

CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA URBANO-COSTERA DEL MUNICIPIO DE *Tulum* ANTE EL CAMBIO GLOBAL

CRÉDITOS

Créditos

Manual de lineamientos generales de diseño para la protección y restauración de la vegetación en las zonas urbano-costeras de Tulum

El presente documento se realizó en el marco de cooperación técnica entre el Gobierno de México y el Gobierno de Alemania, acompañado de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ, por sus siglas en alemán) GmbH en México, a través del proyecto "Desarrollo Sustentable de Regiones Urbanas Costeras (BIOCITIS)" el cual es financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania, y en coordinación con el Ayuntamiento de Tulum.

Primera edición 2023
Elaborado en México

Publicado por
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn/Alemania
www.giz.de

Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor
Av. Insurgentes Sur 826-PH Col. Del Valle
C.P. 03100, Alcaldía Benito Juárez, CDMX.
T +52 55 55 36 23 44
F +52 55 55 36 23 44
giz-mexiko@giz.de

www.giz.de/mexico

Proyecto
Desarrollo Sustentable de Regiones Urbanas Costeras (BIOCITIS)

Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) GmbH México
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

Marita Brömmelmeier
Directora Residente

Johanna Wysluch
Directora de Proyectos Ciudades Sustentables y Transporte

Guadalupe Wallace
Coordinadora Ejecutiva del Programa "Protección del Clima en la Política Urbana de México (CiClim)"

Ruben Flores Castillo
Asesor Técnico

Desarrollo sustentable de regiones costeras urbanas mediante integración de servicios ecosistémicos y la biodiversidad
Programa

D.R. © 2023 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ayuntamiento de Tulum
Dirección General de Desarrollo Territorial Urbano Sustentable
Dirección de Sustentabilidad Ambiental
Plaza Andador /C. Okot, Tulum Centro, 77765, Tulum, Q.R.

Autoría

Laura Jaloma López
Rosa Michelle Meza Paredes
Rodrigo Peyret García
Enrique Soto Alva

Auxiliar de contenido

Mariela Martínez Álvarez

Diseño

Jonathan Monteverde López

Créditos fotográficos

Ayuntamiento de Tulum

Imagen de portada: Fotografía aérea del municipio de Tulum, 2022.

Derechos de autor

Se permite la reproducción, total o parcial, por razones educacionales o sin ánimo de lucro de esta publicación, sin la autorización especial del portador de los derechos de autor, siempre y cuando la fuente sea citada. La GIZ agradece recibir una copia de cualquier publicación que utilice contenidos de esta publicación como fuente. No se permite en absoluto hacer uso de esta publicación con fines comerciales o de lucro.

Deslinda de responsabilidad

Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresadas en este documento están basados en la información compilada por la GIZ y sus consultores, socios y colaboradores. No obstante, la GIZ no garantiza la precisión o integridad de la información en este documento y no puede ser responsable por errores, omisiones o pérdidas que surjan de su uso.

INDICE

Indice

1.- Caracterización general de la zona urbano-costera del municipio de Tulum ante el cambio global	1		
Introducción	4		
1.1- Servicios ecosistémicos	6		
1.2- Áreas relevantes para las dinámicas urbano-costeras de Tulum	9		
1.3- Análisis de las comunidades vegetales de Tulum	18		
1.4- Revisión de instrumentos normativos existentes	30		
1.5- Antecedentes de la zona urbana costera de Tulum	35		
Distribución poblacional	37		
Sistema Urbano del Corredor Cancún	38		
Sistema de localidades rurales y urbanas a nivel municipal	39		
Clusters de actividades turísticas	40		
2.- Lineamientos generales de diseño para la protección y restauración de la vegetación en las zonas urbano-costeras de Tulum ante el cambio global	44		
2.1- Criterios generales de diseño SBN	49		
Protección y restauración de la zonas urbano costeras	50		
Definición de aspectos de ordenamiento y su conexión con las ANP	52		
Protección y conservación	54		
Restauración y mejoramiento	56		
Contemplación del paisaje	57		
Tulum ante el cambio global	65		
2.2- Definición de criterios generales de diseño a escala local a través de SBN acordes con el patrimonio biocultural del sitio	71		
		Soluciones basadas en la Naturaleza	72
		Consideraciones y recomendaciones en el diseño de Instrumentos de Planeación urbano-territoriales para el municipio de Tulum	75
		Patrimonio Biocultural	77
		Solar maya	79
		Funcionamiento puntual de los ecosistemas de la zona urbano-costera de Tulum	80
		Criterios generales de diseño por ejes	89
		1.- Biodiversidad	92
		Huertos mayas y la seguridad alimentaria	95
		Paleta Vegetal	96
		2.- Agua	105
		3.- Habitabilidad	112
		4.- Contemplación del paisaje costero	117



Fotografía.
Tulum, Septiembre de 2022

Introducción

México se encuentra clasificado como uno de los países con mayor biodiversidad a nivel mundial encontrándose en el 6° lugar. La megadiversidad biológica de México constituye un privilegio y un potencial para el desarrollo sustentable del país, y también representa una responsabilidad con nuestra sociedad y ante el mundo. Sin embargo, su manejo y conservación requieren conocimiento sólido y el desarrollo de capacidades para su gestión (Sarukhan & et al., 2017). La importancia del ordenamiento para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas y sus servicios requiere que se integre a la planificación del territorio. (Avendaño-Leadem, Cedeño_Montoya, & Arroyo-Zeledón, 2020), por lo que el enfoque de servicios ecosistémicos permite la valoración de los ecosistemas y su importancia en la planeación. Aunque la población de Tulum es de poco más de 46 mil personas, su creciente popularidad ha generado que alrededor de 2 millones de turistas lleguen año con año a vacacionar en las playas, hoteles y demás atractivos que ofrece la **“nueva joya de la Riviera Maya”**, acrecentando cada vez más la presión sobre la reserva («Los guardianes de Sian Ka'an», s. f.).

Según datos oficiales, entre 2007 y 2017, Quintana Roo recibió el 47% del total de ingresos generados por el turismo en México, sin embargo, tal crecimiento no se refleja directamente sobre las poblaciones locales. El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), estimó que en 2018 el 72.9% de la población del estado se encontraba en situación de pobreza o vulnerabilidad económica («Los guardianes de Sian Ka'an», s. f.). En la búsqueda de sitios de recreo y esparcimiento el turismo de playa ha ejercido una importante presión sobre las comunidades vegetales de la zona urbana de Tulum. Por ello, la valoración de los servicios ecosistémicos se convierte en una herramienta para poner en valor el funcionamiento de los sistemas ambientales y sus beneficios para su conservación, uso y disfrute.

“Nueva joya de la Riviera maya”

Servicios ecosistémicos

Las poblaciones humanas dependen de los ecosistemas ubicados dentro y fuera de las ciudades para obtener servicios, como recreación, regulación microclimática, control de la erosión y filtración del aire, así como para el suministro de alimentos, fibras, agua, aire y otros servicios. La definición según el Millenium Ecosystem Assessment define a los servicios ecosistémicos como beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas (MEA, 2005) y son esenciales para el bienestar humano. El desarrollo de la humanidad depende totalmente de los ecosistemas y los servicios ambientales que nos brindan; a pesar de ello, hasta ahora no hemos sabido valorarlos (Sarukhan & et al., 2017). A pesar de la importancia de los servicios ecosistémicos, estos continúan degradándose por el crecimiento urbano, la conversión del uso de suelo de conservación, lo cual afecta directamente la calidad de vida de los humanos. Al relacionar la salud de los sistemas naturales con el bienestar humano, los servicios ecosistémicos proporcionan una oportunidad para promover un desarrollo urbano sostenible y resiliente (Biggs, Schlüter, & Schoon, 2015).

Las poblaciones urbanas dependen de los ecosistemas ubicados dentro y fuera de las ciudades (Niemelä, y otros, 2010) para obtener servicios, y dependen de la huella ecológica proporcionada por los ecosistemas que se localizan fuera de las ciudades (Folke, Jansson, Larsson, & Costanza, 1997). Las poblaciones urbanas son grandes consumidores de servicios ecosistémicos y una fuente relevante de impactos globales en una época en que los ecosistemas están en rápido declive (MEA, 2005).

La biodiversidad representa el capital natural de la nación y es tanto o más importante que otros capitales como el financiero o el manufacturado. Debemos promover y adoptar una cultura de su valoración en el contexto del desarrollo de México.

Los ecosistemas costeros, insulares y las aguas continentales, en apariencia modestos en su extensión, son cruciales para el mantenimiento de una biota de enorme importancia biológica y económica. Buena parte de la actividad económica humana de grupos marginados que viven en las costas depende del estado de estos ecosistemas (Sarukhan & et al., 2017).

Existen 4 tipos de servicios ecosistémicos: de soporte, aprovisionamiento, regulación y culturales. A continuación, se describe qué servicios ofrecen cada uno de ellos.

■ **Servicios de abastecimiento o provisión.** Son aquellos productos o bienes obtenidos de los ecosistemas (madera, combustible, cosechas).

- Cultivo
- Recolección y cosecha de alimentos
- Caza
- Ganadería
- Pesca
- Productos forestales

■ **Servicios de regulación.** Son aquellos beneficios obtenidos de la regulación de los procesos de los ecosistemas (regulación del agua, de la erosión y de la calidad del aire).

- Clima local y calidad del aire
 - Regulación de contaminantes atmosféricos;
 - Cambios de temperatura del agua y del aire
 - Los árboles urbanos pueden influir en la calidad del aire

- Secuestro y almacenamiento de carbono
 - La conversión del uso de la tierra y el cultivo del suelo han sido una importante fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. Se calcula que son responsables de aproximadamente un tercio de las emisiones de GEI.

Beneficios de los Ecosistemas

- Cadenas de producción
- Los océanos y sistemas acuáticos son importantes secuestradores y sumideros de gases de efecto invernadero
- Moderación de fenómenos extremos (creciente variabilidad del clima)
 - Unos manglares y unos sistemas de arrecifes de coral sanos constituyen elementos importantes para proteger a las poblaciones costeras de los fenómenos meteorológicos extremos.
 - Una buena cubierta forestal y una adecuada gestión de los bosques pueden reducir la incidencia y el alcance de inundaciones y desprendimientos de tierras en la zona circundante. No siempre.
- **Servicios de apoyo o sostenimiento.** Son aquellos necesarios para la producción de los restantes servicios de los ecosistemas (Formación de suelo, fotosíntesis).
- Hábitat para especies
 - Biodiversidad de los ecosistemas acuáticos y la pesca sostenible
 - Biodiversidad de los ecosistemas terrestres (Ecosistemas de selva mediana, humedales, vegetación de duna costera, playas y cenotes).
 - Pastizales seminaturales
 - Agroecosistemas
 - Conservación de la diversidad genética
 - Especies en riesgo o peligro de extinción
 - Razas de ganado
 - Especies de cultivo

■ **Servicios culturales.** Son aquellos beneficios no materiales, como el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo y la recreación (FAO, 2022).

- Actividades de recreo y salud mental y física
 - Oportunidades recreativas basadas en la naturaleza desempeñan un papel importante en el mantenimiento de la salud mental y física (por ejemplo, caminar y practicar deportes en parques y espacios verdes urbanos).
 - Turismo
 - Zonas acuáticas
 - Forestal
- Apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño
 - Paisaje cultural
 - Paisaje recreativo
 - Paisaje acuático
 - Paisaje natural
- Experiencia espiritual y sentimiento de pertenencia

Los regímenes alimenticios relacionados con la agricultura son esenciales en muchas religiones prácticas: ceremonias; importantes tradiciones y fiestas relacionadas con los ciclos anuales de captura y se han desarrollado importantes tradiciones culinarias.

La naturaleza y la vida salvaje siempre han tenido un papel en las culturas ancestrales, albergando buenos y malos espíritus.

En muchas de las fuentes bibliográficas los servicios ecosistémicos de soporte, regulación, provisión y culturales se encuentran en igualdad de importancia, sin embargo el sistema de clasificación CICES por sus siglas en inglés (Clasificación Internacional Común de Servicios Ecosistémicos) desarrollado y publicado en 2018 por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) propone lo siguiente:

Servicios de aprovisionamiento	Servicios de regulación	Servicios culturales
Productos obtenidos de los ecosistemas	beneficios obtenidos de la regulación de procesos de los ecosistemas	beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas
Alimentas	Regulación de clima	Espiritual y religiosos
Agua dulce	Regulación de enfermedades	Recreativo y turístico
Fibras	Regulación y saneamiento de agua	Estético
Bioquímicos	Polinización	inspirativo
Recursos genéticos		Identidad de sitio
		Herencia cultural
Servicios de soporte		
Servicios necesarios para la producción de otros servicios ecosistémicos		
Formación de suelos	Reciclaje de nutrientes	Producción primaria

(Camacho & Ruiz, 2012)

En este esquema se establece que la clase de servicios de soporte son en realidad procesos y estructuras ecológicas básicas, que no proveen servicios o productos finales como si lo hacen los servicios de aprovisionamiento o provisión, regulación y culturales (Haines-Young & Potschin, 2018). Sin embargo, sin los servicios de soporte no es posible que ninguno de los otros servicios pueda ser brindado, con lo que se resalta su importancia. Cada ecosistema brindará servicios ecosistémicos variados en función de su estructura y composición, por lo que no es posible establecer que todos los ecosistemas brinden los mismos servicios porque dependerá de otros factores, como el estado de conservación en función de su deterioro por actividades humanas, o fenómenos naturales, así como de su conexión y cercanía con otros sistemas terrestres y acuáticos.

A continuación, se presenta brevemente cuales son las principales dinámicas que se generan en las zonas urbano costeras del municipio de Tulum, su tipo de vegetación y comunidades vegetales, así como los antecedentes urbanos que tiene esta zona y los instrumentos normativos vigentes.

Áreas relevantes para las dinámicas urbano-costeras de Tulum

1.2

Las zonas costeras son áreas de transición entre los ecosistemas marinos y terrestres. Son áreas de gran importancia, complejidad y diversidad del planeta. En la costa se desarrollan un conjunto complejo de interacciones entre el océano, aguas continentales, atmósfera y línea litoral (playas), estas reúnen características de ecosistemas y sociosistemas (CONAGUA & Mariscal Romero, s.f.).

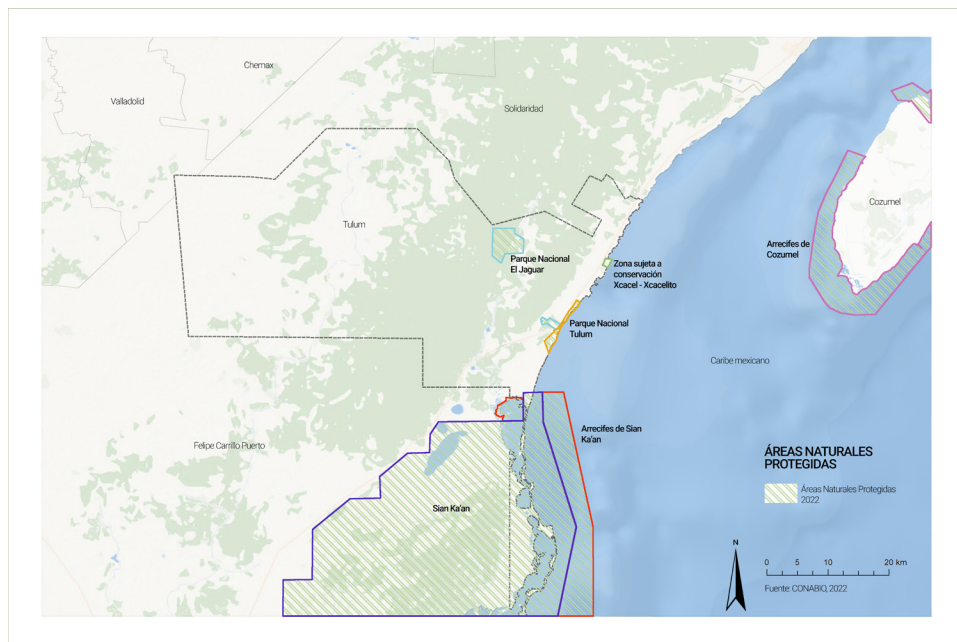
Entre las dinámicas a nivel regional detectadas están las que cuentan con una designación para su protección a nivel regional como lo muestra la siguiente tabla.

Dinámicas regionales relevantes

Áreas Naturales Protegidas Federales de México CONANP, (2021) Arrecifes de Cozumel Arrecifes de Sian Ka'an Caribe Mexicano Franja costera de la Isla de Cozumel Otoch Ma'ax Yetel Parque Nacional del Jaguar Sian Ka'an Tulum
Áreas de importancia para la conservación de las aves CIPAMEX (CONABIO), (2015) Corredor central Vallarta - Punta Laguna Isla Cozumel Sian Ka'an
Corredores biológicos CONABIO, (2015) Corredor biológico de Sian Ka'an
Sitios prioritarios para la conservación de los primates mexicanos CONABIO - AMP, A.C. - CONANP, (2012)
Regiones Marinas Prioritarias de México CONABIO, (1998) Tulum - XPuha Sian Ka'an
Sitios RAMSAR UNESCO, (2019) Sian Ka'an Parque Nacional Arrecife de Cozumel Manglares y humedales de la Isla Cozumel Otoch Ma'ax Yetel Playa tortuguera X'caceel - X'caceelito

Estos sitios de importancia regional que se muestran a continuación cuentan con un registro ante la CONABIO donde se muestran las Áreas Naturales Protegidas, Corredores Biológicos, Regiones Hidrológicas Prioritarias, Regiones Marinas Prioritarias, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, así como los sitios RAMSAR.

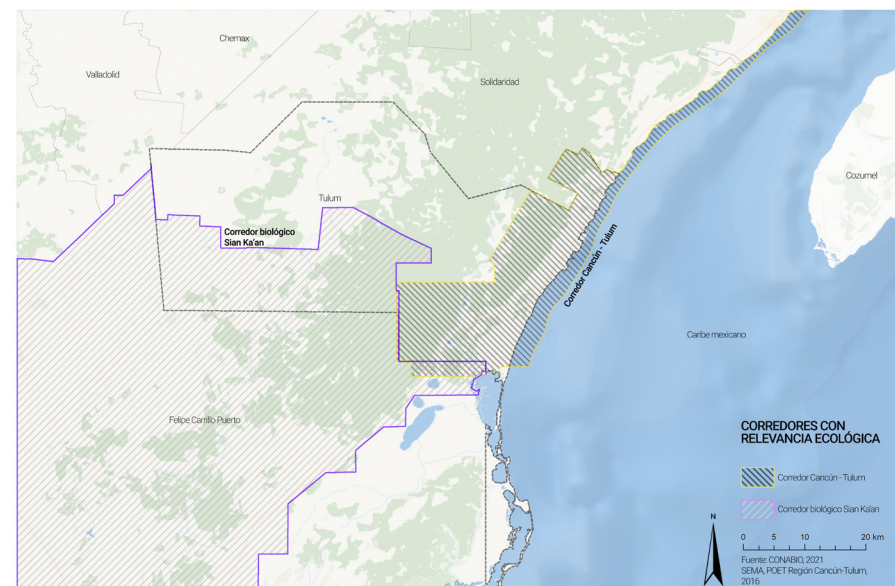




Áreas Naturales Protegidas

El municipio de Tulum cuenta con 5 Áreas Naturales Protegidas (ANP) que en conjunto refuerzan el ordenamiento de la región y cuyo impacto positivo contribuye al bienestar del Caribe Mexicano.

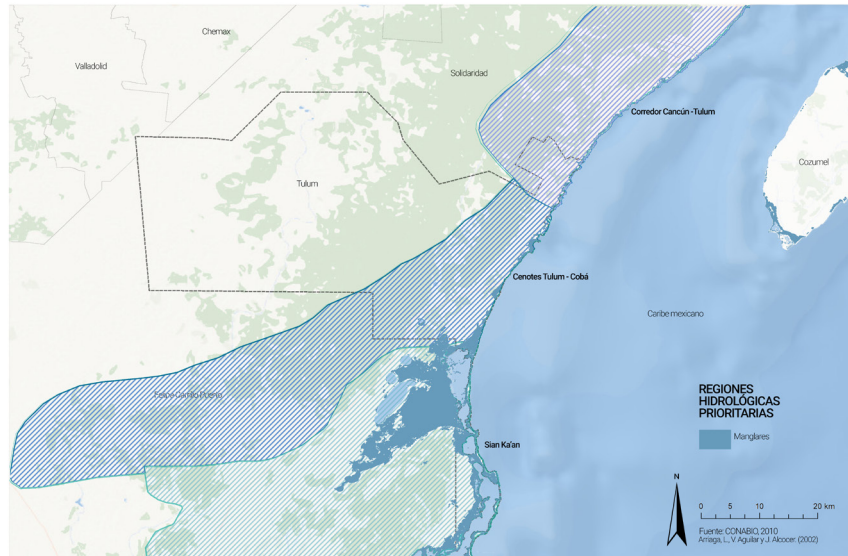
Por su parte, la más grande de ellos, la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, forma parte del Complejo Sian Ka'an junto con el Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y la Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an. Su extensión es de 528,148,000 hectáreas y se ubica en 4 de los 11 municipios de Quintana Roo.



Corredores de relevancia ecológica

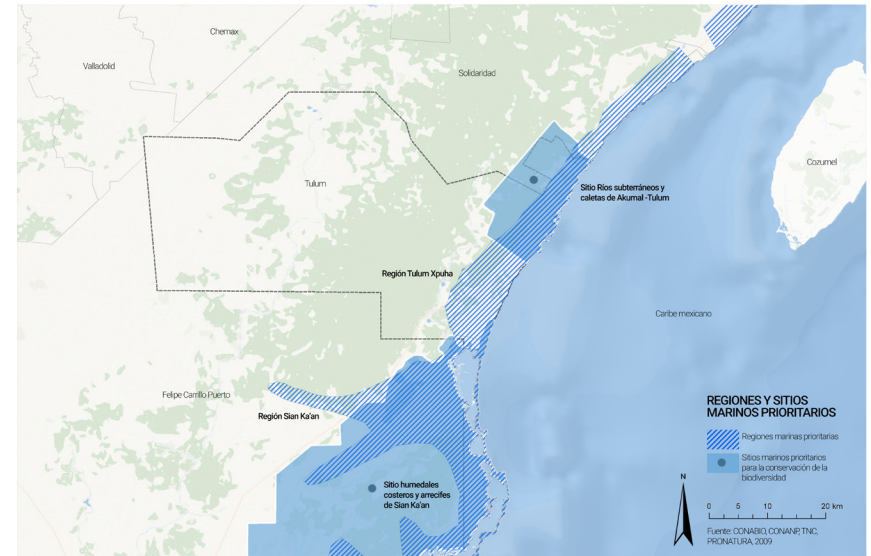
Corredor biológico Sian Ka'an-Calakmul constituye una cadena de protección y manejo forestal y de fauna silvestre que garantiza la interconectividad de los ecosistemas y la permanencia de las selvas peninsulares en la denominada selva maya. Su contribución es directa al Corredor Biológico Mesoamericano, proyecto internacional que plantea la unión de esfuerzos para conservación de la biodiversidad y la protección del medio ambiente en territorio mesoamericano. Participan los países de Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y México.

Por su parte, el corredor Cancún-Tulum, por medio de su Programa de Ordenamiento Ecológico, busca alentar el desarrollo turístico e infraestructura de servicios en la región que permitan un desarrollo a la par de la permanencia de los recursos naturales y su valor ecológico.



Regiones Hidrológicas Prioritarias

Parte de la Región Sureste, se encuentran cercanas al Municipio de Tulum, 3 de las 110 Regiones Hidrológicas Prioritarias de México. El objetivo de esta zonificación fue el desarrollo de un marco de referencia para contribuir a la conservación y manejo sostenible de los ambientes oceánico, costero y de aguas epicontinentales, de acuerdo a la mayor biodiversidad observada en los sitios y de su uso actual y potencial. Estas 3 áreas son el Corredor Tulum-Cancún, Cenotes Tulum-Cobá y Sian Ka'an.



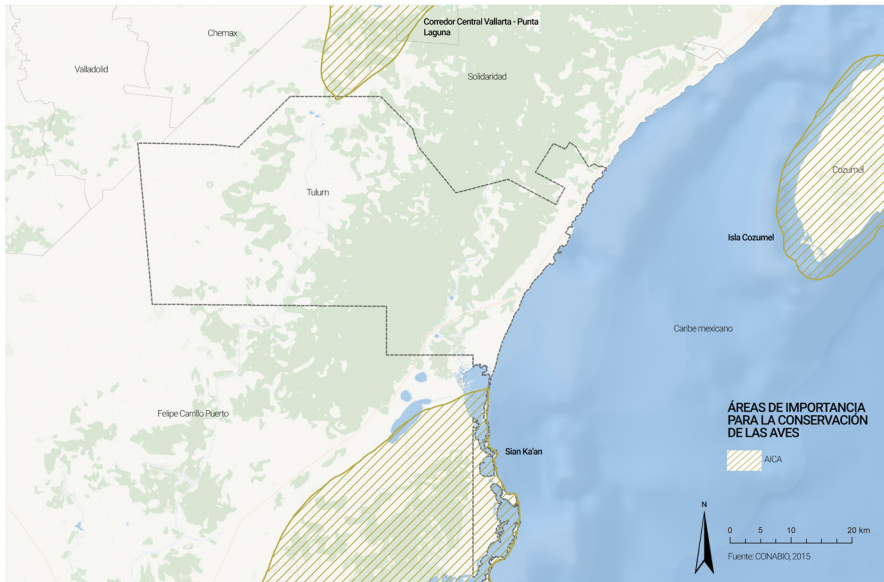
Regiones y Sitios Marinos Prioritarios

La CONABIO, en cooperación con otros órganos expertos en materia ambiental identifican como Sitios Prioritarios Marinos aquellos espacios costeros, oceánicos e insulares cuyos ecosistemas presentan importancia crítica debido a la gran cantidad de especies tanto endémicas como de distribución amplia. Al mismo tiempo estos ambientes son sitios importantes para la reproducción, anidación, descanso y alimentación de la fauna marina y las aves migratorias. El territorio de Tulum cuenta con los SMP de los Ríos subterráneos y Caletas de Akumal-Tulum y de los Humedales costeros y Arrecifes de Sian Ka'an, en la siguiente tabla se describen sus características asociadas.

Por su parte, el sitio de Ríos subterráneos es parte de la Región Marina Prioritaria de Tulum-Xpuha mientras que el sitio de Humedales costeros es parte de la Región Sian Ka'an.

Dichas regiones fueron identificadas por la CONABIO en colaboración con la agencia gencia The David and Lucile Packard Foundation (PACKARD), la Agencia Internacional para el Desarrollo de la Embajada de los Estados Unidos de América (USAID), el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) como parte de los esfuerzos para la conservación y el manejo sostenible de los ambientes oceánicos.

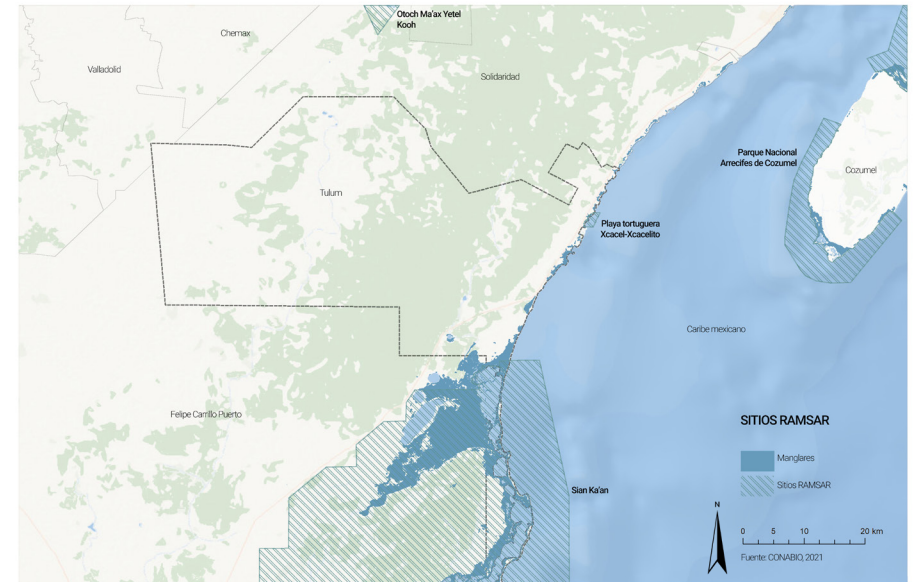
Sitios Marinos Prioritarios					
Sitio	Área (ha)	Fisiografía sumergida	Fisiografía emergente	Hábitat	Importancia
Ríos subterráneos y Caletas de Akumal- Tulum	34,342.32	Zona costera	Playas arenosas, lagunas costeras, caletas, cenotes	Manglares, marismas, vegetación de dunas costeras, praderas de pastos marinos y algas, comunidades arrecifales, zona de crecimiento y reproducción del manatí, aves, tortugas, peces e invertebrados marinos.	Muy importante
Humedales costeros y Arrecifes de Sian Ka'an	674,174.75	Zona costera y plataforma continental	Playas arenosas, lagunas costeras, esteros, caletas, bahías, dunas costeras, canales, cenotes	Manglares, marismas, pantanos, selva inundable, tasistales, petenes, vegetación de dunas costeras, praderas de pastos marinos y algas, comunidades arrecifales, zona de crecimiento y reproducción del manatí, aves, reptiles, tortugas, peces e invertebrados marinos.	Extrema importancia



Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

Dentro de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) identificadas e indicadas por la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (CIPAMEX) se señala a la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an como sitio relevante dada la presencia de aves cuasiendémicas y endémicas, incluyendo especies amenazadas y en peligro de extinción que habitan en las selvas inundables, pantanos y selvas medianas con gradiente hacia el mar.

En el mapa es posible observar las AICAS Cozumel y Corredor Central Vallarta-Punta Laguna cercanas al municipio de Tulum lo que refuerza el carácter de conservación de este territorio considerando la naturaleza migratoria de las aves.



Sitios RAMSAR

Los sitios RAMSAR son humedales de importancia internacional, incluye humedales costeros y continentales designados por la UNESCO. México posee 144 sitios identificados. La Playa Tortuguera X'caceel-X'caceelito es un lugar donde se reporta el número más importante de anidaciones en México para las especies blanca (*Chelonia mydas*) y caguama (*Caretta caretta*). Además los afloramientos de agua subterránea sucedidos en este lugar permiten el crecimiento de vegetación acuática y la abundancia de peces juveniles y corales, algunos en estado de amenaza.

Por su parte, la importancia del sitio de Sian Ka'an radica en su pertenencia a un extenso sistema de arrecife de barrera a lo largo de la costa norte de Centroamérica además de poseer bahías de aguas someras, marismas, manglares, ríos subterráneos, islas y selvas inundables. Esta riqueza ha posicionado a Sian Ka'an entre los 39 sitios en el mundo con mayor valor en recursos de humedales y zonas marinas.

Áreas Naturales protegidas dentro del municipio de Tulum						
Área	Categoría	Superficie (ha)	Decreto	Administración	Competencia	Plan de manejo
Parque Nacional Tulum	Parque Nacional	664.3	1982-04-23	CONANP	Federal	No publicado
Parque Nacional El Jaguar	Área natural protegida	26	N/A	CONANP	Federal	No publicado
Sian Ka'an	Reserva de la Biosfera Patrimonio de la Humanidad UNESCO Sitio RAMSAR	528,148	2003-11-27	CONANP	Federal	Publicado
		528,000				
		652				
Arrecifes de Sian Ka'an	Reserva de la biosfera	34,927	1998-02-20	CONANP	Federal	Publicado
Santuario de la Tortuga marina Xcacel-Xcacelito	Zona sujeta a conservación ecológica	362	1998-02-20	Secretaría de Ecología y Medio Ambiente, Q.Roo	Estatal	Publicado
Sistema arrecifal mesoamericano	N/A	100,000 Total, 30,0 00 en Quintana Roo	2000-11-27	CONANP	Federal	N/A
Tulum	Sitio Arqueológico	664	1993-12-08	INAH	Federal	N/A
Cobá	Sitio Arqueológico	7000	1993-12-08	INAH	Federal	N/A
Reserva de la biósfera Caribe Mexicano	Reserva de la biosfera	5,754	2016-12-07	INAH	Federal	N/A



A través del análisis de imágenes satelitales y de la información otorgada por el Observatorio Global Forest Change, es posible evidenciar cambios en el uso del suelo y también la pérdida forestal consecuente en los últimos 21 años (2000-2021) para las zonas de relevancia de Tulum que incluyen territorio de las áreas anteriormente mencionadas.

Como se advierte en el mapa “Pérdida forestal anual”, la pérdida de vegetación y la proliferación del suelo artificializado se aproxima hacia las áreas costeras de relevancia ecológica y a la Reserva de la Biosfera Sian Ka’an.

Por otro lado, en el mapa “Ganancia Forestal en el Periodo 2000-2021”, muestra polígonos donde la masa vegetal sobre el suelo ha incrementado en las últimas décadas, sin embargo, esta situación debe analizarse debido a que este incremento puede deberse a la actividad agrícola no ordenada.



An aerial photograph of a tropical town, likely Tulum, Mexico. The image is heavily filtered with a green color. A central road runs vertically through the middle of the frame, with several cars visible. The town is surrounded by dense, lush green vegetation and trees. The word "Tulum" is written in a white, cursive script across the center of the image.

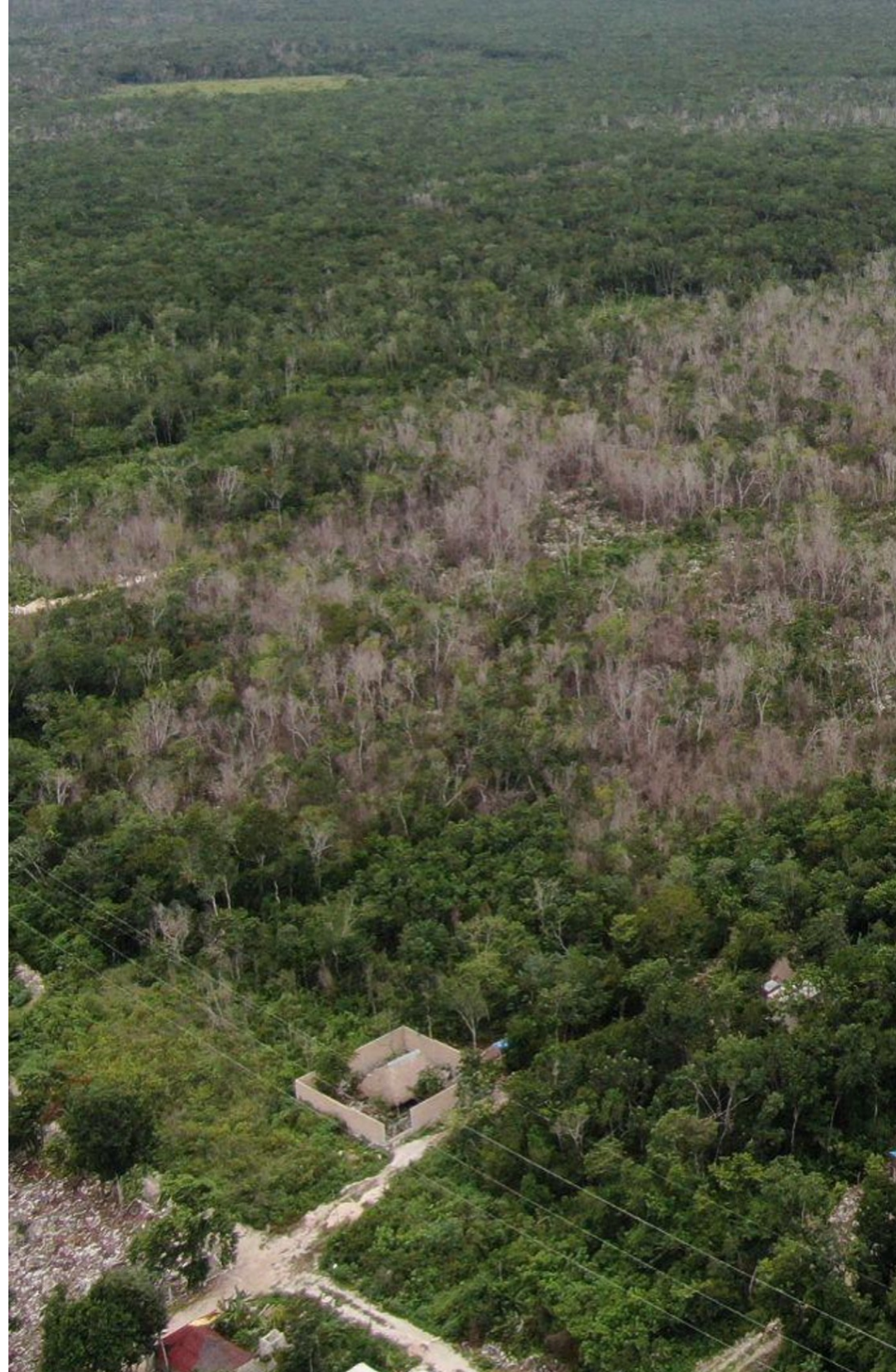
Tulum

Análisis de las comunidades vegetales de Tulum

1.2

Dentro del municipio de Tulum se encuentran comunidades vegetales asociadas a las formaciones vegetales de selva perennifolia (selva baja perennifolia y selva mediana subperennifolia), selva subcaducifolia (selva baja subcaducifolia y selva mediana subcaducifolia), selva espinosa (selva baja espinosa subperennifolia), vegetación hidrófila (manglar y tular) y otros tipos de vegetación (vegetación de dunas costeras). De estos tipos, el que se encuentra en mayor superficie en el municipio es la vegetación de selva mediana subperennifolia con más de 1,600 km², mientras tanto la vegetación de duna costera, se encuentra conservada en mayor medida en la reserva de la biosfera de Sian Ka'an. Factores de presión como los asentamientos humanos en la línea de costa han generado una alteración en los ecosistemas de manglar y duna costera, con lo cual se fragmenta la continuidad de las comunidades ecológicas teniendo un impacto en el desove de tortugas, el impacto de tormentas y huracanes sobre las mismas, así como en las zonas urbanizadas.

