haematoxylum campechianum, Annona purpurea, Lonchocarpus lanceolatus, Diospyros digyna, Pithecellobium dulce, P. lanceolatum, Annona reticulata, Gyrocarpus jatrophifolius, Sideroxylon persimile, Godmania aesculifolia, Manilkara zapota, Vitex mollis, Calycophyllum candidissimum, Pterocarpus acapulcensis, Lafoensia punicifolia, Andira inermis, Morisonia americana, Homalium trichostemon, Poeppigia procera, Tabebuia impetiginosa, Couepia polyandra, Erythroxylon areolare, Dalbergia granadillo, Hauya microcerata (yoá); Ficus bemslyana (amate), Platymiscium dimorphandrum (hormiguillo), Guettarda combsii (palo de tapón de pumpo), Wimmeria bartlettii (hoja menuda de montaña), Ulmus mexicana, Maclura tinctoria, Myroxylon balsamum, Piscidia piscipula, Ceiba pentandra, Sideroxylon foetidissimum, Caesalpinia gaumeri, Cedrela odorata, Alseis yucatanensis, Spondias mombin, Pseudobombax ellipticum Astronium graveolens, y Vitex bemslei. Las formas de vida epifítas y las plantas trepadoras así como el estrato herbáceo son reducidos en comparación con ambientes mucho más mesófilos. Constituyen el epifitismo algunas aráceas como Anthurium tetragonum, bromeliáceas como Tillandsia brachycaulos y las orquídeas como Catasetum integerrimum.

3.- Selva Baja Subperennifolia (SBQ).- esta vegetación se desarrolla en climas del tipo cálido húmedo y subhúmedo. Puede presentarse en condiciones climáticas similares a las de la selva alta perennifolia, la mediana subperennifolia, la mediana subcaducifolia y las sabanas. Se le encuentra en zonas bajas y planas, en terrenos con drenaje deficiente, mismos que se inundan en la época de lluvias pero se secan totalmente en invierno (temporada seca). Los suelos que soportan a esta selva son relativamente profundos, con una lámina de agua más o menos somera en época de lluvias. Esta selva está caracterizada por árboles bajos (no mayores de 5 m), generalmente con los troncos muy torcidos; la densidad de los árboles puede ser bastante grande; el estrato

herbáceo frecuentemente no existe. Se distribuyen en los llamados “bajiales” o bajos inundables de la costa norte de Yucatán, centro y sur de Campeche, sur y noreste de Quintana Roo. Son especies características las siguientes: Haematoxylon campechianum (ek’, tinto, palo de tinte), Bucida buceras (pukte'), Metopium brownei (chechem), Byrsonima bucidaefolia (sakpaj), Pachira acuatica (zapote bobo, kuche’), Cameraria latifolia. Talisia floresii, Byrsonima crassifolia, Crescentia alata, C. cujete, Curatella americana, Eugenia lundellii, Coccoloba cozumelensis, Croton reflexifolius, Hyperbaena winzerlingii y Coccoloba spp. También la constituyen ciperáceas y gramíneas. Miranda (1958) dice que el número de bejucos, algunos de ellos de gran grosor, es frecuentemente elevado, así como el de plantas epífitas. Entre las epífitas están orquídeas y bromeliáceas como Tillandsia sp.

4.- Manglar (VM).- Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas, ocasionalmente arbustivas, cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m. Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Se desarrolla en zonas de lagunas costeras y desembocaduras de ríos, así como en las partes bajas y fangosas de las costas. La composición florística que lo forman son el mangle rojo (Rhizophora mangle), mangle salado (Avicennia germinans), mangle blanco (Laguncularia racemosa) y mangle botoncillo (Conocarpus erectus). El uso principal desde el punto de vista forestal es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Pero quizá el uso más importante que presenta el manglar es el alberge de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos, destacando el camarón y el ostión cuyo valor alimenticio y económico es alto.

5.- Popal (VA).- Comunidad vegetal propia de lugares pantanosos o de agua dulce estancada, de clima cálido y húmedo, su fisonomía es característica ya que sus dominantes son principalmente plantas herbáceas de 1 a 2 m de alto.

Generalmente enraizadas en el fondo, de hojas grandes y anchas que sobre salen del agua formando extensas masas. Las plantas más frecuentes que constituyen a esta comunidad son quentó (Thalia geniculata), popoay (Calathea sp.), platanillo (Heliconia sp) y algunas especies acompañantes de las familias ciperaceas y gramíneas como (Panicum sp.), (Paspalum sp.), (Cyperus sp.), además de otros géneros como Bactris y Pontederia.

6.- Tular (VT).- Es una comunidad de plantas acuáticas, arraigadas en el fondo, constituida por monocotiledóneas de 80 cm hasta 2.5 m de alto, de hojas largas y angostas o bien carente de ellas. Su distribución es cosmopolita, se desarrollan en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, principalmente en la zona del altiplano. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (Typha spp.), y tulillo (Scirpus spp.), también es común encontrar los llamados carrizales de (Phragmites communis) y (Arundo donax). Incluye los “seibadales” de Cladium jamaicense del sureste del país.

B) El POET de la región Laguna de Bacalar (2005) señala: “La vegetación de la zona del Sistema Lagunar de Bacalar está constituida exclusivamente por asociaciones vegetales de clima cálido (Aw), lo cual se ve reflejado en una temperatura promedio anual de los 26.2 ºC, con gradientes de precipitación promedio anual que pueden variar entre los 1,249.1 mm (Chetumal) y 1,009.5 mm (Bacalar). Asimismo estas asociaciones se distribuyen acordes con la geomorfología de la Península de Yucatán, es decir, que se manifiestan a manera de amplias franjas dependientes de la antigüedad geológica de los mantos rocosos y de la disponibilidad de los recursos hídricos. En las zonas elevadas y no sujetas a períodos de inundación se considera la distribución de las selvas (en sus distintas variantes). Por otra parte, en las zonas bajas e inundables se habrán de integrar aquellas especies de plantas tolerantes a esta misma condición, por lo que se puede desarrollar la Vegetación acuática facultativa, que para la zona se integra por las selvas inundables, manglares, saibales y tulares. Un segundo integrante de la vegetación sujeta a inundación comprende a las especies que permanecen sumergidas, emergentes o flotantes en los cuerpos de agua, denominadas como vegetación acuática estricta, que corresponde a la vegetación de cuerpos de agua

permanente salobre y dulceacuícolas. Por otra parte, dentro de todos los tipos de vegetación que han sido señalados, se deberá considerar importantes áreas de vegetación modificada por las distintas actividades productivas y por afectaciones de carácter natural, mismas que se ha denominan de manera genérica como Vegetación con estado de desarrollo secundario.

En la siguiente tabla se hace un resumen de los tipos de vegetación que se reportan como presentes en el Sistema Lagunar de Bacalar (POET Región Laguna de Bacalar, 2005). Además se anotan las principales asociaciones que se pueden manifestar dentro de éstos.

ECOSISTEMAS	**ASOCIACIONES TÍPICAS**
I. Vegetación acuática estricta	b) Vegetación en cuerpos de agua salobre. b) Vegetación en cuerpos de agua dulce (Vegetación acuática del fondo béntico, Vegetación acuática emergente - tular, Vegetación acuática con *Nymphaea ampla,* Vegetación acuática con *Eleocharis cellulose*).
II. Vegetación de Manglar.	c) De franja con *Rhizophora mangle*. c) Chaparro con *Rhizophora mangle*. c) Con *Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa*.
III. Vegetación acuática facultativa.	c) Subacuática con Cladium jamaicense. *c)* Subacuatica con mangles dispersos con *Rhizophora mangle.* *c)* Saibal-Manglar con *Cladium jamaicense, Conocarpus erectus* y *Acoelorhaphe wrightii*
IV. Vegetación arbórea en bajos inundables.	c) Petenes c) Selva baja inundable con *Bucida buceras* y *Croton reflexifolius*. c) Selva mediana inundable con *Bucida buceras* y *Pithecellobium recordii.*
V. Vegetación arbórea baja (6 a 10 m de altura)	b) Selva baja subcaducifolia con *Thrinax radiata*, *Vitex gaumeri*, *Manilkara zapota*. *b)* Selva baja subcaducifolia con *Beaucarnea ameliae.*
ECOSISTEMAS	**ASOCIACIONES TÍPICAS**
VI. Vegetación arbórea media (15 a 25 m de altura)	*b)* Selva mediana subperennifolia con *Thrinax radiata.* b) Selva mediana (alta) subperennifolia con *Cryosophila argentea*.
VII. Vegetación con desarrollo secundario.	*b)* Selva mediana (alta) perennifolia con *Orbygnia cohune.* b) Vegetación modificada de otros tipos de vegetación.
VIII. Áreas deforestadas.	a) Saskaberas, caminos, zonas urbanas, etc.
IX. Zonas productivas.	a) Actividades agropecuarias.

Tabla. 3.16.- Ecosistemas y Asociaciones Vegetales Presentes en el Sistema Lagunar de Bacalar.
Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Laguna de Bacalar, 2005.

Biodiversidad.

Quintana Roo es el único estado de la República Mexicana que tiene sus costas bañadas por el mar Caribe, donde se localiza la barrera arrecifal más extensa del mundo, después de la de Australia. Es por ello que, desde hace muchos años, investigadores interesados en organismos marinos trabajan en el Estado y eso ha permitido un amplio conocimeinto sobre la bidiversidad de este tipo de hábitats.

La riqueza de especies encontradas en el Estado de Quintana Roo no es desdeñable si observamos que varios de los grupos descritos representan alrededor de la cuarta parte de la diversidad de México e incluso algunos más de 40%, como es el caso de las aves (Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un Análisis para su Conservación, 2011).

Grupo	México	Q. Roo	% en Quintana Roo Respecto al Total Nacional
Peces.	2,200	644	29.3
Anfibios.	361	22	6.9
Reptiles.	804	106	13.2
Aves.	1,107	483	43.6
Mamíferos.	530	129	24.3
Mariposas.	1,819	450	24.7
Plantas Vasculares.	23,522	1,700	7.2

Tabla. 3.17.- Cuadro Compativo de la Biodiversidad de Quintana Roo con Respecto a la Nacional Fuente: CONABIO, 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su Conservación. Tomo 2.

Como puede verse el grupo de los animales ha sido mayormente estudiado con más de 5,000 especies registradas, después se encuentra el grupo de las plantas, con más de 2,000 y el de los hongos con cerca de 400; finalmente, para el grupo de los protistas sólo se han reportado cuatro especies, dos de ellas de gran importancia médica.

Para este apartado sobre la biodiversidad del municipio de Bacalar, se hizo una revisión bibliográfica de las especies de plantas y animales reportadas para este municipio y posteriormente se identificó cuales están en algún estatus de riesgo según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

FLORA.

Durán y colaboradores (citado por Pozo C., 2011), reportan 1,400 especies de plantas vasculares para Quintana Roo, sin embargo, Pozo C. (2011), señala que los cálculos más recientes aún no publicados, establecen que en Quintana Roo hay 1,634 especies de plantas vasculares. Algunas comparaciones son útiles para explicar la causa o causas últimas de la diversidad florística de un área en particular. Si consideramos que la diversidad de plantas vasculares de México es de alrededor de 24,000 especies, el Estado de Quintana Roo, con solo el 2.2% del territorio nacional, incluye hasta la fecha 66.66% de la flora de la Península de Yucatán (2,400 especies) y 6.66% de la flora mexicana. Son cinco las principales familias de plantas vasculares en Quintana Roo: Legumi nosae, con 160 especies; Poaceae, con 115; Asteraceae, 10; Orchidaceae, con 112 y Euphorbiaceae con 79 especies. Las leguminosas son entonces la familia más diversa. En los primeros estudios de la familia Orchidaceae no destacaba este grupo por su diversidad, ahora se conocen 112 especies en Quintana Roo, 84 en Campeche y 35 en Yucatán, lo que hace que dentro de la Peninsula de Yucatán, Quintana Roo sea el Estado con mayor diversidad en cuanto a este grupo. Un caso similar es el de los helechos y licofitas; en México existen 1,008 especies (Mickel y Smith, citado por

Pozo C., 2011), de las cuales 62 crecen en Quintana Roo, 47 en Campeche y 46 en Yucatán.

En el municipio de Bacalar, con base en diversos estudios revisados, se logró estructurar un listado florístico que se presenta a continuación:

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Aphelandra deppeana	six-che	*Protium copal*	copal, poom
Metopium brownei	chechem, boxchechem	*Selenicereus donkelaarii*	tuna trepadora, cho'oh kan
Spondias raldkefori	a ciruelo de monte	*Forchammeria trifoliata*	tres marías
Annona primigenia	anonilla	*Rhacoma gaumeri*	
Annona aff. Primigenia	hopehajon	*Chrysobalanus icaco*	icaco
Malmea depressa	elemuy, boxe'ele-muy	*Bucida buceras*	almendra de río, pukte'
Cameraria latifolia	chechem blanco, sak chee-chen	*Bucida spinosa*	
Plumeria obtusa	flor de mayo, nikte' ch'oom	*Conocarpus erectus*	mangle de botoncillo
Thevetia gaumeri	akitz	*Mikania cordifolia*	
Urechites andrieuxii	contrahierba, solen ak'	*Mikania micrantha*	

Philodendron hederaceum		*Evolvulus sericeus*	
Syngonium sp.		*Ipomoea heterodoxa*	
Dendrophanax arboreus	sak chaka	*Ipomea sagittata*	
Matelea belizensis		*Zamia loddigesii*	palmita, chacal jua
Oxypetalum cordifolium		*Rhynchospora holoschoenoides*	
Arrabidaea podopogon	bilin kak	*Scleria bracteata*	
Crescentia cujete	jícara, luuch	*Scleria lithosperma*	
Cydista potosina	ek kixil	*Dioscorea floribunda*	barbasco, makal k'uuch
Styzophyllum riparium		*Diospyros cuneata*	silil, uchul che'
Tabebuia chrysantha	a maculis, ajaw che'	*Diospyros verae crucis*	silil, ta'ucya'
Pseudobombax ellipticum	amapola, chak kuy che'	*Erythroxylon areolatum*	
Bromelia alsodes	piñuela	*Erythroxylum confusum*	ik'iche'
Tillandsia baileyi		*Erythroxylum rotundifolium*	iik'il che'
		Cnidoscolus	chaya cimarrona,

Tillandsia brachycaulos	gallitos, chuk	*souzae*	ch'inchay
Tillandsia flexuosa		*Croton cortesianum*	
Tillandsia streptophylla	hk'olomxal	*Croton grabellus*	chuts'
Bursera simaruba	chaka roja, chakaj	*Croton reflexifolius*	cascarillo, peeskuut
Sebastiana confusa	chechem blanco	*Drypetes lateriflora*	kekenche
Casearia corymbosa	ixinche	*Enriquebeltrania crenatifolia*	chiim took
Casearia emarginata		*Gymnanthes lucida*	yaite, yaytil

Zuelania guidonia	trementino, tamay	*Jatropha gaumeri*	plomoche, chul che'
Dichantelium dichotomum		*Plukenetia penninervia*	tendón de sapo
Digitaria horizontalis		*Caesalpinia violacea*	chakte, chakte'
Ichnanthus lanceolatus		*Caesalpinia yucatanensis*	palo de gusano, maskab che'
Laciasis divaricata		*Chamaecrista glandulosa*	
Olyra yucatana	ya'ay-tok'	*Chamaecrista nictians var.*	
Panicum virgatum		*jalisciencis sib-ik*	

Clusia salvinii	kanchunup	*Chamaecrista yucatana*	
Hemiangium excelsum		*Dalbergia glabra*	muc, ajmuk
Ottoschulzia pallida	uvas che	*Diphysa carthagenensis*	ruda de monte, susuk
Licaria campechiana	capulín	*Haematoxylon campechianum*	palo de tinte, eek’
Nectandra coriacea	laurelillo	*Lonchocarpus castilloi*	machi-che
Nectandra sanguinea		*Lonchocarpus guatemalensis*	
Ocotea dendrodaphne		*Lonchocarpus rugosus*	kanasin, chu’ul
Acacia dolicostachya	subin, kabal piich	*Lonchocarpus xuul*	xul, xu’ul
Acacia glomerosa	hupich, sak piche’	*Lysiloma bahamensis*	tuskte
Ateleia gumifera		*Lysiloma latisiliqua*	tzalam
Bauhinia herrerae	pata de vaca, k’ibich	*Piscidia communis*	jabin
Bauhinia jenningsii	tsimin, pata de vaca	*Piscidia piscipula*	habín, ja’abin
Caesalpinia gaumeri	kitamche	*Pithecellobium albicans*	
Psittacanthus americanus		*Pithecellobium cognatum*	
Psittacanthus schiedeanus		*Pithecellobium dulce*	guamuchil, tsiiw che’
Struthanthus cassythoides		*Pithecellobium keyense*	
Cuphea utriculosa		*Pithecellobium recordii*	

Bunchosia lanceolata		*Platymiscium yucatanun*	granadillo
Byrsonima bucidaefolia	sakpa’	*Stylosanthes humillis*	
Byrsonima crassifolia	chi’	*Swartzia cubensis*	katalox, kataalook
Heteropteris beecheyana	chak sanil	*Beaucarnea ameliae*	despeinada
Hiraea obovata		*Catasetum integerrimum*	chinela, chi’it ku’uk
Malpighia emarginata	wayakte’	*Dimerandra emarginata*	
Malpighia lundelli		*Encyclia alata*	balam nikté
Hampea trilobata	to’ol	*Encyclia belizensis belizensis*	
Cedrela odorata	cedro	*Encyclia bractenscens*	
Swietenia macrophylla	caoba, punab	*Encyclia boothiana*	
Trichilia minutiflora	majagua	*Encyclia cochleata*	
Hyperbaena axilliflora		*Encyclia nematocaulon*	ye’el ku’uk
Hyperbaena winzerlingii	cedro	*Epidendrum anceps*	
Brosimum alicastrum	ramón, ox	*Epidendrum difforme*	
Brosimum terrabanum		*Epidendrum nocturnum*	
Ficus benjamina	matapalo	*Epidendrum raniferum*	
Ficus radula	alamo	*Epidendrum rigidum*	

Trophys racemosa	limonaria	*Epidendrum stamfordianun*	
Parathesis cubana		*Epidendrum strobiliferum*	
Eugenia buxifolia	ramón	*Habenaria floribunda*	
Eugenia capuli	ramón colorado	*Harrisella porrecta*	
Eugenia origanioides		*Ionopsis urticularioides*	xk'ubeenbaj
Eugenia winzerlingii	botoncillo, guayabillo	*Isochilus carnosiflorus*	
Eugenia yucatanensis	saklob	*Laelia rubescens*	
Neea psychotrioides	sangre de chucho	*Maxillaria aciantha*	
Neea tenuis	guayabillo	*Maxillaria crassifolia*	
Pisonia aculeata	guayabillo, beeb	*Maxillaria tenuifolia*	
Nymphaea ampla		*Myrmecophila brysiana*	
Ouratea nitida		*Myrmecophila tibicinis*	hohombak
Bletia purpurea		*Nidema boothii*	
Brassavola cucullata		*Notylia barkeri*	
Brassavola nodosa	sah'ak	*Oncidium ascendens*	puts che, ajoche
Campylocentrum poepigii		*Oncidium carthagenense*	
Ponera striata		*Oncidium sphacelatum*	anisnikte

Psygmorchis pusilla		*Ornithocephalus inflexus*	puts mukuy
Rhymcholaelia digbyana	nunup'le	*Pleurothallis tikalensis*	
Scaphyglottis behri		*Polystachia cerea*	
Scaphyglottis major		*Polystachya foliosa*	
Stelis gracilis		*Alseis yucatanensis*	tsitsilche
Trigonidium egertonianum		*Asemnanthe pubescens*	ibchu-ichchu
Polistachya sp.	tadzi	*Cosmocalyx spectabilis*	chintoc, quiebra hacha
Vanilla planifolia	uña de gato	*Chiococca alba*	tabaquillo, ka'an chak che'
Acoelorraphe wrightii		*Guettarda combsii*	pay luuk'
Chamaedorea seifrizii	xiat	*Guettarda elliptica*	kibche
Chrysophila argentea		*Guettarda gaumeri*	chaktecok
Sabal japa	guano, botan	*Machaonia lindeniana*	box k'uch'ee
Thrinax radiata	chit	*Psychotria fruticetorrum*	
Passiflora coriacea	soots' ak'	*Psychotria nervosa*	kuchel
Peperomia sp.		*Psychotria pubescens*	lunche'
Piper yucatanense		*Randia aculeata*	ak' ank'ax
Polygala paniculata		*Randia armata*	

Coccoloba acapulcensis	boob che'	*Simira salvadorensis*	
Coccoloba acuminata		*Casimiroa edulis*	
Coccoloba aff. floribunda		*Casimiroa tetrameria*	yu'uy
Coccoloba barbadensis	uvero, boob	*Esenbeckia pentaphylla*	tankas-che
Coccoloba cozumelensis		*Esembeckia b. berlandieri*	
Coccoloba floribunda		*Zanthoxylum kellermanii*	
Coccoloba spicata	uva de monte, boochi che'	*Zanthoxylum sp.*	palo de rosa
Coccoloba uvifera	uva de mar, nixche'	*Allophylus cominia*	tres marías, yuy
Gymnopodium antigonoides		*Blomia cupanioides*	naranjillo
Gymnopodium floribundun	toyub, sakys' it' ilche	*Cupania dentata*	sac-poom
Neomillspaughia emarginata	uvero, satj' iitsa	*Exothea diphylla*	lomoncillo, ix kulinche'
Colubrina ferruginosa	kik-che	*Matayba oppositifolia*	palo chachalaca
Karwinskia humboldtiana	lunchi, palo tierra	*Paullina clavigera*	sakam
Krugiodendron ferreum	boob	*Paullinia pinnata*	palo sol

Vitex gaumeri	yaax nik	*Sapindus saponaria* *pukunsikil*	
Cissus gossypiifolia	xtab ka'an	*Serjania adiantoides*	by ak'
Manilkara zapota	ya'	*Serjania yucatanensis*	guayancox, kolox
Mastichodendron *foetidissimum*	canchunup, k'anaste'	*Talisia floresii*	xkolok
Pouteria campechiana	k'aniste	*Talisia olivaeformis*	hhuaya, guayam kox
Pouteria unilocularis	caimito de monte	*Thouinia paucidentata*	k'aan chunukub
Picramnia antidesma	chicozapote, k'aan chik'in che'	*Bumelia celastrina*	x-kapoch'
Simaruba glauca	pasa'ak	*Bumelia obtusata*	
Suriana maritima	pantsil, xpants' xiw	*Bumelia obtusifolia*	mapche
Luehea speciosa	kaskat	*Chrysophyllum*	caimito caimito
Jacquinia aurantiaca	caracolillo, yax t'el	*Chrysophyllum mexicanum*	ch'j keej
Petrea volubilis	zapotillo, oop tsimin		

Tabla.3.18.- Listado florístico de Bacalar
Fuente: Elaboracion Propia a partir de el Programa de Conservación y Manejo Area de Protección Flora y Fauna Bala'an K'aaX Mexico, el POEL Regio Laguna de Bacalar y el POEL Region Costa Maya.

Especies Endémicas.

Según la Publicacion "Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación", en Quintana Roo crecen 118 especies endémicas (70.23% deltotal de especie endémicas de la Península de Yucatan) y 19 (11.30%) son exclusivas de este estado: *Justicia edgarcabrerae*, *J. cobensis*, *J. dendropila*, *J. leucothamna* (Acanthaceae), *Matelea belizensis* (Apocynaceae), *Sabal gretheriae* (Arecaceae),

Hohenbergia mesoamericana, *Tillandsia maypatii* (Bromeliacee), *Croton pseudoglabellus* (Euphrobiaceae), *Acacia cedilloi*, *Stylosanthes quintanarooensis* (Leguminosae), *Bakeridesia yucatana* (Malvaceae), *Passiflora yucatanensis* (Passifloraceae), *Habenaria leon-ibarrae*, *Myrme-cophila lagunaguerrerae* (Orchidaceae), y *Sabicea flagenioides* (Rubiaceae), *Cestrum yucatanense* (Solanaceae), *Jacquinia saklol* (Theophastraceae), *Citharexylum calvum* (Verbenaceae), además hay dos variedades endémicas; *Dalea scandens* var. *gaumeri* y *Senna pallida* var. *goldmaniana* y un híbrido; *Encyclia nematocaulon* x *E. bractescens.*

En cuanto al Municipio de Bacalar, existen diversos estudios que reportan la presencia de especies endémicas, uno de ello es el POEL de la Región Costa Maya y en la siguiente tabla se muestra el listado de las especies endémicas que se reportan con distribución en dicha región de la Costa Maya.

FAMILIA	**ESPECIE**
Acanthaceae	*Bravaisia tubiflora* Hemsl.
	Justicia breviflora (Nees) Rusby
Apocynaceae	*Echites yucatanensis* Millsp.
	Thevetia gaumeri Hemsl.
Arecaceae	*Coccothrinax readii* Quero
	Sabal japa Wright ex Beccari
	Thrinax radiata Lodd ex H.A. & Schult.
Asclepiadaceae	*Matelea belizensis* (Lundell & Standl) Wodson

Cactaceae	*Nopalea gaumeri* Britton & Rose
Celastraceae	*Rhacoma gaumeri* (Loes) Standl.
Ebenaceae	*Diospyros cuneata* Standl.
Euphorbiaceae	*Cnidoscolus souzae* McVaugh
	Croton glandulosepalus Millsp.
	Jatropha gaumeri Greenm.
	Sebastiana adenophora Pax & Hoffm.
Fabaceae	*Acacia dolicostachya* Blake
	Acacia gaumeri Blake
	Caesalpinia gaumeri Greenm.
	Caesalpinia yucatanensis Greenm.
	Lonchocarpus xuul Lundell
	Platymiscium yucatanum Standl.
Flacourtiaceae	*Samyda Yucatanensis* Millsp.
Liliaceae	*Beaucarnea ameliae* Lundell
Loranthaceae	*Struthanthus cassytoides* Millsp. ex Standl.
Malpighiaceae	*Byrsonima bucidaefolia* Standl.

Malvaceae	*Hampea trilobata* Standl.
Menispermaceae	*Hyperbaena winzerlingii* Standl.
Passifloraceae	*Passiflora obovata* L.
Polygonaceae	*Gymnopodium floribundum* (L.) Rolfe
Rubiaceae	*Asemannthe pubescens* Hook
	Machaonia lindeniana Baillon
	Randia longiloba Hemsl.
Sapindaceae	*Exothea diphylla* (Standl.) Lundell
	Serjania yucatanensis Standl.
	Thouinia paucidentata Radlk.
Verbenaceae	*Vitex gaumeri* Greenm.
Violaceae	*Hybanthus yucatanensis* Millsp.
Vitaceae	*Cissus gossypiifolia* Standl.

Tabla. 3.19.- Especies Endémicas Referidas a la Península de Yucatán que se Distribuyen en Costa Maya.

La tabla anterior incluye 17 familias y 39 especies baja la categoría de endémicas, estas representan aproximadamente un 10 % de la flora de la región. Por otra parte, la importancia de estas especies es que tiene un área de distribución muy amplia, inclusive algunas de ellas presentan sus mejores zonas de distribución en las zonas perturbadas como es el caso de: *Hampea trilobata* (majahua), *Thevetia gaumeri*

(akitz), *Serjania yucatanensis*, *Acacia gaumeri* (katzin), etc.

Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Las especies bajo el estatus de conservación se encuentran registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, misma que determina a las especies y subespecies de flora y fauna silvestre nativas de México y las categorías de riesgo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 30 de Diciembre del 2010, mismas que se muestran en la siguiente tabla.

La cual muestra un listado con las 24 especies de plantas que se encuentran dentro de alguna categoría de protección de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM- 059-SEMARNAT-2010.

En dicho listado se puede apreciar que de las 24 especies de plantas reportadas en la norma, 0 están en la categoría E (probablemente extinta en el medio silvestre), 3 están en la categoría de P (peligro en extinción), 16 están en la categoría de A (amenazadas) y 5 están en la categoría de Pr (sujetas a protección especial).

GENERO Y ESPECIE	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CATEGORÍA
Beaucarnea pliabilis	Liliopsida	Asparagales	Nolinaceae	A
Campyloneurum phyllitidis	Polypodiopsida	Polypodiales	Polypodiaceae	A
Coccothrinax readii	Liliopsida	Arecales	Arecaceae	A
Cryosophila argentea	Liliopsida	Arecales	Arecaceae	A
Dieffenbachia seguine	Liliopsida	Arales	Araceae	A
Echinodorus nymphaeifolius	Liliopsida	Alismatales	Alismataceae	A
Guaiacum sanctum	Magnoliopsida	Sapindales	Zygophyllaceae	A
Hibiscus spiralis	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	A
Nelumbo lutea	Magnoliopsida	Nymphaeales	Nelumbonacea	A

			e	
Pseudophoenix sargentii	Liliopsida	Arecales	Arecaceae	A
Spondias radlkoferi	Magnoliopsida	Sapindales	Anacardiaceae	A
Conocarpus erectus			Combretaceae	A
Thrinax Radiata	Liliopsida	Arecales	Arecaceae	A
Zamia loddigesii	Cycadopsida	Cycadales	Zamiaceae	A
Zinnia violacea	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	A
Dioon spinulosum	Cycadopsida	Cycadales	Zamiaceae	P
Pterocereus gaumeri	Magnoliopsida	Caryophyllales	Cactaceae	P
Zamia furfuracea	Cycadopsida	Cycadales	Zamiaceae	P
Vanilla planifolia	Liliopsida	Liliales	Orchidaceae	Pr
Tillandsia flexuosa				Pr
Tabebuia Chrysantha			Bignoniaceae	A
Cedrela Odorata				Pr
Rhizophora mangle			Rhizophoraceae	Pr
Avicennia germinans			Verbenaceae	Pr

Tabla. 3.20.- Especies de Plantas Clasificadas en la NOM-059-SEMARNAT-201

Fuente: Informe de Evaluación Ambiental, Sistemas Productivos Sostenibles y Biodiversidad, CONABIO.

FAUNA

La fauna de vertebrados terrestres presente en Quintana Roo es diversa, por ejemplo en cuanto a anfibios tenemos que habitan 22 especies, que representan 95.6% de las

23 especies que habitan en la Península de Yucatán y 6% del total nacional. Éstas se encuentran representadas en dos órdenes, nueve familias y 17 géneros. La familia Hylidae (ranas arborícolas) es la más diversa, con siete géneros y nueve especies. Las tres especies endémicas de la Penínisula de Yucatán están presentes en Quintana Roo: la rana cabeza de pala (*Triprion petasatus*), la rana yucateca (*Craugastor yucatanensis*) y la salamanquesa (*Bolitoglossa yucatana*).

En cuanto a reptiles, según la publicación "Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación", Quintana Roo cuenta con 23 familias, 72 géneros y 106 especies de las 140 reportadas para la Península de Yucatán (75 %), lo cual representa cerca del 13% de la riqueza nacional y 1.3% de la riqueza mundial. Dos especies de cocodrilos, 14 de tortugas, 39 de lagartijas y 51 de serpientes componen la riqueza de este grupo en el Estado. De ellas, 17 son endémicas de la Península de Yucatán.

Para el caso de las aves, Quintana Roo cuenta con el registro de 483 especies de aves –incluidas dos especies introducidas–, de 71 familias que representan 88% de las especies de aves en la Península de Yucatán (MacKinnon H., citado por Pozo C., 2011), 44% de las aves en México y 4.8 % de las aves en el mundo. Entre ellas,

124 son acuáticas y 359 terrestres. Por lo que respecta a las aves acuáticas, en el estado existen importantes colonias reproductivas de pelícano café, cormoranes, fragatas, garzas y el galletán, entre otros. De las aves terrestres, la familia de los mosqueros (Tyrannidae) es la que tiene más especies, 43, y la de gusaneros (Paru lidae), en su mayoría aves migratorias, tiene 40.

Finalmente en cuanto a mamíferos en Quintana Roo ha bitan 114 especies (spp) de mamíferos terrestres, 96.6% de los registrados en la Península de Yucatán (118 spp), 23.5% de México (485 spp) y 2.5% del mundo (4,509 spp). Las familias más diversas del estado pertenecen a los murciélagos (Phyllostomidae, Vespertilionidae, Molossidae, con 31, 10 y 9 especies respectivamente) y a los roedores (Muridae con 10 spp). También los géneros con mayor número de especies pertenecen a los murciélagos

(*Molossus* spp, *Artibeus, Pteronotus, Eumops y Lasiurus* spp). Quintana Roo tiene solo tres especies endémicas, el tejón de Cozumel, el mapache enano y el ratón de Cozumel.

En Quintana Roo habitan unas 89 especies de peces de agua dulce; pero si incluimos los peces marinos que pue den encontrarse en el medio dulceacuícola de manera habitual, la cifra llega a 128 o más (Schmitter-Soto, 1998), lo cual representa cerca de 24 % del total nacional y 1 % del mundial. En cuanto a los peces marinos y estuarinos, en el Caribe mexicano hay más de 580 especies, incluidos unos 27 elasmobranquios (Schmitter-Soto y colaboradores, 2000), es decir, más de 26 % del total nacional y 3 % del mundial. Las familias más diversas en las aguas interiores del estado son las mojarras de agua dulce (Cichlidae) y los topotes y espadas (Poecilii dae), con 12 especies cada una; seguidas por los bolines (Cyprinodontidae), con diez especies. En el mar encontramos 43 especies de me ros (Serranidae), 23 de jureles (Carangidae), 21 de gobios (Gobiidae), 16 de doncellas (Labridae); pargos (Lutjanidae), roncos (Haemulidae) y caballitos de mar (Syngnathidae) (15 cada uno), 14 de damiselas (Pomacentridae) y 13 de loros (Scaridae). Hay familias marinas muy diversas, pero rara vez vistas por sus hábitos crípticos, entre ellas las anguilas tiesas (Ophichthidae), con no menos de 26 especies en aguas quintanarroenses, y los trambollos (Labrisomidae), con 20 (Schmitter-Soto y colaboradores, 2000).

En la Norma Oficial Mexicana 059 (Semarnat, 2010) se incluyen 14 especies de peces quintanarroenses: siete en peligro de extinción (cinco bolines y dos peces ciegos), tres amenazadas (topote de aleta grande, pez sierra y tiburón ballena) y cua trosujetas a protección especial (tres caballitos de mar y bagre de cenote). Quintana Roo tiene diez especies endémicas de peces dulceacuícolas: siete bolines de Chichancanab (Cyprinodon beltrani, C.esconditus, C.labiosus, C.maya, C.simus, C.suavium y C.verecundus), dos peces ciegos (dama blanca [Typhliasinapearsei] y anguila ciega [Ophisternoninfernale]) y la mojarra de Leona Vicario (Rociogemmata).

Todos los hábitats acuáticos quintanarroenses contienen peces, desde el Río Hondo hasta aguadas temporales, desde cenotes a lagos permanentes. Incluso en charcos

sobre el pavimento de las calles de Chetumal pueden hallarse topotes, y en los drenajes pluviales suele haber anguilas de lodo.

Sin embargo, su distribución no es homogénea. Hay especies más abundantes en el norte de Quintana Roo, como la mojarra del sureste, mientras que otras predomi- nan en el sur, por ejemplo, la mojarra paleta. Además, muchas son exclusivas del sur y no se presentan en el norte, tal es el caso del guayacón del sureste; lo contrario es menos común. Hay pares de especies que parecen sustituirse una a la otra, como el topote Poecilia petenensis, que cerca de la latitud de Tulum se ve reemplazado geográficamente por un pariente cercano, P. velifera.

Para el caso del Municipio de Bacalar, como parte de este estudio, se llevó a cabo una revision bibliográfica y en las siguientes tablas se presentan los listados faunísticos de vertebrados, estructurados como resultado de dicha revisión.

Mamíferos

Se conjunto un listado de 88 especies de mamíferos reportados para el municipio de Bacalar, los cuales se listan a continuación:

Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común
Didelphis virginiana	tlacuache, zorro	*Promops centralis*	murciélago
Didelphis marsupialis	tlacuache, zorro	*Eumops auripendulus*	murciélago
Cryptotis nigrescens	musaraña	*Eumops glaucinus*	murciélago
Rhynchonycteris naso	murciélago	*Eumops bonariensis*	murciélago
Saccopteryx bilineata	murciélago	*Molossus rufus*	murciélago
Peropteryx macrotis	murciélago	*Molossus sinaloae*	murciélago
Diclidurus albus	murciélago	*Ateles geoffroyi*	mono araña

Noctilio leporinus	murciélago	*Alouatta pigra*	saraguato
Pteronotus parnelli	murciélago	*Tamandua mexicana mexicana*	oso hormiguero
Pteronotus personatus	murciélago	*Dasypus novencinctus*	armadillo
Pteronotus davii	murciélago	*Sciurus deppei*	ardilla roja
Mormoops megalophylla	murciélago	*Sciurus yucatanensis*	ardilla gris
Micronycteris megalotis	murciélago	*Orthogeomys hyspidus*	tuza
Lonchorhina aurita	murciélago	*Heteromys gaumeri*	ratón con abazones
Tonatia evotis	murciélago	*Oryzomys melanotis*	ratón
Mimon bennettii	murciélago	*Otonyctomys hatti*	ratón
Chrotopterus auritus	murciélago	*Peromyscus yucatanicus*	ratón
Glossophaga soricina	murciélago	*Reithrodontomys gracilis*	ratón
Carollia brevicauda	murciélago	*Sigmodon hispidus*	ratón
Carollia perspicillata	murciélago	*Ototylomys phyllotis*	ratón
Sturnira lillium	murciélago	*Coendou mexicanus*	puerco espín
Uroderma bilobatum	murciélago	*Agouti paca*	tepezcuintle
Platyrrhynus helleri	murciélago	*Dasyprocta punctata*	sereque
Vampyrodes caraccioli	murciélago	*Urocyon cinereoargenteus*	zorra gris
Chirodema villosum	murciélago	*Potos flavus*	martucha
Artibeus jamaicensis	murciélago	*Bassariscus sumichrasti*	cacomixtle
Artibeus intermedius	murciélago	*Nasua nasua*	tejón

Artibeus lituratus	murciélago	*Procyon lotor*	mapache
Dermanura phaeotis	murciélago	*Eira barbara*	viejo de monte
Dermanura watsoni	murciélago	*Mustela frenata*	comadreja
Centurio senex	murciélago	*Conepatus semistriatus*	zorrillo
Desmodus rotundus	vampiro	*Mephitis macroura*	zorrillo listado
Diphylla ecaudata	vampiro	*Lutra longicaudis*	nutria
Natalus stramineus	murciélago	*Panthera onca*	jaguar
Myotis elegans	murciélago	*Felis concolor*	puma
Myotis keaysi	murciélago	*Leopardus pardalis*	ocelote
Eptesicus furinalis	murciélago	*Leopardus wiedii*	tigrillo P
Lasiurus intermedius	murciélago	*Herpailurus yagouaroundi*	leoncillo
Lasiurus ega	murciélago	*Tapirus bairdii*	tapir
Lasiurus blossevilli	murciélago	*Pecari tajacu*	jabalí de collar
Rhogeessa tumida	murciélago	*Tayassu pecari*	jabalí de labios blancos
Rhogeessa aeneus	murciélago	*Mazama americana*	venado temazate
Bauerus dubiaquercus	murciélago	*Mazama pandora*	venado temazate
Nyctinomops laticaudatus	murciélago	*Odocoileus virginianus*	venado cola blanca

Tabla 3.21.- Listado de Mamíferos Presentes en el Municipio de Bacalar.
Fuente: Programa de Conservación y Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Bala'an K´aax, 2007.

Aves.- En cuanto a aves se logro conformar un listado de 137 especies de aves

Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común
Tynamous major	tinamú mayor	*Spizaetus tyrannus serus*	águila negra
Crypturellus soui meserythrus	tinamú chico	*Spizaetus ornatus vicarius*	águila elegante
Crypturellus cinnamomeus	tinamú canela	*Caracara plancus*	caracara común
Crypturellus boucardi	inamú jamuey	*Herpetotheres cachinnans*	halcón guaco
Tachybaptus dominicus	zambullidor menor	*Micrastur ruficollis gerilla*	halcón selvático chico
Podilymbus podiceps podiceps	ambullidor pico pinto	*Micrastur semitorquatus naso*	halcón selvático grande
Phalacrocorax brasilianus	cormorán neotropical	*Falco columbarius*	esmerejón
Anhinga anhinga leucogaster	pato aguja	*Falco sparverius*	cernícalo americano
Botaurus pinnatus caribaeus	pedrete tropical	*Falco rufigularis*	halcón pequeño
Botaurus lentiginosus	pedrete rayado	*Falco peregrinus*	halcón peregrino
Ixobrychus exilis	garcilla	*Ortalis vetula*	chachalaca
Tigrisoma mexicanum	garza tigre	*Penelope purpurascens purpurascens*	cojolite
Ardea herodias	garzón cenizo	*Crax rubra*	hocofaisán
Casmerodius albus	garza blanca	*Agriocharis ocellata*	pavo de monte
Egretta thula	garcita blanca	*Odontophorus gutattus*	codorniz bolanchaco
Egretta caerulea	garcita azul	*Dactylortyx thoracicus*	codorniz silbadora
Egretta tricolor	garza flaca	*Colinus nigrogularis*	codorniz yucateca
Bulbucus ibis ibis	garza vaquera	*Laterallus ruber*	gallineta rojiza
Butorides striatus	garcita verde	*Aramides cajanea albiventris*	rascón cuello gris
Agamia agami	garza agami	*Pardirallus maculatus*	rascón pinto
Nycticorax nycticorax hoactli	pedrete gris	*Porzana carolina*	gallineta de ciénaga
Nictinassa violacea	pedrete enmascarado	*Porzana flaviventer woodi*	gallineta pecho amarillo
Cochlearius cochlearius zeledoni	kuka	*Porphyrula martinica*	gallareta morada
Eudocimus albus	ibis blanco	*Gallinula chloropus cachinnans*	gallareta común

Plegadis falcinellus	ibis falcinelo	*Fulica americana americana*	gallareta americana
Ajaia ajaja	chocolatera	*Helornis fulica*	pájaro cantil
Jabiru mycteria	jabirú	*Aramus guarauna dolosus*	carao
Mycteria americana	gaytán	*Pluvialis squatarola*	chorlo axila negra
Dendrocygna bicolor	pato pijiji bicolor	*Pluvialis dominica*	chorlo dorado americano
Dendrocygna autumnalis autumnalis	pato pijiji	*Charadius vociferus vocifereus*	chorlito tildio
Cairina moschata	pato real	*Himantopus mexicanus mexicanus*	candelero
Anas acuta acuta	pato golondrino norteño	*Jacana spinosa gymnostomsa*	cirujano
Anas discors	cerceta ala azul	*Tringa melanoleuca*	patamarilla mayor
Anas clypeata	pato cucharón	*Tringa flavipes*	patamarilla menor
Anas americana	pato chalcuán	*Tringa solitaria*	playero charquero
Aythya collaris	pato chaparro	*Actitis macularia*	playerito alzacolita
Aythya affinis	pato bola	*Bartramia longicauda*	ganga
Oxyura dominica	pato enmascarado	*Calidris mauri*	playerito occidental
Coragyps atratus	zopilote negro	*Calidris minutilla*	playerito mínimo
Cathartes aura	aura	*Calidris fuscicollis*	playerito rabadilla blanca
Cathartes burrovianus burrovianus	aura sabanera	*Calidris melanotus*	playero pectoral
Sarcoramphus papa	zopilote rey	*Caldris hymantopus*	playero zancudo
Pandion haliaetus	aguila pescadora	*Tryngites subruficollis*	playero pradero
Leptodon cayanensis	milano cabeza gris	*Limnodromus griseus*	agachona gris
Chondrohierax uncinatus	milano pico ganchudo	*Gallinago gallinago delicata*	agachona común
Elanoides forficatus	milano tijereta	*Phalarapus tricolor*	falaropo picolargo
Elanus leucurus majusculus	milano cola blanca	*Larus atricilla*	gaviota reidora
Rostrhamus sociabilis major	milano caracolero	*Chlidonias niger surinamensis*	golondrina marina negra
Harpagus bidentatus fasciatus	milano bidentado	*Columba livia*	paloma doméstica
Ictinia mississipiensis	milano migratorio	*Columba cayennensis pallidicrissa*	paloma morada
Ictinia plumbea	milano plomizo	*Columba speciosa*	paloma escamosa
Circus cyaneus hudsonius	gavilán planeador	*Columba leucocephala*	paloma cabeza blanca

Accipiter striatus	gavilán pajarero	*Columba flavirostris flavirostris*	paloma pico rojo
Accipiter bicolor	gavilán bicolor	*Zenaida asiatica asiatica*	paloma ala blanca
Geranospiza caerulescens	gavilán zancón	*Spizaetus tyrannus serus*	aguila negra
Buteogallus anthracinus	gavilán cangrejero	*Spizaetus ornatus vicarius*	aguila elegante
Buteogallus urubitinga ridgwayi	gavilán negro	*Caracara plancus*	caracara común
Busarellus nigricollis nigricollis	gavilán de ciénaga	*Herpetotheres cachinnans*	halcón guaco
Parabuteo unicinctus	gavilán de harris	*Micrastur ruficollis gerilla*	halcón selvático chico
Buteo nitidus plagiatus	gavilán gris	*Micrastur semitorquatus naso*	halcón selvático grande
Buteo magnirostris conspectus	gavilán de caminos	*Falco columbarius*	esmerejón
Buteo platypterus platypterus	aguililla aluda	*Falco sparverius*	cernícalo americano
Buteo brachyurus	gavilán cola corta	*Falco rufigularis*	halcón pequeño
Buteo albicaudatus hypospodius	gavilán cola blanca	*Ortalis vetula*	chachalaca
Buteo albonatus albonotatus	gavilán aura	*Penelope purpurascens purpurascens*	cojolite
Spizastur melanoleucus	aguila negra y blanca	*Agriocharis ocellata*	pavo de monte
Odontophorus gutattus	codorniz bolanchaco	*Colinus nigrogularis*	codorniz yucateca
Dactylortyx thoracicus	codorniz silbadora	*Aramides cajanea albiventris*	rascón cuello gris
Laterallus ruber	gallineta rojiza		

Tabla. 3.22.- Listado de Aves presentes en el Municipio de Bacalar.

Reptiles.- Para los reptiles se conformó una lista que incluye 79 especies, las cuales se listan a continuación:

Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común
Crocodylus moreletii	cocodrilo de pantano	*Terrapene carolina*	tortuga de caja
Crocodylus acutus	cocodrilo de rio	*Trachemys scripta*	tortuga jicotea

Staurotypus triporcatus	tortuga tres lomos	*Coleonyx elegans*	geco escorpión
Kinosternon creaseri	casquito	*Sphaerodactylus glaucus*	tiracola
Kinosternon acutum	casquito, pochitoque	*Hemidactilus frenatus*	geco de casa
Kinosternon leucostomum	casquito, pochitoque	*Thecadactylus rapicauda*	geco patudo
Kinosternon scorpioides	casquito amarillo	*Basiliscus vittatus*	toloque
Rhynoclemys areolata	mojina	*Terrapene carolina*	tortuga de caja
Anhinga anhinga leucogaster	pato aguja	*Eumeces sumichrasti bek'ech*	bek'ech
Corytophanes cristatus	turipache selvático	*Mabuya unimarginata*	lagartija lisa
Corytophanes hernandezii	turipache de montaña	*Sphenomorphus cherriei*	escinela parda
Laemanctus longipes	lemancto coludo	*Ameiva undulata*	lagartija metálica
Laemanctus serratus	lemancto coronado	*Cnemidophorus angusticeps*	lagartija llanera
Ctenosaura defensor	iguana	*Typhlops microstomus*	culebra lumbricoide
Ctenosaura similis	iguana rayada	*Boa constrictor*	boa
Sceloporus chrysostictus	lagartija escamosa	*Coniophanes imperialis*	culebra rayada
Sceloporus lundelli	lagartija espinosa de lundell	*Coniophanes meridanus*	culebra lisa peninsular
Norops lemurinus	lagartija chipojo	*Coniophanes schmidti*	culebra rayada
Norops rodriguezii	lagartija chipojo	*Conophis lineatus*	culebra rayada
Norops sagrei	lagartija chipojo	*Dipsas brevifacies*	chupa caracoles
Norops sericeus	lagartija chipojo	*Dryadophis melanolomus*	lagartijera olivácea
Norops tropidonotus	lagartija chipojo	*Drymarchon corais*	colasucia
Eumeces schwartzei	bek'ech	*Leptophis mexicanus*	ranera bronceada
Drymobius margaritiferus	petatilla	*Masticophis mentovarius*	chirrionera
Elaphe flavirufa	ratonera manchada	*Ninia sebae*	dormilona
Ficimia publia	naricilla manchada	*Oxibelis aeneus*	bejuquilla parda
Imantodes cenchoa	bejuquilla	*Oxybelis fulgidus*	bejuquilla verde
Imantodes gemmistratus	bejuquillo	*Pseustes poecilonotus*	pajarera
Imantodes tenuissimus	bejuquilla	*Senticolis triaspis*	ratonera oliva
Lampropeltis triangulum	falso coral	*Sibon fasciata*	culebra anillada
Leptodeira frenata	culebra nocturna	*Sibon nebulata*	culebra jaspeada
Leptodeira septentrionalis	culebra nocturna	*Sibon sanniola*	culebrita
Leptophis ahaetulla	ranera verde	*Thamnophis proximus*	culebra de agua

Sibon sartorii	culebra negrinaranja	*Xenodon rabdocephalus*	culebra engañosa
Spilotes pullatus	voladora	*Micrurus diastema*	coralillo
Stenorrhina freminvillei	culebra alacranera	*Agkistrodon bilineatus russeolus*	cantil
Symphimus mayae	culebra maya	*Bothrops asper*	nauyaca real
Tantilla cuniculator	tantilla	*Crotalus durissus*	cascabel tropical
Tantilla moesta	tantilla	*Porthidium yucatanicum*	chac can
Tantillita canula	tantillita		

Tabla 3.23.- Listado de Reptiles Presentes en el Municipio de Bacalar.

Anfibios. Para los anfibios se encontró que se han reportado a la fecha 16 especies.

Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común
Leptodactylus labialis	ranita hojarasca	*Phrynohyas venulosa*	rana arbórea
Leptodactylus melanonotus	ranita hojarasca	*Scinax satufferi*	ranita arborícola
Bufo marinus	sapo marino	*Smilisca baudinii*	rana arborícola mexicana
Bufo valliceps	sapo común	*Triprion petasatus*	rana arbórea
Agalychnis callidryas	rana arbórea	*Gastrophryne elegans*	sapito
Hyla loquax	rana arborícola	*Hypopachus variolosus*	rana manglera
Hyla microcephala	rana arborícola	*Rana berlandieri*	rana leopardo
Hyla picta	rana arborícola	*Rana vaillanti*	rana verde

Tabla. 3.24.-. Listado de Anfibios presentes en el Municipio de Bacalar.

Peces.- Finalmente para los peces se encontró que a la fecha se han reportado la presencia de 32 especies de agua dulce, las cuales se listan a continuacion:

Nombre Cientifico	Nombre Cientifico
Rhamdia guatemalensis	Cyprinodon artifrons
Vieja synspila	Garmanella pulchra
Carlhubbsia kidderi	Ophisternon aenigmaticum
Urolophus jaimaicensis	Eugerres plumieri
Anchovia clupeoides	Dormitator maculatus
Anchoa cubana	Gobiomorus dormitor
Anchoa Parva	Bathygobius curacao
Rhamdia laticauda	Lophogobius cyprinoides

Atherinella sp.	Archocentrus spilurus
Chriodorus atherinodies	Petenia Splendida
Hyporhamphus roberti	Cichlasoma synspilum
Gambusia sexradiata	C. urophthalmus
Gambusia yucatana	C. salvini
Poecilia mexicana	Thorichtys sp
Poecilia orri	Astyanax aeneus
Poecilia petenensis	Arius assimilis

Tabla 3.25.- Listado de Peces presentes en el Municipio de Bacalar.