Aunque la población de Tulum es de poco más de 46 mil personas, su creciente popularidad ha generado que alrededor de 2 millones de turistas lleguen año con año a vacacionar en las playas, hoteles y demás atractivos que ofrece la "nueva joya de la Riviera Maya", acrecentando cada vez más la presión sobre la reserva. Según datos oficiales, entre 2007 y 2017, Quintana Roo recibió el 47% del total de ingresos generados por el turismo en México, sin embargo, tal crecimiento no se refleja directamente sobre las poblaciones locales. El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), estimó que en 2018 el 72.9% de la población del estado se encontraba en situación de pobreza o vulnerabilidad económica. Es por esto que desde hace más de 20 años, la Comisión Nacional para las Áreas Naturales Protegidas (CONANP), en coordinación con las comunidades mayas, asociaciones civiles e instituciones internacionales, ha generado diversas estrategias para ofrecer una alternativa al turismo de "sol y playa" que beneficie económicamente a quienes habitan y cuidan de la reserva. (Red Mexicana de Periodistas de Ciencia, 2022)



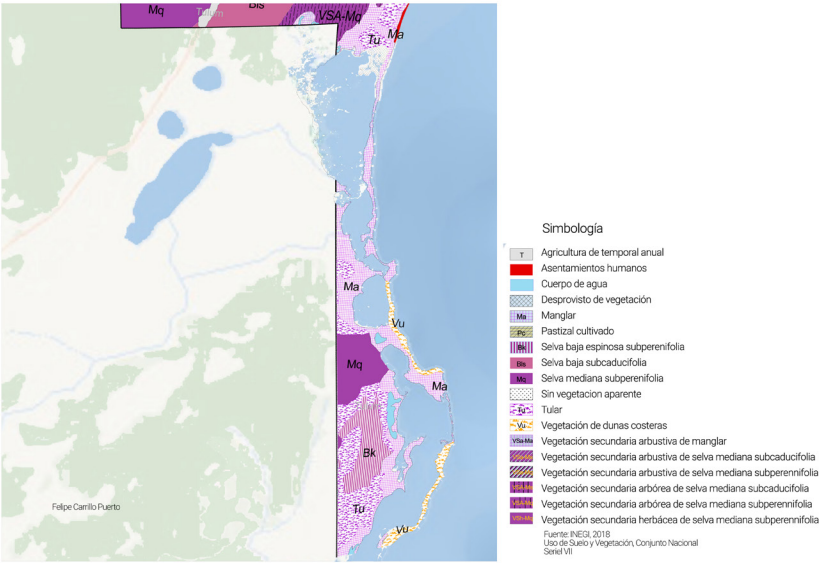
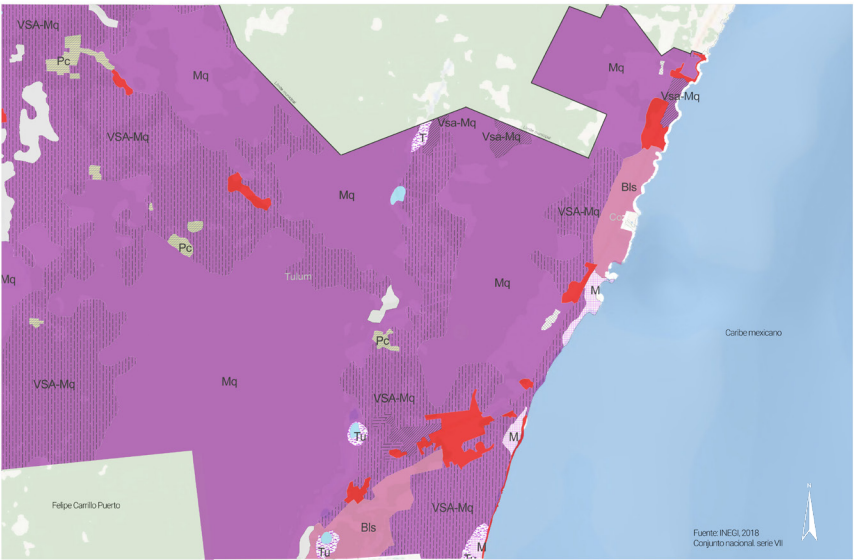
Ecosistemas terrestres

En cuanto a la superficie terrestre que ocupa cada una de estas comunidades, de acuerdo con su tipo de vegetación, es posible observar que la mayor parte del territorio está cubierto por formaciones de selvas, donde resalta la selva mediana perennifolia seguida de la selva baja subcaducifolia.

Tipo de vegetación	Superficie en km2
Selva baja espinosa subperennifolia	9.76
Selva baja subcaducifolia	41.60
Selva mediana subperennifolia	1,687.97
Selva mediana subcaducifolia	29.76

Elaboración propia a partir de procesamiento del conjunto de datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación, serie VII, Escala 1:250 000, INEGI 2018.

Dichas comunidades terrestres están conformadas por una gran diversidad de especies vegetales y animales. La Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) y la Guía para la Interpretación Cartográfica del Uso de Suelo y Vegetación, serie V, elaborada por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), presentan la conformación de las comunidades vegetales de la región de la siguiente forma.



Selvas

Selva baja espinosa subperennifolia (SBQ)

Este tipo de comunidad vegetal se distribuye en los llamados “bajiales” o bajos inundables de la costa norte de Yucatán, centro y sur de Campeche, sur y noroeste de Quintana Roo, así como en la parte central-sur del estado de Tabasco, desde Villahermosa hasta los límites con Campeche, incluyendo la parte sur de este estado en zonas con suelos inundables. Los climas en donde se desarrolla son cálido-húmedo y subhúmedo con temperatura media anual mayor a los 24°C y se desarrollan a altitudes a nivel del mar hasta los 100 m.s.n.m.

Se ubican en amplias hondonadas con suelo plano y profundo, con altos contenidos de arcilla, con gran deficiencia de drenaje, lo cual provoca que se acumule durante ciertos periodos de época de lluvias, el agua drenada en las zonas contiguas. Estas selva está caracterizada por los árboles bajos con alturas entre los 5 y los 11 m, generalmente con los troncos muy torcidos, la densidad de los árboles puede ser bastante grande; el estrato herbáceo frecuentemente no existe pero se observa la presencia de algunas plantas trepadoras y epífitas. Son especies importantes: *Haematoxylum campechianum*, *Talasia floressi*, *Eugenia laevis*, *Terminalia buceras*, *Metopium brownei*, *Coccoloba cozumelensis*, *Cameraria latifolia*, *Croton reflexifolius*, *Hyperbaena winzerlingii*, *Byrsonima bucidifolia*, *Pachira aguatica*, *Byrsonia crassifolia*, *Crescentia alata*, *Curatella americana* y *Coccoloba sp.*

Entre las epífitas presentes en esta selva se encuentran las orquídeas como *Rhyncholaelia digbyana* y bromeliáceas como *Tillandsia sp.*

Selva baja subcaducifolia (SBS)

Se distribuye al poniente de Yucatán, al norte de Quintana Roo y en la Costa Maya. Los climas en que se desarrollan son del tipo Semicálido subhúmedo y Seco semicálido con temperaturas que oscilan entre los 16°C y los 36°C se desarrollan a una altitud entre los 50 a 100 msnm, sobre suelos poco desarrollados y poco profundos.

Fisonómicamente es semejante a la SBC, excepto en que los árboles dominantes conservan por más tiempo el follaje a causa de una mayor humedad edáfica. Impactan visualmente los elementos de *Beaucarnea pliabilis* y *Pseudophoenix sargentii*. El estrato superior típico lo componen elementos con 5 a 6 metros de altura como: *chechén negro* (*Metopium brownei*), *tsalam* (*Lysiloma bahamensis*), *pomolche* (*Jatropha gaumeri*), *chaka* (*B. simaruba*), *zapote*, *ya'axnik* (*Vitex gaumeri*), *sak-katsim* (*Mimosa bahamensis*), *kitmanche'* (*Caesalpinia gaumeri*), *akits* (*Thevetia gaumeri*), *boob* (*Coccoloba barbandensis*), en el estrato intermedio contiene a elementos de 2 a 3 metros de altura como: *Nancen* (*Byrsonima crassifolia*), *flor de mayo* (*Plumeria rubra*), *ts'ipil* (*Beaucarnea pliabilis*), *palma kuka* (*Pseudophoenix sargentii*), *palma de wano*, *katalox* (*Swartzia cubensis*), *chi'may* (*Pithecellobium dulce* y *Havardia albicans*) y *Croton spp.* En el estrato inferior se encuentran especies de 1 a 2 m de altura como: *Subin* (*Acacia sp.*), *pata de vaca* (*Bauhinia sp.*), y *subinche* (*Platymiscium yucatanum*).

Son especies importantes: *Metopium brownei* (*boxchechén*), *Lysiloma latisiliqua* (*tsalam*), *Beaucarnea pliabilis* (*ts'ipil*), *Pseudophoenix sargentii*, *Agave angustifolia*, *Bursera simarubam*, *Nopalea gaumeri*, *Bromelia pinguin*, *Coccoloba sp.*, *Thevetia gaumeri*.

Selva Mediana Subcadufolia (SMS)

Se desarrolla en regiones cálidas subhúmedas con lluvias en verano, la precipitación anual oscila entre 1 000 y 1 250 mm, y la temperatura media anual es de 25.9 a 26.6°C, con una temporada seca muy bien definida y prolongada. Los climas en los que prospera son los más secos. Se localiza entre los 150 y 1 250 m de altitud. El material parental que sustenta este tipo de vegetación está constituido por rocas basálticas o graníticas y afloramientos de calizas que dan origen a suelos oscuros, muy someros, con abundantes rocas o bien en suelos grisáceos arenosos y profundos. En la Península de Yucatán, sus suelos, aunque pedregosos, tienen una pequeña capa de materia orgánica; se presentan afloramientos de rocas calcáreas de colores rojizos y blancos. Este tipo de selva presenta en las zonas de su máximo desarrollo árboles cuya altura oscila entre 25 y 30 m. La densidad de los árboles 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.

Especies importantes en este tipo de selva son: *Hymenaea courbaril* (guapinol), *Hura polyandra* (jabillo), *Brosimum alicastrum*, *Lysoma latisiliquum*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba*, *Vitex gaumeri*, *Ficus spp*, *Aphananthe monoica*, *Astronium graveolens*, *Bernoulia flammea*, *Sideroxylon cartilagineum*, *Bursera arborea*, *Calophyllum brasiliense*, *Cordia alliodora*, *Cordia elaeagnoides*, *Tabebuia donnell-smithii*, *Dendropanax arboreus*, *Ficus cotinifolia*, *Ficus obtusifolia*, *Ficus maxima*, *Luehea candida*, *Lysiloma*, *Tabebuia rosea*, *Acacia polyphylla*, *Apoplanesia paniculata*, entre otras.

Las formas de vida epífitas y las plantas trepadoras así como el estrato herbáceo son reducidos en comparación con ambientes mucho más mesófilos. Como epífitas están algunas aráceas como *Antherium tetragonum*, bromeliáceas como *Tillandsia brachycaulos* y orquídeas como *Catasetum integerrimum*.

Selva Mediana Subperennifolia (SMQ)

Se desarrolla en lugares con climas cálido húmedos y subhúmedos con temperaturas típicas entre 20 y 28°C. La precipitación total anual es del orden de 1 000 a 1 600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1 300 m de altitud. Ocupa lugares de moderada pendiente, con drenaje superficial rápido en la Península de Yucatán. El material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal está conformado predominantemente por rocas cársticas. Los árboles de esta comunidad tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas; presentan una altura media de 25 a 30 m, alcanzando un diámetro menor que los de la selva alta perennifolia aún cuando se trata de las mismas especies. En este tipo de selva, se distinguen tres estratos arbóreos de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 hasta 30 m, los mismos que pierden estacionalmente su follaje en un 25 a 50%. Dentro de los estratos se encuentran variados tipos de palmas.

Son especies importantes de este tipo de selva: *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Manilkara zapota*, *Lysoma spp.*, *Vitex geumeri*, *Terminalia buceras*, *Alseis yucatenensis*, *Psidium sartorianum*. Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas, bromeliáceas y aráceas.

Selva	Soporte	Hábitat para especies	Presentan amplia variedad de hábitats y microhábitats donde se desarrollan muchas especies de plantas, anfibios, reptiles y mamíferos Son sitios de alimentación y de anidación de aves residentes y migratorios Lugar de resguardo para tortugas, patos, lagartos, venados y jabalíes
		Conservación de la diversidad genética	Albergan especies endémica (<i>Mammillaria gaumeri</i> , <i>Solanum tridynamum</i>) y raras (<i>Euphorbia personata</i>) que están amenazadas
		Apreciación estética e inspiración para la cultura el arte y el diseño	Se realizan actividades de observación y contemplación de la naturaleza
	Cultural	Experiencia espiritual y sentimiento de pertenencia	Algunas especies tienen valor espiritual, Sipché (<i>Bunchosia swartziana</i>) que se utiliza en rituales religiosos para pedir lluvia y alejar el mal viento
			Las comunidades mayas aprecian el atractivo natural y del paisaje que forma parte de su vida cotidiana.
			Las comunidades mayas consideran que el agua tiene movimientos propios, por eso hay que respetarla.
			Sitios para introspección
	Turismo	Valor educacional y de investigación	Educación para las nuevas generaciones Existen sitios arqueológicos que no se han descubierto y que deben ser preservados
		Turismo	Cenotes provén de comunicación subterránea, así como de un importante atractivo turístico
	Regulación	Calidad del agua	Purificación y almacén de agua. Almacenan y filtran el agua de lluvia mejorando la calidad de las aguas subterráneas
		Moderación de fenómenos extremos	La estructura de la selva baja inundable, el tasistal y la selva baja caducifolia actúan como barrera natural de protección contra las inundaciones y el viento que se produce durante las tormentas y huracanes
		Regulación de los flujos de agua	La vegetación filtra y permite que los cuerpos de agua se encuentren en buen estado
		Prevención de la erosión y conservación de la fertilidad del suelo	Cobertura vegetal permite mejorar la calidad del suelo
	Provisión	Recursos forestales y ornamentales	Tzalam (<i>Lysiloma latisiliquum</i>), Yaax kaax (<i>Pithecellobium keyense</i>), Chukum (<i>Havardia albicans</i>), utensilios como el Jícaro (<i>Crescentia cujete</i>), X' canan (<i>Hamelia patens</i>), Orégano (<i>Lippia sp.</i>), miel por la abeja Jabin (<i>Piscidia piscipula</i>) y ornamentales como la Flor de mayo (<i>Plumeria obtusa</i>).
		Alimento	Caza de animales y colecta del fruto del ramón, el nance blanco y tzubul.
		Pesca	Pesca en lagunas
		Agua	Obtención de agua de manantiales.
		Polinización	Floración para las abejas
		Recursos forestales	Leña para cocinar

Servicios ecosistémicos asociados a la selva

Ecosistemas hidrófilos y marinos

A estas comunidades vegetales pertenecen el tular, el manglar, las dunas costeras y los arrecifes.

La biodiversidad en los ecosistemas marinos de México, que es excepcionalmente grande y relativamente menos conocida que la terrestre, representa un potencial como recurso natural que se sigue desperdiciando de manera importante (Sarukhan & et al., 2017). La riqueza forestal rebasa los límites del macizo continental y se extiende bajo el mar en praderas marinas, arrecifes y manglares ecosistemas que se ubican no sólo entre los más amenazados del planeta, sino entre los más ignorados como es el caso de los pastos marinos (Acuicola, 2020).

Tipo de vegetación	Superficie en km2
Manglar	40.90
Tular	26.97
Dunas costeras	7.09

Elaboración propia a partir de procesamiento de las capas de Uso de suelo y vegetación. Serie VII, INEGI 2018

Arrecife

El Gran Arrecife Maya, también llamado Arrecife Mesoamericano, que nace en Cabo Catoche, al norte de Quintana Roo, y bordea las costas de Belice, Guatemala y Honduras, es el segundo más grande del mundo después del de Australia. Aquí es posible encontrar diferentes especies como peces multicolores, erizos, esponjas, caracoles, estrellas de mar, tortugas marinas, entre otras.

Esta comunidad vegetal se conforma por Chechem negro (*Metopium brownei*), Chicozapote (*Manilkara zapota*), Chaca o palo mulato, palo chaca (*Bursera simaruba*), Dzalam (*Lysiloma latisiliquum*), (*Nectandra spp.*), Nance (*Byrsonima bucidifolia*), (*Caesalpinia gaumeri*), Habin (*Piscidia piscipula*), Guayabillo (*Piscidium sartorianum*), Ya'xnik (*Vitex gaumeri*), Despeinada (*Beaucarnea ameliae*), Palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), Pucte (*Bucida buceras*), Tinte (*Haematoxylon campechianum*).

Arrecifes	Soporte	Hábitat para especies	Son zonas de crianza, refugio, alimentación, reproducción de flora y fauna. Son sitios de desove y viveros que las poblaciones de peces de importancia económica necesitan para prosperar
		Conservación de la diversidad genética	Productores primarios, constructores del mismo arrecife, filtradores y depredadores
	Regulación	Regulación de los flujos de agua	Prevenir la erosión y disminuir la fuerza del oleaje, además de constituir la estructura de protección más efectiva contra el fuerte efecto de las tormentas tropicales y huracanes
		Moderación de fenómenos extremos	Protegen las costas cercanas de la fuerza erosiva del mar protegiendo así las viviendas costeras, las tierras de cultivo y las playas
	Provisión	Alimento	Recursos pesqueros. Muchas especies de carácter comercial dando alimento a una gran parte de la población mexicana
		Recursos medicinales	Recursos medicinales. Más de la mitad de todas las nuevas investigaciones de medicamentos contra el cáncer que se centran en los organismos marinos. Los arrecifes de coral se han utilizado en el tratamiento del cáncer, el VIH, las enfermedades cardiovasculares, las úlceras y otras enfermedades
	Cultural	Turismo	Valor escénico y cultural. Este elemento como parte del paisaje marino sumergido favorece el desarrollo turístico

Manglar (VM)

Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas conocidas como mangles, se distribuye en zonas con climas cálidos húmedos y subhúmedos y de muy baja altitud. Se desarrolla en las márgenes de lagunas costeras y esteros y en desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas; siempre sobre suelos profundos en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada. Un rasgo peculiar que presentan los mangles es la presencia de raíces en forma de zancos, características de adaptación que les permiten estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas.

Los mangles son especies perennifolias y el estrato dominante que forman es arbóreo, aunque también puede ser subarbóreo o hasta arbustivo, las alturas de los mangles puede variar, de manera general, desde 1 hasta 30 metros.

En México predominan cuatro especies en los mangles: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), frecuentemente estas especies se encuentran asociadas entre sí, pero con diferentes grados de dominancia cada una.

Manglar

Soporte	Conservación de la diversidad genética	Son zonas de alimentación, refugio y crecimiento de crustáceos, alevines y otras especies de flora y fauna
	Hábitat para especies	Hábitat, refugio y protección de especies (bacterias, hongos, plantas, invertebrados como peces, reptiles, aves y mamíferos)
Regulación	Moderación de fenómenos extremos	Protección y regulación de inundaciones
	Regulación de nutrientes	Flujo de nutrientes para ecosistemas vecinos como pastos marinos y arrecifes de coral
	Prevención de la erosión y conservación de la fertilidad del suelo	Prevención y reducción de la erosión costera
	Secuestro y almacenamiento de carbono	Captación de carbono
	Regulación de los flujos del agua	Regulación de la calidad y flujos de agua
	Clima local y calidad del aire	Estabilización de las condiciones climáticas locales
Provisión	Pesca	Recursos pesqueros. Muchas especies comerciales viven en los manglares durante alguna etapa de su vida.
	Recursos medicinales	Son fuente de plantas utilizadas con fines medicinales
Cultural	Apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño	Favorece el desarrollo de actividades recreativas. Turísticas y religiosas
	Valor educacional y de investigación	Las investigaciones sobre el ecosistema y sus procesos generan conocimiento y favorecen a la educación formal e informal

Vegetación de Dunas Costeras (VU)

Comunidad vegetal que se establece a lo largo de las costas, se caracteriza por plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Algunas de las especies que se pueden encontrar son nopal (*Opuntia dillenii*), riñonina (*Ipomoea pescaprae*), alfombrilla (*Abronia maritima*), (*Croton spp.*), verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), etcétera. También se pueden encontrar algunas leñosas y gramíneas como el uvero (*Coccoloba uvifera*), pepe (*Chrysobalanus icaco*), curceto (*Randia sp.*), espino blanco (*Acacia sphaerocephala*), mezquite (*Prosopis juliflora*), zacate salado (*Distichlis spicata*), zacate (*Sporobolus sp.*) entre otros.

Tular (VT)

Comunidad de plantas acuáticas, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras, en sitios con climas desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos. Las plantas de esta comunidad viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando prácticamente un sólo estrato herbáceo de 0.8 a 2.5 m de altura.

Está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha spp*) y tulillo (*Scirpus spp*), pero también incluye a los llamados carrizales de *Phragmites australis* y de *Arundo donax* y a los "saibadales" de *Cladium jamaicense*.

Duna Costera	Regulación	Moderación de fenómenos extremos	Actúan y sirven como obstáculos a las corrientes del viento, disminuyendo su velocidad y produciendo una mayor acumulación de sedimentos
		Prevención de la erosión conservando la fertilidad del suelo	Barrera contra la aspersión salina. Mucha de la salinidad que el viento acarrea proveniente de la aspersión marina se queda atrapada en la vegetación de las dunas evitando su penetración tierra adentro, donde podría afectar cultivos e infraestructura
		Moderación de fenómenos extremos	Previenen la erosión que es propiciada por las tormentas y huracanes
		Calidad del agua	Actúan también como zonas de filtración de agua de lluvia hacia el subsuelo, ayudando a mantener su buena calidad
		Prevención de la erosión y conservación de la fertilidad del suelo	Protección contra la erosión. Evitan la erosión de la playa dado que las plantas y sus raíces fijan y estabilizan la arena haciendo a las dunas más resistentes
		Moderación de fenómenos extremos	La estructura de las dunas y su vegetación actúan como barrera natural de protección, amortiguando el oleaje que se produce durante las mareas, tormentas y huracanes reduciendo así las inundaciones tierra adentro
		Secuestro y almacenamiento de carbono	Almacén de arena y carbono. Son reservorios de sedimentos porque reciben, proveen y almacenan arena. También son reservorios de materia orgánica
		Regulación de los flujos del agua	La vegetación filtra y permite que los cuerpos de agua se encuentren en buen estado
	Soporte	Hábitat de especies	Protección de especies. Son sitios de alimentación y de anidación de aves migratorias tortugas marinas
			Lugar de resguardo para reptiles, aves y mamíferos
	Provisión	Recursos forestales	Proporcionan materia prima dado que algunas especies de plantas son maderables, comestibles o son utilizadas para la elaboración de medicinas caseras, artesanías e incluso son utilizadas como elementos ornamentales
	Cultural	Apreciación estética e inspiración para la cultura y el arte	Recreación y belleza escénica. Tienen alto valor recreativo, estético y espiritual
		Experiencia espiritual y sentimiento de pertenencia	Las comunidades mayas aprecian el atractivo natural y del paisaje que forma parte de su vida cotidiana
		Valor educacional y de investigación	Existen vestigios arqueológicos asociados a estos ecosistemas que no han sido puestos en conservación aún

Servicios ecosistémicos asociados a la duna costera



Praderas marinas

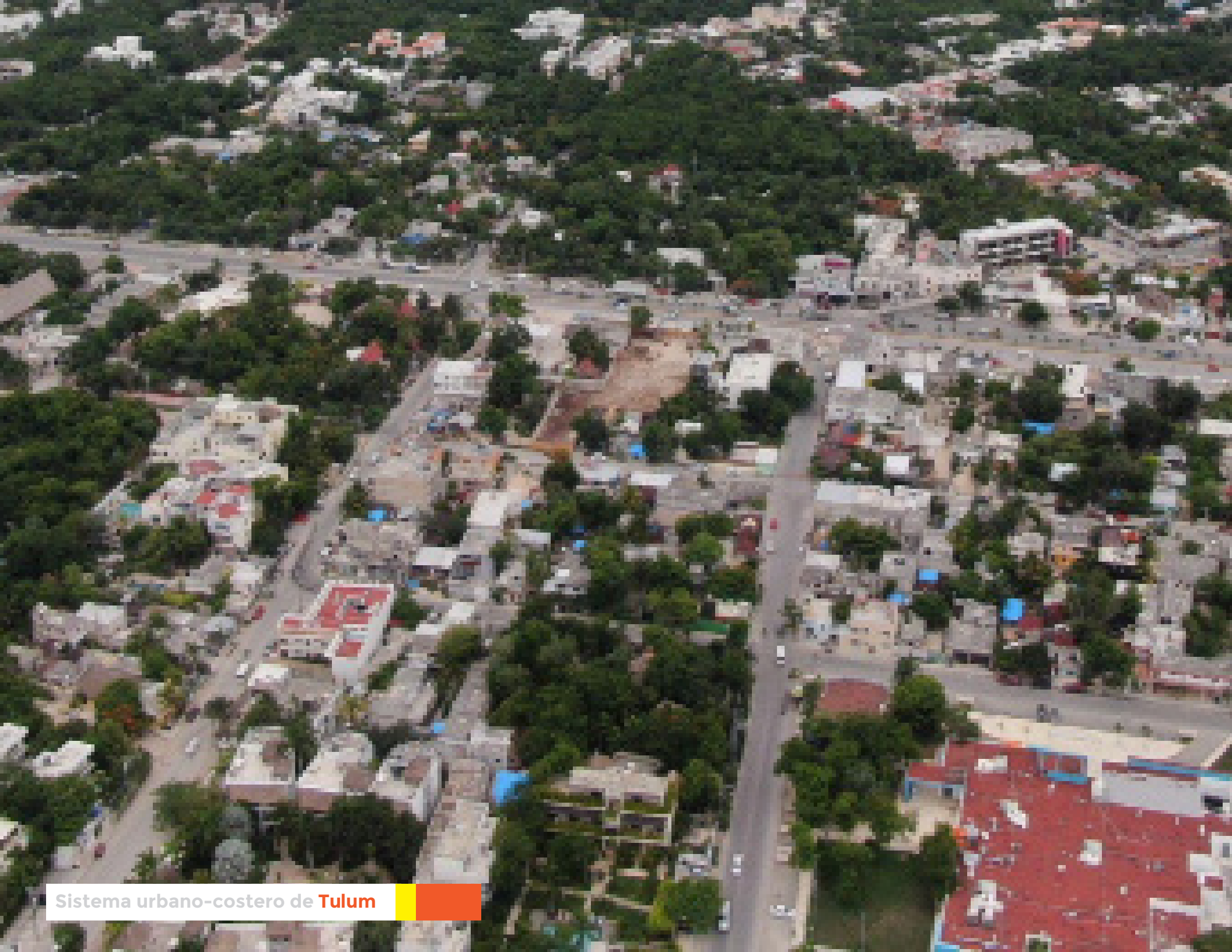
Las praderas marinas, uno de los ecosistemas más amenazados y a la vez más olvidados de la Tierra, podrían tener un futuro prometedor gracias a su capacidad de absorber carbono. La hierba marina es una planta con flores cuyas hojas forman densas praderas en zonas poco profundas y protegidas a lo largo de las costas. Tiene una serie de beneficios: las praderas marinas actúan como vivero y fuente de alimento para una gran variedad de vida marina, proporcionan un hogar a muchos peces y animales carismáticos como las tortugas y los dugongos, protegen las costas al absorber la energía de las olas, producen oxígeno y limpian el océano al absorber los nutrientes contaminantes producidos en tierra por los seres humanos.

Además, las praderas marinas representan el 10% de la capacidad de almacenamiento de carbono del océano -el llamado "carbono azul"- a pesar de ocupar sólo el 0,2% del fondo marino, y pueden capturar el carbono de la atmósfera hasta 35 veces más rápido que las selvas tropicales (UN, s.f.).

Las praderas submarinas comparten con el resto de la biósfera una crisis existencial causada por la actividad humana. SE ha visto en los últimos años que las praderas submarinas había disminuido un 29% entre 1879 y 2006, y que la pérdida territorial era cada vez más rápida. En Quintana Roo, una de las principales amenazas para los pastos submarinos son las proliferaciones de sargazo, macroalgas que al descomponerse en el agua marina costera liberan sustancias que bloquean el paso de la luz, disminuyen la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua y afectan directamente los tejidos vegetales.. (Comensal & Villamil, s. f.)

Praderas marinas

Regulación	Secuestro y almacenamiento de carbono	Almacenamiento de carbono. Mitigación de los efectos del cambio climático a través de la captura de CO2 y de su almacenamiento en forma de biomasa y sedimentos
	Tratamiento de aguas	Favorecen la absorción de nutrientes y la sedimentación de partículas suspendidas permitiendo la claridad del agua
	Prevención de la erosión y conservación del suelo	Sedimentación y control de erosión. Contribuir a la estabilidad y al desarrollo de los procesos biogeoquímicos de los sedimentos
	Moderación de fenómenos extremos	Protección costera. Reducen el movimiento del agua creado por las corrientes y las olas
Soporte	Hábitat para especies	Zonas de forrajeo. Son una fuente importante de alimento para tortugas, manatíes, peces e invertebrados Flujo de nutrientes. Fuente de nutrientes para ecosistemas vecinos como manglares y arrecifes de coral
Provisión	Recursos pesqueros	Muchas de las especies de peces de importancia comercial viven durante alguna etapa de su vida en los pastos marinos
	Recursos forestales	Son utilizados para la elaboración de artesanías y en la construcción de pisos, techos, paredes y diques
Cultural	Apreciación estética e inspiración para la cultura y el arte	Recreación y belleza escénica. La belleza escénica de estos ambientes favorece el desarrollo de actividades recreativas y turísticas



Revisión de instrumentos normativos existentes

Uno de los componentes relevantes para el diseño de herramientas de apoyo en el fortalecimiento de las capacidades técnicas municipales es la revisión de instrumentos de ordenamiento territorial y desarrollo urbano vigentes con el objeto de enumerar las herramientas que plantean las estrategias, normativas y mecanismos transversales de política pública estatal y municipal, donde se sientan las bases de la planeación territorial en congruencia con la política federal enmarcada en la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT, 2018) la cual se plantea como el instrumento rector que configura la dimensión espacial y territorial del desarrollo de México en un horizonte de largo plazo hacia el 2020-2040, que plantea las bases de la rectoría del Estado en la política nacional del ordenamiento territorial.

El marco de referencia de la ENOT se asienta en el reconocimiento de los derechos humanos dictados por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), tratados internacionales, principios enunciados en el artículo cuarto de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU); así como los señalados en el Plan Nacional de Desarrollo (PND), Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2020-2024 (PNOTDU) que recaen y justifican el marco normativo y las bases jurídicas del Estado de Quintana Roo y del Municipio de Tulum.

Es importante señalar que dicha estrategia coloca al Municipio de Tulum en la macrorregión predominante “sur-sureste” dentro del Sistema Urbano Rural “Sureste III (Mérida-Cancún)” la cual marca en el Eje Nacional 1 Estructuración territorial (O.P.1.1-LG 1.1.4) “Fomentar un reparto modal sostenible, tanto para la logística de cargas como para la movilidad urbana e interurbana, que impulse la conectividad entre las zonas metropolitanas de Campeche, Mérida, Cancún, Chetumal; las ciudades de Escárcega, Valladolid, Playa del Carmen y Tulum, y las zonas rurales, y que contemple un modelo que aporte a la reducción de externalidades ambientales y sociales”.

Asimismo, el Eje Nacional 2 Desarrollo territorial (O.P.2.3-LG 2.3.9) indica “elaborar y poner en práctica políticas encaminadas a promover un turismo sostenible –con medidas pertinentes para controlar o contrarrestar sus impactos– que cree puestos de trabajo y promueva la cultura y los productos locales en la Ciudad de Campeche, Mérida, Celestún, Cancún, Cozumel, Playa del Carmen, Tulum, Riviera Maya, Isla Mujeres e Isla Holbox.” Se observa que, se busca fortalecer la complementariedad y sinergia entre los asentamientos humanos, atendiendo a la estructura y funcionamiento del sistema, así como, restaurar, proteger, conservar y aprovechar de manera sostenible los ecosistemas para asegurar sus servicios ambientales actuales y futuros, particularmente en el desarrollo de políticas de planeación integral que incluyan la protección del patrimonio

cultural como componente prioritario, particularmente para las ciudades y polos turísticos, considerando criterios de sostenibilidad para los sitios turísticos que permitan incrementar la competitividad y gestionar el patrimonio cultural, tangible e intangible.

Mapa “Propuesta de intervención del territorio. Zona Norte”



Fuente: EEOT, 2022.

Por su parte, la Estrategia Estatal de Ordenamiento Territorial de Quintana Roo (EEOT, 2022), cuyo sustento normativo es la Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo (2018), establece el marco básico de referencia y acción territorial para la planeación del territorio articulando el ámbito ambiental y urbano.

La instrumentación de la EEOT parte de la “consideración de que los recursos son escasos, particularmente afectados por la de los impactos económicos y sociales provocados por la Pandemia COVID 19, mismos que han sido particularmente severos por su impacto negativo en la actividad turística del Estado; por ello, las dependencias y entidades de la Administración Pública Estatal, así como de los órdenes municipal y federal”, bajo mecanismos de articulación y coordinación intersectorial e intergubernamental.

Competencia de instrumentos del Estado de Quintana Roo

Instrumento	Competencia	Incidencia territorial y año de publicación
Programa Estatal de Desarrollo Urbano (PEDU)	× Determina la política territorial del Estado. Ubicar el contexto de la planeación estatal del desarrollo económico y social × Diagnostica y proyecta la vocación del suelo, el desarrollo de las comunidades, el transporte, la distribución de actividades, equipamiento urbano y servicios públicos. × Define objetivos, políticas y estrategias para la conformación del sistema urbano, el origen y desarrollo de los centros de población y la regulación ambiental de los asentamientos humanos.	Incidencia territorial y año de publicación
Ordenamiento Ecológico (OE)	× Planea, programa y evalúa el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales del territorio estatal, con el fin de preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente, de acuerdo a lo establecido en la Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado. × Establece la existencia de ordenamientos ecológicos regionales (que pueden tener por alcance la totalidad del territorio del Estado) o bien ordenamientos locales (de alcance municipal), existiendo la posibilidad de emitir un ordenamiento regional que abarque la totalidad del Estado.	× Zona Costera de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (2002) × Región de Laguna de Bacalar (2005) × Región corredor Cancún-Tulum (2001) × Región Costa Maya (2000)
Programa de Ordenamiento Turístico del Territorio (POTT)	× Regido por la Ley de Turismo del Estado como el instrumento de la política turística. × Propone el uso del suelo y actividades productivas para el aprovechamiento ordenado y sustentable de los recursos turísticos. × Conjugan los criterios de sustentabilidad y de desarrollo urbano para preservar los recursos naturales y aprovechar de manera ordenada los que sean susceptibles de aprovechamiento turístico.	Estado de Quintana Roo (actualmente no se cuenta con este instrumento, sin embargo, en 2021 se publicó en Plan Maestro de Turismo Sustentable Quintana Roo 2010)

Una de las propuestas de intervención de este instrumento es la intervención en la "Zona Norte" del Estado (Lázaro Cárdenas, Isla Mujeres, Benito Juárez, Solidaridad, Cozumel, Puerto Morelos y Tulum). Es la región con menor superficie estatal pero la de mayor concentración urbana y económica; sobre todo por su vocación turística. Asimismo, marca la importancia en la intervención de estas zonas y la aplicación de una normatividad estricta para el desarrollo turístico que "salvaguarde los recursos naturales, y el bienestar de la población".

Cabe resaltar que la línea estratégica de Ordenamiento territorial, refiere a la "actualización y armonización de los instrumentos normativos del territorio de manera inmediata donde los planes de desarrollo urbano, los ordenamientos ecológicos y los programas turísticos se generen de manera equilibrada salvaguardando el recurso natural en primer lugar y, en segundo, la población y el desarrollo económico." Otra de las líneas estratégicas de esta zona se basa en el Desarrollo turístico: "La actividad turística es prioritaria en la economía del Estado; sin embargo, no debe ser acosta de la conservación del ambiente y sus recursos. En este sentido, zonas como Holbox, Isla Mujeres, Cozumel y Tulum, debido a la fuerte presión inmobiliaria de los últimos años para cambios de uso del suelo, hacen prioritarios estos municipios para evitar que estas dinámica pongan en riesgo los importantes recursos naturales con que cuentan. Por ello, la acción concertada de los tres órdenes de gobierno es de gran importancia."

En el siguiente mapa se observa la importancia de la "Zona de desarrollo turístico (sustentable y buen turismo con alta regulación ambiental y urbana"; cabe destacar que no se marca el territorio del municipio de Tulum emplazado en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an.

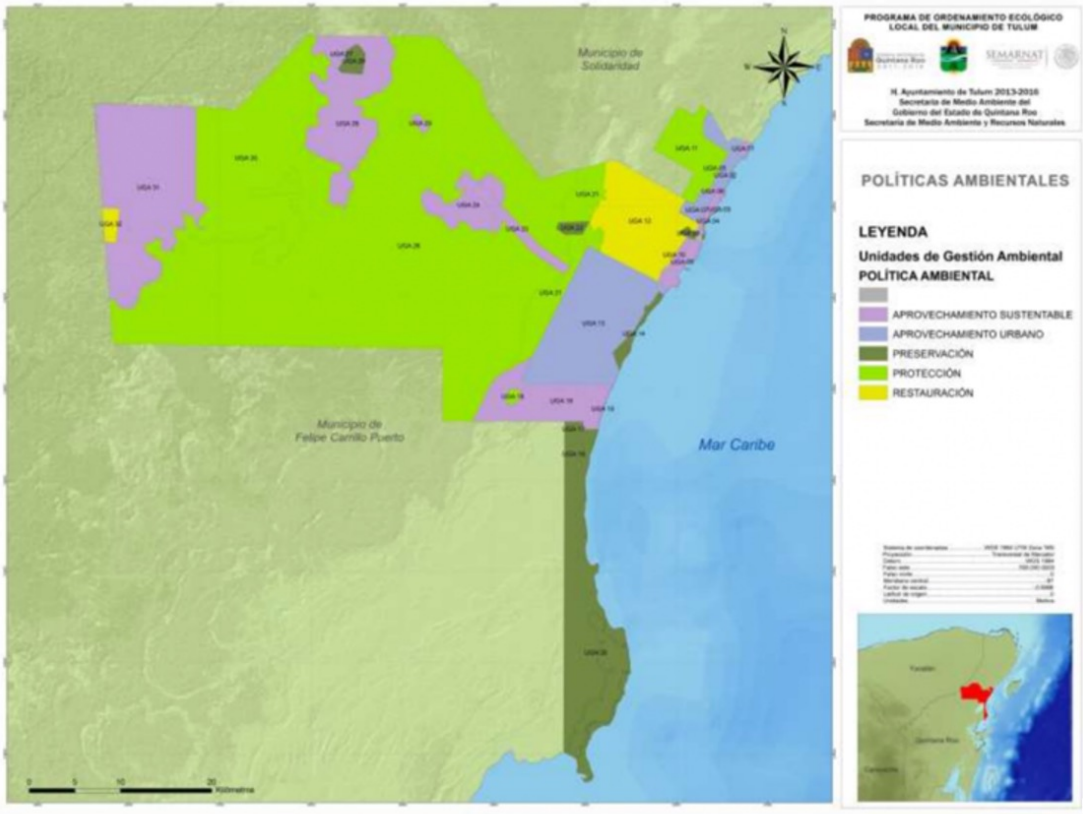
En función de lo planteado, se observa que el marco de planeación para el ordenamiento territorial del Estado cuanta con instrumentos regulatorios que establecen mecanismos de control y dirección del desarrollo en términos de la política estatal. Sin embargo, el propio EEOT analiza el traslape de instrumentos sobre un mismo territorio, lo cual ha generado una serie de incongruencias y criterios contradictorios desde el punto de vista normativo, es decir, se permiten actividades en un instrumento, mientras que en otro se prohíben o limitan.

Esto ha provocado una serie de obstáculos para las actividades productivas "tanto para la inversión de los particulares como para la certeza de los fines sociales y públicos que el control del territorio debe conllevar, además de que genera espacios normativos nebulosos que dan lugar o bien a espacios proclives a autorizaciones irregulares originados por la discrecionalidad a que la indeterminación da lugar, o incluso a que los intereses privados sean resueltos por instancias jurisdiccionales en perjuicio, en muchos casos, del interés público, dado que el estado de incertidumbre resulta también contrario con el principio legal de certeza jurídica al que está obligada la administración pública".

Una de las razones que elude la EEOT es que dichos instrumentos, a pesar de que establecen las relaciones entre ellos con el objetivo de coordinarse, la implementación indica que "las contradicciones y visiones dispares entre estos instrumentos puede obstaculizar el logro de los objetivos de la política pública emprendida por el Gobierno del Estado constituyendo un serio obstáculo al desarrollo en lugar de servir como instrumento para generarlo en condiciones de sustentabilidad." Otra de las razones que plantea es la fecha aprobación y publicación de éstos, lo cual alude a la obsolescencia de los mismos. En la siguiente tabla se puede observar la relación de instrumentos con incidencia territorial y año de publicación.

En este sentido, es importante señalar que las políticas de ordenamiento establecidas en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Tulum (POEL, 2015) se enmarcan en la legislación ambiental (Art. 3°, LGEEPA) y complementada por una más en el ámbito del desarrollo urbano, asignadas a cada una de las unidades de gestión ambiental del POEL.

Mapa de Políticas Ambientales del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Tulum



Fuente: POEL, 2015.

Tabla de Políticas de Ordenamiento Ecológico Local y reglas de decisión para la asignación de políticas ecológicas

Política ecológica	Definición	Regla de decisión
Aprovechamiento sustentable	La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por períodos Indefinidos.	Aplica en aquellas unidades donde los sectores con mayor aptitud son actividades productivas rentables que promueven un adecuado desarrollo económico de bajo impacto y cuyos lineamientos ecológicos se encuentran enfocados a la promoción de actividades altamente rentables y amigables con el medio.
Aprovechamiento Urbano	La ocupación del territorio al interior de los centros de población de acuerdo con los parámetros de ocupación y uso del suelo establecidos en los planes o programas de desarrollo urbano vigentes.	Aplica para todas la unidades de gestión ambiental cuyos límites corresponden a los programas directores de desarrollo urbano publicados en el periódico oficial del estado de Quintana Roo.
Preservación	El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitat naturales.	Aplica para aquellas unidades cuyos lineamientos ecológicos este enfocados al mantenimiento del estado de los recursos y actividades que se desarrollan por considerarse adecuadas con la imagen objetivo, del mismo modo es aplicable para aquellas UGA que correspondan a Áreas Naturales Protegidas decretadas o aquellas zonas que pueden llegar establecerse como tal.
Protección	El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro.	Aplica en aquellas UGA en las que se presentan elementos naturales o atributos vitales en un grado de deterioro que aun hace posible su recuperación mediante estrategias de remediación o reclamación.
Restauración	Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales	Aplica para aquellas UGA en las que el deterioro ambiental ha rebasado la capacidad de carga de los ecosistemas naturales, donde existe deterioro de los atributos vitales (agua, suelo y aire) o las actividades que se llevan a cabo necesitan una regulación para conducir a un aprovechamiento sustentable.

Antecedentes históricos de la zona urbana costera de Tulum

Durante los siglos XIII y XIV a Tulum se le consideraba como una de las ciudades mayas principales de la península Yucatán. La ubicación estratégica entre las provincias de Coahuah y Cozumel hacía de éste un asentamiento potencial para la explotación de recursos marítimos de la costa, lo que a su vez le permitía ser un hito dentro de las rutas comerciales de la zona (INAH, 2022).

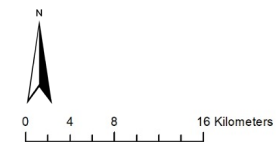
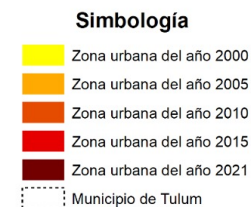
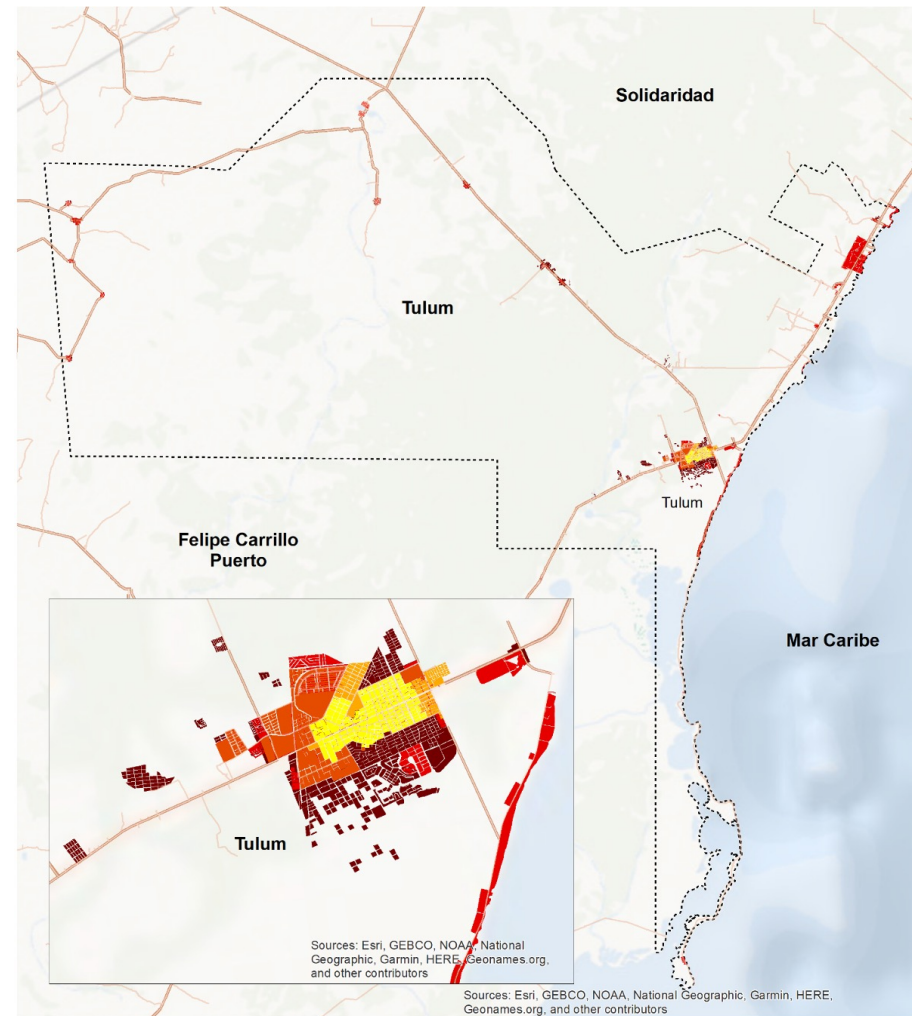
Asimismo, entre los años de 1200-1400 Tulum tuvo su apogeo tanto poblacional como arquitectónico, mismo que permitió generar lazos con localidades de mayor distancia prolongando así su participación en las actividades comerciales y socio-culturales de la región. No obstante, la llegada de los españoles a la península impactó las dinámicas que se desarrollaban ahí, por lo que para 1579 Juan de Religiosa catalogó a Tulum como una ciudad en ruinas (INAH, 2022).

Es así que hasta la década de 1970 en donde a partir de estrategias de impulso económico para el país, se inicia la búsqueda del potencial turístico como elemento de derrame económico constituyendo a los Centros Integralmente Planeados (CIP), siendo Cancún uno de los pioneros en la península de Yucatán, sin embargo, la demanda turística fomentó la saturación del litoral de Cancún, por lo que se empezaron a construir estrategias de expansión de turismo en la región (Arroyo et.al, 2015; Rodríguez, 2020).

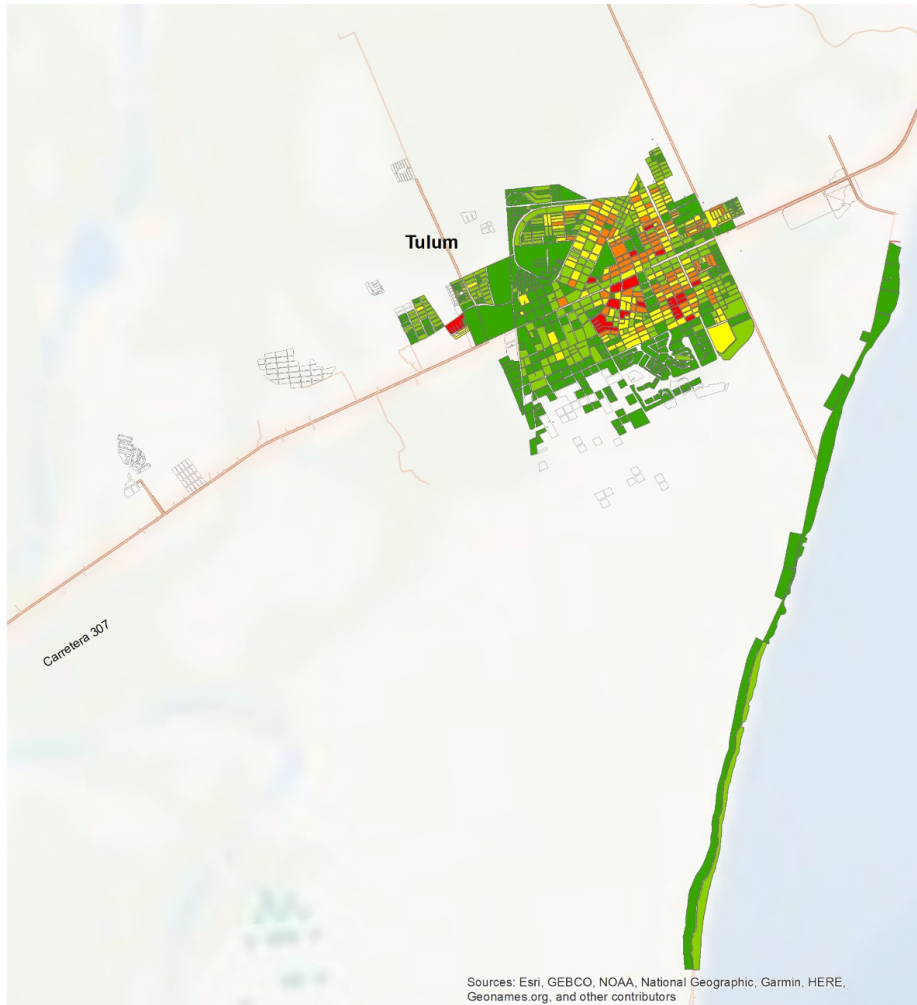
Con lo anterior, en la segunda mitad de la década de los ochenta y principios de los noventa se consolida el surgimiento del corredor turístico Cancún-Tulum, mismo que se plantea como un desarrollo urbano-turístico regional impulsado por las inversiones públicas y privadas de ese momento (Castillo y Mendez, 2017).

A partir del año 2000 los acuerdos y la coordinación de los tres ámbitos de gobiernos (local, estatal y federal) impulsaron lo que hoy se conoce como el proyecto Riviera Maya, para fortalecer el eje económico mediante las actividades turísticas de bajo impacto (Hernandez et.al, 2018). La creación de este megaproyecto turístico tuvo parte de su origen por las reformas del artículo 27 constitucional en la década de los noventa como estrategias de reestructuración económica para el país, impulsando la participación de capitales privados nacionales e internacionales para la compra de tierras en los ejidos de la zona con el fin de crear proyectos turísticos (Camacho, 2015).

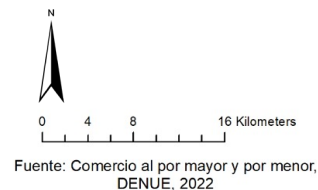
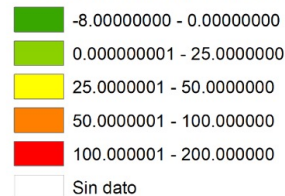
La Riviera Maya es una zona turística situada a lo largo de la franja costera del Mar Caribe en Quintana Roo, México, y comprende una extensión de más de 200 km (Castillo y Mendez, 2017) y comprende desde las localidades Puerto Morelos hasta Punta Allen, siendo Tulum un punto entre ambas.



Fuente: Marco Geoestadístico de los años 2000, 2005, 2010, 2015, 2021, INEGI.



Simbología
Población nacida en otra entidad

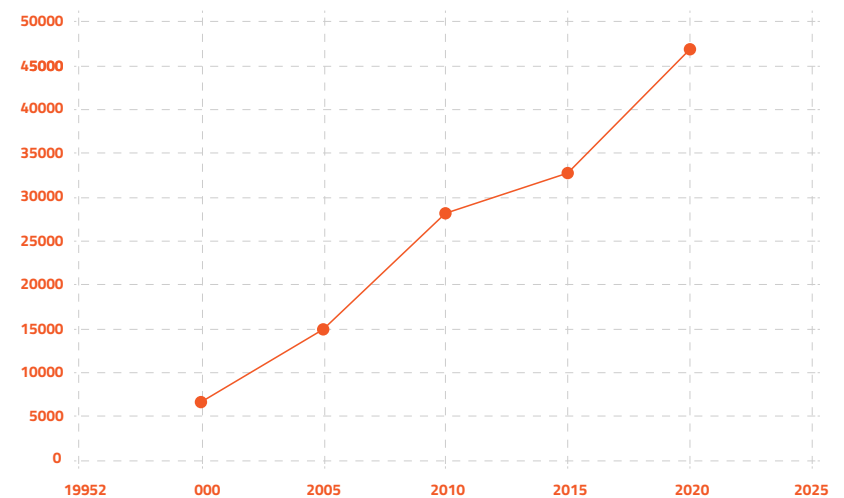


El apogeo del turismo masivo en la región trajo consigo el requerimiento de mayores capacidades técnicas, proyectos de infraestructura, así como una coordinación entre los gobiernos para el ordenamiento ecológico y urbano del territorio. La constitución del gobierno local de Tulum en 2008, surge como una alternativa para mejorar la gestión de la actividad turística y el control del crecimiento urbano, sin olvidar la adecuada preservación ecológica de los ecosistemas (Hernandez et. al, 2018; Arroyo et.al, 2015).

El territorio de Tulum fue desagregado del municipio de Solidaridad, se encuentra al extremo sur de la Riviera Maya y la capital del mismo es una de las ciudades más importantes dentro de la misma región y se encuentra aproximadamente a 132 km de Cancún (Arroyo et.al, 2015).

De acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tulum 2006-2030, el centro de población Tulum es conectada regionalmente por la vía federal 307, cuenta con una zona arqueológica que se encuentra dentro del Parque Nacional de Tulum con 644 ha de extensión sobre la llanura costera. Además presenta dinámicas y actividades urbanas, así como la presencia de actividades de turismo de playa y arqueológico, por lo que Tulum muestra ser un centro urbano de importancia dentro de la región Riviera Maya.

No obstante, como se ha mencionado anteriormente, pese a que Tulum muestre ser un lugar de importancia y con mayor crecimiento como de población y de inversiones para desarrollo turístico dentro la Riviera Maya, este ha presentado pérdida de ecosistemas, y en especial cambios de cobertura vegetal por la presión del crecimiento y dinámicas urbanas-turísticas costeras (Arroyo et. al.,

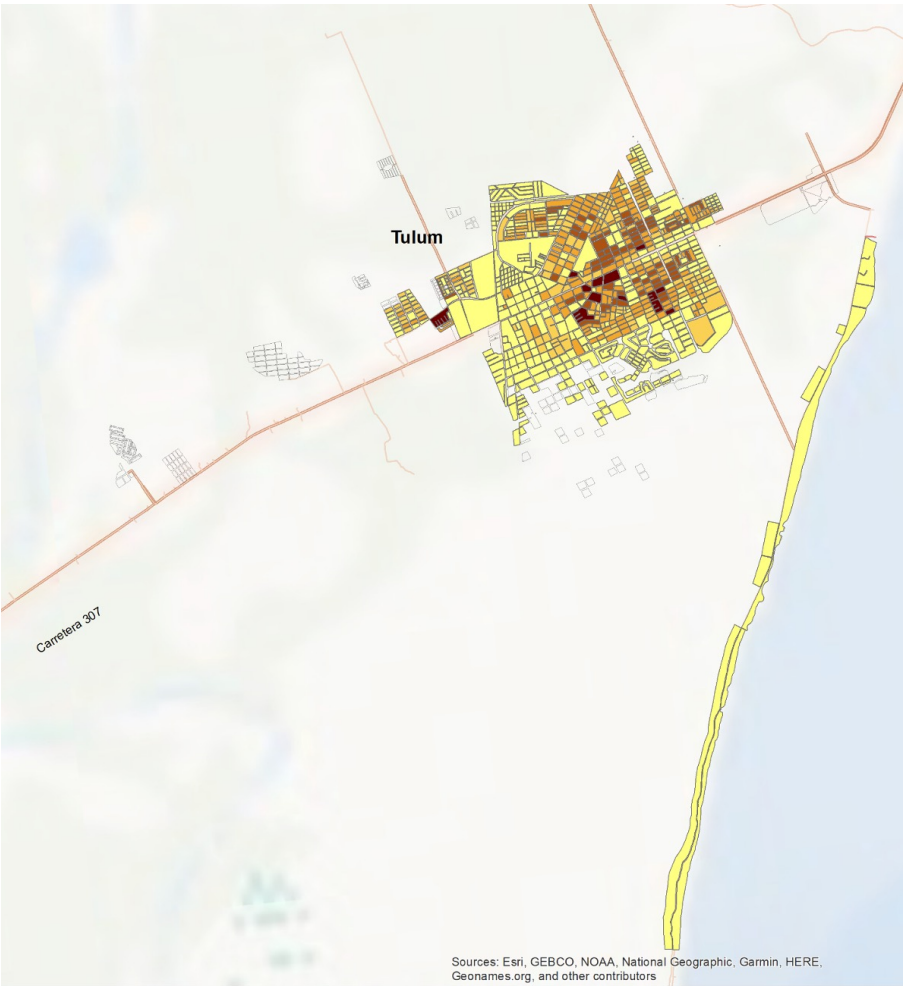


Distribución poblacional

1.3.7.4

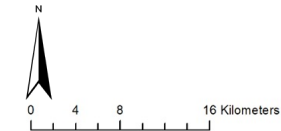
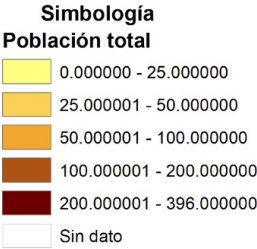
De acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda, INEGI (2020), en la zona urbana costera habitan 33, 374 personas, de las cuales como se puede observar en el mapa X, se encuentran en su mayoría localizadas en el centro de la zona urbana. Se aprecia por su parte que en la zona costera existen muy pocas personas viviendo.

Por otra parte, es importante distinguir la distribución de la población originaria, para comprender los procesos sociales derivados de la actividad turística. Ante ello, en el mapa X, se muestra la distribución de la población que ha nacido en otra entidad, la cual se localiza principalmente en la zona central del centro urbano, mientras que en la costa no hay cambios significativos.



Sources: Esri, GEBCO, NOAA, National Geographic, Garmin, HERE, Geonames.org, and other contributors

Gráfico. Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda, INEGI (2020)



Fuente: Comercio al por mayor y por menor, DENUE, 2022

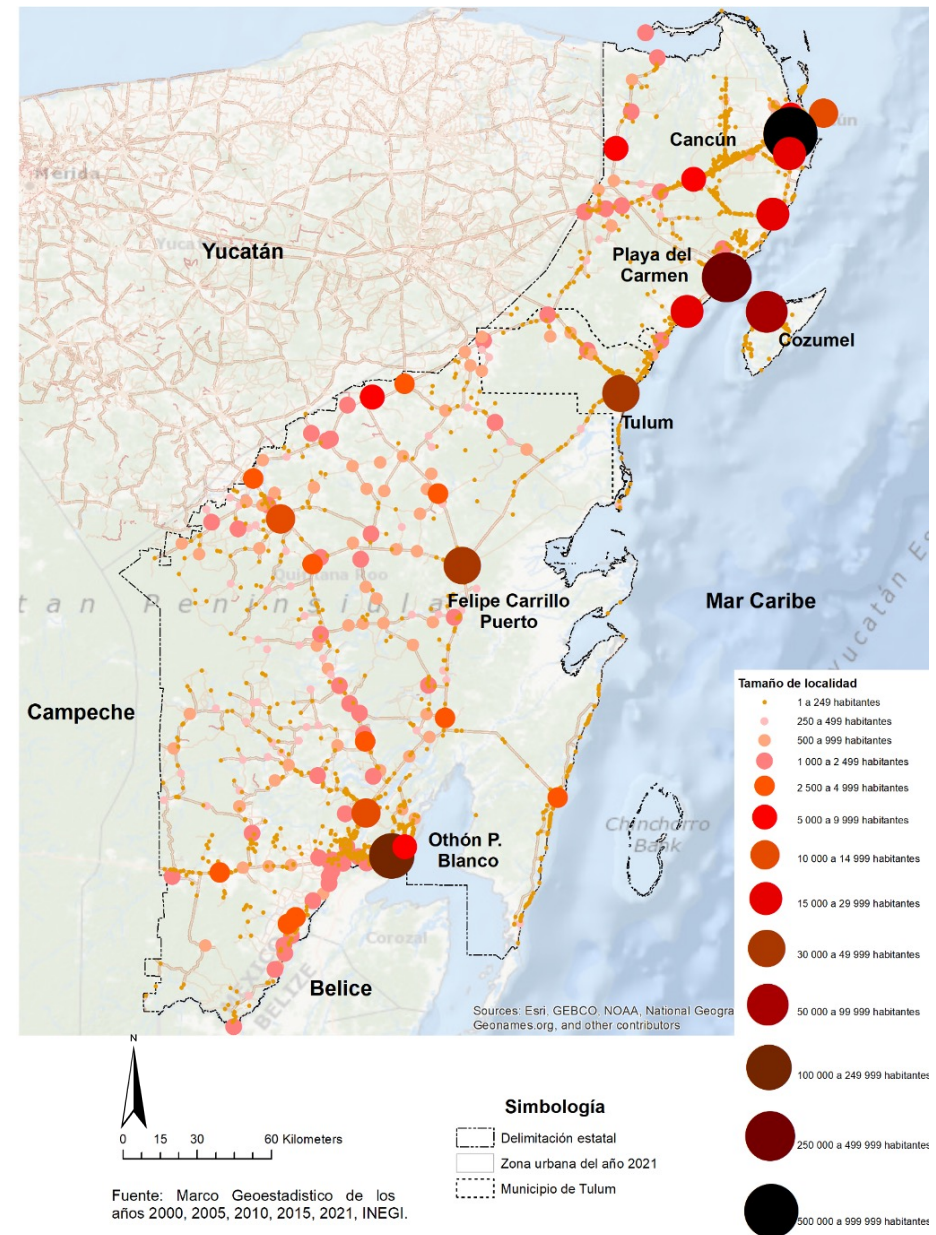
Características urbanas costeras de Tulum

1.2.7

Sistema Urbano del Corredor Cancún

1.2.7.2

La entidad federativa de Quintana Roo tiene un total de 2 207 localidades, de las cuales, 27 se consideran urbanas (Principales resultados por localidad ITER, INEGI, 2020). Entre la región norte que es en donde se localiza el corredor Cancún Tulum, Se mantienen dinámicas socioterritoriales entre las localidades de Cancún como la más importante, Playa del Carmen, Cozumel y Tulum derivado de la conexión que tienen mediante la carretera federal 307. Las localidades urbanas anteriormente mencionadas mantienen la estructura urbana regional de la zona costera del norte de Quintana Roo. Lo anterior es representado en el siguiente mapa.

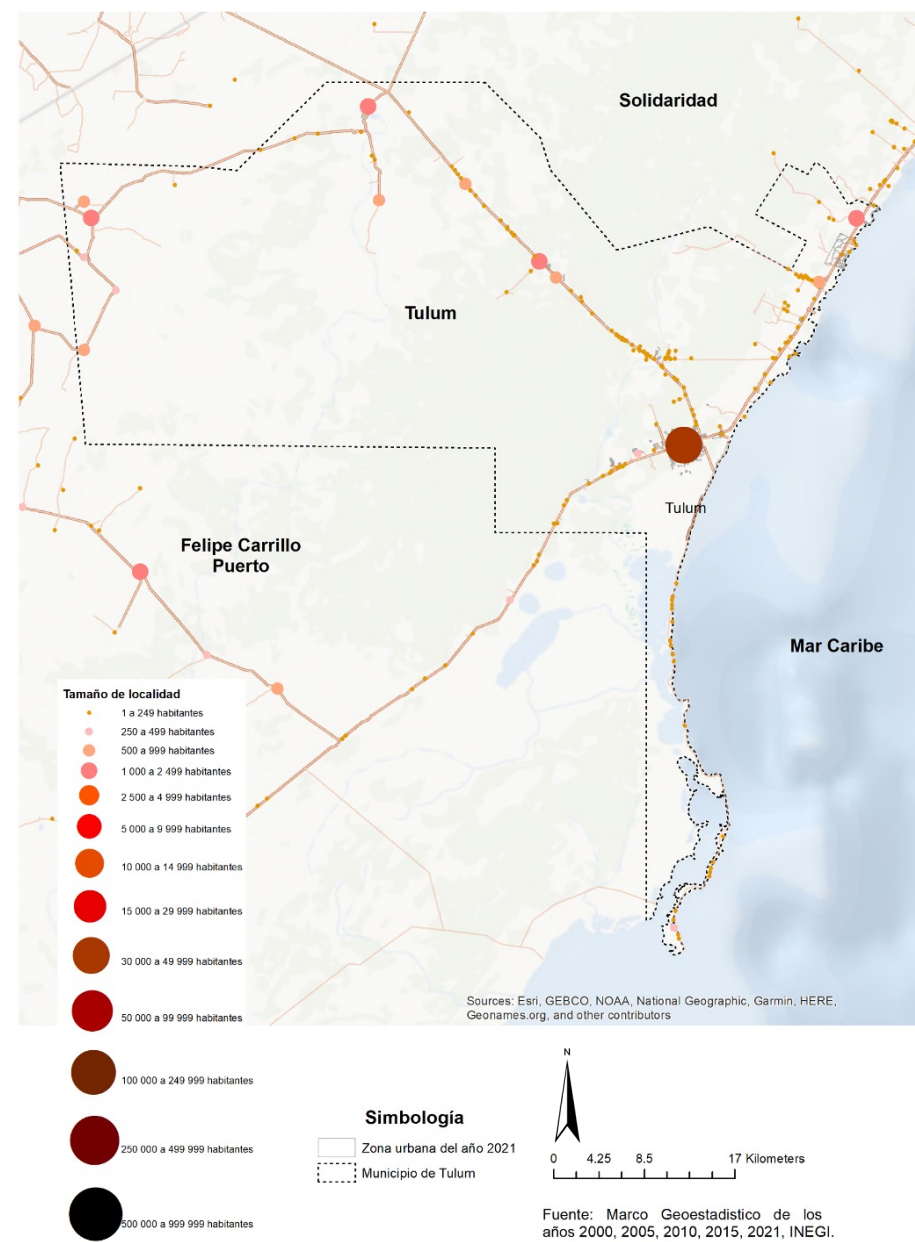


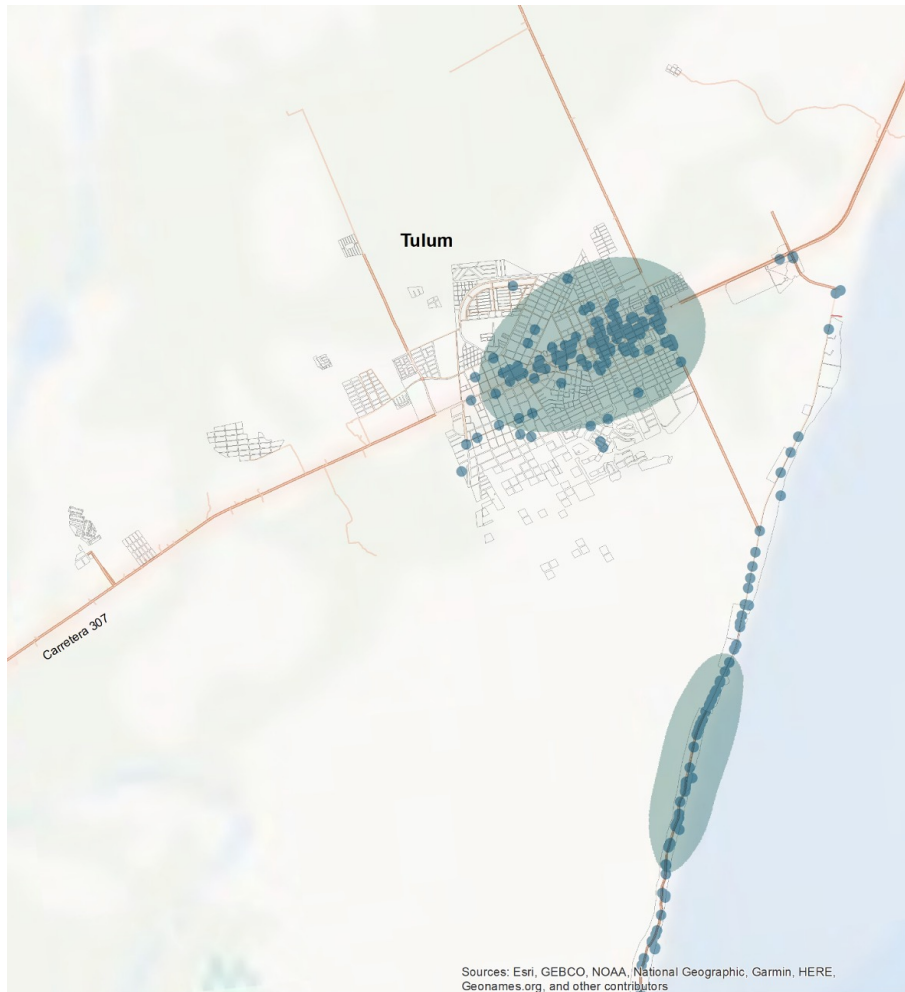
Fuente: Elaboración propia con los datos de Principales resultados por localidad ITER, INEGI, 2020

Sistema de localidades rurales y urbanas a nivel municipal

1.2.7.1

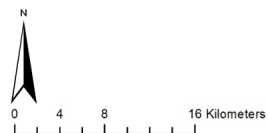
La entidad federativa de Quintana Roo tiene un total de 2 207 localidades, de las cuales, 27 se consideran urbanas (Principales resultados por localidad ITER, INEGI, 2020). Entre la región norte que es en donde se localiza el corredor Cancún Tulum, se mantienen dinámicas socioterritoriales entre las localidades de Cancún como la más importante, Playa del Carmen, Cozumel y Tulum derivado de la conexión que tienen mediante la carretera federal 307. Las localidades urbanas anteriormente mencionadas mantienen la estructura urbana regional de la zona costera del norte de Quintana Roo. Lo anterior es representado en el siguiente mapa.





Simbología

- Servicios de hospedaje
- Cluster de servicios de hospedaje
- Zona urbana



Fuente: Servicios de hospedaje, DENUE, 2022

Clusters de actividades turísticas

1.7.2.3

Para este subapartado se consultaron dos variables del DENUE, 2022, las cuales son las actividades de preparación de alimentos y bebidas, y las actividades de servicios de hospedaje.

En la zona urbana costera del municipio de Tulum se encuentran 219 establecimientos de servicios de hospedaje, de los cuales poco más de la mitad, el 58%, tienen de 0 a 5 personas ocupadas, es decir constituyen establecimientos de hospedaje pequeños, sin mucho impacto en la demanda de servicios urbanos. No obstante, 18 de los 219 de esos establecimientos son de un tamaño mayor a 50 personas ocupadas, lo que indica que los servicios de hospedaje de alto impacto son de menor proporción en la zona.

Como se observa en el mapa el geoproceso para el desarrollo de clusters en los SIG, demuestran dos principales concentraciones de este tipo de servicios en la zona urbano costera de Tulum. La primera se encuentra en el centro urbano con un total de 526 ha, y la segunda se ubica en la parte costera, la extensión de este último cluster es de 219 ha. La localización de estos clusters nos indican la orientación territorial de este tipo de actividades en el municipio de Tulum. Lo anterior puede verse en el mapa en el siguiente mapa.