Análisis de datos secundarios

En el municipio de Bacalar la presencia de este tipo de fenómenos es nula en gran medida a la topografía de la zona (prácticamente plana o de pendientes poco pronunciadas). Como se observa en las siguientes figuras, la altura máxima es de 261 m al Oeste del municipio en la colindancia con el estado de Campeche. Pendientes máximas de 26°, es decir, como puede verse en el mapa el terreno es plano y con pocas ondulaciones. Otro indicativo de lo plano del terreno es el Índice de curvatura del

terreno de la figura , mientras más cercano a 0 sea el valor de este índice es más plano, de manera que los valores cercanos a cero se presentan en color amarillo y como puede observarse se cubre casi la totalidad del municipio.

Degradación del Suelo.

La degradación del suelo se refiere a los procesos inducidos por las actividades humanas que provocan la disminución de su productividad biológica o de su biodiversidad, así como de la capacidad actual y/o futura para sostener la vida humana (Oldeman, 1998 en Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2008). La degradación del suelo se puede presentar por erosión eólica, erosión hídrica, degradación química y degradación física. La erosión hídrica se define como la remoción laminar o en masa de los materiales del suelo por medio de las corrientes de agua. En la erosión eólica, el agente de cambio del terreno es el viento. La degradación química involucra procesos que conducen a la disminución o eliminación de la productividad biológica del suelo y está fuertemente asociada con el incremento de la agricultura. La degradación física se refiere a un cambio en la estructura del suelo cuya manifestación más notable es la pérdida o disminución de su capacidad para absorber y almacenar agua (Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2008).

El estudio Evaluación de la Degradación del Suelo Causada por el Hombre en la República Mexicana, Escala 1:250,000 (Semarnat-COLPOS, 2003), reporta que el

Estado de Quintana Roo presenta 184,168.48 ha con degradación física y 1´020,101.94 ha con degradación química. La siguiente tabla muestra la degradación del suelo del Estado, por tipo y niveles de afectación.

Proceso de Degradación	Ligera (ha)	Moderada (ha)	Severa (ha)	Extrema (ha)	Total (ha)

Degradación física	104,098.22	0.00	11,420.66	68,649.60	184,168.48
Degradación química	1´011,924.43	8,177.51	0.00	0.00	1´020,101.94
Erosión hídrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Erosión eólica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla. 3.26.- Degradación del Suelo del Estado de Quintana Roo.

Fuente: Dirección General de Estadística e Información Ambiental, SEMARNAT, con base en Semarnat-COLPOS, Evaluación de la Degradación del Suelo Causada por el Hombre en la República Mexicana. Escala 1:250,000. Memoria Nacional 2001-2002. México 2003.

Dicho estudio señala que en Quintana Roo no se observa erosión hídrica, ni eólica del suelo, por lo tanto, en el municipio de Bacalar tampoco se presentan estos tipos de erosión.

Por otra parte, de acuerdo con el mapa de Degradación del Suelo en la República Mexicana, Escala 1:250,000, elaborado por la Dirección de Geomática de SEMARNAT en 2004, Bacalar presenta una superficie de 172,215.04 ha con degradación química ligera del suelo por disminución de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, debido principalmente a actividades agrícolas y deforestación

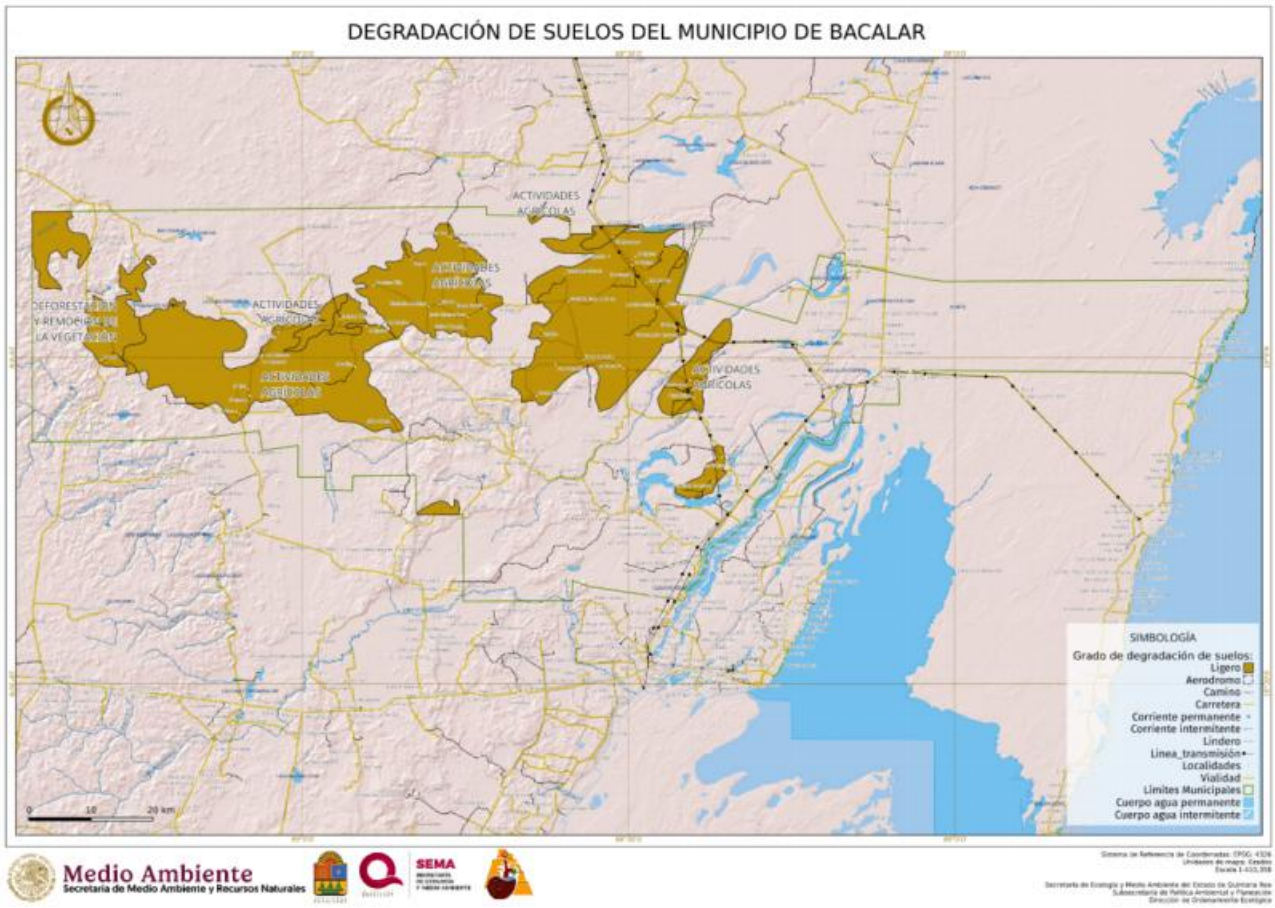


Figura. 3.18.- Áreas con Degradación del Suelo en el Municipio de Bacalar.

Intrusión Salina.

Otro factor que afecta la calidad del agua subterránea es la entrada de agua salada al manto freático. Esta contaminación puede ser natural debido a la disolución de materiales que componen el subsuelo (yesos y anhidritas) o por la entrada de agua de mar en los sitios cercanos a la costa. Pero también puede ser provocada por el ser humano, en la medida en que una extracción excesiva de la capa de agua dulce provoca el ingreso de agua salada de la capa inferior, proceso que se conoce como

intrusión salina (Riqueza Biológica de Quintana Roo, 2011). El acuífero Xpujil (0405) presente en el municipio de Bacalar, reporta condiciones de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres para el año 2009 (Estadísticas del Agua en México, Edición 2011).

Calidad del Agua en la Laguna de Bacalar y Otros Cuerpos de Agua Superficiales.

El estudio Microbial Mats and Microbialites in the Freshwater Laguna Bacalar, Yucatan Peninsula, Mexico (Gischler E. et al., 2011), reporta una serie de parámetros químicos de calidad del agua determinados en la Laguna de Bacalar y en otros cuerpos de agua superficiales. Encontrando que la parte suroeste de la Laguna de Bacalar, entre las localidades de Xul-Ha y Bacalar, se caracteriza por concentraciones de carbonatos que exceden las del ámbito marino Las concentraciones de calcio en todas las muestras, excepto en el Cenote Azul, son ligeramente inferiores en comparación con las de la muestra de agua mariana. Las concentraciones de carbonatos disminuyen hacia el norte y este de Bacalar; y fuera de la Laguna de Bacalar se reportan altas concentraciones de carbonatos en el Cenote Azul y en la Laguna San Antonio.

Tabla. 3.27.- Resultados de Análisis Químicos del Agua en la Laguna de Bacalar y Otros Cuerpos de Agua Superficiales del Municipio de Bacalar.

ID Muestra	Na^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Ca^{2+} (mg/L)	HCO^{-}_{3} (mg/L)	Cl^{-} mg/L)	SO_4(mg/L)$^{2-}$
Agua Marina [1]	10,760	1,295	415	140	19,350	2,700
1	56	79	325	183	41	1,072
2	56	72	323	165	45	1,100
3	60	76	326	140	43	1,060
4	55	73	323	177	70	1,160
5	51	70	325	201	67	1,137
6	49	72	323	183	66	1,113
7	49	76	325	214	71	1,139
8	49	72	314	207	48	1,019
9	50	70	309	232	345	1,031
10	49	734	314	238	51	1,038
11	68	82	325	165	78	1,211
12	72	82	320	146	79	1,106
13	70	84	316	189	82	1,147

14	75	85	314	116	102	1,154
15	80	87	315	110	110	1,194
16	78	85	313	104	102	1,165
17	68	84	313	104	185	1,154
18	108	89	310	104	44	1,030
19	43	71	334	226	39	1,023
20	44	73	329	220	47	1,185
21	4,174	499	295	171	5,730	1,346
22	2,535	345	351	153	3,060	1,544
104	90	97	404	140	146	1,190
108	150	103	391	110	261	1,200
111	213	109	388	110	361	1,170
112	212	109	381	110	379	1,150
113	223	105	381	110	378	1,150
114	116	97	388	120	184	1,140
115	88	91	408	150	131	1,140
116	98	90	394	130	151	1,140
117	108	100	412	130	167	1,140
118	100	94	400	120	155	1,140
Cenote Azul	37	95	497	300	45	1,240
Laguna San Antonio	33	10	62	180	32	70

Los valores del agua marina fueron obtenidos de Milliman J.D. 1974, Marine Carbonates, Springer, Berlín, 37 pp. Fuente: Gischler E. et al, 2011. Microbial Mats and Microbialites in the Freshwater Laguna Bacalar, Yucatan Peninsula.

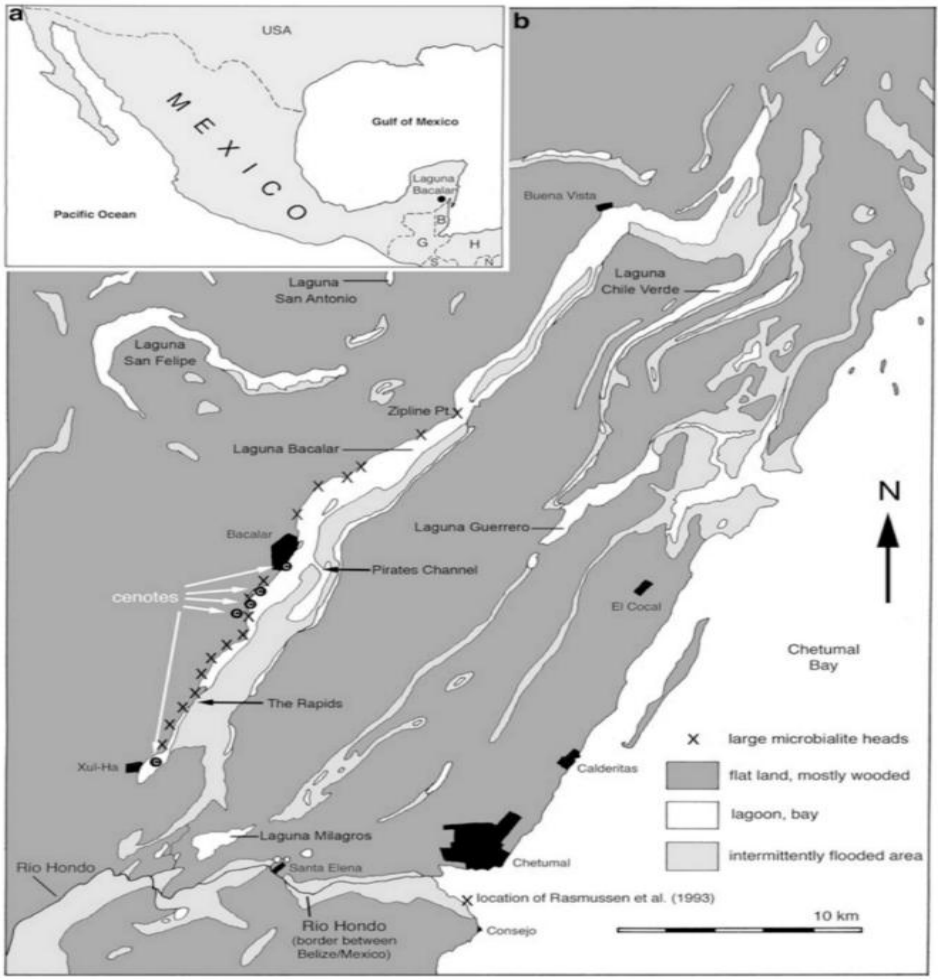


Fig. 1 Map of Laguna Bacalar west of Chetumal Bay, SE Yucatan peninsula, Mexico. Occurrences of large microbialite heads and cenotes are marked

Figura. 3.19.- Ubicación de los Puntos de Muestreo para Análisis Químicos de la Laguna de Bacalar y Otros Cuerpos de Agua Superficiales.

Por otra parte, el Estudio de la Calidad del Agua del Sistema Lagunar de Bacalar (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, 1992), señala que en la Laguna de Bacalar se presenta contaminación de origen orgánico, proveniente del escurrimiento pluvial de las poblaciones asentadas en el margen occidental de la laguna y por la infiltración de las aguas residuales de las casas habitación.

El estudio anterior, señala que la Laguna de Bacalar es oligomesotrófica, reportando una productividad baja o moderadamente alta (6.63 mgC/m^2/día), cuyo grupo fitoplanctónico mejor representado numéricamente está constituido por clorofíceas.

En relación al aspecto bacteriológico, el número de coliformes totales obtenidos en dicho estudio, por medio de la técnica de filtración en membrana, varía de 5 a 15 colonias por 100 ml de muestra. Cabe señalar que se requiere la realización de estudios actualizados sobre calidad de agua en la Laguna de Bacalar y en cuerpos de agua superficiales, encaminados a determinar la presencia de contaminación por coliformes fecales, entre otros parámetros de calidad como sulfatos de calcio y carbonatos, ya que el estudio anterior reporta altas concentraciones de sales disueltas.

Este estudio recomienda la utilización del agua de la laguna para riego, solamente para cultivos tolerantes a las sales, y debido a la concentración de sulfatos que presenta, no se recomienda para cultivos en los cuales se tenga que inundar el terreno, puesto que la formación de ácido sulfhídrico, debido a la reducción de los sulfatos, es tóxico para las plantas.

Calidad del Agua en Lagunas Costeras.

En la siguiente tabla se muestra las características de calidad determinadas en las lagunas costeras de Bacalar, por estudios realizados en la Universidad de Quintana Roo (1998) y en muestreos de campo (2005) efectuados para la actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Costa Maya.

Laguna	Extención m2	Volumen m2	Sedimentos prof.(m)			PH	O2 (ppm)	Sal%
			Medio	Máximi	Minimo			
Gorila	1,379,443.90	1,407,031.86	N.D.	N.D.	N.D.	7.4	4.3	2.9

Cazona	573,136.00	831,047.20	0.26	0.80	0.00	N.D.	N.D.	N.D.
El Uvero	1,323,722.00	1,654,652.50	0.25	0.31	0.22	N.D.	N.D.	N.D.
El Cinco	635,063.00	863,685.68	0.29	0.85	0.00	6.8	4.6	3.4

Tabla. 3.28.- Principales Características de Calidad de las Lagunas Costeras de Bacalar. N.D. Valor no determinado.
Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Costa Maya, 2006.

Los datos mostrados nos indican que, a pesar del pH ligeramente alcalino de las aguas costeras, se llevan a cabo importantes procesos de descomposición de materia orgánica en estas lagunas. Por otra parte, la salinidad de las mismas, hace que las aguas no sean adecuadas para consumo sin un fuerte tratamiento para desalinización, haciendo inviable su uso para fines de consumo humano (POET,2006).

Adicionalmente, se cuenta con datos de calidad de agua de las Lagunas Cazona, El Uvero y El Cinco, proporcionados en 2012 por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, aunque la base de datos no señala la fecha de muestreo, se presenta a continuación la siguiente tabla con los datos de calidad recabados.

Laguna	Conductividad	Oxígeno Disuelto	pH	Sodio (mg/l)	Cloruros (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Fluoruros (mg/l)	Nitratos (mg/l)	SDT (mg/l)	Dureza Total (mg/l)
Cazona	N.D.	N.D.	N.D.	46.1	7828.1	450.1	0.0	0.1	23190.0	1801.9
El Uvero	10.8	5.6	8.9	172.0	142.0	198.0	0.8	6.0	360.0	256.0
El Cinco	30.6	3.8	8.5	160.0	140.0	182.0	0.9	6.0	250.0	280.0

Tabla.3.29.- Principales Características de Calidad de las Lagunas Costeras de Bacalar.
Fuente: Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, 2012.

Calidad del Agua en Pozos de Abastecimiento de Agua Potable.

Para efectuar la descripción de calidad del agua subterránea del municipio de Bacalar, se utilizaron los resultados de la Caracterización Física, Química y Bacteriológica de Fuentes de Abastecimiento realizadas en los años 2000 y 2006, por el Sistema

Operador Othón P. Blanco, de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado. Para la elaboración de los mapas de representación de calidad del agua subterránea respecto a la concentración de cloruros, dureza total y coliformes totales, se decidió utilizar los resultados correspondientes al año 2000, por ser la base de datos disponible con mayor número de pozos analizados (41), en comparación con los resultados disponibles de caracterización de 11 pozos analizados en el año 2006.

La metodología utilizada para la elaboración de los mapas de calidad de agua consistió en ubicar los pozos analizados, identificando con negro los pozos que cumplen con la normatividad establecida para los correspondientes parámetros, y señalando con rojo aquéllos pozos que exceden los límites máximos permisibles señalados en la norma de referencia. En seguida se realizó una interpolación con las concentraciones de cada pozo muestreado, con la herramienta IDW (Spatial Analyst) del Arcmap, que interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de distancia inversa ponderada (IDW).

En la siguiente tabla se muestra los resultados de la determinación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Sistema Operador Othón P. Blanco correspondiente a la calidad de agua en pozos de abastecimiento de agua potable para el año 2000, localizados en el municipio de Bacalar.

De acuerdo a la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de Noviembre de 2000, de los 41 pozos analizados en el 2000, 28 de ellos exceden el límite permisible establecido para coliformes totales lo que equivale al 68.3% de los pozos analizados. En la tabla 3.30 se observa que las localidades con mayor presencia de coliformes totales en las fuentes de abastecimiento, son los pozos de Vallehermoso y Chacchoben, localizadas al norte y este del municipio, respectivamente. Así mismo a partir de los datos se procedió como ya se mencionó antes, a realizar con ayuda del software Arcmap, un mapa de representación de isoconcentraciones potenciales de este contaminante en el acuífero .

Respecto a coliformes fecales, 15 de los pozos analizados exceden lo establecido en la norma de referencia, siendo nuevamente las localidades de Chacchoben y Vallehermoso las que presentan las mayores concentraciones de coliformes fecales, seguidas por las localidades de Río Escondido, Margarita Maza de Juárez, Tierra Negra, El Ramonal, Los Divorciados, Dieciocho de Marzo, El Progreso, Manuel Ávila Camacho, Francisco Villa, Guadalupe Victoria, La Esperanza, Kuchumatán y Zamora. En cuanto a la determinación de cloruros, 17 pozos rebasan lo establecido en la norma de referencia, siendo las localidades de Buenavista, Chacchoben, Francisco J. Mújica, Iturbide, La Buena Fé y Manuel Ávila Camacho las que presentan mayores concentraciones de cloruros en las fuentes de abastecimiento y en la figura 23 podemos ver un mapa de isoconcentraciones posibles de cloruros en el acuífero, el cual fue elaborado, mediante el uso de Arcmap a partir de los datos de la tabla presentada en la tabla de calidad de agua que se muestra más adelante.

Para dureza total, 9 de los pozos muestreados exceden el límite máximo establecido en la NOM-127-SSA1-1994, siendo las localidades de Miguel Alemán y Río Verde las que presentan mayores concentraciones de dureza total así mismo a partir de estos datos y con la ayuda del software Arcmap se elaboró un mapa de isoconcentraciones posibles .

De acuerdo a la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de Noviembre de 2000, de los 41 pozos analizados en el 2000, 28 de ellos exceden el límite permisible establecido para coliformes totales lo que equivale al 68.3% de los pozos analizados. En la tabla 3.30 se observa que las localidades con mayor presencia de coliformes totales en las fuentes de abastecimiento, son los pozos de Vallehermoso y Chacchoben, localizadas al norte y este del municipio, respectivamente. Así mismo a partir de los datos de la tabla 3.30 se procedió como ya se mencionó antes, a realizar con ayuda del software Arcmap, un mapa de representación de isoconcentraciones potenciales de este contaminante en el acuífero.

Respecto a coliformes fecales, 15 de los pozos analizados exceden lo establecido en la norma de referencia, siendo nuevamente las localidades de Chacchoben y

Vallehermoso las que presentan las mayores concentraciones de coliformes fecales, seguidas por las localidades de Río Escondido, Margarita Maza de Juárez, Tierra Negra, El Ramonal, Los Divorciados, Dieciocho de Marzo, El Progreso, Manuel Ávila Camacho, Francisco Villa, Guadalupe Victoria, La Esperanza, Kuchumatán y Zamora. En cuanto a la determinación de cloruros, 17 pozos rebasan lo establecido en la norma de referencia, siendo las localidades de Buenavista, Chacchoben, Francisco J. Mújica, Iturbide, La Buena Fé y Manuel Ávila Camacho las que presentan mayores concentraciones de cloruros en las fuentes de abastecimiento y en la figura 3. 23 podemos ver un mapa de isoconcentraciones posibles de cloruros en el acuífero, el cual fue elaborado, mediante el uso de Arcmap a partir de los datos de la tabla presentada en la tabla de calidad de agua que se muestra más adelante.

Para dureza total, 9 de los pozos muestreados exceden el límite máximo establecido en la NOM-127-SSA1-1994, siendo las localidades de Miguel Alemán y Río Verde las que presentan mayores concentraciones de dureza total así mismo a partir de estos datos y con la ayuda del software Arcmap se elaboró un mapa de isoconcentraciones posibles .

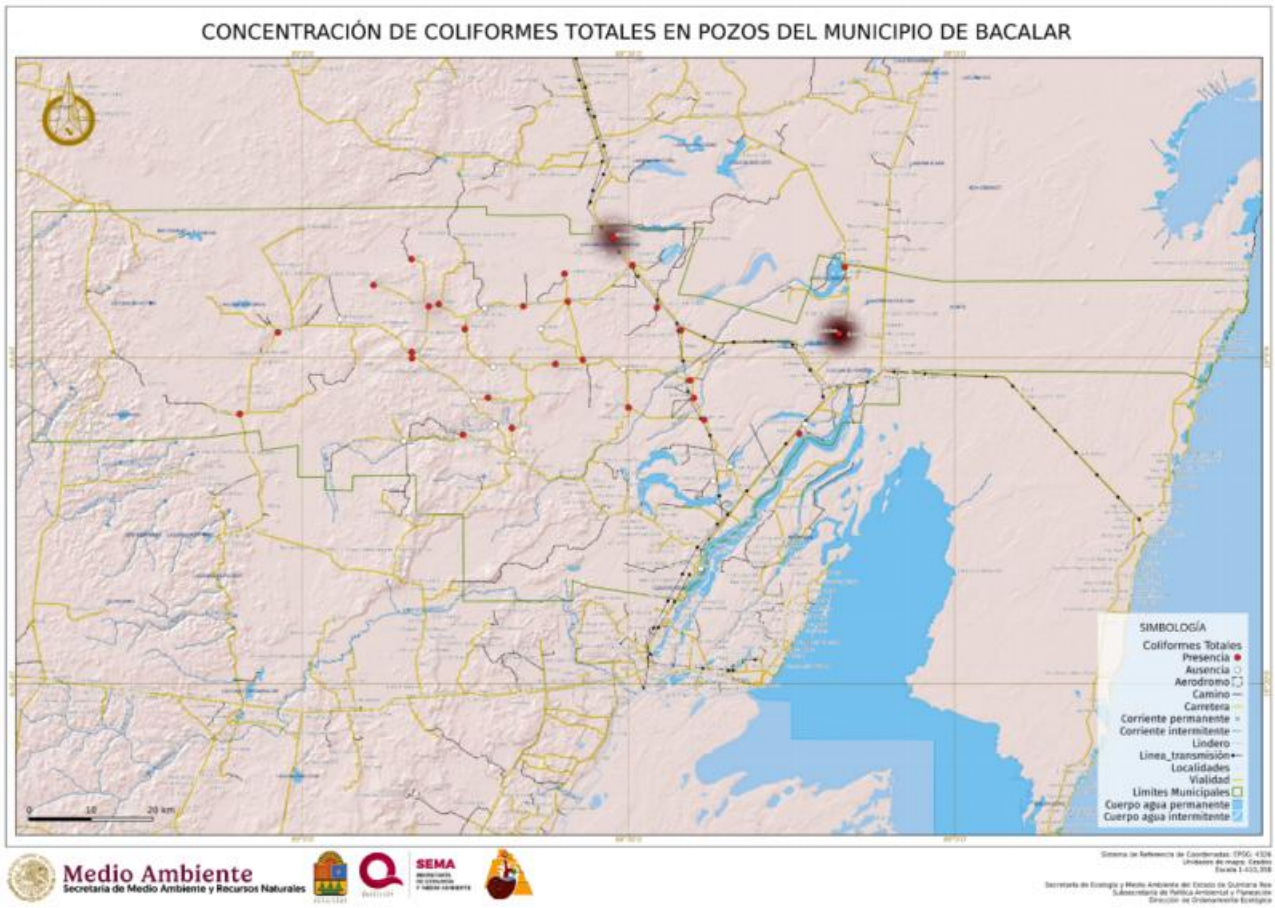


Figura.3.20.- Mapa de Coliformes Totales en el Municipio de Bacalar.



Figura. 3.21.- Mapa de Concentración de Cloruros en el Municipio de Bacalar.

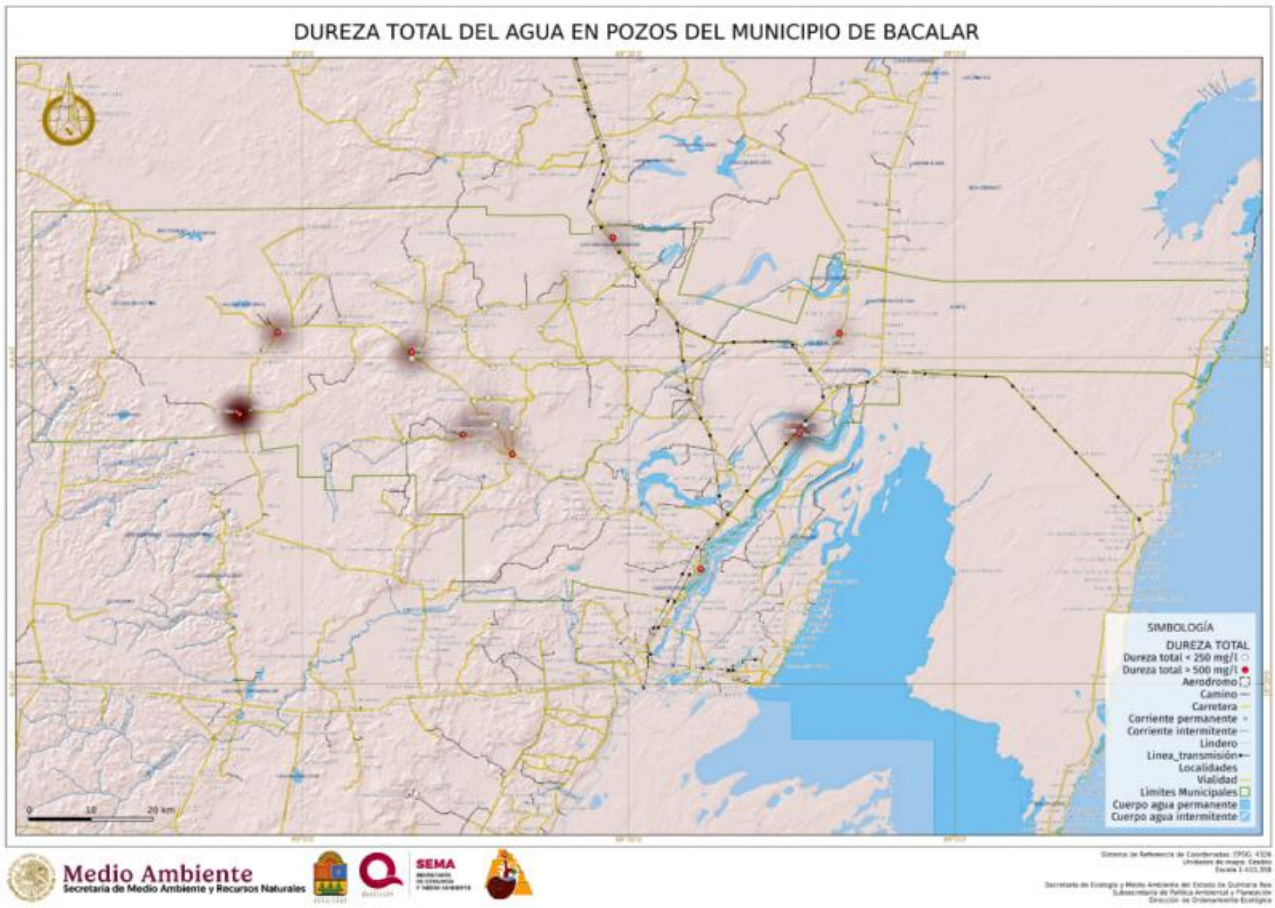


Figura.3.22.- Capa de Dureza Total en el Municipio de Bacalar.

Por otra parte, se consiguieron datos sobre los resultados de la determinación de parámetros fisicoquímicos obtenidos en el año 2006 por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo correspondientes a la calidad de agua en pozos de abastecimiento de agua potable localizados en el municipio de Bacalar. Esta información se presenta en la siguiente tabla.

Localidad	Cloruros (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Fierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Nitrógeno Amoniacal (mg/L)	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Fecales (UFC/100 ml)	Coliformes Totales (UFC/100 ml)
Límite Permisible NOM-	250.0	500.00	0.3	0.15	0.50	1,000.0	400.0	Ausenci	Ausenci

127-SSA1-1994	0		0			0	0	a	a
Buenavista	1,057.12	3,347.00	0.00	0.095	7.24	3,347.00	495.70	23	23
Pedro A. Santos	1,106.75	3,234.00	0.00	0.008	1.45	3,234.00	715.80	0	0
Lázaro Cárdenas	67.00	565.00	0.00	0.00	1.45	565.00	21.82	0	0
Bacalar	146.47	1,295.00	0.02	0.326	1.45	1,295.00	436.18	0	0
La Ceiba	115.94	1,036.50	0.07	0.450	0.72	1,036.50	364.50	9	0
San Isidro La Laguna	85.92	754.00	0.04	0.031	0.01	754.00	114.05	15	15
Miguel Hidalgo	74.53	560.00	0.37	0.144	0.01	560.00	116.73	15	15
Caan Lumil	187.36	1,344.00	0.00	0.219	0.01	1,344.00	577.69	26.1	7
Maya Balam	66.25	638.00	0.02	0.244	0.02	638.00	144.05	2,400	93
Maya Balam	109.21	1,293.00	0.04	0.210	0.01	1,293.00	496.12	2,400	36.57
Kuchumatán	119.04	1,604.00	0.01	0.246	0.02	1,604.00	859.87	1,100	11

Tabla. 3.30.- Calidad del Agua en los Pozos de Abastecimiento de Agua Potable del Municipio de Bacalar (2006).
Fuente: Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, 2006.
Nota: Se resalta con rojo las determinaciones que exceden el límite máximo permisible establecido en la NOM-127-SSA1-1994.
Fuente: Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, 2006.
Nota: Se resalta con rojo las determinaciones que exceden el límite máximo permisible establecido en la NOM-127-SSA1-1994.

Como se puede observar, de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994, todos los pozos analizados en el 2006 por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, exceden el límite permisible establecido para dureza total. Las localidades de Buenavista, La Ceiba, San Isidro La Laguna, Miguel Hidalgo, Caan Lumil, Maya Balam y Kuchumatán, presentan contaminación por coliformes fecales. En las localidades Buena Vista y Pedro A. Santos, se excede hasta más de cuatro veces el límite permisible de cloruros en agua potable.

Los pozos muestreados de las localidades Pedro A. Santos, Lázaro Cárdenas y Bacalar, sobrepasan casi tres veces el valor límite permisible de nitrógeno amoniacal

establecido en la norma correspondidnte, y en Buenavista se excede hasta casi quince veces el valor referido. Por otra parte los pozos analizados de Buenavista, Pedro A. Santos, Bacalar, La Ceiba, Caan Lumil, Maya Balam y Kuchumatán, sobrepasan el límite permisible para sólidos disueltos totales. En estas comunidades se excede también el valor referido para la concentración de sulfatos en agua potable, excepto La Ceiba.

Considerando los resultados de la Caracterización Física, Química y Bacteriológica de Fuentes de Abastecimiento realizada en los años 2000 y 2006, por el Sistema Operador Othón P. Blanco, de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, se procedió a comparar los parámetros de calidad de agua determinados en 4 localidades del Municipio de Bacalar , obteniendo que en este periodo se presenta una disminución en la concentración de cloruros en las localidades de Caan Lumil, Kuchumatán y Miguel Hidalgo y Costilla.

En cuanto a dureza total y coliformes fecales, se observa un incremento de su concentración en las cuatro localidades muestreadas. Miguel Hidalgo y Costilla, así como Buenavista presentan un incremento en la determinación de coliformes totales, por otro lado Caan Lumil y Kuchumatán observan una disminución de este parámetro.

De las cuatro localidades comparadas, Buenavista es la única que presentó un incremento en la concentración de cloruros, dureza total, coliformes totales y coliformes fecales al comparar los resultados de calidad de agua del período 2000 y 2006.

Tabla. 3.31.- Comparativo de la Calidad del Agua en los Pozos de Abastecimiento de Agua Potable del Municipio de Bacalar (2000 y 2006).

Localidad	**Cloruros (mg/L)**		**Dureza Total (mg/L)**		**Coliformes Totales (UFC/100 ml)**		**Coliformes Fecales (UFC/100 ml)**	
Límite Permisible NOM-127-SSA1-1994	250		500		Ausencia		Ausencia	
Año	2000	2006	2000	2006	2000	2006	2000	2006
Buenavista	791.1	1057.12	809.6	3347.0	12.0	23.0	0.0	23.0
Caan Lumil	220.1	187.36	286.0	1344.0	18.0	7.0	0.0	26.1

Kuchumatán	234.8	119.04	308.0	1604.0	16.0	11.0	2.0	1100.0
Miguel Hidalgo y Costilla	264.2	74.53	165.0	560.0	0.0	15.0	0.0	15.0

Fuente: Elaboración propia a partir de la Caracterización Física, Química y Bacteriológica de Fuentes de Abastecimiento, Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, Sistema Operador Othón P. Blanco, 2000 y 2006.

Nota: Se resalta con rojo las determinaciones que exceden el límite máximo permisible establecido en la NOM-127-SSA1-1994.

El municipio de Bacalar presenta hacia el oeste y en el área de la Laguna de Bacalar, zonas que exceden el límite máximo permisible para dureza total (como CaCO3) establecido en la NOM-127-SSA1-1994 (dureza total superior a 500 mg/L), además en la región media del municipio se presentan zonas con concentración de dureza aceptable (POEL OPB 2015). Este diagnóstico, reporta concentraciones de cloruros que exceden los límites máximos permisibles establecidos en la norma referida (concentración de cloruros superior a 250 mg/L), hacia la costa y región centro-norte del municipio. En las siguientes figuras se muestran los mapas referidos de isodurezas y cloruros generados en dicho estudio.

Áreas Naturales Protegidas y Áreas Prioritarias para la Conservación

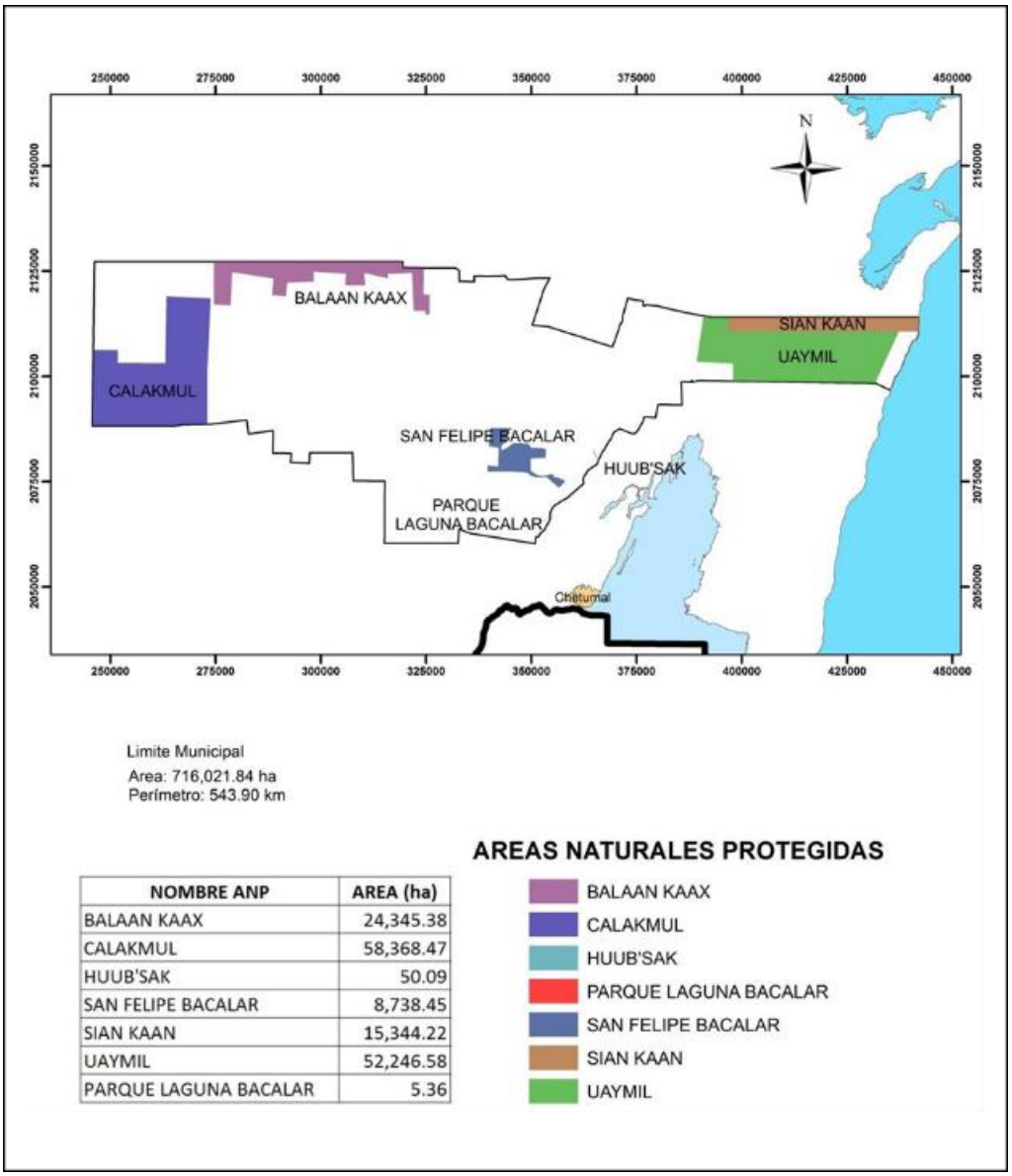
En el municipio de Bacalar existen varias áreas naturales protegidas (ANP´s), de las cuales la mayoría son de índole federal y solo una es de índole o competencia estatal. Las de competencia estatal son 6 y sus datos generales se muestran en la siguiente tabla:

Nombre	**Estado**	**Categoría**	**Superficie dentro del Mpio.de Bacalar (ha)**	**% Superficie Municipal**
SIAN KAAN	QUINTANA ROO	Reserva de la Biósfera	15,344.22	2.11
BALAAN KAAX	QUINTANA ROO, YUCATAN Y CAMPECHE	Área de Protección de Flora y Fauna	24,345.38	3.39
CALAKMUL	QUINTANA ROO Y CAMPECHE	Reserva de la Biósfera	58,368.47	8.10

UAYMIL	QUINTANA ROO	Área de Protección de Flora y Fauna	52,246.58	7.25
SAN FELIPE BACALAR	QUINTANA ROO	Campo Experimental Forestal	8,738.45	1.21
HUUB'SAK	QUINTANA ROO	Área Destinada Voluntariamente a la Conservación	50.09	0.007
PARQUE LAGUNA BACALAR	QUINTANA ROO	Parque Ecológico Estatal	5.36	0.0007

Tabla. 3.32.- Áreas Naturales Protegidas Existentes en Bacalar.

La única ANP de competencia estatal es un parque denominado Parque Laguna Bacalar dentro de la cabecera municipal. En la siguiente figura se puede observar la ubicación de las ANP´s dentro del municipio de Bacalar.



NOMBRE ANP	AREA (ha)
BALAAN KAAX	24,345.38
CALAKMUL	58,368.47
HUUB'SAK	50.09
SAN FELIPE BACALAR	8,738.45
SIAN KAAN	15,344.22
UAYMIL	52,246.58
PARQUE LAGUNA BACALAR	5.36

Figura. 3.23.- Áreas Naturales Protegidas existentes dentro del Municipio de Bacalar.

3.2 Identificación de Unidades Socioambientales

De acuerdo con datos proporcionados por el Registro Público de Derechos de Agua con fecha de corte al 30 de Septiembre de 2012, de los 389 pozos localizados en el municipio de Bacalar, el 89.71% del agua que se extrae es utilizada para actividades agrícolas lo que corresponde a un volumen de extracción de 20´844,756.80 m³/año, el 9.83% se destina para uso público urbano constituido por 2´283,016.40 m³/año y el 0.47% restante se utiliza en actividades pecuarias lo que representa un volumen de extracción de 108,070.50 m³/año (figuras 3.24).

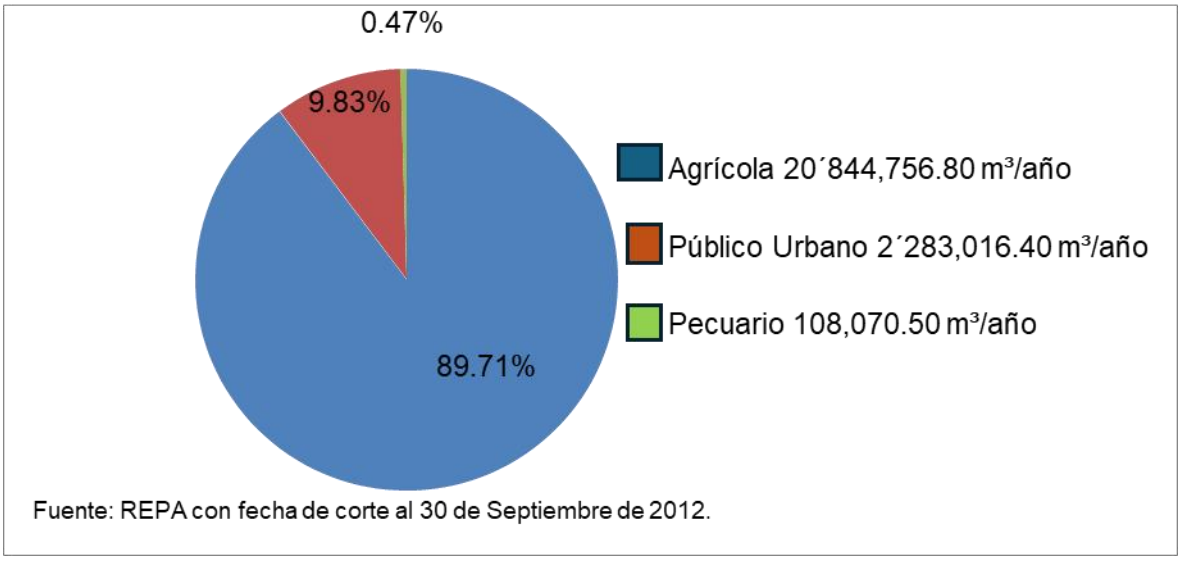


Figura. 3.24.- Volumen de Consumo de agua por actividad

USO	POZOS	VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (m³/año)
AGRÍCOLA	232	20´844,756.80
PECUARIO	97	108,070.50
PÚBLICO URBANO	60	2´283,016.40
TOTAL	389	23´235,843.70

Tabla. 3.33.- Usos del Agua Subterránea en el Municipio de Bacalar

Fuente: REPDA con fecha de corte al 30 de Septiembre de 2012.

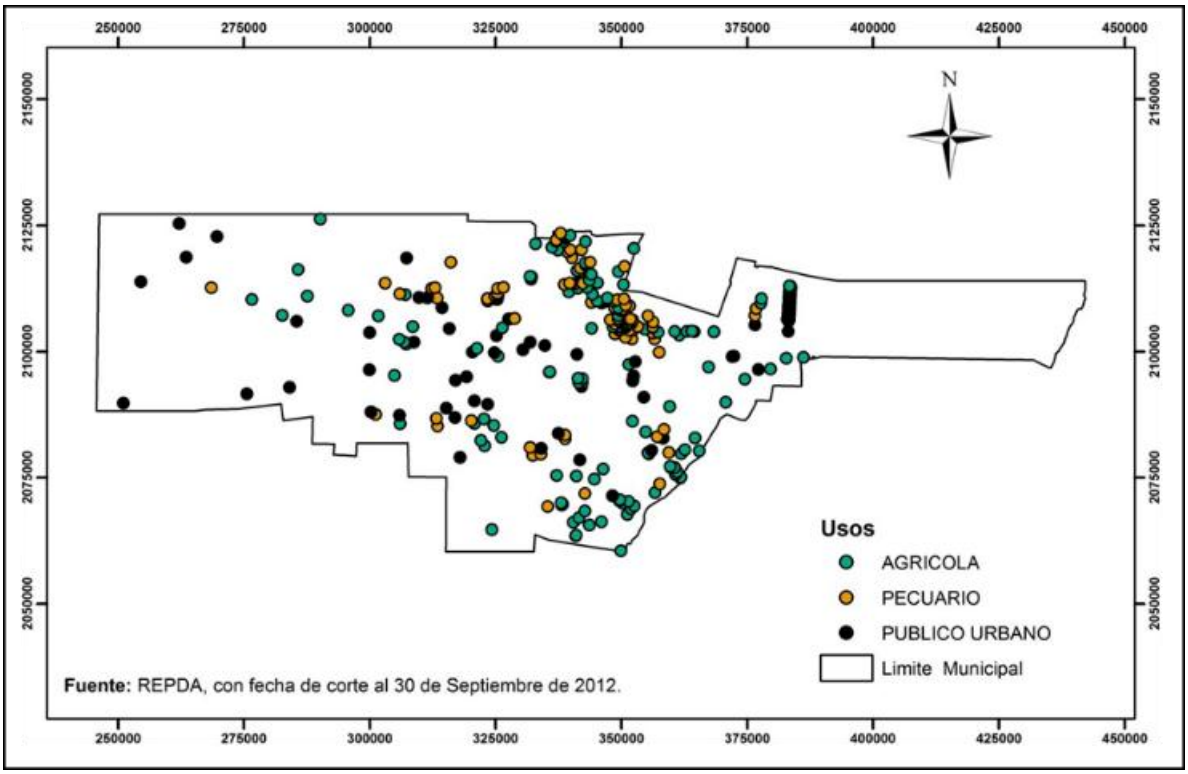


Figura. 3.25.- Ubicación de los pozos de agua por tipo de uso en el Municipio de Bacalar

Aprovechamiento de agua Superficial

La mayoría de las corrientes superficiales de Quintana Roo son transitorias, de bajo caudal, recorrido muy corto y desembocan en depresiones topográficas donde forman lagunas. Por este motivo, el aprovechamiento del agua superficial es limitado si se compara con el uso del agua subterránea.

De acuerdo con datos proporcionados por el Registro Público de Derechos de Agua de la Subdirección General de Administración del Agua, con fecha de corte al 30 de Septiembre de 2012, en el municipio de Bacalar se localizan 15 fuentes superficiales de abastecimiento de agua de las cuales se extrae un total de 531,244.25 m^3, destinando el 70.25% para uso agrícola, el 29.18% para uso de servicios, el 0.49% para uso pecuario y el 0.07% restante para uso doméstico (tabla 3.34 y figura 3.26). Se observa en la siguiente tabla que el agua de la Laguna de Bacalar se destina principalmente para uso doméstico y de servicios, esto debido a la alta concentración de sales disueltas, en especial el sulfato de calcio y carbonatos, que provienen del aporte geológico del vaso de la laguna.

No.	Nombre de la Fuente	Localidad	Volumen Anual (m^3)	Volumen Concesionado (m^3)	Uso
1.	Laguna de Bacalar	Bacalar	72,300	62,460	Servicios
2.	Laguna de Bacalar	Bacalar	72,300	62,460	Servicios
3.	Laguna de Bacalar	Bacalar	720	471.93	Servicios
4.	Laguna de Bacalar	Bacalar	1,314	861.27	Servicios
5.	Laguna de Bacalar	Bacalar	100	100	Doméstico
6.	Laguna de Bacalar	Bacalar	3,900	2,401.9	Servicios
7.	Laguna de Bacalar	Bacalar	100	100	Doméstico
8.	Laguna de Bacalar	Bacalar	4,500	900	Servicios
9.	Laguna de Bacalar	Buenavista	91.25	91.25	Pecuario
10.	Laguna Santa Teresita	Buenavista	360,000	360,000	Agrícola
11.	Laguna de Bacalar	Buenavista	197	39.4	Doméstico
12.	Laguna innominada	Río Escondido	9,072	No reportado	Agrícola
13.	Laguna El Mirador	El Mirador	150	150	Agrícola
14.	Río Raudales	Laguna Guerrero	4,000	4,000	Agrícola
15.	Laguna La Virtud	Miguel Hidalgo y Costilla	2,500	2,500	Pecuario
		TOTAL	531,244.25	496,535.75	

Tabla. 3.34.- Usos del Agua Superficial en el Municipio de Bacalar.

Fuente: REPDA con fecha de corte al 30 de Septiembre de 2012.

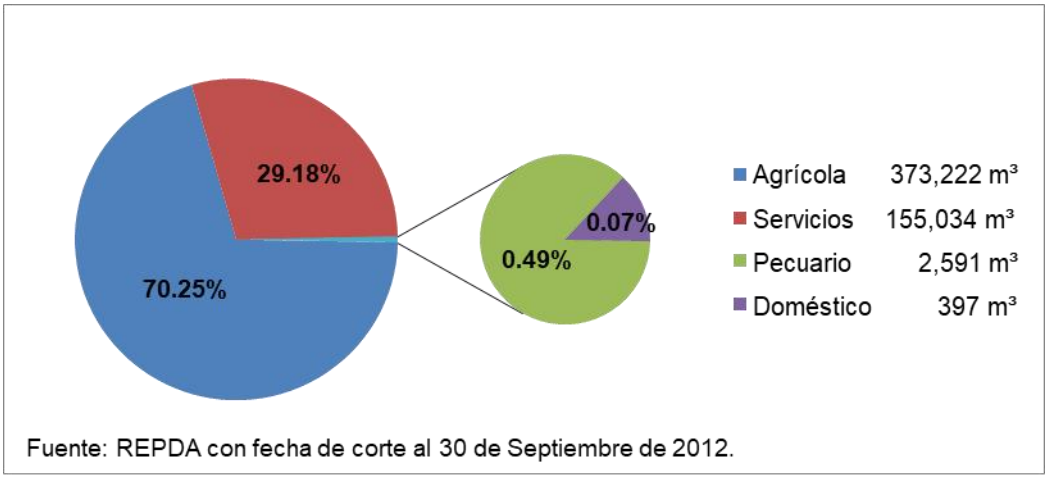


Figura. 3.26.- Usos del Agua Superficial en el Municipio de Bacalar.

Distrito de Riego 102 Rio hondo

Los distritos de riego son proyectos de irrigación desarrollados por el Gobierno Federal e incluyen diversas obras, tales como vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros (Atlas del Agua en México 2011).

En Bacalar se encuentra presente el Distrito de Riego 102 Río Hondo, ocupando una superficie de 10,382.413 ha dentro del municipio (figura 3.27). Este Distrito de Riego se localiza en el sur del municipio de Quintana Roo y está conformado por dos módulos de riego: Ribera del Río Hondo y Citrícola. También está integrado por 324 unidades de riego. La superficie dominada es de 16,027 ha y una superficie regable de 6,278 ha que están en posesión de 1,859 usuarios, de los cuales 100% son ejidales y utilizan un total de 48 pozos profundos (Programa Hídrico Regional Visión 2030).

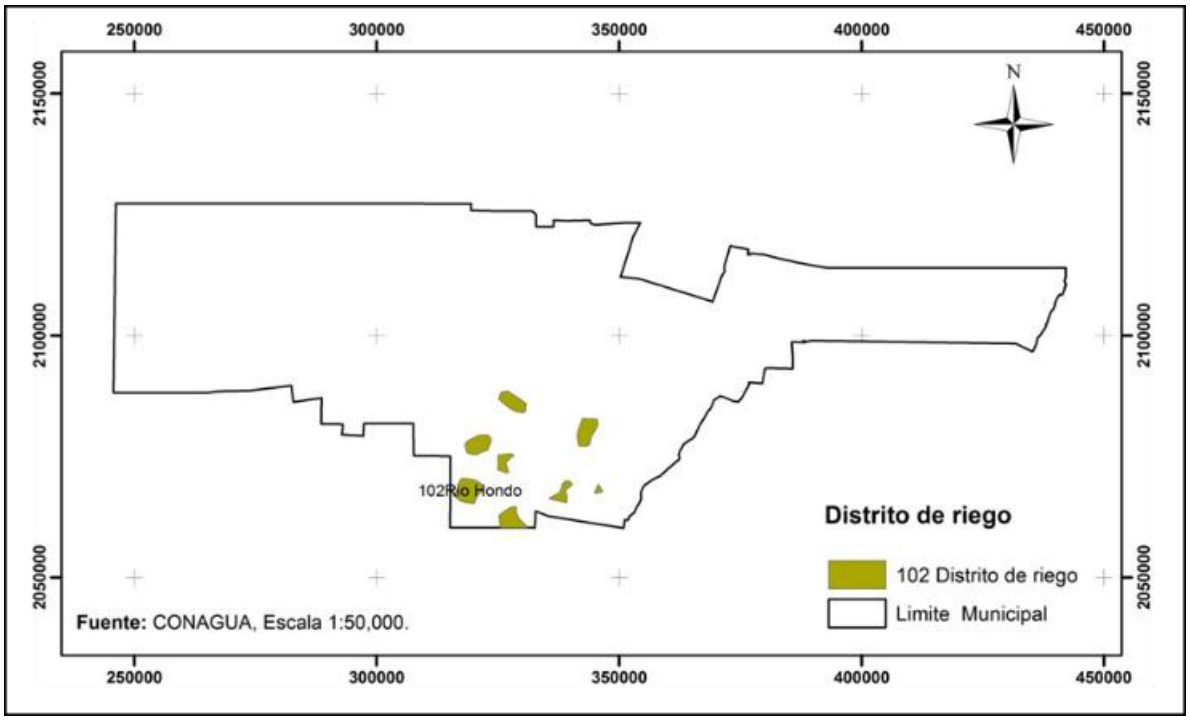


Figura. 3.27.- Distrito de Riego 102

SUBSISTEMA SOCIO-ECONÓMICO.

Componente Social.

El estudio del componente social para el Ordenamiento Ecológico tiene como objetivo describir las características estructurales particulares de la población que se encuentra en un territorio determinado; identificando rasgos generales, principales variables y condiciones sociales que permitan establecer un parteaguas en las etapas consecutivas del ordenamiento ecológico. Estas condiciones se refieren a tendencias de población, estructura e indicadores de estado que consoliden un conocimiento amplio del componente social, así como de sus interacciones con demás sectores productivos, el medio ambiente y el territorio mismo. Otro aspecto para considerar en el análisis de este capítulo y que sobresale por su importancia en los últimos años es que los esquemas económicos y las bases estructurales del desarrollo contemporáneo explican, de cierta forma, los patrones en la distribución territorial de la población.

El diagnóstico socioeconómico es un instrumento mediante el cual se genera el conocimiento y la comprensión de los procesos sociales, económicos, culturales y ambientales que se conjugan en un determinado territorio; permite además la identificación de problemáticas que en el corto, mediano y largo plazo generan zonas de presión o áreas de oportunidad para la regulación y promoción de los recursos de la zona, además de considerarse base para la planeación y ordenamiento del territorio.

Es por lo anterior, la relevancia de realizar el estudio de los aspectos sociales particulares y que resulta de importancia para la condición sociopolítica particular del municipio, ya que es un territorio de reciente creación (Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 2011). Si bien el territorio de Bacalar está constituido por una población conocida (rural y urbana), la información generada con este apartado proporcionará elementos necesarios y particulares sobre su dinámica y sus interacciones antes mencionadas

Los elementos a desarrollarse en este apartado para la descripción de aspectos relevantes de la población se refieren a lo siguiente:
Tamaño de la población y tendencias de crecimiento.

Distribución y ubicación de los centros poblacionales y localidades.

Migración.

Estructura por edad y sexo.

Servicios (calidad de vida).

Presencia de pueblos indígenas.

Presencia de zonas de interés cultural.

Para determinar los indicadores ya mencionados y que complementan los aspectos a analizar, fue necesario generar un criterio que estableciera la relación directa entre población, territorio y medio ambiente, con lo cual se identificaron dichos elementos que describen ampliamente el componente social del Municipio de Bacalar.

En la identificación y compilación de información socioeconómica municipal necesaria para el capítulo, se hizo una revisión de literatura existente, así como de las bases de datos de fuentes oficiales y dependencias gubernamentales a nivel federal, estatal y local. Aunado a lo anterior, se realizó también un esfuerzo importante en la investigación en campo sobre el tema a través del diseño y elaboración de herramientas para obtener información, las cuales se refieren a la realización de una serie de Talleres de Participación Pública en las comunidades rurales y la aplicación de Encuestas o Fichas de Diagnóstico Socioeconómico (anexo 2) a los líderes sociales comunitarios identificados; estas última herramienta presenta cinco componentes claves a considerar: a) Datos de identificación; b)

Datos demográficos; c) Infraestructura y capacidad instalada; d) Económico- sectorial; y e) Ambiental.

Con base en lo anterior, la elaboración del capítulo socioeconómico para la Etapa de Caracterización del Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Bacalar, Quintana Roo, resulta una base fundamental para el desarrollo de las consecuentes etapas del ordenamiento ecológico, las cuales, tomando como pilares la caracterización, reflejan cómo se encuentra en la actualidad el territorio municipal, sus conflictos y aptitudes (*diagnóstico*); cómo estará el territorio de Bacalar en una prospectiva a 25 o más años si se continúa con las mismas prácticas actuales (*pronóstico*); y qué acciones, planes, programas, proyectos y herramientas de política ambiental se deben de aplicar para lograr el crecimiento ordenado del Municipio de Bacalar, así como la regulación y modernización de las actividades productivas que confluyen en el territorio con miras al desarrollo sustentable (*propuesta y modelo de ordenamiento ecológico*).

Descripción de Aspectos Demográficos Relevantes.

Uno de los factores que determina y orienta las políticas públicas sobre el mejoramiento del nivel y calidad de vida de una población es su estructura, la cual al encontrarse

presente en un territorio determinado, muestra características que influyen en los aspectos demográficos, económicos y sociopolíticos de la misma.

Infraestructura Existente y Capacidad Instalada.

Demanda de Servicios Públicos.

En este apartado se mencionan se analizan varios elementos que constituyen los servicios públicos y su demanda, tales como consumos de agua y electricidad por habitante, volúmenes generados de aguas residuales y residuos sólidos urbanos, cantidad de viviendas, ocupantes por vivienda, condiciones de vivienda (piso, cuartos, techo, etc.), drenaje, agua, red eléctrica y carretera, por mencionar los más importantes. Estos elementos están determinados por la distribución y cantidad de la población en el municipio, así mismo, es claro que entre la zona urbana y la zona rural las demandas pueden ser diferentes, inclusive de mayor prioridad para tu atención.

El consumo de agua y electricidad por habitante debe de considerarse de manera diferente para la población urbana que, para la población rural, puesto que las necesidades pueden ser distintas, descartando el empleo de estos recursos a un sector productivo, es exclusivamente una revisión del consumo en los hogares.

Respecto al volumen generado de aguas residuales por habitante, se presenta en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Othón P. Blanco, el volumen estimado diario de aguas residuales en las zonas urbanas y rurales, los cuales son aproximadamente 180 a 220 litros y entre 80 a 100 litros diarios, respectivamente. Cabe mencionar que dentro de las zonas urbanas y rurales señaladas en dicho ordenamiento se encuentras las localidades que actualmente constituyen el territorio del Municipio de Bacalar, así mismo, se hace mención que sólo algunas ciudades cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales y ninguna de estas pertenece a Bacalar.

En la siguiente tabla se aprecia que la media de generación per cápita para el estado es de

0.87 kg/hab/día y que en ciudades como Cancún y Cozumel la generación per cápita está por arriba de esta cifra, 1.60 kg/hab/día y 1.28 kg/hab/día, respectivamente. Por otra parte, la ciudad de Bacalar es la que presenta la menor generación de residuos, con 0.30 kg/hab/día. (PEPGIR, 2009)

Ciudades Principales	Generación per cápita (kg/hab/día)	Generación (ton/día)	% mas	Fuente de información
Chetumal	0.98	228	14.31	Guevara y Flores, 2001, SEDUMA, 2005
Bacalar	0.3	10	0.18	Montalvo P. y A. Pacheco P.R.H., 2005
Tulúm	0.89	45	3	Alcaldía
Playa del Carmen	ND	326	15	Municipio y SEDUMA, 2005
Holbox	1	2	0.12	Adame y Rodríguez, 2005
Cozumel	1.28	114	7	ECOZ
Isla Mujeres	ND	28	1.8	Municipio
Cancún	1.6	750	46	SEDUMA
Promedio Estado	0.87			
Total		1,579	100	

Tabla. 3.35.- Generación de Residuos Sólidos por las principales ciudades del Estado de Quintana Roo.
Fuente: Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en el Estado de Quintana Roo (PEPGIR), 2009 – 2011.

La ciudad de Bacalar genera un total de 10 ton/día de residuos sólidos urbanos, de los cuales la mayoría son materia orgánica (2.814 ton/día); así mismo, el papel y el plástico son de los residuos que mayormente se generan en la ciudad, 1.138 ton/día y 1.438 ton/día, respectivamente (figura 3.35).

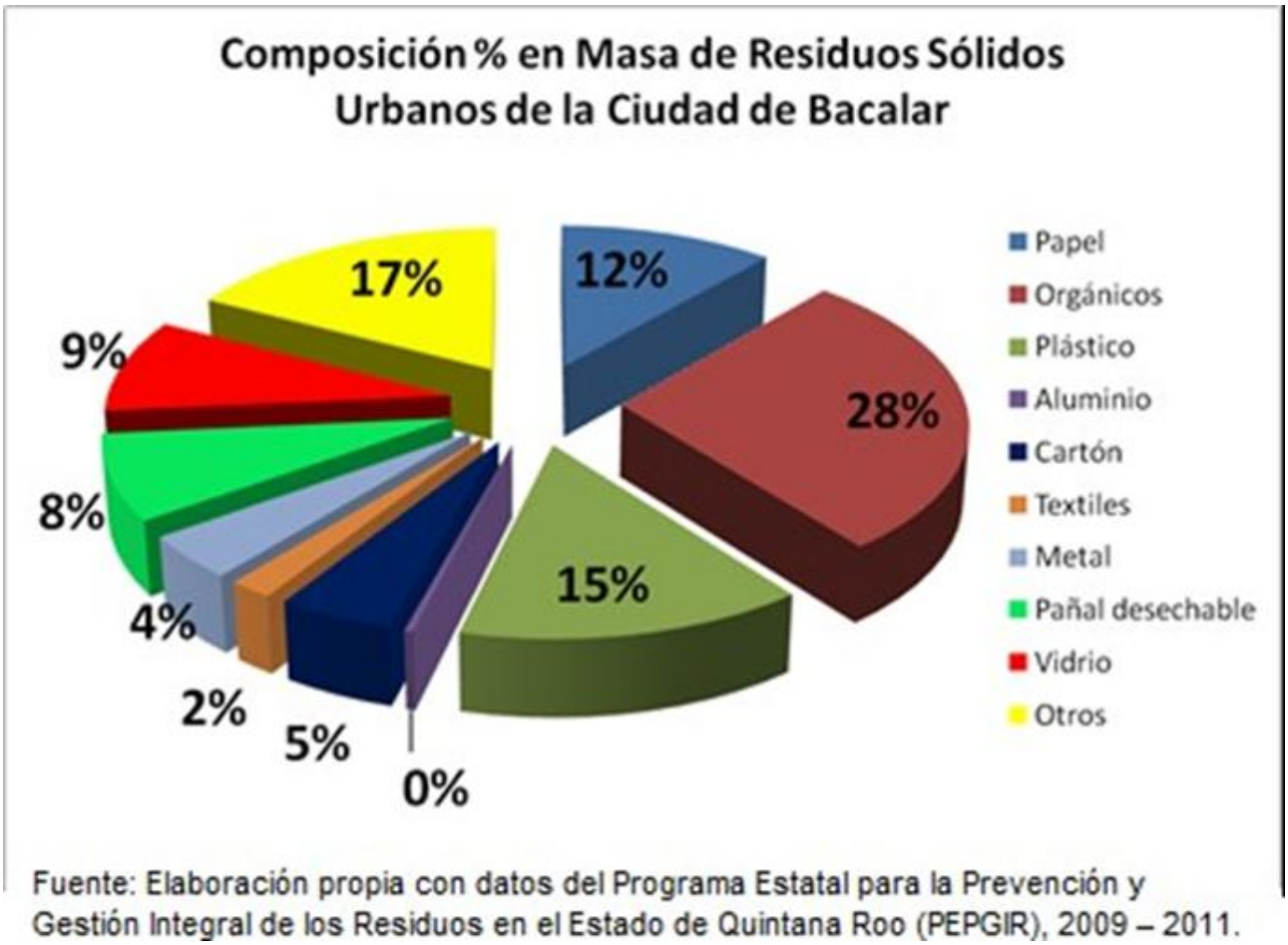


Figura. 3.28.- Composición de residuos sólidos generados en la ciudad de Bacalar por tipo.

La capacidad de recursos humanos con la que se cuenta en la ciudad de bacalar para llevar a cabo las labores de barrido, recolección y disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU) son 8 en total, los cuales forman una flotilla que se encarga de realizar estas labores. Se cuenta con una unidad de recolección de 7 m^3, la cual hace un recorrido diario para la recolección de los RSU, abarcando dos sectores de la población. (PEPGIR, 2009)

Se menciona también en el PEPGIR que existe un sitio no controlado para disponer la basura y con presencia de pepenadores, cercano a la Clínica Zazil-Be. En el sitio no controlado de Bacalar la presencia de pepenadores, que se dedican a seleccionar botellas de PET, son recolectadas y puestas en bolsas tipo costal y almacenadas temporalmente *in*

situ, hasta que son retiradas por un intermediario que las vende a una empresa recicladora. Este sitio tiene una recepción de residuos sólidos de 10 ton/día, característica que lo coloca en la categoría "D", de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003. Se encuentra ubicado en el km 3 del tramo carretero Bacalar-Buenavista, posee una extensión de 3 hectáreas y empezó a operar en enero del 2004. (PEPGIR, 2009). Asi mismo según recientes comunicados publicados en la pagina de internet de la SEMA, este sitio ya se encuentra en regularización y se esta equipando con maquinaria, en la que inicialmente se invierten 4.3 millones de pesos aportados por los gobiernos del Estado y Federal.

La capacidad de recursos humanos con la que se cuenta en la ciudad de bacalar para llevar a cabo las labores de barrido, recolección y disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU) son 8 en total, los cuales forman una flotilla que se encarga de realizar estas labores. Se cuenta con una unidad de recolección de 7 m^3, la cual hace un recorrido diario para la recolección de los RSU, abarcando dos sectores de la población. (PEPGIR, 2009)

Se menciona también en el PEPGIR que existe un sitio no controlado para disponer la basura y con presencia de pepenadores, cercano a la Clínica Zazil-Be. En el sitio no controlado de Bacalar la presencia de pepenadores, que se dedican a seleccionar botellas de PET, son recolectadas y puestas en bolsas tipo costal y almacenadas temporalmente *in situ*, hasta que son retiradas por un intermediario que las vende a una empresa recicladora. Este sitio tiene una recepción de residuos sólidos de 10 ton/día, característica que lo coloca en la categoría "D", de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003. Se encuentra ubicado en el km 3 del tramo carretero Bacalar-Buenavista, posee una extensión de 3 hectáreas y empezó a operar en enero del 2004. (PEPGIR, 2009). Asi mismo según recientes comunicados publicados en la pagina de internet de la SEMA, este sitio ya se encuentra en regularización y se esta equipando con maquinaria, en la que inicialmente se invierten 4.3 millones de pesos aportados por los gobiernos del Estado y Federal.

Agricultura

La agricultura es la actividad más importante en el municipio y se realiza generalmente en forma extensiva y en pequeñas superficies con el sistema tradicional tumba-roza-quema en todas las poblaciones ejidales. Los cultivos de temporal son el maíz y el fríjol, está generalizado en toda la superficie municipal, pero en su mayor parte los rendimientos son muy bajos, debido al tipo de suelo que no permite la mecanización y la falta de infraestructura de riego, limitando la producción a nivel de autoconsumo en su mayor parte.

Los cultivos de maíz y frijol se realizan principalmente con semilla criolla y sin fertilizante, aunque en algunos ejidos han desarrollando el cultivo de sábila, la pitahaya, la piña, la vainilla, el chile jalapeño y el cultivo de la semilla de Ramón que permite la elaboración de diferentes productos. Cabe destacar que en el ejido de Aarón Merino Fernández desde el 2009 se principia el cultivo de la planta Stevia y en la actualidad en el ejido Los Divorciados se desarrolla el proyecto de plantación y cultivo del cacao criollo el cual contribuirá a diversificar la actividad económica del municipio así como mejorar la calidad de vida las comunidades como Divorciados y La Pantera (Plan de Desarrollo Municipal 2011-2013).

Las localidades de Reforma, Limones, Valle hermoso, Bacalar, Margarita Maza de Juárez, 18 de marzo, agrupan actualmente a un total de 1,037 productores agrícolas, que trabajan en una superficie mecanizada de 860 hectáreas y 3,153 hectáreas de temporal. Los principales tipos predominantes de cultivo son: el maíz, el fríjol y la calabaza. La comunidad que más superficie destina a estos cultivos es Limones con 1,700, 200 y 100 hectáreas respectivamente, sin embargo son bajos los rendimientos en kilogramos por hectáreas (Plan de Desarrollo Municipal 2011-2013).

Ganadería

Según el Plan Municipal de Desarrollo (PMD) 2011-2013 la superficie susceptible para la ganadería es del 60% de extensión del municipio, sin embrago esto contrasta con los datos obtenidos de la carta de uso de suelo y vegetacion del municipio de Bacalar 2010 escala 1:50,000, donde podemos ver que mas del 70% de la superficie municipal presenta vegetacion de tipo selva, la cual no es adecauda para este tipo de actividad.

Por otra parte el PDM señala que solamente una mínima parte de la población se dedica a esta actividad, debido a la falta de recursos económicos y programas estatales, por lo que este importante sector ha decaído en los últimos años y por tanto se busca detonar nuevamente esta actividad tan importante para el desarrollo de la región (Plan de Desarrollo Municipal 2011-2013).

Como resultados de las encuestas se observa que la actividad pecuaria, está representada por el ganado bovino y las abejas. Mientras que la cría de cerdos, borregos, guajalotes y aves se realiza a nivel familiar y básicamente es para el autoconsumo. Esta actividad se realiza de manera extensiva.

.

Ejido	Superficie Dedicada a la Ganadería (ha)	Tipo de Mercado	Productos de la Región
Aarón Merino Fernández	128,574.0	Local	Leche Bovino, G. Bovino, Carne Bovino, G. Porcino, Carne Porcino, Huevo, G. Ave, Carne Ave, G. Guajolote, Carne Guajolote, G. Caprino, Carne Caprino
Bacalar	128,574.0	Local	Leche Bovino, G. Bovino, Carne Bovino, G. Porcino, Carne Porcino, Huevo, G. Ave, Carne Ave, G. Guajolote, Carne Guajolote, G. Caprino, Carne Caprino
Blanca flor	17,424.6	Local	Ganado ovino, carne ovino
Chaccoben	51,791.8	Local	Leche Bovino, G. Bovino, Carne Bovino, G. Porcino, Carne Porcino, Huevo, G, Ave, G. Guajolote,CarneGuajolote,G. Caprino, Carne Caprino.
Ejido Buena Fe	100.0	Local	Ovinos (Black belly y Pelibuey), bovino

			(Cebu).
Reforma	3,000.0		Bovinos de doble propósito, ovinos, porcions, equinos y aves de corral
Payo Obispo	235.0		Bovino de doble propósito, borregos, aves de corral.
Vallehermoso	20,483.4	Local	Leche Bovino, G. Bovino, Carne Bovino, G. Porcino, Carne Porcino, Huevo, G. Ave, Carne Ave, G. Guajolote, Carne Guajolote, G. Caprino, Carne Caprino
Zamora (antes Emiliano Zapata)	13,355.1	Local	Leche Bovino, G. Bovino, Carne Bovino, G. Porcino, Carne Porcino, Huevo, G. Ave, Carne Ave, G. Guajolote, Carne Guajolote, G. Caprino, Carne Caprino

Tabla. 3.36.- Superficie Ejidal Dedicada a la Ganadería y Productos Obtenidos en el Municipio de Bacalar Fuente: Elaboración propia con datos de www.oeidrus.qroo.mx (revisado noviembre 2012) y Ordenamientos Ecológicos Comunitarios, SEDARI.

Los resultados de la encuesta de las localidades que se dedican a la actividad ganadera se relacionan en la siguiente tabla.

Localidad	Productos	Destino
Ejido Chaccoben	1200 cabezas de Bovino doble propósito	Venta
Nuevo Jerusalén	Bovino carne y ovinos	
Monte Olivo	Bovino de carne	
Los Divorciados	bovino	Venta
EL Cafetal	Bovino carne y bovino leche	Venta
Colonia del Valle	Bovino carne	Venta
Lázaro Cárdenas (Ceiba)	Bovino carne, bovino leche y gallina	Venta y autoconsumo
Guadalupe Victoria	Bovino y cerdo	
Ejido Melchor Ocampo	600cabezas de bovino carne, 400 cabezas de ovino, 100 cabezas de cerdo	
Otilio Montaño	500cabezasdebovinocarne,100 cabezas ovino y 20 cabezas de cerdos	
Nuevo Hoctun	Bovinocarne,bovinoleche,ovinso, cerdos y aves de corral.	
Zamora antes Emiliano Zapata	Bovino carne y leche, ovinos y cerdos	Autoconsumo
Buena Vista	Bovino carne	Venta

Paraíso	Bovino carne y ovinos.	
18 de Marzo	Bovino carne y ovinos	Venta
Nuevo Tabasco	Bovino carne	Venta
Calendario Taco Rodríguez	Bovino carne, bovino leche, ovinos y cerdos	
Caanlumil	Bovino carne	
Altos de Sevilla	Bovino carne y bovino leche	Venta
Canaan	Bovino de carne y ovinos	Venta
EL Nuevo Progreso	Bovino carne y bovino leche	
Ejido Gabino Vázquez	Bovino carne	Venta
Miguel Hidalgo	Bovino leche	
Jesús Martínez Ross	Bovino carne, ovinos y cerdos	Venta y autoconsumo
Margarita Maza	Bovino carne, bovino leche, ovinos y cerdos.	
Lázaro Cárdenas del Río Número 3 Sinaí	200 cabezas de ganados, 10 cabezas de cerdo.	Venta
Isidro Fabela	bovino carne, ovino y gallinas	Autoconsumo
Payo Obispo	Bovino carne y ovinos	Venta
Ejido Andrés Q. ROO	150 cabezas de bovino carne	
Buena esperanza	Bovino de carne, ovino, cerdo	Venta

Localidad	Productos	Destino
NCPE Francisco Villa	Ovino y cerdos	
San José de los Lirios	Bovino carne, ovinos, cerdos y aves	
Salamanca	Bovino leche	Consumo y venta
Humberto Pat Chan	Cerdo	
Blanca Flor	bovino carne, ovinos, cerdos	Venta
Graciado Sánchez La Pantera	Bovino carne y leche	
Pedro Antonio de los Santos	Cerdos	Venta en la comunidad.
Reforma	bovino leche y cerdos	Autoconsumo y venta
Manuel Ávila Camacho	bovino carne, bovino leche	
Kuchumatan	Bovino leche, ovino y cerdos	Venta
San Román	ovino	

Gustavo Díaz Ordaz	Bovino carne	
Ejido Bacalar	Bovino carne, ovinos y cerdos	
Río Escondido	Bovino carne, ovinos y cerdos	Venta
David Gustavo Gutiérrez Ruiz	80 cabezas de bovino carne y 60 ovinos	
Franciso J.Mujica	bovino carne, ovinos y cabritos	

Tabla. 3.37.- Tipo de Actividad Ganadera en los Ejidos de Bacalar.

Fuente: Elaboración propia a partir de las Encuestas Realizadas a los Ejidos, 2012.

Apicultura

La práctica de esta actividad se realiza en todas las comunidades del municipio, a excepción de Valle hermoso, agrupando a un total de 66 productores, los cuales cuentan con un inventario de 1,942 cajas, que en conjunto arrojan una producción de 54.7 toneladas anualmente. Las comunidades que mayor porcentaje de participación tiene en esta producción son: Bacalar y Altos de Sevilla con 18 y 26 toneladas respectivamente así como también esta actividad se le ha dado mayor impulso a través de la implementación de proyectos productivos que brindan financiamiento a la población (Plan de Desarrollo Municipal 2011-2013).

Esta actividad se continúa realizando basado en conocimiento empíricos, lo que ocasiona que los rendimientos obtenidos de miel, sean bajos a pesar de contar con un enorme potencial y abundancia de recursos néctar-poliniferos.

En 1981 se establecen las primeros apiarios en el Ejido Reforma, en la actualidad se cuenta con 33 socios que se dedican a esta actividad y que cuentan con 20 a 30 colmenas por integrante por lo que han creado una sociedad legalmente constituida como Sociedad Cooperativa, lo cual espera traer un desarrollo importante para la comunidad (OTC Ejido Reforma, 2007).

La apicultura es una de los generadores de recursos de los cuales se encuentran organizados y conformados por una sociedad de la cuenta esta conformados de un total de 21 apiarios de los cuales solamente se están trabajando de manera tradicional ya que por falta de los apoyos y recursos no se ha implementado un paquete tecnológico ante esta actividad (OTC La Buena Fe, 2007).

A esta actividad se dedican 10 productores en la comunidad, con un inventario de 150 colmenas (OTC El Paraíso, 2007).

A esta actividad se dedican 12 productores en la comunidad del Ejido Francisco J. Mujica, con un inventario de 250 colmenas (OTC Francisco J. Mujica, 2008).

En el año de 2006 se formó un grupo entre 10 y 15 apicultores y formaron una sociedad para solicitar apoyos al gobierno del estado. Este grupo creo alianzas estratégicas con una integradora que abarca a más de 20 comunidades del distrito 5, esta integradora esta aliada con NATURAFLOR que se dedica a la venta de productos apícolas, también está participando NECLI otra empresa que vende y distribuye estos productos. El grupo cuentan con 10 a 40 colmenas en promedio, no han recibido apoyos económicos, pero han asistido a cursos de capacitación a Chetumal, Campeche y México como parte de su formación (OET Rio Verde, 2009).

La explotación apícola es una actividad que poco a poco ha cobrado importancia en el ejido, solo existen 2 apicultores y una población de aproximadamente 100 colmenas, trabajadas por los 2 apicultores y sus familias. La apicultura está basada en conocimientos empíricos, lo cual ocasiona que los rendimientos obtenidos de miel, sean bajos a pesar de contar con un enorme potencial y abundancia de recursos néctar-poliniferos (OTC 5 de Mayo, 2010).

La explotación de apícola es una actividad que poco a poco ha cobrado importancia en el ejido, existen registrados 26 apicultores y una población de 300 colmenas. La apicultura está basada en conocimientos empíricos, lo cual ocasiona que los rendimientos obtenidos de miel, sean bajos a pesar de contar con un enorme potencial y abundancia de recursos néctar- poliniferos (OTC Tierra Negra, 2010).

En el Ejido Buena Fe, se encuentran organizados y conformados por una sociedad, que cuentan con un total de 21 apiarios (OTC Buena Fe, 2007).

En las encuestas aplicadas, las localidades que reportan que realizan actividades apícolas son:

Zamora antes Emiliano Zapata San Fernando

Lázaro Cárdenas del Río Número 3 Sinaí; 300 colonias de apicultura

Blanca Flor.

Nuevo Hoctún

Margarita Maza

Buena Esperanza

Turismo

Actualmente se cuenta con una infraestructura turística aproximadamente de 27 hoteles ubicados principalmente en la cabecera municipal y sus alrededores (figura 97), que se traducen en 255 cuartos de hotel (Error! Reference source not found.) en su gran mayoría hoteles tipo “ecológicos”.

En el municipio de Bacalar los principales atractivos turísticos más representativos son:

Ruta 1 que comprende el centro histórico Bacalar Pueblo Mágico; El Fuerte San Felipe, Casa de la Cultura, Casa Internacional del Escritor y la iglesia San Joaquín;

Ruta 2 que comprende la Laguna de Bacalar; laberintos acuáticos, estromatolitos y turismo deportivo; Ruta 3 que comprende cenotes:

Ruta 4 que comprende actividades de ecoturismo, convivencia con la naturaleza; Parque Ecoturístico Uchben Kah en la localidad de Pedro A. Santos, Parque de Tirolesas Biomaya;

Ruta 5 que comprende zonas arqueológicas; Chacchoben e Ichkabal.

Aunado a las bellezas naturales, Bacalar es una comunidad que cuenta con un desarrollo cultural considerable, ya que cuenta con escritores, pintores, artesanos, músicos, danza, una riqueza histórica y tradicional, por lo que sería un atractivo para el turismo cultural.

La riqueza forestal, la flora y fauna y sus sistemas lagunares constituyen sin duda alguna un potencial impresionante para el desarrollo del turismo de aventura.

En este sentido el potencial de desarrollo radica en los modelos de turismo alternativo, ecoturismo, turismo de aventura y turismo cultural.

De igual forma el modelo de desarrollo turístico será mediante la creación de un cluster que permita el encadenamiento de la producción y los servicios del sector en beneficio de la población y empresarios locales.

La amplitud del territorio del Municipio hace necesaria la formación de circuitos turísticos para poder ofertar de manera conjunta los atractivos locales, con lo que se dinamizará la economía mediante la integración de las localidades y estableciendo nuevos polos de desarrollo que se constituyan en centros de atracción y prestación de servicios, Así el principal motor de desarrollo de la localidad será el turismo sustentable.

	H O T E L	**HABITACIONES**	**UBICACIÓN**
1	Hotel Sol Laguna	16	Calle 14 entre Av. 9 y 11
2	Cabañas Ecorrománticas "Kuuch Kaanil"	10	Km. 26.5 Carretera 307 Chetumal Cancún
3	Hotel Rancho Encantado	14	Km. 24 Carretera 307 Chetumal-Cancún
4	Villas Ecotucan	10	Km 27.3 Carretera 307 Chetumal-Cancún
5	Hotel America	20	Av. 5 entre calles 30 y 32
6	Hotel la Ceiba	10	Av.3 entre calle 8 y 10
7	Hotel Puerta del Cielo	20	Km 23 Carretera 307 Chetumal-Cancún

8	Hotel Bacalar Mágico	16	Calle 8 entre Av. 3 y 5
9	Hotel Posada Nueva Espeanza	5	Av. 5 entre Calle 22 y 24
10	Suites Bakalar Villas	14	Av. 3 Entre Calle 28 y 30
11	Hotel Laguna	32	Av. Costera No. 479
12	Hotel Posada Casa Corazón	13	Av. Costera #521
13	Cabañas Kiin Yéettel Há	5	Km. 20 Carretera Chetumal - Cancun
14	Hotel Akalki	9	Km.12.5 Carretera 307 Chetumal-Cancún
	H O T E L	**HABITACIONES**	**UBICACIÓN**
15	Hotelito Amigos B&B	5	Av. Costera Lote D Manzana 4
16	Hostal del Centro	NO APLICA	Av. 5 entre calle 16 y 18 Col. Centro
17	Posada Casita Carolina		Av. Costera entre 18 y 20
18	Hotelito Paraiso	14	Av. Costera Esq. Calle 14
19	Campamento Ecoturístico Yaxche	NO APLICA	Km 26 Carretera 307 Chetumal-Cancún
20	Hotel Restaurante y Marina Los Aluxes	6	Av. Costera #67
21	Hotel Framboyanes	5	Av. Libramiento entre 36 y 38
22	Hotelito Caribe	4	Calle 20 entre Av. 5 y 7 Col. Centro
23	Cabañas, hostal y camping Magic Bacalar	NO APLICA	Av. 3 Esq. Calle 36
24	Hotel Nido del Quetzal	5	Av. 3 Esq. Calle 36
25	Cabañas Maria's	10	Carretera Chetumal-Cancún Km20
26	Posada Guadalupe	5	Av. 7 esq. Calle 22 Col. Centro
27	Bacalar Lagoon Resort	7	Km. 59 carretera federal Bacalar-Cancun
	TOTAL DE HABITACIONES:	**255**	

Tabla. 3.38.- Hoteles Existentes en Bacalar.
Fuente: Dirección de Turismo del Municipio de Bacalar, 2020.

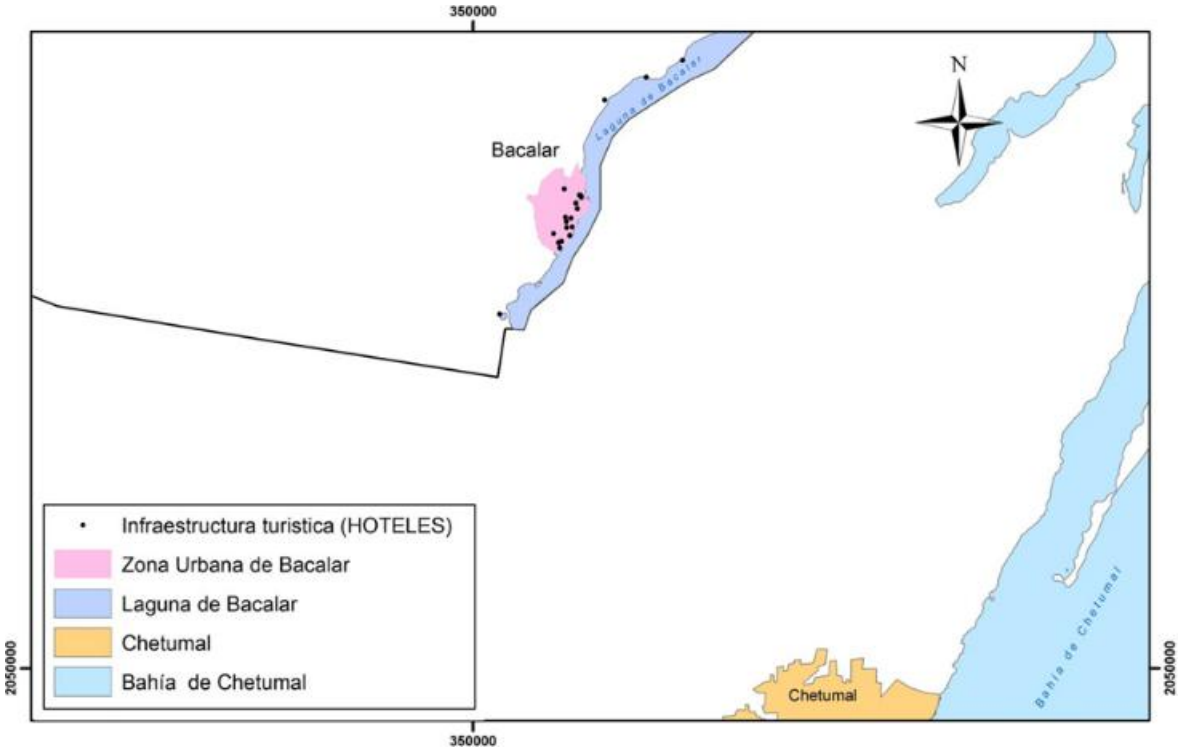


Figura. 29.- Ubicación de Hoteles en Bacalar.

Forestal

El Ejido La Buena Fe cuenta con área Forestal Permanente de un total de 1,210 hectáreas en donde se realiza el aprovechamiento forestal en una superficie de 810 hectáreas con una superficie de área de corta de 48.4 hectáreas, emitidas el 13 de noviembre de 1995 con fecha de vencimiento hasta el 31 de diciembre del 2015. (OTC. Ejido Buena Fe, 2007).

Desde el año 2000, el ejido Reforma cuenta con un Programa de Manejo Forestal, para una superficie de 2,500 hectáreas (OTC, Reforma, 2007).

En las encuestas se encontró que las localidades que realizan algún uso de la vegetación forestal son las siguientes:

Ejido	Uso de la vegetación forestal
Ejido Chaccoben	8000 ha de madera, palizada y maderables

Nuevo Jerusalén	Palizada
EL Cafetal	Uso de la vegetación maderable todo el ejido.
Colonia del Valle	Uso de vegetación maderable para corrales, postes y cercos.
Lázaro Cárdenas (Ceiba)	Palizadas para construcción y leña para autoconsumo
Ejido Melchor Ocampo	maderable
Otilio Montaño	Maderables para durmiente
Nuevo Hoctun	Leña para uso doméstico
Buena vista	forestal, maderables para construcción de casas, carbón (venta) Leña para consumo
Paraíso	Forestales, maderables, leña (cedros, caobas y pucte) toda la comunidad.
Margarita Maza	forestal, maderables, palizadas
18 de marzo	Cuenta con 11 permisos para venta de carbón
San Fernando	carbón (venta)
Nuevo Tabasco	carbón para la comunidad
Calendario Taco Rodríguez	Maderable, carbón y leña
Caanlumil	forestales, leña
Altos de Sevilla	Palizadas para la construcción de infraestructura
EL Nuevo Progreso	leña
Valentín Gómez Farías	leña
Miguel Hidalgo	leña (árboles caídos)
Pedro Antonio de los Santos	madera para hacer palapas (10% población)
Jesús Martínez Ross	Consumo carbón y leña
Lázaro Cárdenas del Río Número 3 Sinai	Consumo de leña por toda la comunidad
Isidro Fabela	Forestales, palizada, leña
Payo obispo	Venta de madera, carbón y leña
Ejido	**Uso de la vegetación forestal**
Ejido Andrés Q. ROO	620 ha de aprovechamiento forestal y consumo de leña
Buena esperanza	Maderables, palizadas, leña
Valentín Gómez Farías	Leña para autoconsumo

NCPE Francisco Villa	leña
Humberto Pat Chan	Aprovechamiento de productos forestales por el 10% de la población
Blanca flor	Leña para consumo de la comunidad.
Reforma	Palizadas y leña para autoconsumo
Kuchumatan	Se utiliza maderables, palizadas y leña para el aprovechamiento de la comunidad
San Román	palizadas, forestales y leña (cedro, caoba)
Río Escondido	Palizadas.
Gustavo Díaz Ordaz	Venta de productos forestales
Ejido Bacalar	Forestal, maderable, palizada Y leña
Franciso J.Mujica	maderable para comercio (55 ejidatarios)

Tabla. 39.- Ejidos de Bacalar que tiene actividades forestales

Tamaño de la Población y Tendencia de Crecimiento

Como una consideración metodológica, la información a continuación presentada tiene un tratamiento de datos particular, determinado por expertos y el equipo de trabajo que elaboró el ordenamiento. Se tomaron el total de habitantes reportados en el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI) para el Municipio de Bacalar, pero sólo como una referencia primaria, ya que más del 60% de las comunidades censadas están constituidas en promedio por 4 habitantes. Por lo anterior, se definió un criterio, para el cual sólo se tomaron las poblaciones o localidades con 30 o más habitantes, resultando un total de 69 localidades que se trabajaron para realizar toda la caracterización del componente social. Los resultados para este apartado se presentan a continuación.

De acuerdo a la información del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020) en el Municipio de Bacalar existen 41,754 habitantes, de los cuales 20,703 (49.58)son mujeres y 21,051 (50.41%) son hombres, correspondiente a un 2.2% de la población total del Estado . La población se encuentra distribuida en poco más de 200 localidades, sobre una superficie territorial total de 716,150 hectáreas (7,161.5 km^2), que es

equivalente a un 16.9% de la extensión territorial del Estado de Quintana Roo (PMD, 2011).

La ciudad de Bacalar, como principal centro urbano del municipio, ocupa el décimo lugar en número de habitantes respecto a las principales ciudades de los 11 Municipios que integran el Estado de Quintana Roo, siendo las ciudades más pobladas Cancún, Chetumal y Playa del Carmen, con más de 100 mil habitantes respectivamente.

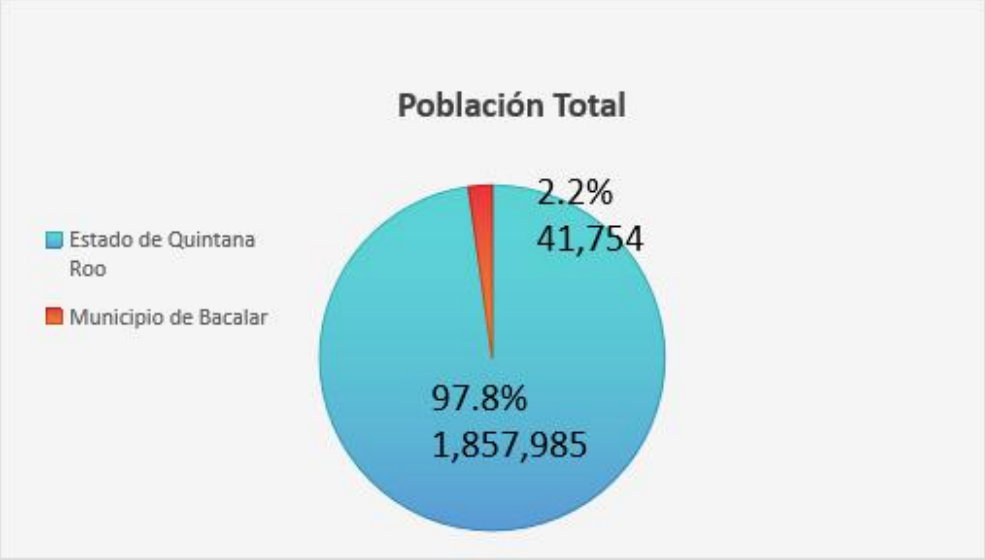
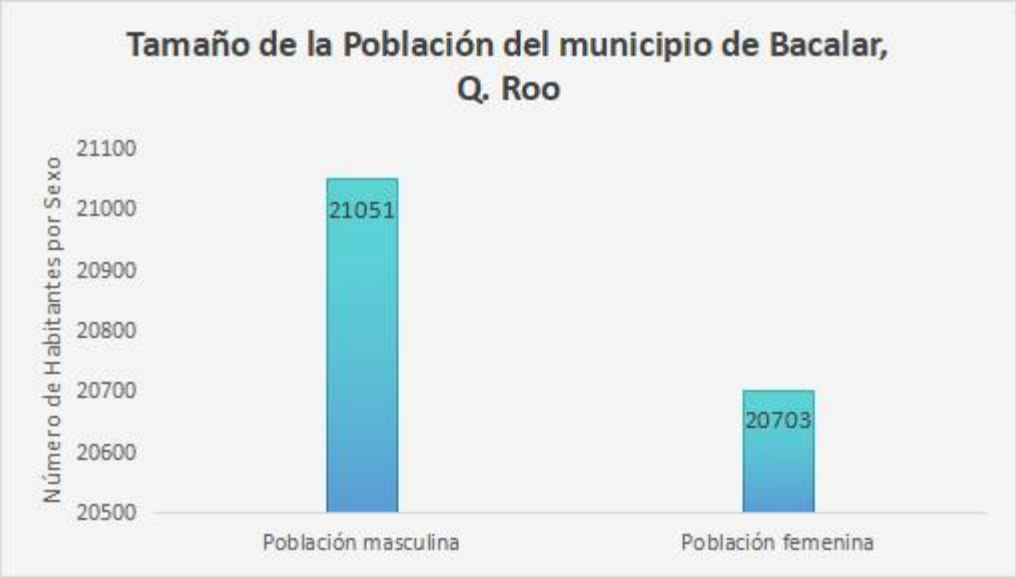


Figura. 3.30.- Población Total del Municipio de Bacalar Comparativa con el Estado, Elaboración Propia con datos INEGI, 2020



Fuente: Elaboración propia con datos del II Censo de Población y Vivienda, INEGI 2020.

Figura. 3.31.- Tamaño de la Población por Sexo del Municipio de Bacalar y del Estado.

Nombre de la Ciudad	**No. Habitantes**
Cancún	888,797
Chetumal	169,028
Playa del Carmen	304,942
Cozumel	88,625
Felipe Carrillo Puerto	83,990
Tulum	46,721
Alfredo v. Bonfil	19,789
Isla Mujeres	13,174
José María Morelos	39,165
Bacalar	**41,754**
Kantunilkín	8,135

Tabla. 3.40.- Centros Urbanos con Mayor Densidad de Población en el Estado de Quintana Roo. INEGI 2020

Respecto a la distribución de la población por sexo, ya observamos en la figura anterior como se encuentra el municipio respecto al Estado, pero de manera particular, Bacalar

presenta una distribución casi equitativa respecto a su población total dividida por sexo, es decir, un 49.58% es femenina y un 50.41% masculina.

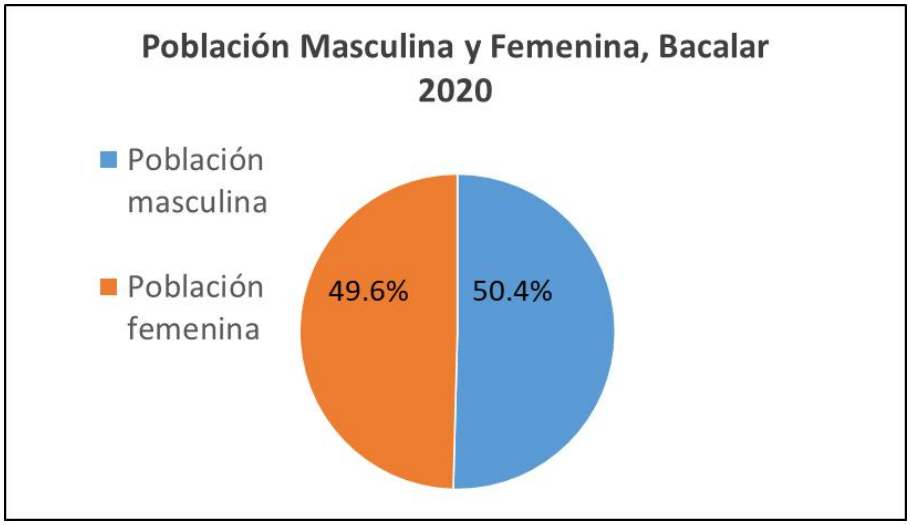


Figura. 3.32.- Distribución de la Población por Sexo para el Municipio de Bacalar.

Respecto a las tendencias de crecimiento, el Municipio de Bacalar en el año 1990 contaba con 27,708 habitantes, aproximadamente el 6% del total de habitantes censados en ese año para el Estado; su incremento poblacional fue significativo entre 1990 y 1995, más de 2,600 habitantes, sin embargo se mantuvo el incremento poblacional de manera paulatina entre los años de 1995 y 2005 (aproximadamente +/- 200 habitantes); y es hasta el año 2010 y 2020 cuando se dispara la población a más de 5,500 habitantes para este periodo. A pesar de que la población de Bacalar ha tenido una tendencia de crecimiento en los últimos 20 años, el porcentaje respecto al Estado ha disminuido, esto puede deberse principalmente a que la población se ha incrementado en gran medida a lo largo del territorio de Quintana Roo y el crecimiento local del municipio es poco significativo respecto a este último.

Así mismo las diferencias entre población masculina y femenina tanto en el Municipio de Bacalar como en el Estado son significativas y la relación o índice de masculinidad

para el municipio oscila entre 96 – 110, es decir que por cada 100 mujeres hay entre 96 a 110 hombres.

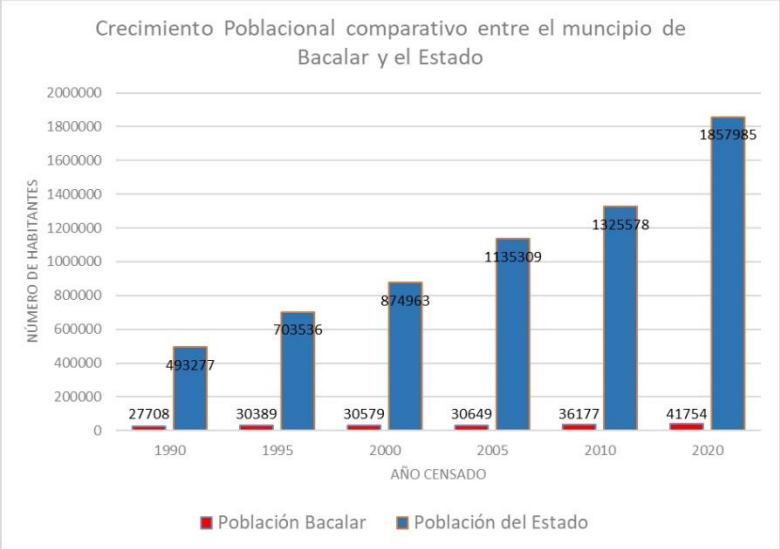


Figura. 33.- Crecimiento Poblacional Comparativo entre el Municipio de Bacalar y el Estado de Quintana Roo. Fuente: INEGI, 1990 – 2020.