Gráfico. Fuente: Elaboración propia con datos de servicios de hospedaje, DENUE, 2022

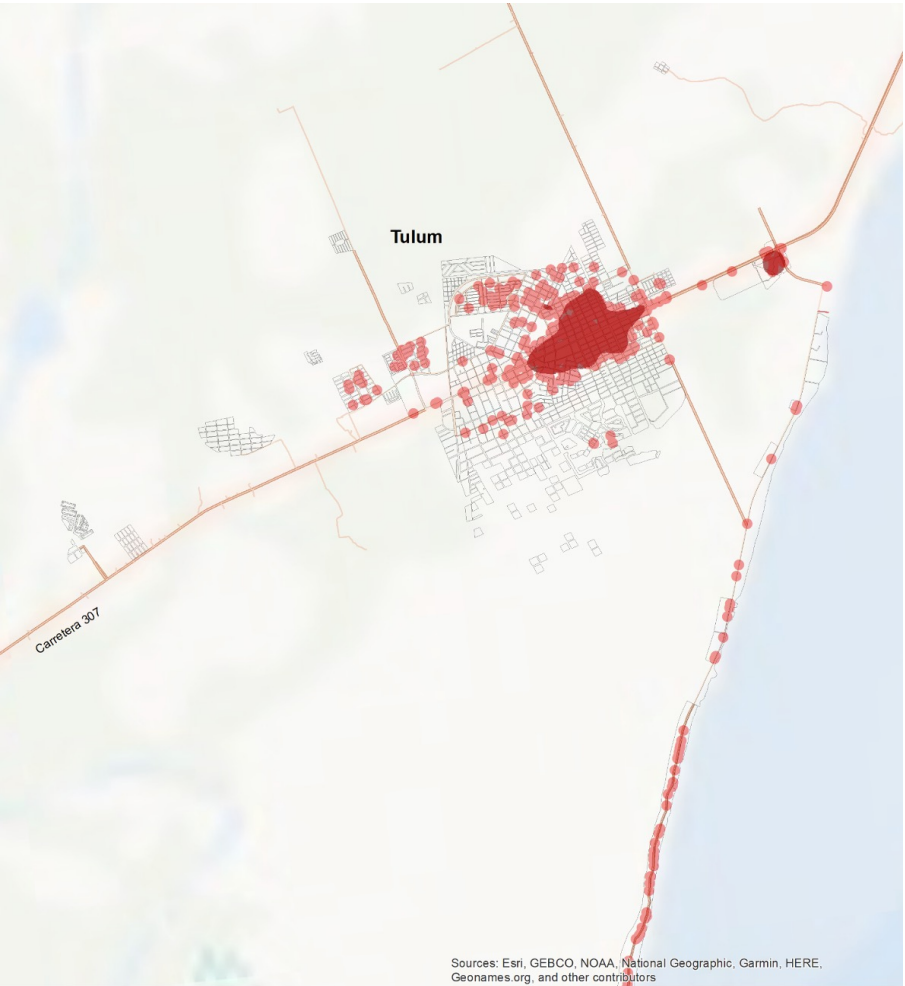
Clusters de actividades turísticas

1.7.2.3

Para este subapartado se consultaron dos variables del DENUE, 2022, las cuales son las actividades de preparación de alimentos y bebidas, y las actividades de servicios de hospedaje.

En la zona urbana costera del municipio de Tulum se encuentran 219 establecimientos de servicios de hospedaje, de los cuales poco más de la mitad, el 58%, tienen de 0 a 5 personas ocupadas, es decir constituyen establecimientos de hospedaje pequeños, sin mucho impacto en la demanda de servicios urbanos. No obstante, 18 de los 219 de esos establecimientos son de un tamaño mayor a 50 personas ocupadas, lo que indica que los servicios de hospedaje de alto impacto son de menor proporción en la zona.

Como se observa en el mapa el geoproceso para el desarrollo de clusters en los SIG, demuestran dos principales concentraciones de este tipo de servicios en la zona urbano costera de Tulum. La primera se encuentra en el centro urbano con un total de 526 ha, y la segunda se ubica en la parte costera, la extensión de este último cluster es de 219 ha. La localización de estos clusters nos indican la orientación territorial de este tipo de actividades en el municipio de Tulum. Lo anterior puede verse en el mapa en el siguiente mapa.



Simbología

-  Comercio
-  Cluster de comercio
-  Zona urbana

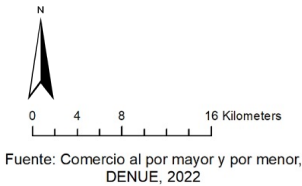


Gráfico. Fuente: Elaboración propia con datos de servicios de hospedaje, DENUE, 2022

Clusters de actividades turísticas

1.7.2.3

Para el caso de los servicios de preparación de alimentos y bebidas se encontraron en la base del DENUE (2022), existen 355 establecimientos en la zona urbana costera, de las cuales cerca del 71% son establecimientos con 0 a 5 personas ocupadas, es decir son unidades económicas chicas. En otro sentido, la concentración de estas actividades económicas complementarias al turismo, se ubican en el centro urbano de Tulum, sin dejar de tener presencia en la costa, tal como se observa en el siguiente mapa.

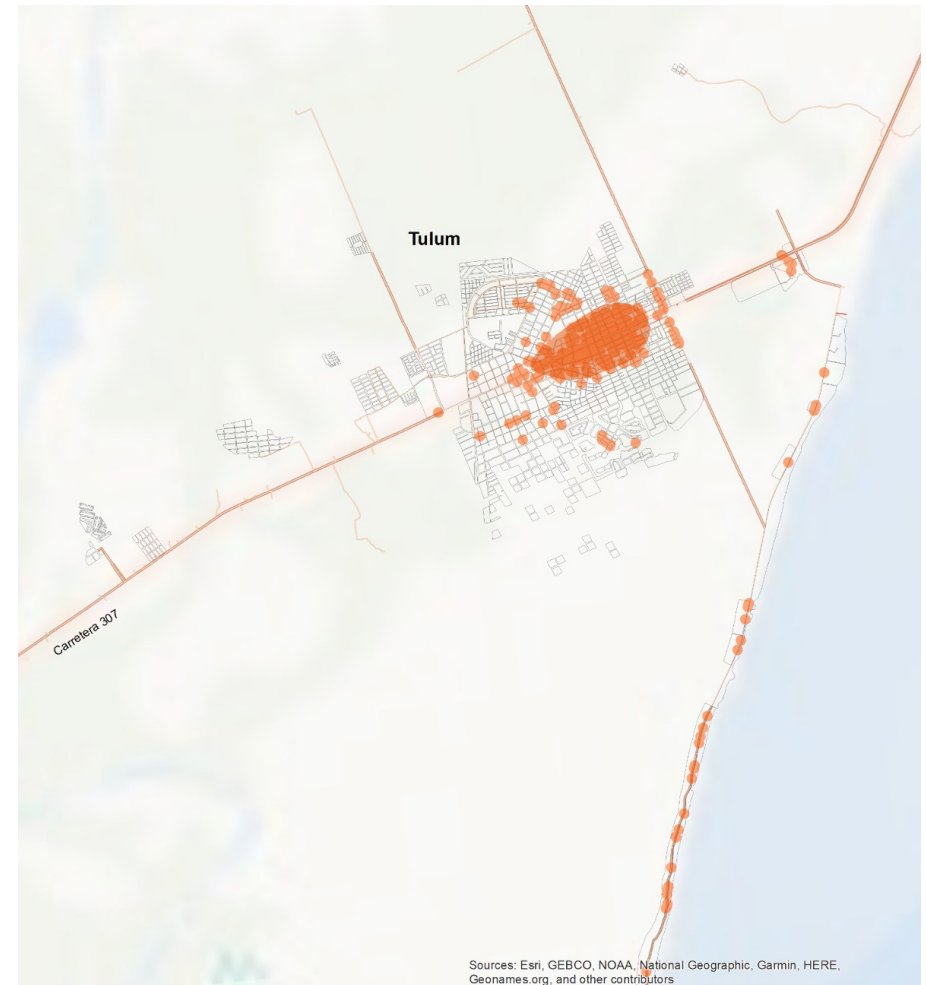
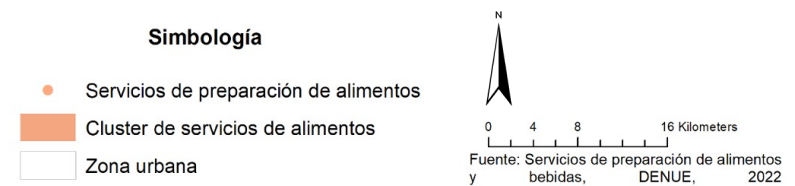
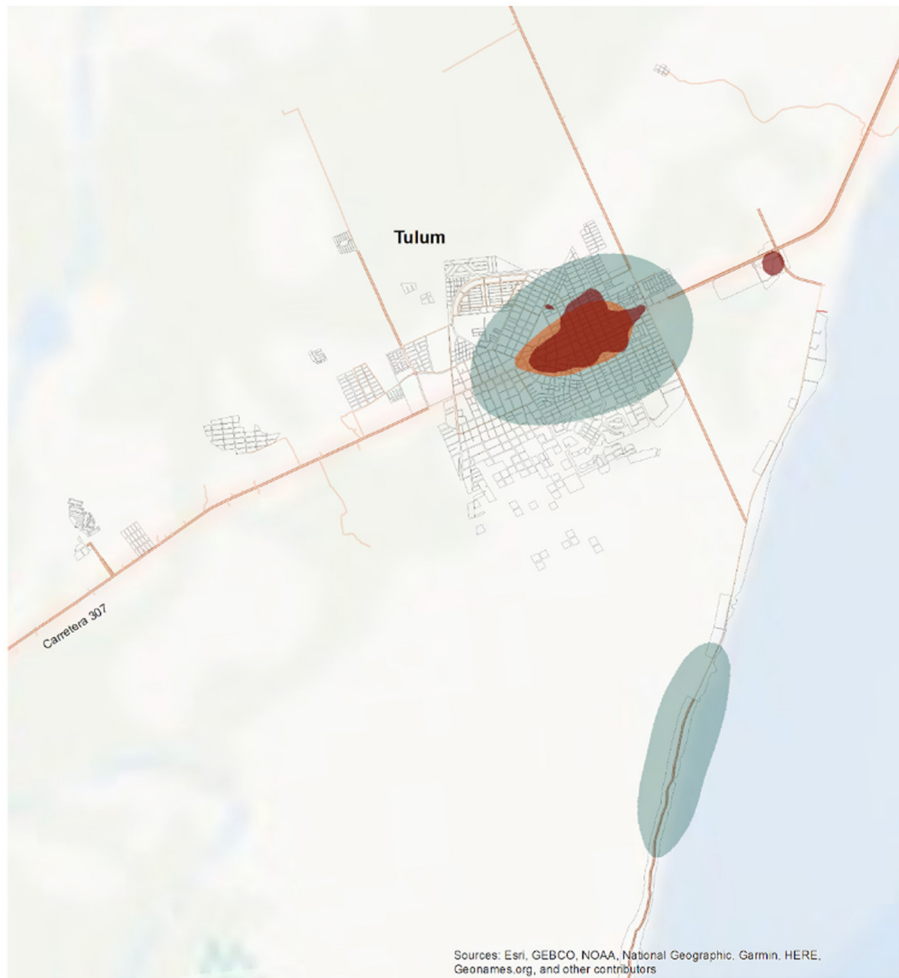
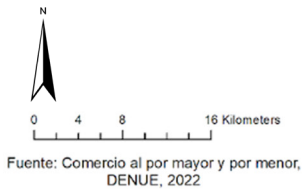


Gráfico. Fuente: Elaboración propia con datos de los servicios de preparación de alimentos y bebidas del DENUE (2022)





- Simbología**
-  Cluster de comercio
 -  Cluster de servicios de alimentos
 -  Cluster de servicios de hospedaje
 -  Zona urbana



Se observa que las actividades con mayor presencia son de hospedaje para turismo, el cual abarca la zona urbana consolidada de Tulum, así como su costa principal. es importante mencionar, por su parte, que las actividades económicas en la zona urbana de Tulum, se contienen dentro de la misma, no obstante, este patrón de actividades debe ser comparada con la tendencia del crecimiento horizontal que ha tenido la superficie urbana en los últimos años en el municipio, con la finalidad de anticipar y planear adecuadamente los requerimientos de dichas actividades a futuro.

Gráfico. Elaboración propia a partir de procesamiento de las capas de Uso de suelo y vegetación. Serie VII, INEGI 2018.

LINEAMIENTOS GENERALES DE DISEÑO PARA LA PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LAS ZONAS URBANO-COSTERAS DE *Tulum* ANTE EL CAMBIO GLOBAL



Ciudad de Tulum, 2022



Introducción

Tulum es un destino turístico reconocido a nivel internacional por la calidez de sus aguas color turquesa, el paisaje exótico asociado a la selva, la riqueza cultural de la zona maya, entre otras cosas.

El actual modelo de desarrollo de la zona del Caribe, así como de la urbano-costera de Tulum pone en riesgo la calidad de sus aguas, la existencia de sus ecosistemas y todos los beneficios ambientales que brinda la zona. En esta sección, se proponen lineamientos que priorizan a los servicios ecosistémicos de la región urbano-costera del Municipio de Tulum, con la finalidad de brindar herramientas que puedan servir como guías para una toma de decisiones que promueva un bienestar tanto para los habitantes como para los sistemas naturales sobre los cuales se llevan a cabo las actividades humanas, los que deben conservarse, así como aquellos sobre los cuales ha habido una sobreexplotación y requieren restaurarse.

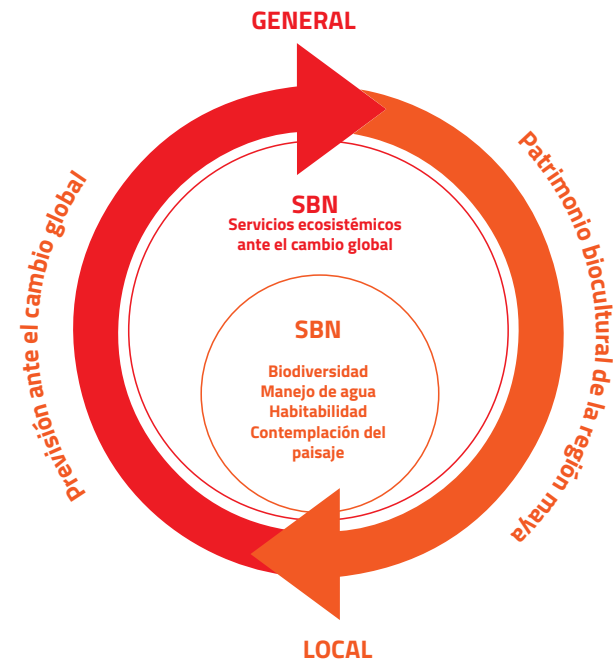
Esta sección se compone de dos apartados. El primero tiene una visión territorial del municipio de Tulum para definir de forma general aspectos de ordenamiento y su conexión con las ANP, así como ecosistemas presentes, como la franja costera, para la protección, mejoramiento y restauración de los ecosistemas comprendidos, así como la contemplación del paisaje costero.

El segundo apartado propone criterios generales de diseño a escala local a través de Soluciones Basadas en la Naturaleza acordes con el patrimonio biocultural del sitio, considerando la gran riqueza que tiene esta zona por los usos y costumbres de las comunidades mayas.

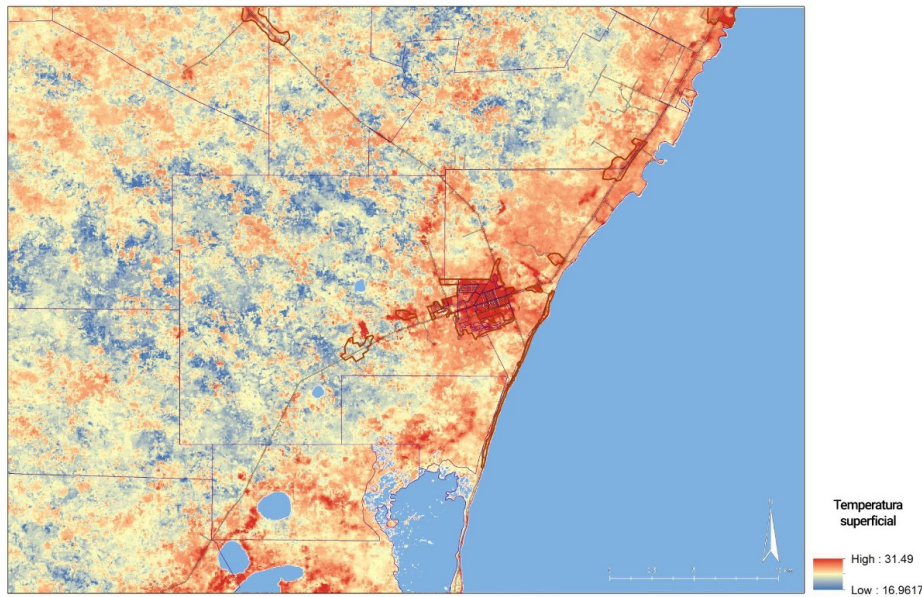
Para poder establecer los lineamientos generales y locales de diseño planteados en el inciso 3.2, se plantea la siguiente aproximación.

Los ecosistemas no pueden estudiarse de acuerdo a los límites administrativos, por lo que se debe comprender que forman un sistema. Ante esta situación, el planteamiento de lineamientos generales de diseño, si bien, marca los límites administrativos, no se limita a la zona al interior del municipio de Tulum , ya que cualquier alteración dentro o fuera de él repercute en la salud de todos los sistemas vivos de la zona. Como ejemplo están las variaciones en la temperatura en el municipio de acuerdo al uso de suelo y tipo de vegetación existente.

El estudio de los servicios ecosistémicos y a su vez de las soluciones basadas en la naturaleza SBN propuestas para esta sección contempla la visión del territorio desde una óptica general y del funcionamiento general de los sistemas ecológicos, para después dar lineamientos que van a atender a las dinámicas locales entre el espacio construido y la naturaleza.

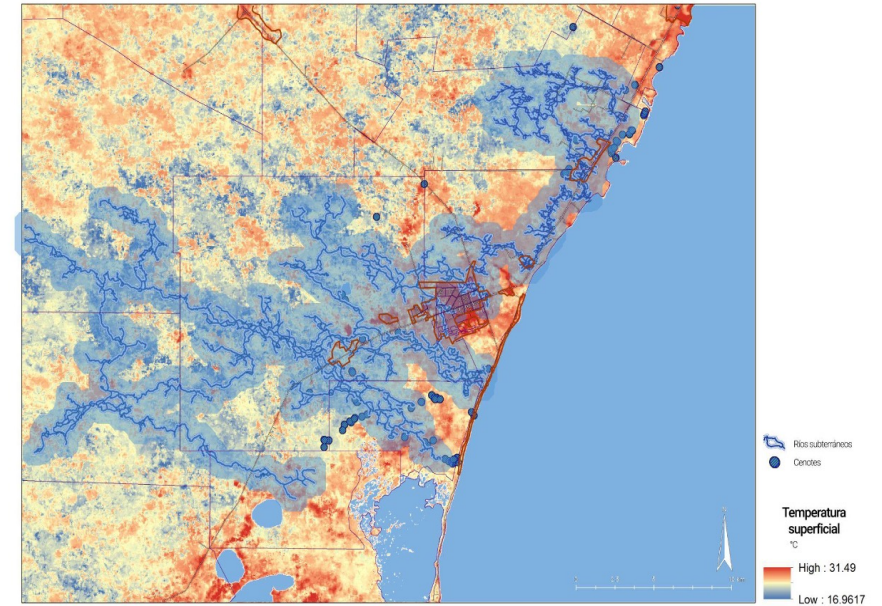


	Consideraciones		Acciones
GENERAL	Previsión de efectos del cambio climático, ecosistemas y pérdida forestal, sistema hídrico, tipo de roca y suelo, centros de población y turísticos, infraestructura, dinámicas económicas, cambios de uso de suelo.	>	Insumos para la generación de instrumentos que permitan: Conservar y proteger las áreas con un buen funcionamiento de las áreas naturales y de sus servicios ecosistémicos. Restaurar y mejorar las zonas que han sido impactadas y que ponen en riesgo la existencia y continuidad ecológica de los ecosistemas. Permitir el acceso al paisaje y su contemplación en los diversos ecosistemas.
LOCAL	Estudio de las comunidades vegetales, y de la producción de plantas en la región para su uso en el diseño. Detectar las zonas con islas de calor, y posibles soluciones de diseño para hacer que los ecosistemas co-habiten con los centros urbanos y turísticos	>	Soluciones Basadas en la Naturaleza. Lineamientos para el diseño a escala local que promuevan la biodiversidad a través de la conectividad entre áreas naturales y verdes con una buena selección, el manejo del agua, la habitabilidad a través de la generación de microclimas y la contemplación del paisaje.



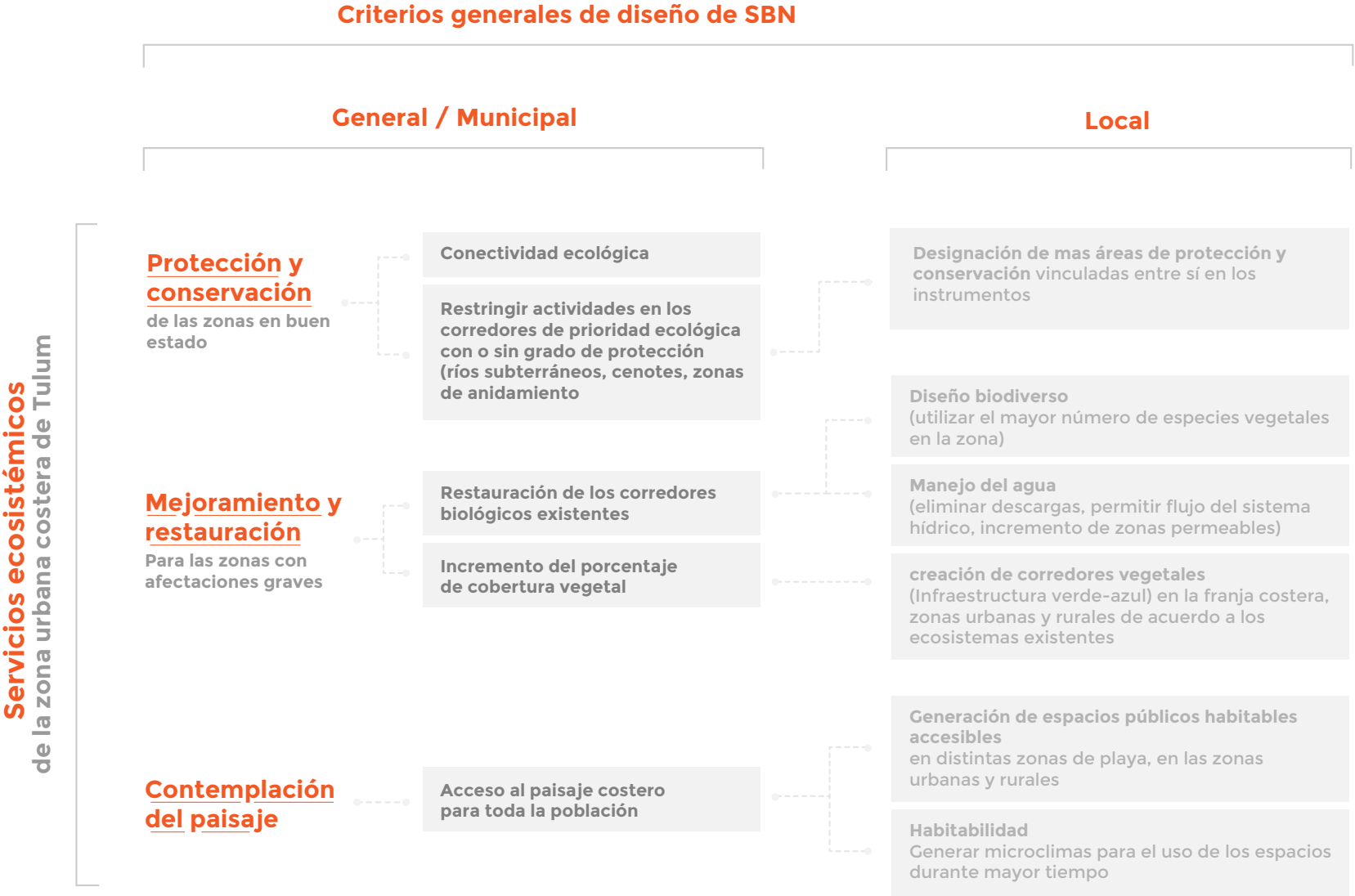
Temperatura superficial de la zona urbana de Tulum y alrededores. Imagen: Alejandro Marambio (2022)

Utilizando fotogrametría se puede observar el promedio de temperatura actual en función de la presencia o no de vegetación de follaje denso. Se observa claramente como el área urbana de Tulum, así como la zona modificada en la franja costera cuenta con las mayores temperaturas, siendo el promedio de 31°C, mientras que en las zonas de selva asociadas a los cuerpos de agua subterráneos la temperatura promedio es de 16°C.



Temperatura superficial y cuerpos de agua superficiales y subterráneos de la zona urbana de Tulum y alrededores. Imagen: Modificada a partir de Alejandro Marambio (2022)

Utilizando la misma imagen se superponen los flujos de los ríos subterráneos y áreas de amortiguamiento de los mismos para preservar su buen funcionamiento. Asimismo, se indica la ubicación de los cenotes como parte del sistema hídrico. Es posible concluir, que si las zonas de protección de los ríos subterráneos se protegen, se prevé una disminución de la isla de calor en el centro urbano y zona de playa.



Protección y restauración de la zonas urbano costeras

La importancia de la preservación de los ecosistemas ante los efectos del cambio climático de las zonas costeras radica en que, sin ellos, todas las formas de vida, la calidad de las comunidades vegetales contiguas, la habitabilidad dentro de los centros de población, así como la calidad de su infraestructura se verán comprometidas.

Ahora, sin embargo, la humanidad está explotando las regiones costeras hasta tal punto que estas zonas ya no son capaces de prestar todos los servicios ecosistémicos que la gente valora y necesita. Las zonas costeras se degradan sobre todo por la construcción y la contaminación (WOR, 2022) derivada de cambios en el uso del suelo y fragmentación de los sistemas ecológicos. En términos generales, la falta de entendimiento sobre los servicios ecosistémicos y cómo estos promueven el bienestar de dichas zonas, ha generado un grado de deterioro que restringe la capacidad de sustento de las actividades económicas de las zonas costeras, las cuales son el sustento económico de la población.

La zona urbana y turística de la costa del municipio de Tulum ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años, y esto ha generado como consecuencia, una seria fragmentación de los ecosistemas de selva, manglar, tular, duna costera y en algunos casos, ha promovido su desaparición dentro de los centros de población y los nuevos conjuntos habitacionales que se están desarrollando. Para garantizar el buen estado de los ecosistemas marinos, por ejemplo, el arrecife de coral, se debe garantizar la buena calidad del agua subterránea (Pérez-Hernández et al 2018) proveniente de la parte continental. Lamentablemente desde 1970 se ha disminuido su superficie en un 40% (Gardner, 2003).

Funciones

Como se presentó anteriormente, las funciones de los ecosistemas presentes en la zona urbano-costera del municipio de Tulum son los siguientes:

Provisión	Regulación	Cultural
Alimento Materias primas Recursos medicinales Agua dulce Cultivo Recolección y cosecha de alimentos Caza Ganadería Pesca Productos forestales	Clima local y calidad del aire Calidad del agua Secuestro y almacenamiento de carbono Moderación de fenómenos extremos tratamiento de aguas Prevención de la erosión y conservación de la fertilidad del suelo Moderación de fenómenos extremos Polinización Regulación de los flujos de agua	Turismo Apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño Experiencia espiritual y sentimiento de pertenencia Valor educacional y de investigación
Soporte		
Hábitat para especies Conservación de la diversidad		

Estos servicios varían en función del ecosistema que se esté analizando, sin embargo, para poder conservar estos servicios ecosistémicos es necesario:

- 1) Permitir que el suelo y su cobertura vegetal se conserven. Si el suelo se encuentra en buen estado permite el crecimiento de especies vegetales que a su vez son el hábitat para la fauna local y sirven como zonas de infiltración para el agua que llega a los múltiples ríos subterráneos.
- 2) Eliminar toda fuente de contaminación, desde descargas de aguas residuales en la selva, subsuelo, a los cuerpos de agua (cenotes, ríos subterráneos) así como residuos orgánicos e inorgánicos tanto en mar como en tierra.
- 3) Contar con continuidad ecológica de los ecosistemas a su interior y con los ecosistemas aledaños.
- 4) Aumentar la superficie de áreas naturales para priorizar la vida de la flora y fauna de la zona.
- 5) En las áreas que los ecosistemas ya han sido alterados, promover su preservación, conservación y restauración, según sea el caso.
- 6) Promover el acceso a los servicios ecosistémicos por toda la población para conocerlos y contemplarlos.

Presiones

El desarrollo turístico y urbano en la región urbano-costero se ha relacionado con el incremento de la cantidad de contaminantes y nutrientes que ingresan a las aguas marinas, sobre todo por **aguas residuales**, que, en el mejor de los casos, cuando son tratadas, aún así en muchos casos es insuficiente para eliminar dichos componentes promoviendo el crecimiento de macroalgas, como es el caso del **sargazo**. También se ha visto que se tienen efectos adversos sobre el estado de los **corales** derivando en su **blanqueamiento** y muerte en casos extremos. Para el caso de lagunas y cenotes, la situación es similar, ya que su función ecológica y atractivo justamente depende de la calidad del agua, y si existen descargas por aguas residuales en los sitios o en las zonas cercanas a ellos y a los ríos subterráneos, se contamina todo el sistema.

En el caso de los ecosistemas como manglares, selvas, tulares y dunas costeras, que se ven alterados y en algunos casos retirados para satisfacer la demanda de suelo para la **construcción de conjuntos de viviendas o desarrollos turísticos**, tiene serias repercusiones tanto en la zona continental como en el mar, generando un grave desequilibrio ecológico ya que los ecosistemas costeros son interdependientes y la pérdida o afectación de uno genera efectos adversos sobre el otro. Tal es el caso de los manglares, cuya principal función es capturar toda la materia orgánica proveniente de las cuencas hidrológicas evitando así que lleguen al arrecife. Esto en organismos frágiles como los corales que dependen de aguas claras para realizar fotosíntesis, la cual es su principal fuente de alimento, los hace vulnerables a la aparición de diversos padecimientos (Perez-Hernandez, y otros, 2018). Aunado a lo anterior, la capacidad de **protección contra fenómenos meteorológicos se minimiza**, y estos se incrementan en intensidad y frecuencia, generando pérdidas económicas, y humanas a corto, mediano y largo plazo.

Considerando las proyecciones del IPCC, otra de las consecuencias es el **aumento del nivel del mar**, por lo que los ecosistemas costeros en la zona continental migrarán según las condiciones geomorfológicas, y urbanas hacia el interior siendo las especies más resilientes las que puedan tener mayor capacidad de adaptación.

El crecimiento de estas macroalgas, así como la alteración y reducción del sistema de dunas costeras pone en riesgo la **capacidad de anidamiento de las tortugas** que llegan a las playas de la zona de Akumal, Xcacel, Xcacelito, Cheyumil y Cheyumilito.

La **fragmentación y pérdida de conectividad ecológica**, restringe el paso de mamíferos y otros reptiles, como en el caso de las carreteras que no contemplan pasos de fauna, el tren maya, así como los desarrollos de vivienda y turísticos cuya delimitación impide la circulación en los corredores biológicos indicados por la CONABIO.

Definición de aspectos de ordenamiento y su conexión con las ANP

El objetivo de las declaratorias de Áreas Naturales Protegidas instrumentadas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) son una herramienta que permite la conservación de los ecosistemas y su adaptación ante el cambio climático. Su importancia radica en el hecho de identificar zonas cuyos ambientes no han sido antropizados significativamente, o bien, la función de sus ecosistemas requieren ser preservadas y restauradas.

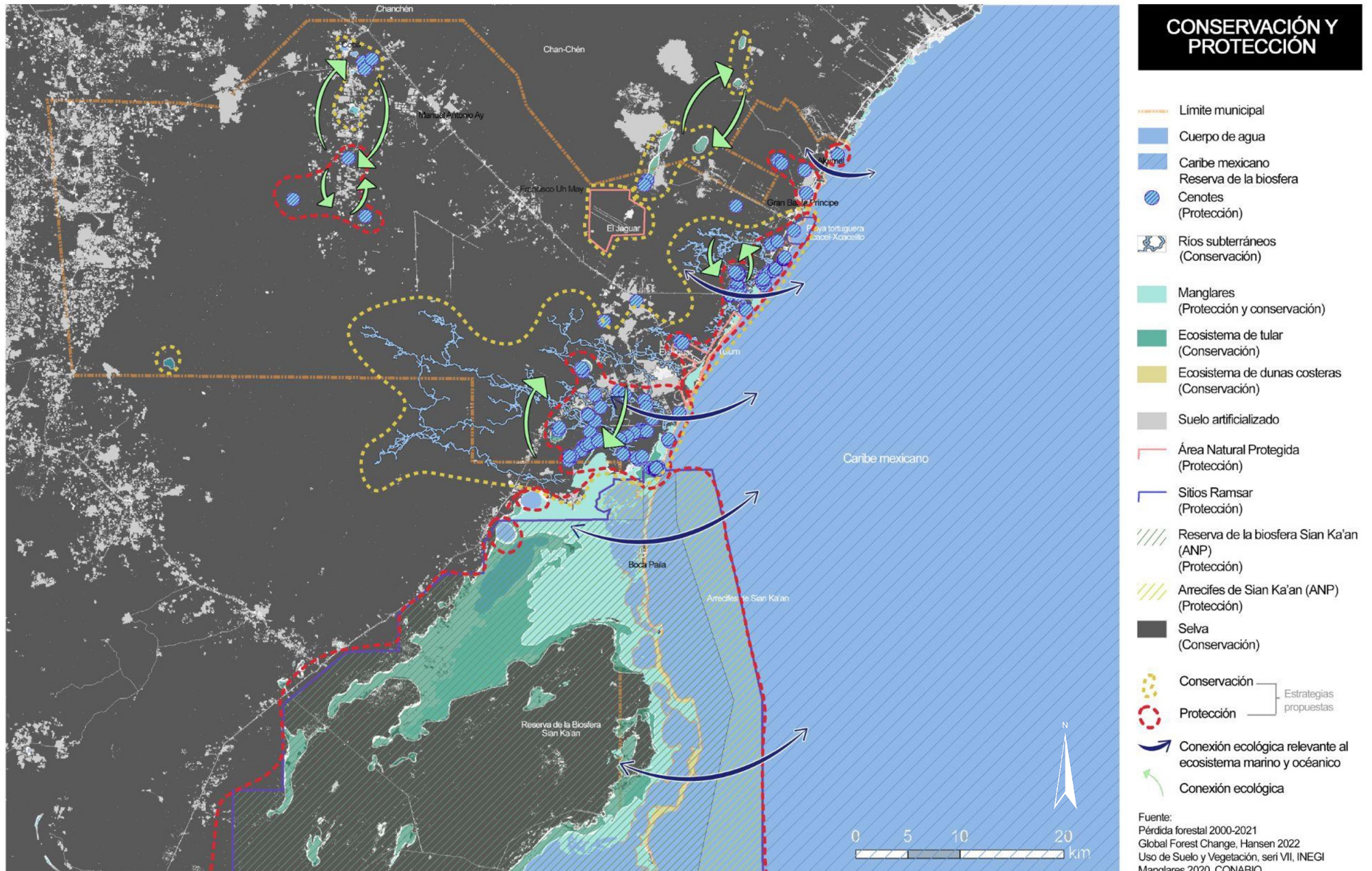
Por consiguiente, es indispensable que el marco legal y normativo sea el soporte de la gestión y manejo de estos servicios ecosistémicos y responda ante la demanda del manejo óptimo del funcionamiento ecológico, urbano y turístico del municipio de Tulum.

Es por ello, que la planeación y gestión de los servicios de soporte son la base para los demás servicios ecosistémicos y por ende, de las acciones que definen el ordenamiento de las comunidades vegetales y animales existentes, así como de las Áreas Naturales Protegidas y su relación con la dinámica en la franja litoral y la contemplación del paisaje costero el cual engloba atributos escénicos, científicos, educativos, recreacionales e históricos con una fuerte aptitud para el desarrollo del turismo.

Es importante señalar que la misma Ley establece la regulación ambiental de los asentamientos humanos para alcanzar los objetivos de la política, la planeación del desarrollo urbano y la vivienda, además de cumplir con lo dispuesto en el artículo 27 constitucional en materia de asentamientos humanos, en donde se consideran distintos criterios de los cuales destacan la importancia de las competencias de los tres órdenes de gobierno (federación, estado y municipios) para la promoción de instrumentos económicos, fiscales y financieros de política urbana y ambiental, para inducir conductas compatibles con la protección y restauración del medio ambiente y con un desarrollo urbano sustentable.

En este sentido, las acciones que se definen este ejercicio se derivan de la LGEEPA cuyas políticas contemplan la protección, mejoramiento y restauración de los ecosistemas comprendidos y la contemplación del paisaje costero, de acuerdo a los siguientes criterios:

Política	Definición
Protección	Áreas donde se presentan elementos para el control del deterioro de los elementos naturales que aún hace posible su recuperación a través de estrategias de remediación.
Restauración	Áreas donde se aplica un conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.
Conservación	Áreas donde se busca regular y reducir considerablemente el daño de las actividades humanas que ocasionan a los ecosistemas naturales, impactando en la biodiversidad y el equilibrio biótico.
Mejoramiento	Áreas definidas en la Zonificación Primaria y Secundaria del Programa Municipal de Desarrollo Urbano (en su caso).



Protección y conservación

El objetivo de las declaratorias de Áreas Naturales Protegidas instrumentadas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) son una herramienta que permite la conservación de los ecosistemas y su adaptación ante el cambio climático. Su importancia radica en el hecho de identificar zonas cuyos ambientes no han sido antropizados significativamente, o bien, la función de sus ecosistemas requieren ser preservadas y restauradas.

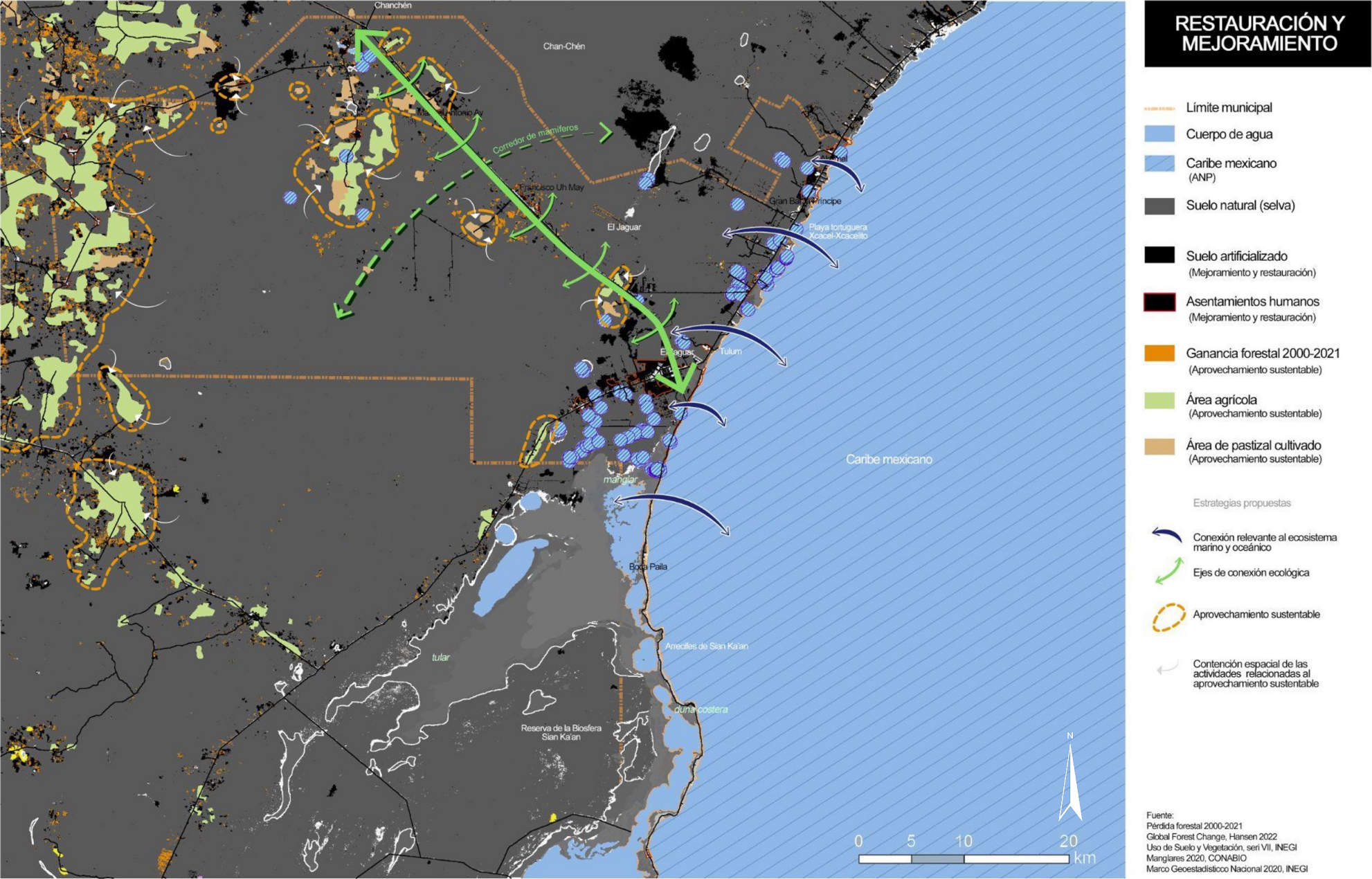
Por consiguiente, es indispensable que el marco legal y normativo sea el soporte de la gestión y manejo de estos servicios ecosistémicos y responda ante la demanda del manejo óptimo del funcionamiento ecológico, urbano y turístico del municipio de Tulum.

Es por ello, que la planeación y gestión de los servicios de soporte son la base para los demás servicios ecosistémicos y por ende, de las acciones que definen el ordenamiento de las comunidades vegetales y animales existentes, así como de las Áreas Naturales Protegidas y su relación con la dinámica en la franja litoral y la contemplación del paisaje costero el cual engloba atributos escénicos, científicos, educativos, recreacionales e históricos con una fuerte aptitud para el desarrollo del turismo.

Es importante señalar que la misma Ley establece la regulación ambiental de los asentamientos humanos para alcanzar los objetivos de la política, la planeación del desarrollo urbano y la vivienda, además de cumplir con lo dispuesto en el artículo 27 constitucional en materia de asentamientos humanos, en donde se consideran distintos criterios de los cuales destacan la importancia de las competencias de los tres órdenes de gobierno (federación, estado y municipios) para la promoción de instrumentos económicos, fiscales y financieros de política urbana y ambiental, para inducir conductas compatibles con la protección y restauración del medio ambiente y con un desarrollo urbano sustentable.

Las áreas naturales protegidas (ANP) como Parque el Jaguar y el Parque Nacional de Tulum, por su declaratoria ya cuentan con un grado de protección, sin embargo no tienen una relación entre ellas, y se corre el riesgo de que sin un ordenamiento adecuado, se conviertan en áreas aisladas que al perder la continuidad con la selva, el mangle y la duna costera, pierdan a su vez los servicios ecosistémicos que las hicieron ser consideradas en primer lugar.

Se requiere que las áreas de selva sean conservadas para garantizar el bienestar del sistema completo.



Restauración y mejoramiento

Las zonas de restauración son aquellas en las que el deterioro ambiental ha rebasado la capacidad de carga de los ecosistemas, es decir, la capacidad de carga biológica es un equilibrio entre la disponibilidad de hábitat y la cantidad de animales de una especie en particular que este hábitat puede soportar (Texas Park & Wildlife , 2022).

Los manglares y dunas costeras que han sido modificados, e incluso eliminados para el desarrollo de conjuntos turísticos y habitacionales pone en un grado alto de vulnerabilidad a la zona urbana costera, por la vital importancia que tienen en el mantenimiento de la salud de los ecosistemas marinos y terrestres, entre las que se encuentran el flujo de nutrientes que pasa por ellos para nutrir a los pastos marinos y arrecifes de coral, como en el caso de los manglares.

El desarrollo urbano y la construcción de infraestructuras fragmentan la continuidad ecológica, por lo que se debe buscar las estrategias para mantener los corredores de mamíferos, anfibios, flujos hídricos, etc. a través de la creación de corredores ecológicos que ahora no existen. Dichos corredores, marcados con flechas azules buscan en primer lugar restablecer la fragmentación que se ha dado en la zona marítimo terrestre y en la franja paralela a la playa con el mar.

Por otro lado, la carretera actual que va de Tulum- Cancún, así como Tulum-Cobá representan actualmente un límite para las especies animales y vegetales. Esta misma situación se presenta en la zona destinada para la infraestructura del tren maya.

Una de las estrategias para generar un corredor ecológico es la creación de pasos de fauna y la generación de zonas de amortiguamiento para dichos corredores ecológicos.

Por ello el departamento de Agricultura y la Estación de Investigación Sur del Servicio Forestal de Estados Unidos ha marcado los siguientes lineamientos para conservar y proteger las zonas a través de la vinculación de los espacios fragmentados o retazos de áreas conservadas..

Categoría taxonómica	Área de retazo
Plantas	2 a más de 100 ha
Invertebrados	4.6 m2 a más de 1 ha
Reptiles y anfibios	1.2 a 14 ha
Aves de pradera	5 a más de 54 ha
Aves acuáticas	más de .8 ha
Mamíferos pequeños	1 a más de 10 ha
Mamíferos grandes	16 a más de 517 ha

Al analizar las fotografías satelitales del cambio de la cobertura vegetal (University of Maryland et al, s.f.) se determinó cuales son las zonas con pérdida y ganancia forestal en los últimos 20 años. También se ubicaron las zonas con actividad agrícola y pastizales cultivados, en los ejidos al poniente del municipio clasificándolas como de aprovechamiento. Estas áreas que representan una fuente de ingreso y sostenibilidad alimentaria para la población asociada a las comunidades mayas debe procurar no exceder la capacidad de carga del sistema y establecer áreas de contención para garantizar satisfacer sus necesidades sin comprometer la estabilidad del ecosistema como se plantea en el esquema de solar maya más adelante presentado (en Patrimonio biocultural).

El mayor factor de presión sobre los ecosistemas ha sido el desarrollo urbano, turístico y de infraestructura (marcados con color negro). Estos elementos han generado un impacto muy fuerte en las áreas naturales, y gran parte de estas zonas, no se adaptan al funcionamiento de los ecosistemas, teniendo como consecuencia islas de calor, pérdida de biodiversidad, mayor vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático, falta de áreas de infiltración, y bajas condiciones de habitabilidad de la zona urbana.

Contemplación del paisaje



El paisaje es la dimensión espacial y estética, asociada a una identidad y a un carácter, como resultado de la combinación única de factores y procesos ecológicos, culturales y socioeconómicos, así como una de apreciación emotiva por parte de quien la observa o con ella convive (Filipe-Narciso & Meza-Paredes, 2021). El paisaje costero tiene procesos ecológicos que lo distinguen, y en especial en la zona maya, la cultura de la región se encuentra vinculada a estos paisajes.

La contemplación del paisaje costero de Tulum es un derecho, y según Becerril Miró, hablando del derecho al paisaje afirma lo siguiente: el derecho al Paisaje puede caracterizarse por tres aspectos: a) es un derecho complejo porque involucra lo natural, lo histórico y también lo cotidiano, b) es un derecho colectivo y c) es un derecho que aún no ha alcanzado la plena protección de la legislación mexicana (Becerril-Miró, 2019).

Tulum es un municipio con una gran riqueza biológica y cultural, sin embargo la contemplación al paisaje no es democrática, ya que la mercantilización de los paisajes costeros ha predominado y es accesible en el mayor de los casos, a quien puede costearlo económicamente.

Las principales amenazas que se presentan para la contemplación del paisaje de Tulum son la privatización, y restricción del acceso a las zonas de playa, la conversión del uso de suelo a áreas de desarrollo urbano y turístico, el establecimiento de límites físicos que impiden el paso a las zonas de frente de playa, cenotes y selvas.

En los últimos años la pérdida de los ecosistemas como el manglar ha sido devastadora. También en los últimos años, el paisaje costero se ha visto invadido por las macroalgas llamadas sargazo, modificando la dinámica ecológica, el color del mar, y generando olores desagradables en la zona de playa.

El gran reto que tiene el Municipio de Tulum es el priorizar a los sistemas ecológicos frente al desarrollo económico que tiene un impacto directo sobre el suelo de propiedad ejidal y por ende en todo el territorio



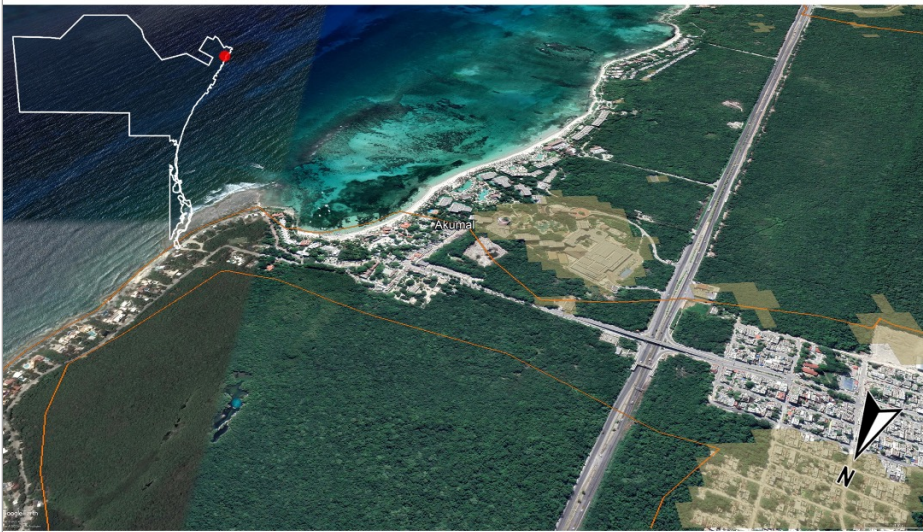
Selva de Tulum, 2022

Espacio	Público de libre acceso	Público de acceso controlado	Privado
Área Natural Protegida Parque Nacional El Jaguar			
Playa tortuguera Xcacel-Xcacelito			
Laguna Kaan Luum			
Lago La Unión			
Lago Nochacam			
Laguna Sakacal (presencia de ecosistema detulares)			
Zona Arqueológica de Cobá			
Laguna Cobá			
Laguna Macanxoc			
Playa Tulum (Acceso a la costa)			
Arrecifes de Sian Ka'an			
Reserva de la Biosfera Sian Ka'an			



En la tabla se enlistan algunos de los sitios que se encuentran en áreas de valor natural (cuerpos de agua y tulares, manglares, selva) con la intención de entender su estado de accesibilidad, sin embargo a una menor escala es posible entender el que dicha accesibilidad espacial no está garantizada o se encuentra condicionada a dinámicas económicas.

En el caso de Tulum, la mayor parte del suelo natural se conforma por selva baja caducifolia y selva mediana caducifolia a cuyo acceso se encuentra prácticamente garantizado para la población, sin embargo, este capital natural ha pasado a ser parte del atractivo inmobiliario que pone en riesgo la vocación colectiva del paisaje a futuro.

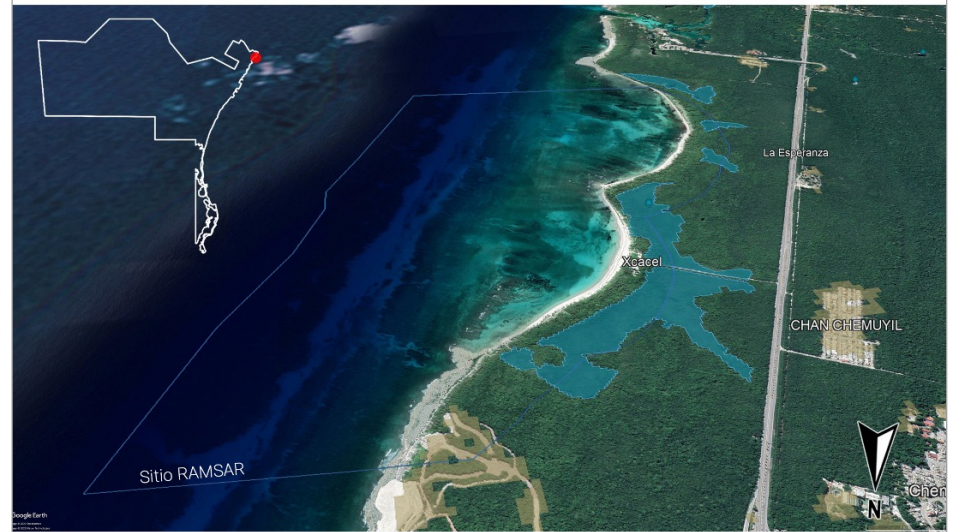


Pérdida forestal 2000-2021 Asentamientos humanos

Akumal

1

La franja costera de la zona de Akumal cuenta con pocos accesos públicos a la playa. Las visuales hacia la zona marítima desde la zona urbana se encuentran bloqueadas por conjuntos de viviendas o desarrollos turísticos de diferentes proporciones, por lo que desde la vialidad no se puede apreciar el mar, ni los atractivos por los que es conocido. Para poder acceder desde el mayor porcentaje de la superficie de la franja costera se debe ingresar por complejos turísticos privados o encontrar los escasos puntos de acceso públicos existentes. En la fotografía se aprecia en color beige la pérdida de cobertura forestal de los últimos 21 años.



Manglares Pérdida forestal 2000-2021

Playa tortuguera Xcacel-Xcacelito

2

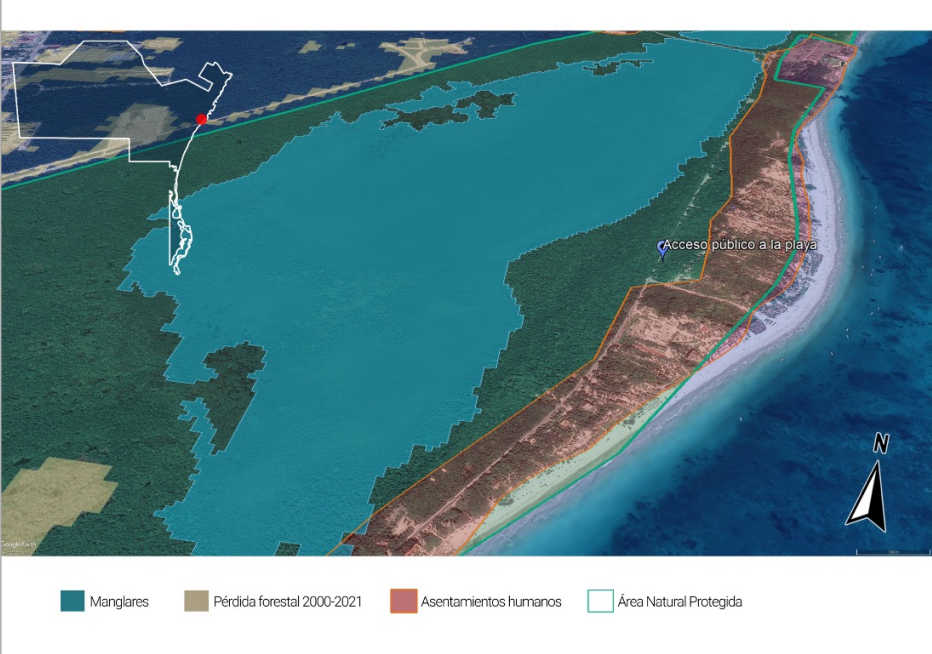
Hacia el sur de la zona de Akumal, se encuentra parcialmente dentro del Área Natural Protegida la "Zona Sujeta a Conservación Ecológica, Santuario de la tortuga marina, Región denominada Xcacel-Xcacelito", caracterizada por ser el lugar donde se reporta la mayor anidación de tortugas marinas en toda la Península de Yucatán, para las especies *Chelonia mydas* (blanca), *Caretta caretta* (caguama) y *Eretmochelys imbricata* (carey) (SEMARNAT, 2018) entre otras especies de relevancia como un gran número de aves. Sin embargo para que el anidamiento de tortugas se siga llevando a cabo es indispensable el contar con zonas de dunas costeras en donde existan las condiciones óptimas para la preservación de la especie. Actualmente existen intervenciones hacia el norte sur y oriente de la región que podrían considerarse una amenaza para su conservación. En azul se muestran las zonas de manglar registradas por la CONABIO.



Tulum acceso público a la playa

3

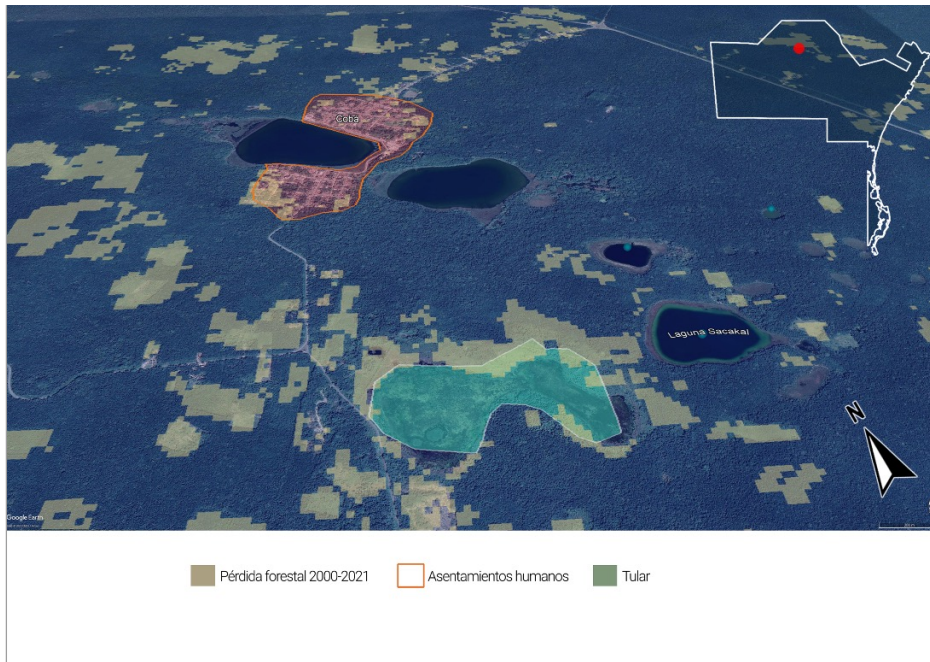
La franja costera de la zona de Akumal cuenta con pocos accesos públicos a la playa. Las visuales hacia la zona marítima desde la zona urbana se encuentran bloqueadas por conjuntos de viviendas o desarrollos turísticos de diferentes proporciones, por lo que desde la vialidad no se puede apreciar el mar, ni los atractivos por los que es conocido. Para poder acceder desde el mayor porcentaje de la superficie de la franja costera se debe ingresar por complejos turísticos privados o encontrar los escasos puntos de acceso públicos existentes. En la fotografía se aprecia en color beige la pérdida de cobertura forestal de los últimos 21 años.



Tulum: Parque Nacional

4

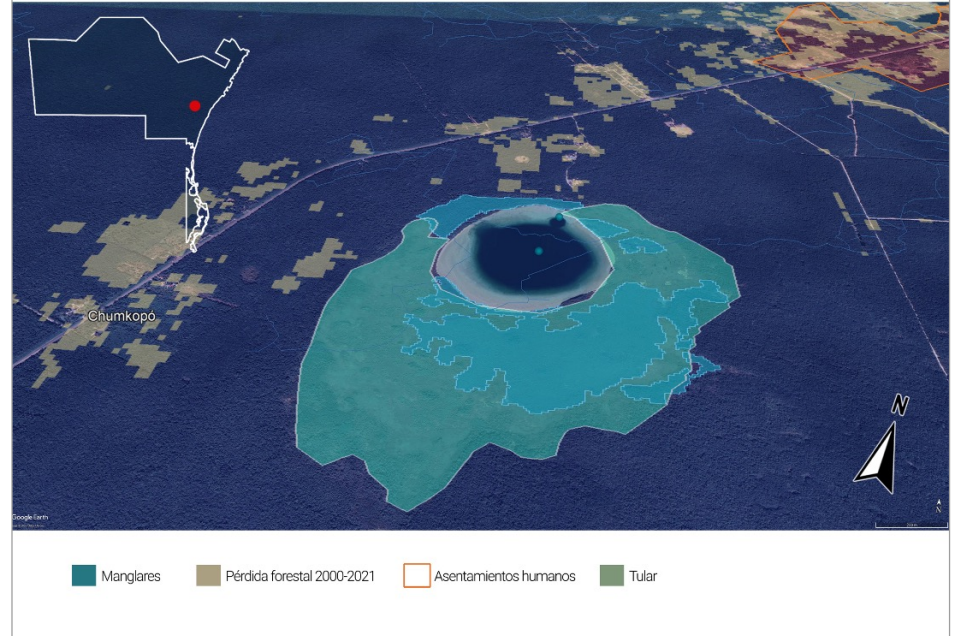
La delimitación de la ANP parque nacional de Tulum cuenta en su interior con asentamientos humanos. el área detectada por la CONABIO como mangle, se encuentra sin un contacto directo con el mar, así con su función ecológica, como zona de transición no puede efectuarse correctamente. En beige se muestran las zonas de pérdida forestal del 2000 al 2021. Se puede apreciar también la modificación de la zona de mangle-selva, y los desarrollos turísticos, siendo una barrera para la continuidad ecológica de las zonas de protección. No hay una vinculación directa con el ANP Parque Jaguar ni garantía del acceso al paisaje costero ni su continuidad con el ecosistema de la selva.



Cuerpos de agua Cobá

5

La franja costera de la zona de Akumal cuenta con pocos accesos públicos a la playa. Las visuales hacia la zona marítima desde la zona urbana se encuentran bloqueadas por conjuntos de viviendas o desarrollos turísticos de diferentes proporciones, por lo que desde la vialidad no se puede apreciar el mar, ni los atractivos por los que es conocido. Para poder acceder desde el mayor porcentaje de la superficie de la franja costera se debe ingresar por complejos turísticos privados o encontrar los escasos puntos de acceso públicos existentes. En la fotografía se aprecia en color beige la pérdida de cobertura forestal de los últimos 21 años.

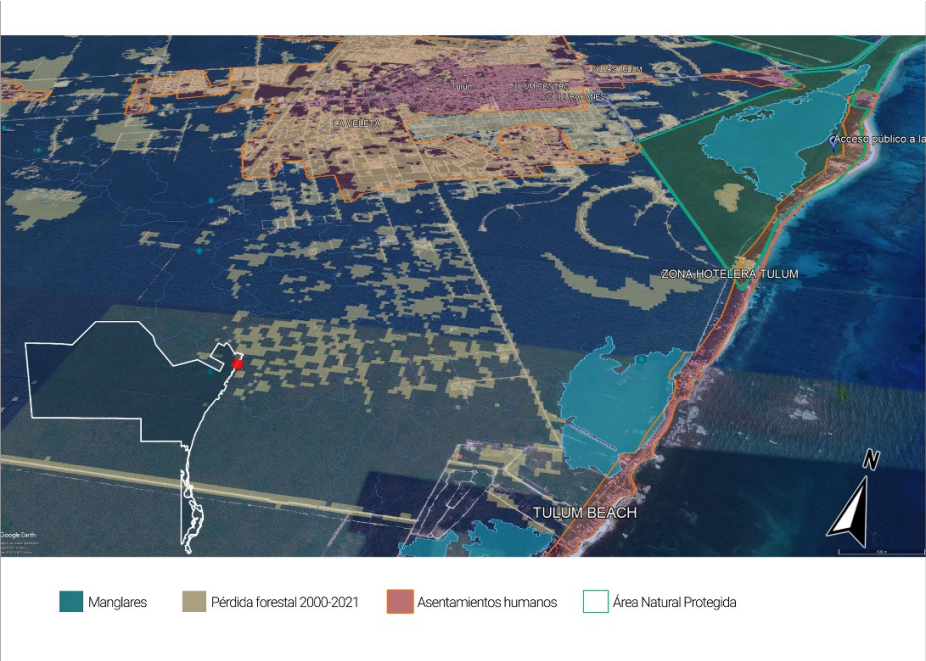


Laguna Kaan Luum

6

Al sur de la mancha urbana de Tulum se encuentra la laguna Kaan Luum, la cual cuenta actualmente con vegetación de manglar y tular. La pérdida de cobertura forestal aledaña pone en riesgo la calidad del agua porque al desarrollarse conjuntos habitacionales y otras actividades cercanas a los ríos subterráneos y al cenote, genera riesgos a contaminarse.

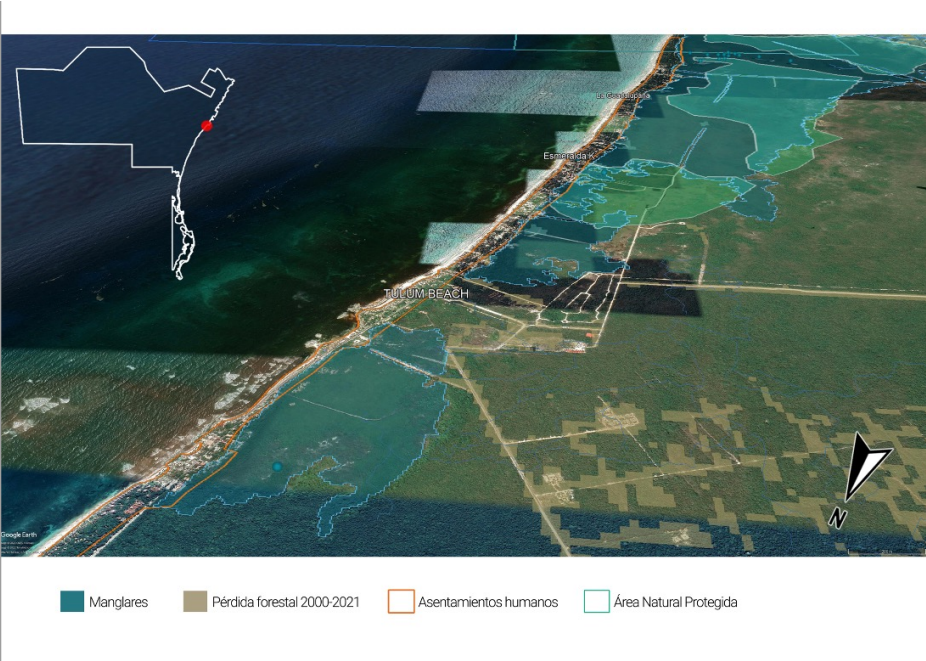
Para preservar la calidad del paisaje y de los sistemas ecológicos que lo componen, es necesario generar áreas de amortiguamiento y protección para estas zonas y promover una alta densidad vegetal para su conservación.



Tulum acceso público a la playa

7

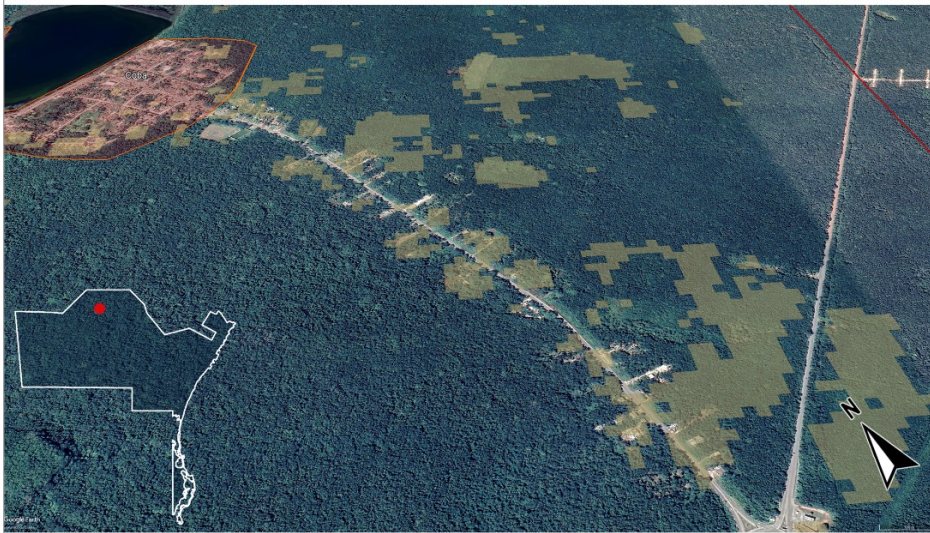
El centro de población de Tulum presenta una alta fragmentación ecológica, debido a la falta de continuidad de las áreas de selva entre sí, y con los cada vez más escasos ecosistemas de manglar y duna costera. La densidad del desarrollo urbano, ha generado que desde la zona urbana no se pueda contemplar el paisaje natural, y las intervenciones de espacio abierto al interior, no reflejan la extraordinaria exuberancia de los ecosistemas de la zona. Es evidente la fragmentación de la ANP con respecto al resto de las zonas. El frente de playa se encuentra urbanizado consolidando la fragmentación ecológica. Es deseable que existan mayores ingresos a la zona de playa, y áreas de contacto con el manglar y la duna de uso público (con restricciones de actividades para promover su conservación). En beige se observa la gran pérdida de cobertura forestal de Tulum de los últimos 20 años.



Tulum: paisaje costero

8

En la imagen se observa la superposición de polígonos como las ANP, con los manglares en contraste con la pérdida de cobertura forestal y los asentamientos humanos. Para promover un acceso al paisaje se debe planear una democratización de los recursos naturales para que las y los habitantes, así como el público en general pueda contemplar el paisaje costero de forma incluyente, respetuosa y gratuita. La tendencia de cambio de uso de suelo, pone en riesgo el sustento del sistema ecológico que promueve el turismo en la zona.

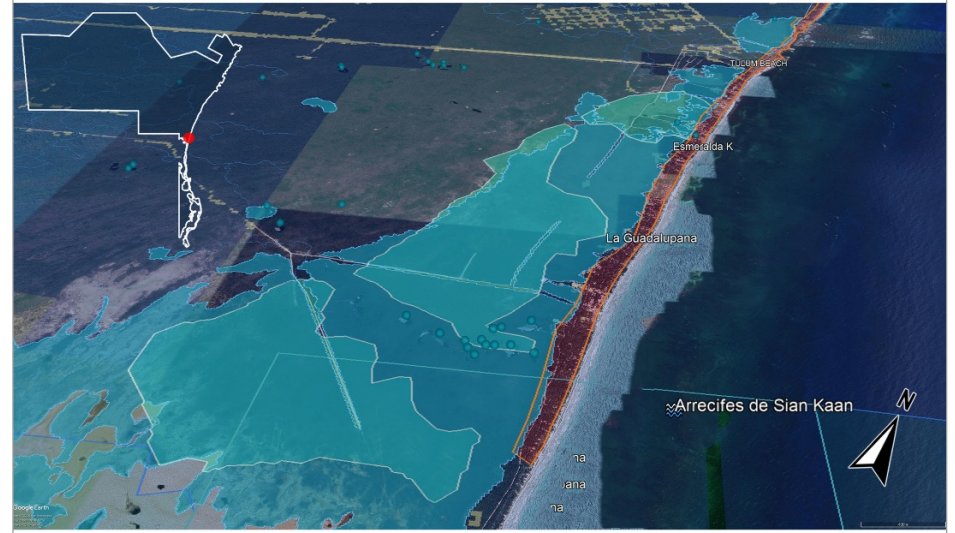


Pérdida forestal 2000-2021 Asentamientos humanos

Nuevos desarrollos

9

Sobre la autopista y carretera se encontró una gran pérdida de cobertura forestal, donde actualmente están desarrollando conjuntos habitacionales y turísticos de diversas características. En los casos de los conjuntos donde hay una alta densidad de vivienda, con escasez de espacios abiertos que conserven los ecosistemas nativos fragmenta a los sistemas y su continuidad ecológica. Es necesario conservar los servicios ecosistémicos de soporte para que se protejan el resto de servicios ecosistémicos, por lo que se debe contemplar un tipo de desarrollo que promueva la continuidad ecológica con vegetación del sitio, nativa y que se encuentre próxima a las áreas naturales contiguas o en su caso a conjuntos que tengan las mismas características de conservación de la mayor parte de los ecosistemas.



Manglares Pérdida forestal 2000-2021 Asentamientos humanos Tular Cenotes

Arrecifes de Sian Ka'an

10

La zona de arrecifes de Sian Ka'an, se encuentran fuertemente vinculados a los sistemas de manglares de la Reserva de la Biosfera. Incluso dentro de la reserva, se encuentran asentamientos de propiedad privada. Estos asentamientos son de baja densidad, pero presentan barreras físicas en su delimitación lo que hace difícil el tránsito de los corredores biológicos de mamíferos, anfibios, entre otros.

CAMBIO GLOBAL

Cambio global



Tulum ante el cambio global

Las iniciativas nacionales han tenido como resultado instrumentos como el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) desarrollado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

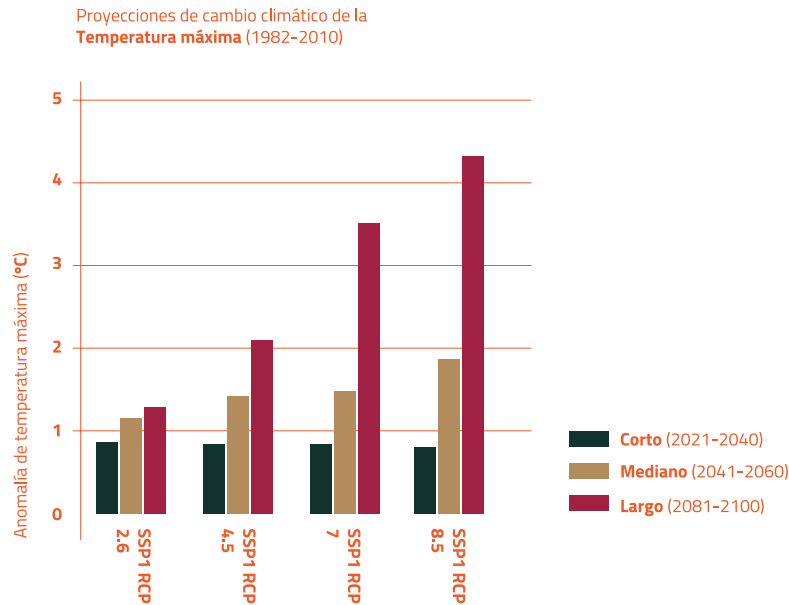
De acuerdo con el ANVCC, para el estado de Quintana Roo no existen valores extremos de vulnerabilidad al cambio climático pero son altos los índices de exposición por la frecuencia de fenómenos extremos, entre ellos ciclones. Se pronostica que el 67% del territorio se encuentra en niveles bajos de vulnerabilidad de la biodiversidad, el 33% restante presenta niveles medios, siendo el sector hídrico el más vulnerable con un 100% de vulnerabilidad.