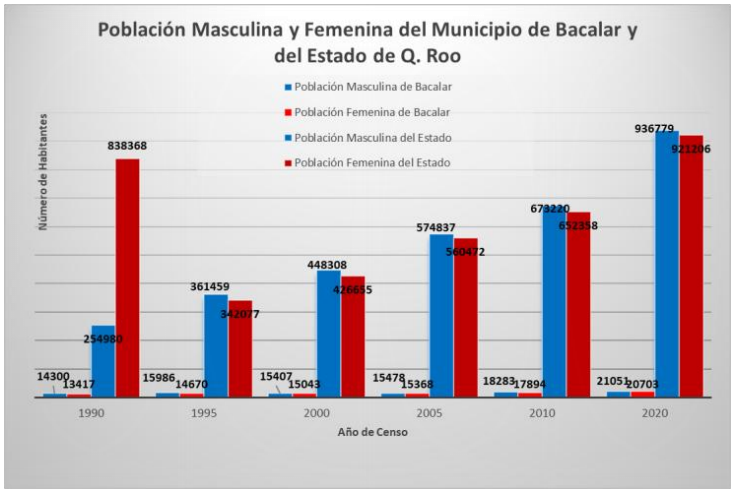


Figura. 3.34.- Población Masculina y Femenina del Municipio de Bacalar y del Estado de Quintana Roo. Fuente: INEGI, 1990 – 2020.

La tasa de crecimiento poblacional se refiere a la razón en la que crece en promedio anualmente una población por cada 100 habitantes. Se trata de un indicador resumen, pues en él se concentran los efectos de los principales componentes de la dinámica demográfica, como son nacimientos, defunciones y migración. Con base en lo anterior, se aplicó la formula logarítmica para obtener la tasa de crecimiento poblacional "Δ" ,la cual se muestra a continuación en la siguiente fórmula:

$$\%\Delta = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100\%$$

%Δ= % de incremento

V1= Valor Actual

V0= Valor Inicial

Figura. 3.35.- Formula logarítmica para obtener la tasa de crecimiento poblacional

Basados en la formula anterior, los resultados arrojaron una tasa de crecimiento poblacional "Δ" entre los años 1990 – 1995 de 10, la cual presentó un decremento paulatino con valores menores a uno, entre 1995 y 2000, con un porcentaje de 1 y 0 respectivamente; por último, para el periodo 2010 – 2020 se incrementó de manera considerable el valor de "Δ" a 15, lo que quiere decir que en este periodo la población se incrementó anualmente 15%, que se refiere a 15 personas por cada 100 habitantes.

Al realizar este análisis debe de considerarse que la interpretación de los resultados se debe a varios factores como cambios económicos que pueden motivar una mayor movilidad de la población, características del lugar, si se trata de un municipio expulsor o receptor de migración o si hay incrementos o decrementos en el número de nacimientos y defunciones. A pesar de lo anterior, el análisis resulta importante para determinar la evolución y el ritmo de la población en los últimos 20 años para el Municipio de Bacalar.

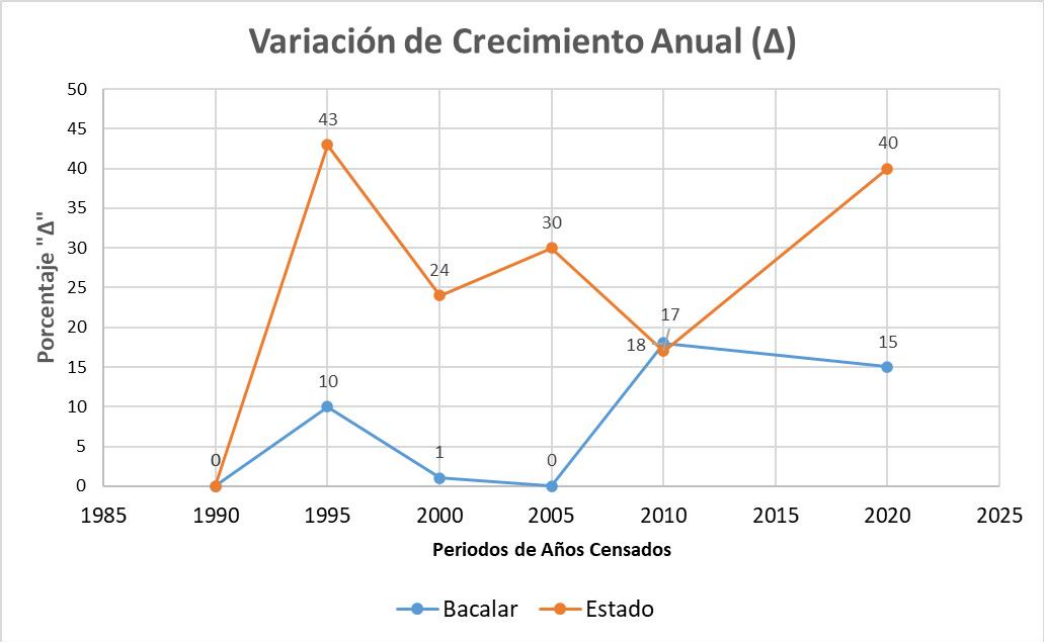


Figura. 3.36.- Variación de Crecimiento Anual de Población para el Municipio de Bacalar y el Estado, periodo 1990 – 2020.

La distribución de la población se entiende por población urbana y población rural; para el Municipio de Bacalar, con su amplia superficie territorial, la población urbana se encuentra delimitada a la cabecera municipal, la ciudad de Bacalar, con 11,048 habitantes al año 2010, sin embargo, esto representa sólo el 31% de la población total, ya que el 69% restante se encuentra distribuido en las localidades rurales (INEGI, 2010).

La población municipal presenta un perfil interesante y debe de analizarse por separado, es decir, en población urbana y rural. La población urbana, en los últimos 20 años, ha tenido un crecimiento paulatino de 6,923 habitantes en 1990 a 17,923 en 2020. Respecto a la población rural, a diferencia de la urbana en 2000 existió una disminución de 21,340 a 20,815 habitantes en 2005, en 2010 existió un aumento nuevamente con 25,129 y para 2020 una disminución con 25018 habitantes, proyectándose posteriormente en 5 años con aproximadamente 5 mil habitantes más .

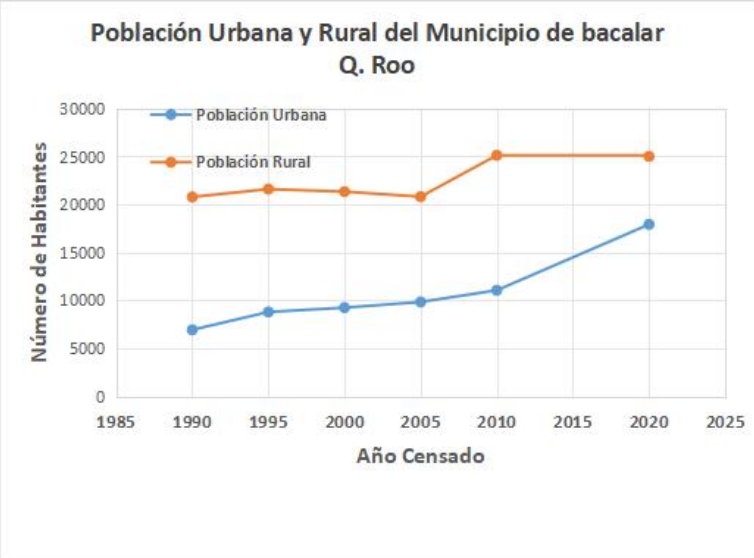


Figura 3.37.- Población Urbana y Rural del Municipio, periodo 1990-2020.

Al analizar la tendencia de crecimiento de las poblaciones rurales se encontró que, además de que es evidente que es un municipio rural, sólo son dos las localidades que alcanzan una representatividad importante para visualizar como ha sido la dinámica poblacional para el periodo de años 1990 – 2020. Las localidades resultantes, por el número de habitantes, fueron Reforma con 1,213 y Los Divorciados con 1,249 habitantes.

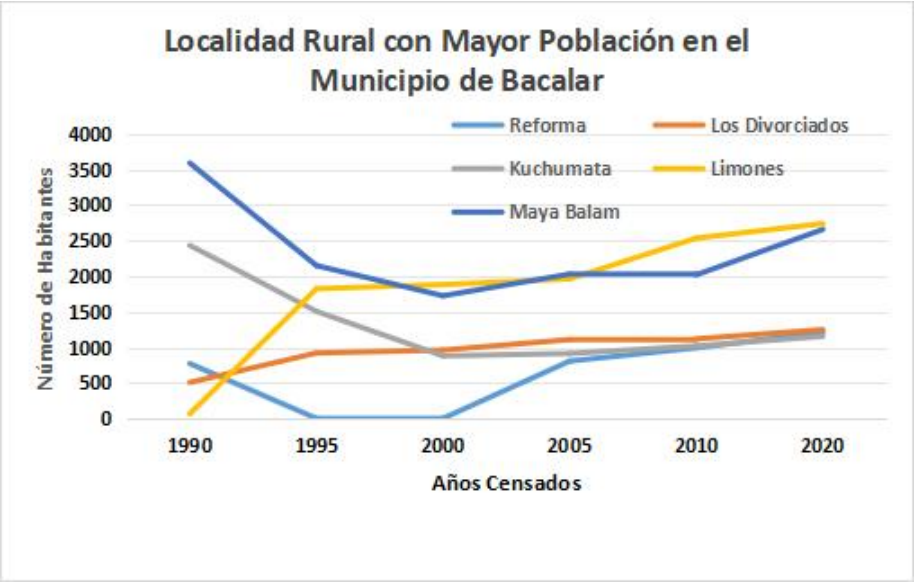


Figura. 3.38.- Localidades Rurales con mayor población en el Municipio, periodo 1990- 2020

Es importante observar que en la grafica anterior Maya Balam se considero de 1995 al 2010, como localidad ya que de acuerdo al INEGI, cuenta con menos de 2500 habitantes, mientras que en 2020, este ya no entra en la categoría de localidad, cuenta con más de 2500 habitantes.

En la siguiente tabla se muestra la dinámica poblacional de las comunidades rurales en el municipio de Bacalar para el periodo de años 1990 a 2020.

Nombre de la Localidad	Año de Censo					
	1990	1995	2000	2005	2010	2020
Aarón Merino [Colonia]	0	17	38	32	46	59
Altos de Sevilla	383	437	442	541	605	677
Andrés Quintana Roo	193	181	143	108	96	93
Blanca Flor	684	644	662	635	632	633
Buena Esperanza	383	410	430	380	398	345
Buenavista	234	635	682	618	585	702
Caan Lumil	160	163	127	230	364	400
Caanan	122	132	120	91	111	158
Chacchoben	913	805	655	568	728	685
Chula Vista	0	0	52	83	100	112
David Gustavo Gutiérrez Ruiz	386	383	373	345	384	398
Dieciocho de Marzo	361	355	309	22	239	274
El Cedralito	148	161	0	240	236	253
El Gallito	0	82	0	74	88	118
El Paraíso	100	144	135	133	122	131
El Progreso	0	0	208	137	161	180
Francisco J. Mujica	262	185	176	98	129	139

Francisco Villa	104	108	111	109	106	95
Gabino Vázquez	27	29	27	20	52	
Guadalupe Victoria	320	317	398	402	415	460
Gustavo Díaz Ordaz	20	59	75	0	52	117
Huatusco	482	247	532	432	435	460
Isidro Fabela	23	37	79	49	83	78
Iturbide	109	112	100	123	102	118
Jesús Martínez Ross	116	115	127	121	140	115
Kuchumatán	2,433	1,505	879	913	1,019	1154
La Buena Fe	234	260	266	232	237	214
La Ceiba	0	116	159	106	156	162
La Nueva Esperanza	0	0	0	0	59	59
La Pantera	553	681	704	677	865	1013
Limones	65	1,824	1,882	1,961	2,535	2739
Los Divorciados	806	920	961	1,108	1,118	1249
Lázaro Cárdenas (Ceiba)	130	0	485	483	539	421
Lázaro Cárdenas del Río Tercero (SINAI)	182	210	225	204	217	246
Manuel Ávila Camacho	914	856	829	668	716	1107
Margarita Maza de Juárez	328	351	318	221	222	199
Maya Balam	3,590	2,149	1,724	2,029	2,018	2657
Melchor Ocampo	381	305	369	328	382	387

Miguel Alemán	664	703	0	505	688	810
Miguel Hidalgo y Costilla	282	282	317	415	676	862
Monte Olivo	63	57	57	31	46	65
Nuevo Jerusalén	336	387	410	375	433	460
Nuevo Tabasco	139	182	196	121	176	81
Otilio Montaño	202	411	440	289	350	454
Payo Obispo	92	128	92	67	120	156
Pedro Antonio Santos	240	303	388	485	497	596
Punta Pulticub	0	0	0	2	37	334
Reforma	771	885	932	806	992	1213
Río Escondido	339	337	273	253	290	334
Río Verde	626	490	551	425	462	534
Salamanca	0	0	0	0	967	1175
San Fernando	162	178	222	204	245	299
San Isidro la Laguna	0	455	700	765	860	1084
San Román	374	518	529	490	530	580
Tierra Negra	228	217	222	169	212	208
Valentín Gómez Farías	69	63	40	39	77	70
Vallehermoso	588	552	684	453	545	466
Zamora (antes Emiliano Zapata)	464	519	485	400	434	437

Tabla. 3.41.-Dinámica poblacional de las comunidades rurales en el municipio de Bacalar para el periodo de años 1990 a 2020.

Respecto a la tenencia de la tierra, más de 423,600 hectáreas son propiedad Ejidal, siendo un equivalente al 59% de la superficie total del territorio municipal. Esta superficie ejidal está distribuida en 49 Ejidos, con un total de 4,232 Ejidatarios.

No.	Nombre del Ejido	Ejidatario	Superficie ejidal (ha)
1	Altos de Sevilla	102	6,050
2	Blanca flor	151	11,047
3	Buena esperanza	79	4,583
4	Buenavista	147	12,874
5	Caanlumil	42	3,852
6	Canaan	32	1,962
7	Colonia Aarón Merino	78	10,742
8	Dieciocho de marzo	80	10,487
9	David Gustavo Gutiérrez Ruiz	95	29,000
10	Ejido Chaccoben	310	18,624
11	Ejido Andrés Q. ROO	43	5,600
12	Ejido Bacalar	165	52,280
13	Ejido Buena Fe	42	4,250
14	Ejido Gabino Vázquez	20	2,300
15	Ejido Melchor Ocampo	107	7,700
16	Ejido Río Verde	140	28,962
17	Ejido Tierra Negra	42	2,675
18	EL Cafetal-Limones	277	21,686
19	EL Nuevo Progreso	44	28,010
20	Francisco J. Mujica	55	5,750
21	Guadalupe victoria	70	5,600
22	Gustavo Díaz Ordaz	27	1,190
23	Humberto Pat Chan	35	2,300
24	Isidro Fabela	37	6,600
25	Jesús Martínez Ross	31	1,050
26	La Pantera	110	9,996
27	Lázaro Cárdenas (Ceiba)	21	1,140
28	Lázaro Cárdenas del Río Número 3 Sinaí	138	3,600
29	Los Divorciados	185	12,000
30	Manuel Ávila Camacho	242	12,000
31	Margarita Maza	60	6,420
32	Miguel Hidalgo y Costilla	71	5,742
33	Monte olivo	11	15

34	Nuevo Hoctun	21	3,000
35	Nuevo Jerusalén	80	5,920
36	Nuevo Tabasco	60	S/D
37	Otilio Montaño	90	11,000
38	Paraíso	52	5,600
39	Payo Obispo	28	6,290
40	Pedro Antonio de los Santos	52	5,460
41	Reforma	170	12,000
42	Río Escondido	77	8,100
43	Salamanca	30	5,000
44	San Fernando	32	3,251
45	San José de Lirios	9	900
46	San Román	106	6,500
47	Valentín Gómez Farías	39	3,000
48	Vallehermoso	175	11,500
49	Zamora antes Emiliano Zapata	127	S/D

Tabla. 3.42.- Número de Ejidos, Ejidatarios y Superficie en el Territorio de Bacalar.

Fuente: Encuestas en campo y Ordenamientos Comunitarios Territoriales.

Estructura por Edad y Sexo

La estructura de la población por edad y sexo es el resultado de la interacción de tres componentes demográficos: fecundidad, mortalidad y migración. Gráficamente se representa por la pirámide de población, la cual muestra la proporción de mujeres y de hombres en cada grupo de edad . De acuerdo a los datos estadísticos de INEGI, 2020 , la mayoría de la población del Municipio de Bacalar se ubica en la categoría de 10 a14 años de edad; así mismo, el segundo grupo con mayor población se encuentra entre los 0 a 4 años de edad; el tercer grupo de población se encuentra entre los 05 a 9 años de edad y por último, donde menos población se ubica, pero llega a ser significativo, es entre 5 y 8 años y más.

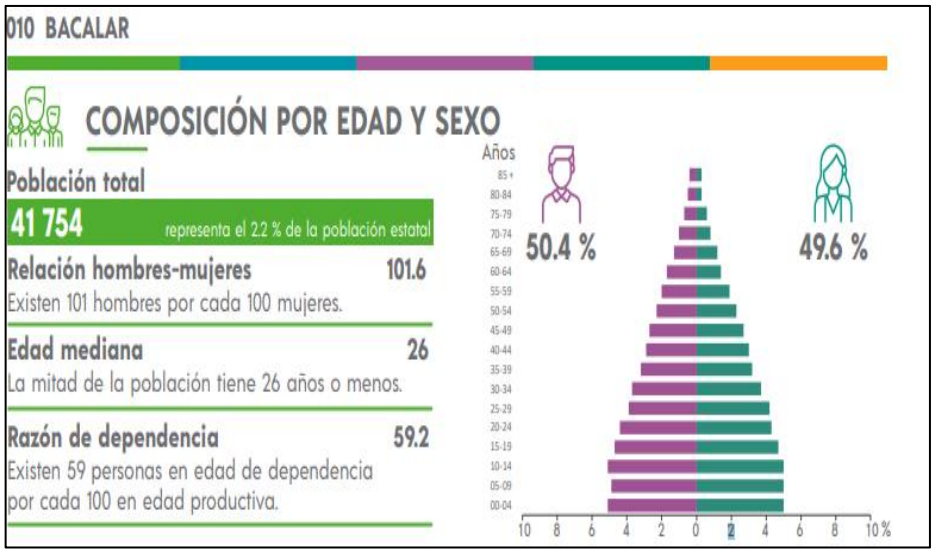


Figura.3.39- Distribución Poblacional por Sexo y Edad para el Municipio de Bacalar, 2020.

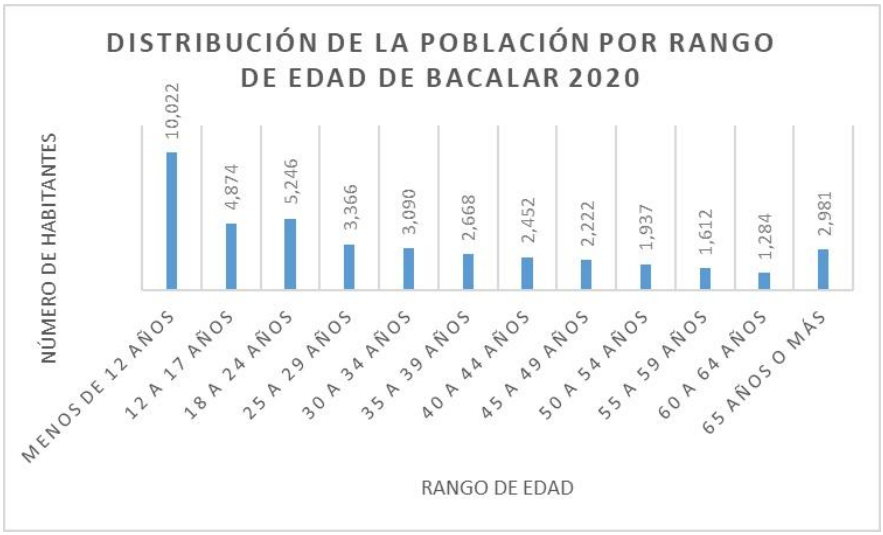


Figura. 3.40.- Número de habitantes y distribución poblacional por sexo y edad para el Municipio de Bacalar, 2020
Fuente: Elaboración propia con datos del II Censo de Población y Vivienda, INEGI 2020.

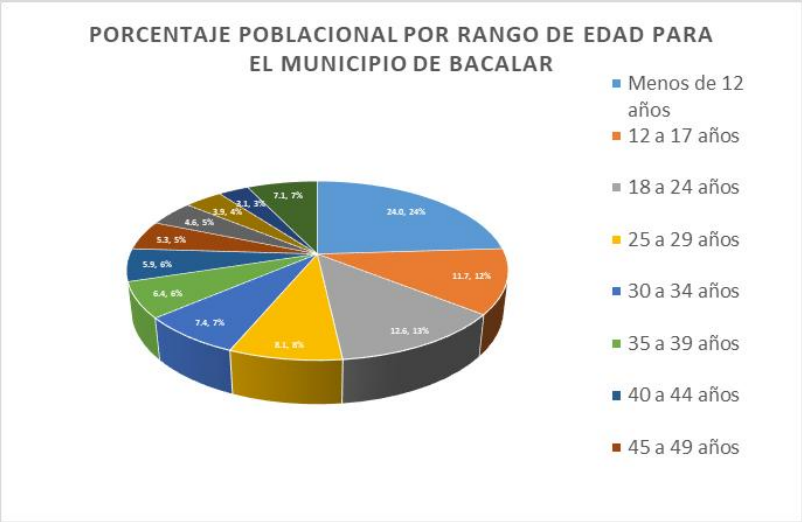


Figura. 3.41.- Distribución de la Población por Rango de Edad para el Municipio de Bacalar 2020.

Educación

Uno de los indicadores más importantes del grado de desarrollo socioeconómico del país se basa en el nivel educativo de su población, teniendo en cuenta que la educación es un factor básico para fomentar la incorporación completa de las personas a la vida económica, política y social tanto de sus comunidades como de sus municipios. El grado promedio de escolaridad permite conocer el nivel de educación de una población determinada. De acuerdo a las estimaciones del INEGI para el 2020, el grado promedio de escolaridad para las localidades objeto de estudio en el municipio de Bacalar, es de 5.69, lo que significa que la mayoría de la población dejó inconclusa su educación primaria. Un dato interesante, es que los hombres alcanzan un grado promedio de escolaridad más alto que las mujeres, ya

que su promedio de escolaridad es de 5.8 y el de las mujeres es de 5.5. Aunque la diferencia no es considerable, se deduce de estos datos, que las mujeres se encuentran un poco rezagadas en su educación respecto a los hombres. Las localidades que presentaron menores grados de escolaridad fueron: Aarón Merino [Colonia] con 3.57, Gustavo Díaz Ordaz con 3.82, Punta Pulticub con 4.42, Caan Lumil con 4.63, San Isidro La Laguna con 4.67, Kuchumatán con 4.68, entre otras. Mientras que las localidades en donde la población logra alcanzar un mayor grado de

escolaridad son: Bacalar con 8.63, Chula Vista con 8.21, Chacchoben con 6.66, Zamora con 6.65, Vallehermoso con 6.62, El Paraíso con 6.48, Buena esperanza con 6.42, entre otras.

En la siguiente figura se representa el grado promedio de escolaridad a nivel municipal:

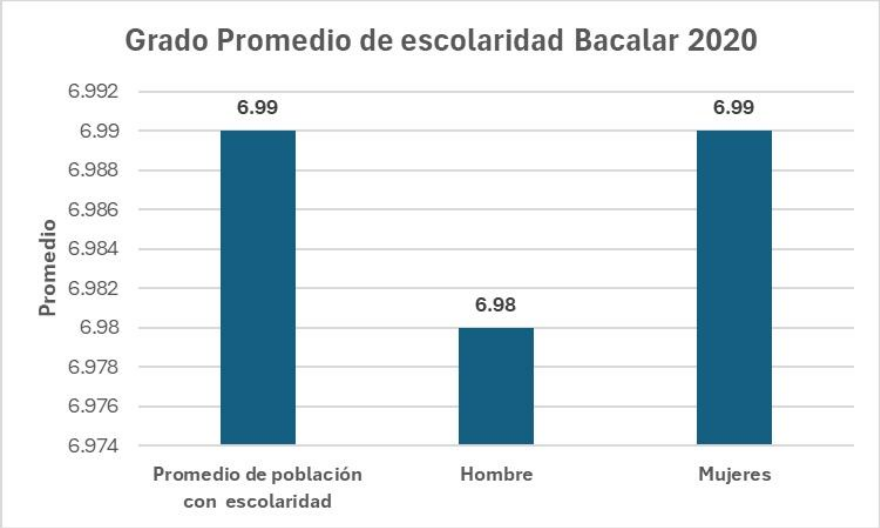


Figura . 3.42.- Grado Promedio de Escolaridad en Bacalar, 2020.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del II Censo de Población y Vivienda, INEGI 2020.

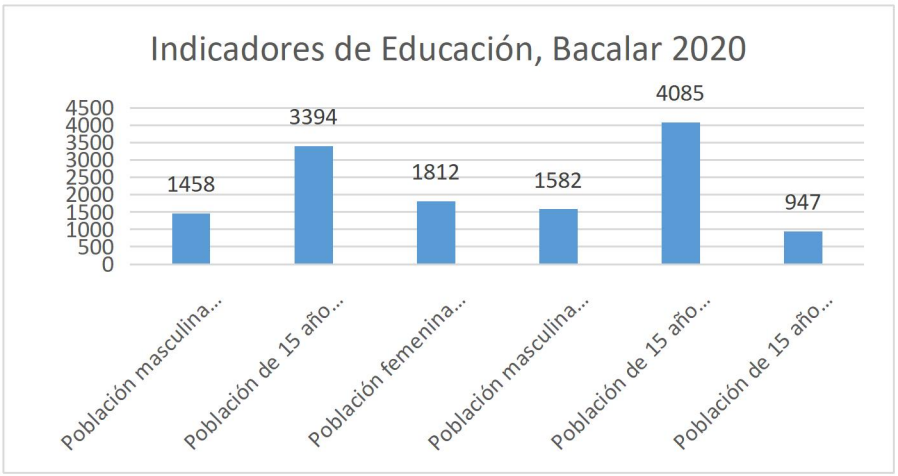


Figura. 3.43.- Indicadores de Educación, Bacalar, 2020.

Fuente: Elaboración propia con datos del II Censo de Población y Vivienda, INEGI 2020.

En lo que respecta a las localidades encuestados para el presente estudio, se conoce que en 67 de las 68 localidades, cuenta con educación primarias 98%, 66 localidades cuentan con educación secundaria, es decir que el 97% de las localidades, y finalmente, 65 localidades cuentan con habitantes que tienen otros niveles de educación como son Bachillerato y universidad (95%).

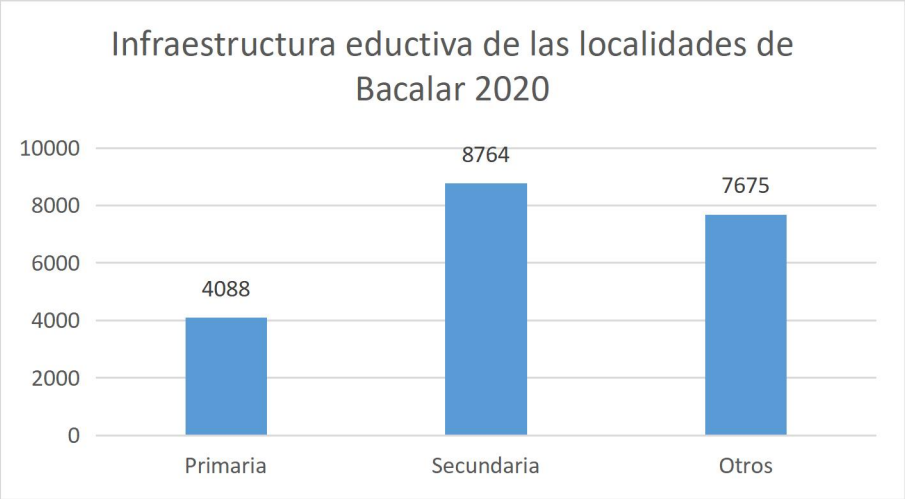


Figura. 3.44.-Infraestructura Educativa de las localidades de Bacalar.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI 2020.

Salud

De acuerdo con la conformación actual del Sistema Nacional de Salud existen tres esquemas básicos a través de los cuales la población puede acceder a la atención a la salud; dos de ellos proporcionados por el sector público (servicios a población abierta en forma de asistencia social y los servicios institucionales financiados en forma tripartita por los seguros sociales a la población derechohabiente), y un tercer esquema referente a los servicios otorgados por las unidades médicas del sector privado, cuya población puede encontrarse en cualquiera de las dos categorías anteriores.

Según los datos del Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020, para el municipio de Bacalar, el porcentaje de población sin derechohabiencia a servicios de salud en las localidades para el presente estudio, es de 19.37%, se percibe como un porcentaje

bajo, lo que quiere decir que la mayoría de población de Bacalar está afiliada a algún sistema de salud, sin embargo, existen 2 localidades donde la cobertura a salud es muy baja: Chulavista el 87% de la población no cuenta con derechohabiencia y la localidad de Cuatro Banderas con 54%, carece de este servicio.

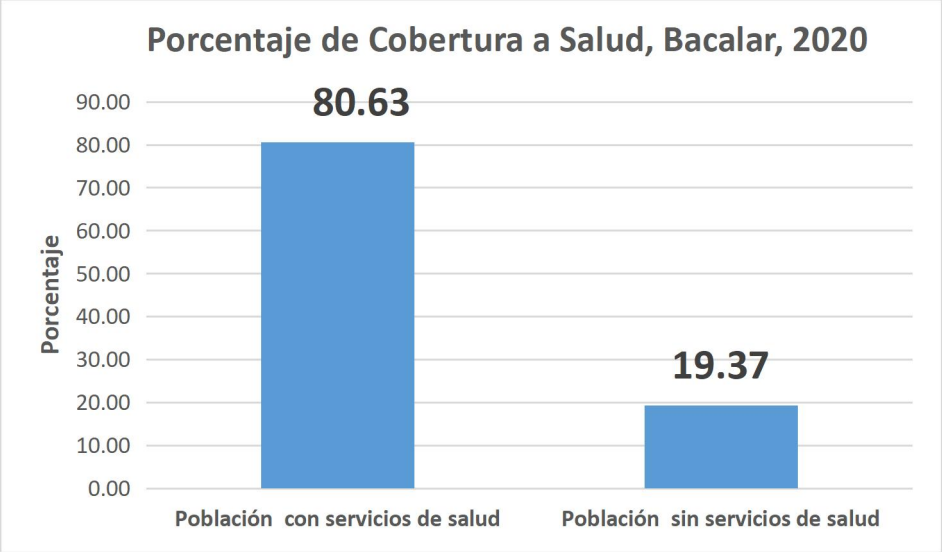


Figura. 3.445.- Porcentaje de Cobertura de Salud, Bacalar, 2020.
Fuente: Elaboración propia con datos del II Censo de Población y Vivienda, INEGI 2020.

Discapacidad

Es importante mencionar, que según el INEGI para las localidades del municipio de Bacalar se conoce que el 4.96% de la población presenta alguna discapacidad. En el siguiente gráfico se muestran datos relevantes respecto a este tema:

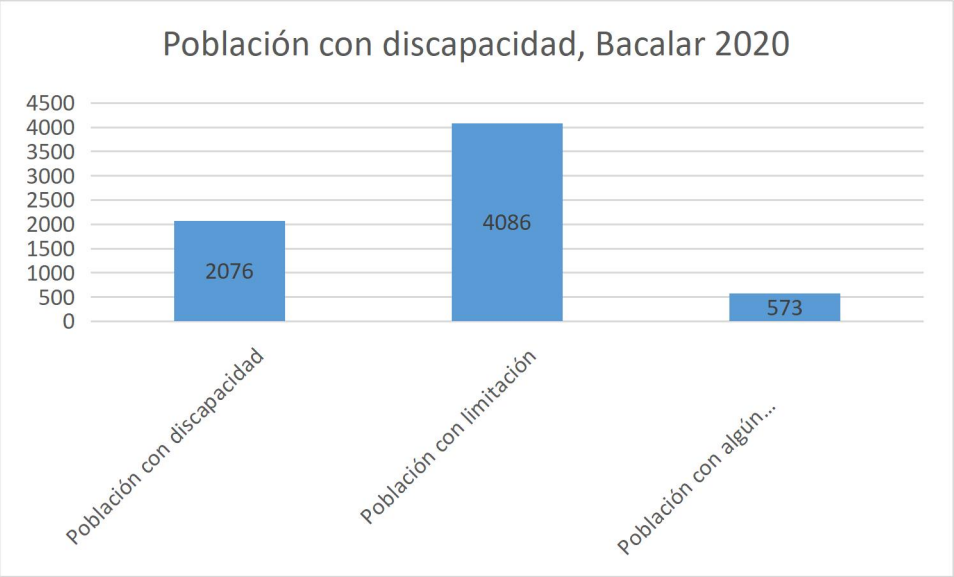


Figura. 3.46.- Población con Discapacidad en el Municipio de Bacalar, 2020.
Fuente: Elaboración propia con datos del II Censo de Población y Vivienda, INEGI 2020.

Proyección de la población

Las proyecciones de población, por su propia naturaleza, constituyen un ejercicio analítico sobre cómo podría ser, si ocurriesen una serie de condiciones específicas (posibles, probables o deseables), el futuro de una población determinada. En este contexto, la prospectiva contribuye una anticipación de acción futura en las poblaciones que permite tomar decisiones, evaluar costos y consecuencias sobre las acciones presentes (CONAPO, 1999).

No hay duda de que la información prospectiva de carácter demográfico es un instrumento privilegiado que permite prever o anticipar los escenarios de necesidades y demandas sociales; así mismo, es una referencia fundamental de todas las acciones y programas de gobierno y que constituye un insumo indispensable para la formulación de las políticas de

desarrollo económico y social (CONAPO, 1999). Por otra parte, la prospección es también una parte fundamental de proyectos y programas de provisión de servicios e inversión, tanto referente a cuestiones sociales como económicas y productivas.

La proyección de la población del Municipio de Bacalar se empleó la metodología de INEGI para la Estimación de Poblaciones, la cual analiza la evolución de una serie de datos determinando una tasa de crecimiento respecto de la población base o inicial y la final, considerando que las poblaciones analizadas presentan un crecimiento lineal. Con base en lo anterior, el resultado refleja una tendencia positiva el crecimiento poblacional respecto a los años censados tanto en los conteos como en los censos poblacionales (tabla 3.43). Por la cantidad de localidades que constituyen el municipio, se analizó por separado la proyección poblacional de la Ciudad de Bacalar (figura 3.43) y se eligieron las cuatro localidades rurales con mayor población, más de 900 habitantes (figura); ambos casos a partir del año base 1990 al año 2050.

Año	Estado	Municipio	Cd. Bacalar	Maya Balam	Limones	Divorciados	Kuchumatan
1995	703536	30389	8787	2149	1824	920	1505
2000	874963	30579	9239	1724	1882	961	879
2005	1135309	30649	9833	2029	1961	1108	913
2010	135578	36177	11048	2018	2535	1118	1019
2020	1857985	41754	12527	2657	2739	1249	115
2030	2130926	44563	13647	2470	3273	1337	-346
2040	2403868	47372	14768	2283	3808	1426	-812
2050	2676809	50181	15889	2097	4343	1514	-1275

Tabla. 3.43.- Proyección Poblacional Comparativo entre el Municipio de Bacalar, sus Principales Localidades y el Total del Estado de Quintana Roo para el Año 2035.
Fuente: Elaboración propia con datos de Conteos y Censo de Población, INEGI: 1990, 1995, 2000, 2005 , 2010 y 2020.

3.3 Evaluación de la vulnerabilidad

Inundaciones

Se considera inundación al flujo o invasión de agua, por exceso (desbordamiento) de escurrimientos superficiales o por su acumulación en terrenos planos, ocasionada por la falta o insuficiencia de drenaje tanto natural como artificial. En general, la magnitud de una inundación provocada por procesos de origen hidrometeorológico, depende de la intensidad de las lluvias, de su distribución en el espacio y tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, de las características del suelo y del drenaje natural o artificial de las cuencas.

Utilizando modelos digitales del terreno, la red hidrológica, el modelo de elevación, edafología y vegetación se definieron las zonas inundables del municipio. Cubren el 10% de la superficie del municipio sin embargo se encuentran en zonas poco o no habitadas.

Como puede observarse en la siguiente figura las zonas inundables se encuentran en los extremos Este (Zona de humedales y pantanos), Oeste y Sur del municipio



Figura. 3.47.- Mapa de Zonas Inundables.

Sismos

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas, para realizar esta división se utilizaron los catálogos de sismos de la República Mexicana desde inicios de siglo, grandes sismos que aparecen en los registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en este siglo.

Estas zonas son un reflejo de que tan frecuentes son los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo. La zona A, en la cual se encuentra el municipio de Bacalar, es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.

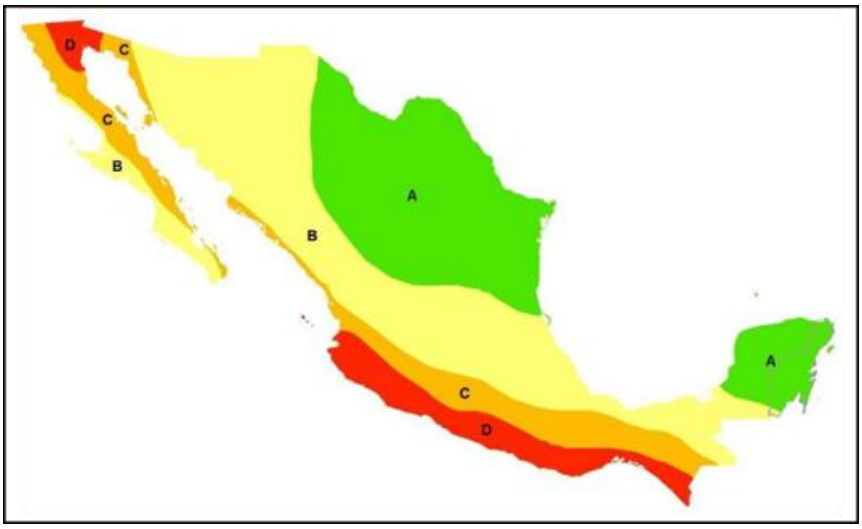


Figura. 3.48.- Zonas Sísmicas de México.

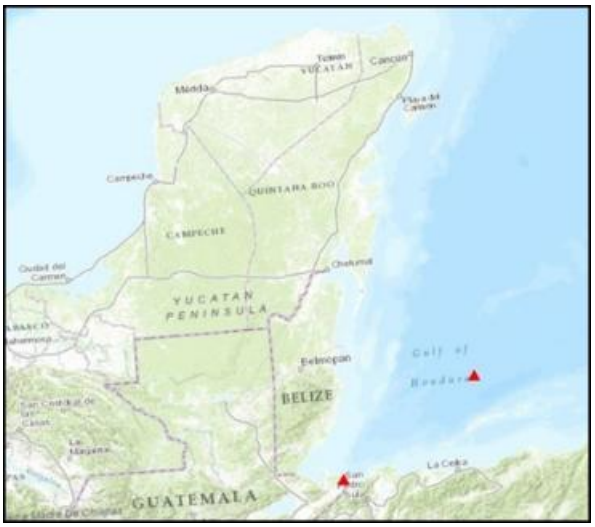


Figura.3.49.- Sismos Cercanos a Bacalar de 2010 a 2012.

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Prof. (km)	Magnitud	Cercanía
10/12/2011	08:08:04	16.98	-86.46	5	5	258 Km al Sureste de Chetumal
11/05/2012	01:14:57	15.8	-88.32	10	4.4	299 Km al Sur de Chetumal

Tabla. 3.50.- Eventos Sísmicos Cercanos a Bacalar.

Identificación de Zonas Potenciales de Riesgo por Efecto del Cambio Climático.

El Calentamiento Global es un hecho contundente que en la actualidad se ha presentado a través de diferentes señales. La más fuerte es la manifestación del cambio ambiental global. De acuerdo con numerosos estudios realizados, una de las causas principales del calentamiento global es el aumento desmedido de los gases de efecto invernadero (GEI), principalmente, el dióxido de carbono y el metano.

Una de las formas de entender las señales de cambio climático, sus impactos y consecuencias futuras es a través de los estudios regionales planteados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que ha generado metodologías y herramientas. Estos métodos simulan interacciones entre la atmósfera, la tierra y el océano (modelos de circulación general de la Atmósfera acoplados al Océano), con las actividades humanas, sobre todo en las emisiones de gases de efecto de invernadero.

El Atlas Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán presenta los valores de clima, temperatura y precipitación para cuatro modelos de cambio climático (el modelo HADCM3 desarrollado por el laboratorio Hadley Centre, en Inglaterra, Reino Unido; el modelo CGCM2 o Canadian Global Coupled Model elaborado Canadá; el modelo GFDL-R30 desarrollado en Estados Unidos de América; el modelo ECHAM4 desarrollado por el laboratorio EXMWF, en Hamburgo Alemania). El escenario será del año 2020.

Escenarios de Cambio Climático

En 1992 se firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. La organización U.S. Support for Country Studies to Address Climate Change financió en México una serie de investigaciones sobre cambio climático, que se denominaron coloquialmente como el “Estudio de País”. Éste se inició en 1994, a través de varios talleres de trabajo y el apoyo económico para la realización de

estudios en diferentes campos. Los resultados del estudio quedaron concretados en el libro México: Una Visión hacia el Siglo XXI, el Cambio Climático en México.

De acuerdo con el IPCC hay abundante evidencia para afirmar que, con las actuales políticas de mitigación del cambio climático y con las prácticas de desarrollo sostenible que aquellas conllevan, las emisiones mundiales de GEI seguirán aumentando en los próximos decenios.

Los modelos de clima, especialmente los modelos de circulación general de la atmósfera (MCG), proveen la mayor fuente de información para construir los escenarios de cambio climático. Son la herramienta más creíble para simular la respuesta del sistema climático global, frente al incremento de concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI), están basados en representaciones matemáticas de la atmósfera, del océano, de las capas de hielo y de los procesos en la superficie de la tierra; se fundamentan en las leyes de la física y sus relaciones empíricas.

Los escenarios de cambio climático son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro. Constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. No son predicciones ni pronósticos. Debido a que indudablemente hay incertidumbres asociadas a las proyecciones futuras del clima, se hace indispensable utilizar varios modelos que reflejen un rango posible de cambio climático ante las variaciones de las emisiones de GEI por actividades humanas.

El IPCC elaboró un Informe Especial de Escenarios de Emisiones (IE-EE), donde definieron cuatro líneas evolutivas para describir el desarrollo social, económico, tecnológico, ambiental y político. Este informe reconoce que el modelo de desarrollo que adopten los países afectará las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las cuatro líneas evolutivas proporcionan, a su vez, cuatro conjuntos de escenarios denominados familias: A2, B1 y B2 y la familia A1 que incluye los grupos A1FI, A1T y A1B; de éstas últimas, seleccionamos al A1FI, que se refiere a emisiones intensas.

A continuación, se presenta un resumen de los escenarios y familias:

ECHAM4 f	CGCM2	GFDL-R30	HADCM3
Fue desarrollado por el laboratorio EXMWF,en Alemania. En su diseñose consideraron19 capas atmosféricas y 11 capasoceánicas. Tieneuna resoluciónde 2.8125° x 2.8125 delatitudy longitud.	Canadian Global Coupled Model fue elaborado Canadá; en su desarrollo se consideraron 10 capas verticales de la atmósfera y 29 capas en el océano. Tiene una resolución de 3.75° x 3.75° de latitud y longitud.	Fue desarrollado en Estados Unidos de América. En su desarrollose consideraron 10 capas verticales de la atmósfera y 29 capas el océano. Tiene una resolución de 2.24° de latitud x 3.75° de longitud.	Fue desarrollado por el laboratorio Hadley Centre,en Inglaterra, Reino Unido. En su desarrollose consideraron 19 capas de la atmósfera y 19 capas en el océano. Tiene una resolución de 2.5° x 3.75° de latitud y longitud.

Tabla. 3.44.- Modelos Climáticos.

En el año 2011 el Instituto Nacional de Ecología (INE), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) llevaron a cabo, bajo la coordinación de Víctor Magaña, el estudio Medidas de Adaptación al Cambio Climático en Humedales del Golfo de México, el cual incluye la generación de modelos de cambio climático para la península de Yucatán incluyendo el área de nuestro interés que es el municipio de Bacalar.

Según este estudio una opción para la generación de escenarios consiste en usar directamente salidas de modelos dinámicos de clima regional. El modelo de clima regional del Meteorological Research Institute (MRI) de Japón, que forma parte del Simulador de la Tierra, permite obtener proyecciones de los cambios esperados en temperatura y precipitación con gran detalle espacial a una resolución de 22x22 Km, bajo el escenario A1B y esto se muestra en la siguiente figura:

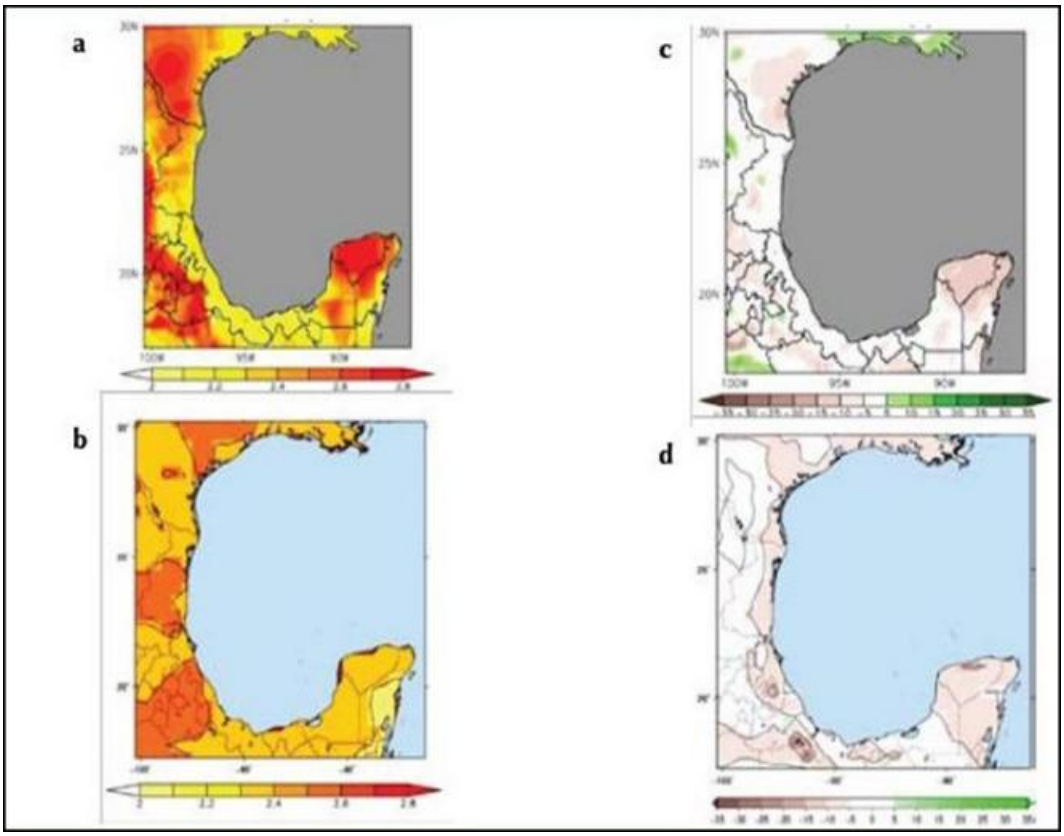


Figura. 3.51.- Proyecciones de cambio en temperatura media anual (°C) (a y b) y precipitación (mm/día)(c y d) para 2080-2099 bajo el escenario de emisiones A1B a partir del modelo de clima regional japonés (superior) y de la mediana del ensamble regionalizada por CPT (inferior).

Según lo anterior el ensamble y el modelo de clima regional indican cambios en la temperatura y precipitación en la zona costera del Golfo de México y península de Yucatán con magnitudes similares bajo el escenario A1B, siendo en la península de Yucatán, así como en Tamaulipas, donde los incrementos esperados en temperatura y los decrementos en precipitación son marcados. Sin embargo aclaran que aún y cuando los escenarios generados por el modelo dinámico de clima regional permiten simular detalles espaciales del clima actual en la mayor parte de México, existen elementos de importancia en la zona de Yucatán y el Golfo de México que no son capturados. Por ejemplo, los huracanes y su contribución a la lluvia no son adecuadamente simulados por el modelo japonés por lo que la contribución de estos sistemas al clima bajo cambio climático forma parte de la incertidumbre.

Según lo mostrado en la figura anterior podemos ver que en el área del municipo de Bacalar se prevee un incremento en la temperatura, para el año 2080 a 2089, que va de entre 2 a 2.2 °C. Por otra parte en cuanto a precipitación, se esperan disminuciones de alrededor del 15%.

Este mismo estudio señala que los escenarios de cambio climático deben incluir proyecciones sobre valores extremos. Tanto la regionalización estadística como las proyecciones del modelo de clima regional permiten obtener estimaciones de cambio en ondas de calor o en precipitaciones extremas, que son las que generarán impactos importantes. Por ejemplo, el modelo de clima regional japonés indica un incremento en la duración de las ondas de calor e intensidad de las lluvias extremas sobre algunas partes de la península de Yucatán. Las proyecciones obtenidas con la combinación CPT y LARS-WG dan resultados de magnitud y dirección de cambio comparable cuando se usa el escenario A1B.

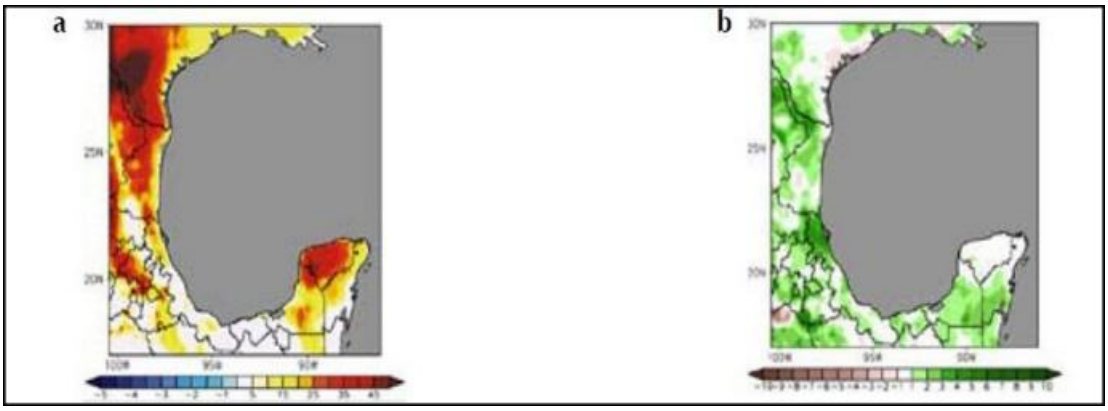


Figura. 3.52.- Incrementos proyectados en la magnitud y duración de las ondas de calor (a) y lluvias extremas (b) por el modelo Simulador de la Tierra de Japón hacia finales del siglo XXI bajo el escenario de emisiones A1B.

Como puede verse en la figura anterior, ante esto se esperaría que en el municipio de Bacalar se incremente la magnitud y duración de las ondas de calor y las lluvias extremas.

Este mismo estudio incluye o estima algunos impactos, específicamente en cuanto a huracanes, lluvias extremas, marea de tormenta y aumento en el nivel del mar, para el área de Punta Allen en Quinta Roo, la cual está muy cercana al Municipio de Bacalar, por

lo cual es factible utilizar, al menos como referencia, esta información a fin de poder visualizar los riesgos ante un escenario de cambio climático.

En cuanto a huracanes se señala: “Las proyecciones de huracanes indican que una mayor proporción de estos alcanzará categorías 3, 4 y 5. Mas sin embargo es poco claro cuál será la trayectoria dominante de estos sistemas. Lo anterior, permite estimar que los daños en los socioecosistemas involucrados, serán altos”.

Por otra parte en cuanto a lluvias extremas señala lo siguiente: “En Punta Allen se proyecta una tendencia de precipitaciones más intensas y frecuentes. La región también estará expuesta a un ciclo hidrológico más intenso con episodios secos más prolongados. Esta condición puede llevar a una mayor pérdida de humedad entre episodios de lluvia, basados en que se tendrán temperaturas más elevadas. Actualmente, estas condiciones generan estrés hídrico en la vegetación y dado el continuo uso de fuego en la agricultura en las zonas aledañas a la reserva de la biosfera, se producen incendios forestales”.

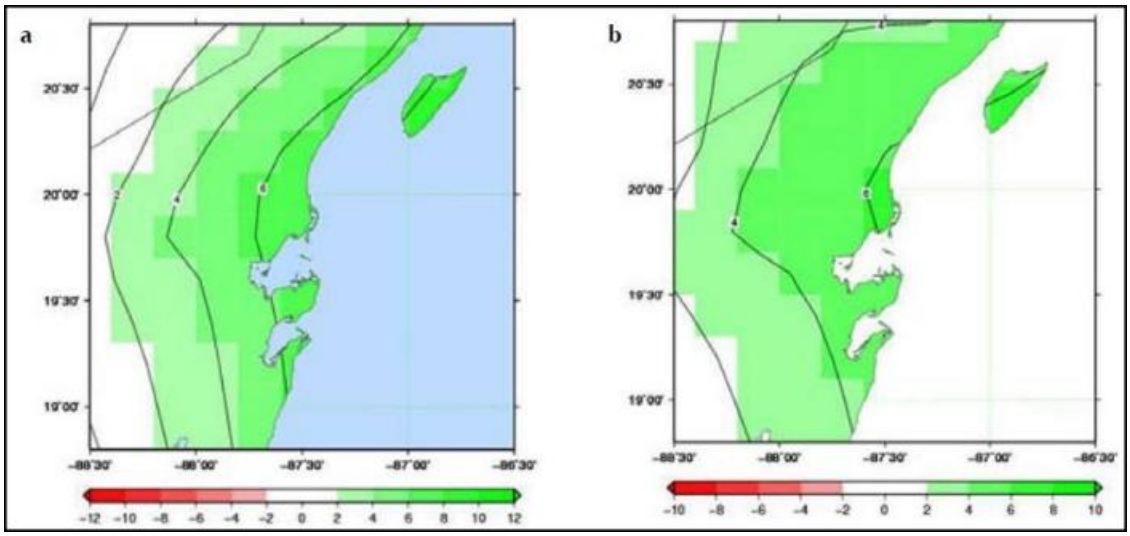


Figura.- 3.53.- Cambios en la magnitud (mm/día)(a) y frecuencia (número de días) (b) de eventos de precipitación extrema en la zona de Punta Allen bajo escenarios de cambio climático (A2) hacia finales del siglo XXI.

Finalmente, en cuanto a mareas de tormenta y aumento del nivel del mar, este estudio reporta lo siguiente: “En Punta Allen, los efectos más importantes se presentan en la modificación de la línea de costa, incrementando la diversidad en su estructura y función en las zonas afectadas por la caída de árboles y arbustos; es decir, los huracanes afectan las costas sin el efecto protector del manglar y alteran los ciclos de sedimentación naturales. Las inundaciones y precipitaciones extremas aumentarán las superficies inundadas, incrementando el tiempo de residencia del agua (hidroperiodo) que a su vez modificará los patrones de distribución de la vegetación”.

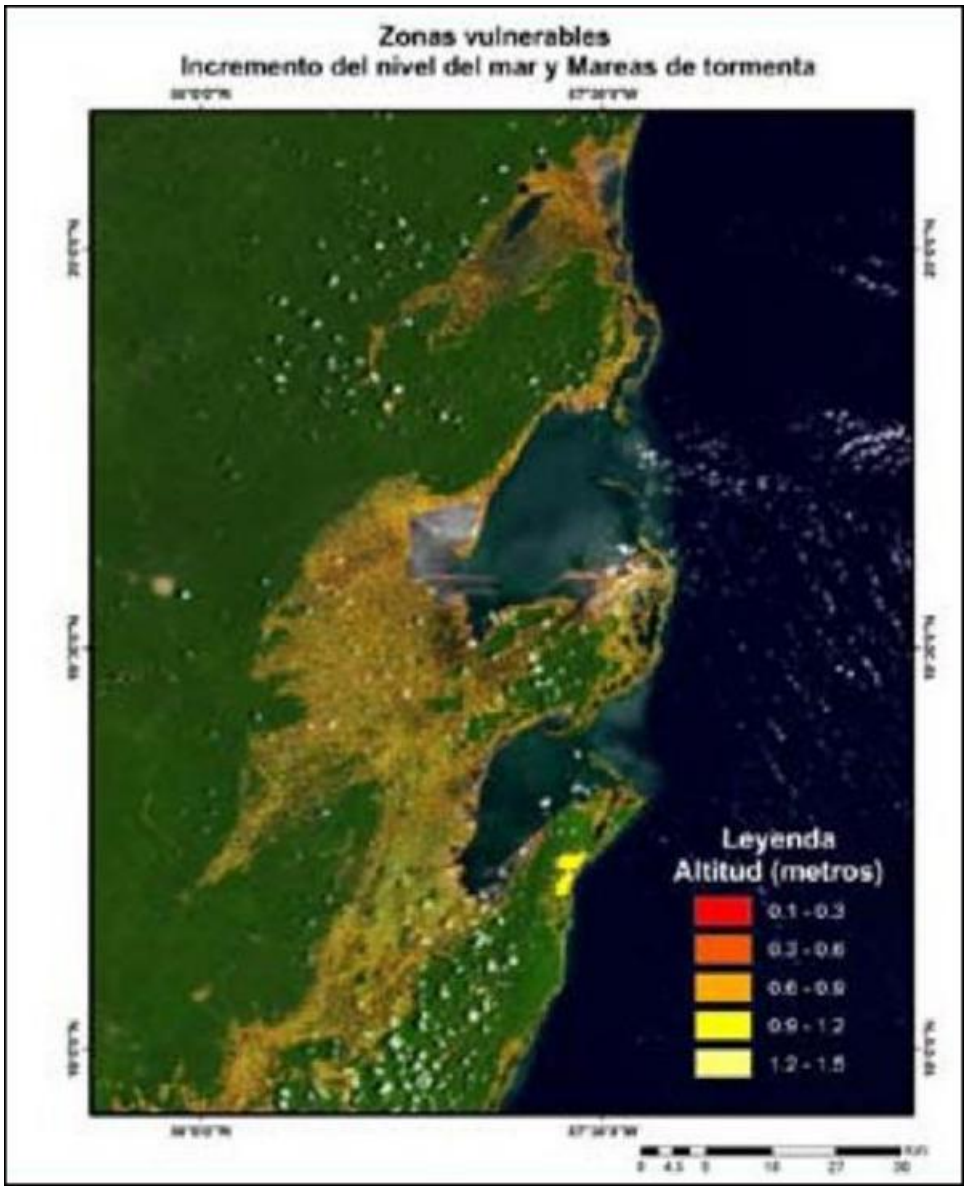


Figura. 3.54.- Escenario a futuro de áreas inundadas en Punta Allen (zona en café) debido a marea de tormenta, considerando un aumento del nivel de mar de 30 cm en promedio.

3.4 Elaboración de mapas de Vulnerabilidad

Riesgo por Fenómenos Hidrometeorologicos

La determinación de las áreas con peligros hidrometeorológicos, se realizó utilizando la base de datos de trayectorias de huracanes de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica del Gobierno de los Estados Unidos (NOAA por sus siglas en inglés) que contiene, además de las características propias de este tipo de fenómenos hidrometeorológicos (presión atmosférica, velocidad del viento, categoría y nombre), su ubicación para una fecha y hora determinada. Para la zona se registran un total de 33 eventos en los años de 1866 a 2012. De los cuales, el huracán Dean (Cat. 3), el Carmen (Cat. 4) y el Janet (Cat. 5) son los de mayor intensidad de vientos, entre 203 y 278 Km/h.

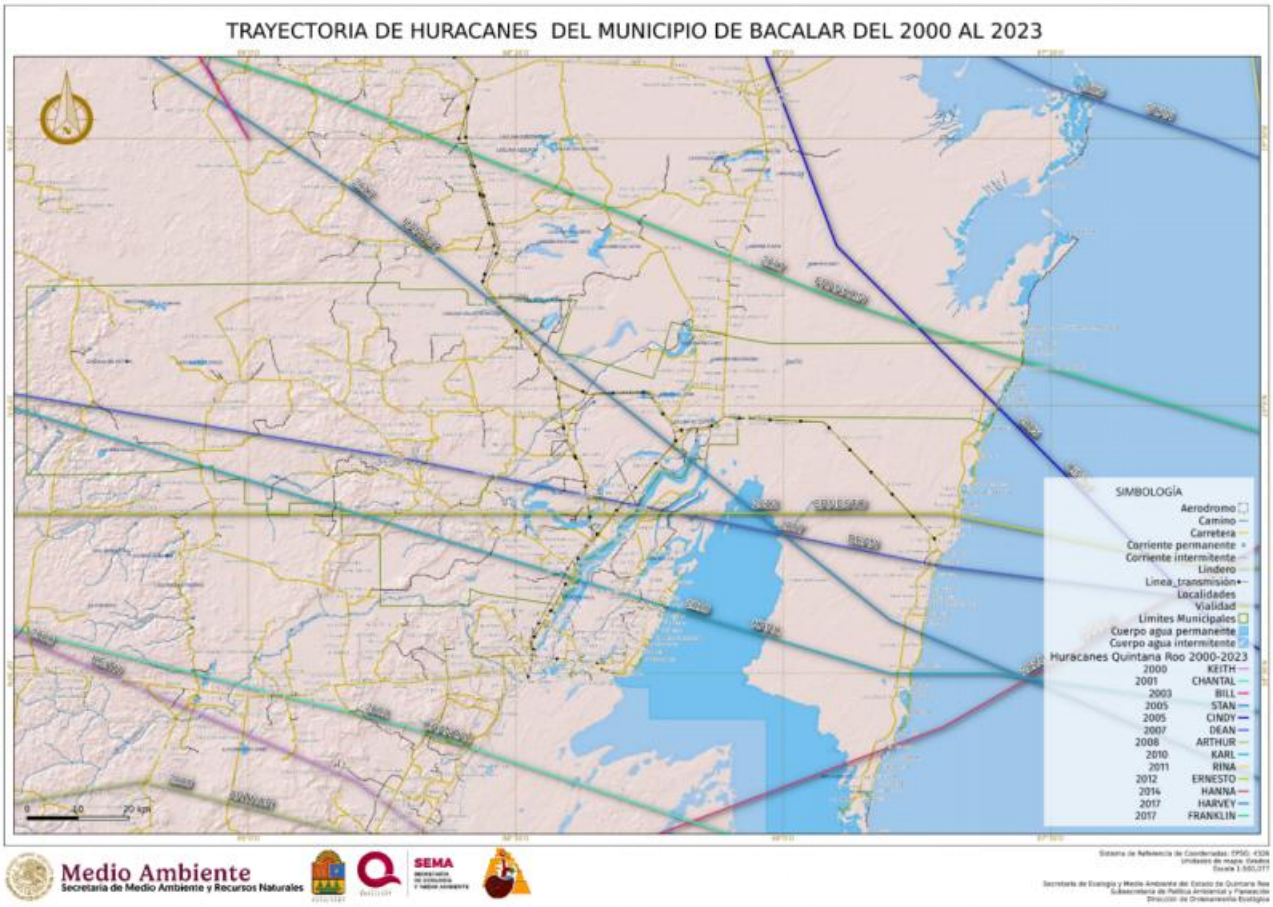


Figura. 3.55.- Trayectoria de Fenómenos Hidrometeorológicos.

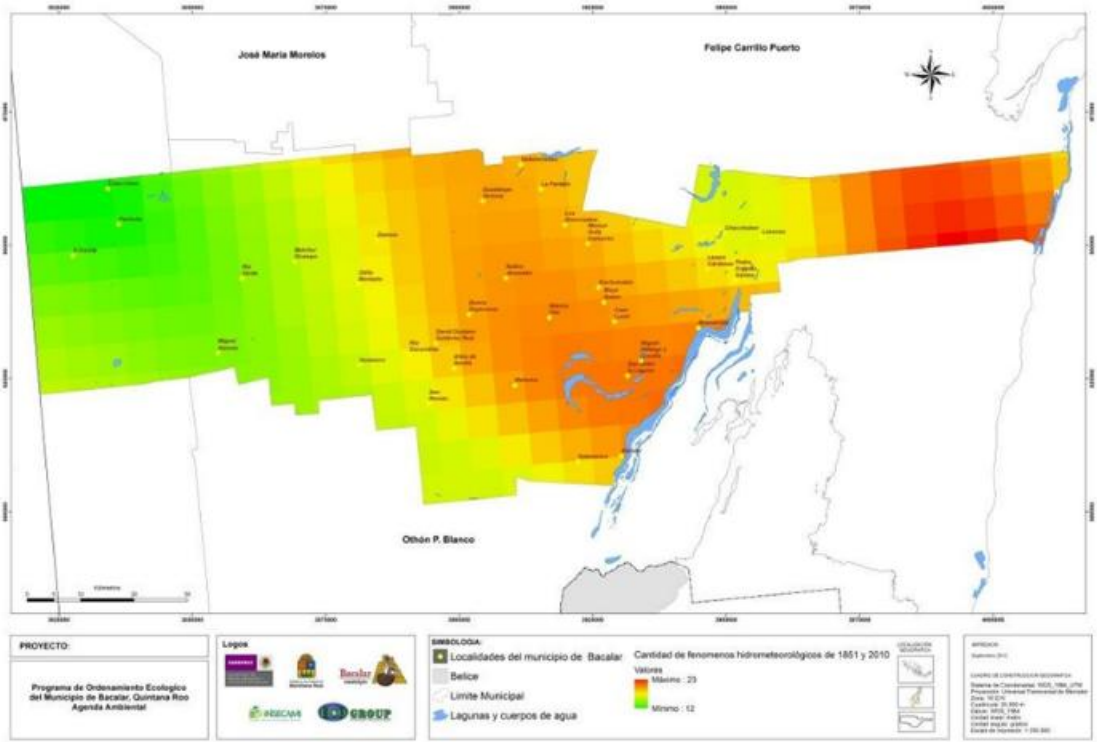


Figura. 3.56.- Número de Fenómenos Meteorológicos por Kilómetro Cuadrado.

Se utilizó el algoritmo de densidad de Kernel, función no paramétrica para estimar la densidad de una variable aleatoria y continua en el espacio. A partir de las trayectorias y los atributos de la base de datos de los fenómenos hidrometeorológicos se generó una superficie de interpolación para la variable de velocidad de los vientos, otra para la variable de presión atmosférica y una última para la variable de cantidad de fenómenos registrados. A continuación se muestran los mapas resultantes de este proceso:

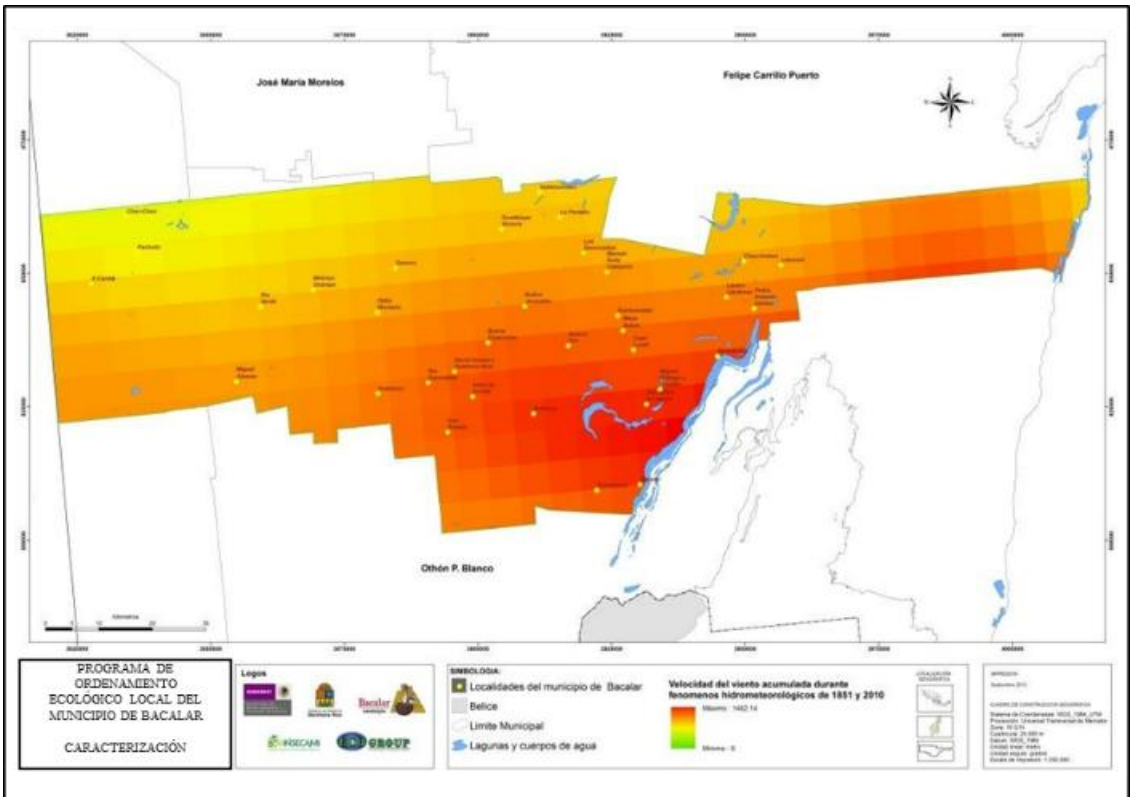


Figura. 3.57.- Velocidad del Viento Acumulada por Fenómenos Hidrometeorológicos entre 1851 y 2010.

De los mapas anteriores pueden observarse los valores más altos de las variables y su ubicación. La parte central del municipio y la cercana a la costa del mismo son zonas de valores máximos para las variables por lo que puede inferirse que ahí estará el riesgo mayor para este tipo de fenómenos.

Las variables anteriores se sobrepusieron y ponderaron generando un solo mapa resumen, que se reclasificó en las cuatro categorías de riesgo (Bajo, Medio, Alto y Muy alto).

Las zonas de mayor riesgo se encuentran localizadas en la parte central y de la costa del municipio: Las localidades de Bacalar, San Isidro Laguna, Miguel Hidalgo y Costilla y Blanca Flor se encuentran dentro de las zonas de Muy alto riesgo. Cabe mencionar que la localidad de Bacalar es la cabecera municipal, cuenta con 1,1048 habitantes de acuerdo al Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010) y por lo tanto concentra muchas actividades e instalaciones vulnerables.

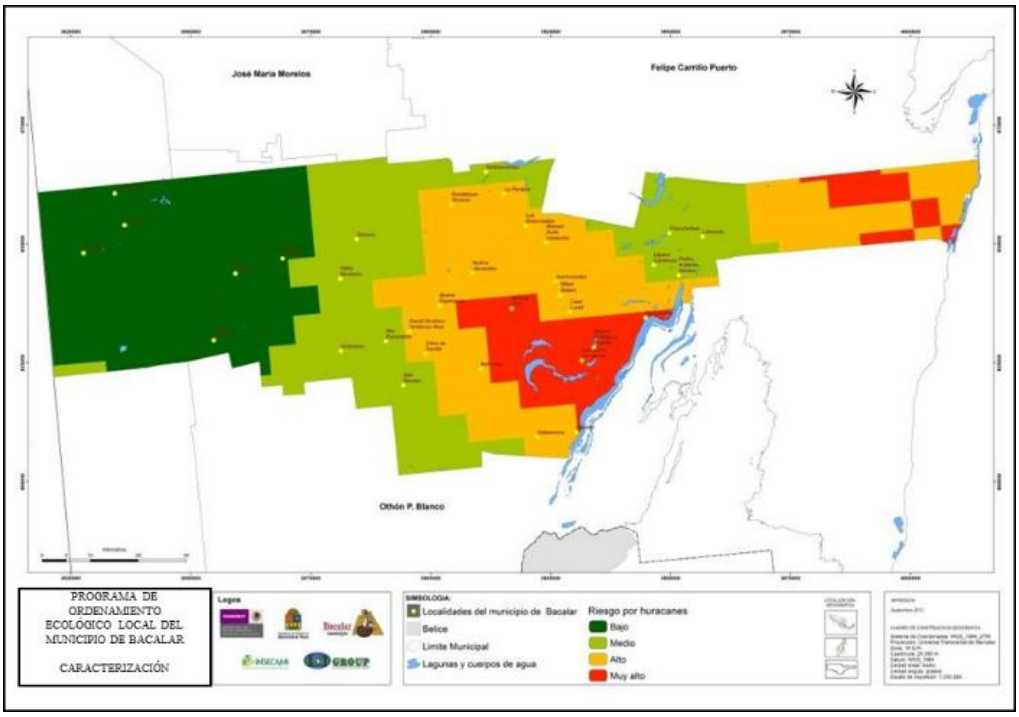


Figura. 3.58.- Riesgo por Huracanes.

Zonas de Riesgo por Derrumbes, Deslizamientos, Inundaciones y Sismos.

Derrumbes y Deslizamientos.



Figura. 3.59. Mapa de Alturas del Terreno.



Figura. 3.60. Mapa de Pendientes del Terreno.

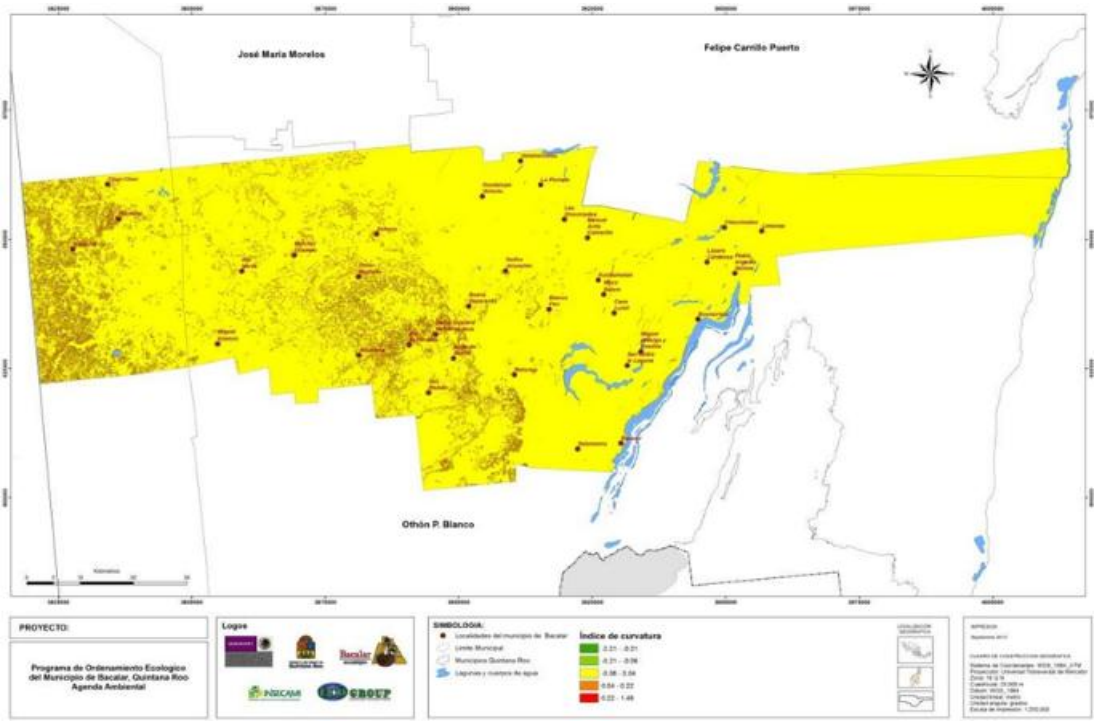


Figura.- 3.61.- Mapa de Índice de Curvatura del Terreno.

4 Aptitud Sectorial y Conflictos Ambientales

4.1 Identificación de Conflictos Ambientales.

Los mapas resultantes del proceso de análisis de aptitud, que se presentan en el capítulo anterior, para cada uno de los sectores identificados en el área a ordenar, se deben interpretar como una herramienta auxiliar para el diseño de las estrategias y políticas de manejo del territorio. Cada uno de los mapas muestra el posible éxito para la consecución de políticas sectoriales si estas se instrumentaran de manera individual. Sin embargo, el mismo territorio es explotado por diferentes actores en un esquema de uso múltiple del suelo por lo que el éxito de una política individual no está necesariamente asegurado por los posibles conflictos, que por el uso del suelo y/o los recursos naturales, se originen en el presente o en el futuro inmediato.

En otras palabras, el conflicto es entendido cuando se pueden encontrar, en una misma área, funciones de uso del suelo que pueden ser compatibles o complementarias entre sí o, en caso extremo, usos competitivos o antagónicos.

Según el Artículo 3 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, un Conflicto Ambiental, en materia de OE, es la concurrencia de actividades incompatibles en un área determinada.

En lo referente a la compatibilidad entre sectores, existen sectores complementarios, como son los asentamientos humanos-industrial-turismo, actividades pecuarias-agricultura, forestal, por mencionar algunas; y sectores competitivos o antagónicos tales como actividades de conservación que son incompatibles, por ejemplo, con las actividades agrícolas y urbanas.

Metodología para la Determinación de Conflictos.

La identificación de los conflictos ambientales se realizó mediante la combinación de los mapas de aptitud territorial de cada sector presente en el municipio, resultando un mapa que refleja los tipos e intensidad de los conflictos en el municipio. Este mapa fue generado considerando las compatibilidades entre los sectores,

El resultado de la evaluación de compatibilidad entre los sectores se muestra a continuación:

Definición de la Interacción Entre los Sectores.

El análisis de compatibilidad entre los sectores (ver documento de agenda ambiental) se hizo mediante una matriz de compatibilidad sectorial, los resultados fueron analizados y resumidos y se presentan en la siguiente tabla:

SECTOR	SECTORES COMPATIBLES	SECTORES INCOMPATIBLES	SECTORES PARCIALMENTE COMPATIBLE
Agrícola	Pecuario y Apícola	Conservación Urbano y Forestal	Turismo y Acuícola
Pecuario	Agrícola y Apícola	Conservación, Urbano	Turismo, Forestal y Acuícola
Turismo	Urbano, Apícola y Acuícola	Pecuario	Agrícola, Conservación y Forestal
Urbano	Turismo	Conservación, Forestal, Pecuario, Agrícola, Apícola y Acuícola	
Conservación	Apícola	Agrícola, Pecuario, Urbano y Acuícola	Turismo y Forestal
Forestal	Acuícola y Apícola	Urbano	Pecuario, Conservación Turismo y Agrícola
Acuícola	Forestal, Conservación y Apícola	Urbano	Turismo, Pecuario y Agrícola
Apícola	Agrícola, Forestal, Pecuario, Turismo,	Urbano	

SECTOR	SECTORES COMPATIBLES	SECTORES INCOMPATIBLES	SECTORES PARCIALMENTE COMPATIBLE
	Conservación y Acuícola		

Tabla 41 Compatibilidad entre Sectores.

Identificación de Conflictos de Cada Sector.

Considerando lo anterior el proceso de creación del mapa de conflictos se llevó a cabo a partir del contraste o sobre posición de los mapas de aptitud considerando las áreas o polígonos que resultaron con aptitud muy alta y alta para el sector analizado y las áreas de aptitud muy alta para los demás sectores incompatibles o parcialmente compatibles contra los que se comparó. Posteriormente, se analizaron las causas posibles que originan dichos conflictos, tales como uso definido del territorio, disponibilidad y calidad del agua, energía y materiales; aspectos sociales como el desplazamiento de mano de obra, tenencia de la tierra; impactos ambientales acumulables o sinérgicos (polvos, ruidos, olores, etc.), por mencionar algunos.

Para este análisis se reclasificaron los mapas de aptitud para cada sector, en categorías; posteriormente, se realizó la comparación de los mapas utilizando Arc Gis v10, en donde seleccionamos la extensión Geoprocessing, y en esta seleccionamos la herramienta Unión, la cual procesa las características geométricas de cada capa, al terminar el proceso tendremos una base de datos en la cual podemos ver el sector en cuestión y con cual o con cuales está relacionado o en conflicto, donde podemos clasificarlos en grado de conflicto para lo cual agregamos un campo a la base de datos correspondiente.

Así también se definieron los criterios para determinar el grado o nivel de los conflictos definitivos en alto, medio y bajo, lo anterior derivado de la metodología que propone la SEMARNAT para la elaboración de programas de ordenamiento ecológico. Para definir los tipos de conflicto se generaron los siguientes criterios, los cuales corresponden al empalme o sobre posición de 2 o más aptitudes sectoriales en un espacio territorial:

GRADO O NIVEL DE CONFLICTO	CRITERIOS
Bajo	Zonas de conflicto en las que se sobre posicionan 2 aptitudes sectoriales.
Medio	Zonas de conflicto en las que se sobre posicionan 3 APTITUDES sectoriales.
Alto	Zonas de conflicto en las que se sobre posicionan 4 o más aptitudes sectoriales.

Tabla 42 Propuesta para Determinar Grados de Conflicto.

Conflictos del Sector Agrícola.

Como resultado del proceso de sobreposición la aptitud del sector Agrícola con la aptitud de los sectores Conservación, Urbano, Forestal, Turismo y Acuícola, que fueron los que se identificaron como incompatibles y parcialmente compatibles, los sectores acuícola y urbano abarcando estos una superficie de 29,242.818 ha y 99.006 ha respectivamente; este tipo de conflictos se observan principalmente en las inmediaciones a las localidades de los Divorciados, Manuel Ávila Camacho, La Pantera, Margarita Maza de Juárez, Blanca Flor, Reforma, Miguel Hidalgo y Costilla, San Isidro La Laguna, San Román, Salamanca, Maya Balam, Lázaro Cárdenas, Miguel Alemán, Dieciocho de Marzo, San Román, Chacchoben, Limones así como en otras zonas de menor cobertura superficial. Asimismo, del análisis realizado se determinaron también conflictos de tipo medio con los sectores acuícola, forestal, urbano y conservación que abarcan una superficie total de 1,492.195 ha en las cercanías de las localidades de Francisco Villa, Dieciocho de Marzo, Iturbide, La Pantera, Blanca Flor, Los Divorciados, Manuel Ávila Camacho, Lázaro Cárdenas y Bacalar.

GRADO DE CONFLICTO	SECTORES EN CONFLICTO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA) POR GRADO DE CONFLICTO
BAJO	AGR-ACU	19,92	**29,341.869**

GRADO DE CONFLICTO	SECTORES EN CONFLICTO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA) POR GRADO DE CONFLICTO
		8.683	
BAJO	AGR-URB	99.006	
BAJO	AGR-ACU	9,314.180	
MEDIO	AGR-ACU-FOR	808.348	**1,492.195**
MEDIO	AGR-ACU-URB	514.718	
MEDIO	AGR-ACU-CON	58.325	
MEDIO	AGR-ACU-URB	103.442	
MEDIO	AGR-ACU-FOR-URB	7.362	

Tabla 43 Superficie y Porcentaje de Conflictos del Sector Agrícola.

1.1.1.1. Conflicto del Sector Pecuario Extensivo.

Como resultado del proceso de sobre posición del mapa de aptitud del sector Pecuario con los mapas de aptitud de los sectores Conservación, Urbano, Forestal, Turismo y Acuícola, que fueron los que se identificaron como incompatibles y parcialmente compatibles, los sectores turismo, forestal, acuícola y urbano que incluyen una superficie total de 15,975.494 ha, destacando estos en las inmediaciones a las localidades de Laguna Dos Oros, Miguel Alemán, Nuevo Tabasco, Melchor Ocampo, Otilio Montaño, Dieciocho de Marzo, Zamora, Payo Obispo, El Progreso, Margarita Maza de Juárez, San Fernando, Reforma, Blanca Flor, Valle Hermoso, La Pantera, Los Divorciados, Manuel Ávila Camacho, Salamanca, Miguel Hidalgo y Costilla, Lázaro Cárdenas, Chacchoben y Limones así como en otras zonas de menor cobertura superficial. También se determinaron conflictos de tipo medio en las cercanías a la localidad de Bacalar que incluyen una superficie de 131.336, misma que es significativamente menor a los conflictos de tipo bajos identificados con anterioridad. Para este sector no se encontraron conflictos de tipo alto o muy alto.

GRADO DE CONFLICTO	SECTORES EN CONFLICTO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA) POR GRADO DE CONFLICTO
BAJO	PEC-TUR	151.971	15,975.494
BAJO	PEC-FOR	0.590	
BAJO	PEC-ACU	14,440.985	
BAJO	PEC-URB	8.346	
BAJO	PEC-ACU	1,369.936	
BAJO	PEC-URB	3.666	
MEDIA	PEC-FOR-ACU	0.754	131.336
MEDIA	PEC-ACU-URB	107.394	
MEDIA	PEC-ACU-URB	23.188	

Tabla 44 Superficie y Porcentaje de Conflictos del Sector Pecuario.

Conflicto del Sector Turismo.

Como resultado del proceso de sobre posición del mapa de aptitud del sector Turismo con los mapas de aptitud de los sectores Pecuario, Agrícola, Conservación y Forestal, que fueron los que se identificaron como incompatibles o parcialmente compatibles, presenta conflictos de tipo bajo con el sector forestal en una superficie total de 16,195.214 ha, concentrándose estos en un polígono bien definido localizado en la zona sur del municipio de Bacalar así como en una pequeña porción superficial al norte de la localidad de Bacalar, destacando que en ningún otra área del municipio se observan conflictos de la naturaleza analizada.

GRADO DE CONFLICTO	SECTORES EN CONFLICTO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA) POR GRADO DE CONFLICTO
BAJO	TUR-FOR	16,195.214	**16,195.214**

Tabla 45 Superficie y Porcentaje de Conflictos del Sector Turismo.

Conflicto del Sector Urbano.

Como resultado del proceso de sobre posición del mapa de aptitud del sector Urbano con los mapas de aptitud de los sectores Conservación, Forestal, Acuícola, Apícola, Pecuario y Agrícola, que fueron los que se identificaron como incompatibles, los conflictos con este sector son principalmente de tipo bajo con los sectores Acuícola, Forestal, Apícola y Ganadero, abarcando áreas localizadas prioritariamente en las zonas urbanas de las localidades de Río Verde, Otilio Montaño, Vallehermoso, La Pantera, Los Divorciados, Manuel Ávila Camacho, Blanca Flor, Reforma, Maya Balam, Miguel Hidalgo y Costilla, San Isidro la Laguna, Bacalar, Buenavista y Chacchoben; estás zonas de conflicto abarcan una superficie total de 892.723 ha. En menor roporción también se pueden apreciar conflictos de tipo medio en con los sectores acuícola, agrícola, forestal, apícola y pecuario ocupando una superficie total de 148.193 ha al norte de la localidad de Bacalar. Es de resaltar que no se identificaron para este sector conflictos de tipo alto o muy alto.

GRADO DE CONFLICTO	SECTORES EN CONFLICTO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA) POR GRADO DE CONFLICTO
BAJO	URB-ACU	815.837	**892.723**
BAJO	URB-FOR	70.752	
BAJO	URB-API	2.468	
BAJO	URB-GAN	3.666	
MEDIO	URB-ACU-AGR	103.440	**148.193**
MEDIO	URB-ACU-FOR	7.362	

GRADO DE CONFLICTO	SECTORES EN CONFLICTO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA) POR GRADO DE CONFLICTO
MEDIO	URB-ACU-API	2.733	
MEDIO	URB-ACU-GAN	23.186	
MEDIO	URB-FOR-API	8.432	
MEDIO	URB-ACU-AGR-GAN	0.001	
MEDIO	URB-ACU-FOR-API	3.039	

Tabla 46 Superficie y Porcentaje de Conflictos del Sector Urbano.

Conflicto del Sector Conservación.

Como resultado del proceso de sobre posición del mapa de aptitud del sector Conservación con los mapas de aptitud de los sectores Agrícola, Pecuario, Urbano, Acuícola, Forestal y Turismo, que fueron los que se identificaron como incompatibles o parcialmente compatibles, se presentan conflictos de tipo bajo con los sectores agrícola, forestal, turismo y acuícola los cuáles en total abarcan una superficie total de 17,634.959 ha ubicándose estos en las cercanías a las localidades de Nuevo Tabasco , Francisco Villa, Caanán, Zamora, Jesús Martínez Ross, El Progreso, Iturbide, San Fernando, Francisco J. Mújica, Vallehermoso, Miguel Hidalgo y Costilla, Manuel Ávila Camacho y Buenavista así como en la zona sur y la costera del municipio. También se pueden observar la prevalencia de conflictos de tipo medio con los sectores agrícola, acuícola, forestal, turismo y urbano, los cuales ocupan una superficie de 3,925.755 ha principalmente en las cercanías a las localidades de Nuevo Tabasco y Buenavista así como en la zona de la Laguna Vallehermoso, Laguna Teresita y Laguna San Pedro; para este tipo de conflicto destaca una zona importante ubicada en un polígono en la zona sur del municipio el cual incluye el área de mayor cuantía superficial para este tipo de conflicto sectorial. No se determinaron en cuanto a Conservación conflictos de tipo alto o muy alto.

GRADO DE CONFLICTO	SECTORES EN CONFLICTO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA) POR GRADO DE CONFLICTO

GRADO DE CONFLICTO	SECTORES EN CONFLICTO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA) POR GRADO DE CONFLICTO
BAJO	CON-AGR	1.133	**17,634.959**
BAJO	CON-FOR	5,693.330	
BAJO	CON-TUR	2,412.569	
BAJO	CON-ACU	7,988.719	
BAJO	CON-FOR	1,033.583	
BAJO	CON-ACU	505.625	
MEDIA	CONAGR-ACU	243.759	**3,925.755**
MEDIA	CON-FOR-TUR	2,757.000	
MEDIA	CON-FOR-ACU	787.434	
MEDIA	CON-GAN-ACU	23.429	
MEDIA	CON-URB-ACU	37.103	
MEDIA	CON-FOR-ACU	66.021	
MEDIA	CON-FOR-TUR-ACU	11.009	

Tabla 47 Superficie y Porcentaje de Conflictos del Sector Conservación.

Conflicto del sector Forestal.

Como resultado del proceso de sobre posición del mapa de aptitud del sector Forestal con los mapas de aptitud de los sectores Urbano, Pecuario, Conservación, Turismo y Agrícola, que fueron los que se identificaron como incompatibles o parcialmente compatibles, para esto prevalecen en su mayoría los conflictos de tipo bajo con los sectores del turismo, pecuario, agrícola, urbano y conservación que abarcan una importante superficie total de 52,207,731 ha en zonas distribuidas en las cercanías a las localidades de X-Canhá, Dos Lagunas, Nuevo Tabasco, Río Verde, Miguel Alemán, Caanán, Dieciocho de Marzo, Jesús Martínez Ross, Iturbide, El Cedralito, Huatusco, David Gustavo Gutiérrez Ruiz, Buenavista, Lázaro Cárdenas, Chacchoben y Limones así como en la Laguna Teresita y en amplios polígonos ubicados tanto al sur como al poniente del municipio en las cercanías a la costera, siendo estás últimas 2 zonas en

las que se puede apreciar la mayor proporción superficial para este tipo de conflicto. También para este sector se determinaron algunas zonas en donde se aprecian, conforme al análisis realizado conflictos de tipo medio con los sectores pecuario, agrícola y urbano en una superficie total de 245,032 ha localizados principalmente en las localidades de Melchor Ocampo y Otilio Montaño. No hay presencia para este sector de conflictos de tipo alto o muy alto.

GRADO DE CONFLICTO	SECTORES EN CONFLICTO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA) POR GRADO DE CONFLICTO
BAJO	FOR-TUR	306.614	**52,207.731**
BAJO	FOR-GAN	615.421	
BAJO	FOR-CON	38,386.248	
BAJO	FOR-AGR	1,147.674	
BAJO	FOR-URB	924.934	
BAJO	FOR-TUR	9,637.651	
BAJO	FOR-CON	1,099.604	
BAJO	FOR-URB	89.585	
MEDIA	FOR-GAN-AGR	243.365	**245.032**
MEDIA	FOR-GAN-URB	0.881	
MEDIA	FOR-AGR-URB	0.786	

Tabla 48 Superficie y Porcentaje de Conflictos del Sector Forestal.

Conflicto del Sector Acuícola.

Como resultado del proceso de sobre posición del mapa de aptitud del sector Acuícola con los mapas de aptitud de los sectores Urbano, Turismo, Pecuario y Agrícola, que fueron los que se identificaron como incompatibles o parcialmente compatibles , se presentan principalmente conflictos de tipo bajo con los sectores turismo, pecuario, agrícola y urbano que incluyen una superficie total de 10,116.976 ha, destacando estos en las inmediaciones de Miguel Alemán, Francisco Villa, Dieciocho de Marzo, Otilio Montaño, Francisco J. Mújica, David Gustavo Gutiérrez Ruiz, San Román, Reforma, Margarita Maza de Juárez, Vallehermoso, La Pantera, Los Divorciados, Manuel Ávila Camacho, Blanca Flor, Maya Balam, San Isidro de la Laguna, Miguel Hidalgo y Costilla, Buenavista, Salamanca, Bacalar, Chacchoben y Limones así como en otras zonas de menor cobertura superficial. También se identificaron conflictos de tipo medio que ocupan una superficie de 1,097.62 principalmente en las cercanías a las localidades de Melchor Ocampo, Otilio Montaño, Margarita Maza de Juárez, Los Divorciados, Altos de Sevilla, Los Divorciados, Reforma, Blanca Flor, Salamanca, Bacalar y Miguel Hidalgo y Costilla. Para este sector no se encontraron conflictos de tipo alto o muy alto.

GRADO DE CONFLICTO	SECTORES EN CONFLICTO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA) POR GRADO DE CONFLICTO
BAJO	ACU-TUR	539.296	**10,116.976**
BAJO	ACU-GAN	398.940	
BAJO	ACU-AGR	8,343.184	
BAJO	ACU-URB	828.970	
BAJO	ACU-AGR	6.586	
MEDIA	ACU-GAN-AGR	970.996	**1,097.623**
MEDIA	ACU-GAN-URB	23.186	
MEDIA	ACU-AGR-URB	103.440	
MEDIA	ACU-GAN-AGR-URB	0.001	

Tabla 49 Superficie y porcentaje de Conflictos del Sector Acuícola.

Conflicto del Sector Apícola.

Como resultado del proceso de sobre posición del mapa de aptitud del sector Apícola con el mapa de aptitud del sector Urbano, que es el único que se identificó como incompatible, para este sector se presentan exclusivamente conflictos, de tipo bajo tal como se indicó con anterioridad, con el sector urbano, mismos que incluyen una superficie total de 156.88 ha en las cercanías a la localidad de Buenavista; es destacable que en ningún otra área del municipio se observan conflictos de la naturaleza analizada.

GRADO DE CONFLICTO	SECTORES EN CONFLICTO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA) POR GRADO DE CONFLICTO
BAJO	API-URB	140.208	**156.880**
BAJO	API-URB	16.672	

Tabla 50 Superficie y Porcentaje de Conflictos del Sector Apícola.

Como resultado del análisis de los mapas de conflicto para cada uno de los sectores que caracterizan al municipio de Bacalar se determinó la existencia de diversos conflictos entre dos o más de estos sectores representados por las actividades agrícolas, pecuarias, urbanas, turísticas, acuícolas, de conservación, forestales y apícolas.

Cabe mencionar que los principales sectores en donde se presentan conflictos territoriales en función a las aptitudes determinadas y a la superficie que ocupan son por los correspondientes a las actividades forestales, agrícolas y de la conservación en donde las áreas que ocupan fueron las mayores. En contraste, sectores como el urbano y el apícola representan una mínima superficie del municipio siendo los que menor problemática presentan en la actualidad.

Es también destacable que los conflictos de tipo bajo son proporcionalmente los recurrentes en el análisis realizado, siguiendo en orden de importancia los de tipo

medio, mientras que es significativo el que no se presenten conflictos de tipo alto o muy alto, lo que nos indica que existe en forma general un adecuado uso actual del suelo en la actualidad.

Otro aspecto relevante es que la mayoría de los conflictos se presentan en forma fragmentada y distribuida en la totalidad de la superficie del municipio de Bacalar y en las cercanías a las zonas urbanas de las comunidades que lo conforman. No obstante, lo anterior, para los sectores forestal, conservación y turismo es recurrente la presencia de conflictos de tipo bajo con otros sectores en una zona bien identificada en la parte sur del municipio mientras que en la zona poniente también se presenta coincidencia en las zonas de conflicto con los sectores forestal y conservación. De igual manera, en una franja localizada al norte del municipio entre las localidades de Vallehermoso, La Pantera, Los Divorciados y Ávila Camacho coinciden conflictos de tipo bajo para los sectores Agrícola, Pecuario y Acuícola muy probablemente ocasionados por las actividades antropogénicas que se realizan en la actualidad.

Es evidente que las actividades humanas son generadoras de los conflictos presentes en el municipio en cuanto al uso del suelo y la concurrencia espacial que fue definida en el análisis de conflictos, sin embargo, estos sectores pueden ser compatibles siempre y cuando realicen sus actividades de manera sustentables y con base en las políticas derivadas de este estudio.

4.2 Elaboración de mapas de aptitud y conflictos

Análisis de Aptitudes por Sector.

Aptitud Sector Turismo.

La riqueza forestal, la flora, fauna y sistemas lagunares del municipio de Bacalar constituyen sin duda alguna un potencial impresionante para el desarrollo del turismo de naturaleza. En este sentido, el Plan de Desarrollo Municipal 2011-2013 establece que el potencial de desarrollo radica en los modelos de turismo alternativo, ecoturismo, turismo de aventura y turismo cultural (PDM de Bacalar 2011-2013).

En el apartado de Componente Económico Sectorial del Estudio de Caracterización, se describen las principales características del sector turismo en el municipio, donde se incluye la infraestructura y principales rutas turísticas de Bacalar, puntualizando en el que el principal motor de desarrollo de la localidad será el turismo alternativo y sustentable.

Los atributos ambientales identificados y ponderados para el sector turismo fueron:

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
Vías de comunicación (VC)	Vías primarias pavimentadas y secundarias en buen estado.	Áreas en un radio de 5 km de las vías primarias pavimentadas y/o vías secundarias en buen estado.	0.061
Zonas arqueológicas (ZA)	Cercanía a zonas arqueológicas principalmente las estratégicas.	A 10 km a la redonda de áreas con vestigios arqueológicos (42 Áreas) principalmente aquéllas que han sido definidas como estratégicas (Xcabal).	0.135
Infraestructura básica	Cercanía a comunidades que puedan	A 3 Km a la redonda de localidades con servicios básicos (agua potable y	0.104

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
urbana y comunitaria (IB)	ofrecer servicios básicos.	luz).	
Cuerpos de agua (CA)	Presencia y cercanía a cuerpos de agua perenes	Dentro de un radio de 3 Km a la redonda de cuerpos de agua perenes	0.252
Estromatolitos (ES)	Presencia y cercanía a sitios con estromatolitos	Dentro de un radio de 10 km de las áreas con presencia de estromatolitos.	0.108
Vegetación en optimas condiciones (VE)	Presencia y cercanía a Selvas primarias, pastizales naturales, tular y manglar.	Áreas con estos tipos de vegetación o cercanas a ellas (dentro de un radio de 3 Km).	0.144
Fauna silvestre (FA)	Zonas con alta presencia de fauna silvestre (ANP´s y aéreas con registros de especies de fauna).	Existencia de ANP´s y aéreas identificadas con presencia significativa de fauna silvestre.	0.118
Servicios turísticos (ST)	Existencia de Infraestructura turística.	Cercanía (a no más de 3 Km de infraestructura turística).	0.064
Fuera de zonas de alto riesgo hidrometeorológico (FZR)	Fuera de las áreas que han sido identificadas como con alto riesgo.	Fuera de las áreas de alto riesgo según el estudio de Caracterización.	0.014

Tabla 24 Atributos Ambientales Definidos y Ponderados Para el Sector Turismo.

Por lo tanto, la aptitud Turística está determinada por la siguiente fórmula:

AT= VC (0.061) +ZA (0.135) + IB (0.104) +CA (0.252) + ES (0.108) + VE (0.144) + FA (0.188) + ST (0.064) + FZR (0.014)

DONDE:

VC puede tomar valores de 0 y 0.061

ZA puede tomar valores de 0, 0.081 y 0.135

IB puede tomar valores de 0 y 0.104

CA puede tomar valores de 0 y 0.252

ES puede tomar valores de 0 y 0.108

VE puede tomar valores de 0.144

FA puede tomar valores de 0, 0.059, 0.0798 y 0.114

ST puede tomar valores de 0 y 0.064

FZR puede tomar valores de 0 y 0.014

En la siguiente figura se observa la ponderación de los atributos ambientales, y en su caso, el valor que toman las variables de decisión en una escala de intervalo estandarizada (0 -1), para el sector turismo.

Los atributos mencionados fueron, en su mayoría mapeados o representados geográficamente en la etapa de caracterización y otros como parte del presente diagnóstico, por lo que a continuación se presentan dichos mapas de atributos:

Como resultado de la interacción de los atributos antes mencionados y la sobreposición de los mapas correspondientes se generó el mapa de aptitud para el sector turismo (figura) y la siguiente tabla en la cual se pueden apreciar las superficies y los porcentajes que representan del territorio de Bacalar, así mismo se presentan las gráficas correspondientes a estos datos y podemos ver que de manera predominante, en el 62 % (441,787.38 ha) de la superficie municipal, encontramos que se tiene aptitud muy baja para el sector turismo, mientras que la aptitud muy alta cubre solamente un 2.47 % (17,670.31 ha) del territorio, localizándose principalmente en la región de Rio Hondo, Rio Escondido y Laguna de San Pedro. Así mismo encontramos que la aptitud alta abarca poca superficie y se encuentra en la misma zona. Por otra parte, observamos que la aptitud media ocupa el 6 % (40,359.23 ha) de la superficie

del área de estudio, en su mayoría al este de la zona; y finalmente podemos ver que la aptitud baja abarca casi el 29 % (206,451.99 ha) de la superficie del Municipio y está cerca de las lagunas San Felipe, La Virtud, Teresita, Noh-Bec, El Ocho, El Crick, El Cafetal y Valeriana.

APTITUD	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
Muy Alta	17,670.31	2.47
Alta	9,752.93	1.36
Media	40,359.23	5.64
Baja	206,451.99	28.83
Muy Baja	441,787.38	61.70
Total	**716,021.84**	**100.00**

Tabla 25 Porcentaje de Territorio por Condiciones de Aptitud para el Sector Turismo.