Los gobiernos municipales han realizado instrumentos locales de adaptación al cambio climático, sin embargo, para el municipio de Tulum este documento no se encuentra elaborado, situación que refleja la vulnerabilidad de los ecosistemas al desconocerse las condiciones a las que se verán expuestas en el futuro del cambio climático global.

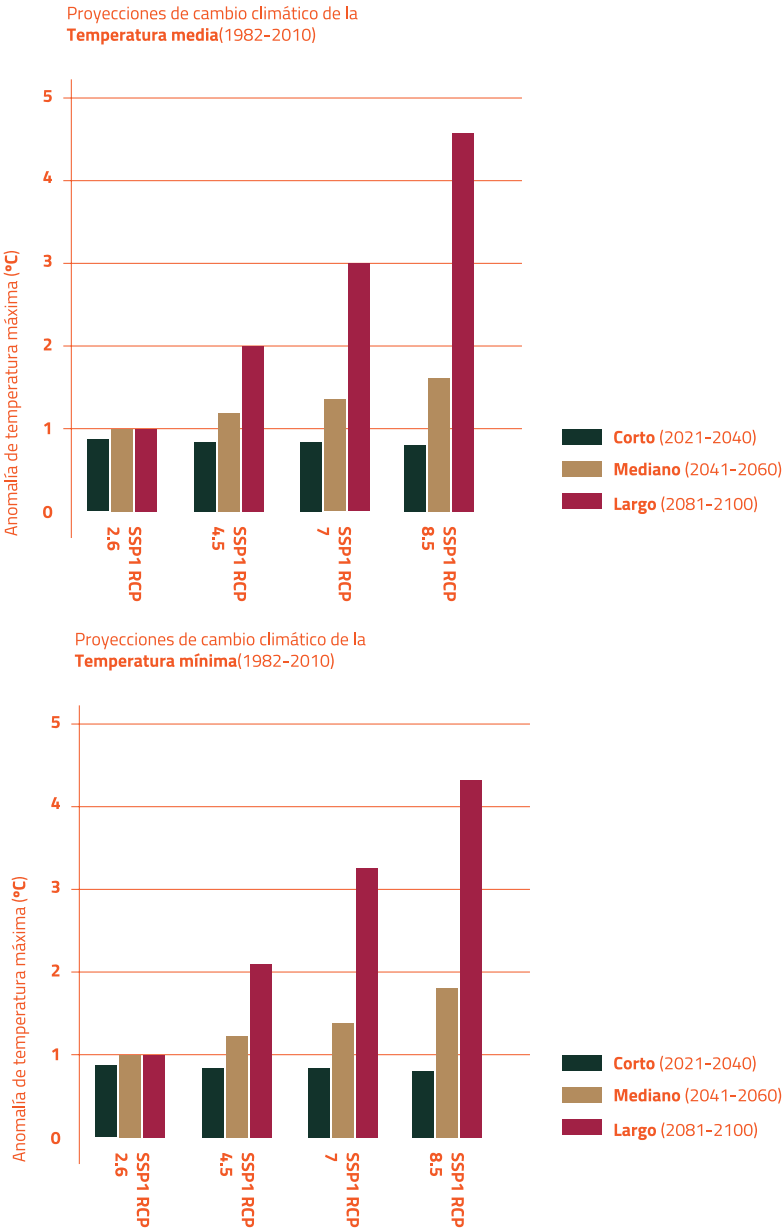


Ciudad de Tulum, 2022

El Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático considera los escenarios posibles con base en la Trayectoria Representativa de Concentración 8.5 (RCP 8.5), en corto plazo de 2021-2040, mediano plazo de 2041-2060 y largo plazo de 2081-2100. Este es un escenario “business as usual” que considera el cambio climático global donde las emisiones de carbono se mantienen como hasta ahora, generando un **aumento de la temperatura de 1.6 °C para un panorama de corto plazo.**



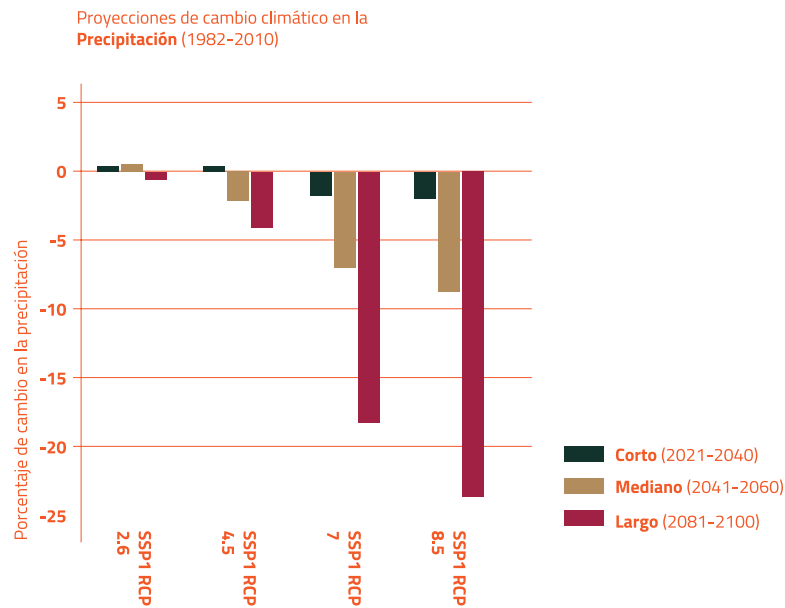
Proyecciones de cambio climático para el estado de Quintana Roo basado en la información del Atlas interactivo del grupo de trabajo 1 de IPCC

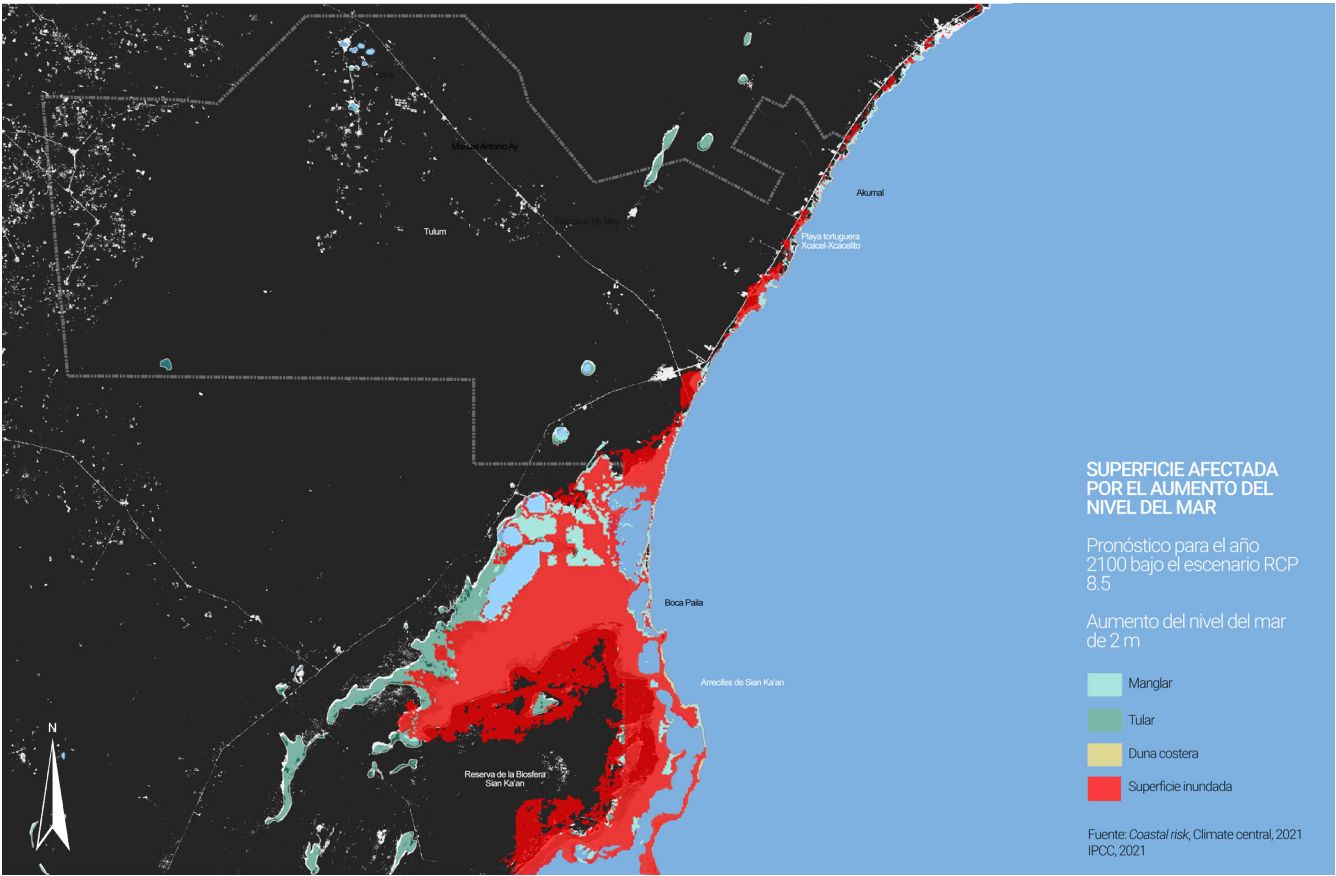


De acuerdo con datos de The Physical Science Basis 2021 (IPCC, 2021), es altamente probable que las precipitaciones fuertes se intensifiquen y se vuelvan más frecuentes en la mayoría de las regiones. En escala global esto podría intensificarse cerca de **7% por el aumento de cada 1 °C en la temperatura global** aunque existen variaciones por región.

Por su parte, el ANVCC proporciona una tabla del incremento de las precipitaciones para Quintana Roo.

Con respecto a esto, el reporte del IPCC para el año 2022, en el capítulo Océano y ecosistemas costeros y sus servicios señala que los riesgos para las zonas costeras ante el cambio climático, son la **inundación y erosión costera, las olas de calor marinas y la acidificación del océano.**

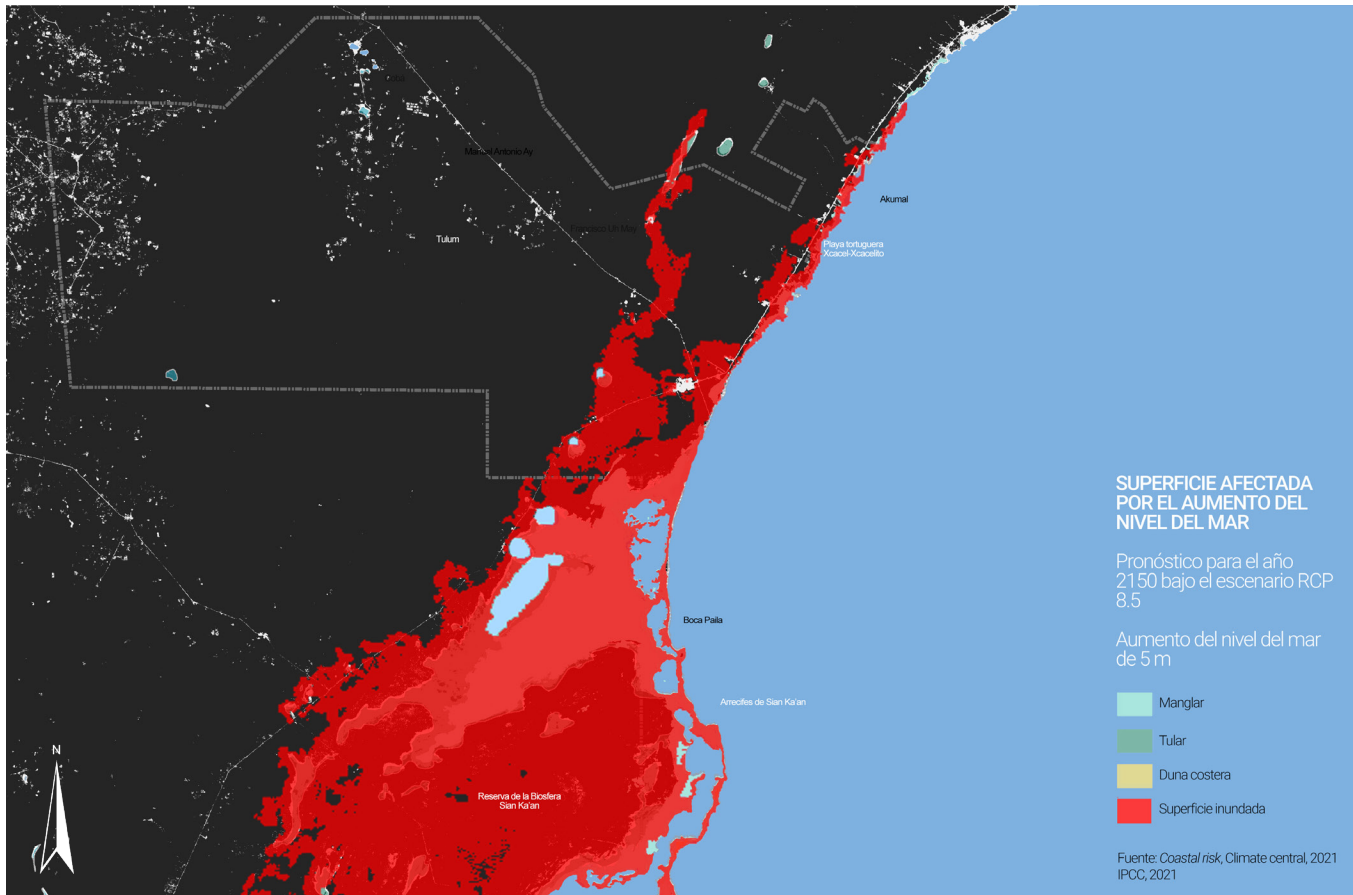




El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático IPCC ha desarrollado diversos instrumentos para medir los efectos adversos del cambio climático a nivel mundial planteando diferentes escenarios de acción.

De acuerdo con esto, si las condiciones que han generado la crisis socioambiental actual no son modificadas, se modela el escenario RCP 8.5. Dicho escenario de referencia más alto en el que las emisiones siguen aumentando a lo largo del siglo XXI.

Como efecto del aumento del nivel del mar, **para el 2100, la zona costera del municipio de Tulum contará con graves afectaciones, inundando gran parte de la reserva de Sian Ka'an, así como la zona hotelera y parte del área urbana de la actual mancha urbana de Tulum.**



Bajo el mismo escenario RCP 8.5 del IPCC, para el 2150 básicamente toda el área urbana, duna costera y manglares se encontrarán bajo el agua.

Esta previsión pone en manifiesto la relación actual que existe entre el flujo del agua superficial y subterránea, ya que gran parte de la zona de posible inundación se encuentra en la zona donde actualmente hay una mayor concentración de cenotes y ríos subterráneos.

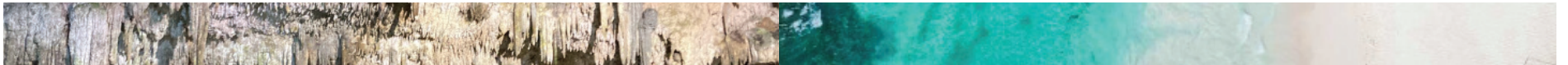
La reserva de Sian Ka'an se prevé que se encontrará bajo el agua. bajo estas condiciones, el desplazamiento de los ecosistemas es una posibilidad, ya que las áreas de selva puede ser que se retraigan tierra adentro y, si hay una migración exitosa de las comunidades vegetales, podría ser que las comunidades de manglares y dunas puedan ser encontradas a las márgenes de dicha inundación.



**Definición de criterios generales de
diseño a escala local a través de SBN
acordes con el patrimonio biocultural
del sitio.**

SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

Soluciones basadas en la naturaleza



Soluciones Basadas en la Naturaleza SBN

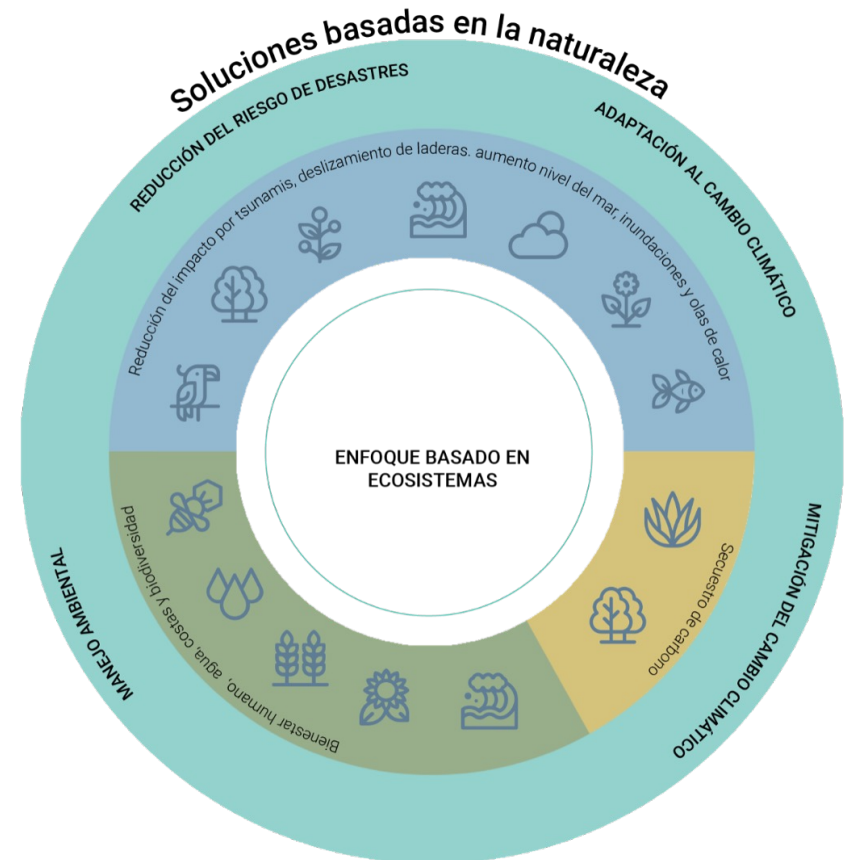
Las soluciones basadas en la naturaleza SBN surgen desde iniciativas internacionales y de acuerdo con la UICN son una posibilidad para contrarrestar los efectos adversos de las intervenciones humanas sobre el medio natural, imitando a la naturaleza.

Definidas como acciones que protegen, gestionan de forma sostenible y restauran los ecosistemas naturales o modificados, las SBN abordan muchos retos sociales a la vez que proporcionan bienestar humano y beneficios para la biodiversidad (UNDRR, 2022).

Las soluciones basadas en la naturaleza abordan los desafíos de la sociedad a través de la protección, la gestión sostenible y la restauración de los ecosistemas naturales y modificados, en beneficio tanto de la biodiversidad como del bienestar humano.

Considerando los servicios ecosistémicos que brindan los ecosistemas de la zona costera de Tulum, las SBN buscan proteger, mejorar y restaurar las zonas de manglar, tular, dunas costeras y selva del municipio imitando los principios de su funcionamiento ecológico. Para abordar los retos que representa el cambio climático, la reducción de riesgo de desastres, la seguridad alimentaria e hídrica, la pérdida de biodiversidad y la salud humana, las SBN son fundamentales para un desarrollo económico sostenible (UICN, 2022) del municipio de Tulum.

En las siguientes páginas se abordan dichos ecosistemas y los servicios ecosistémicos que ofrecen mismos que inspiran las Sbn propuestas.

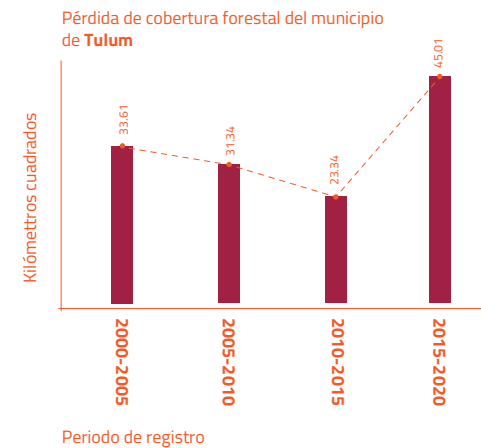
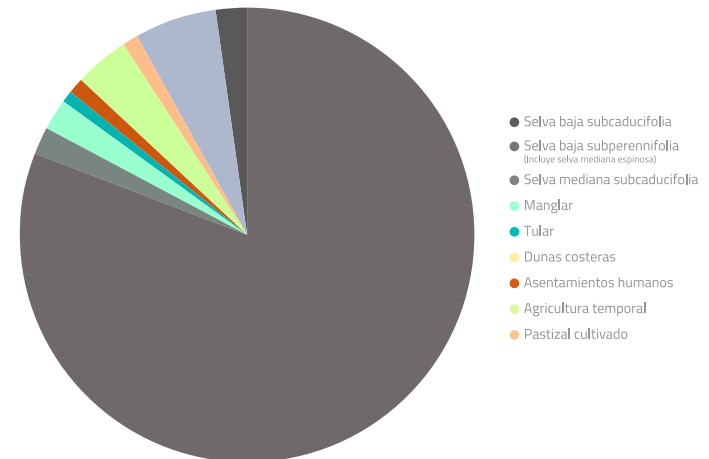


Las soluciones basadas en la naturaleza SBN son de bajo costo, eficaces y ampliables, pueden ayudar a los gobiernos a hacer frente a los crecientes desafíos del cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el aumento de la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos y los peligros naturales, así como otros desastres ambientales provocados por el hombre (UNDRR, 2022).

Soluciones Basadas en la Naturaleza SBN

Ecosistemas y otros usos de suelo del municipio de Tulum

Tipo	Superficie km2	Porcentaje %
Selva baja subcaducifolia	41.6	2.0
Selva mediana subperennifolia (incluye selva mediana espinosa)	1697.73	81.2
Selva mediana subcaducifolia	29.76	1.4
Manglar	40.9	2.0
Tular	26.97	1.3
Dunas costeras	7.09	0.3
Asentamientos humanos	27.7	1.3
Agricultura de temporal	81	3.9
Pastizal cultivado	23.43	1.1
Otros	114.02	5.5
Total del municipio	2090.43	



La pérdida de cobertura forestal muestra una tendencia a la alza, por lo que es importante conservar la mayor cantidad de ecosistemas y su calidad

Imitando cómo es que funcionan los sistemas ecológicos, es como a través de las SBN se darán soluciones a los retos de planeación y diseño que presenta la zona urbano-costera de Tulum.

Consideraciones y recomendaciones en el diseño de Instrumentos de Planeación urbano-territoriales para el municipio de Tulum

Para establecer los lineamientos generales del presente manual, se han retomado los siguientes objetivos planteados en el diseño y elaboración de instrumentos de planeación definidos en los Programas Municipales de Ordenamiento Territorial Ecológico y Desarrollo Urbano (PMOTEDU), puesto que son los instrumentos de ordenamiento ecológico y de planeación del desarrollo urbano municipal, que incluye la regulación al uso y aprovechamiento del territorio municipal, de acuerdo a lo establecido en la Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (2018) del Estado de Quintana Roo dictados en función a lo dispuesto en el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Uno de sus objetivos es aprovechar y diseñar el espacio público y el sistema natural como ejes compositivos estructuradores del territorio municipal, en este sentido, se recomienda establecer dichos ejes en función de los objetivos, políticas y estrategias que definen principalmente:

- Áreas que integran y delimitan los centros de población y su crecimiento;
- áreas de Valor Ambiental y de alto riesgo no urbanizables, localizadas en los centros de población;
- identificación y medidas para la protección de las zonas de salvaguarda y derechos de vía.
- estructuración compositiva de los espacios públicos, corredores biológicos, corredores a escala humana con preeminencia del espacio público peatonal y áreas verdes, de los equipamientos estratégicos, así como, la red de vialidades primarias que estructure en consonancia compositiva la conectividad, la movilidad y la accesibilidad universal;
- zonas de conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, considerando el medio físico natural y las condiciones climáticas;
- creación, custodia, rescate y ampliación del espacio público, así como, la protección de los derechos de vía;
- normas y disposiciones técnicas aplicables para el diseño o adecuación de destinos específicos (vialidades, parques, plazas, áreas verdes o equipamientos)

Por su parte y de acuerdo al patrón de crecimiento de los centros de población de Tulum, se hace énfasis en la distribución equitativa de cargas y beneficios para el aprovechamiento del ordenamiento territorial y en el desarrollo urbano de los centros de población; esto es importante porque permite contribuir la construcción, mejoramiento y adecuado mantenimiento del espacio público y la integración del paisaje a través de mecanismos financieros y fiscales aplicados a los predios que se benefician con las obras de infraestructura pública.

En este sentido, se exhorta la aplicación de los instrumentos de Gestión Urbana en Polígonos de Actuación destinados al desarrollo y aprovechamiento declarados por el municipio de Tulum, bajo el esquema de Sistema de Actuación, a través de la reotificación y relocalización de usos de suelo y destinos, con el objeto de estimular un adecuado reparto de cargas y beneficios resultantes ajustándose a las determinaciones del PMOTEDU, de acuerdo a los siguientes Sistemas de Actuación:

- **Acción urbanística privada**
Se refiere a la realización de obras de urbanización para usos determinados mediante la asociación de propietarios o promotores, en predios de propiedad privada o social.
- **Acción urbanística por concertación**
Comprende las distintas acciones que se realicen mediante convenio con el gobierno del Estado de Quintana Roo o el Municipio de Tulum, celebrado por los propietarios de predios o promotores. Es importante recalcar que, las asociaciones de vecinos legalmente constituidas podrán promover obras por este sistema, acreditando el acuerdo de asamblea que, conforme a sus estatutos, apruebe las obras y obligue a la totalidad de sus miembros a hacer las aportaciones que les correspondan para su financiamiento.
- **Acción urbanística por contribución por obra pública**
Comprende aquellas obras de urbanización y edificación para uno o varios destinos, generando beneficios a los habitantes o propietarios de predios o fincas. Cabe mencionar que el Proyecto deberá incluir, entre otros requisitos, clasificación de la zona en secciones según los diversos grados de mejoría o beneficio generado por la obra, así como, estudio socioeconómico que determine la capacidad de pago de los propietarios de los predios y fincas comprendidos en la zona de beneficio.
- **Acción urbanística por asociación de interés público**
Se refiere a las obras de urbanización para usos y destinos promovidas con los propietarios de los predios comprendidos en las áreas de reservas o urbanizables.

- Acción urbanística por objetivo social

Se refiere a las urbanizaciones que se desarrollarán mediante la gestión pública, conforme a las siguientes disposiciones generales: la finalidad de la acción urbanística por objetivo social en acciones de crecimiento y mejoramiento urbano, es responder a la demanda de suelo para la vivienda de interés social y evitar la proliferación de asentamientos irregulares o el rescate y renovación de barrios y colonias; en acciones de mejoramiento para la regularización de la tenencia de la tierra urbana, en la ejecución de las obras de infraestructura, urbanización y equipamiento necesarias para su integración al desarrollo del Centro de Población; en su caso, para la autorización de obras en la acción urbanística por objetivo social, se requerirá elaborar y autorizar por las autoridades municipales el proyecto ejecutivo correspondiente, entre otros.

- Acción urbanística pública

Se refiere a las obras de urbanización y edificación para destinos, que conforme a las necesidades de los centros de población, sean promovidas y ejecutadas por autoridades de la administración pública federal, estatal o municipal.

- Acción urbanística pública-privada, especialmente en el paisaje del frente costero

Se refiere a las obras de urbanización y edificación para destinos, que se encuentren dentro de zonas que se verán impactadas en términos de desarrollo urbano y planeación por proyectos público-privados.

PATRIMONIO BIOCULTURAL

Patrimonio Biocultural



Patrimonio Biocultural

En la necesidad de reconocer y valorar la relación hombre-naturaleza surge el concepto de patrimonio biocultural, que se refiere a la conexión entre la diversidad biológica y la diversidad cultural de los pueblos indígenas (INECOL, 2022).

El patrimonio biocultural contempla el conocimiento y uso tradicional de la biodiversidad hasta su significado espiritual que pasan de generación en generación de forma oral. Esto se refiere también al reciente concepto de servicios ecosistémicos culturales, asociados a las culturas tradicionales.

México es considerado como uno de los países con mayor patrimonio biocultural a nivel mundial, debido a que alberga al 10% de la riqueza biológica del planeta y ocupa el quinto lugar en riqueza de lenguas indígenas a nivel mundial. Además, la mayoría de los ecosistemas conservados del país coincide con los territorios indígenas, facilitando así la inclusión de la naturaleza en los modos de vida y la cosmovisión indígena (INECOL, 2022).

La comunidades mayas que aún habitan el municipio de Tulum tienen esquemas de ocupación con una baja densidad que permiten las actividades cotidianas inherentes al habitar, como áreas de servicios, pernocta, cultivo en ka'anché y sobre el terreno para árboles frutales, medicinales entre otros, zona apícola, de extracción de agua (pozo) y de conservación (Ayllón-Trujillo & Nuñ-Gutiérrez, 2008). La proporción y disposición con la que los solares mayas cuentan, proporcionan un excelente ejemplo de cómo utilizar los predios sin comprometer las funciones ecológicas.

Es idóneo tomar como base el porcentaje e intensidad de ocupación del suelo y el manejo de los recursos debe considerarse en los procesos de planeación a nivel urbano en la localidad de Tulum. Así mismo, las especies con un valor ecológico, económico y cultural deben de reproducirse a nivel municipal en defensa de la identidad de las culturas mayas de Tulum.



Ka'anché en solar maya



Meliponario en solar maya

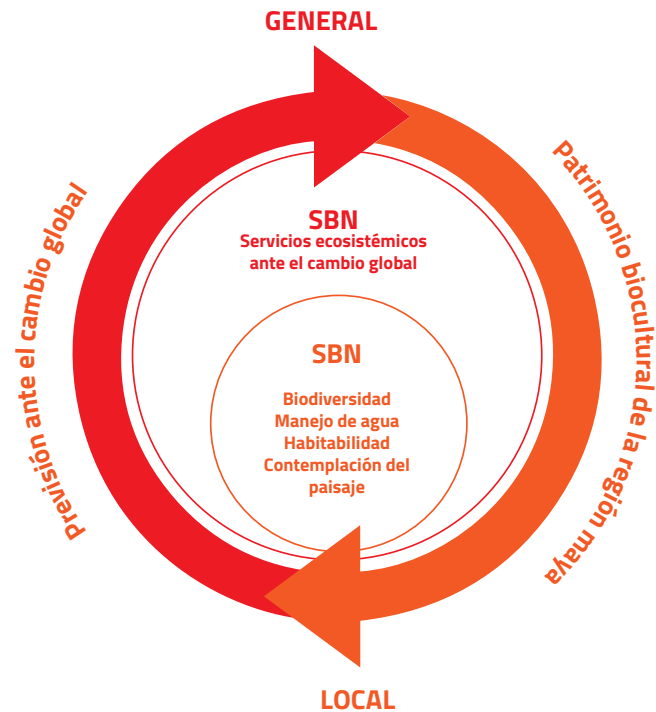


Solar Maya

El esquema del solar maya permite el cuidado y reproducción de las buenas prácticas en el territorio por medio del cuidado del agua y del suelo, promoción de la biodiversidad y la conservación de tradiciones.

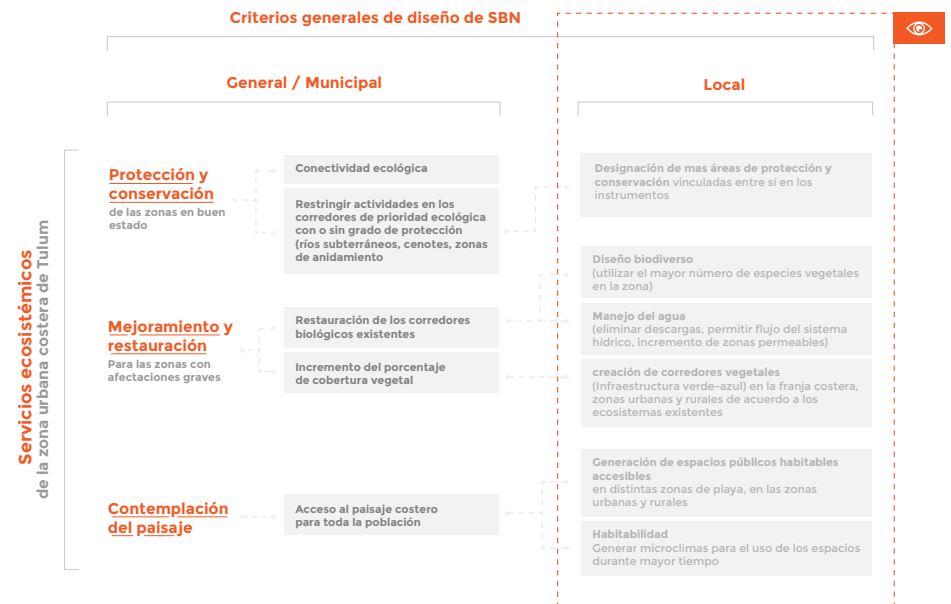
(Ilustración modificada a partir de: Colectivo Suumil Mookt'an, 2022)

Funcionamiento puntual de los ecosistemas de la zona urbano-costera de Tulum

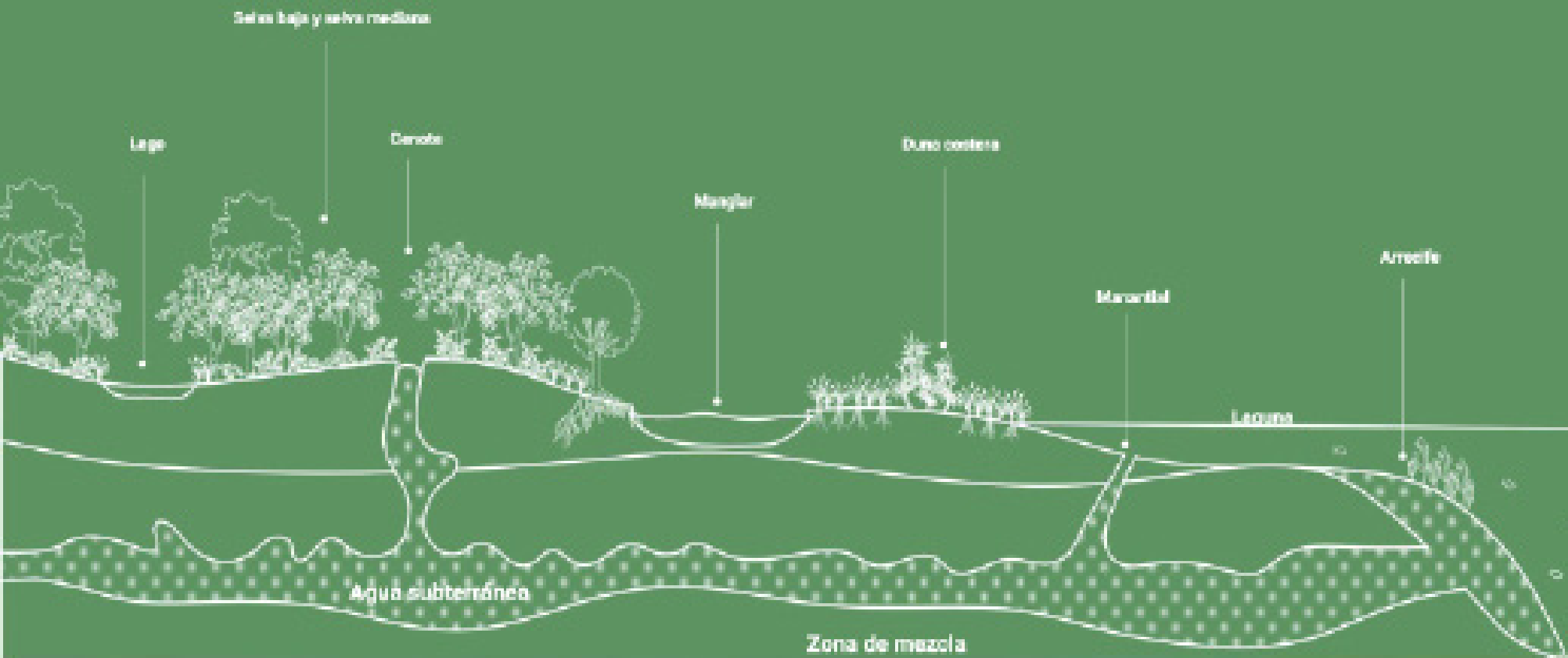


En esta sección se ejemplifica a través de gráficos, como es el funcionamiento de los ecosistemas que comprende la zona urbano-costera de Tulum para generar lineamientos de diseño que sean aplicables en distintos contextos.

Como se ha mencionado anteriormente, los ecosistemas presentes que se describieron fueron las selvas, tulares, dunas costeras, arrecifes y pastos marinos. Sin embargo la relación que hay entre ellos es la que se debe de replicar para garantizar su continuidad ecológica. Si un ecosistema se altera, el resto tiene un impacto normalmente negativo. Si un ecosistema está sano, se benefician los demás. Además también se recalcó la importancia de la existencia de cuerpos de agua subterráneos y superficiales para el mantenimiento de los ecosistemas y para garantizar la subsistencia del resto de las comunidades animales y vegetales.



A continuación se presentan esquemas del funcionamiento de los ecosistemas para hacer esas consideraciones en las propuestas de SBN locales considerando los ejes de: biodiversidad, manejo de agua, habitabilidad y contemplación del paisaje urbano-costero.