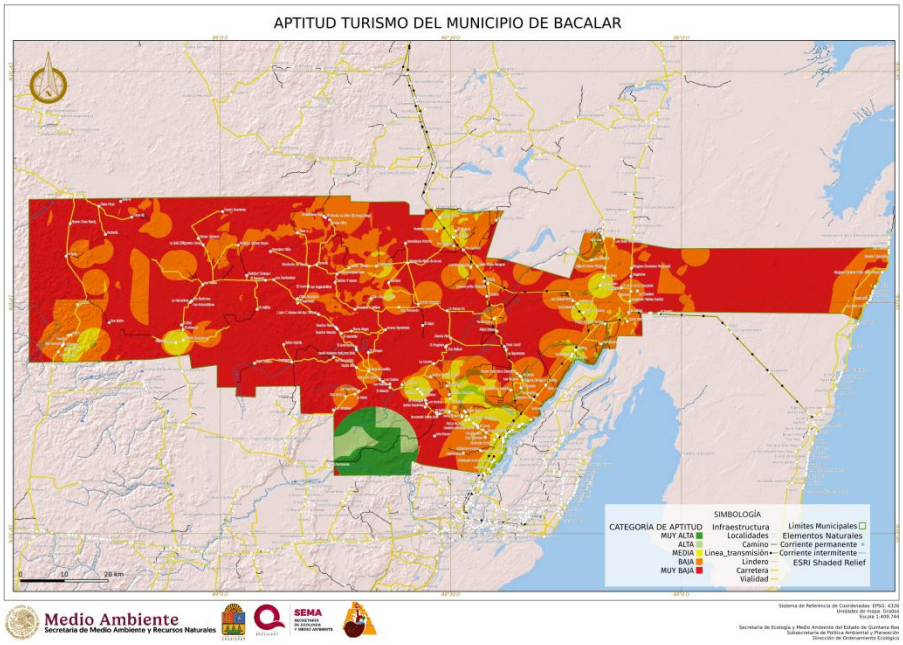


Figura 27 Mapa de Aptitud del Sector Turismo en el Municipio de Bacalar.

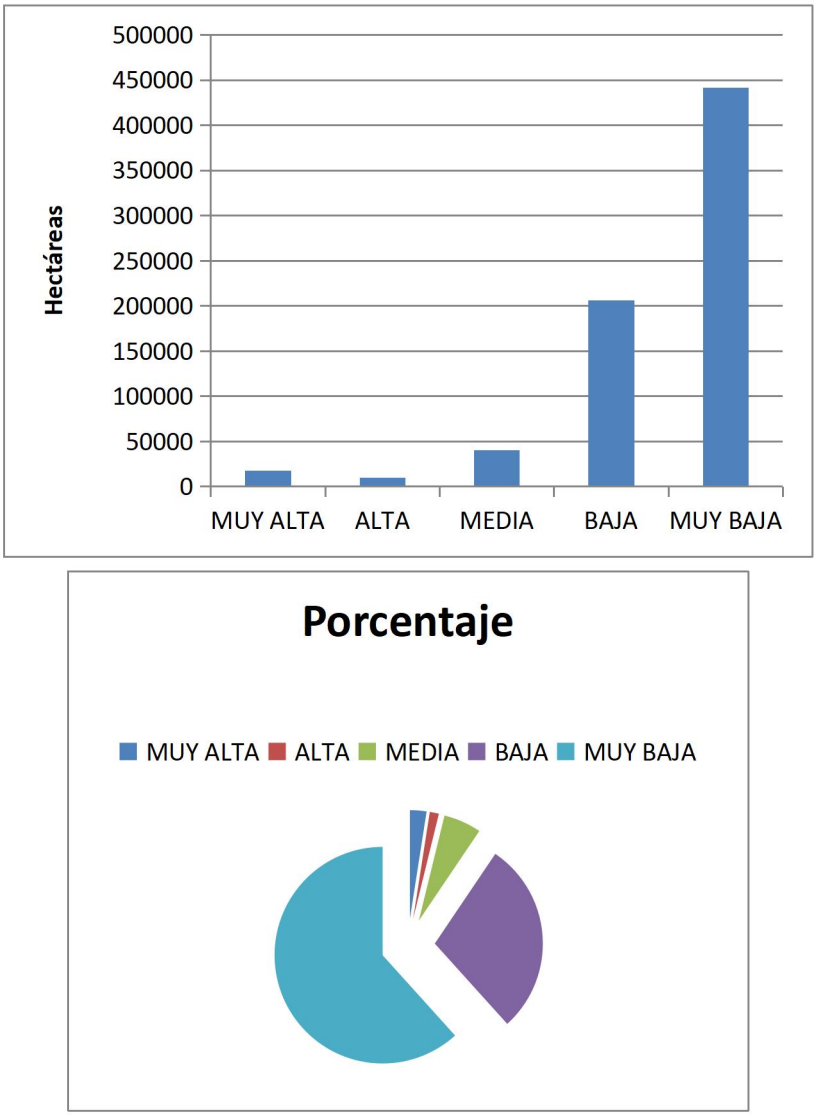


Figura 28 Superficie Ocupada por Grado de Aptitud para el Sector Turismo.

Aptitud Sector Urbano.

Para el análisis de la aptitud del sector urbano se identificaron, definieron y ponderaron los atributos ambientales de geohidrología del terreno, usos de suelo, polígonos de desarrollo urbano, vías de comunicación, disponibilidad de agua y energía eléctrica.

A continuación, se presenta una tabla con la descripción de dichos atributos y su ponderación.

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
Geohidrología	Fuera de las	A al menos 1 Km de zonas	0.18

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
del terreno (GH)	zonas de riesgo por inundaciones.	de inundación	
Usos de suelo (US)	Usos de suelo urbano, o cercanos a centro de población.	Dentro o a no más de 500 m de asentamientos humanos con servicios.	0.12
Polígonos de desarrollo urbano (PDU)	Polígonos de desarrollos aprobados por el cabildo y en los OTC´s	Dentro de los polígonos de desarrollos aprobados por el cabildo y en los OTC´s	0.26
Vías de comunicación (VC)	Distancia a carreteras 5-10 km.	A nos mas de 10 km de una carretera existente o propuesta en el PDU Estatal	0.15
Disponibilidad de agua (DA)	Cercanía a sitios con disponibilidad de agua potable.	A no más de 2 Km de pozos o cuerpos de agua con características de potabilidad.	0.23
Energía Eléctrica (EE)	Cercanía a redes de energía eléctrica.	A no más de 500 m de una red eléctrica.	0.06

Tabla 26 Ponderación de los Atributos Ambientales del Sector Urbano.

Por lo tanto, la aptitud Urbana (AU) está determinada por la siguiente fórmula:

AU= GH (0.18) +US (0.12) + PDU (0.26) +VC (0.15) + DA (0.23) + EE (0.06)

Y para este caso todos son atributos binarios, es decir que el estado deseable es una condición única que no presenta una escala de valores, por lo que cada píxel solo puede tomar valores de 0 o 1; En la siguiente figura se observa la ponderación de los atributos ambientales para el sector urbano y los valores que toman las variables de decisión de cada atributo. Como resultado de la interacción de los atributos antes expuestos y la sobreposición de los mapas correspondientes, se generó el mapa de aptitud para el sector urbano y la siguiente tabla, en la cual se pueden ver las

superficies que abarcan cada tipo o clase de aptitud y el porcentaje que estas representan del territorio municipal.

APTITUD	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
Muy Alta	2,073.99	0.29
Media	43,687.87	6.10
Baja	289,474.07	40.43
Muy Baja	282,268.27	39.42
Sin Aptitud	98,517.63	13.76
Total	**716,021.83**	**100.00**

Tabla 27 Porcentaje de Territorio por condiciones de Aptitud para el Sector Urbano.

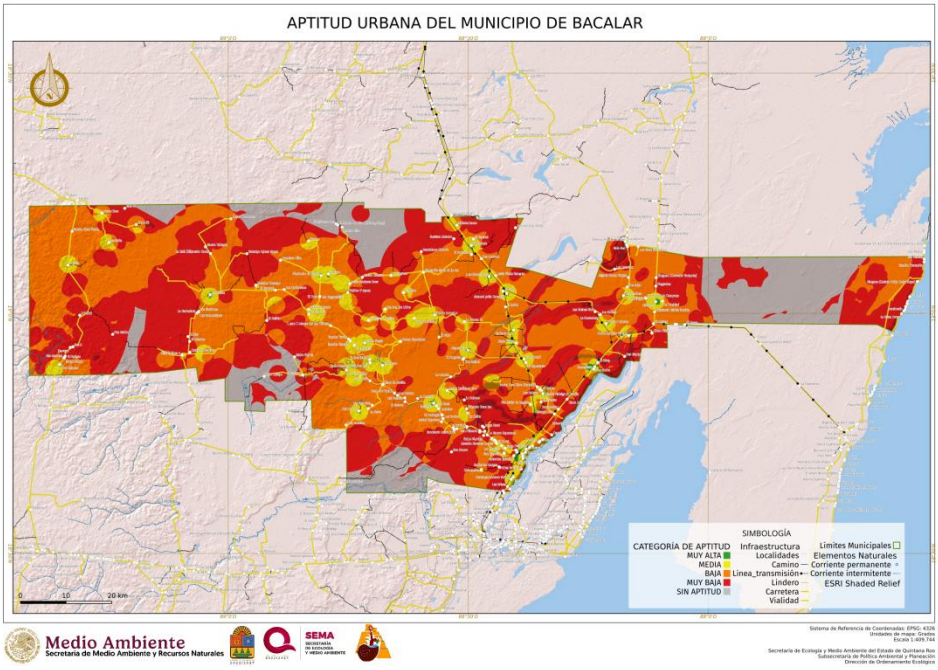


Figura 29 Mapa de Aptitud del Sector Urbano en el Municipio de Bacalar.

Con base en las superficies y porcentajes que representan cada una de las condiciones de aptitud dentro del territorio de Bacalar para el sector urbano (figuras), se tiene que el 14% (98,517.63 ha) de la superficie del Municipio no tiene aptitud para desarrollos urbanos, mientras que la aptitud muy alta cubre tan sólo el 0.29% (2,073.99 ha), localizándose en pequeños manchones distribuidos en los principales centros de población. La aptitud media ocupa alrededor del 6% (43,687.87 ha) de la superficie total y la aptitud baja ocupa la mayor extensión, cercana al 41% territorial (289,474.07 ha), dicha condición puede visualizarse a lo largo de toda la extensión municipal, caso

similar ocurre con la aptitud muy baja para este sector con un porcentaje cercano al 40% (282, 268.27ha), por ello podemos ver que aproximadamente el 80% del territorio tiene muy baja o baja aptitud para la el sector urbano.

Aptitud Sector Conservación.

Para el análisis de la aptitud del sector conservación se identificaron y ponderaron los atributos ambientales de superficie con vegetación, sin cambio de uso de suelo, Hidrología, calidad del agua subterránea, superficies con programas de manejo, biodiversidad, estromatolitos, zonas arqueológicas, aéreas prioritarias para la conservación y zonas de recarga del acuífero.

A continuación, se presenta la tabla de atributos identificados, definidos y ponderados para el sector conservación.

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
Superficie con vegetación (SV)	Presencia de vegetación.	Presencia de vegetación de selva mediana y baja, manglar, tular y sabanas.	0.128
Sin Cambios de uso de suelo (SCUS)	Zonas con vegetación primaria.	Áreas con selva primaria	0.157
Hidrología (cuerpos de agua) (H)	Presencia de los cuerpos de agua (Laguna, cenotes, humedales).	Existencia de cuerpos de agua perenes e intermitentes.	0.133
Calidad del agua subterránea (CA)	Sin presencia de contaminantes.	Acuíferos no contaminados (en base a concentración de cloruros)	0.118
Superficies con programas de manejo (SPM)	La superficie que cubren las áreas prioritarias para la conservación según CONABIO, las zonas elegibles para servicios	Dentro de las áreas prioritarias de CONABIO (sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad), RAC´s propuestos en el Plan Ecorregional de las selvas Maya, Zoque y Olmeca, y/o dentro de	0.1

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
	ambientales según CONAFOR (ha) y las UMA´s.	las áreas elegibles para servicios ambientales según CONAFOR.	
Biodiversidad (B)	Áreas con Índices altos de biodiversidad o con presencia de fauna con status de protección.	Áreas con Índices altos de biodiversidad (riqueza de endemismos según Plan Ecorregional de las Selvas Maya, Zoque y Olmeca).	0.071
Estromatolitos (E)	Presencia y conservación del sistema de estromatolitos en la zona costera del Sistema Laguna de Bacalar.	Dentro de un área de protección de 3 Km a la redonda de los sitios con presencia de estromatolitos	0.049
Zonas arqueológicas (ZA)	Presencia de vestigios arqueológicos	Dentro de los 5 Km a la redonda de vestigios a arqueológicos	0.045
Zonas de recarga del acuífero (ZR)	Zonas que por sus características de vegetación y geológicas favorecen la recarga	Dentro de las zonas de alta permeabilidad y que funcionan como aéreas de recarga del acuífero*	0.122
Áreas Prioritarias para la Conservación (APC)	Áreas definidas en el estudio de Diagnóstico como prioritarias para la conservación	Dentro de las áreas prioritarias para la conservación	0.077
*Con base en la presencia de fallas y fracturas en el territorio de Bacalar y aéreas de alta permeabilidad según el estudio: The Yucatán Península Karst Aquifer, Mexico (Bauer-Gottwein, P. et al., 2011) (ver estudio de Caracterizacion).			

Tabla 28 Atributos Ambientales Definidos y Ponderados Para el Sector Conservación.

Por lo tanto, la aptitud para el sector Conservación está determinada por la siguiente fórmula:

AC= SV + SCUS + H + CA+ SPM + B + E + ZA + ZR + APC

Y En la siguiente figura se observa la ponderación de dichos atributos y el valor que toman las variables de decisión de cada atributo para el sector conservación.

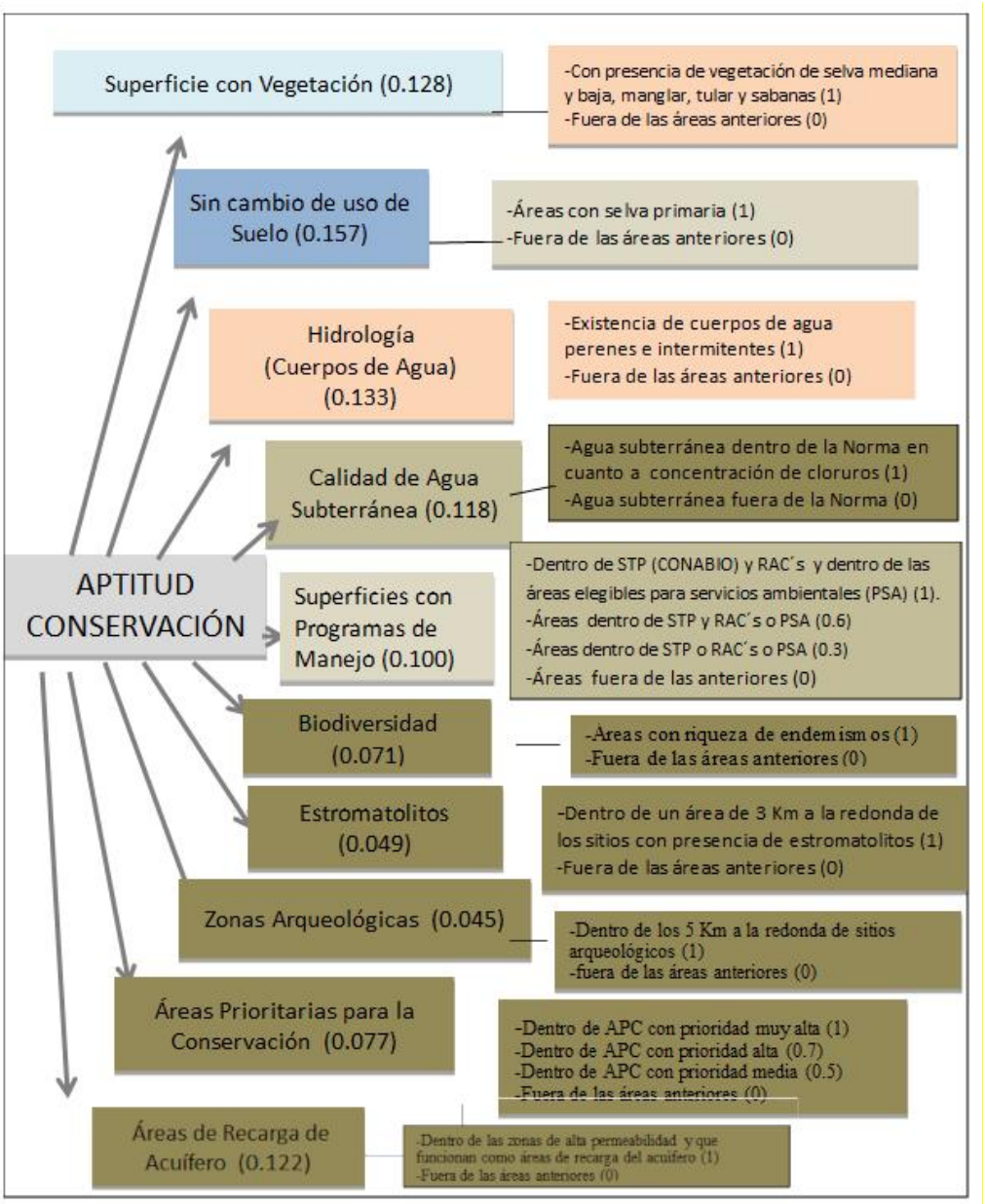


Figura 30 Ponderación de los Atributos Ambientales del Sector Conservación.

El territorio de Bacalar, obtuvo el 2.56% (18,325.91 ha) de la superficie del municipio tiene muy baja aptitud para la conservación, caso similar ocurre con poco más del 24% (173,278.93) correspondiente a la condición de aptitud baja. Por el contrario, se determinó que la aptitud media cubre el 36.89% (264,155.91 ha), localizándose en amplias zonas distribuidas a lo largo del municipio. La aptitud alta ocupa el 25.80% (184,749.53 ha) de la superficie, localizándose

también en amplias zonas del municipio. Por último, la aptitud muy alta ocupa casi el 11% (75,511.54 ha) y está localizada al centro-norte y en la costa de Bacalar, por lo que podemos ver que más del 36% del territorio presenta, según esta análisis, alta aptitud para la conservación y si a esto le sumamos las aéreas de aptitud media, tenemos que representar poco más del 72% del territorio.

APTITUD	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
Muy Baja	18,325.91	2.56
Baja	173,278.93	24.20
Media	264,155.91	36.89
Alta	184,749.53	25.80
Muy Alta	75,511.54	10.55
Total	**716,021.83**	**100.00**

Tabla -29 Superficie y Porcentaje del Territorio Municipal por Grado de Aptitud para el Sector Conservación.

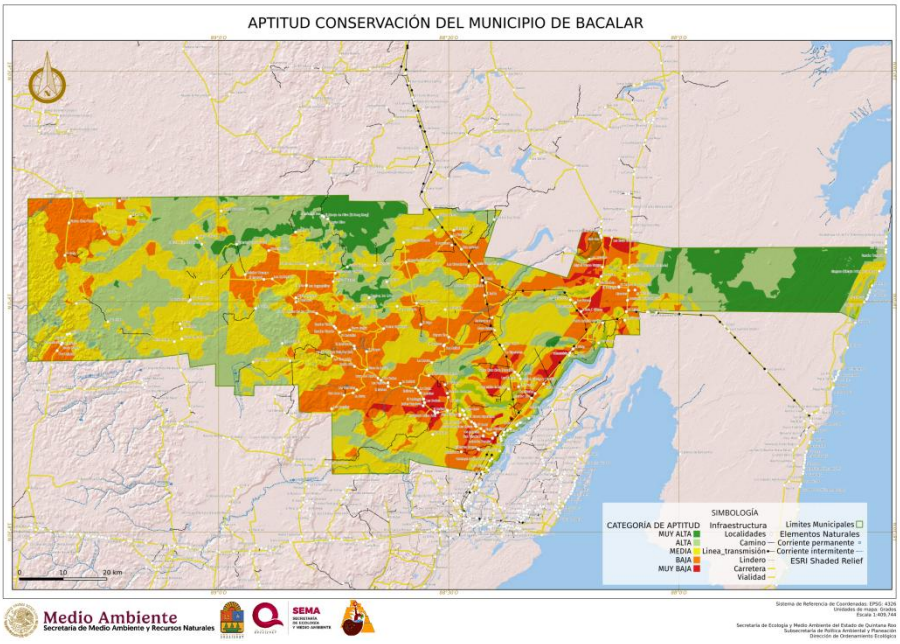


Figura 31 Mapa de Aptitud del Sector Conservación en el Municipio de Bacalar.

Aptitud Sector Agrícola.

Como se describe en el apartado de Componente Económico Sectorial del Estudio de Caracterización, la actividad agrícola es uno de los sectores productivos más importantes que se desarrolla en el territorio de Bacalar, por lo anterior, la labor de recabar información de fuente directa, es decir con los productores y agricultores del municipio, resultó de gran importancia para lograr el objetivo de identificar y definir los atributos ambientales indispensables para la actividad agrícola.

Para este sector se identificaron, definieron y ponderaron 7 atributos los cuales se describen a continuación:

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
Agua (riego y pozos)	Presencia de los cuerpos de agua (Laguna, cenotes, Y pozos).	Presencia de pozos y área de influencia (1 Km a la redonda).	0.23
Calidad del Agua	Zonas con agua pesada (Dureza total) y salada.	Agua apta para riego (dentro de la norma en cuanto a dureza).	0.08
Cercanía a mercados y centrales de abasto	Distribución más eficiente de los productos agrícolas.	A 3 kilómetros a la redonda de poblados de más de 500 hab.	0.10
Zona de cultivo	Sitios en donde actualmente se realiza actividades agrícolas.	Dentro de Áreas donde actualmente se realizan actividades agrícolas y pecuarias.	0.24
Tipo de suelo	Variedad de condiciones del suelo, como color (roja y negra), profundidad y textura.	Tierras rojas, negras, limpias (suelos vertisoles, leptosoles y luvisoles).	0.20
Vías de comunicación	Existencia, condiciones y distancias de las vías de acceso y carreteras rurales.	Cercanía a caminos (1 Km a la redonda).	0.10
Energía	Existencia,	Cercanía de la red eléctrica a 500	0.05

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
Eléctrica	condiciones y distancia a la red eléctrica municipal.	metros a la redonda.	

Tabla-30 Atributos Ambientales Definidos y Ponderados Para el Sector Agrícola.

En la siguiente figura se observa la ponderación de los atributos ambientales para el sector agrícola y el valor que toman las variables que constituyen cada atributo.

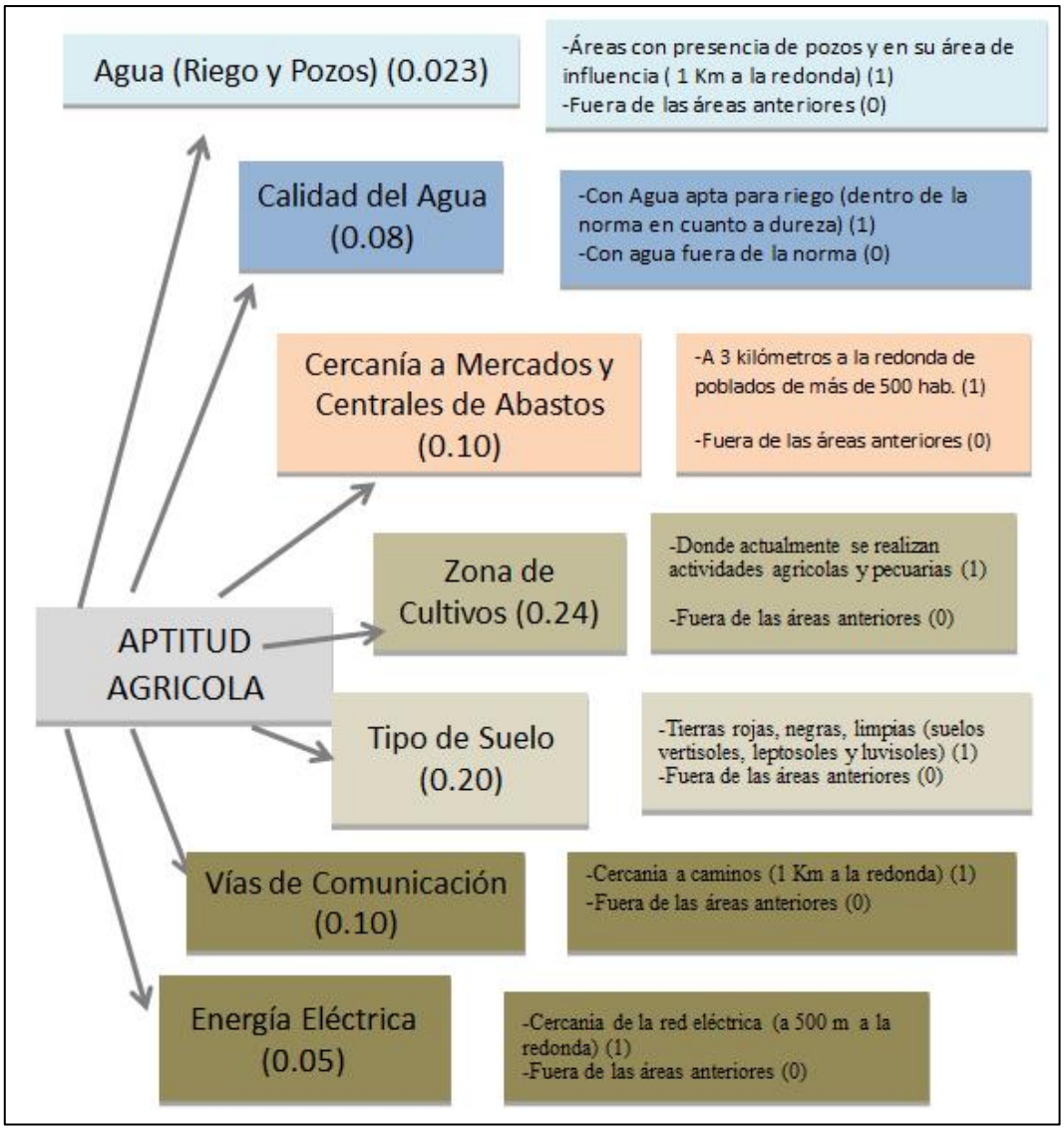


Figura 32 Ponderación de los Atributos Ambientales del Sector Agrícola.

A continuación se presentan los mapas de atributos que se construyeron y usaron para el análisis de aptitud del sector agrícola.

Como resultado de la interacción de los atributos antes mencionados, se generó el mapa de aptitud agrícola con las superficies y los porcentajes que cada grado de aptitud representan en el territorio de Bacalar. Como puede verse cerca del 9% (63,717.41 ha) de la superficie del municipio no tiene aptitud agrícola y la aptitud muy baja cubre casi el 42% (300,521.52 ha), localizándose en diversas franjas sobre la mayoría del territorio de Bacalar, predominando en el poniente, oriente y zona costera, con lo cual podemos ver que poco más del 50% del territorio municipal no es apto para este sector. Además, la aptitud baja ocupa aproximadamente 32% (224,586.04 ha) de la superficie del Municipio concentrada en su mayoría hacia el centro y por consiguiente esta superficie tampoco sería recomendable destinarla a uso agrícolas.

La condición de mediana aptitud se distribuye en forma de pequeños manchones a lo largo y ancho de todo el municipio ocupando el 10% (72,256.90 ha) de su superficie y las aéreas de aptitud alta solo representan el 6% (45,518.10 ha) del territorio y las de muy alta aptitud solo el 1% (9,421.86 h, con lo cual podemos ver que en conjunto no tenemos más de 17 % de superficie territorial con aptitud para este sector agrícola.

APTITUD	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
Muy Alta	9,421.86	1.32
Alta	45,518.10	6.36
Media	72,256.90	10.09
Baja	224,586.04	31.37
Muy Baja	300,521.52	41.97
Sin Aptitud	63,717.41	8.90
Total	**716,021.84**	**100.00**

Tabla 31 Superficie y Porcentaje de Territorio Municipal por Grado de Aptitud para el Sector Agrícola.

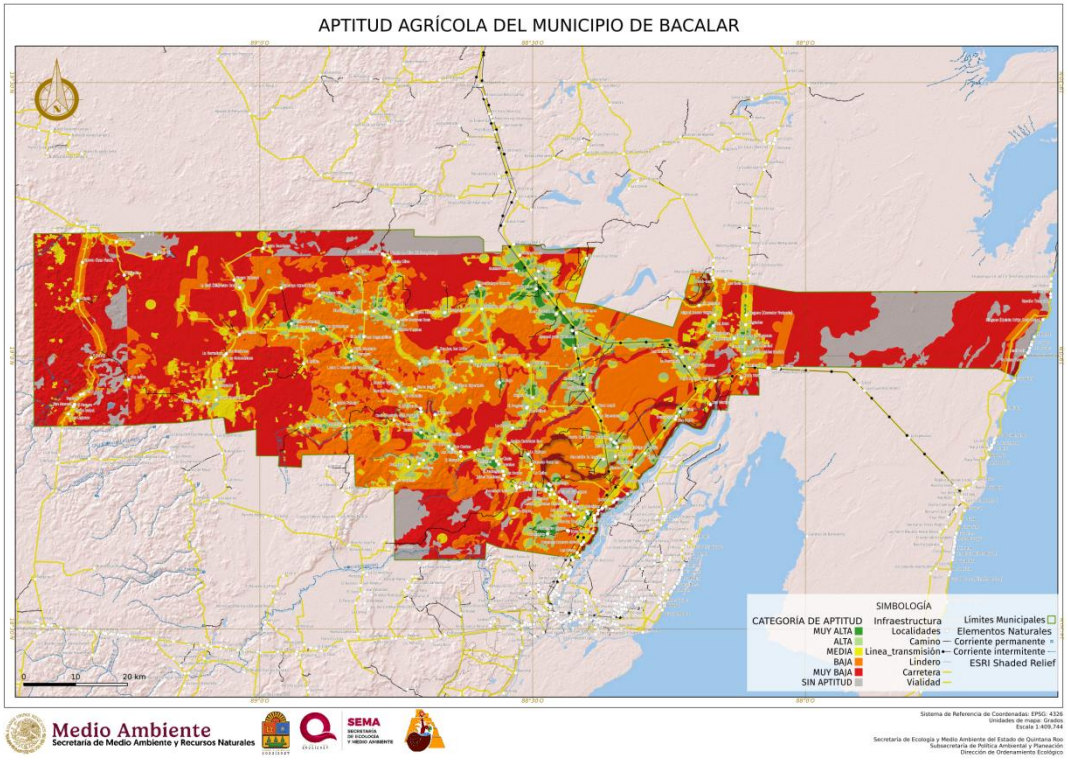


Figura 33 Mapa de Aptitud del Sector Agrícola en el Municipio de Bacalar.

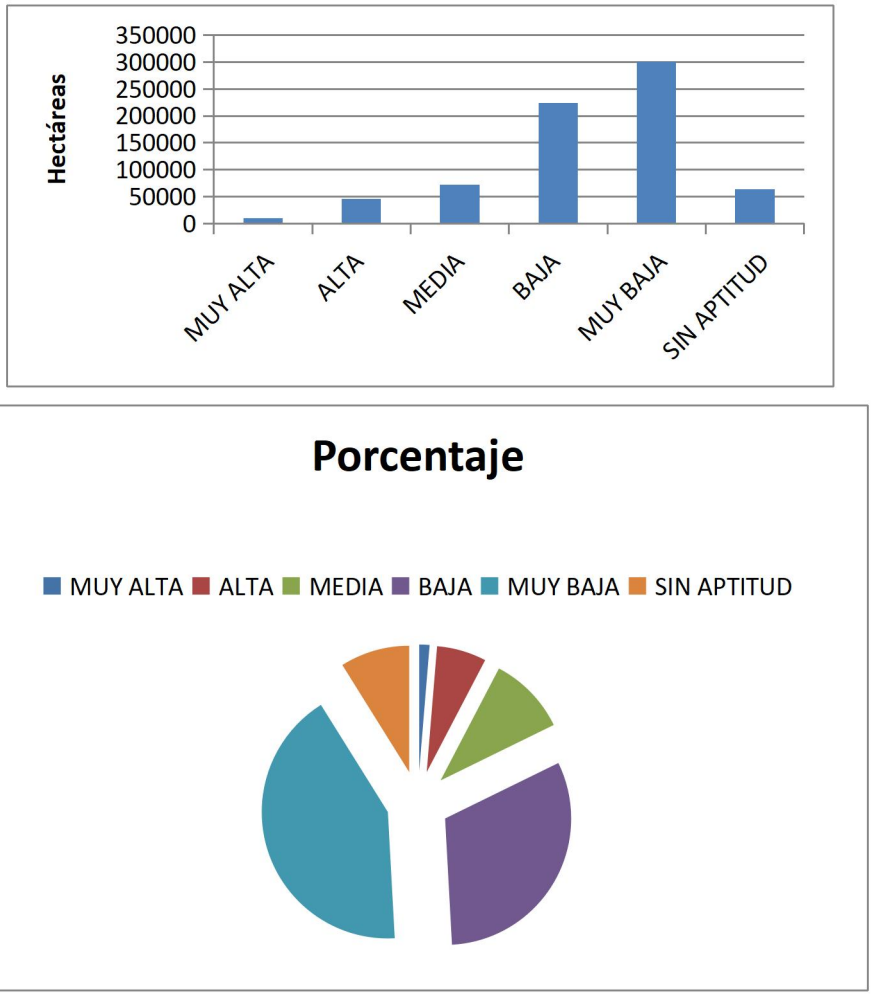


Figura 34 Superficie y Porcentaje por Grado de Aptitud para el Sector Agrícola.

Aptitud Sector Forestal.

El sector forestal es una de las alternativas de producción fundamentales para el desarrollo de las comunidades rurales del municipio, inclusive puede convertirse en una fuente primaria de ingresos económicos y desplazar, como actividad principal, la agricultura y la ganadería de la región. Cabe señalar que no necesariamente el sector forestal se encuentre en algún conflicto con el sector agropecuario, mejor dicho, son actividades que pueden llevarse a acabo de manera conjunta en un mismo territorio, siempre y cuando se empleen mecanismos o metodologías enfocadas a un desarrollo sustentable, tal es el caso de la Silvicultura o el Manejo Holístico.

Por otra parte, la riqueza forestal con la que cuenta el municipio de Bacalar es ya un motivo de importancia para mejorar y hacer más eficiente el aprovechamiento de los recursos forestales, tanto maderables como no maderables. Así mismo, la aplicación y seguimiento de iniciativas como los Programas de Manejo Forestal, Plantaciones Forestales Comerciales y Pago por Servicios Ambientales, representan una alternativa clara para contribuir al mejoramiento del nivel y calidad de vida de las comunidades rurales de Bacalar, así como beneficiar y mejorar los ecosistemas locales.

Para este sector se identificaron, definieron y ponderaron 8 atributos los cuales se describen a continuación:

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
Superficie forestal	Presencia de vegetación forestal	Presencia de vegetación forestal (selva baja y mediana)	0.28
Tipos de Vegetación y Cambio de uso de suelo	Zonas con vegetación primaria.	Áreas con selva primaria bien conservada	0.15
Agua	Disponibilidad del recurso, presencia de los cuerpos de agua (Laguna, cenotes, pozos).	Cercanía de pozos (1 km a la redonda)	0.02
Tenencia de la tierra.	Superficies de bosques en zonas ejidales, comunales o privadas.	Desarrollo Forestal en Ejidos y zonas de uso común.	0.05
Superficies con programas de manejo forestal.	La superficie que cubren las zonas bajo manejo forestal debidamente constituidas y que cuenten con sus	Dentro de los polígonos autorizados.	0.30

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
	programas de manejo.		
Cercanía a mercados y centrales de abasto	Ubicación de los aserraderos, puntos de distribución y venta de productos.	Distancia a centros de población a 1 kilómetro.	0.02
Tipo de suelo	Variedad de condiciones del suelo, como color (roja y negra), profundidad y textura.	Tierras con vocación forestal (Regosol, Vertisol, Gleysol, Luvisol y Leptosol)	0.10
Vías de comunicación	Existencia, condiciones y distancias de las vías de acceso y carreteras rurales.	A no más de 1,000 m de carreteras y terracerías	0.08

Tabla 0-32 Atributos Ambientales Definidos y Ponderados Para el Sector Forestal.

En la siguiente figura se observa la ponderación de los atributos ambientales y el valor que toman las variables de decisión de cada atributo para el sector forestal.

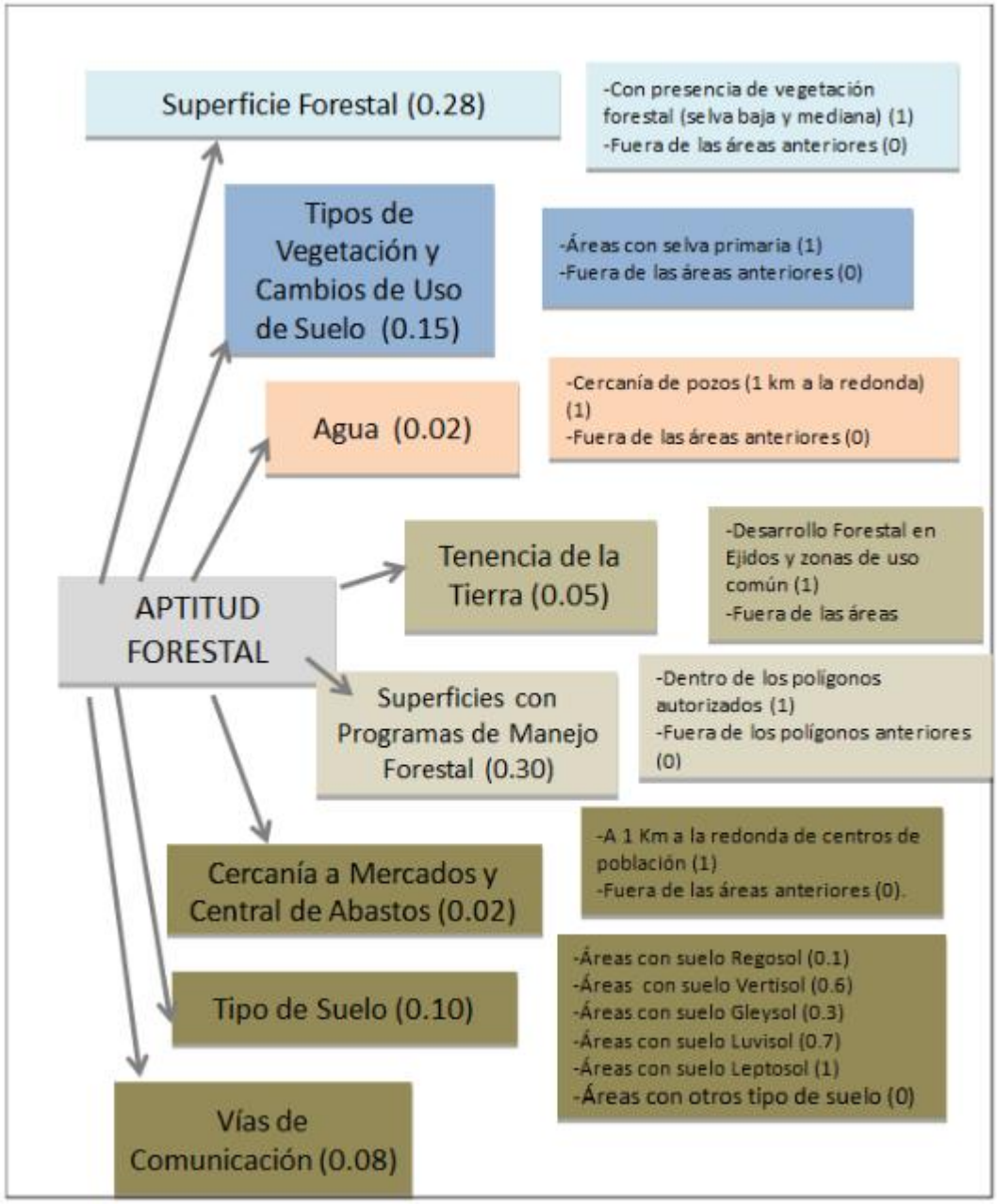


Figura 35 Ponderación de los Atributos Ambientales del Sector Forestal.

A continuación, se presentan los mapas de atributos del sector Forestal que se construyeron y usaron para el presente análisis de aptitud:

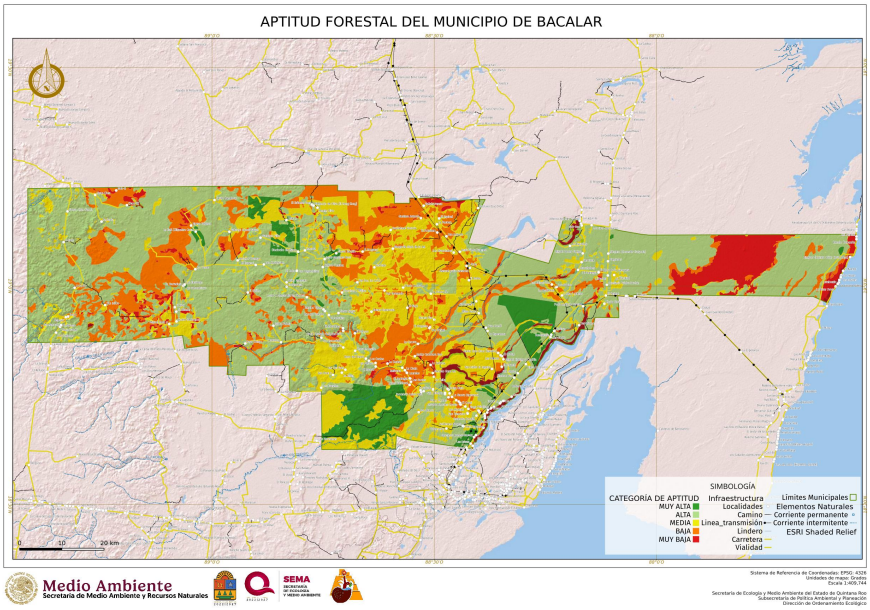

APTITUD FORESTAL DEL MUNICIPIO DE BACALAR
SIMBOLOGÍA
CATEGORÍA DE APTITUD
MUY ALTA
ALTA
MEDIA
BAJA
MUY BAJA
Infraestructura
Localidades
Camino
Linea_transmisión
Lindero
Carretera
Vialidad
Limites Municipales
Elementos Naturales
Corriente permanente
Corriente intermitente
ESRI Shaded Relief
0
10
20 km
Medio Ambiente
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEMA

Figura 36 Mapa del Atributo Superficie Forestal (selvas) para el Sector Forestal.

Como resultado de la interacción de los atributos antes mencionados, se generó el mapa de aptitud para el sector forestal, se pueden apreciar las superficies y los porcentajes que representan, cada grado de aptitud, del territorio de Bacalar. Como se puede ver solo alrededor del 6% (40,206.87 ha) de la superficie del municipio tiene una aptitud muy alta para este sector, y que corresponde a zonas cercanas a la Laguna Teresita, zonas al sur cerca de la Laguna San Pedro y al Norte por 18 de Marzo. Un importante resultado es que la aptitud forestal alta cubre un poco más del 48% (346,804.33 ha), localizándose principalmente en la zona oriente incluida la zona costera y occidente del municipio, y también observamos que la aptitud media ocupa el 21% (148,289.47 ha) de la superficie y se distribuye de manera predominante al centro del Municipio con algunas extensiones tanto al sur como al norte. Finalmente la aptitud baja abarca el 19% (137,998.88 ha) presentándose en manchones relativamente considerables al poniente, centro y centro-norte del municipio y con otros menos extensos cercanos a la zona costera; y las aéreas con aptitud muy baja representan solo 5.97% del territorio y están en una porción cercana a la zona costera al este de Bacalar. Por lo anterior podemos concluir que el territorio municipal posee, en base al presente análisis, una importante aptitud para el desarrollo del sector forestal, ya que más del 70% de su territorio resulto con un grado de aptitud entre media y muy alta para dicho sector.

APTITUD	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
Muy Alta	40,206.87	5.62
Alta	346,804.33	48.43
Media	148,289.47	20.71
Baja	137,998.88	19.27
Muy Baja	42,727.68	5.97
Total	**716,027.22**	**100.00**

Tabla 0-33 Superficie y Porcentaje de Territorio Municipal por Grado de Aptitud para el Sector Forestal.

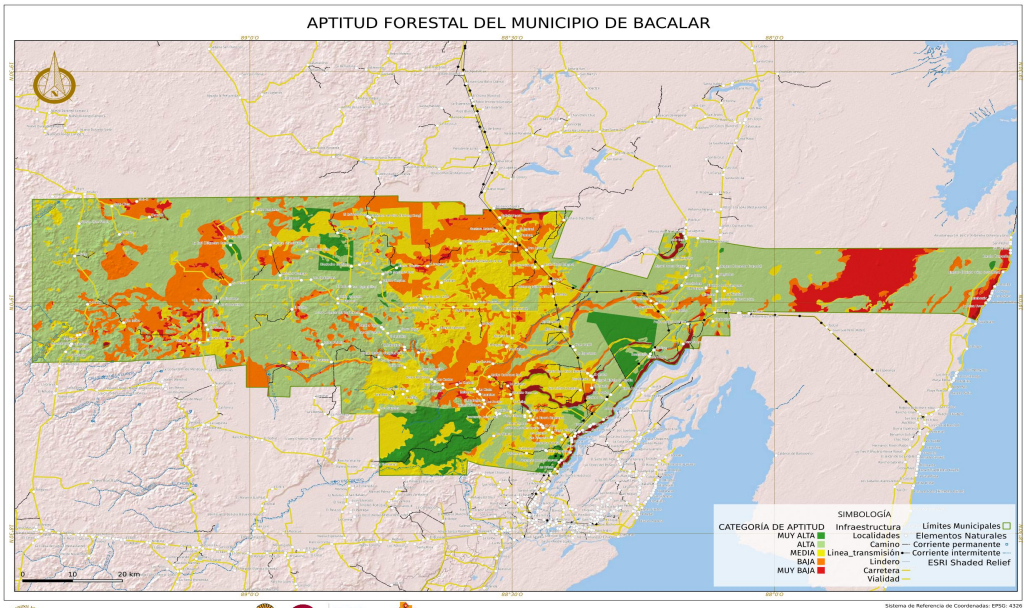

APTITUD FORESTAL DEL MUNICIPIO DE BACALAR
SIMBOLOGÍA
CATEGORÍA DE APTITUD
MUY ALTA
ALTA
MEDIA
BAJA
MUY BAJA
Infraestructura
Localidades
Camino
Linea_transmisión
Lindero
Carretera
Vialidad
Límites Municipales
Elementos Naturales
Corriente permanente
Corriente intermitente
ESRI Shaded Relief
0
10
20 km
Medio Ambiente
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEMA

Figura 37 Mapa de Aptitud del Sector Forestal en el Municipio de Bacalar.

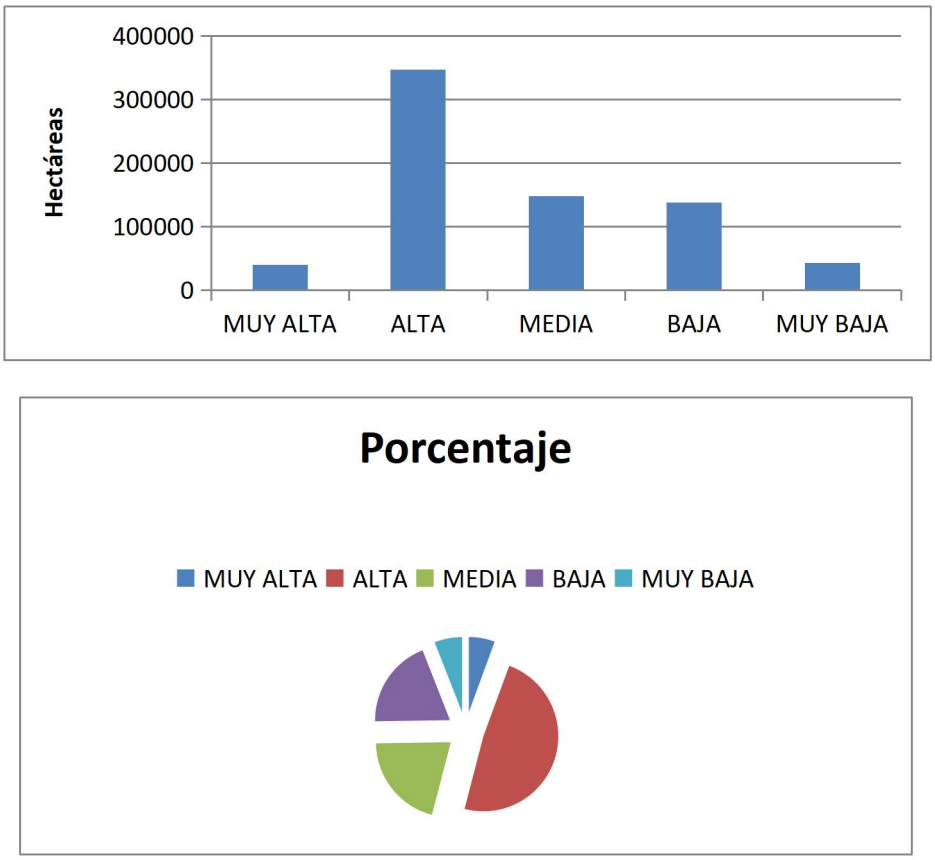


Figura 38 Superficie y Porcentaje por Grado de Aptitud para el Sector Forestal.

Es importante mencionar que como resultado del proceso de acopio y revisión de información disponible para la elaboración del estudio de caracterización para este OE y también del proceso de participación pública, se identificó que existe un trabajo sobre determinación del potencial productivo del territorio del Estado de Quintana Roo. Este trabajo lo llevo a cabo la Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Rural e Indígena de Quintana Roo (SEDARI) y en el taller de participación pública para el presente estudio de Diagnostico, se pidió que se incluyera como un atributo en el análisis de aptitud del sector agrícola, por lo cual se procedió a revisar la información disponible al respecto y en base a ella se elaboró el mapa de la siguiente figura, en el cual podemos ver, que según este análisis o determinación de potencial productivo, encontramos áreas con importante potencial en zonas de territorio municipal que tienen características que las hacen no adecuadas para esta actividad, por ejemplo las áreas de

humedales del noreste del municipio están calificadas con potencial medio-alto, cuando son suelos inundables e incluso con presencia de agua con cierto grado de salinidad, lo cual más bien los haría de bajo potencial productivo, como se ven el resultado del análisis de aptitud que se hizo el presente Diagnostico.

Aptitud Sector Ganadería Extensiva.

Considerada subestimada, la ganadería extensiva es una actividad con un alto potencial para desarrollarse en el territorio municipal, sin embargo, los altos costos de producción que implica esta actividad reducen a una mínima población que, de manera considerable, se dedica al sector ganadero. Aunado a lo anterior, la mayoría de la población rural cuenta con algún tipo de ganado, bovino, caprino, ovino, porcino, por mencionar los más importantes, pero su finalidad es la crianza para el autoconsumo y no genera una alternativa real para el crecimiento socioeconómico de las comunidades rurales de la región.

Como sector a detonarse en un futuro, la actividad ganadera puede representar un sector de importancia relevante para el crecimiento económico del municipio, no obstante, las implicaciones ambientales de esta actividad no siempre son las más adecuadas y puede resultar en un deterioro acelerado de los ecosistemas naturales al expandir la frontera ganadera a zonas de conservación de la biodiversidad local.

No necesariamente la ganadería es un sinónimo de deterioro ambiental, siempre y cuando su crecimiento esté guiado por políticas adecuadas hacia la conservación de los recursos naturales y al desarrollo sustentable de la actividad (a través también del manejo holístico y la silvicultura). Tal es el caso de las alternativas para mitigar las emisiones de metano a la atmósfera en granjas lecheras a través de la implementación de Biodigestores generadores de combustible o energía eléctrica, por mencionar un ejemplo.