La selva es la zona de mayor densidad de vegetación donde existen 3 estratos de vegetación. El suelo kárstico permite la formación de escurrimientos subterráneos que desembocan en el mar, conocidos como cenotes. En algunos casos, el manglar llega hasta el frente de playa, mientras en otros existe como primera contención vegetal la duna costera.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Estudios de Manejo de Saneamiento Ambiental en la costa del Estado de Quintana Roo, 2004. Agencia de Cooperación internacional de Japón (JICA) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SEMARNAT)

Cuerpos de agua (cenotes, ríos subterráneos, lagos y lagunas) y vegetación de tular

Servicio ecosistémico	SBN propuesta	
Protección de especies. Son sitios de alimentación y de anidación de aves y anfibios.	Fomentar la conectividad ecológica por medio de la conservación y la restauración dando espacio al desarrollo de la biodiversidad lo que permite el correcto funcionamiento de los ecosistemas y es eje principal de la infraestructura verde.	 
Hábitat, refugio y protección de especies. De bacterias, hongos, plantas, invertebrados y vertebrados como peces, reptiles, aves y mamíferos, algunos de ellos endémicos.		
Regulación de inundaciones. Los cuerpos de agua funcionan como reservorios naturales de agua, cuando la vegetación de sus ecosistemas se encuentra en un estado de salud adecuado aumenta esta característica evitando así inundaciones en zonas de población humana.	El mantenimiento y restauración de los cuerpos de agua y sus comunidades vegetales (tulares y manglares) así como la conexión espacial entre ellos permite el funcionamiento de los ecosistemas como parte de un sistema de infraestructura verde pensado para la atenuación y reducción de los efectos de diversos eventos meteorológicos.	   
Ciclo de nutrientes. La vegetación consolidada y el suelo de los cuerpos de agua proveen materia orgánica y nutrientes necesarios para el funcionamiento de otros ecosistemas circundantes.	Mantener y garantizar la salud de los cuerpos de agua para garantizar e incrementar los servicios de sostenimiento (ciclo de nutrientes, fotosíntesis y formación de suelo) que este pueda ofrecer.	 
Filtración del agua. Almacenan y filtran el agua de lluvia mejorando la calidad de las aguas subterráneas y superficiales.	Mantener y restaurar los cuerpos de agua y sus comunidades vegetales (tulares y manglares) permite el correcto funcionamiento de estos dentro del sistema hídrico.	  
Captura de carbono. Capturan y almacenan más carbono que otros ecosistemas forestales.	Mantener y restaurar los cuerpos de agua y sus comunidades vegetales permite su desempeño como secuestradores de carbono en medida que se mantiene su salud ecosistémica. Asimismo, replicar estas condiciones en sistemas urbanos favorecerá a la mitigación de los efectos del cambio climático.	   
Estabilización de las condiciones climáticas locales. Principalmente la temperatura y la escorrentía que producen las precipitaciones, asimismo capturan gases de efecto invernadero.	Conservar y proteger los cuerpos de agua existentes es una estrategia clave dentro de un sistema de infraestructura verde enfocado en la mitigación de los efectos del cambio climático.	 
Recursos pesqueros. Muchas especies comerciales viven en los manglares durante alguna etapa de su vida.	Mantener y restaurar la vegetación y el suelo de las dunas costeras para garantizar el aprovisionamiento de materias primas. Asimismo buscar el aprovechamiento sustentable de dichos recursos.	



Reducción de desastres



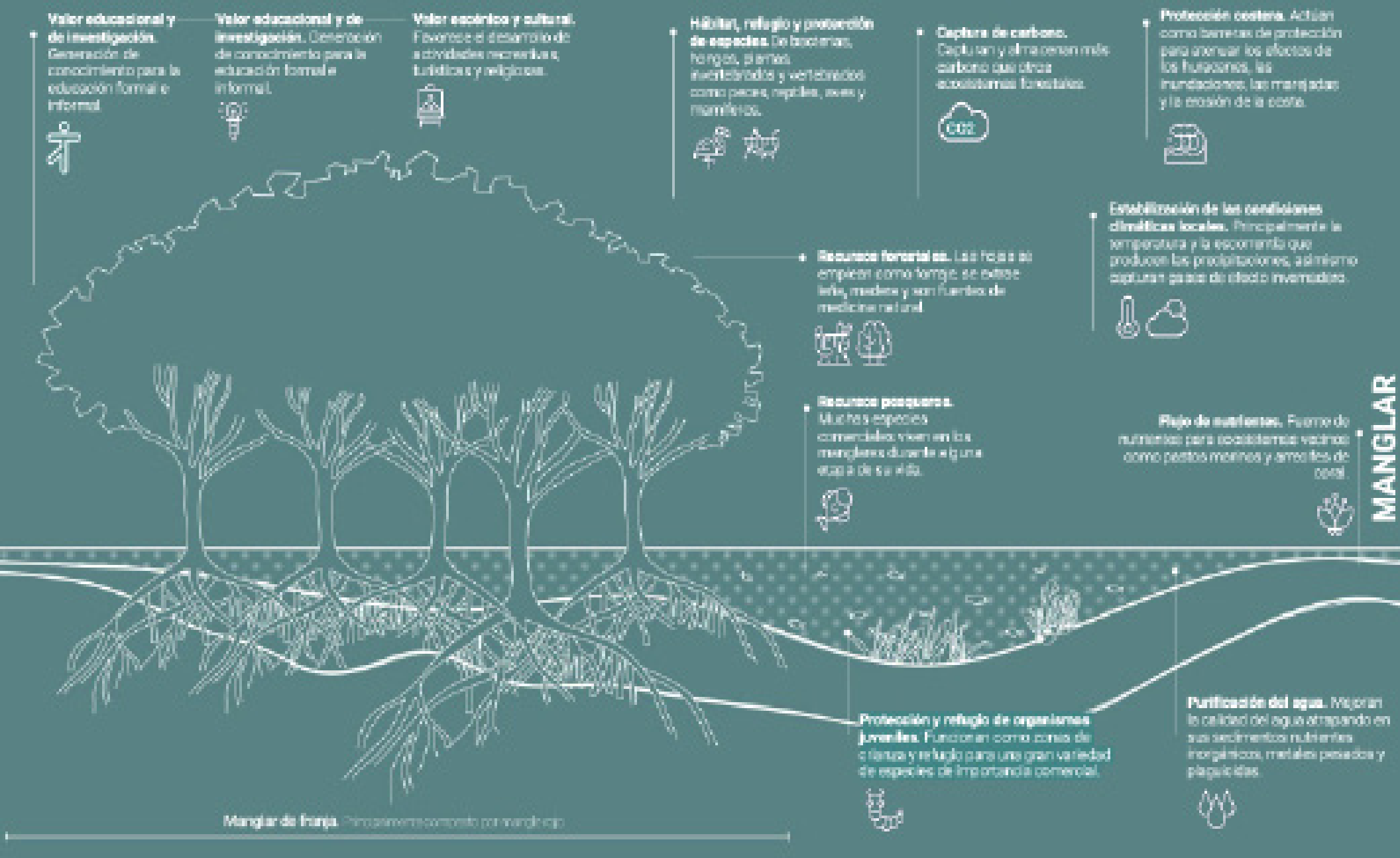
Adaptación al cambio climático



Mitigación del cambio climático



Manejo del medio ambiente



Fuente: Elaboración propia a partir de: Estudios de Manejo de Saneamiento Ambiental en la costa del Estado de Quintana Roo, 2004. Agencia de Cooperación internacional de Japón (JICA) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SEMARNAT)

Manglar

Servicio ecosistémico	SBN propuesta	
Hábitat, refugio y protección de especies. De bacterias, hongos, plantas, invertebrados y vertebrados como peces, reptiles, aves y mamíferos.	Fomentar la conectividad ecológica por medio de la conservación y la restauración dando espacio al desarrollo de la biodiversidad lo que permite el correcto funcionamiento de los ecosistemas y es eje principal de la infraestructura verde.	 
Captura de carbono. Capturan y almacenan más carbono que otros ecosistemas forestales.	Mantenimiento de la cobertura vegetal de manglar así como del área inundable que permite su perduración.	 
Protección costera. Actúan como barreras de protección para atenuar los efectos de los huracanes, las inundaciones, las marejadas y la erosión de la costa.	Mantenimiento del ecosistema de manglar como parte de un sistema de infraestructura verde que garantiza la protección de las áreas de población humana ante eventos meteorológicos.	   
Recursos forestales. Las hojas se emplean como forraje, se extrae leña, madera y son fuentes de medicina natural.	Mantener y restaurar la vegetación de manglar para garantizar el aprovisionamiento de materias primas.	
Estabilización de las condiciones climáticas locales. Principalmente la temperatura y la escorrentía que producen las precipitaciones, asimismo capturan gases de efecto invernadero.	Mantener y restaurar la vegetación de manglar para el mantenimiento de los servicios de regulación de la calidad del aire, clima y erosión.	  
Recursos pesqueros. Muchas especies comerciales viven en los manglares durante alguna etapa de su vida.	Mantener y garantizar la salud de los ecosistemas para garantizar e incrementar los servicios de provisión que estos puedan ofrecer.	
Flujo de nutrientes. Fuente de nutrientes para ecosistemas vecinos como pastos marinos y arrecifes de coral.	Mantener y promover la conectividad entre ecosistemas vistos como parte de la infraestructura verde.	
Protección y refugio de organismos juveniles. Funcionan como zonas de crianza y refugio para una gran variedad de especies de importancia comercial.	Fomentar la conectividad ecológica dando espacio al desarrollo de la biodiversidad lo que permite el correcto funcionamiento de los ecosistemas y es eje principal de la infraestructura verde.	 
Purificación del agua. Mejoran la calidad del agua atrapando en sus sedimentos nutrientes inorgánicos, metales pesados y plaguicidas.	Mantenimiento y restauración del manglar como parte de un sistema de infraestructura verde y azul que permite una mejor gestión hídrica y el sostenimiento de las áreas de población humana.	  



Reducción de desastres



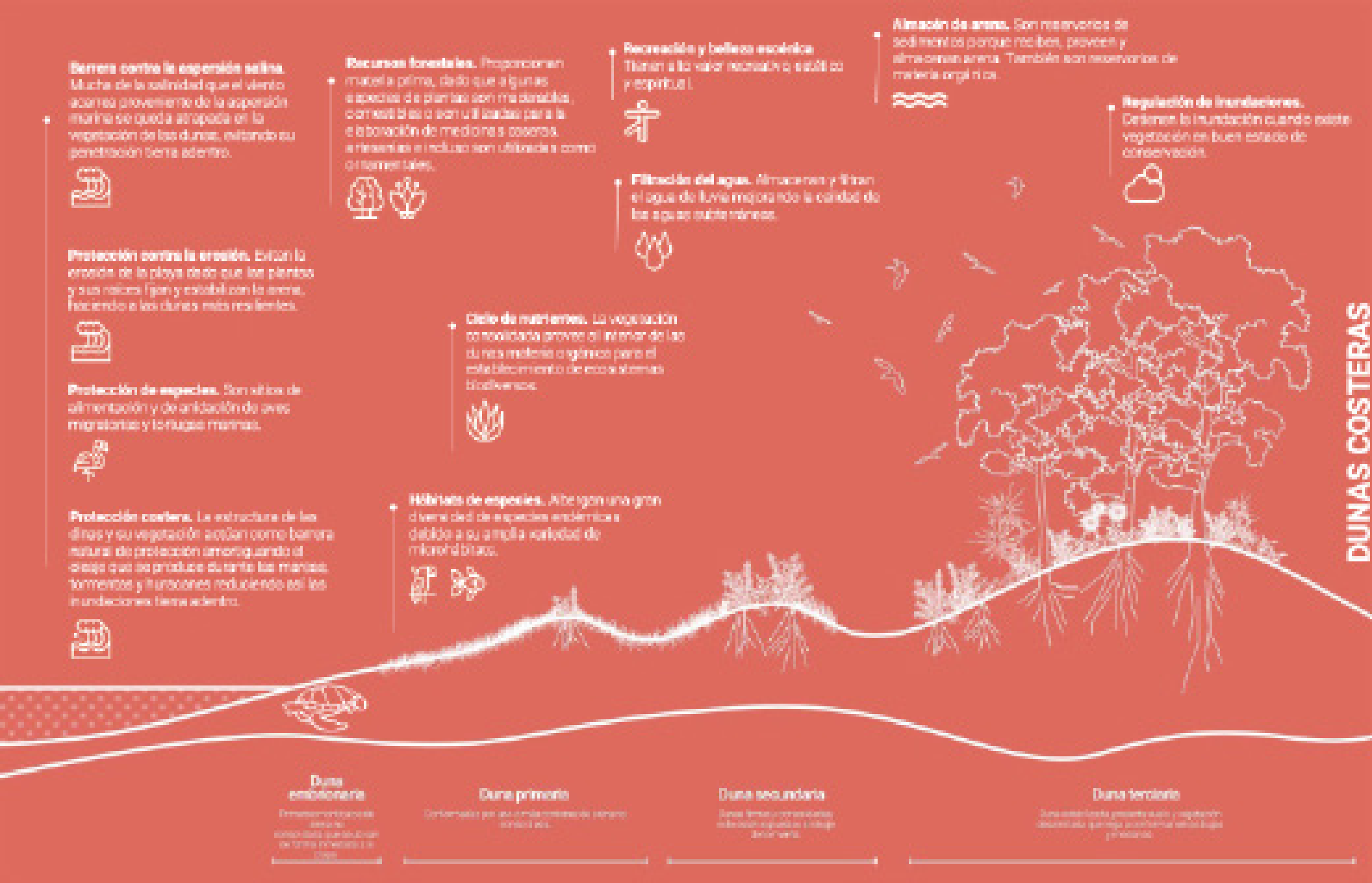
Adaptación al cambio climático



Mitigación del cambio climático



Manejo del medio ambiente



Fuente: Elaboración propia a partir de Badillo, M., Chiappa-Carrara, X. & Gallardo, A. (2020). Guías de Servicios ecosistémicos de la costa de Yucatán. <https://www.researchgate.net/project/Guias-de-Servicios-ecosistemicos-de-la-costa-de-Yucatan>

Duna costera

Servicio ecosistémico

SBN propuesta

Barrera contra la aspersión salina. Mucha de la salinidad que el viento acarrea proveniente de la aspersión marina se queda atrapada en la vegetación de las dunas, evitando su penetración tierra adentro.

Protección contra la erosión. Evitan la erosión de la playa dado que las plantas y sus raíces fijan y estabilizan la arena, haciendo a las dunas más resilientes.

Protección costera. La estructura de las dinas y su vegetación actúan como barrera natural de protección amortiguando el oleaje que se produce durante las mareas, tormentas y huracanes reduciendo así las inundaciones tierra adentro.

Regulación de inundaciones. Detienen la inundación cuando existe vegetación en buen estado de conservación.

El mantenimiento del ecosistema de dunas costeras así como su conexión espacial con los pastos marinos y el suelo litoral permite el funcionamiento de los ecosistemas como parte de un sistema de infraestructura verde pensado para la atenuación y reducción de los efectos de diversos eventos meteorológicos.



Protección de especies. Son sitios de alimentación y de anidación de aves migratorias y tortugas marinas.

Hábitats de especies. Albergan una gran diversidad de especies endémicas debido a su amplia variedad de microhábitats.

Fomentar la conectividad ecológica dando espacio al desarrollo de la biodiversidad lo que permite el correcto funcionamiento de los ecosistemas y es eje principal de la infraestructura verde.



Recursos forestales. Proporcionan materia prima, dado que algunas especies de plantas son maderables, comestibles o son utilizadas para la elaboración de medicinas caseras, artesanías e incluso son utilizadas como ornamentales.

Mantener y restaurar la vegetación y el suelo de las dunas costeras para garantizar el aprovisionamiento de materias primas. Asimismo buscar el aprovechamiento sustentable de dichos recursos.



Ciclo de nutrientes. La vegetación consolidada provee al interior de las dunas materia orgánica para el establecimiento de ecosistemas biodiversos.

Mantener y garantizar la salud del ecosistema de duna para garantizar e incrementar los servicios de sostenimiento (ciclo de nutrientes, fotosíntesis y formación de suelo) que este pueda ofrecer.



Almacén de arena. Son reservorios de sedimentos porque reciben, proveen y almacenan arena. También son reservorios de materia orgánica.

Filtración del agua. Almacenan y filtran el agua de lluvia mejorando la calidad de las aguas subterráneas.

Mantener y restaurar el ecosistema de dunas costeras en búsqueda de garantizar los servicios de aprovisionamiento y regulación que ofrece.



Reducción de desastres



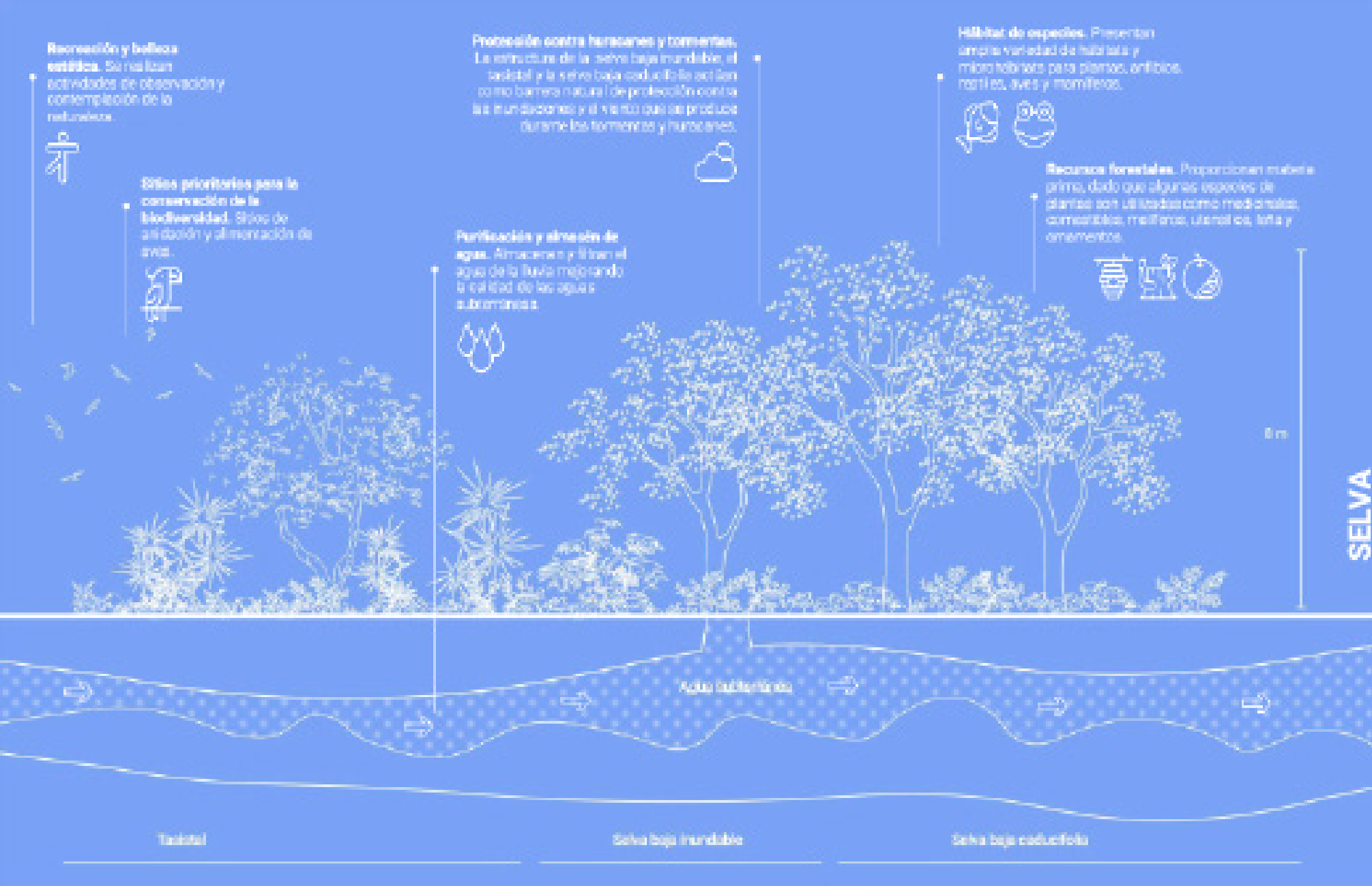
Adaptación al cambio climático



Mitigación del cambio climático



Manejo del medio ambiente



Fuente: Elaboración propia a partir de Badillo, M., Chiappa-Carrara, X. & Gallardo, A. (2020). Guías de Servicios ecosistémicos de la costa de Yucatán. Research gate. <https://www.researchgate.net/project/Guias-de-Servicios-ecosistemicos-de-la-costa-de-Yucatan>

Selva

Servicio ecosistémico	SBN propuesta	
Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Sitios de anidación y alimentación de aves.	Fomentar la conectividad ecológica dando espacio al desarrollo de la biodiversidad permitiendo así el correcto funcionamiento del ecosistema y es eje principal de la infraestructura verde.	 
Protección contra huracanes y tormentas. La estructura de la selva baja inundable, el tasistal y la selva baja caducifolia actúan como barrera natural de protección contra las inundaciones y el viento que se produce durante las tormentas y huracanes.	Mantenimiento del ecosistema de selva como parte de un sistema de infraestructura verde que garantiza la protección de las áreas de población humana ante eventos meteorológicos.	   
Purificación y almacén de agua. Almacenan y filtran el agua de la lluvia mejorando la calidad de las aguas subterráneas.	Mantener, restaurar y replicar unidades vegetales de selva dentro del entorno urbano como parte de la infraestructura verde y azul para la gestión de los recursos hídricos diversos (ríos subterráneos, cenotes y cuerpos de agua interiores).	 
Hábitat de especies. Presentan amplia variedad de hábitats y microhábitats para plantas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.	Fomentar la conectividad ecológica e insertar unidades vegetales de selva dentro de espacios urbanos dando lugar al desarrollo de la biodiversidad lo que permitirá el correcto funcionamiento del ecosistema y es eje principal de la infraestructura verde.	
Recursos forestales. Proporcionan materia prima, dado que algunas especies de plantas son utilizadas como medicinales, comestibles, melíferos, utensilios, leña y ornamentos.	Mantener y restaurar la vegetación y el suelo de selva para garantizar el aprovisionamiento de materias primas.	 
Conservación de la diversidad genética. Albergan especies endémicas y raras que se encuentran en estado de amenaza.	Fomentar la conectividad ecológica y conservar sus áreas dando espacio al desarrollo de la biodiversidad permitiendo así el correcto funcionamiento de los ecosistemas y es eje principal de la infraestructura verde.	 
Moderación de fenómenos extremos. La estructura de la selva baja inundable, el tasistal y la selva baja caducifolia actúan como barrera natural de protección contra las inundaciones y el viento que se produce durante las tormentas y huracanes.	Mantenimiento del ecosistema de selva como parte de un sistema de infraestructura verde que garantiza la protección de las áreas de población humana ante eventos meteorológicos.	   
Provisión de recursos diversos. Permite la obtención de recursos pesqueros en lagunas, agua de los manantiales y fomenta la polinización ofreciendo floración para las abejas.	Mantener y garantizar la salud del ecosistema de selva para garantizar e incrementar los servicios de provisión y sostenimiento que estos puedan ofrecer.	 



Reducción de desastres



Adaptación al cambio climático



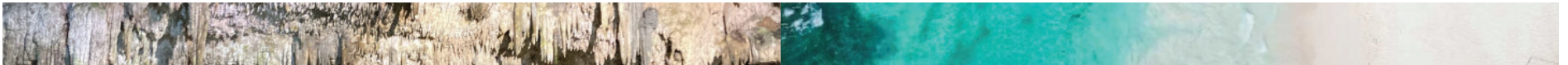
Mitigación del cambio climático



Manejo del medio ambiente

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO POR EJES

Criterios generales de diseño por ejes





Biodiversidad



Criterios generales de diseño por ejes

Biodiversidad

El objetivo es el fortalecer y restablecer los corredores biológicos antes existentes en las zonas naturales, rurales y urbanas (donde sea posible), para generar corredores que conecten las diferentes ANP con el resto de las zonas con una categoría de protección o sin ella para el mantenimiento de los sistemas ecológicos del municipio de Tulum y en general de la península de Yucatán.

Principios

- **Aumentar.** Incrementar la cantidad de los hábitats de la zona.
- **Conectividad.** Donde existan ecosistemas conservados, se debe procurar la creación de hábitats en corredores que conecten con otros retazos o fragmentos de ecosistemas.. Proveer de corredores a lo largo de las rutas detectadas para los distintos tipos de fauna. Evitar límites físicos entre hábitats.
- **Diversidad.** Utilizar el mayor número de especies vegetales de acuerdo con el ecosistema correspondiente así como con los usos de estos (ver paleta vegetal). Evitar el uso de una sola especie en las zonas urbanas.
- **Similitud.** Replicar en la medida de lo posible la vegetación entre corredores, fragmentos y ecosistemas conservados para extender los hábitats de la fauna local, utilizando varios estratos vegetales de forma conjunta (arbórea, arbustiva, herbácea, etc).
- **Bioculturalidad.** Reproducción y uso de especies vegetales con un uso tradicional por las comunidades mayas de acuerdo con sus prácticas y cosmovisión.





Utilizar el mayor número de especies vegetales de acuerdo con el ecosistema correspondiente así como con los usos de estos.

Fuente: Elaboración propia.

Hay algunas consideraciones importantes para el diseño que se deben contemplar. El diseño para promover los servicios ecosistémicos debe plantearse:

- **Multiescalaridad.** Los ecosistemas y su conservación se establecen desde el POET, POEL, hasta la escala del usuario que habita el lugar.
- **Temporalidad.** El paisaje costero tiene un dinamismo que establece periodos de estiaje, de fenómenos meteorológicos considerando su actual y futuro impacto.
- **Restauración.** De las conexiones ecológicas históricas y promover la conectividad efectiva en esas zonas.

Paleta Vegetal

En la siguiente sección, se encuentra un listado de especies vegetales en orden alfabético que ha sido seleccionada por su pertenencia a diversos ecosistemas de la zona urbana y costera de Tulum, al igual han sido añadidas otras especies que por su adaptabilidad, facilidad de propagación y factibilidad para ser adquiridas posibilitan su uso para el mejoramiento de las zonas planteadas en el inciso 3.1. El valor cultural que tiene esta vegetación para las comunidades es relevante para reforzar la identidad de la zona maya.

En este sentido, se incorporan a la lista algunas especies introducidas que pudiesen representar amenaza ecológica si no se les maneja de manera controlada y adecuada. La paleta vegetal plantea 5 grandes categorías de utilización de las especies; zonas costeras, viviendas y solares, áreas verdes urbanas, parcelas de producción y vialidades. Se señala con un asterisco (*) aquellas especies introducidas sugiriendo también su uso en ambientes controlados con mantenimiento previsto.

La vegetación más que una función ornamental cumple con una función ecológica y después estética. Sin embargo, si en las zonas urbanas son incorporados los principios de los huertos mayas es posible generar áreas que apoyen a la producción de alimento y a su vez coexistan con las actividades cotidianas de los habitantes y visitantes de Tulum.

Huertos mayas y la seguridad alimentaria

Los huertos mayas o ka'anche permiten a las comunidades mayas mantener su identidad cultural a la par que garantizan su seguridad alimentaria.

El diseño para la biodiversidad también debe contemplar el replicar el modelo de huertos y áreas de producción alimentaria en las zonas urbanas, retomando las costumbres de las comunidades en las áreas abiertas urbanas existentes.

Algunas consideraciones para hacerlo. A nivel familiar, por ejemplo, es dentro de los predios de la zona urbana puede generarse áreas de plantación de plantas comestibles y árboles frutales.

En la zona urbana, se proponen huertos comunitarios en zonas no urbanizadas pero con previsión de desarrollo urbano.

En las áreas ya urbanizadas, promover la generación de áreas verdes con las consideraciones ya existentes, y donde exista un consenso de la población establecer estas áreas mediante la participación ciudadana.



ESPECIE	ZONA COSTERA			VIVIENDAS/ SOLARES			ÁREAS VERDES URBANAS		PARCELAS DE PRODUCCION			VIALIDADES			
	MANGLAR	DUNA	FRENTE DE PLAYA	AREAS CONSERVADAS DE VEGETACION	TRASPATIO	JARDINES FRONTALES	PARQUES URBANOS	AREAS VERDES	HUERTO FAMILIAR	PARCELA AGROFORESTAL	PARCELA PRODUCCION ORNAMENTAL	VIALIDAD PEATONAL	VIALIDAD VEHICULAR	VIALIDAD MIXTA	CICLOVIAS
Acrocomia aculeata Cocoyol	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Acrostichum danaeifolium Helecho de mangle	●●●	●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Aechmea fasciata Aechmea	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
✱ Allamanda cathartica Copa de oro	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
✱ Aloe vera Sabila	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
✱ Alpinia purpurata Ginger	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Ananas comosus Piña	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Anthurium hookeri Anturio	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Asclepias curassavica Asclepia	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Avicennia germinans Mangle negro	●●●	●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
✱ Azadirachta indica Neem	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Bravaisia berlandieriana Juluub	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Bourreria mollis Standl Roble	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Brosimun alicastrum swarts Ramón	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Bursera simaruba Chaká	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Caesalpinia gaumeri Greenm Kitam che'	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●

ESPECIE	ZONA COSTERA			VIVIENDAS/ SOLARES			ÁREAS VERDES URBANAS		PARCELAS DE PRODUCCION			VIALIDADES			
	MANGLAR	DUNA	FRENTE DE PLAYA	AREAS CONSERVADAS DE VEGETACION	TRASPATIO	JARDINES FRONTALES	PARQUES URBANOS	AREAS VERDES	HUERTO FAMILIAR	PARCELA AGROFORESTAL	PARCELA PRODUCCION ORNAMENTAL	VIALIDAD PEATONAL	VIALIDAD VEHICULAR	VIALIDAD MIXTA	CICLOVIAS
Caesalpinia pulcherrima Chac sikin	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Caesalpinia yucatanensis Taa k'in che'	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Canavalia rosea Frijol de mar	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Canna indica Platanillo	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Capsicum chinense habanero Chile habanero	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Carica papaya Papaya	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Catharanthus roseus Vicaria	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Cedrela odorata Cedro	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●● UMA	●●●●●●●●	●●●●●● UMA	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Ceiba pentandra Ceiba	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Chamaedorea elegans Palma camedoria	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Chamaedorea seifrizii Xiat	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
✳ Citrullus lanatus Sandía	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
✳ Citrus limon Limón	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
✳ Citrus X aurantium Naranja agria	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
✳ Citrus X sinensis Naranja	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Cladium jamaicense Zacatejol che'	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●

ESPECIE	ZONA COSTERA			VIVIENDAS/ SOLARES			ÁREAS VERDES URBANAS		PARCELAS DE PRODUCCION			VIALIDADES			
	MANGLAR	DUNA	FRENTE DE PLAYA	AREAS CONSERVADAS DE VEGETACION	TRASPATIO	JARDINES FRONTALES	PARQUES URBANOS	AREAS VERDES	HUERTO FAMILIAR	PARCELA AGROFORESTAL	PARCELA PRODUCCION ORNAMENTAL	VIALIDAD PEATONAL	VIALIDAD VEHICULAR	VIALIDAD MIXTA	CICLOVIAS
Clusia salvini Chunnup	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●● UMA	●●●●●●●●	●●●●● UMA	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
Cnidocolus chayamansa Chaya	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
Coccoloba uvifera Uva de mar	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
★ Cocos nucifera Palma de Coco	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
Conocarpus erectus Mangle botoncillo	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
Cordia alliodora Bojom	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
Cordia sebestena Ciricote	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
Crescentia cujete Arbol de jicaras	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
★ Cucumis sativus Pepino	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
★ Cucurbita argyrosperma Calabaza	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
★ Cyperus papyrus Papiro	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
★ Dalbergia melanoxylon Granadillo	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
Diospyros digyna Zapote	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
★ Dypsis lutescens Palma Areca	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
Enterolobium cyclocarpum Pich	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●
★ Epipremnum aureum Telefono	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●

ESPECIE	ZONA COSTERA			VIVIENDAS/ SOLARES			ÁREAS VERDES URBANAS		PARCELAS DE PRODUCCION			VIALIDADES			
	MANGLAR	DUNA	FRENTE DE PLAYA	AREAS CONSERVADAS DE VEGETACION	TRASPATIO	JARDINES FRONTALES	PARQUES URBANOS	AREAS VERDES	HUERTO FAMILIAR	PARCELA AGROFORESTAL	PARCELA PRODUCCION ORNAMENTAL	VIALIDAD PEATONAL	VIALIDAD VEHICULAR	VIALIDAD MIXTA	CICLOVIAS
Ficus mexicana Ficus	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Gliricidia maculata Sak ya'ab	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Heliconia latispatha benth Heliconia	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Hymenocallis littoralis Lirio de playa	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Ipomea pes-caprae Riñonina	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Jatropha gaumeri greenm Pomol che'	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Lantana camara L Lantana	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Laguncularia racemosa Mangle Blanco	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Lonchocarpus longistylus Balché	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Lysiloma latisiliquum Tzalam	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Malvaviscus arboreus Tulipan silvestre	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Melicoccus oliviformis Kunth Huaya	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
 Moringa oleifera Moringa	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Phaseolus vulgaris Frijol	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
Philodendrum radiatum Garra de leon	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●
 Phoenix Roebelenii Palma rubelina	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●●●	●●●●●	●●●●●

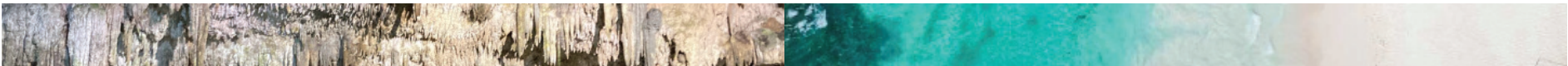
ESPECIE	ZONA COSTERA			VIVIENDAS/ SOLARES			ÁREAS VERDES URBANAS		PARCELAS DE PRODUCCION			VIALIDADES			
	MANGLAR	DUNA	FRENTE DE PLAYA	AREAS CONSERVADAS DE VEGETACION	TRASPATIO	JARDINES FRONTALES	PARQUES URBANOS	AREAS VERDES	HUERTO FAMILIAR	PARCELA AGROFORESTAL	PARCELA PRODUCCION ORNAMENTAL	VIALIDAD PEATONAL	VIALIDAD VEHICULAR	VIALIDAD MIXTA	CICLOVIAS
<i>Piscidia piscipula</i> Ja' abin	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<i>Pithecellobium dulce</i> Guamuchil	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<i>Plumeria rubra</i> Flor de mayo	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<i>Portulaca grandiflora</i> Flor de seda	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<i>Portulaca grandiflora</i> Mañanitas	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
 <i>Pouteria sapota</i> Mamey	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<i>Pseudophoenix sargentii</i> Palma Caribeña	●●●●	●●●●	●●●● UMA	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●● UMA	●●●● UMA	●●●● UMA	●●●●●	●●●● UMA	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
 <i>Raphanus sativus</i> Rabanos	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<i>Rhizophora mangle</i> Mangle rojo	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<i>Roystonea regia</i> Palma real	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<i>Ruellia nudiflora</i> Roelia	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<i>Sabal mexicana</i> mart Guano	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
 <i>Salvia officinalis</i> Salvia	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
 <i>Sansevieria trifasciata</i> Lengua de vaca	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<i>Scaevola plumieri</i> Coralillo	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<i>Sesuvium portulacastrum</i> Suculenta	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●

ESPECIE	ZONA COSTERA			VIVIENDAS/ SOLARES			ÁREAS VERDES URBANAS		PARCELAS DE PRODUCCION			VIALIDADES			
	MANGLAR	DUNA	FRENTE DE PLAYA	AREAS CONSERVADAS DE VEGETACION	TRASPATIO	JARDINES FRONTALES	PARQUES URBANOS	AREAS VERDES	HUERTO FAMILIAR	PARCELA AGROFORESTAL	PARCELA PRODUCCION ORNAMENTAL	VIALIDAD PEATONAL	VIALIDAD VEHICULAR	VIALIDAD MIXTA	CICLOVIAS
Simarouba glauca Negrito	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Spondias mombin Jobo	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Strelitzia reginae Ave de paraiso	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Swietenia macrophylla Caoba	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●● UMA	●●●●●	●●●●● UMA	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Syngonium podophyllum Singonio	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Tabebuia chrysantha Makulis amarillo	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Tabebuia rosea Makulis rosa	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Tecoma stans Xk'anlol	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Thevetia peruviana Akits	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Thrinax radiata Palma Chit	●●●●	●●●● UMA	●●●● UMA	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●● UMA	●●●●●●●●	●●●●●● UMA	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Tradescantia pallida Bella en barco	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Tradescantia spathacea Maguey morado	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Vanilla planifolia Vainilla	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Vitex gaumeri Greenm Ya'axnik	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
 Wedelia trilobata Wedelia	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●

ESPECIE	ZONA COSTERA			VIVIENDAS/ SOLARES			ÁREAS VERDES URBANAS		PARCELAS DE PRODUCCION			VIALIDADES			
	MANGLAR	DUNA	FRENTE DE PLAYA	AREAS CONSERVADAS DE VEGETACION	TRASPATIO	JARDINES FRONTALES	PARQUES URBANOS	AREAS VERDES	HUERTO FAMILIAR	PARCELA AGROFORESTAL	PARCELA PRODUCCION ORNAMENTAL	VIALIDAD PEATONAL	VIALIDAD VEHICULAR	VIALIDAD MIXTA	CICLOVIAS
<i>Xanthosoma robustum</i> Hoja elegante	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
<i>Ximenia americana</i> L Naranja che	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
<i>Acrostichum danaeifolium</i> Helecho de mangle	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ● UMA	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ● UMA	● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO POR EJES

Criterios generales de diseño por ejes





AGUA

Agua



Criterios generales de diseño por ejes

Agua

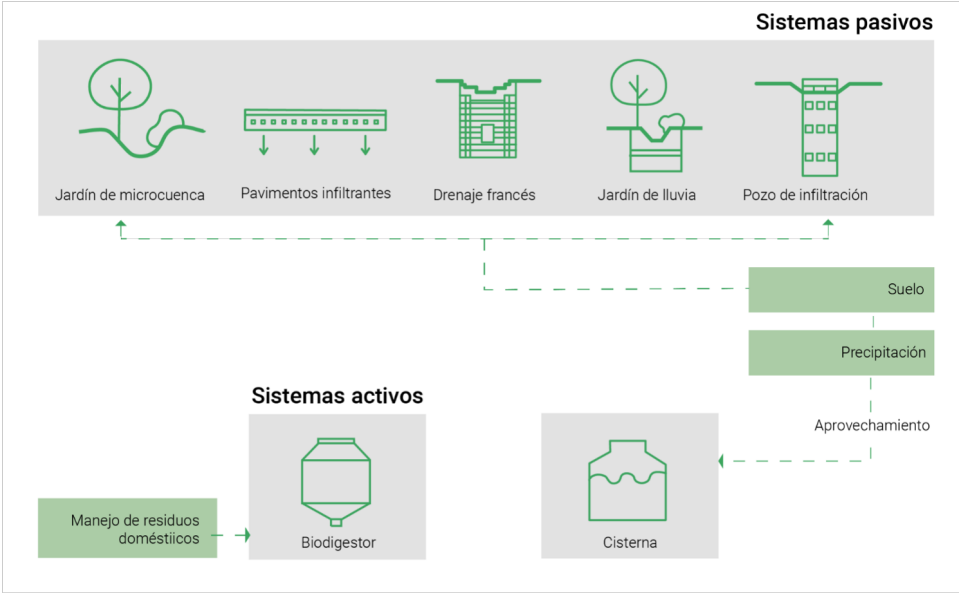
El principal atractivo de la zona de Tulum está relacionado con los cuerpos de agua, tanto en el mar, como en la zona continental. Se debe priorizar los flujos de los cuerpos de agua y no establecer infraestructura, ni construcciones sobre éstos ya que el suelo kárstico funciona como una especie de esponja en donde se infiltra el agua superficial a los ríos subterráneos, cenotes y lagunas que a su vez desembocan en el mar.

Como criterios generales de diseño se debe contemplar lo siguiente:
Eliminar descargas al suelo, subsuelo, y cualquier área.

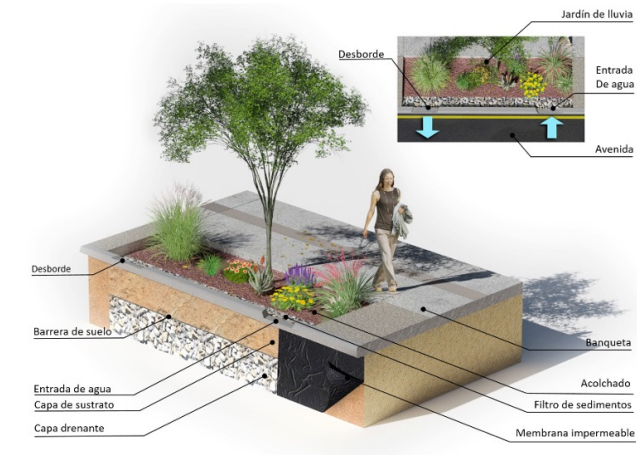
- En el área urbana
 - Diseñar estrategias para atrapar contaminantes en las áreas encharcadas.
 - Diseñar zonas de alta infiltración previa captura de contaminantes.
 - Establecer una mayor superficie de áreas permeables con vegetación preferentemente nativa.
 - En las zonas pavimentadas, conducir las pendientes hacia zonas permeables con vegetación donde se puedan filtrar algunos contaminantes, previo a su infiltración en el subsuelo.
- Fuera del área urbana de Tulum
 - Conservación y restauración de la vegetación de mangle y duna costera para proteger los cuerpos de agua existentes, así como para conservar las áreas de filtración natural.
 - Manejo de descargas a través de baños secos o biodigestores.
 - Generar áreas de infiltración al suelo kárstico, es decir, permitir que haya grandes superficies de suelo permeable

- Ríos subterráneos, cenotes y lagunas
 - Establecer áreas de amortiguamiento alrededor de éstos con vegetación nativa que coadyuve a mantener la calidad del agua.
 - Eliminar cualquier descarga o residuos en la zona.

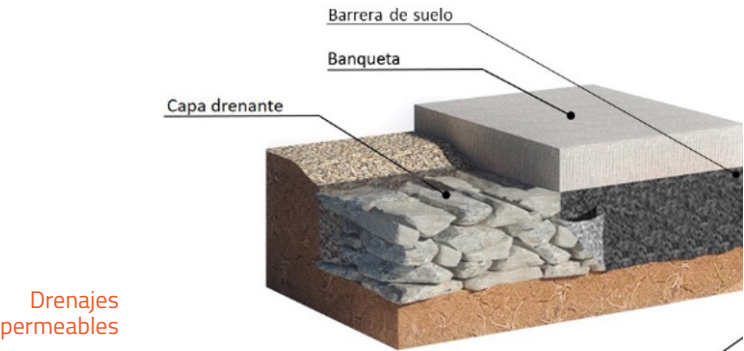




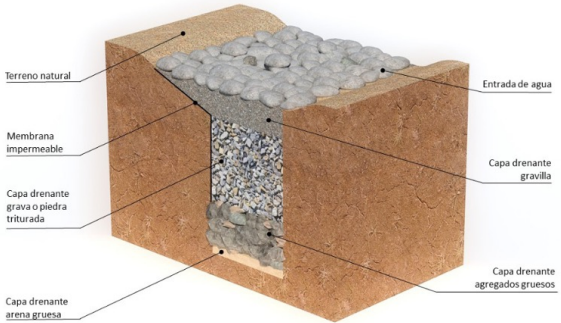
Elaboración propia modificado a partir de Técnicas de I.V. (Peñúñuri-Soto, S/A)



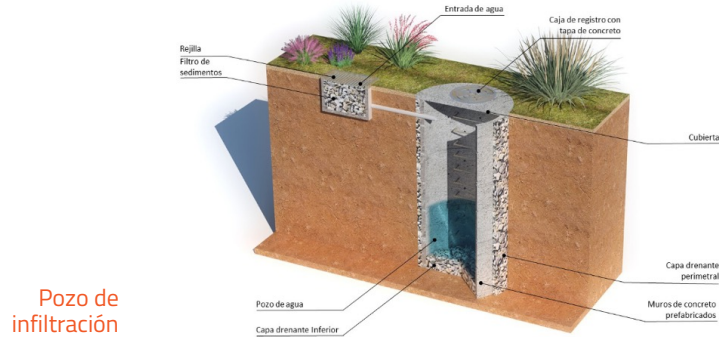
Jardín de lluvia



Drenajes permeables

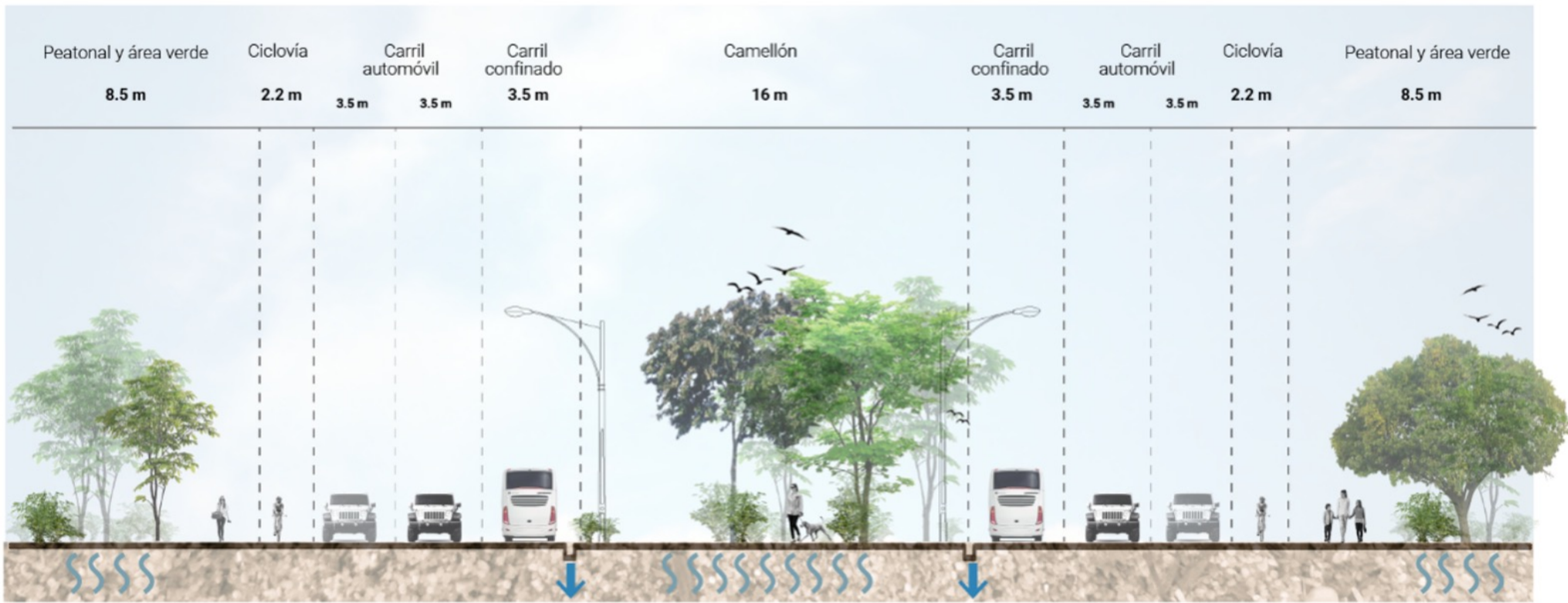


Drenaje francés

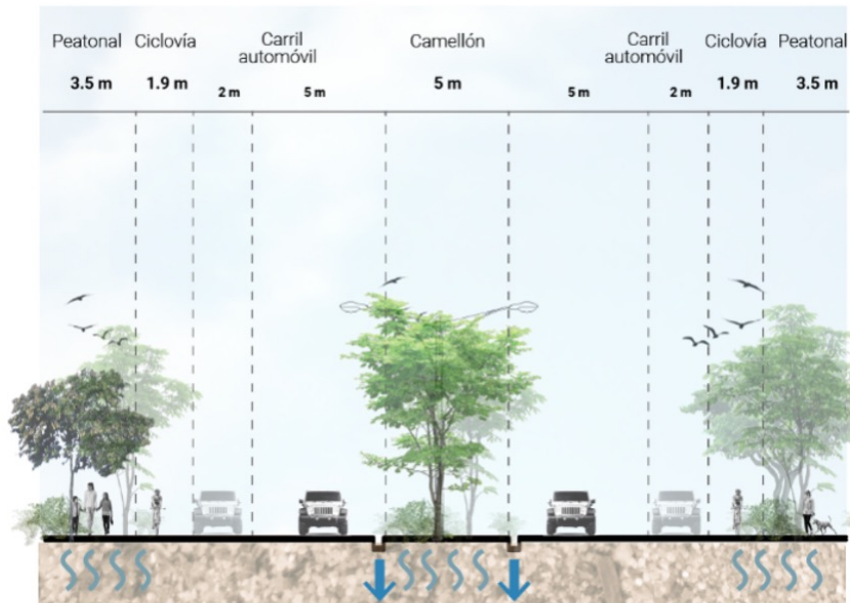


Pozo de infiltración

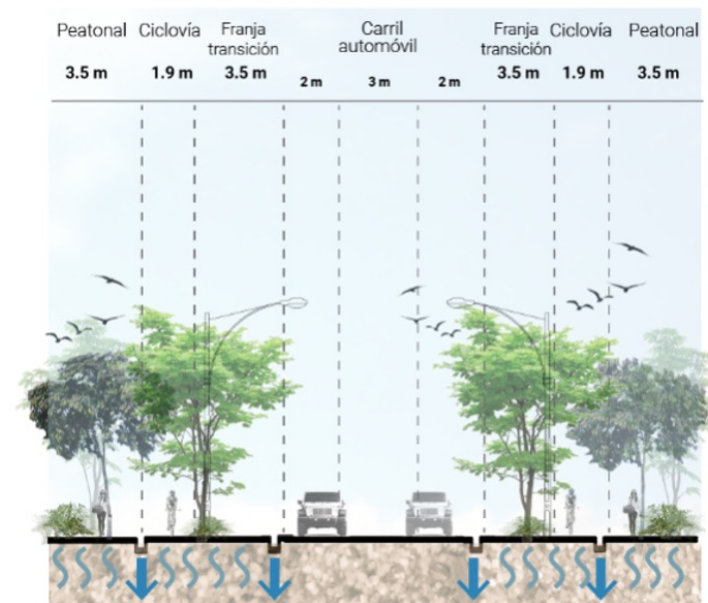
Técnicas de I.V del Manual de lineamientos de diseño de Infraestructura verde para municipios mexicanos (IMPLAN, 2017)



Manejo de agua en vialidad primaria



Manejo de agua en vialidad secundaria



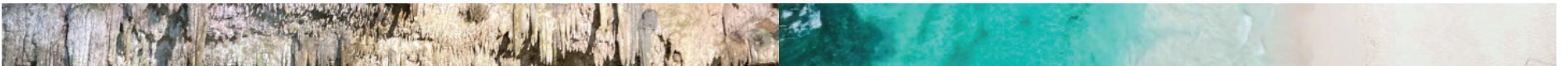
Manejo de agua en vialidad local



Manejo de agua en vialidad primaria

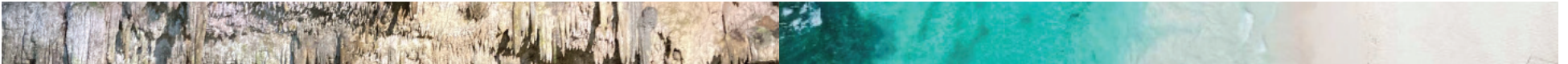
CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO POR EJES

Criterios generales de diseño por ejes





Habitabilidad



Criterios generales de diseño por ejes

Habitabilidad

Para hacer que las áreas de uso público cuenten con un mayor uso, se retoma el concepto de habitabilidad. Según el INEGI el clima en el estado de Quintana Roo se puede definir como cálido subhúmedo. La temperatura media anual del estado es de 26°C, la temperatura máxima promedio es de 33°C y se presenta en los meses de abril a agosto, la temperatura mínima promedio es de 17°C durante el mes de enero. La precipitación media estatal es alrededor de 1 300 mm anuales, las lluvias se presentan durante todo el año, siendo más abundantes en los meses de junio a octubre (INEGI, 2022).

El tiempo en un día caluroso puede marcar una temperatura máxima de 32 °C con un promedio de 9 horas de sol, y un alto porcentaje de humedad.

Con lo anterior se debe considerar la generación de microclimas para bajar la temperatura generada en la isla de calor por ausencia de vegetación.

Para generar mejores condiciones de habitabilidad para las 9 horas de sol intenso en promedio, se deben promover la creación de sombras con vegetación que pueda ir asociada a otro tipo de cubiertas para la protección en tiempos de lluvia. La generación de sombras con árboles acompañados de arbustos, herbáceas y trepadoras se plantean como una estrategia ecológica, económica, estética que brinda un sin número de beneficios y que además coadyuva a bajar la temperatura y refrescar al usuario.



Para hacer que las áreas de uso público cuenten con un mayor uso, se retoma Con mayores corredores de árboles se promueve la estancia de los usuarios durante mayor tiempo, sobre todo si hay comercio y áreas recreativas asociadas.

El arbolado en la zona urbana, debe contemplar una selección de especies diversas (la mayor cantidad de especies nativas) cuidando que las raíces tengan espacio para desarrollarse. Lo anterior ayuda a reforzar la identidad de Tulum como una zona maya.

Espacio habitado mantiene condiciones de biodiversidad en imitación del solar maya

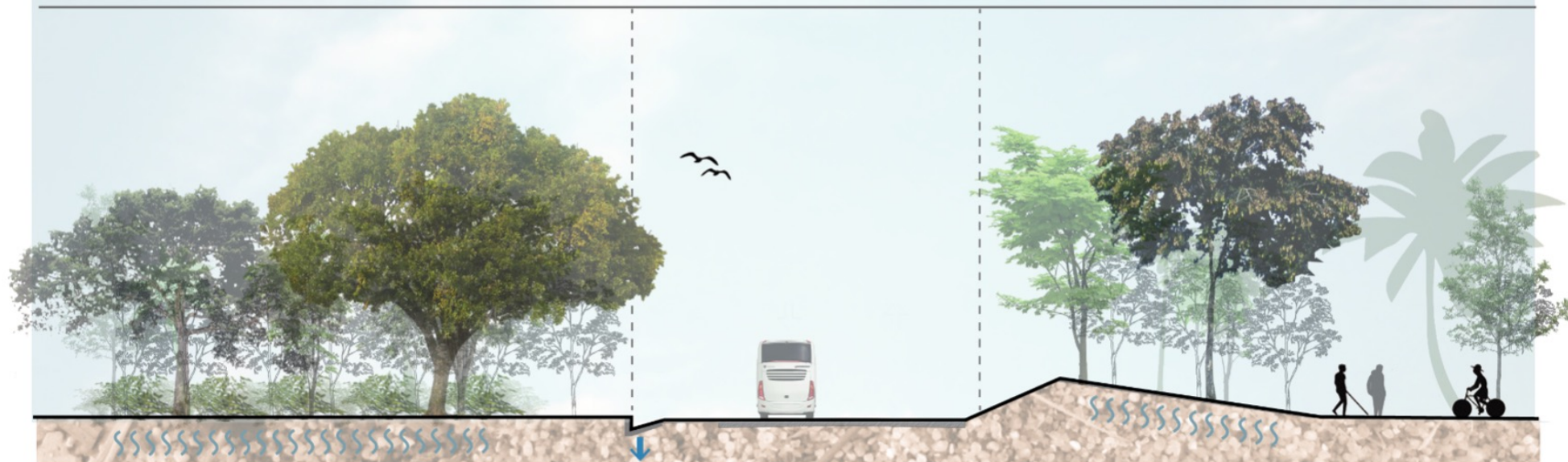
Vialidades con bombeo e infiltración de agua



Esquemas que priorizan la habitabilidad en entornos habitados

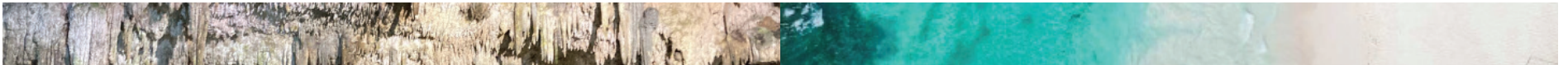
Corredores verdes

Vialidades con bombeo e infiltración de agua



CONTEMPLACIÓN DEL PAISAJE COSTERO

Contemplación del paisaje costero





Crterios generales de diseo por ejes

Contemplación del paisaje costero

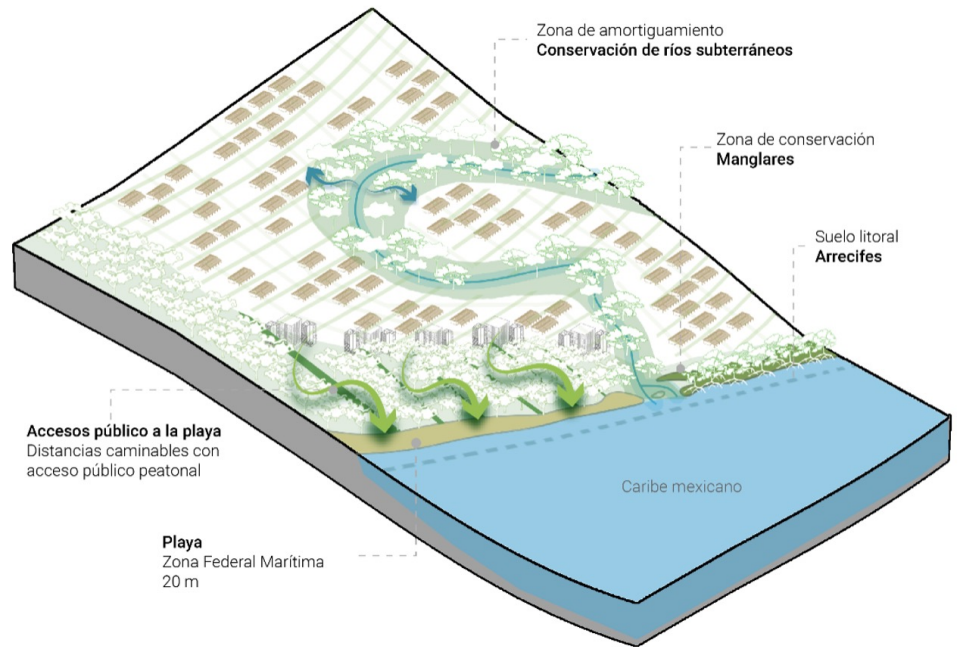
El objetivo es poder acceder visual y físicamente al paisaje costero de Tulum de forma inclusiva y gratuita para toda la población. Para evitar grandes desplazamientos para poder estar en una zona de selva, manglar, tular, duna costera, arrecifes y pastos marinos, en primer lugar se debe promover su acercamiento a la población.

En la zona continental, establecer áreas de estar y recreativas conservando los ecosistemas.

Establecer accesos a las zonas naturales de uso público con restricciones de actividades para garantizar su conservación.

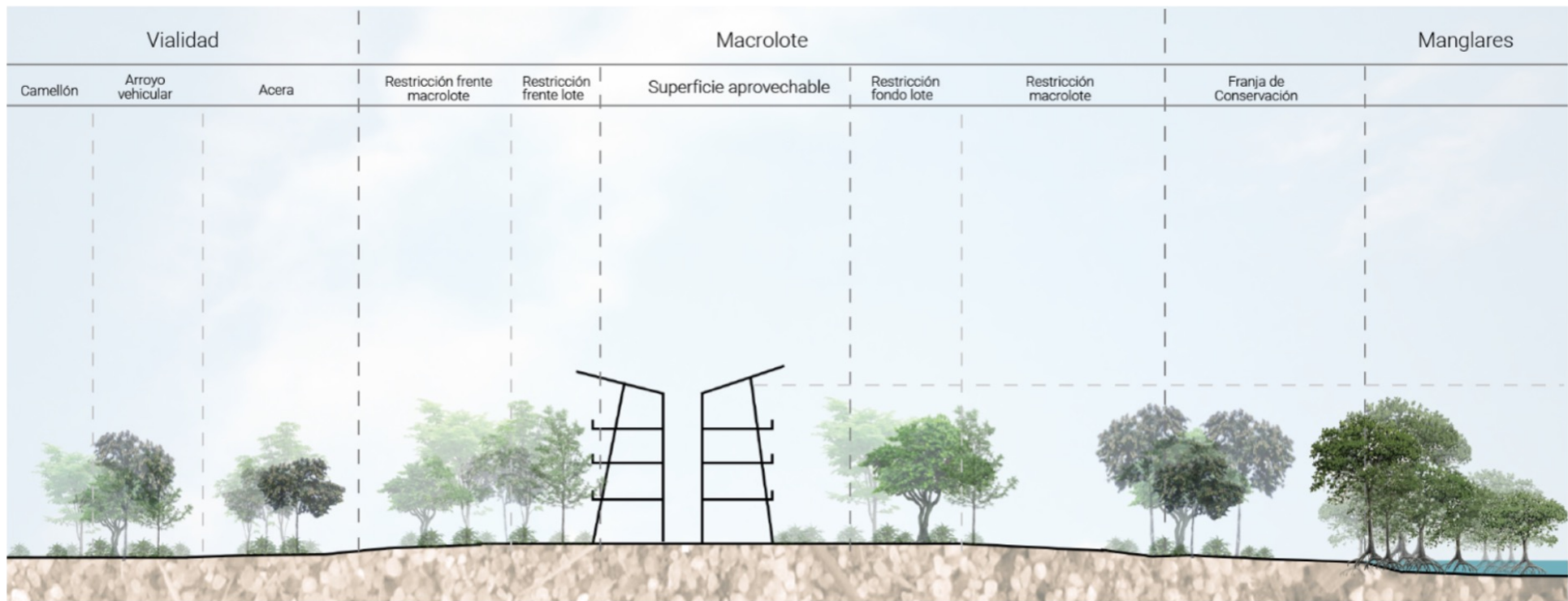
Establecer criterios para el uso de cenotes, con áreas de uso, conservación utilizando los materiales de la región.

Manejo integral de los residuos sólidos y descargas. No debe haber elementos contaminantes en las áreas naturales ni urbanas.



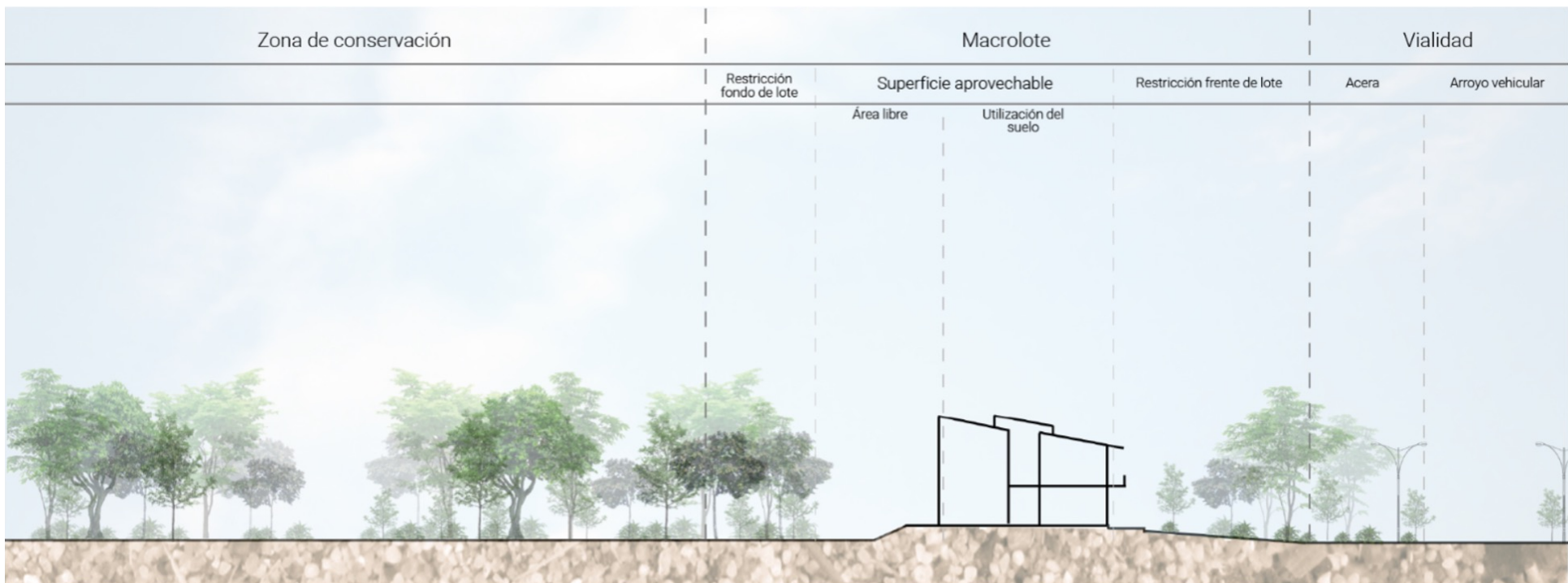
Esquema de contemplación del paisaje para los ecosistemas naturales de Tulum





Zona de manglares y selva

Variable según uso y vialidad



Zona residencial y de conservación

Variable según uso y vialidad

Referencias

Andrade, N., Melo-Merino, S., Rivas-Soto, M., & Alvarez-Filip, L. (2018). *Estado de conservación de los Arrecifes de Coral de la Península de Yucatán*. [https:// www. greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless](https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless)

Ayllón Trujillo, M. T., & Nuño Gutiérrez, M. R. (2008). *El sistema casa o solar y la ordenación territorial de las familias: aplicación de la teoría de sistemas a escala micro social*. *Redes. Revista do Desenvolvimento Regional*, 13(2), 261-288.

Avendaño-Leadem, D., Cedeño-Montoya, B., & Arroyo-Zeledón, M. S. (2020). *Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial*. *Revista Geográfica de América Central*, 2(65), 63-90. <https://doi.org/10.15359/rgac.65-2.3+>

Becerril-Miró, (2019). *El derecho al paisaje, una prerrogativa humana y comunitaria, compleja y retadora*. En A. Alonso-Navarrete, & M. Checa-Artasu, *Legislación y paisaje. Un debate abierto en México* (págs. 203-217). México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco

Badillo, M., Chiappa, X., Arceo, D., & Gallardo, A. (s. f.). *Guía de Servicios Ecosistémicos de la zona costera de la península de Yucatán*. Research Gate. [https:// www. researchgate.net/publication/341447568_Servicios_ecosistemicos_de_la_duna_costera_de_la_peninsula_de_Yucatan_Guia_de](https://www.researchgate.net/publication/341447568_Servicios_ecosistemicos_de_la_duna_costera_de_la_peninsula_de_Yucatan_Guia_de)

Bentrup, G. (2008). *Zonas de amortiguamiento para conservación: Lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredores y vías verdes*. [Digital]. Departamento de Agricultura, Servicio Forestal. https://www.fs.usda.gov/nac/buffers/docs/GTR-SRS-109_Spanish.pdf

Biggs, R., Schlüter, M., & Schoon, M. (Eds.). (2015). *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781316014240

Bove, C., Davies, S., Ries, J., Umbanhowar, J., Thomasson, B., Farquhar, E., Castillo, K. (2022). *Global change differentially modulates Caribbean coral physiology*. *PLOS ONE* 17(9), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273897>

Camacho Valdez, V., & Ruiz Luna, A. (2012). *Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos*. *Revista Bio Ciencias*, 1(4). <https://doi.org/10.15741/revbio.01.04.02>

Colectivo Suumil Mookt'an. (11 de 04 de 2022). Pie de página. *Comunicar el solar maya: colectivo aviva práctica ancestral en Sinanché*. <https://piedepagina.mx/comunicar-el-solar-maya-colectivo-aviva-practica-ancestral-en-sinanche/>

Comensal, J., & Villamil, N. (s. f.). *Praderas bajo el mar: un tesoro incomprendido*. <https://serviciosecosistemicos.mx/articulos/praderas-bajo-el-mar-un-tesoro-incomprendido>

Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. (2020). *Guía Martí* [Digital]. En *Guía Martí* (2da edición). <https://www.amigosdesiankaan.org/wpcontent/uploads/2021/12/6g.pdf>

Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], & Mariscal Romero, J. (s. f.). *Manejo Integrado de la Zona Costera*. <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/Contenido/Documentos/PC2%20Jose%20Mariscal.pdf>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP]. (2021, 30 abril). *Ficha SIMEC*. <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=81>

Comisión Nacional para la Conservación de las Áreas Naturales Protegidas [CONANP]. (2019, 9 septiembre). *Parque Nacional Tulum*. <https://www.gob.mx/conanp/documentos/parque-nacional-tulum>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2021, 27 enero). *Arrecifes*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/arrecifes>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (s. f.). *Dunas costeras*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/dunasCosteras>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2021, 25 noviembre). *La biodiversidad en Quintana Roo: Estudio de Estado*. https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee_quintanaroo

Folke, C., Jansson, A., Larsson, J., & Costanza, R. (1997). *Ecosystem appropriation by cities*. *Ambio*, 167-172.

Filipe-Narciso, C., & Meza-Paredes, M. (2021). *Paisaje, ordenamiento y sustentabilidad*. CDMX: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura.

Forest Monitoring, Land Use & Deforestation Trends. (s. f.). Global Forest Watch. <https://www.globalforestwatch.org/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (s. f.). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>

Gardner, T. A. (2003). Science. *Long-Term Region-Wide Declines in Caribbean Corals*.: <http://www.jstor.org/stable/3834842>

García, F. (2020, 28 julio). *Praderas marinas, entre la riqueza forestal de México*. Revista Divulgación Acuicola. <http://divulgacionacuicola.com.mx/blog/2020/07/27/praderas-marinas-entre-la-riqueza-forestal-de-mexico/>

Haines-Young, R., & Potschin, M. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services CICES*. V5.1, Guidance on the Application on the Revised Structure. Nottingham: CICES.

Instituto Municipal de Planeación Urbana [IMPLAN] de Hermosillo. (2017). *Manual de lineamientos de diseño de infraestructura verde para municipios mexicanos*. IMPLAN Hermosillo. https://www.implanhermosillo.gob.mx/wp-content/uploads/2019/06/Manual_IV3.pdf

INECOL. (03 de 11 de 2022). Instituto de Ecología A.C. *El patrimonio biocultural de México; un tesoro de los pueblos indígenas*. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2017-06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/784-el-patrimonio-biocultural-de-mexico-un-tesoro-de-los-pueblos-indigenas#:~:text=El%20patrimonio%20biocultural%20de%20M%C3%A9xico%3B%20un%20tesoro%20de%20los%20pueblos%20ind%C>

INEGI. (03 de 11 de 2022). *Cuentame INEGI*. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/territorio/clima.aspx?tema=me&e=23>

Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo, 16 de mayo de 2018 (México).

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental [L.G.E.E.P.A.], Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], 10 de abril de 2022 (México).

Los guardianes de Sian Ka'an. (s. f.). https://serviciosecosistemicos.mx/art_comunicacion/los-guardianes-de-sian-kaan

México Desconocido. (2021, 19 agosto). *El Gran Arrecife Maya es el segundo más grande del mundo*. <https://www.mexicodesconocido.com.mx/el-gran-arrecife-maya-el-segundo-mas-grande-del-mundo-quintana-roo.html>

Millennium Ecosystem Assessment [MEA](2005). *Ecosystems and Human Well-being Biodiversity: Synthesis*. Washinton, DC: World Resources Institute.

Ramírez , B. (2021). En C. Filipe-Narciso, & M. Meza-Paredes. *Paisaje, ordenamiento y sustentabilidad* (pág. 168). CDMX: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura.

Sarukhán, J., et al. (2017). *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales (Síntesis)* [Digital]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2016, 10 noviembre). *Los manglares mexicanos*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/manglares-mexicanos>

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], (2019, 19 de septiembre). *Para proteger a las tortugas en Bahía de Xcacel-Xcacelito, Semarnat rechazó proyecto "La Calma", en Tulum*: <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/para-proteger-a-las-tortugas-en-bahia-de-xcacel-xcacelito-semarnat-rechazo-proyecto-la-calma-en-tulum?idiom=es>

Texas Parks & Wildlife. (s. f.). *Capacidad de Carga*. Texas Parks & Wildlife Department. <https://tpwd.texas.gov/education/hunter-education/educacion-para-cazadores/chapter-9/capacidad-de-carga>

United Nations Environment Programme. (s. f.). *Seagrass: secret weapon in the fight against global heating*. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/seagrass-secret-weapon-fight-against-global-heating>

UNDRR. (03 de 11 de 2022). United Nations Disaster Risk Reduction. *Nature Based Solutions*. <https://www.undrr.org/words-action-nature-based-solutions-disaster-risk-reduction>

University of Maryland, Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher et al. (s. f.). Global Forest Change. Global Land Analysis & Discovery. <https://glad.earthengine.app/view/global-forest-change>

Otras referencias

https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee_quintanaroo

<https://marfund.org/wp-content/uploads/2016/12/Mesoamerican-Reef2017-A-visit-for-the-Future-Summary.pdf>

https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/territorio/recursos_naturales.aspx?tema=me&e=23

https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap4_biodiversidad.pdf

<https://www.gob.mx/conanp/documentos/parque-nacional-tulum>

<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/reserva-de-la-biosfera-caribemexicano-154642>

<https://www.gob.mx/conanp/documentos/parque-nacional-tulum>

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972011000300005

https://www.wwfca.org/paisajes/arrecife_mesoamericano/

https://www.adaptur.mx/pdf/Guia_Adaptur-Digital.pdf

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112015000100007

https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/A1ServAmb.pdf

<https://www.inegi.org.mx/appareasgeograficas/?ag=23009#collapseResumen>

<https://www.redalyc.org/journal/4517/451763485003/html/https://www.gob.mx/conanp/documentos/parque-nacional-tulum#:~:text=Alberga%20ecosistemas%20de%20selva%20mediana,fauna%20representativas%20de%20la%20regi%C3%B3n>

<http://www.biocon.unam.mx/difusion-tripticos-servicio/manglar.pdf>