Para este sector se identificaron, definieron y ponderaron 6 atributos los cuales se describen a continuación:

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
Agua	Disponibilidad del recurso, presencia de cuerpos de agua (Laguna, cenotes, pozos) y de sistemas de riego instalados.	Cercanía (radio de un kilometro) a pozos de uso agrícola y pecuario, así como a cuerpos de agua para abrevadero, exceptuando los cuerpos de agua que son prioritarios para la conservación*	0.10
Tipos de vegetación	Áreas con cobertura para realizar el pastoreo	Presencia de áreas abiertas al pastoreo y vegetación de sabana.	0.40
Tenencia de la tierra.	Superficies de zonas ejidales, comunales o privadas.	Ejidos y zonas de uso común.	0.10
Cercanía a mercados y centrales de abasto	Espacios para la comercialización del producto como rastros.	Distancia a centros de población a 1 kilómetro	0.20
Vías de comunicación	Existencia, condiciones y distancias de las vías de acceso y carreteras rurales.	Cercanía a vías de comunicación a 1 kilometro.	0.10
No en la cercanía a cuerpos de agua naturales prioritarios para la conservación*.	Cuerpos de agua principales de bacalar y que son prioritarios para a la conservación.	A al menos a 10 km de dichos cuerpos de agua prioritarios para la conservación.	0.10

*Cuerpos de agua que fueron identificados en el proceso de definición de aéreas prioritarias para la conservación.

Tabla 34 Atributos Ambientales Definidos y Ponderados Para el Sector Ganadería Extensiva.

En la siguiente figura se observa la ponderación de los atributos ambientales para el sector ganadería extensiva.

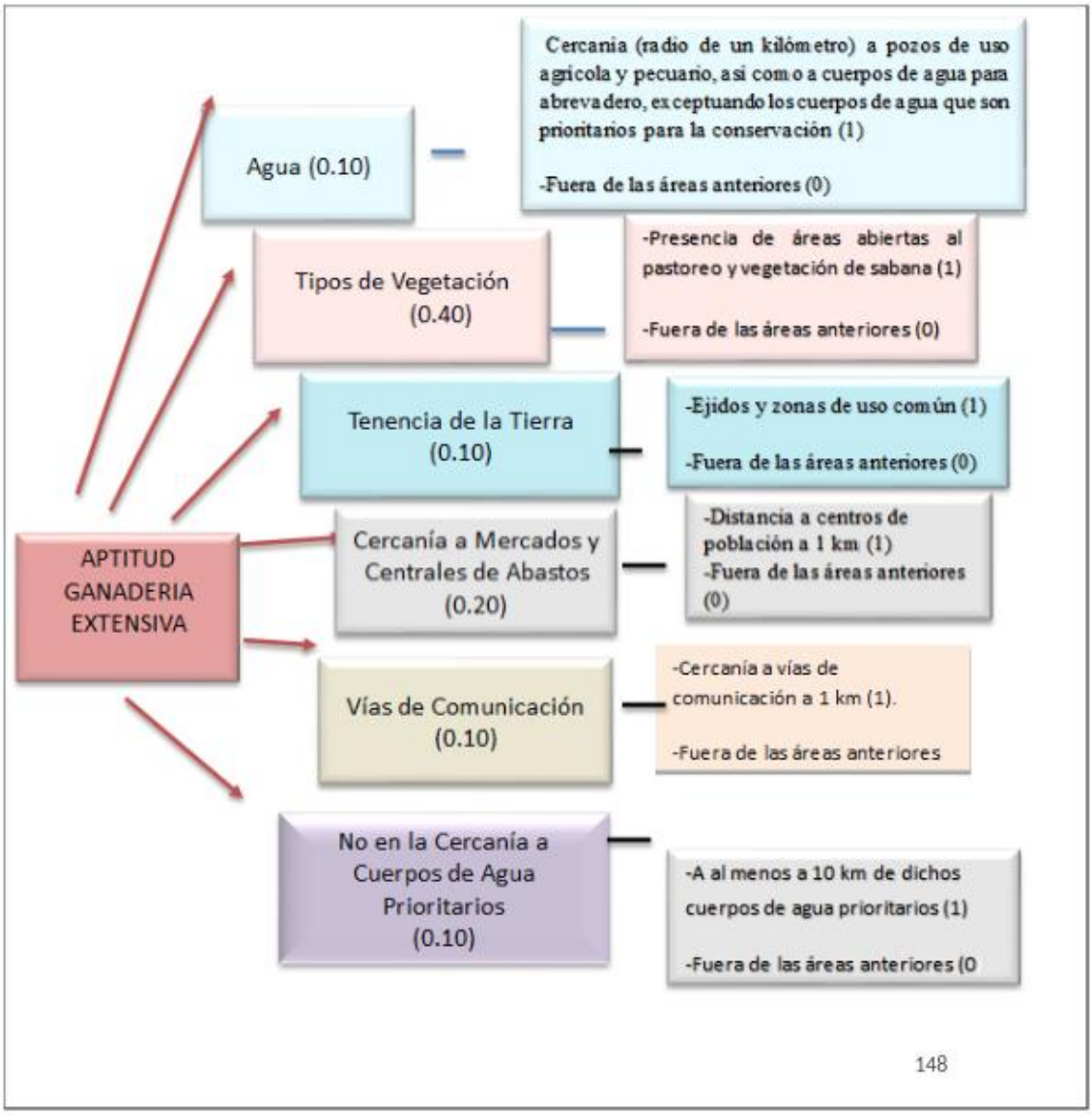


Figura 39 Ponderación de los Atributos Ambientales del Sector Ganadería Extensiva.

A continuación se presentan los mapas de atributos del sector Forestal que se construyeron y usaron para el presente análisis de aptitud:

Como resultado de la interacción de los atributos antes mencionados, se generó el mapa de aptitud para el sector ganadería, se pueden apreciar los porcentajes y las superficies que representan del territorio de Bacalar, donde se obtuvo que por debajo del 0.5% (3,305.47 ha) de la superficie del municipio tiene aptitud muy alta para la ganadería extensiva, siendo la zona prácticamente imperceptible. Mientras que la aptitud alta cubre poco más del

6% (45,265.52 ha), localizándose en pequeños manchones cercanos a carreteras y zonas urbanas. La aptitud media igualmente ocupa cerca del 6% (42,765.69 ha) expresado en pequeñas y delgadas áreas dentro de la mayoría de la extensión municipal. La aptitud baja es un caso similar a la aptitud muy alta en la que la superficie bajo esta condición es notoriamente mínima, caso contrario a la extensión que abarca para la muy baja aptitud ganadera ya que es la más extensa pues ocupa el 66.50% (476,402.23 ha) y se encuentra distribuida casi de manera homogénea en todo el municipio y en la zona costera exceptuando solo en una porción territorial de un poco más del 19% correspondiente a la aptitud nula para llevar a cabo actividades para este sector, localizada en su mayoría al este municipal hacia la costa de Bacalar.

APTITUD	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
Muy alta	3,305.47	0.46
Alta	45,265.52	6.32
Media	42,765.69	5.97
Baja	10,936.78	1.53
Muy baja	476,402.23	66.50
Sin aptitud	137,724.05	19.22
Total	**716,399.74**	**100.00**

Tabla 35 Superficie y Porcentaje del Territorio Municipal por Grado de Aptitud para el Sector Ganadería Extensiva.

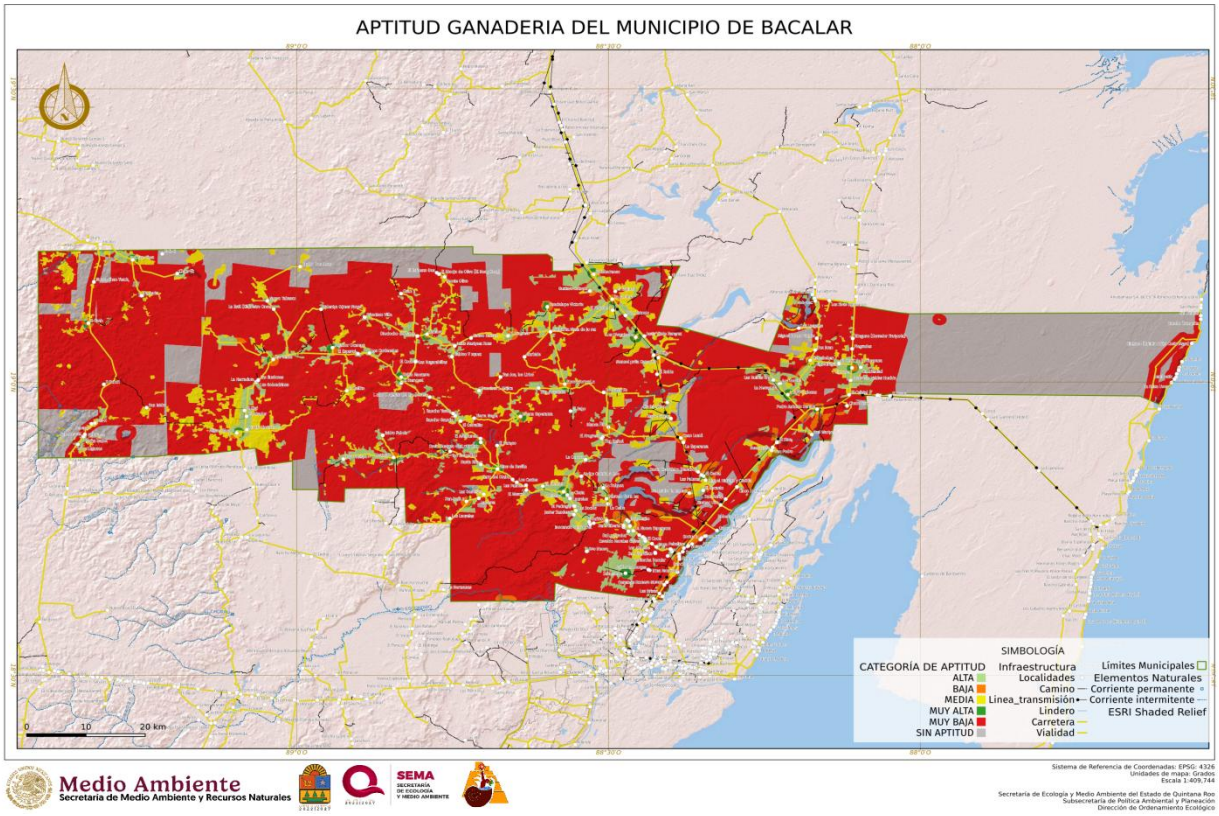
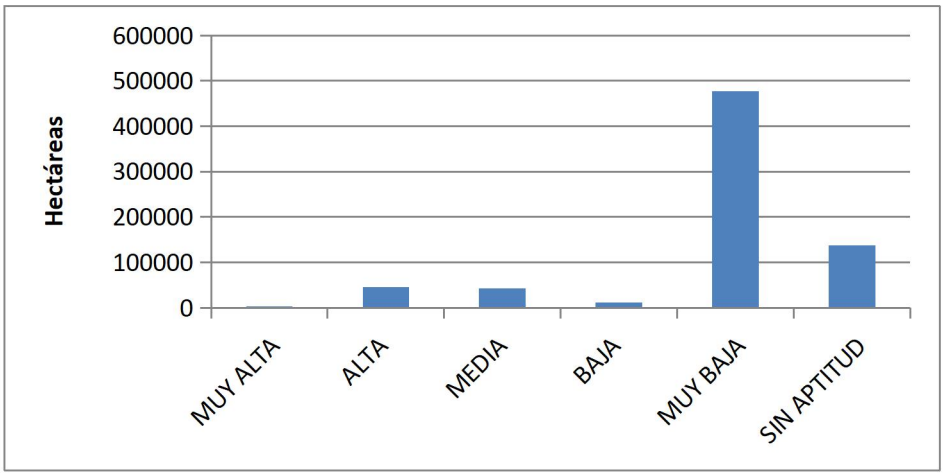


Figura 40 Mapa de Aptitud del Sector Ganadería Extensiva en el Municipio de Bacalar.



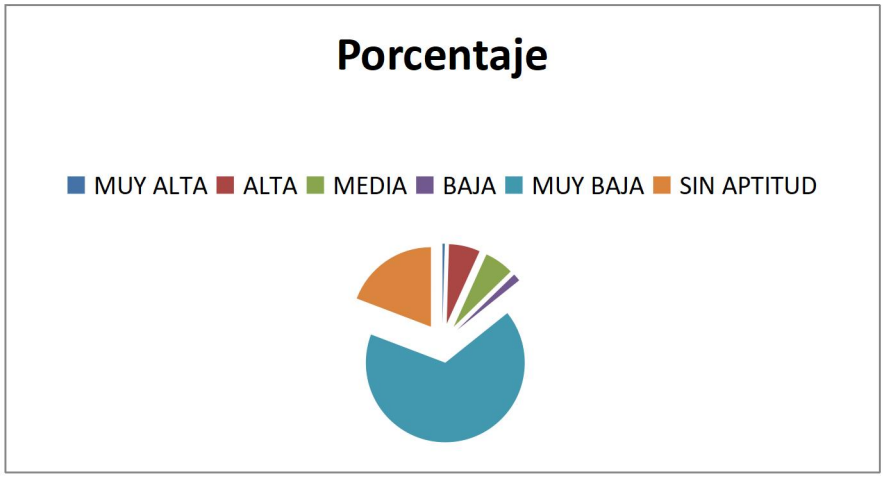


Figura 41 Superficie Ocupada por Grado de Aptitud para el Sector Ganadería Extensiva.

Aptitud Sector Apícola.

La práctica apícola se encuentra distribuida en la totalidad del municipio de Bacalar y si bien se da a un nivel no industrializado, se cuenta con más de 60 productores y un inventario de aproximadamente de 1,942 cajas. Esta actividad se realiza basada en conocimientos empíricos, lo que ocasiona que los rendimientos obtenidos de miel sean bajos a pesar de contar con un enorme potencial y abundancia de recursos nectaropoliníferos. Por su condición, la apicultura es una actividad para considerar como detonante económico de la región, ya que la miel producida en la zona es considerada de muy alta calidad y genera ingresos económicos anuales bastante considerables.

Para este sector se identificaron, definieron y ponderaron 4 atributos ambientales indispensables para que, en Bacalar, se desarrolle de manera eficiente y rentable la apicultura.

A continuación, se presentan dichos atributos, su definición, estado deseable y su ponderación.

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
Agua	Disponibilidad del recurso, presencia de los cuerpos de agua (Laguna, cenotes, zonas inundables).	Cercanía de cuerpos de agua en un radio de un kilometro.	0.18

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
Tipos de vegetación	Zonas con floración por lo menos 3 veces año.	Selva mediana y baja	0.65
Cercanía a mercados	Centros de acopio de miel y puntos de venta.	Distancia a centros de población a 1 kilómetro	0.10
Vías de comunicación	Existencia, condiciones y distancias de las vías de acceso y carreteras rurales.	Cercanía a vías de comunicación a un 1 kilometro.	0.07

Tabla 36 Atributos Ambientales Definidos y Ponderados Para el Sector Apícola.

En la siguiente figura se observa la ponderación de los atributos ambientales y el valor que toman la variable de decisión para el sector apícola.

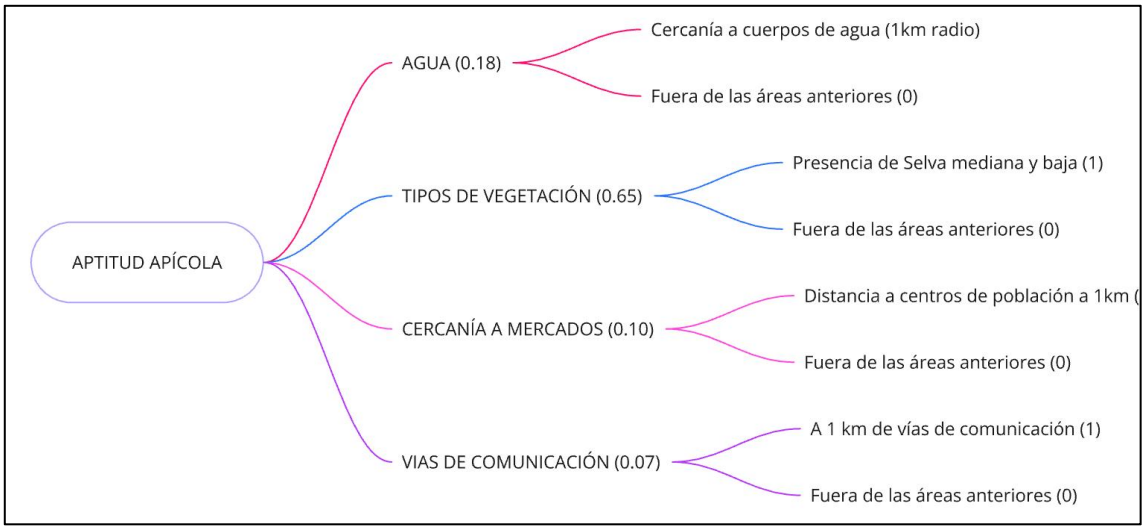


Figura 42 Ponderación de los Atributos Ambientales del Sector Apícola.

A continuación se presentan los mapas de los atributos del sector apícola, a partir de los cuales se hizo el proceso de análisis de aptitud.

Como resultado de la interacción de los atributos antes mencionados, se generó el mapa de aptitud para el sector apícola se pueden apreciar las superficies y los porcentajes que representan del territorio de Bacalar cada grado de aptitud. Así se puede ver que el 11% (76,081.84 ha) de la superficie del municipio no tiene aptitud apícola y en el otro extremo, la aptitud muy alta cubre solo aproximadamente el 5% (35,774.94) en forma de pequeños

manchones aislados. Por otra parte, la aptitud alta cubre cerca del 77% (549,252.55 ha) y se localiza distribuida en la mayor parte del municipio. La aptitud baja es la menos extensa pues ocupa el 0.18% (1,260.38 ha) de la superficie en todo el municipio y La aptitud muy baja ocupa tan sólo el 7% (53,651.81 ha), ubicándose principalmente a la largo de las principales lagunas del área. Por lo anterior, como resultado general de este análisis de aptitud, tenemos que el municipio presenta gran superficie con importante aptitud para este sector.

APTITUD	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
Muy alta	35,774.94	5.00
Alta	549,252.55	76.71
Baja	1,260.38	0.18
Muy baja	53,651.81	7.49
Sin aptitud	76,081.84	10.63
Total	**716,021.52**	**100.00**

Tabla 37 Superficie y Porcentaje del Territorio Municipal por Grado de Aptitud para el Sector Apícola.

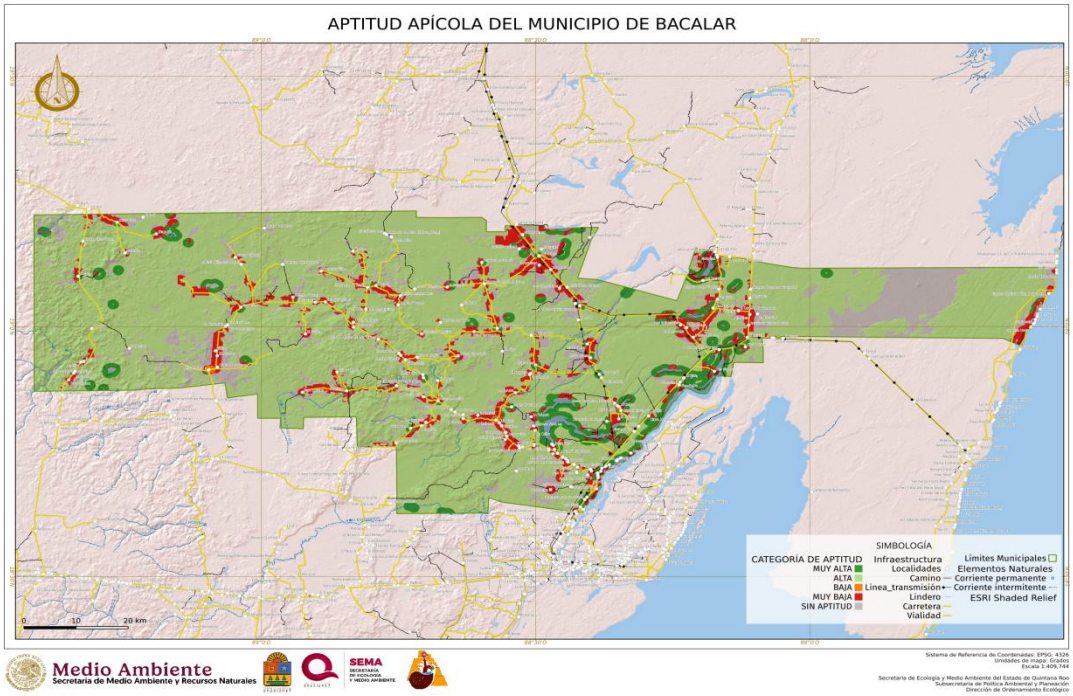


Figura 43 Mapa de Aptitud del Sector Apícola en el Municipio de Bacalar.

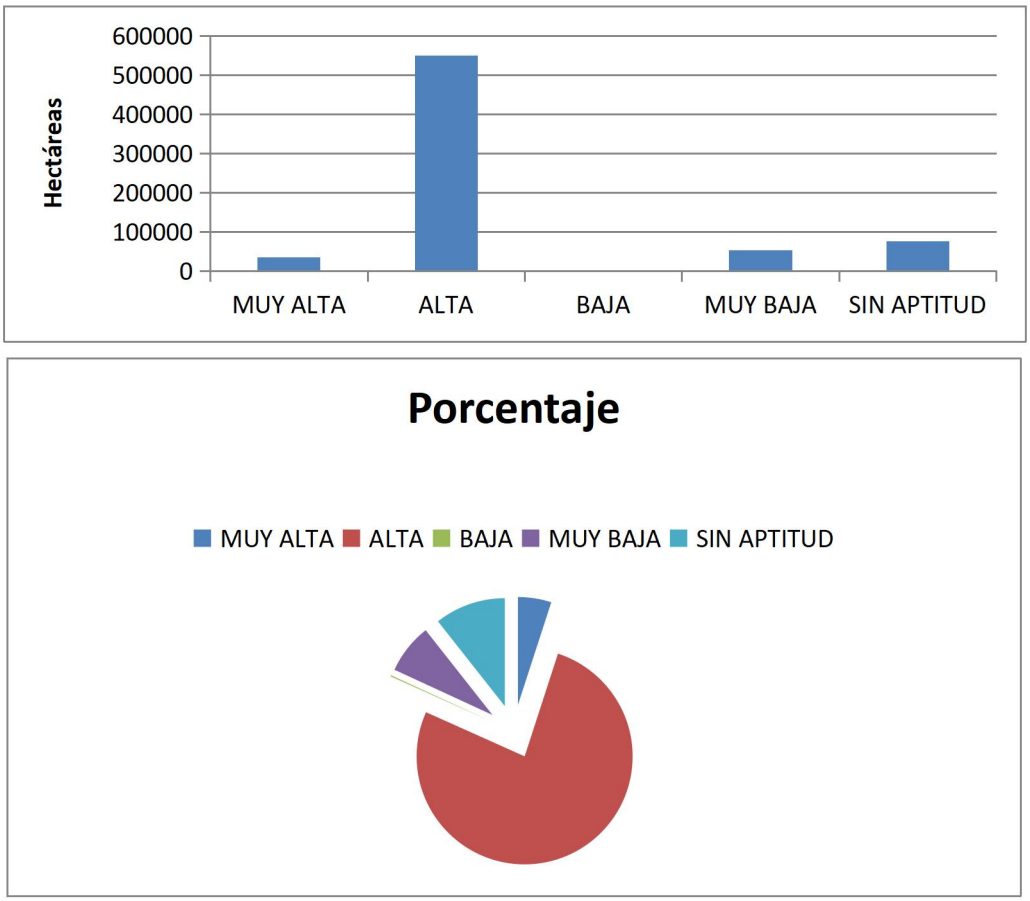


Figura 44 Superficie Ocupada por Grado de Aptitud para el Sector Apícola.

Aptitud Sector Acuícola.

El sector acuícola es incipiente en el Municipio de Bacalar, sin embargo, se consideró importante incluirlo ya que se considera que puede ser estratégico para el desarrollo sustentable de este municipio. Así para este sector se identificaron, definieron y ponderan 4 atributos, los cuales se señalan en la siguiente tabla:

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
Disponibilidad del agua	Cercanía a sitios con disponibilidad de agua con calidad adecuada para	Por lo menos a 1 Km de presencia de pozos o cuerpos de agua.	0.45

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESTADO DESEABLE	PONDERACIÓN
	realizar esta actividad.		
Caminos y carreteras para la comercialización del producto	Distancia a carreteras entre 1-5 kilómetros.	A no más de 5 kilómetros de vías de comunicación.	0.3
Energía eléctrica	Cercanía a redes de energía eléctrica.	A no más de 1 Km de red eléctrica.	0.05
Clima	Climas recomendables para el desarrollo de especies acuícolas.	Rango de temperatura entre 25-30°C.	0.20

Tabla 38 Atributos Ambientales Definidos y Ponderados Para el Sector Acuícola.

En la siguiente figura se observa el resultado de la ponderación de los atributos ambientales para el sector apícola.

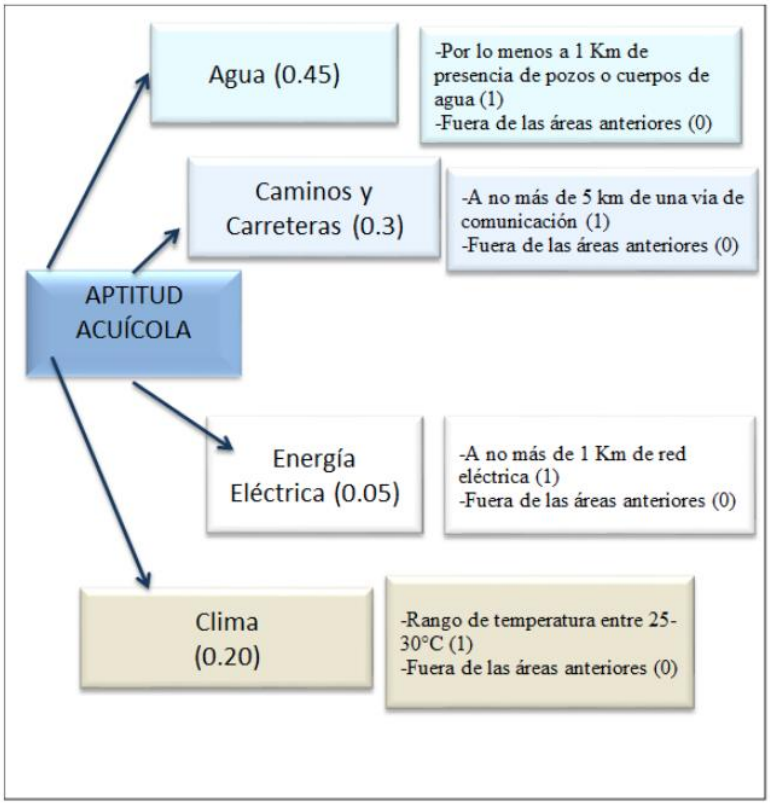


Figura 45 Peso de la Ponderación de los Atributos Ambientales del Sector Acuícola.

Con base en el conjunto de atributos y a través de proceso de multicriterio se obtuvo el mapa de aptitud del sector acuícola para el Municipio de Bacalar en él se puede visualizar la proporción potencial de espacio territorial para cada una de las condiciones de aptitud. Así mismo casi el 10% del área a ordenar corresponde a una muy alta aptitud para la acuacultura, distribuida en pequeños manchones concentrados al centro del municipio. Por otra parte, para el caso de la aptitud alta el porcentaje es tan pequeño que la superficie es imperceptible a la escala de trabajo.

Por el contrario, en cuanto a la aptitud baja y muy baja tenemos un 39 y un 40 por ciento respectivamente lo que denota que casi el 80% del territorio presenta muy poca aptitud para este sector. Por último y en forma de muy pequeños manchones, tenemos que cercar del 11% del territorio presenta una aptitud media, lo cual nos permite ver que en resumen poco más del 20% del territorio si presenta aptitud para este sector.

APTITUD	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
Muy alta	70,223.04	9.81
Alta	8.24	0.00
Media	81,116.47	11.33
Baja	281,022.09	39.25
Muy baja	283,652.00	39.61
Total	**716,021.84**	**100.00**

Tabla 39 Superficie y Porcentaje del Territorio Municipal por Grado de Aptitud para el Sector Acuícola.

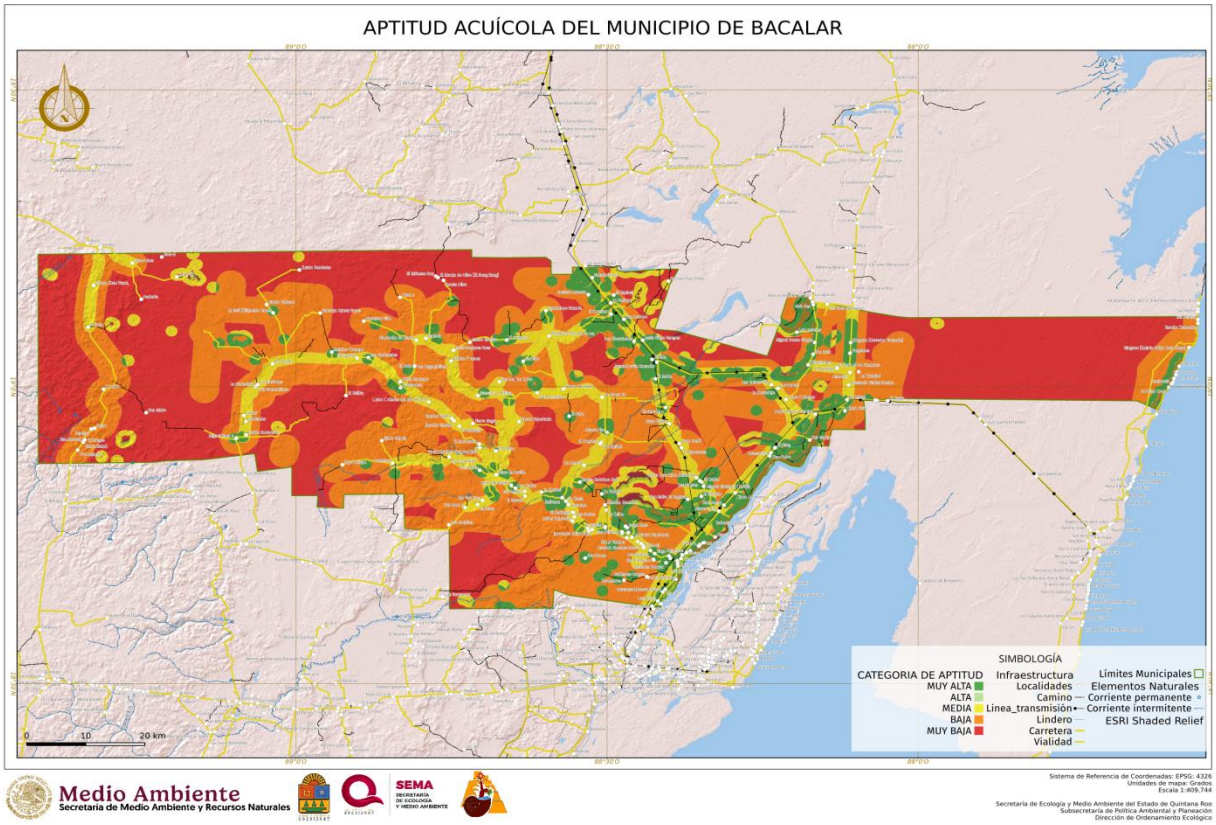
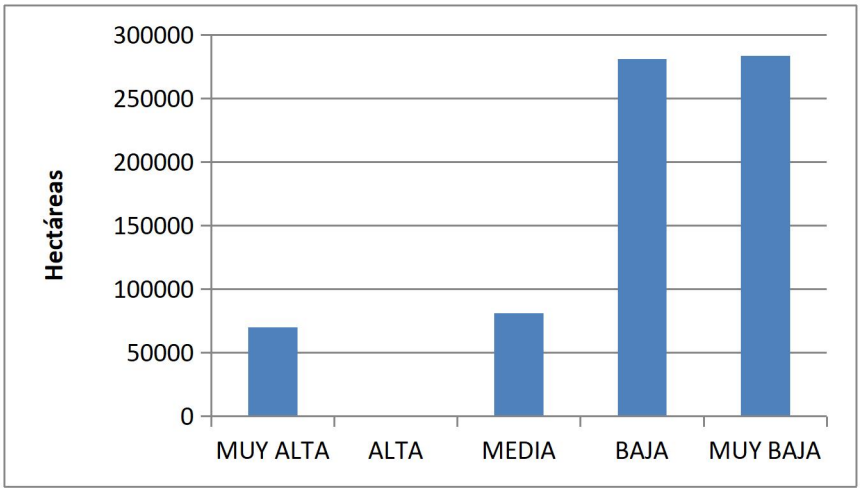


Figura 46 Mapa de Aptitud del Sector Acuícola en el Municipio de Bacalar.



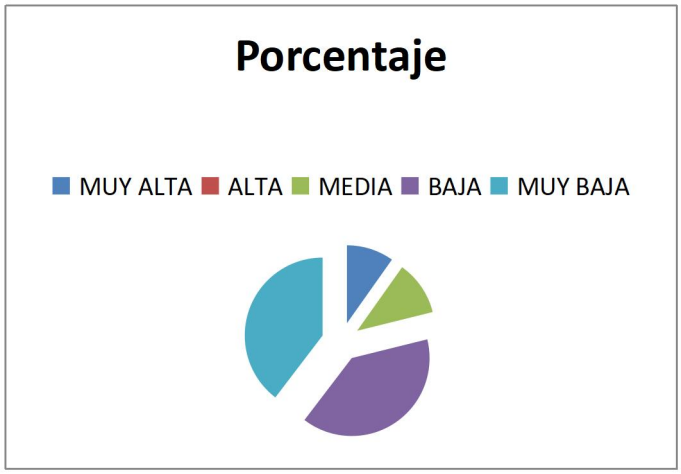


Figura 47 Superficie Ocupada por Grado de Aptitud para el Sector Acuícola.

Conclusiones del Análisis de Aptitud.

A continuación, se presenta una tabla resumen del resultado del análisis de aptitud sectorial, en la cual podemos ver que en general el territorio de Bacalar resulto, en base a los atributos identificados para cada sector, con muy alta aptitud para tres sectores: el de Conservación, el Acuícola y el Forestal. así mismo, observamos que tiene alta aptitud principalmente para el sector apícola, el Forestal y el de conservación, por lo tanto, vemos que los sectores para los cuales se aprecia una mayor aptitud, en cuanto a superficie son el Forestal, el de conservación, El apícola y el acuícola. La aptitud media la encontramos principalmente, en cuanto a superficie, para el sector de conservación, el forestal y el agrícola.

Finalmente es importante señalar que si bien en cuanto a superficie, el sector turismo no resulta ser importante, si vemos que hay áreas muy localizadas que presentan una muy alta aptitud para este sector y esto nos indica que hay un gran potencial para el mismo, pero muy localizado.

		Aptitud					
Sector		**Muy Alta**	**Alta**	**Media**	**Baja**	**Muy Baja**	**Sin Aptitud**
Turismo	Ha	17,67	9,752.93	40,359.2	206,451.	441,787.	

		Aptitud					
Sector		**Muy Alta**	**Alta**	**Media**	**Baja**	**Muy Baja**	**Sin Aptitud**
		0.31		3	99	38	
	%	2.47	1.36	5.64	28.83	61.70	
Urbano	Ha	2,073.99		43,687.87	289,474.07	282,268.27	98,517.63
	%	0.29		6.10	4.43	39.42	13.76
Conservación	Ha	75,511.54	184,749.53	264,155.91	173,278.93	18,325.91	
	%	10.55	25.80	36.89	24.20	2.56	
Agrícola	Ha	9,421.86	45,518.10	72,256.90	224,586.04	300,521.52	63,717.41
	%	1.32	6.36	10.09	31.37	41.97	8.90
Forestal	Ha	40,206.87	346,804.33	148,289.47	137,998.88	42,727.68	
	%	5.62	48.43	20.71	19.27	5.97	
Ganadería Extensiva	Ha	3,305.47	45,265.52	42,765.69	10,936.78	476,402.23	137,724.05
	%	0.46	6.32	5.97	1.53	66.50	19.22
Apícola	Ha	35,774.94	549,252.55		1,260.38	53,651.81	76,081.84
	%	5.00	76.71		0.18	7.49	10.63
Acuícola	Ha	70,223.04	8.24	81,116.47	281,022.09	283,652.00	

		Aptitud					
Sector		Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Sin Aptitud
	%	9.81	0.00	11.33	39.25	39.61	

Tabla 40 Resumen del Análisis de la Aptitud para todos los Sectores del Municipio de Bacalar.

5 Actualización de la Etapa de Diagnóstico

5.1 Integración de Resultados

Análisis de las Compatibilidades e Incompatibilidades de los Planes, Programas, Proyectos y Acciones de los Tres Niveles de Gobierno en el Municipio de Bacalar, Quintana Roo.

El OE se forja como un proceso de planeación que permite determinar un patrón de ocupación del territorio que maximice el consenso y minimice el conflicto entre los diferentes sectores sociales y las autoridades en una región. A través del proceso de OE se generan, instrumentan, evalúan y, en su caso, modifican las políticas ambientales con las que se busca lograr un mejor balance entre las actividades productivas y la protección al ambiente.

Con el OE se promueve un esquema de planeación ambiental encaminado hacia el desarrollo sustentable en el país. Dentro de este esquema se impulsa la vinculación y la integralidad de la toma de decisiones en los tres órdenes de gobierno sobre los temas que afectan el patrón de ocupación del territorio, así como la participación de la sociedad y la transparencia en la gestión ambiental.

Parte fundamental del Proceso de OE es la elaboración de un Diagnóstico, el cual tiene entre sus objetivos identificar y analizar los conflictos ambientales en el área de interés, esto a través de la elaboración de un análisis de aptitud de los sectores involucrados en el territorio aunado a una identificación y delimitación de áreas prioritarias de la zona, localidad o región que deben ser

preservadas, conservadas, protegidas o restauradas dada su importancia así como de una identificación de los conflictos ambientales generados por actividades sectoriales incompatibles.

Si bien el Diagnóstico se construye a fin de llevar a cabo una evaluación objetiva del status ambiental de un territorio, región o zona de interés, no solamente la dinámica de los elementos naturales y las actividades antropogénicas realizadas por los sectores definidos deben ser tomadas en cuenta durante el proceso de análisis. Es también de vital importancia revisar si en el ámbito del sector público los planes, programas, proyectos y acciones emanados de los 3 niveles de gobierno en México (Federal, Estatal y Municipal), contribuyen de manera favorable o adversa como agentes generadores de conflictos ambientales en el uso y aprovechamiento del territorio.

No es poco frecuente que programas o acciones que se establecen para fomentar la productividad de una región a través del fomento de la agricultura, la ganadería, la infraestructura u otros rubros que mejoran las condiciones socioeconómicas de la población, puedan no ser la mejor opción en un territorio dado que, por el contrario, necesita la implementación de acciones que promuevan la protección, preservación o restauración de elementos naturales que son vitales para los ecosistemas y el sostenimiento de la vida en la región.

Es por esto que la presente etapa de Diagnóstico se lleva a cabo un análisis de compatibilidad e incompatibilidad entre las diferentes políticas públicas que son impulsadas por parte de las actuales administraciones en los 3 niveles de gobierno y que pueden causar conflictos en el uso sustentable del territorio con base en los resultados de la aptitud sectorial del mismo, principalmente en las áreas prioritarias que sean definidas en esta fase del OE del Municipio de Bacalar.

Objetivo.

Identificar y analizar los proyectos, programas y acciones de los tres niveles de gobierno que se están implementando en el Municipio de Bacalar para detectar compatibilidades e incompatibilidades de los mismos y de estos con las aptitudes del territorio, y así complementar el desarrollo del Diagnóstico para el Programa de OE.

Metodología.

Para el desarrollo del Análisis de Compatibilidad e Incompatibilidad de los planes, programas, proyectos y acciones de los 3 ámbitos de gobierno y con la aptitud sectorial, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Investigación y obtención de información relacionada con los planes, programas y las acciones de los 3 ámbitos de gobierno (federal, estatal y municipal) que inciden o influyen en el desarrollo del Municipio de Bacalar; esto se llevó a cabo mediante búsqueda digital en internet o directamente solicitando dicha información en las entidades gubernamentales encargadas de su elaboración, ejecución y seguimiento. Esta actividad se reforzó mediante la recopilación de información estadística de los resultados reportados por las instituciones identificadas una vez que se ha llevado a cabo la ejecución de los programas a efecto de determinar su aplicación sobre el Municipio.
2. Desarrollo de un análisis y síntesis de la información recopilada, identificando cuales instrumentos de planeación, programas y acciones inciden en los sectores definidos o resultantes para la etapa de Diagnóstico para el OE.
3. Generación de una matriz que contiene los planes, programas, proyectos y acciones que inciden sobre el territorio del Municipio de Bacalar, llevando a cabo una comparación pareada de la naturaleza de sus objetivos para determinar si existe compatibilidad, incompatibilidad o neutralidad entre ellos.

4. Análisis de las compatibilidades y en forma prioritaria de las incompatibilidades encontradas a efecto de determinar la importancia o significancia que tengan sobre el desarrollo del Municipio de Bacalar.

En la siguiente figura se esquematiza la metodología empleada:

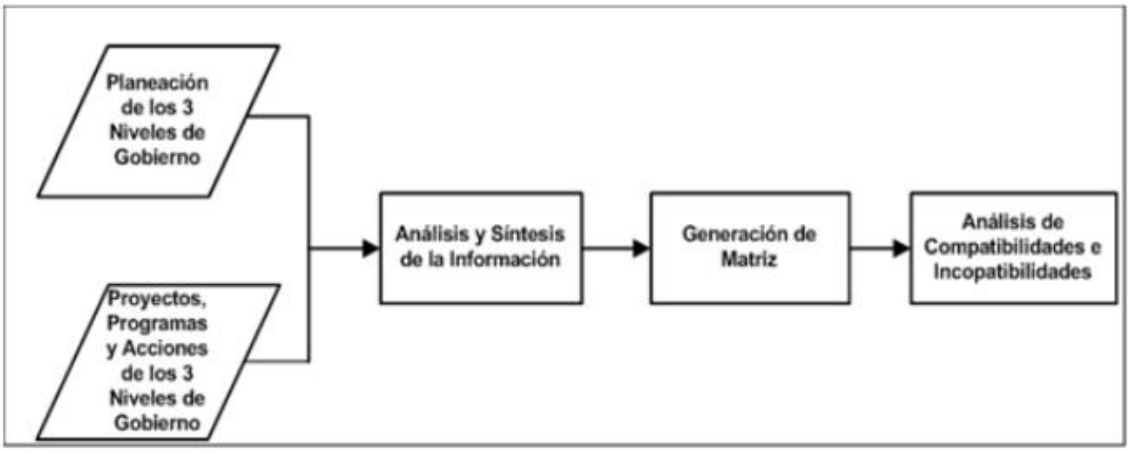


Figura 48 Metodología para el Análisis de Compatibilidades de Planes y Programas del Municipio de Bacalar.

Identificación y Análisis de Planes, Programas, Proyectos y Acciones de los Tres Niveles de Gobierno.

Conforme a la metodología establecida, se llevó a cabo una amplia recopilación de información correspondiente a los programas, planes y acciones en los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal), considerando para este efecto los siguientes criterios:

a) Su intervención en el uso y ocupación del territorio.

b) Su intervención en la variable ambiental que implicará el aprovechamiento de recursos naturales (suelo, recursos forestales, agua y otros elementos), el desarrollo acciones de restauración, conservación y recuperación de espacios y/o generación de contaminación ambiental.

c) Su incidencia en desarrollo económico, social y ambiental del Municipio de Bacalar.

Con base a estos criterios, la recopilación realizada incluyo información documental y digital de datos, programas, planes, acciones, indicadores,

informes, reportes y otros elementos de información. La búsqueda de identificación de estos se llevó a cabo a través de investigación en Internet tomando como fuente las páginas oficiales de diferentes instituciones gubernamentales, así como directamente en sus domicilios; de manera prioritaria se recopiló la información oficial difundida por dichas instancias y en otros casos, se obtuvo directamente por las áreas encargadas de su generación y resguardo. La información recopilada presenta una importante heterogeneidad ya que abarca documentos textuales, bases de datos, reportes específicos del ejercicio anual entre otros, principalmente en formatos de acrobat reader, imagen, formatos de mapa o shape, excell o equivalente e incluso sin formato alguno.

A continuación, y conforme a los instrumentos de planeación identificados en el Estudio de Caracterización, se describen los Programas que fueron seleccionados del análisis realizado y que cubren los criterios previamente fijados:

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
Comisión Nacional del Agua	Programa Nacional Hídrico 2024 – 2030 (PNH)	Garantizar el derecho humano al agua en cantidad y calidad suficiente, asegurar la sostenibilidad de nuestros recursos y fomentar un manejo adecuado y responsable del agua en todos sus usos.
Comisión Nacional Forestal	Programa Desarrollo Forestal Sustentable para el Bienestar (PDFSB)	**Apoyar a las personas propietarias, legítimas poseedoras y habitantes de las zonas forestales para que implementen acciones que contribuyan a la protección, conservación, restauración e incorporación al manejo forestal sustentable, de los terrenos forestales, preferentemente**

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		forestales y temporalmente forestales; así como, el fortalecimiento de las cadenas de valor, que a su vez contribuyan a la adaptación y mitigación de los efectos del Cambio Climático .
Comisión Nacional Forestal	Programa de Desarrollo Forestal Comunitario (PROCYMAF)	Disminuir los índices de pobreza y marginación, en áreas forestales mediante la inducción de un manejo y uso adecuado de sus recursos naturales, generar desarrollo y expansión económica a raíz de la valoración, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos de los bosques, selvas y la vegetación de las zonas áridas y semiáridas.
Comisión Nacional Forestal	Compensación Ambiental (CA)	Restaurar ecosistemas forestales deteriorados, con el fin de compensar la pérdida de la vegetación y los servicios ambientales afectados por los cambios de uso del suelo en terrenos forestales, a través de la realización de actividades de restauración de suelos, reforestación y demás acciones necesarias para lograr la restauración de los ecosistemas forestales deteriorados y propiciar la sucesión ecológica, su persistencia y evolución.
Comisión Nacional Forestal	Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales a través de Fondos Concurrentes (PSA)	Conjuntar recursos financieros y humanos de la Comisión Nacional Forestal y de las partes interesadas para incentivar la creación y fortalecimiento de mecanismos locales de pago por servicios ambientales, promoviendo la participación de instituciones de los tres órdenes de gobierno, organizaciones del sector privado o la sociedad civil y, en general de cualquier persona,

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		física o moral.
Comisión Nacional Forestal	Programa de Fomento a la Organización Social (PROFOS)	Promover el desarrollo forestal a través del fortalecimiento de la organización social, de la planeación y la ejecución de proyectos de tanto de alcance regional como de fortalecimiento, atendiendo como población objetivo a las organizaciones de productores forestales y/o silvicultores. Los conceptos de apoyo establecidos en este programa permiten a las organizaciones desarrollar estrategias de planeación y la generación de proyectos para atender y resolver necesidades de sus asociados en al ámbito de las unidades de manejo forestal, impulsando de esta manera los procesos de fortalecimiento y consolidación de las organizaciones y sus agremiados.
Comisión Nacional Forestal	Programa Especial para la Conservación, Restauración y el Manejo Sustentable de los Recursos Forestales de la Península de Yucatán (PERNY)	Promover el desarrollo forestal sustentable y de los recursos asociados; mediante la ejecución y promoción de programas productivos, de restauración, de protección, de conservación y de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales y de los suelos en terrenos forestales o preferentemente forestales, impulsando la participación directa de las personas propietarias y poseedoras de los recursos forestales en la protección, vigilancia, ordenación, aprovechamiento, cultivo, transformación y comercialización de los mismos.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,	Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007 –	Elevar el nivel de desarrollo humano y patrimonial de los mexicanos que viven en las zonas rurales y costeras.

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
Pesca y Alimentación	2012 (PROSEDAP)	Abastecer el mercado interno con alimentos de calidad, sanos y accesibles provenientes de nuestros campos y mares. Mejorar los ingresos de los productores incrementando nuestra presencia en los mercados globales, vinculándolos con los procesos de agregación de valor y la producción de bioenergéticos. Revertir el deterioro de los ecosistemas, a través de acciones para preservar el agua, el suelo y la biodiversidad. Conducir el desarrollo armónico del medio rural mediante acciones concertadas, tomando acuerdos con todos los actores de la sociedad rural.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable 2007 - 2012 (PECDRS)	Fomentar las actividades productivas agropecuarias y no agropecuarias generadoras de empleo e ingresos, mejorar la productividad y competitividad; favorecer la reconversión productiva; generar condiciones para la producción de más y mejores alimentos; ordenar y ampliar los mercados agropecuarios, la integración y fortalecimiento de las cadenas agroalimentarias; fortalecer la empresa social y privada, promover el turismo rural, la cultura, la producción de artesanías y fortalecer el arraigo de los jóvenes en núcleos agrarios a través del apoyo a proyectos productivos.

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		Impulsar la construcción, modernización, reconstrucción y conservación de las redes de caminos rurales y alimentadores; el abastecimiento de agua potable, alcantarillado e infraestructura hidroagrícola, obras de alcance regional o intermunicipal, servicios básicos como urbanización, electrificación, salud, educación, mejoramiento de viviendas e infraestructura social y la realización de investigaciones y trabajos para desarrollar y adaptar tecnologías que modernicen el uso del agua en México, con el mayor valor agregado posible, enfocadas entre otras cosas a mejorar la productividad del agua en el sector agrícola, en las zonas rurales del país. Conservar y aprovechar sustentablemente los ecosistemas; contribuir a revertir el deterioro de los ecosistemas; lograr un manejo adecuado del agua en cuencas y acuíferos; avanzar en la gestión integral de los residuos; avanzar en las medidas de adaptación al cambio climático y de mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero; impulsar la acción territorial integral y la atención a regiones prioritarias y promover el cumplimiento eficiente y expedito de la legislación y normatividad ambiental.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO)	Mejorar el nivel de ingreso de las familias rurales, principalmente de aquellos productores que destinan su producción al autoconsumo y que por no comercializar su cosecha se encontraban al margen de los sistemas de apoyo

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		anteriores.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN)	Incrementar la productividad pecuaria, a través de apoyos para prácticas tecnológicas sustentables de producción, asistencia técnica, capacitación, fondos del financiamiento del ganado.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Componente de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua del Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales (COUSSA)	Apoyar la realización de proyectos integrales en los cuales se incluya la realización de prácticas y la construcción de infraestructura de conservación de suelos y capacitación y almacenamiento de agua de lluvia, que trascienda con su beneficio más allá del aprovechamiento individual hacia un aprovechamiento comunitario, garantizando el manejo sustentable del suelo, agua y vegetación, buscando integrar en estos proyectos, obras y prácticas de conservación de suelo, agua y manejo racional de la vegetación, así como prácticas que mejoren la cubierta vegetal.
Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.	Programa de Empleo Temporal (PET)	Contribuir a la protección social de la población afectada por baja demanda de mano de obra o por una emergencia, mediante la entrega de apoyos temporales a su ingreso por su participación en proyectos de beneficio familiar o comunitario así como proporcionar a hombres y mujeres de 16 años de edad o más apoyos temporales en su ingreso para afrontar los efectos de una baja demanda de mano obra o de una emergencia, como contraprestación por su participación al ejecutar proyectos que contribuyan al mejoramiento de las condiciones familiares o comunitarias.

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.	Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES).	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.
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.	Programa de Conservación del Maíz Criollo (PROMAC)	Proveer el manejo de la agrobiodiversidad a través del sistema agrícola de la milpa, así como de la conservación y recuperación de razas y variedades de maíz criollo y sus parientes silvestres en sus entornos naturales.
Secretaría de Desarrollo Social	Programa de Atención a Jornaleros Agrícolas (PROAJA)	Contribuir a la ampliación de capacidades de los jornaleros agrícolas y sus familias, otorgando apoyos en alimentación, salud, infraestructura, educación e información, así como promoviendo su acceso a los servicios básicos a efecto de abatir el rezago que enfrenta este grupo de población mediante la articulación de acciones con los tres niveles de gobierno y los sectores social y privado con el fin de generar la igualdad de oportunidades y la ampliación de sus capacidades.
Secretaría de Desarrollo Social	Vivienda Rural (VR)	Contribuir a que los hogares rurales e indígenas en situación de pobreza patrimonial mejoren su calidad de vida a través de soluciones de vivienda, prioritariamente para los hogares que se encuentren en localidades rurales e indígenas.
Comisión Nacional del Agua	Programa Federal de Saneamiento de Aguas Residuales (PROSANEAR)	Otorgar estímulos para el tratamiento de aguas residuales, a favor de todos los contribuyentes, proyectando con esto avanzar en

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		el saneamiento de las aguas nacionales, la reducción de la contaminación, prevenir la incidencia de enfermedades de origen hídrico contribuir al equilibrio ecológico.
Comisión Nacional del Agua	Programa para la Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Comunidades Rurales (PROSSAPYS)	Apoyar los esfuerzos del Gobierno Mexicano para incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento en localidades mexicanas de hasta 10,000 habitantes, bajo criterios de sostenibilidad operativa y financiera. Para las localidades rurales de hasta 2,500 habitantes, el enfoque será incentivar y consolidar la gestión comunitaria de los sistemas; para las localidades urbanas de 2,501 a 10,000 habitantes, el enfoque será diseñar e instrumentar esquemas institucionales o empresariales de gestión sustentable acorde a las características de la localidad
Secretaría de Desarrollo Social	Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias (PDZP)	Crear o mejorar la infraestructura social básica y de servicios, así como las viviendas, en las localidades y municipios de muy alta y alta marginación, rezago social o alta concentración de pobreza, para impulsar el desarrollo integral de los territorios que conforman las Zonas de Atención Prioritaria y otros que presentan condiciones similares de marginación y pobreza.
Secretaría de la Reforma Agraria	Programa de la Mujer en el Sector Agrario (PROMUSAG)	Ofrecer condiciones favorables con una política de subsidios para que las mujeres tengan acceso a los apoyos para crear sus propias microempresas y la contratación de los servicios técnicos y de asesoría que les permita el éxito de sus iniciativas productivas.
Secretaría de	Programa Opciones	Promover que personas cuyos

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
Desarrollo Social	Productivas (POP)	ingresos están por debajo de la línea de bienestar, en lo individual o integradas en familias, grupos sociales u organizaciones de productores cuenten con alternativas de ingreso.
Secretaría de la Reforma Agraria	Fondo para el Apoyo de Proyectos Productivos en Núcleos Agrarios (FAPPNA)	Apoyar a las mujeres y hombres que no sean titulares de derechos agrarios para la implementación y puesta en marcha de proyectos productivos con criterio de equidad e igualdad. Otorgar capacitación productiva con perspectiva de género. Impulsar la sobrevivencia de proyectos productivos apoyados para determinar su éxito a través de la supervisión.
Secretaría de Economía	Programa Nacional de Apoyos para Empresas Solidarias (PNAES)	Otorgar financiamiento a la población objetivo para proyectos productivos viables y sustentables; alentar la formación empresarial en los sujetos de apoyo; promover la organización empresarial de las personas y grupos en torno a sus actividades productivas; aumentar el acceso al financiamiento de proyectos empresariales; optimar la asignación de recursos gubernamentales; incrementar el número de empresas sociales exitosas apoyadas por el FONAES; mejorar la capacidad humana, técnica, organizativa y financiera de las empresas sociales; incrementar la demanda de proyectos elegibles; contribuir al desarrollo regional del país; potenciar los recursos y capacidades de las empresas sociales y promover la participación equitativa de las mujeres.
Comisión Nacional del	Programa de Agua Potable,	Contribuir a mejorar la productividad del agua en el sector

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
Agua	Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU)	agrícola e incrementar el acceso de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento para la población de las zonas urbanas y rurales. El propósito de hacer frente a la creciente demanda de productos agrícolas, servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, busca elevar la eficiencia en el uso del agua, impulsando el fortalecimiento de los organismos, sociedades y asociaciones responsables del manejo de los servicios en zonas urbanas y rurales, así como proporcionar agua para los diversos usos, fundamentalmente para el consumo humano.
Comisión Nacional del Agua	Programa Agua Limpia (PAL)	Apoyar la desinfección del agua que establecen las NOM-230-SSA1-2002, NOM-127-SSA1-1994 y su modificación y NOM-179-SSA1-1998, mediante acciones que permitan generar agua de calidad apta para el consumo humano y colaborar con las autoridades de salud en la disminución de enfermedades de origen hídrico
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura (PAIEI)	Incrementar los niveles de capitalización de las unidades económicas agropecuarias, acuícolas y pesqueras a través de apoyos complementarios para la inversión en equipamiento e infraestructura en actividades de producción primaria, procesos de agregación de valor, acceso a los mercados y para apoyar la construcción y rehabilitación de infraestructura pública productiva para beneficio común.
Secretaría de Agricultura, Ganadería,	Programa de Prevención y Manejo de Riesgos (PPMR)	Apoyar a los productores agropecuarios, pesqueros, acuícolas y otros agentes

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación		económicos del sector rural para la prevención, manejo y administración de riesgos, a través de instrumentos que atiendan problemas de mercado y de financiamiento, sanidad e inocuidad y ocurrencia de desastres naturales.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural (PDCITEX)	Fomentar el desarrollo de capacidades de los productores, sus organizaciones, las familias rurales y otros actores que realizan oficios, en los sectores agropecuarios, acuícolas y pesqueros, mediante un sistema nacional de desarrollo de capacidades y extensionismo, que facilite el acceso al conocimiento, información y uso de tecnologías modernas; su interacción con sus socios estratégicos en investigación, educación, agro-negocios y el mercado; y el desarrollo de sus propias habilidades y prácticas técnicas, organizacionales y gerenciales.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales (PSRN)	contribuir a la conservación, uso y manejo sustentable de los recursos naturales utilizados en la producción primaria mediante el otorgamiento de apoyos y servicios que permitan desarrollar sistemas integrales, obras, acciones y practicas sustentables que ayuden a rescatar, preservar y potenciar los recursos genéticos, inducir una nueva estructura productiva incluyendo cultivos para la producción de insumos para bioenergéticas; el uso de fuentes alternativas de energía; así como a la conservación y aprovechamiento sustentable del suelo, agua y vegetación de las unidades productivas.

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
Secretaría de Desarrollo Social	HABITAT	Contribuir a la superación de la pobreza y al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de zonas urbano-marginadas, al fortalecer y mejorar la organización y participación social, así como el entorno urbano de dichos asentamientos y en específico a mejorar las condiciones físicas y sociales de las zonas urbano-marginadas, para el desarrollo de sus habitantes.
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an (PMRBSK)	• Conservar los ecosistemas naturales de la parte costera central de Quintana Roo, como muestra representativa de la región mesoamericana y del Caribe en la República Mexicana. • Preservar la diversidad genética del área, en particular aquellas especies endémicas, en peligro de extinción y de utilidad potencial para el hombre. • Contribuir a mantener los procesos ecológicos e hidrológicos que aseguren la productividad pesquera, la conservación de suelos y la regulación climática. • Proteger y ensalzar los valores escénicos y culturales del área incluyendo los vestigios arqueológicos, históricos y los usos tradicionales de los recursos. • Ofrecer opciones de ecodesarrollo para bosques tropicales, zonas inundables y áreas costeras por medio del

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		aprovechamiento múltiple, integral y sostenido de los recursos naturales con la participación de la población local. • Proporcionar facilidades para la capacitación de pobladores locales, y promover fuentes de ingresos a los habitantes dentro de los programas de la Reserva. • Promover la investigación, particularmente en las áreas de ecología, socioeconomía y de manejo de los recursos naturales. • Contar con áreas que puedan servir como "patrón", para poder evaluar los cambios ocasionados por el uso humano de los ecosistemas en la Península de Yucatán. • Ofrecer oportunidades para la recreación controlada en contacto con la naturaleza. • Facilitar la interpretación y la educación ambiental, con énfasis en el nivel local y regional.
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	Área de Protección de Flora y Fauna Bala´an K´aax (PMAPFFBK).	• Conservar, proteger y recuperar los ecosistemas de la zona y sus elementos, a través de un adecuado manejo y administración del área, con la participación de los sectores gubernamentales y sociales involucrados. • Permitir la continuidad de los

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		procesos biológicos y evolutivos, y garantizar la conservación de sus ecosistemas, biodiversidad y procesos ecológicos. • Conservar los recursos naturales renovables y no renovables, con énfasis en las especies de flora y fauna silvestres consideradas endémicas, sujetas a protección especial, amenazadas o en peligro de extinción, y aquellas de importancia económica actual y potencial; así como en la protección de las comunidades y los ecosistemas. • Conservar el paisaje, así como sus elementos naturales, para el disfrute, el esparcimiento, el aprovechamiento y la elevación de la calidad de vida de los grupos sociales y los visitantes, y para las generaciones humanas futuras. • Promover la conservación de la biodiversidad y la productividad biológica dentro del APFFBK, que permita la continuidad e interacciones de las especies que alberga. • Brindar oportunidades para el desarrollo socioeconómico de las comunidades aledañas que permitan mejorar su calidad de vida con base en el uso sustentable y racional de los recursos naturales. • Impulsar el desarrollo de las actividades de investigación

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		científica y el monitoreo de los recursos naturales del APFFBK, a fin de conocer su dinámica de tal manera que puedan ser manejados adecuadamente. • Fomentar la participación social en los proyectos de conservación y protección que se desarrollen en el APFFBK. • Establecer la normatividad adecuada en cuanto al desarrollo de actividades y uso del APFFBK, en coordinación con los diferentes sectores involucrados. • Lograr la protección de los recursos culturales e históricos existentes en el área y su zona de influencia, como parte del patrimonio regional y nacional. • Fomentar la apreciación y la conservación de los recursos naturales del APFFBK entre las comunidades aledañas y los visitantes.
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	Reserva de la Biosfera de Calakmul (PMRBC)	• Establecer las estrategias para asegurar la protección de los ecosistemas neotropicales representativos de la región del Petén y la Península de Yucatán, en particular las selvas tropicales subperennifolias y las zonas inundables (ak'alche') que las caracterizan. • Definir las líneas de acción para la preservación de la diversidad genética y la continuidad

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		evolutiva de las plantas y animales existentes en la región, en particular las especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, así como de aquellas que representan recursos productivos actuales o potenciales para los habitantes de la región y la sociedad en general. • Establecer los lineamientos para lograr el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales que aseguran el ciclo hidráulico, la conservación de los suelos, la estabilidad climática y los procesos naturales de sucesión de las diversas formas vegetales. • Promover el desarrollo de opciones productivas para los pobladores locales, con base en el aprovechamiento racional, integral y sustentable de los recursos naturales, contribuyendo con ello a mejorar su calidad de vida; mediante proyectos alternativos compatibles con los objetivos del ANP. • Establecer acciones tendientes a la capacitación productiva y aplicación de tecnología apropiada, así como el fomento de una cultura ambiental, particularmente en las localidades existentes dentro de la Reserva, en los centros de población ejidal y otras comunidades con las que interaccionan económica, social

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		y culturalmente. • Establecer y promover estrategias para el desarrollo de la actividad ecoturística en forma regulada y controlada, que vayan de acuerdo con los principios de conservación requeridos, y que estén encaminados a incrementar cualitativamente la oferta turística del estado de Campeche y de una derrama económica en beneficio de los pobladores de la Reserva y su zona de influencia. • Fomentar la realización de actividades de investigación científica básica y aplicada, relacionada con los objetivos de conservación y uso racional de los recursos naturales, en particular en los siguientes campos del conocimiento y la técnica: botánica, zoología, ecología de poblaciones, fitogenética, agrosilvicultura, reproducción y crianza de especies silvestres, climatología, hidrología, arqueología, antropología social, economía regional y microeconomía. • Establecer estrategias en coordinación con el Instituto Nacional de Antropología e Historia, para lograr la protección de los recursos culturales e históricos existentes en la Reserva y en su zona de influencia, incluyendo el cuidado de los sitios arqueológicos y el rescate

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		de los conocimientos tradicionales de interacción con la naturaleza. • Fomentar el desarrollo de programas de interpretación y recreación ambiental tanto al interior como al exterior de la Reserva, a través del uso de los medios y técnicas de comunicación que resulten apropiados para cada uso, por ejemplo, museografía, senderización interpretativa, audiovisuales, publicaciones, videos, propaganda impresa, actividades culturales, etc.
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil (PMAPFFU).	**Protección.-** Favorecer la permanencia y conservación de la diversidad biológica del Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil, a través del establecimiento y promoción de un conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar el deterioro de los ecosistemas. **Manejo.-** Establecer políticas, estrategias y programas, con el fin de determinar actividades y acciones orientadas al cumplimiento de los objetivos de conservación, protección, restauración, capacitación y educación del Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil, a través de proyectos sustentables. **Restauración.-** Recuperar y restablecer las condiciones ecológicas previas a las modificaciones causadas por las

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		actividades humanas o fenómenos naturales, permitiendo la continuidad de los procesos naturales en los ecosistemas del Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil. **Conocimiento.-** Generar, rescatar y divulgar conocimientos, practicas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan la preservación, la toma de decisiones y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil. **Cultura.-** Difundir acciones de conservación del Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil, propiciando la valoración de los servicios ambientales, mediante la difusión y educación para la conservación de la biodiversidad que contiene. **Gestión.-** Establecer las formas en que se organizara la administración del Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y los mecanismos de participación de los tres órdenes de gobierno, de los individuos y comunidades aledañas a la misma, así como de todas aquellas personas, instituciones, grupos y organizaciones sociales interesadas en su conservación y aprovechamiento sustentable.
Gobierno del Estado de Quintana Roo	Programa Estatal de Desarrollo Urbano de Quintana Roo (PEDUQR)	Promover la regeneración de cada una de las zonas irregulares que bordean las localidades del Estado y su integración al desarrollo urbano racional e integral,

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
Secretaria de Ecología y Medio Ambiente y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente	Fondo Verde del Estado de Quintana Roo (FVQR)	Conservar y preservar los recursos naturales del estado, atendiendo la problemática ambiental de manera ordenada y permanente, sustentada en una política ecológica sólida y bien definida, en la que participen los tres órdenes de gobierno.
Secretaria de Ecología y Medio Ambiente	Medio Ambiente y sustentabilidad 2022 – 2027 (MAYS)	Impulsar un crecimiento sostenible bajo en carbono alineado con la Agenda 2030, basado en la conservación de nuestra riqueza natural, con enfoque territorial y de derechos humanos, mediante una responsabilidad compartida de acuerdos y compromisos colectivos con soluciones basadas en la naturaleza, que sea cercano, incluyente, participativo y con bienestar para todos, en un entorno libre de contaminación.
Gobierno del Estado de Quintana Roo	Programa Maestro de Desarrollo Portuario 2022 – 2027 (APIQROO)	Establecer un esquema sobre la visión estratégica de Chetumal, Playa del Carmen, Cozumel, Puerto Morelos, Punta Sam – Puerto Juárez e Isla Mujeres en relación: a los usos, destinos y modos de operación previstos para las diferentes áreas y bienes de los Puertos; a las medidas y previsiones necesarias para asegurar la eficiente explotación de los espacios portuarios, el desarrollo futuro y conexión con los modos de transporte; a los programas de construcción, expansión y modernización de la infraestructura portuaria en cumplimiento a las disposiciones

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		que apliquen; a los servicios y áreas a concesionar que se prevén en cumplimiento al artículo 46 de la Ley de Puertos; a los compromisos de mantenimiento, productividad y aprovechamiento de los bienes de los Puertos
Gobierno del Estado de Quintana Roo	Programa de Desarrollo Turístico del Sur de Quintana Roo (PRODESUR)	Crear un equilibrio entre la oferta turística que existe en la zona norte del Estado con la zona sur, contribuyendo a consolidar al Estado de Quintana Roo como líder turístico a nivel mundial
Gobierno del Estado de Quintana Roo	Programa de Planeación, Diseño y Construcción Sustentable en el Caribe Mexicano (PPDCSCM)	Orientar a los inversionistas en los aspectos fundamentales que deben considerarse respecto del entorno natural y su normatividad, con el propósito de estimular las prácticas sustentables y convenientes para la creación de proyectos turísticos en la costa del estado de Quintana Roo
Secretaria de Ecología y Medio Ambiente	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de la Laguna de Bacalar (POETRLB)	Alentar un desarrollo congruente con políticas ambientales que permitan la permanencia de sus recursos naturales, sin llegar al conservacionismo extremo o a un desarrollo sin límites que provoque deterioro y conduzca a la destrucción de la zona.
Secretaria de Ecología y Medio Ambiente	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Costa Maya (POETRCM)	Alentar un desarrollo sustentable y congruente con políticas ambientales que permitan la permanencia de los recursos naturales en la región Costa Maya.
Presidencia Municipal de Bacalar	Plan Municipal de Desarrollo 2021-2024 (PMDB)	El PMDB define en su Eje 2: en el tema de la sustentabilidad, promueve el crecimiento ordenado cuidando y protegiendo la naturaleza y el aprovechamiento que fortalezca el desarrollo. Y con el cuarto, Juntos por los ciudadanos promueve objetivos de gobierno con administración eficiente y responsable con la

DEPENDENCIA	PROGRAMA	OBJETIVO(S)
		fortaleza de instituciones municipales que trabajan por el bienestar y la prosperidad de las familias.
Comisión Nacional Forestal	Ordenamientos Territoriales Comunitarios	Orientar a las comunidades a un desarrollo que integre calidad de vida y sustentabilidad ambiental encausando las actividades productivas, el aprovechamiento de los recursos naturales, las actividades de conservación y protección, así como la organización comunitaria.

Análisis de Compatibilidades e Incompatibilidades.

El análisis de Compatibilidad e Incompatibilidad de los diferentes programas, planes y acciones de los 3 niveles de gobierno se llevará a cabo mediante una revisión y análisis individual de los objetivos, estrategias y/o líneas de acción para determinar el grado de Compatibilidad, indiferencia o incompatibilidad entre ellos.

Para tal efecto, se utilizará el Método de Comparaciones Pareadas de los objetivos de los citados programas, planes y acciones, el cual se emplea cuando se quiere conocer como es valorado un elemento variable u objeto respecto a los demás; en este caso, que tan compatible o afín es el Programa que se analiza en base a los objetivos que persigue apoyados en los indicadores con los que se cuente, en este caso indicadores económicos o sociales. Una vez seleccionados el conjunto de elementos o variables que se quiere analizar, se harán tantas combinaciones de pares de elementos como sea posible utilizando una matriz cuadrada; cada uno de esos pares se analizará uno por uno para determinar si existe afinidad o disparidad territorial entre la naturaleza y fines que persiguen los programas a comparar.

De la revisión realizada se considerarán para el análisis comparativo pareado de 45 Programas y Planes de los ámbitos de gobierno federal, estatal y

municipal que influyen en el uso del territorio y materia ambiental en el Municipio de Bacalar; la siguiente enuncia los objetivos específicos de cada programa a efecto de llevar a cabo el análisis correspondiente:Del análisis realizado se obtienen los siguientes resultados:

	Programas	PNH	PROARBOL	PROCYMAF	CA	PSA	PROFOS	PERNY	PRODESAP	PECDRS	PROCAMPO	PROGRAN	COUSSA	PET	PRECODES	PROMAC	PROAJA	VR	PROSANEAR	PROSSAPYS	PDZP	PROMUSAG	POP	FAPPNA	PNAES	APAZU	PAL	PAIEI	PPMR	PDCITEX	PSRN	HABITAT	PMRBSK	PMAPFFBK	PMRBC	PMAPFU	PEDUQR	FVQR	MAYS	APIQROO	PRODESUR	PDCSDM	POETRLB	POETRCM	PMDB	OTCS
1	PNH		C	C	C	C	C	C	I	C	I	C	C	C	C	ID	ID	ID	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2	PROARBOL			C	C	C	C	C	C	C	ID	ID	C	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	C	C	C	C	C	C	ID	C	C	ID	ID	ID	C	C	C	C
3	PROCYMAF				C	C	C	C	C	C	ID	ID	C	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	C	C	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	C	C	C
4	CA					C	C	C	C	C	ID	ID	C	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	C	C	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	C	C	C
5	PSA						C	C	C	C	ID	ID	C	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	C	C	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	C	C	C
6	PROFOS							C	C	C	ID	ID	C	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	C	C	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	C	C	C
7	PE								C	C	I	I	C	C	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	I	I	I	I	I	C	C	C	C	C	C	I	C	C	I	I	I	C	C	C	C

	Programas	PNH	PROARBOL	PROCYMAF	CA	PSA	PROFOS	PERNY	PRODESAP	PECDRS	PROCAMPO	PROGRAN	COUSSA	PET	PRECODES	PROMAC	PROAJA	VR	PROSANEAR	PROSSAPYS	PDZP	PROMUSAG	POP	FAPPNA	PNAES	APAZU	PAL	PAIEI	PPMR	PDCITEX	PSRN	HABITAT	PMRBSK	PMAPFFBK	PMRBC	PMAPFU	PEDUQR	FVQR	MAYS	APIQROO	PRODESUR	PPDCSDM	POETRLB	POETRCM	PMDB	OTCS
	RNY										D	D				D	D	D	D	D	D	D	D	D		D	D	D	D								D			D	D	D				
8	PRODESAP									C	C	C	C	ID	C	C	C	ID	ID	ID	ID	C	C	C	ID	ID	ID	C	C	C	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	C	C	ID
9	PECDRS										C	C	C	ID	C	C	C	ID	ID	ID	ID	C	ID	C	ID	ID	ID	ID	C	C	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	C	C	C	C
10	PROCAMPO											C	C	ID	ID	C	C	ID	ID	ID	ID	C	C	C	ID	ID	ID	ID	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID
11	PROGRAN												C	ID	ID	C	C	ID	ID	ID	ID	C	C	C	ID	ID	ID	ID	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID
12	COUSSA													C	C	C	C	ID	ID	ID	ID	C	C	C	ID	ID	ID	ID	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	C	ID

	Programas	PNH	PROARBOL	PROCYMAF	CA	PSA	PROFOS	PERNY	PRODESAP	PECDRS	PROCAMPO	PROGRAN	COUSSA	PET	PRECODES	PROMAC	PROAJA	VR	PROSANEAR	PROSSAPYS	PDZP	PROMUSAG	POP	FAPPNA	PNAES	APAZU	PAL	PAIEI	PPMR	PDCITEX	PSRN	HABITAT	PMRBSK	PMAPFFBK	PMRBC	PMAPFU	PEDUQR	FVQR	MAYS	APIQROO	PRODESUR	PPDCSDM	POETRLB	POETRCM	PMDB	OTCS
13	PET														ID	ID	ID	ID	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	C	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
14	PRECODES															ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	C	C	C	C	ID	ID	ID	C	ID	ID	C	C	C	C
15	PROMAC																ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
16	PROAJA																	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
17	VR																		C	C	C	C	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
18	PROSANEAR																			C	C	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
1	PR																				C	I	I	I	I	C	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	I

	Programas	PNH	PROARBOL	PROCYMAF	CA	PSA	PROFOS	PERNY	PRODESAP	PECDRS	PROCAMPO	PROGRAN	COUSSA	PET	PRECODES	PROMAC	PROAJA	VR	PROSANEAR	PROSSAPYS	PDZP	PROMUSAG	POP	FAPPNA	PNAES	APAZU	PAL	PAIEI	PPMR	PDCITEX	PSRN	HABITAT	PMRBSK	PMAPFFBK	PMRBC	PMAPFU	PEDUQR	FVQR	MAYS	APIQROO	PRODESUR	PPDCSDM	POETRLB	POETRCM	PMDB	OTCS
9	OSSAPYS																					D	D	D	D			D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D		D	D	D	D	D	D	D
20	PDZP																					ID	ID	ID	ID	C	C	ID	ID	ID	ID	C	I D	I D	I D	I D	I D	C	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D
21	PROMUSAG																						C	C	C	ID	ID	C	C	ID	ID	ID	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D
22	POP																							C	C	ID	ID	C	C	ID	ID	ID	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D
23	FAPPNA																								C	ID	ID	C	C	ID	ID	ID	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D
24	PNAES																									ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D
25	APAZ																										C	ID	ID	ID	ID	ID	I D	I D	I D	I D	I D	I D	C	I D	I D	I D	I D	I D	I D	I D

	Programas	PNH	PROARBOL	PROCYMAF	CA	PSA	PROFOS	PERNY	PRODESAP	PECDRS	PROCAMPO	PROGRAN	COUSSA	PET	PRECODES	PROMAC	PROAJA	VR	PROSANEAR	PROSSAPYS	PDZP	PROMUSAG	POP	FAPPNA	PNAES	APAZU	PAL	PAIEI	PPMR	PDCITEX	PSRN	HABITAT	PMRBSK	PMAPFFBK	PMRBC	PMAPFFU	PEDUQR	FVQR	MAYS	APIQROO	PRODESUR	PPDCSDM	POETRLB	POETRCM	PMDB	OTCS
	U																																													
26	PAL																											ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
27	PAIEI																												ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
28	PPMR																													ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
29	PDCITEX																														ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
30	PSRN																															ID	C	C	C	C	ID	C	C	ID	ID	C	ID	C	C	C
31	HABITAT																																ID	ID	ID	ID	C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
32	PMRBSK																																	C	C	C	C	ID	C	C	C	C	C	C	C	C
33	PMAP																																		C	C	C	ID	C	C	C	C	C	C	C	C

	Programas	PNH	PROARBOL	PROCYMAF	CA	PSA	PROFOS	PERNY	PRODESAP	PECDRS	PROCAMPO	PROGRAN	COUSSA	PET	PRECODES	PROMAC	PROAJA	VR	PROSANEAR	PROSSAPYS	PDZP	PROMUSAG	POP	FAPPNA	PNAES	APAZU	PAL	PAIEI	PPMR	PDCITEX	PSRN	HABITAT	PMRBSK	PMAPFFBK	PMRBC	PMAPFFU	PEDUQR	FVQR	MAYS	APIQROO	PRODESUR	PPDCSDM	POETRLB	POETRCM	PMDB	OTCS
	FFBK																																													
34	PMRBC																																		C	C	ID	C	C	C	C	C	C	C	C
35	PMAPFFU																																			C	ID	C	C	C	C	C	C	C	C
36	PEDUQR																																				ID	ID	C	C	C	C	C	C	C	ID
37	FVQR																																					C	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
38	MAYS																																						ID	ID	ID	C	C	C	C	ID
39	APIQROO																																							C	C	C	C	C	C	ID
4	PR																																								C	C	C	C	C	I

	Programas	PNH	PROARBOL	PROCYMAF	CA	PSA	PROFOS	PERNY	PRODESAP	PECDRS	PROCAMPO	PROGRAN	COUSSA	PET	PRECODES	PROMAC	PROAJA	VR	PROSANEAR	PROSSAPYS	PDZP	PROMUSAG	POP	FAPPNA	PNAES	APAZU	PAL	PAIEI	PPMR	PDCITEX	PSRN	HABITAT	PMRBSK	PMAPFFBK	PMRBC	PMAPFU	PEDUQR	FVQR	MAYS	APIQROO	PRODESUR	PPDCSDM	POETRLB	POETRCM	PMDB	OTCS
0	ODESUR																																												**D**
41	PPDCSDM																																										**C**	**C**	**C**	**C**
42	POETRLB																																											**C**	**C**	**C**
43	POETRCM																																												**C**	**C**
44	PMDB																																													**C**
45	OTCS																																													

Tabla 51 Matriz de caracterización de compatibilidad entre diferentes programas de los 3 niveles de gobierno con base en sus objetivos para el Municipio de Bacalar.

Con base al análisis comparativo pareado de objetivos de los diferentes programas, planes y acciones de los 3 niveles de gobierno, resultaron 1,128 combinaciones de conformidad con los siguientes resultados en base a los parámetros de calificación:

CALIFICACIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE
Compatibles	437	38.74
Incompatibles	2	0.18
Indiferentes	689	61.08
Total	**1,128**	**100**

Tabla 52 Número de compatibilidades e incompatibilidades y relación porcentual para el Municipio de Bacalar.

Análisis de Incompatibilidades

Para efectos del presente análisis, se procederá a analizar las incompatibilidades resultantes, considerando que los programas que resultaron compatibles o indiferentes entre sí no tendrán una repercusión importante en los resultados del presente diagnóstico. Para llevar a cabo esto, se revisó en forma amplia y detallada el objetivo general del programa, sus objetivos específicos así como las estrategias establecidas para su logro y cumplimiento. Con esta información, se identificaron las coincidencias y divergencias entre las metas que persiguen y que influyen prioritariamente en el uso del territorio y del suelo, así como en el aprovechamiento de los recursos naturales y el desarrollo de actividades productivas que promueven.

Lo anterior tiene como objetivo determinar si los programas revisados en forma pareada se contraponen en sus metas y estas a su vez generan efectos negativos sobre la riqueza natural del municipio, promueven cambios en el uso del territorio que son contrarias a las aptitudes sectoriales del municipio o tienen el potencial de influir negativamente en el desarrollo de las actividades productivas que caracterizan la zona. Este análisis tiene un componente importante ya que si bien los programas tienen importantes objetivos cuyo enfoque es promover el desarrollo de su sector, así como la atención de la problemática a afecta al mismo, es fundamental determinar con antelación que sus metas y acciones no influyan negativamente sobre otro sector que también es importante para el desarrollo sustentable de la zona de estudio.

De dicho análisis se observa que para el Municipio de Bacalar se identificaron 2 interacciones que son significativas en función a la incompatibilidad que presentan entre los programas seleccionados y que influyen tanto en el uso del suelo como en el uso de los recursos naturales, los cuales se describen a continuación:

PROSEDAP Vs. PNH.

La incompatibilidad entre estos 2 programas deriva de los grandes requerimientos de recursos hídricos para el desarrollo de las actividades productivas que demanda el sector agropecuario, el cuál es un componente muy significativo de la actividad económica y social de la región. Sí bien conforme al Estudio de Caracterización realizado en ninguno de los 3 acuíferos que se localizan en el Municipio de Bacalar se presenta un déficit hídrico en función de que la recarga es mayor que la demanda, es significativo que el 89.7% (20'844,756 m^3/año) del agua subterránea que se extrae es utilizada para actividades agrícolas en 232 pozos de los 389 existentes; asimismo en cuanto al aprovechamiento de aguas superficiales, el 70.25% (366,174.08 m^3/año) del total extraído es utilizado para dichas actividades. Con base en lo anterior se establece un componente de incompatibilidad entre estos dos importantes programas cuyo enfoque contrasta con sus objetivos y sobre todo en los aspectos de temática ambiental para la conservación de los recursos hídricos como lo establece el PNH contra el aprovechamiento de estos en base al PRODESAP.

PROCAMPO Vs. PNH.

Con base en el caso anterior, para estos 2 programas también se presenta una incompatibilidad importante resultante de los grandes requerimientos de recursos hídricos para el desarrollo de las actividades productivas que demanda el sector agrícola debido a la presión que se ejerce por el uso del recurso tanto subterráneo como superficial como así como a la calidad para su uso en la producción de bienes de consumo humano.

En el caso de PROCAMPO, conforme a los apoyos otorgados para el Municipio de Bacalar, la SAGARPA informa de los resultados obtenidos

desde el año 2008 al 2012, verificándose con esto la importancia del citado Programa que promueve la producción agrícola y la ocupación en el uso del territorio para este sector, tal como puede analizarse en la siguiente tabla:

AÑO	RECURSOS OTORGADOS ($)	SUPERFICIE (HA)	CANTIDAD DE BENEFICIADOS
2008	18,040,076.15	16,447.25	5,646
2009	19,537,886.15	16,158.30	5,471
2010	19,324,001.65	16,010.30	5,395
2011	19,248,065.65	15,774.80	5,203
2012*	16,623,687.00	13,357.50	3,944
TOTAL	**92,773,716.60**	**77,748.15**	**25,659**

Fuente: SAGARPA, 2008 – 2012.
*Datos del Ciclo Primavera-verano.

Tabla 53 Totales anuales de Montos Económicos Otorgados, Superficie y Productores Beneficiados por el PROCAMPO en el Municipio de Bacalar.

En forma específica en el análisis de la información proporcionada por la SAGARPA de apoyos otorgados por el PROCAMPO para los ejidos Reforma Agraria, Los Divorciados, Bacalar, Blanca Flor, Buena Esperanza, Emiliano Zapata, Miguel Alemán y Nuevo Jerusalén se observa, conforme a la tabla siguiente, que el territorio en donde se localizan presenta una aptitud agrícola media, con excepción del Ejido Los Divorciados que en general cuenta con superficies importantes con alta y muy alta aptitud para el uso del suelo del mencionado sector. En el análisis realizado, estos ejidos, que se caracterizan por contar con una extensión superficial significativa en el Municipio de Bacalar con más de 5,000 ha cada uno, en todos ellos se aprecia que cuentan con superficies parciales, con relación a la totalidad del área, que ocupan para el desarrollo de actividades agrícolas y que según el análisis de aptitud presentan aptitudes alta y muy alta; y también cuentan con zonas con grado de aptitud media, baja e incluso muy baja. En función de lo anterior, se considera que no se presentan incompatibilidades significativas por la aplicación del PROCAMPO en los ejidos anteriormente mencionados al contar con espacios y zonas aptas para el cultivo, sin que se promuevan estas en zonas en donde el aprovechamiento sustentable de los recursos y/o

la protección y conservación de los recursos naturales y la biodiversidad deberían ser prioritarios en función a la aptitud del uso de suelo.

También podemos observar en la citada tabla que en los Reforma Agraria se aplica el Programa de Compensación Ambiental (CA), lo cual contrasta con su aptitud para la conservación como baja, así como en el ámbito forestal la cuál en la mayoría de su territorio destaca la aptitud baja. Es conveniente para este caso analizar adecuadamente la factibilidad de la aplicación de este programa en este ejido considerando que, de manera particular, cuenta con aptitudes más óptimas para el uso agrícola, pecuario, apícola y acuícola en contraste con la aptitud forestal y de conservación a la que se enfoca dicho programa derivado del PROARBOL.

Análisis de Compatibilidades.

En el ámbito federal, con base a Programas en los cuales se cuenta con disponibilidad de información de la ubicación a nivel de ejido de los apoyos otorgados, como son los casos correspondientes a CA y PROCAMPO, se llevó a cabo una revisión de la aptitud sectorial que fue determinada en el presente Diagnóstico en base a los mapas generados y que son presentados en los capítulos 2 con respecto a la incidencia de dichos apoyos en el área correspondiente; derivado de este análisis se obtuvieron los siguientes resultados:

EJIDO	PROGRAMA	APTITUD							
		AGR	GAN	API	ACU	FOR	CON	UR	TUR
Buena Vista	CA	Baja	Baja	Alta	Baja	Alta	Med	Baja	Baja
Miguel Hidalgo	CA	Med	Baja	Alta	Alta	Med	Med	Baja	Baja
Isidro Favela	CA	Baja	Baja	Alta	Baja	Alta	Alta	Baja	Baja
Reforma	CA y	M	M	A	M	B	B	B	B

EJIDO	PROGRAMA	APTITUD							
		AGR	GAN	API	ACU	FOR	CON	UR	TUR
Agraria	PROCAMPO	ed	ed	lta	ed	aja	aja	aja	aja
Río Verde	CA	Baja	Baja	Alta	Baja	Alta	Alta	Baja	Baja
Nuevo Tabasco	CA	Baja	Baja	Alta	Baja	Med	Alta	Baja	Baja
Los Divorciados	CA y PROCAMPO	Alta	Baja	Alta	Alta	Med	Med	Baja	Baja
Bacalar	PROCAMPO	Med	Baja	Alta	Baja	Alta	Med	Baja	Alta
Blanca Flor	PROCAMPO	Med	Baja	Alta	Baja	Med	Med	Baja	Baja
Buena Esperanza	PROCAMPO	Med	Baja	Alta	Baja	Med	Baja	Baja	Baja
Emiliano Zapata	PROCAMPO	Med	Med	Alta	Baja	Med	Alta	Baja	Baja
Miguel Alemán	PROCAMPO	Med	Baja	Alta	Baja	Med	Med	Baja	Baja
Nuevo Jerusalén	PROCAMPO	Med	Baja	Alta	Med	Med	Med	Baja	Baja

AGR: Aptitud Agrícola; GAN: Aptitud Ganadera; API: Aptitud Apícola; ACU: Aptitud Acuícola
FOR: Aptitud Forestal; CON: Aptitud Conservación; UR: Aptitud Urbana; TUR: Aptitud Turística
Med: Media.

Tabla 54 Análisis de Aptitud de Ejidos Apoyados con Programas Federales en el Municipio de Bacalar.

Como se indicó con anterioridad, en prácticamente los ejidos analizados existe compatibilidad en la aplicación del PROCAMPO, para los cuales solo el Ejido Los Divorciados presentó una aptitud alta, mientras que en el resto esta fue considerada de carácter medio en razón a que si bien había factibilidad para el aprovechamiento agrícola, este no se reflejaba en la mayor parte del territorio ejidal, sólo en ciertas zonas o franjas identificadas; sin embargo si dicho Programa se aplica en dichas zonas de aptitud alta o muy alta, no se considera que esto represente una incompatibilidad en la aplicación de los apoyos para el sector.

El Programa CA fue otro tema que pudo ser abordado para el análisis en el rubro ejidal. En la tabla anterior podemos observar que los apoyos específicos se han aplicado prioritariamente en ejidos con aptitudes altas y medias para la conservación y el aprovechamiento forestal, con excepción del ejido Reforma Agraria que ya se discutió con anterioridad. Dado el alcance que tiene CA para promover la restauración de ecosistemas forestales deteriorados, con el fin de compensar la pérdida de la vegetación y los servicios ambientales afectados por los cambios de uso del suelo en terrenos forestales mediante actividades de restauración de suelos, reforestación y otras se observa que existe una importante compatibilidad en la aplicación del programa hacia los ejidos que se destina.

Con respecto a las compatibilidades entre los diferentes Programas y Planes a nivel federal, estatal y municipal, se observa también la correspondencia de los programas del ámbito estatal como municipal que establecen lineamientos acordes a las aptitudes sectoriales que ha sido establecidas para el presente Diagnóstico, como es la compatibilidad para el uso de suelo agrícola, pecuario, de aprovechamiento de recursos forestales, apícola, acuícola, turístico y urbano así como para áreas prioritarias que requieren conservación.

5.2 Actualización del Diagnóstico

En forma significativa resalta el Plan Quintana Roo 2011-2016 en el cual se establecen diferentes objetivos acordes a la aptitud del territorio, de los cuales resaltan los siguientes:

- Fundamentar y ejecutar acciones conducentes hacia la calidad productiva bajo condiciones competitivas, con procesos de calidad con mayor valor agregado, encadenamiento productivo, oportunidades de crecimiento, tecnificación y comercialización de los productos agrícolas y pecuarios.
- Fortalecer e incrementar la infraestructura física prioritaria para la producción agrícola y pecuaria con una política de productividad intensiva que beneficie a un mayor número de productores aprovechando la vocación productiva de Quintana Roo, proponiendo una reconversión productiva amigable con el medio ambiente.
- Establecer una política de reconversión del sector forestal que genere las condiciones de para el crecimiento económico, la conservación, ampliación y mejoramiento de la reserva forestal y el desarrollo de alternativas de aprovechamiento sustentable.
- Fomentar la conservación y protección del capital forestal estatal.
- Fomentar el establecimiento de plantaciones forestales comerciales, la reconversión de tierras de baja rentabilidad agrícola y ganadera y la tecnificación de los viveros actuales para elevar su productividad.
- Establecer una política estatal de desarrollo pesquero y acuícola que estimule el ordenamiento y la sustentabilidad, la construcción y mejoramiento de infraestructura, la diversificación productiva y la protección de las especies de valor comercial.
- Impulsar una política para consolidar a Quintana Roo como un multidestino líder en competitividad con una oferta de alta calidad, diversificada y articulada, con pleno respeto a los entornos naturales, sociales y culturales con empresas altamente competitivas y con

bases sólidas en infraestructura legal, física y educativa para el desarrollo turístico.

- Impulsar los nuevos destinos turísticos Grand Costa Maya, Playa Mujeres y Pueblo Mágico de Bacalar.
- Garantizar el desarrollo sustentable de la actividad turística en el estado.
- Desarrollar proyectos de localización industrial que fortalezcan las determinantes competitivas de inversión para el establecimiento y la consolidación de empresas industriales.
- Impulsar el desarrollo de parques industriales, tanto públicos como privados y de esquemas mixtos, que permitan un sano establecimiento de Industrias en diferentes regiones del estado.
- Regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas en todo el territorio estatal, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.
- Impulsar la reforestación, recuperación y restauración forestal, principalmente en áreas degradadas por incendios forestales.
- Conservar y proteger los ecosistemas más representativos, frágiles y en buen estado de conservación y sus bienes y servicios asociados, procurando la conectividad y propiciando el flujo genético de las especies de flora y la fauna.
- Crear nuevas áreas naturales protegidas estatales, impulsar áreas voluntarias de conservación y garantizar la conectividad ecosistémica y flujo genético.
- Impulsar las políticas y acciones de sustentabilidad para el aprovechamiento y preservación del medio ambiente.

En el ámbito municipal resaltan también diversas estrategias derivadas del Plan Municipal de Desarrollo 2011 – 2013 de Bacalar que promueven el uso del territorio en base a las aptitudes del mismo, destacando entre otras las siguientes:

- Mejorar la productividad y rentabilidad de las actividades agrícolas del Municipio de Bacalar con un enfoque sustentable a través de la tecnificación y eficientización del campo.
- Consolidar gradualmente durante los tres años la superficie de las hectáreas de cultivo agrícola en el municipio, sin deteriorar el entorno ambiental.
- Fomentar las actividades pecuarias del Municipio, a través del apoyo financiero y el asesoramiento técnico en materia de mejora de las especies ganaderas para que se impulse la producción intensiva, el mercado de productos pecuarios y de autoconsumo en el Municipio de Bacalar.
- Promover la participación social en acciones encaminadas a la conservación de los recursos naturales y la reforestación de la selva del municipio y garantizar la explotación sustentable de dichos recursos.
- Promover las plantaciones forestales comerciales de especies de demanda nacional e internacional.
- La administración municipal fomentará como estrategia toral la preservación de selvas como activo fundamental para la consolidación del municipio como un municipio verde. La producción forestal será a través de acciones y recursos aplicados a la incorporación de predios forestales al aprovechamiento sustentable, mediante la participación de los dueños y los ejidatarios en actividades de explotación, protección, conservación y reforestación; así como gestionar en forma de subsidios para los titulares de aprovechamientos forestales. También impulsará la organización y consolidación de empresas sociales en materia forestal, donde integre acciones para apoyar a los

dueños y ejidatarios en la constitución, desarrollo y consolidación de empresas forestales de carácter social, gestionando el otorgamiento de capacitación en el ámbito estatal, la protección y restauración, así como la concertación de proyectos productivos, todo ello bajo las leyes y normatividad vigente, así como la explotación racional de los recursos naturales.

- Impulsar en los ejidos los pagos por servicios ambientales.
- Impulsar las plantaciones forestales comerciales en zonas de acahual que se incorporan a la actividad económica.
- Impulsar la producción acuícola diversificada prevaleciendo las especies nativas y fomentar granjas de producción intensivas en las zonas rurales y corredores estratégicos de producción para contribuir a la generación de empleos y mejorar la dieta básica de los pobladores de las comunidades rurales y de la Cabecera del Municipio de Bacalar.
- Consolidar al turismo sustentable como factor de desarrollo económico, en un esquema legal y ordenado,
- Gestionar ante las Instancias correspondientes la rehabilitación y creación de infraestructura de servicios turísticos sustentables.
- Desarrollar nuevos destinos y productos turísticos sustentables que permitan diversificar la oferta turística.
- Crear, Fomentar y Fortalecer el turismo alternativo y corredores turísticos en la zona rural e indígena.
- Crear los mecanismos, elementos e instancias de planeación a corto, mediano y largo plazo que permitan al Municipio de Bacalar crecer de forma ordenada, y sin la problemática económica y social que conlleva el crecimiento desordenado de las ciudades y municipios.
- Impulsar la concentración de los asentamientos rurales dispersos mediante la centralización y construcción de equipamiento, de servicios básicos e infraestructura.

- Resulta fundamentalmente para el desarrollo urbano, social y económico del municipio de Bacalar la elaboración de un Plan de Desarrollo Urbano de largo plazo (2011-2025), con metas y objetivos claros y medibles, que permita aprovechar las bondades de la urbanización y evitar las problemáticas sociales que conlleva el crecimiento desordenado. El Plan deberá ser elaborado y monitoreado por expertos en la materia, y podrá ser susceptible a cambios siempre y cuando no se contrapongan a la estrategia principal de desarrollo. Involucrar activamente a la sociedad en la elaboración y ejecución del Plan será muy importante para el crecimiento armónico del municipio.
- Consolidar el desarrollo urbano en zonas aptas para ello, de acuerdo a las condiciones naturales de territorio municipal, decretando los planes y programas de desarrollo que garanticen la sustentabilidad.
- Elaborar programas de ordenamiento ecológico que garantice un desarrollo económico verde sostenible.
- Promover el crecimiento ordenado de las viviendas y fomentar su construcción en los centros de población del municipio vinculándolo a un desarrollo regional sustentable, y fortaleciendo su papel como responsable de la planeación y operación urbana.
- Establecer las bases técnicas y jurídicas para ordenar el territorio del municipio de Bacalar con relación características ambientales que determinen el uso de suelo para garantizar su sustentabilidad.
- Conservar el ecosistema de las aéreas naturales protegidas del municipio siendo estas un patrimonio natural heredado para las futuras generaciones.
- Fomentar la conservación de los ecosistemas en el municipio en zonas urbanas y rurales en un desarrollo sostenible de los recursos como flora y fauna evitando la sobre explotación y así garantizar su permanencia.

- Promover la construcción, ampliación, mejoramiento y adecuación de vialidades, para mejorar la integración interna y externa del municipio, y hacerlo más atractivo para los inversionistas.
- Construcción de carretera Reforma-Campeche para el repunte turístico y económico de la zona.
- Construir la red carretera para conectar a todas las localidades con la cabecera municipal.

Conclusiones.

Como resultado del análisis de compatibilidades e incompatibilidades de los Programas, Planes y Acciones de los 3 ámbitos gubernamentales, puede observarse que la aplicación de estos programas en el Bacalar presenta una alta compatibilidad pareada entre los mismos con un 38.74% mientras que del 61.08% de las combinaciones resultó que no existe una influencia entre estos ya sea benéfica o adversa, sino que actúan en forma independiente. De lo anterior, el 99.82% la aplicación comparativa de los programas no tiene aspectos negativos que deriven de contraposición de los objetivos que persiguen.

En cuanto a incompatibilidades, sólo el 0.18% de las combinaciones pareadas resulto incompatible entre sí, principalmente en lo referente a los sectores que conllevan actividades productivas derivadas del sector agrícola en el uso y calidad del agua en el Municipio.

Es por esto que se evidencia la necesidad de realizar acciones que propicien el ordenamiento ecológico del territorio a efecto de promover el adecuado uso del mismo, destinado los sitios aptos para la actividad que resulte más propicia en el ámbito de la prevención, mientras que en forma paralela se establezcan también programas y lineamientos que permitan potenciar en forma sustentable el aprovechamiento de los recursos para incrementar la calidad de vida de los habitantes del municipio.

BIBLIOGRAFIA

1.- Bauer-Gottwein, P. et al. (2011) Review: The Yucatán Peninsula Karst Aquifer, Mexico. Hidrogeology Journal. 19(3), 507-524 pp.

2.- Beraldi, H. Estromatolitos. Temas Selectos de Difusión y Divulgación. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Consulta del 28 de Febrero del 2013 en http://www.geologia.unam.mx/igl/index.php/difusion-y-divulgacion/temas-selectos/571-estromatolitos

3.- Can Arturo, 2005. Estudio Técnico Justificativo para el Aprovechamiento de Especies No Maderables en el Ejido Esteban B. Calderón del Municipio de Othon P. Blanco en el Estado de Quintana Roo.

4.- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado. Sistema Operador Othón P. Blanco. (2000). Caracterización Física, Química y Bacteriológica de Fuentes de Abastecimiento.

5.- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado. Sistema Operador Othón P. Blanco. (2006). Caracterización Física, Química y Bacteriológica de Fuentes de Abastecimiento.

6.- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo. (1992). Estudio de la Calidad del Agua del Sistema Lagunar de Bacalar.

7.- CONABIO. 2009. Identificación de Prioridades y Análisis de Vacios y Omisiones en la Conservación de la Biodiversidad de México, en Capital Natural de México vol. II: Estado de Conservación y Tendencias de Cambio. pp. 651-718.

8.- CONABIO. 2012. Uso y Manejo de la Biodiversidad. Coordinación General de Corredores y Recursos Biológicos. Quintana Roo, México.

9.- CONABIO. 2012. Informe de Evaluación Ambiental. Proyecto: Sistemas Productivos Sostenibles y Biodiversidad. México, D.F.

10.- CONANP. (2001). Programa de Manejo, Reserva de la Biósfera de Sian Ka´an.México, D.F.

11.- CONANP. (2007). Programa de Conservación y Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Bala'an K'aax, México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 1-172 pp. México.

12.- CONANP. (2011). Programa de Conservación y Manejo, Área de Protección de Flora y Fauna Balan´an K´aax. México, D.F.

13.- Conservación Internacional, El Colegio de la Frontera Sur, Fundación Defensores de la Naturaleza, Programme For Belize, Pronatura Península de Yucatán, The Nature Conservancy et al. (2005). Plan Ecorregional de las Selvas Maya, Zoque y Olmeca. CI, ECOSUR, FDN, PFB, PPY, TNC, and WCS. Un Esfuerzo Conjunto.

14.- Gondwe, B. R. N (2010) Exploration, Modelling and Management of GroundwateDependent Ecosystems in Karst- The Sian Ka´an Case Study, Yucatan, Mexico. Technical University of Denmark. 1-132 pp. ISBN: 978-87-91855-86-3

15.- Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo. (2005). Decreto por el que se establece el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Laguna Bacalar, Quintana Roo.

16.- Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo. (2006). Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Costa Maya.

17.- Pozo C., Armijo Canto N. y Calmé S. (editoras). (2011). Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un Análisis para su Conservación. ECOSUR, CONABIO, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. Un Análisis Para su Conservación. Tomo I., 1-344 pp. México, D.F.

18.- SEDARI. (2012). Datos Estadísticos del Sistema Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable.

19.- SEMARNAT-COLPOS. (2003). Evaluación de la Degradación del Suelo Causada por el Hombre en la República Mexicana, Escala 1:250,000.

20.- SEMARNAT. (2010). NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección Ambiental. Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres. Categorías de

Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio. Lista de Especies en Riesgo. 1-77 pp.

21.- SEMARNAT, Dirección de Geomática. (2004). Degradación del Suelo en la República Mexicana, Escala 1:250,000. México, D.F.

22.- Universidad de Quintana Roo. (2005). Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Laguna de Bacalar.



SALVADOR POOR VILLANUEVA
DIRECTOR DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO