

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y GESTIÓN DE CAMINOS EN **HUMEDALES** **DE QUINTANA ROO**



Este libro es publicado por:



Gonzalo Merediz Alonso
Alonso Antonio Serna Medina
Grecia Giselle Valadez Huerta
Estefania Medina Bastarrachea
Liliana García Ramirez
Rocío Moreno Mendoza

En colaboración con:



Realizado con el apoyo y financiamiento de:



Kuxatur "Integración de criterios para la conservación de la biodiversidad en el sector turístico en México con énfasis en ecosistemas costeros ricos en biodiversidad"

North American Wetlands Conservation Act

Integración del documento:

ARZOZ

Mtra. Monica Arzo Canalizo
Mtro. Guillermo Ramírez Gallego
Arq. Ana Elisa Lomeli Medina
Arq. Alexandra Barroso Cohen
Blgo. Rosalinda Adriana González César
Mapas
Arq. Nidia Mendoza

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y GESTIÓN DE CAMINOS EN HUMEDALES DE QUINTANA ROO.

Consultoría en el marco del proyecto "Restauración y conservación de humedales y selvas, en Quintana Roo, México

Agosto 2023



MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS
PARA LA CONSTRUCCIÓN Y
GESTIÓN DE CAMINOS EN
**HUMEDALES
DE QUINTANA ROO**



Imagen: Foto tomada en sitio. Fuente: ARZOZ, 2023

CONTENIDO

MENSAJE INSITUCIONAL

1. INTRODUCCIÓN	p. 07
2. UNA OPORTUNIDAD PARA EL CAMBIO DE PARADIGMA	p. 14
3. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS, CAMINOS Y SENDEROS EN HUMEDALES	p. 18
4. CRITERIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y SENDEROS EN HUMEDALES	p. 50
5. IMPACTOS DURANTE EL CICLO DEL PROYECTO	p. 66
6. HACIA UN MODELO DE DESARROLLO EN BALANCE CON LA NATURALEZA	p. 72
7. IMPLEMENTACIÓN	p. 80
8. LOS HUMEDALES COSTEROS	p. 86
9. ANÁLISIS TERRITORIAL QUINTANA ROO	p. 98
10. RESERVA DE LA BIÓSFERA SIAN KA'AN	p. 130
11. RED DE MOVILIDAD MOTORIZADA: CAMINOS, CARRETERAS Y SENDEROS	p. 148
12. NORMATIVA AMBIENTAL EXISTENTE	p. 156
13. CASOS ESTUDIO	p. 162



MENSAJE

AMIGOS DE SIAN KA'AN

Los humedales de Quintana Roo son un tesoro natural de gran valor. Estos ecosistemas únicos mantienen una biodiversidad excepcional, brindan servicios ecosistémicos esenciales como la captura de carbono, actúan como un filtro biológico de contaminantes, son un sitio de protección, crianza y desove de especies de importancia económica, son una barrera de protección ante fenómenos meteorológicos, evitan la erosión y mantienen una red de vida interconectada. Sin embargo, su delicadeza los hace vulnerables al cambio y el crecimiento humano.

Este manual surge como una solución necesaria y eficaz para protegerlos y mantener su función ecosistémica. Dentro de este manual encontraremos recomendaciones y criterios basados por expertos que tienen como principal propósito guiar a ingenieros, planificadores, profesionales y personas interesadas en la construcción y gestión de infraestructuras viales en áreas de humedal. Estos criterios no solo abordan los desafíos propios de la construcción y gestión de carreteras y caminos en áreas de humedal, sino que también se enfocan en proteger la riqueza biológica que alberga estos ecosistemas.

La preservación de los humedales es una obligación legal y moral hacia las generaciones venideras, garantizando así un verdadero desarrollo sustentable. Este manual sirve como una brújula que nos guiará hacia la construcción de carreteras y caminos que respeten y protejan nuestros humedales, asegurando un equilibrio armónico entre el desarrollo humano y la integridad de la naturaleza.

¡Creemos un futuro más sostenible y benéfico para todos!

Gonzalo Merediz

Director Ejecutivo de Amigos de Sian Ka'an



INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Hoy nos enfrentamos a una crisis medioambiental global. Los patrones y dinámicas de desarrollo e industrialización de los países, han tenido irreversibles impactos en el medio ambiente, detonando, el incremento de fenómenos naturales y riesgos provocados por el cambio climático.

México es uno de los países con mayor riqueza ambiental a nivel mundial. Quintana Roo, uno de los estados con mayor diversidad y valor ambiental. Si bien es un territorio rico en variedad de ecosistemas, también es uno de los estados con mayor crecimiento poblacional y presión de desarrollo urbano.

Los humedales, ecosistemas frágiles y de gran importancia para la biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos, son uno de los mayores

atributos del estado. Sin embargo, recientemente, el desarrollo urbano y la expansión de infraestructuras viales, así como la falta de planeación de las mismas, han generado destrucciones sobre estos delicados entornos. La construcción de caminos en estas áreas puede alterar su hidrología, fragmentar hábitats y afectar negativamente a las especies que dependen de ellos.

Para garantizar la protección y conservación de los humedales, es fundamental impulsar buenas prácticas para la construcción de caminos en estas áreas. Este manual proporciona pautas claras para los responsables de la planificación y ejecución de caminos en humedales, promoviendo y asegurando técnicas de construcción que reduzcan al máximo la perturbación de los hábitats, minimizando los impactos negativos y promoviendo un desarrollo sostenible.

OBJETIVO

El Manual de Buenas Prácticas para la construcción y gestión de caminos en Quintana Roo, es una herramienta que busca, a través de una serie de recomendaciones y criterios, impulsar la conservación de la biodiversidad en el estado. El manual busca funcionar como una guía para la instrumentación de buenas prácticas en el desarrollo de infraestructura vial. Los objetivos principales del manual son:

- Promover la conservación de humedales y su funcionalidad ecológica, a través de la prevención y mitigación de impactos ambientales derivados de la construcción de infraestructura vial en Quintana Roo.
- Prevenir los impactos ambientales a los humedales derivados de generadores físicos, de extracción, de introducción y de cambio estructural.
- Impulsar la gestión ambiental que coadyuve a los objetivos de conservación de humedales en el estado de Quintana Roo, entre ellos la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an y sitios Ramsar.
- Impulsar un sólido sistema de monitoreo durante todo el ciclo de vida del proyecto.
- Crear un precedente con capacidad de replicarse para otros ecosistemas a nivel nacional e internacional.
- Prever el material y recursos necesarios para incidir en la política pública del país, impulsando así, la creación de nuevas leyes y normativas que protejan este tipo de ecosistemas.
- Concientizar a la población sobre el valor ambiental y ecológico, así como la necesidad de involucrarse en los procesos de protección.
- Socializar las recomendaciones y criterios expuestos en el Manual a los tomadores de decisiones y actores con incidencia directa.



QUÉ NO ES ESTA GUÍA

El Manual de buenas prácticas para construcción y gestión de caminos en áreas de humedales de Quintana Roo, no proporciona soluciones técnicas ni detalles de ingenierías para la aplicación de las recomendaciones aquí incluidas. Si bien el manual aborda una amplia gama y variedad de escenarios donde carreteras y caminos confluyen con áreas de humedales, el manual no plantea soluciones para la totalidad de las posibles interacciones.

El manual no es un sustituto de ninguna normativa, ley, plan de ordenamiento territorial, o cualquier herramienta gubernamental, a nivel federal, estatal y/o municipal aplicable.

PARA QUIÉN ES ESTA GUÍA

El Manual está dirigido a desarrolladores inmobiliarios, constructores y diseñadores de infraestructura vial, así como entidades gubernamentales y el sector privado, con injerencia en dichas áreas. Paralelamente, el manual busca ser un soporte en los procesos de post construcción, como el mantenimiento y la gestión de carreteras y caminos en áreas de humedal.

De igual manera, el documento, busca ser un detonante para impulsar el desarrollo de herramientas similares a nivel nacional e internacional. Así como influir en la toma de decisiones de actores clave. El manual pretende brindar información para fomentar la concientización de la población, sobre la importancia y relevancia de la conservación de los humedales y sus ecosistemas, así como la mitigación de los efectos del cambio climático y desarrollo de infraestructura sobre ellos.



An aerial photograph showing a dense, lush green forest that meets a calm, dark body of water. The water reflects the surrounding trees, creating a mirror-like effect. The forest is composed of various shades of green, indicating a diverse ecosystem. The overall scene is peaceful and natural.

LA OPORTUNIDAD

DE LA INACCIÓN A LA ACCIÓN

Estamos en un momento crítico ante la crisis ambiental global. La rápida urbanización, el crecimiento demográfico y el desarrollo industrial, han detonado el aceleramiento del cambio climático. Las ciudades cada día atraen a más habitantes, provocando un esparcimiento descontrolado de las manchas urbanas. La infraestructura y equipamiento necesario para satisfacer las crecientes necesidades, han invadido zonas de importante valor ambiental. Esto ha provocado un desbalance entre la naturaleza y el desarrollo urbano, el ser humano es el único que puede restablecer el equilibrio entre ambos.

“SE REQUIERE UN ENORME ESFUERZO Y CREATIVIDAD PARA AFRONTAR LOS DESAFÍOS A LOS QUE SE ENFRENTA LA HUMANIDAD. LAS RESPUESTAS DEL PASADO, NO SON LAS QUE NECESITAMOS PARA EL FUTURO. ENFOQUES INCLUSIVOS, INTEGRALES E INNOVADORES, SON LOS QUE HOY NECESITAMOS PARA ENCONTRAR MEJORES Y MÁS SOSTENIBLES SOLUCIONES PARA LOS DESAFÍOS A NIVEL MUNDIAL.”¹⁹⁴ (Ovink y Boeijenga, 2018)

Es nuestra obligación como humanidad actuar para garantizar un futuro seguro y de calidad para futuras generaciones. Henk Ovink, Enviado Especial Holandés sobre Asuntos Hídricos Internacionales, Sherpa ONU 2023 Water Conference, y escritor del libro **“Too Big, Rebuild by design, a transformative approach to Climate Change”**¹⁹⁵, habla sobre la urgencia de actuar ahora. El propone, a través de proyectos integrales,

que abarcan desde temas socio demográficos, hasta diseño de paisaje, transformar la manera en que estos se conciben y abordan temas fundamentales para confrontar el cambio climático, y los constantes cambios ante los que nos enfrentamos.

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), las ciudades tienen la **“oportunidad de replantear sus paradigmas de crecimiento, equidad y bienestar poblacional, propiciando una nueva narrativa que reconoce la interacción y su influencia con la naturaleza y sus servicios ecosistémicos.”**¹⁹⁶. Quintana Roo, con la riqueza natural y biodiversidad que lo caracteriza, tiene el potencial de liderar este cambio de paradigma.

“COMPRENDER LO QUE REALMENTE ESTÁ EN JUEGO INFORMA UN CAMINO A SEGUIR QUE PUEDE VOLVER A CONECTAR LO SOCIAL, LA ECONOMÍA Y LA ECOLOGÍA. EL DISEÑO PUEDE CERRAR ESTAS BRECHAS Y CASAR LA CIENCIA Y LA POLÍTICA, EL MUNDO REAL CON LA IMAGINACIÓN. REBUILD BY DESIGN NO SE TRATA DE HACER UN PLAN, SINO DE CAMBIAR UNA CULTURA.” (Ovink y Boeijenga, 2018)

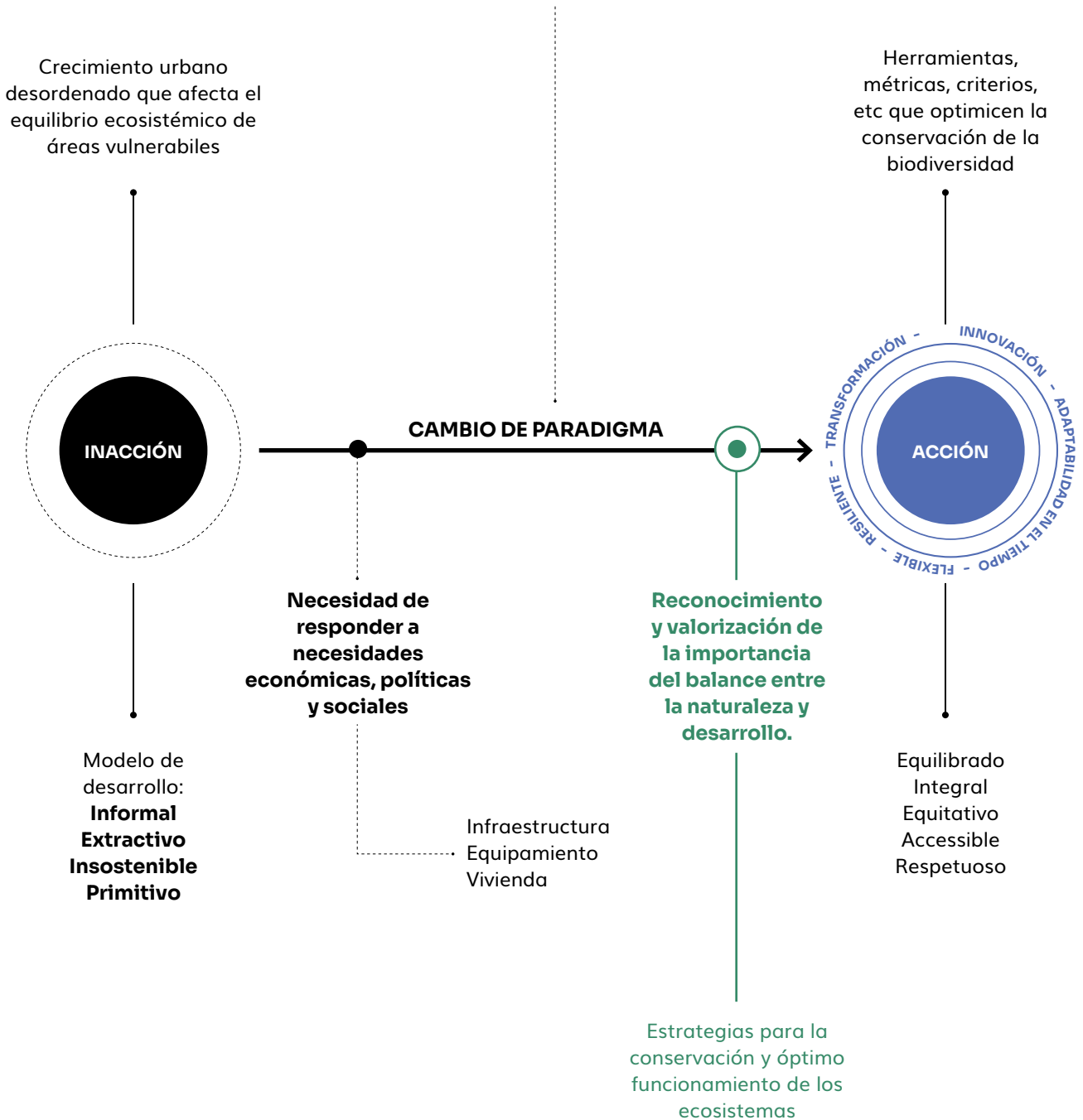
“NO RESPONDAS AL PASADO, CONSTRUYE HACIA EL FUTURO.” (Ovink y Boeijenga, 2018)

194. Ovink, H y Nieboer, H. (2018). Position paper 'Building with Nature – exploring Nature Based Solutions for water challenges'. Wetlands International. <https://www.wetlands.org/publications/position-paper-building-nature-exploring-nature-based-solutions-water-challenges/>


195. Ovink, H y Boeijenga, J. (2018). Too Big: Rebuild by Design : a Transformative Approach to Climate Change. Nai010 Publishers.

196. Ávila Murillo, J., & Rojas, F. (2021). Ciudades y Naturaleza, construyendo una nueva narrativa hacia el urbanismo ecológico. Hablamos de Sostenibilidad y Cambio Climático. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/lo-que-pasa-con-la-naturaleza-es-determinante-para-las-ciudades/>

Corto Plazo - Mediano Plazo - Largo Plazo





An aerial photograph of a wetland area. On the left, a river with dark green water flows. The right side is dominated by a dense forest of tall, thin trees. In the foreground, there is a large area of tall, green grasses or reeds. The overall scene is lush and green.

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS, CAMINOS Y SENDEROS EN HUMEDALES

CRITERIOS

Este documento busca brindar los criterios necesarios para la óptima construcción de carreteras, caminos y senderos en humedales y zonas de humedales, así como una serie de buenas prácticas identificadas a través del estudio de casos. Sin embargo, el Manual no busca promover la construcción de infraestructuras viales en dichas zonas, sino siempre **proteger y dar preferencia a la óptima conservación de humedales** y zonas aledañas, y brindar las herramientas para que, en caso de ser necesario, afectar lo menos posible el balance de estos.

Evitar y minimizar los impactos de la construcción de carreteras y caminos en los humedales debe de ser parte integral y prioritaria del proceso de diseño. Para un diseño integral y exitoso, es importante conocer las funciones y el valor de los humedales. Algunas de las principales funciones son: **La protección contra inundaciones, la protección de aguas subterráneas, son hábitat para la vida silvestre, su valor recreativo y su función en la conservación y mantenimiento de la calidad del agua.**

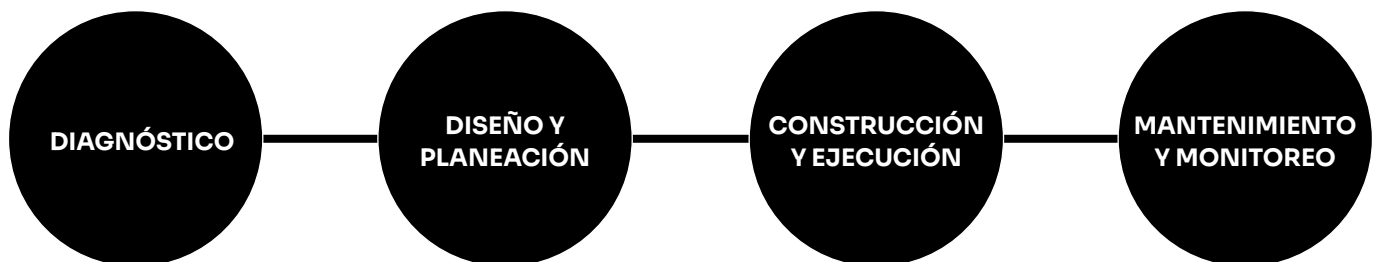
Los humedales son **ecosistemas muy frágiles e importantes para el medio ambiente**, debemos evitar construir en estas zonas y perturbar su balance. Es importante identificar las zonas más vulnerables donde se debe impedir por completo la construcción de los caminos. Sin embargo, en caso de ser necesario e inevitable generar una conexión vial en estas zonas, se sugiere tomar en cuenta las recomendaciones aquí descritas.

Las recomendaciones propuestas abarcan desde el **diagnóstico preliminar del sitio a intervenir, hasta el proceso de diseño, construcción y mantenimiento del camino, esto con el fin de ser lo menos invasivos posibles y llevar a cabo prácticas sustentables que ayuden a conservar la integridad del humedal**, evitando la perturbación de la vida silvestre.

De la mano, para la construcción y/o diseño de un camino, es obligatorio tomar en cuenta, la reglamentación y normativa constructiva existente en este tipo de ecosistemas.

RECOMENDACIONES POR FASES

Las recomendaciones para el diseño de caminos en humedales o zonas de humedales, abarcan diferentes aspectos que se distribuyen en las distintas etapas identificadas en el proceso. Cada etapa cuenta con **guías que promueven la preservación y cuidado de los humedales, y brindan soluciones prácticas para el tránsito seguro y sostenible.** Las fases propuestas son:



DIAGNÓSTICO

En esta etapa se lleva a cabo el análisis y entendimiento del entorno, el cual nos ayudará a la toma de decisiones **tanto en la ubicación del camino, como en los métodos que se deben implementar**, dependiendo las características y comportamientos del humedal. A continuación se describirán aspectos importantes que se deben tomar a consideración en esta etapa:

IDENTIFICAR EL TIPO DE HUMEDAL Y SUS CARACTERÍSTICAS

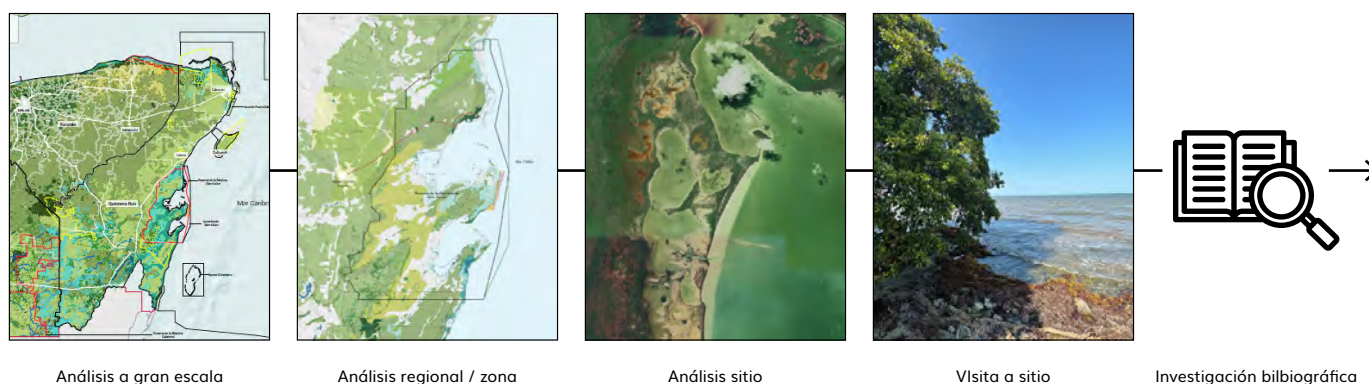
Para iniciar el proceso de diseño del camino o vialidad, es importante comenzar identificando el **tipo de humedal sobre el cual pasará el camino, así como las características del suelo y del humedal**. Esto nos ayudará a conocer el comportamiento del ecosistema y nos servirá en la toma de decisiones para el diseño del camino.

Dependiendo el tipo de humedal (descritos y clasificados en el capítulo 8, página 89), se puede deducir el flujo hídrico del mismo.¹⁹⁷ Esta información es importante para tomar decisiones sobre el camino, ya que posteriormente será utilizada para elegir la ubicación y tipo de cruce de camino apropiado que mantenga y respete el flujo hídrico del humedal.

Algunos de los aspectos importantes que se deben analizar y tomar en cuenta en esta etapa del análisis del humedal son:¹⁹⁸

- **Hidrología**
- **Biodiversidad y zonas sensibles**
- **Topografía**
- **Calidad del agua**
- **Vegetación y suelo**
- **Erosión y Sedimentación, entre otras.**

Imagen. Ejemplo de proceso de análisis, Fuente: Mapas :Elaboración propia con base en INEGI, Foto 1: Google Maps, Foto 2: ARZOZ 2023



197. FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance. <https://boreal.ducks.ca/publications/resource-roads-and-wetlands-a-guide-for-planning-construction-and-maintenance/>

198. Ryan Moss. (2006). Guía de identificación y manejo para humedales en propiedades privadas en Costa Rica.

<https://docplayer.es/223015272-Indice-ryan-moss-guia-de-identificacion-y-manejo-para-humedales-en-propiedades-privadas-en-costa-rica-1.html>



Hidrología:

Comprender la hidrología del humedal, incluyendo los patrones de inundación y los flujos de agua es importante para evitar interferir con los procesos naturales y garantizar un drenaje adecuado del camino.



Calidad del agua:

Evaluar la calidad del agua en el humedal, incluyendo los niveles de contaminación, los flujos de nutrientes y los requisitos de filtración, para evitar la alteración del equilibrio ecológico y mantener la salud del humedal.



Biodiversidad y zonas sensibles:

Evaluar la diversidad biológica del humedal, incluyendo la presencia de especies endémicas o en peligro de extinción, y evitar áreas de hábitat crítico o zonas de anidación, reproducción, zonas de alimentación de aves migratorias o áreas con alta diversidad biológica para minimizar el impacto en la fauna y flora y prevenir daños significativos en el ecosistema.



Vegetación y suelo

Estudiar la composición de la vegetación y las características del suelo, incluyendo la capacidad de carga del terreno y su resistencia a la compactación, para seleccionar materiales de construcción adecuados y minimizar la perturbación de los ecosistemas existentes.



Topografía:

Analizar la topografía del humedal para determinar las áreas de mayor pendiente, los cambios de elevación y las características del suelo, con el objetivo de diseñar un camino que sea estable y minimice la erosión.



Erosión y sedimentación

Considerar los procesos de erosión y sedimentación presentes en el humedal, con el fin de implementar medidas adecuadas de control y mitigación para evitar la degradación del entorno y mantener la estabilidad del camino.

Otros elementos relevantes para un mejor entendimiento del sitio



IDENTIFICAR HERRAMIENTAS DISPONIBLES

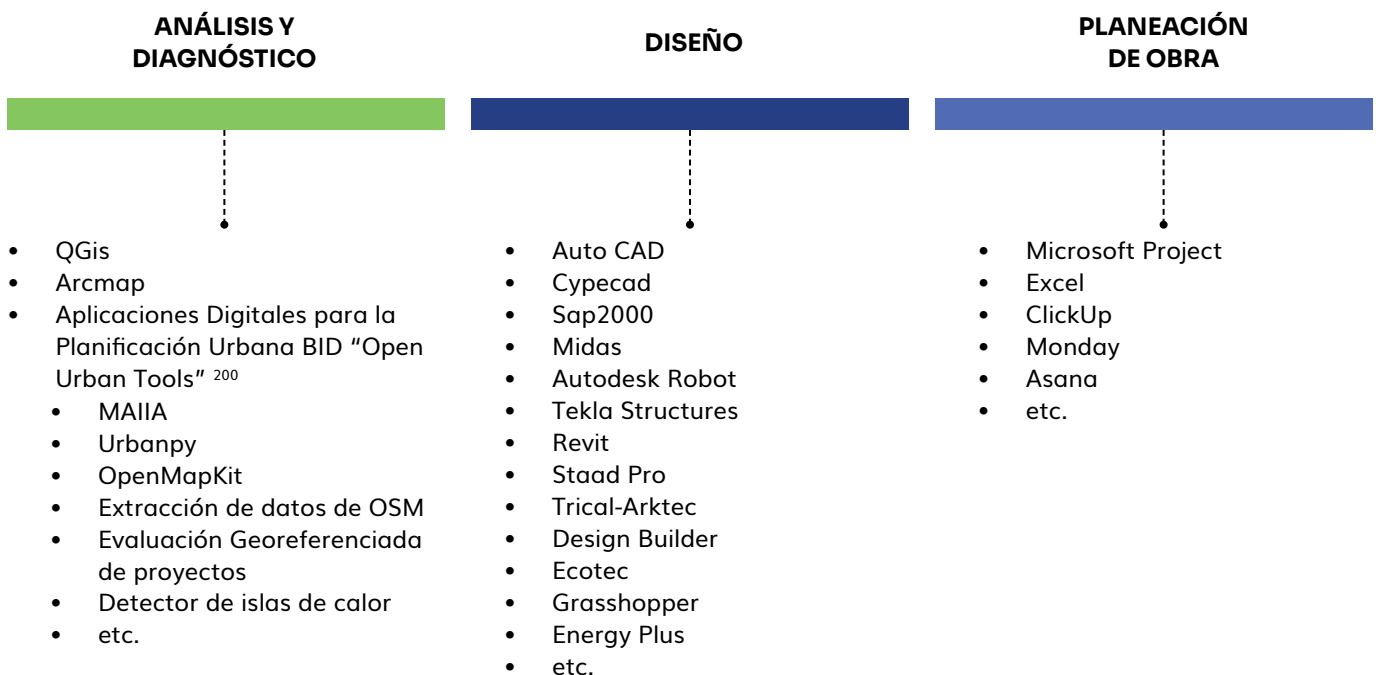
Es importante, durante las primeras fases de la planeación, identificar las herramientas disponibles que nos puedan ayudar a **generar un flujo de trabajo óptimo y productivo, así como un diseño más preciso e informado**. Un ejemplo, son los programas para trabajar información georeferenciada, tipo Q-GIS, sobre los cuales se puede **referenciar información en la zona analizada**. Con este tipo de programa podemos ubicar y visualizar de manera gráfica los tipos de suelo en la zona, tipos de vegetación, topografía, geología, hidrología, riesgos existentes, y en este caso, tipos de humedales.¹⁹⁹

La información obtenida a través de estas herramientas, nos debe de ayudar a **ubicar los caminos y vialidades en zonas específicas para minimizar los impactos en los humedales**. Nos ayudarán a comprender la hidrología, flujos y características del sitio, para tomar mejores decisiones en la creación, ubicación y desarrollo de estos caminos.

Existen algunas características que deberán complementarse e identificarse a través de **reconocimiento de campo**, ya que en algunos casos no se encuentra la información completa o actualizada. Por ejemplo, existe cierta información hidrológica, como elementos de flujos hídricos estacionales o flujos de aguas subterráneas poco profundas, de los que no siempre hay información.

Otros indicadores de campo que se deben considerar incluyen la presencia de fauna, especies indicadoras de humedales, el ancho del sitio de cruce, la profundidad del suelo, la presencia de agua estancada y si tiene una corriente o flujo de agua definido, así como si el humedal forma parte de un complejo más grande.

Entre las principales herramientas para el análisis, diseño y planificación de proyectos de este tipo, están los siguientes:



199. FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance. <https://boreal.ducks.ca/publications/resource-roads-and-wetlands-a-guide-for-planning-construction-and-maintenance/>

200. Aplicaciones digitales para la planificación urbana | IADB. (s. f.). Banco Interamericano de Desarrollo. <https://www.iadb.org/es/desarrollo-urbano-y-vivienda/aplicaciones-digitales-para-la-planificacion-urbana>

DISEÑO

El documento busca integrar de manera armoniosa los aspectos funcionales, estéticos y ambientales, para lograr caminos en humedales que sean **seguros, duraderos y respetuosos con el entorno natural**. Para esta etapa, el manual busca brindar recomendaciones y buenas prácticas para un **óptimo proceso de análisis de alternativas de trazado, así como la implementación de soluciones de diseño que minimicen los impactos ambientales y maximicen la preservación de la flora, fauna y calidad del agua**.

Durante la etapa de diseño, es fundamental **identificar las técnicas y prácticas que responden a las características específicas del sitio a intervenir**. El diseño de un cruce o camino en zonas de humedales, es un proceso frecuentemente complejo, ya que es un reto encontrar el balance entre los estándares de seguridad y normativa que un camino o cruce vial requieren, y un diseño que proteja a los humedales.

ESTRATEGIAS MÍNIMAS DE DISEÑO

Es necesario tomar en cuenta ciertas estrategias generales mínimas para el diseño de caminos en humedales o en zonas de humedales, esto nos ayudará a tener una **noción general de las medidas y cuidados que debemos tomar en cuenta en el proceso de diseño**. Las estrategias se clasifican en 5 categorías, cada una de las cuales aborda diferentes aspectos de conservación y manejo responsable: ²⁰¹

01.

ESTRATEGIAS GENERALES



- Analizar los posibles proyectos a realizarse en la zona y **llevar a cabo únicamente aquellos cuya aportación a la sociedad los haga indispensables** para aumentar la calidad de vida de los habitantes de la región, siempre y cuando dichos proyectos respeten y conserven el valor ecosistémico de los humedales.
- **Evitar el impacto directo o indirecto de las zonas núcleo**, así como en las subzonas de protección de las zonas de amortiguamiento, en caso de hacerse el camino en un Área Natural Protegida o en un Reserva.
- **Atender los criterios de los Programa de Manejo existentes**, por ejemplo en el caso de la Biósfera Sian Ka'an, atender su Programa de Ordenamiento Ecológico de la Zona Costera de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.
- Concentrar las actividades de desarrollo de infraestructura carretera en las zonas de uso público y en su caso, en las subzonas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, siempre **de acuerdo a la opinión técnica de la CONANP**.
- Promover la **sensibilización de población y visitantes** para evitar que las carreteras y caminos detonen actividades no permitidas, como cacería y extracción de flora y fauna.
- Utilizar **humedales artificiales** para tratamiento de aguas contaminadas antes de regresarlas a cuerpos naturales de agua.
- **Señalizar las carreteras y caminos** para indicar condiciones específicas de conducción e identificar zonas de manejo especial, así como para difundir e informar sobre las actividades y objetivos de la zona donde se encuentren los caminos.
- **Incluir a la población local** para el adecuado diseño, construcción y uso de la infraestructura vial. Así como, facilitar el uso de la Puerta al Mar bajo el esquema de turismo de naturaleza y comunitario que se promueve en el destino Maya Ka'an.

201. CONANP. 2014. Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an. Disponible en: https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/84_libro_pm.pdf

DOF: 23/01/2015. ACUERDO por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5379437&fecha=23/01/2015#gsc.tab=0

Periódico Oficial. 14 de Mayo del año dos mil dos. Programa de Ordenamiento Ecológico que regula y reglamenta el desarrollo de la Zona Costera de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Disponible en: [http://bitacora-ambiental.semaqroo.gob.mx/images/decretos/periodico_oficial_oet_sian_kaan%20\(1\).pdf](http://bitacora-ambiental.semaqroo.gob.mx/images/decretos/periodico_oficial_oet_sian_kaan%20(1).pdf)

NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.

RAMSAR. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es>

02.

DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AL RÉGIMEN FÍSICO



- Evitar o minimizar la **extracción de agua dulce, la intercepción o el desvío** de agua prolongados o permanentes de los humedales continentales.
- Evitar o minimizar el **transporte de sedimentos a los humedales**, previniendo el cambio de uso de suelo en el área del proyecto.
- Utilizar solamente material para construcción de los **bancos de préstamo autorizados o existentes**, que no afecten los procesos ecológicos interiores de los humedales
- **Monitoreo** de inundación, sedimentos y régimen térmico en zonas inundables, humedales arbolados, marismas, estuarios, manglares, sistemas de arrecifes, dunas, playas y praderas de pastos marinos.
- **Monitoreo** de calidad de agua, incluyendo volumen, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y calidad del agua.

03.

DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE PROCESOS DE EXTRACCIÓN Y AFECTACIÓN DE BIOTA



- Realizar un **inventario de flora y fauna** en el sistema ambiental, compuesto por la zona del proyecto y áreas de influencia del mismo.
- Prohibir la **tala de humedales arbolados y manglares**, así como el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero. Reducir al máximo la alteración de la vegetación
- Favorecer **continuidad de vegetación**, evitando la fragmentación de ecosistemas
- Impulsar **pasos de fauna** suficientes y considerar la diversidad de la comunidad ecológica
- Proteger **zonas de importancia para las aves**, reconociendo zonas de percheo, reproducción y alimentación.
- En caso de que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que **el trazo se de sobre pilotes** (previa autorización de las autoridades correspondientes) a fin de mantener el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre.
- **Monitoreo de biota** (cantidad y calidad de hábitats) en zonas inundables, humedales arbolados y manglares
- Desarrollar un estricto **sistema de prevención de incendios**.

04.

DE ATENCIÓN A PROCESOS POTENCIALES DE INTRODUCCIÓN DE NUTRIENTES, PRODUCTOS QUÍMICOS Y RESIDUOS SÓLIDOS Y LAS ESPECIES NO NATIVAS



- Evitar la **introducción de nutrientes** derivados de las actividades humanas asociadas a la obra, previniendo la eutrofización
- Tomar medidas para evitar la **introducción de especies invasoras** de manera directa, así como evitar procesos de perturbación que promuevan su introducción a los humedales.
- Generar un estricto **plan de manejo de residuos sólidos** domésticos y de manejo especial.
- Incorporar en el **diseño trampas de grasas** para mitigar el impacto de lubricantes y combustibles derivados del tráfico carretero.
- Generar **barreras vegetales** que amortigüen el impacto del ruido del tránsito vehicular.
- **Monitoreo** de presencia/ausencia de nutrientes, productos químicos, residuos sólidos y especies invasoras, principalmente en estuarios, marismas y manglares.
- Incorporar en el diseño medidas para **contrarrestar la contaminación lumínica**, visual y auditiva del tránsito vehicular.

05.

DE PREVENCIÓN AL CAMBIO ESTRUCTURAL DE HUMEDALES



- Prohibir la **canalización, inundación o relleno** en el sistema ambiental identificado.
- Desarrollar medidas para **evitar la apertura excesiva** de las barras en los estuarios de barrera.
- Desarrollar un **sistema adecuado de canalización** del drenaje carretero.
- Monitoreo de **modificaciones al sistema de drenaje** natural en humedales arbolados, turberas, marismas, estuarios y lagunas.
- Monitoreo de **incendios** en humedales arbolados y turberas.
- Evitar impactar la **topografía del sitio**

UBICACIÓN

Los estudios y análisis de las características del humedal, análisis hidrológico y biológico del área, entre otros, se darán las herramientas para seleccionar la ubicación más adecuada para el camino y/o carretera. Durante esta etapa, se debe **identificar la mejor ruta para minimizar el impacto** sobre este frágil ecosistema, siempre evitando la intervención del humedal y seleccionando el trazo en zonas aledañas.

Se deben **evitar zonas sensibles y de alto valor ecológico, así como hábitats de especies en peligro de extinción, áreas de anidación o zonas de filtración**

de agua, para garantizar que la construcción del camino no cause daños significativos ni altere los procesos naturales del humedal.



La ubicación del camino es de gran importancia, se debe encontrar un **equilibrio entre la necesidad de accesibilidad y la conservación de este valioso entorno**, asegurando que el camino se integre de manera armónica y responsable en el paisaje. La ubicación y trazo del camino siempre tendrá que responder y guiarse por la normatividad y reglamentación vigente, así como del criterio y guías que los especialistas brindan.

Imagen: Camino en Sian Ka'an,
Fuente: ARZOZ 2023



ZONIFICACIÓN

Las recomendaciones y buenas prácticas contenidas en el Manual, se clasifican según el tipo de entorno y ecosistema por el que atraviesa. Para efectos de este documento, se identifican **dos zonas o ecosistemas**.¹⁹⁹

 <h3>ZONA DE HUMEDAL ²⁰²</h3> <ul style="list-style-type: none">• Entorno natural o perímetro de protección de la zona húmeda.• El diseño en zona de humedal buscará una integración cuidadosa del camino en el entorno húmedo	 <h3>HUMEDAL ²⁰³</h3> <ul style="list-style-type: none">• Extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.²⁰⁷• El diseño sobre el humedal, a través de pasos y estructuras elevadas, permitirá el paso por encima del humedal, siempre respondiendo a las regulaciones y normativas vigentes.
---	---

Cada demarcación, tiene sus propias consideraciones y retos, los cuales deben ser abordados de manera estratégica, puntual y precisa para asegurar la protección adecuada del humedal.

Para una adecuada delimitación del humedal y zonas de humedal, se recomienda el **asesoramiento de expertos y profesionales en el tema**. Entre algunas de las alternativas identificadas para realizar la delimitación, inventario y caracterización de los humedales en la zona de estudio, está la propuesta de utilizar como base las metodologías desarrolladas por el Instituto Nacional de

Estadística y Geografía (INEGI, 2006) y por la Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional del Agua (UNAM, 2011). Ambas metodologías toman en consideración los elementos del paisaje geográfico que pueden ser cartografiados y están directamente relacionados con el agua.

Es así, que **a través de temas como la edafología, vegetación y uso de suelo, clima, hidrografía, relieve y el de regiones ecológicas, se pueden delimitar las zonas de humedales y los humedales**.²⁰⁴

202. Brena, Jorge, Castillo, Cervando, & Wagner, Ana. (2016). Metodología para la delimitación y caracterización de humedales en escalas 1:50 000 y 1:20 000. Tecnología y ciencias del agua, 7(2), 85-98. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000200085&lng=es&tlng=es.

203. Secretaría de la Convención de Ramsar (2010b). Manual 15: inventario de humedales (83 pp.) (4a. edición). Gland, Suiza: Secretaría de la Convención de Ramsar.

204. Brena, Jorge, Castillo, Cervando, & Wagner, Ana. (2016). Metodología para la delimitación y caracterización de humedales en escalas 1:50 000 y 1:20 000. Tecnología y ciencias del agua, 7(2), 85-98. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000200085&lng=es&tlng=es.

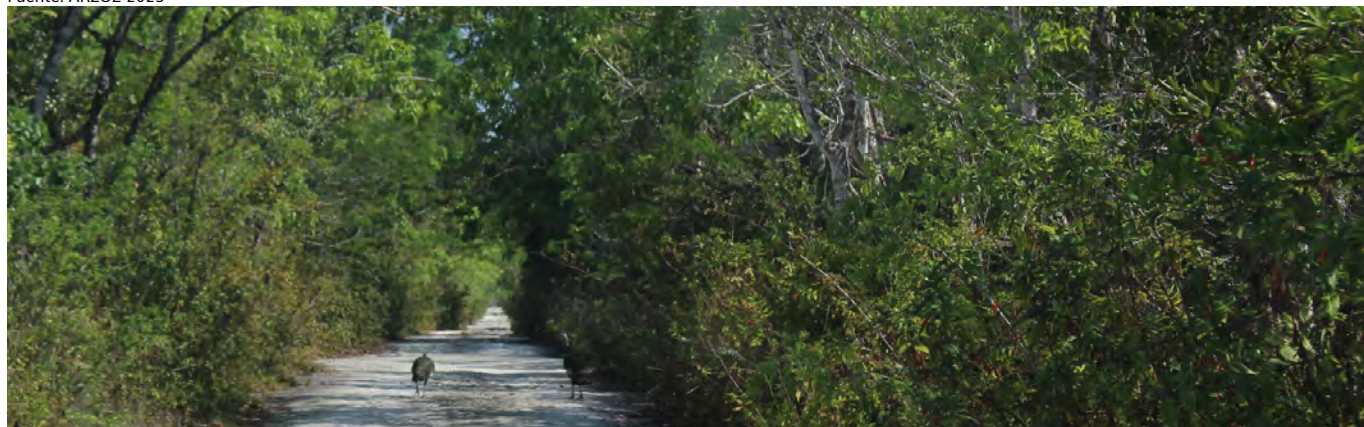
DISEÑO EN ZONA DE HUMEDAL

Para el diseño de una nueva carretera o camino en zona de humedal, es indispensable entender la geografía, características y contexto de la zona donde se encontrará, esto nos ayudará a definir la ubicación más adecuada para el camino y/o carretera. En el proceso de diseño, es importante **considerar cómo es que el nuevo camino puede afectar a los humedales cercanos para así implementar estrategias que nos ayuden a eliminar o minimizar estos efectos de la manera más eficiente.**

Algunas de las **Mejores Prácticas** identificadas para el diseño y construcción de carreteras o caminos en **zonas de humedales** son: ²⁰⁵

- Evitar **ensanchar o extender** los caminos hacia los humedales
- Considerar **cambiar la geometría y trazo de la carretera o camino para evitar los humedales**
- Planificar los nuevos caminos en el contorno de la zona de humedales para minimizar los impactos negativos sobre estos
- Considerar **diseños alternativos** que cumplan el mismo propósito
- Proponer taludes laterales empinados, pendiente de 2:1 en lugar de pendiente de 4:1
- Reducir la **cantidad de pavimentación al mínimo**
- Reducir el ancho de los **carriles al mínimo**
- Evitar integrar banquetas con el fin de reducir la superficie de pavimentación, en caso de ser necesario, considerar poner banquetas de solo un lado
- Maximizar la **infiltración**
- Considerar el uso de pavimentos porosos y permeables para reducir los volúmenes de escorrentía
- Evitar la descarga de **aguas pluviales** en humedales
- Asegurarse de la ubicación de desagües estén correctamente ubicados y sean del tamaño adecuado para el proyecto

Imagen: Camino en Sian Ka'an,
Fuente: ARZOZ 2023



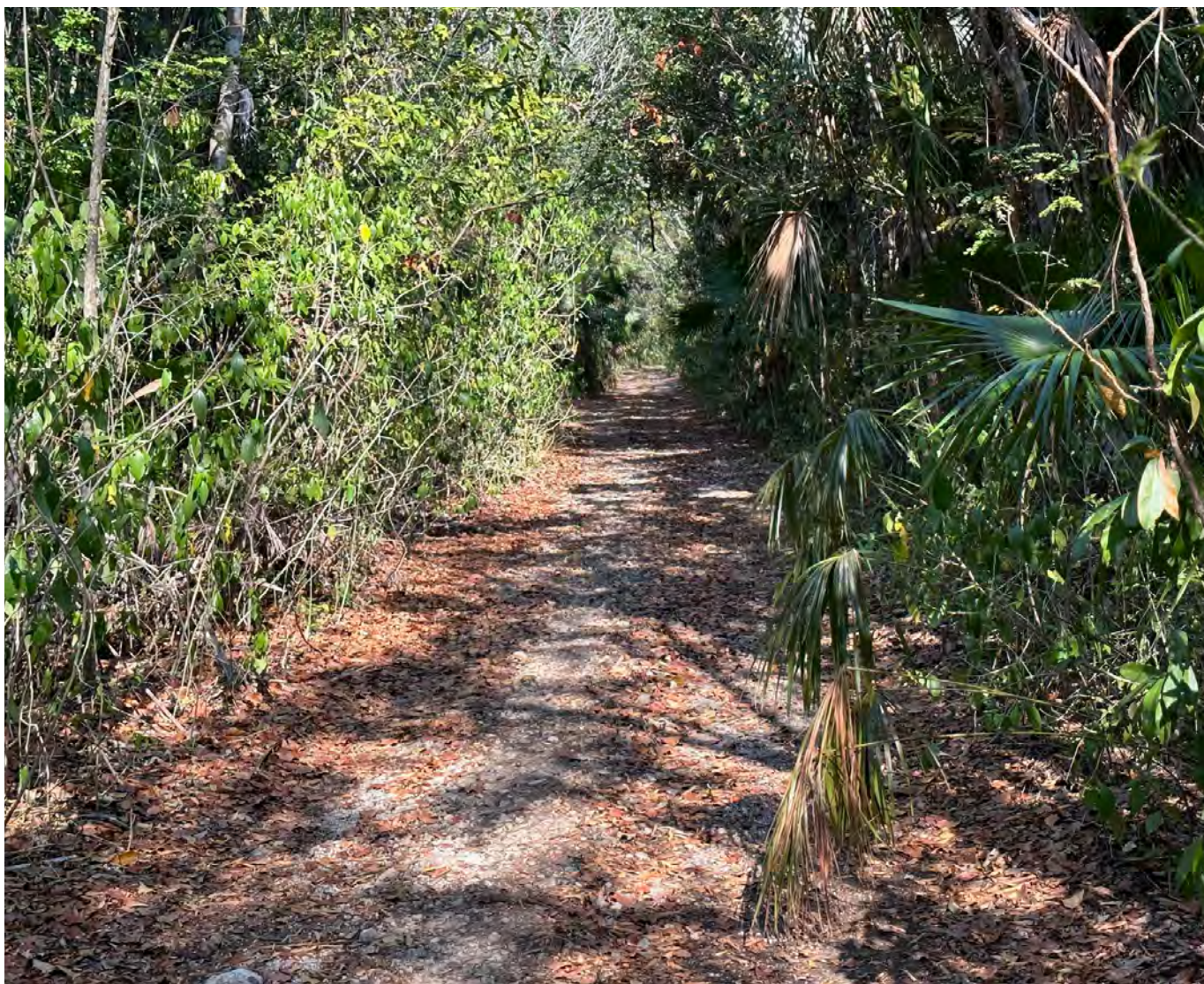
205. NEIWPCCommission & Environmental Protection Agency. (2010). Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources Freshwater Wetlands Program. <https://www.nae.usace.army.mil/Portals/74/docs/regulatory/StateGeneralPermits/MA/WetlandBMPManual-TechniquesforAvoidance%20Minimization.pdf>

BÚFER DE VEGETACIÓN

La integración de un búfer de vegetación a los costados de la vialidad, entre esta y el humedal. El buffer ayudará a absorber **la contaminación lumínica y sonora, mitigando los posibles efectos que estos podrían tener sobre la fauna silvestre y vegetación del humedal.**

El búfer servirá para moderar de manera adicional el **escurrimiento de aguas y sedimentos de la carretera.** Es importante siempre asesorarse de expertos antes de integrar nueva vegetación a un ecosistema existente para evitar cualquier tipo de impacto negativo en la zona y los humedales cercanos. Se debe evitar el uso de especies invasoras y utilizar especies nativas de la zona.

Imagen. Camino en Sian Ka'an.
Fuente: ARZOZ 2023



MATERIALES PERMEABLES:

Es fundamental utilizar materiales permeables en el diseño del camino en zona de humedal. Esto permite que el agua fluya a través de él, evitando la acumulación de agua en la superficie y minimizando el impacto en el drenaje natural del humedal. Los materiales permeables también contribuyen a la recarga de los acuíferos y favorecen la filtración de sedimentos y contaminantes. Algunas recomendaciones de materiales permeables para caminos en zonas de humedales son:

- **Geotextiles y georedes:**

Estos materiales sintéticos se utilizan para **mejorar la estabilidad del suelo y controlar la erosión**. Los geotextiles se colocan como una capa entre el suelo y el material de relleno para prevenir la migración de partículas y promover el drenaje adecuado. Las georedes sirven de refuerzo y aumentan la capacidad de carga del suelo. Estos pueden tener diferentes **grados de porosidad, área abierta y propiedades de resistencia**. Son utilizados como barreras contra la humedad, para separación o refuerzo de suelos, para filtración y para drenaje.²⁰⁶

Funciones de los geotextiles: ²⁰⁷

Separación	Filtración	Drenaje	Refuerzo	Protección
Mantiene separados los materiales para que estos no se mezclen y creen una alteración.	Permite únicamente el paso de líquidos sin elementos adicionales.	Permite que los líquidos y gases pasen a través de él.	Brinda un mayor soporte de carga debido a la distribución.	Protege de los materiales entre sí y con los elementos exteriores.

Imagen: Uso de geotextil en construcción de vialidad
Fuente: theconstructor.org



Imagen: Uso de geotextil en construcción de vialidad
Fuente: www.skytech.lk



206. Keller, G & Sherar, J. (2004). Ingeniería de caminos rurales, Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Administración de Caminos Rurales. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/Libro/lb4.pdf>

207. Cajavilca, G. (2021). Los geotextiles, composición, tipos y usos. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14039/5909/MONOGRAF%C3%8DA%20-%20CAJAVILCA%20TEVES%20GRECIA%20DIANE%20-%20FATEC.pdf?sequence=1>

- **Agregados gruesos y permeables:**

Se utilizan agregados como grava, piedra triturada y agregados gruesos para construir una base sólida y permeable en la vialidad, estos pueden utilizarse en capas específicas de la vialidad para proporcionar un **drenaje efectivo**. Estos materiales tienen una estructura porosa que permite el flujo de agua a través de ellos. ²⁰⁸

Imagen: Grava como material permeable en vialidad
Fuente: Freepick.es



Imagen: Piedra triturada como material permeable en vialidad
Fuente: 123RF



- **Pavimentos permeables:**

Los pavimentos permeables son una opción que permite la **infiltración del agua a través de la superficie de las vialidades**. Estos pavimentos están compuestos por materiales porosos o permeables que permiten el paso del agua hacia el suelo y reducen la acumulación de agua en la superficie de la vialidad.

Imagen: Ejemplo Pavimento Permeable
Fuente: Alamy.es



Imagen: Baldosas de hormigón poroso permeable
Fuente: Freepick.es



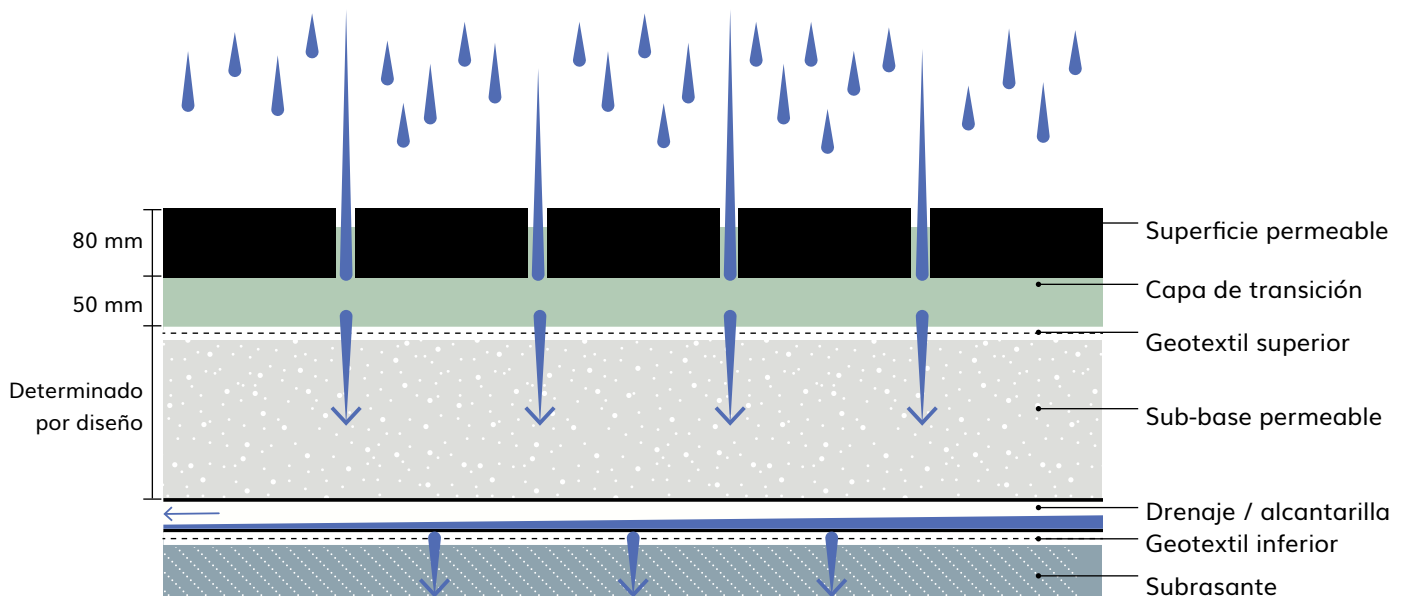
208. Secretaría de Integración Económica Centroamericana, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. (2002): Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf>

Ventajas y desventajas de los concretos permeables: ²⁰⁹

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Buen manejo de los escurrimientos de aguas de lluvia, reduciendo alcantarillas • Reducción de la contaminación en cuerpos de agua • Recarga de mantos acuíferos • Mejor aprovechamiento de los terrenos cercanos a la vialidad • Reducción de islas de calor • Eliminación del estancamiento de agua • Créditos de obras LEED 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso limitado en áreas de tránsito pesado • Necesidad de prácticas especiales de construcción • Mayor tiempo de curado • Atención especial al contenido de agua y al control del concreto fresco • Falta de métodos estandarizados de pruebas • Especial atención y cuidado en el diseño al usar algunos tipos de suelo, como los expansivos • Atención especial en niveles elevados de aguas subterráneas

Imagen: Ejemplo corte de estructura de pavimento permeable

Fuente: Elaboración propia en base a Castro, E. M. L. (2011), Pavimentos permeables como alternativa de drenaje urbano. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua, 2017



209. Tennis, P. D., Leming, M. L. y Akers, D. J. (2004). Pervious concrete pavements. Portland Cement Association. http://myscmap.sc.gov/marine/NERR/pdf/PerviousConcrete_pavements.pdf

▪ **Materiales locales:**

Una de las recomendaciones principales en la aplicación de materiales para vialidades en humedales en Quintana Roo, es retomar **métodos antiguos y materiales locales**. Esto no solo ayuda a conservar el entorno natural y reducir el impacto ambiental, sino que también ayuda a **valorar el conocimiento antiguo y promover la sostenibilidad a largo plazo**. Uno de los materiales tradicionalmente utilizados en la región es el **sascab**, este material cuenta con propiedades que lo hacen ideal para la construcción de vialidades. Entre las características del sascab para la construcción de vialidades están: ²¹⁰






 Permeabilidad	 Estabilidad	 Resistencia	 Disponibilidad	 Sostenibilidad
<p>El sascab es un material permeable que permite el flujo de agua a través de él. Esto es especialmente beneficioso en humedales, ya que ayuda a mantener el equilibrio hidrológico y minimiza los problemas de encharcamiento.</p>	<p>El sascab proporciona una base sólida y estable para la construcción de vialidades. Su estructura granular permite una buena capacidad de soporte y distribución de cargas, lo que ayuda a prevenir hundimientos y deformaciones en la superficie del camino.</p>	<p>El sascab tiene una buena resistencia a la compresión y a la abrasión, lo que lo hace adecuado para soportar el tráfico vehicular y resistir el desgaste causado por el paso de los vehículos.</p>	<p>Quintana Roo cuenta con yacimientos de sascab, lo que facilita su acceso y reduce los costos de transporte en comparación con otros materiales.</p>	<p>El uso de sascab en la construcción de vialidades, tiene beneficios sostenibles, ya que es un recurso local y su extracción no implica una gran alteración del medio ambiente. Su permeabilidad contribuye a la conservación de los ecosistemas de humedales al mantener el flujo natural del agua.</p>

Imagen: Ejemplo de camino con material sascab, Quintana Roo
 Fuente: Sascab, 2015. <https://vdocuments.mx/sas-cab.html>



Imagen: Ejemplo de camino con material sascab, Quintana Roo
 Fuente: Las ruinas de Cobá y su Pirámide Nohoch Mul, 2022.



210. Herrera, G., Azamar, V. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Redalyc.org. MATERIALES DE SUELOS DE YUCATÁN FACTIBLES DE UTILIZARSE COMO CUBIERTA EN SITIOS DE DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS. <https://www.redalyc.org/pdf/370/37018201.pdf>

PENDIENTES A LOS COSTADOS DE LA VIALIDAD

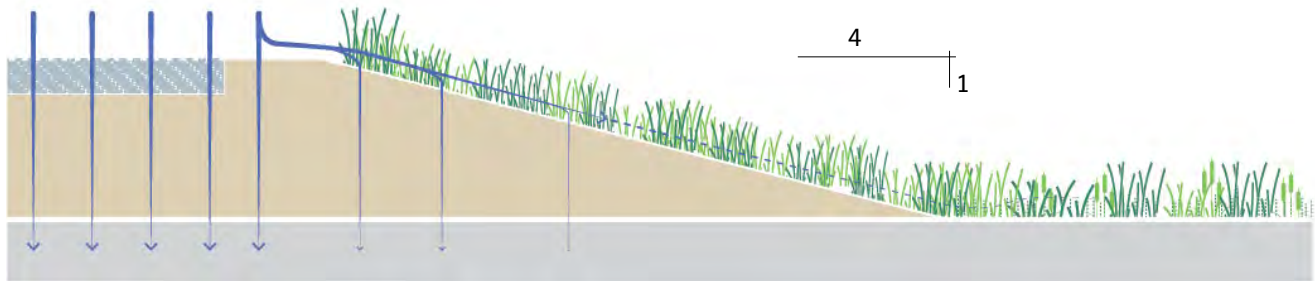
El diseño adecuado de una carretera o camino en zona de humedales en su gran mayoría debe de proponer **taludes con pendiente a los costados para evitar el exceso de escurrimiento de agua al humedal**. La pendiente propuesta debe de responder a las características del sitio a intervenir en específico. Algunos de los métodos para tratamientos de pendiente más comunes para el diseño de carreteras o caminos en zonas de humedales son.²¹¹

- **Pendiente Gradual:**

En zonas altas con mucho **espacio, una pendiente de 4:1 es preferible**, ya que el mantenimiento es más fácil. Sin embargo, requieren mayor cantidad de relleno por lo que **si hay humedales inmediatamente adyacentes a la carretera o camino, no se recomienda**.

Imagen: Sección tipo de talúd con pendiente moderada

Fuente: Elaboración propia con base en Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources. Fresh Wetland Program. NEIWPCC (2010)

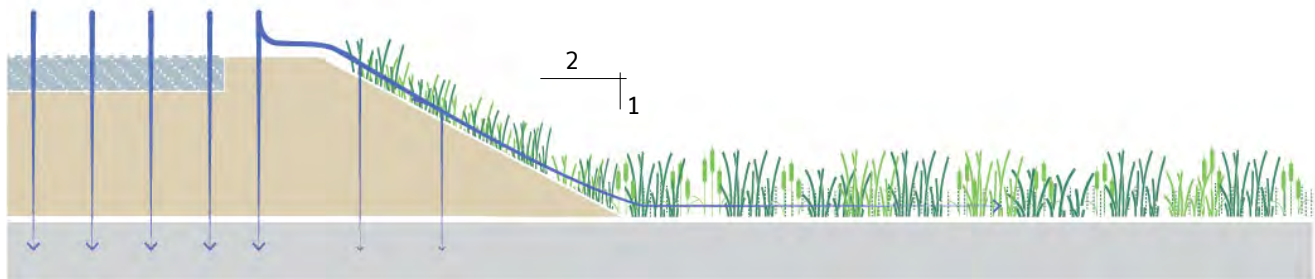


- **Pendientes con mayor inclinación:**

Las pendientes con mayor inclinación deben de ser cubiertas con vegetación para reducir la erosión del suelo y velocidad del agua. En una pendiente de **2:1, todavía permite plantar vegetación**. Este tipo de pendientes requieren **menor cantidad de relleno**, por lo que reduce el impacto sobre el humedal.

Imagen: Sección tipo de talud con pendiente pronunciada

Fuente: Elaboración propia con base en Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources. Fresh Wetland Program. NEIWPCC (2010)

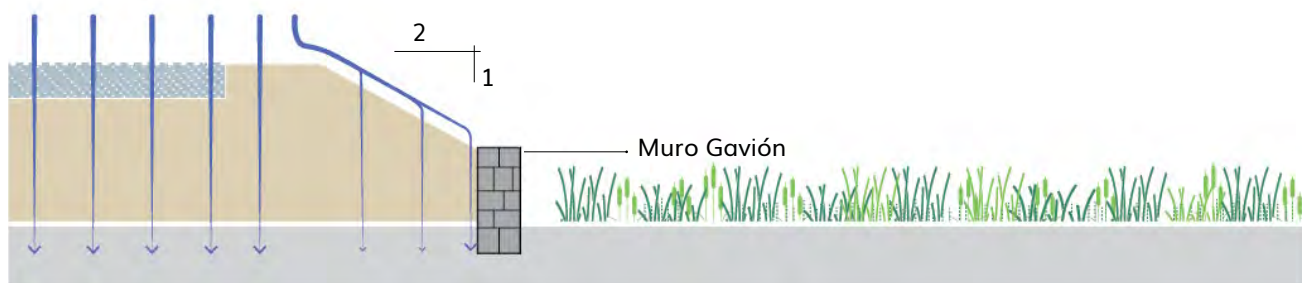


211. NEIWPCC Commission & Environmental Protection Agency. (2010). Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources. Freshwater Wetlands Program. <https://www.nae.usace.army.mil/Portals/74/docs/regulatory/StateGeneralPermits/MA/WetlandBMPManual-TechniquesforAvoidance%20Minimization.pdf>

- **Gaviones:**

Los muros gavión es el tipo de pendiente que **menor cantidad de relleno** necesita para su construcción (aproximadamente 50% menos que los otros tipos), por lo que su impacto suele ser menor. Los gaviones consisten en cajas o cestas de forma prismática rectangular, rellena de piedra o tierra, de mimbre o malla metálica. En ocasiones pueden estar ligeramente vegetadas.

Imagen: Sección tipo de talúd con muro gavión
Fuente: Elaboración propia con base en Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources. Fresh Wetland Program. NEIWPCC (2010)



- **Muro de contención:**

Los muros pueden ser de piedra, albañilería, concreto, tierra compactada o materiales de bioingeniería, entre otros. Estos pueden funcionar para **reemplazar pendientes, minimizando las áreas de alteración de los humedales** causados por las pendientes. Sin embargo, los muros de contención no son apropiados para la mayoría de los casos, ya que estos pueden interferir y convertirse en barreras para los flujos y dinámicas de la vida silvestre y el agua. **Los taludes de relleno suelen ser menos intrusivos para la vida silvestre de los humedales.**

Imagen: Sección tipo de talúd con muro de contención
Fuente: Elaboración propia con base en Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources. Fresh Wetland Program. NEIWPCC (2010)



DRENAJE ADECUADO:

El diseño de un sistema de drenaje eficiente es importante para evitar la alteración hidrológica del humedal. Se deben incorporar canales, zanjas y estructuras de filtración que permitan la captación y desviación de las aguas pluviales de manera controlada, evitando la erosión y la perturbación del equilibrio hidrológico del humedal.

- **Alcantarillas:**

Las alcantarillas son la principal técnica para permitir que el agua fluya de un lado del camino al otro. Los materiales para las alcantarillas pueden ser de **metal corrugado y galvanizado**. Cuando se utilicen alcantarillas para mantener el flujo de agua a través de un humedal, **deben colocarse en lugares que permitan que el agua se mueva libremente a lugares con menor pendiente**.

Se pueden necesitar varias alcantarillas para mantener el flujo del humedal. Una sola alcantarilla puede convertirse en un punto de embudo que aumenta la velocidad del movimiento del agua y puede bloquearse.

La ubicación, diseño, tamaño y número de drenajes debe basarse en la topografía y los flujos de agua del humedal. De igual forma, deben dimensionarse y espaciarse a modo para que proporcionen una capacidad de flujo apta para el movimiento de agua que el humedal requiera. Generalmente, las alcantarillas de acero utilizadas para cruzar humedales tienen un diámetro de 250 a 800 mm. **El espaciado entre alcantarillas puede variar dependiendo de los requisitos de flujo del humedal**, puede existir un espacio que varía de 2 a 3 alcantarillas cada 15 metros en áreas de mucho flujo de agua, hasta alcantarillas en intervalos de 250 metros.²¹²

Imagen. Ejemplo alcantarillado en vialidad
Fuente: Wayne County Soil & Water Conservation District, www.waynecountyny-soilandwater.org



Imagen. Ejemplo alcantarillado en vialidad
Fuente: Culvert Set Policy, 2022. <https://mctxcompct1.org/culvert-set-policy/>



- **Protección de la vegetación existente:**

El diseño del camino debe respetar y proteger la vegetación y los hábitats presentes en el humedal. Se deben evitar daños innecesarios a los árboles, arbustos y otras plantas.

212. FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance. <https://boreal.ducks.ca/publications/resource-roads-and-wetlands-a-guide-for-planning-construction-and-maintenance/>



Imagen: Impacto negativo en los humedales en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an debido a mal diseño, falta de colocación de drenajes, etc. Fuente: Amigos de Sian Ka'an

DISEÑO EN HUMEDAL

Los humedales son hábitats ricos en biodiversidad y juegan un papel importante en el balance ecosistémico del territorio de Quintana Roo. Por esta razón, el diseño de un camino o cruce sobre un humedal, **debe siempre respetar el ecosistema y buscar su conservación.**

Un cruce bien diseñado, debe permitir el flujo sin restricciones de la vida silvestre del humedal, así como preservar las condiciones naturales del mismo, sin comprometer su balance, estos no deben convertirse en barreras.

Los humedales ayudan a mitigar los posibles impactos de las inundaciones, para conservar esta función, **los cruces deben de responder a las características del humedal, y procurar que sean lo menos invasivos posible.**

Un diseño inadecuado de cruces en zona de humedales puede desencadenar una serie de **efectos secundarios** que se deben evitar, algunos de ellos: ²¹³

- Las **velocidades del agua pueden aumentar** si el tamaño del cruce es insuficiente, lo que degrada el hábitat de los peces y la vida silvestre. Las altas velocidades del agua **socavan y erosionan los sustratos naturales**
- Si las alcantarillas no tienen el tamaño adecuado, el agua puede acumularse río arriba y provocar **cambios en el flujo del agua ocasionando inundaciones.** De igual manera, los cruces de tamaño insuficiente pueden **bloquearse** con escombros, acumulación de hojas o residuos
- La estructura inadecuada de un cruce, puede actuar como **barrera**, y en casos, provocar profundidades demasiado bajas para el **bienestar de los peces y la vida silvestre**, especialmente en temporadas sin lluvia.
- Si el diseño no facilita el flujo adecuado del agua, en casos de inundaciones por tormentas y huracanes, **las corrientes de agua pueden destruir el camino mismo**

Algunas de las **Mejores Prácticas** que nos ayudarán a evitar los impactos en humedales son: ²¹⁴

- Evitar cruzar cuerpos de agua abiertos, ríos, arroyos y humedales
- Cuando sea inevitable, el diseño debe de buscar atravesar la sección más estrecha del humedal
- Usar o mejorar los caminos ya existentes y evitar perturbar las zonas conservadas.
- Evitar alterar los lechos de los ríos, suelos de humedales y otra vegetación
- Construir cruces de vida silvestre para preservar las condiciones de luz existentes y mantener los niveles de humedad del suelo existentes
- Evitar fragmentar el hábitat de la vida silvestre en los humedales, construyendo lejos de los corredores ecológicos y de vida silvestre.
- Minimizar el ruido mediante estrategias de paisaje, como por ejemplo la colocación de vegetación a los costados como amortiguamiento.
- Mantener elevaciones existentes
- Restaurar las condiciones naturales de los arroyos y canales si estos tuvieron que ser alterados
- Mantener pendientes laterales existentes tanto como sea posible
- Minimizar el uso de relleno en la parte superior del cruce, minimizando la pendiente del camino a medida que se acerca al punto del cruce

213.-214. NEIWPCCommission & Environmental Protection Agency. (2010). Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources Freshwater Wetlands Program. <https://www.nae.usace.army.mil/Portals/74/docs/regulatory/StateGeneralPermits/MA/WetlandBMP-Manual-TechniquesforAvoidance%20Minimization.pdf>

El primer paso para el diseño exitoso de un camino sobre un humedal, es la **selección adecuada del tipo de cruce y estructura más conveniente para las características del humedal**. Existen muchos tipos de estructuras que pueden ser utilizadas eficazmente para el cruce de un humedal. Cada humedal es único, por lo que una estructura que funciona para un humedal, puede no ser la adecuada para otro humedal. Es por esta razón, que para el diseño de un cruce, se debe de conocer a detalle las características, topografía, entre otros, del humedal en cuestión. El Manual recomienda el **uso de pasos elevados o puentes para la construcción de cruces en humedales**.

El diseño del camino en zonas de humedales deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

Materiales no corrosivos	Diseño que respete el paso de fauna
<p>Al construir caminos elevados sobre el humedal, es esencial utilizar materiales no corrosivos. Esto garantiza la durabilidad de las estructuras y minimiza el impacto ambiental, evitando la liberación de sustancias tóxicas al humedal.</p>	<p>Es importante tomar en cuenta el paso de fauna al diseñar caminos elevados sobre el humedal. Se deben incorporar estructuras como, puentes o pasos elevados que permitan a los animales moverse libremente debajo del camino elevado, sin obstáculos ni barreras que afecten su conectividad y desplazamiento.</p>

Imagen. Puente en humedal Quintana Roo
Fuente: ARZOZ 2023



TIPOS DE PASOS ELEVADOS: 215

▪ Arco prefabricado con pilares:

En este tipo de cruce, se utilizan arcos prefabricados como elemento principal de la estructura del puente, estos proporcionan resistencia y estabilidad al puente, permitiendo una construcción eficiente y rápida. Además, este tipo de cruce puede ser adecuado para cargas pesadas y se adapta bien a diferentes longitudes y anchos de puente.

Imagen: Vista en sección de paso elevado con arco de piedra

Fuente: Elaboración propia con base en Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources. Fresh Wetland Program. NEIWPC (2010)

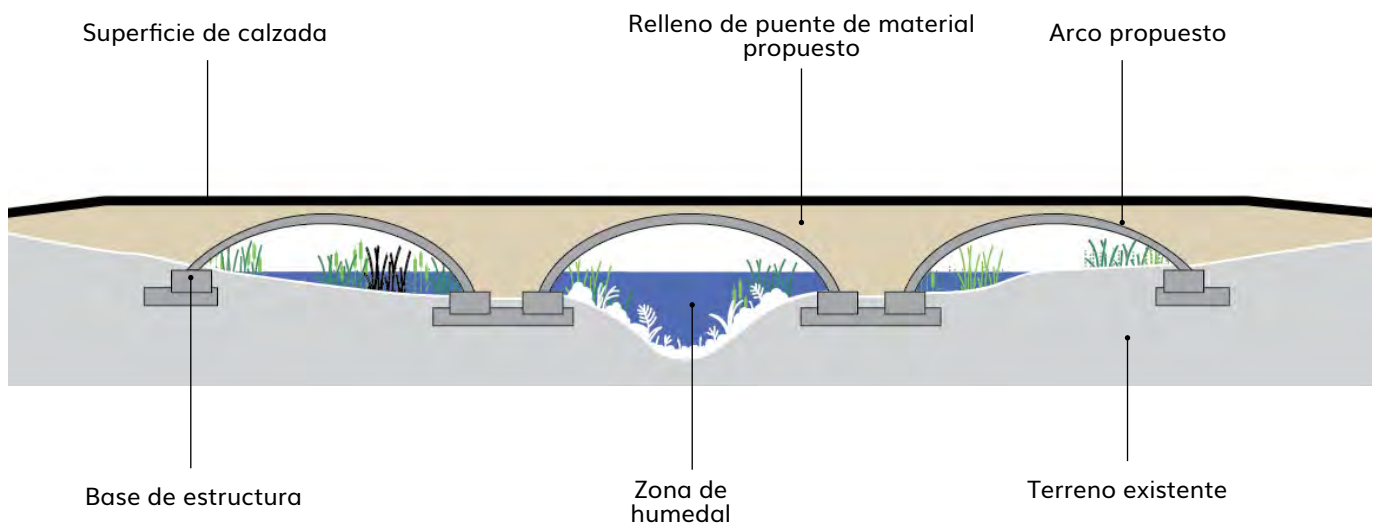


Imagen: Paso elevado con arcos de piedra.
Fuente: unsplash.com

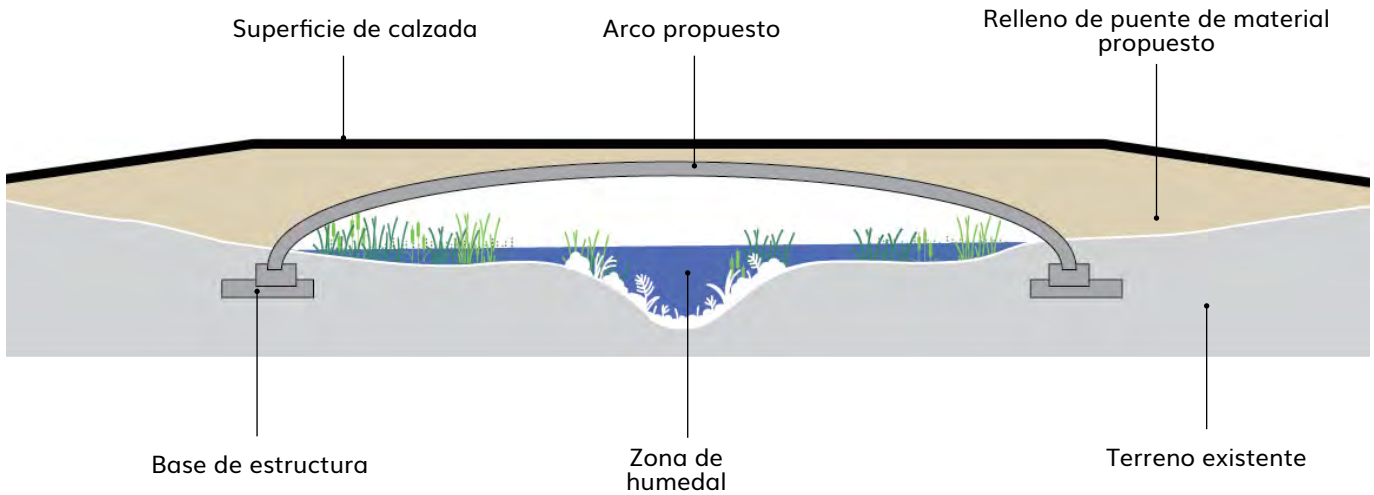


Imagen: Paso elevado con arcos prefabricados.
Fuente: commons.wikimedia.org



215. NEIWPC Commission & Environmental Protection Agency. (2010). Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources. Freshwater Wetlands Program. <https://www.nae.usace.army.mil/Portals/74/docs/regulatory/StateGeneralPermits/MA/WetlandBMPManual-TechniquesforAvoidance%20Minimization.pdf>

Imagen: Vista en sección de estructura de cruce con puente de arco de concreto prefabricado
 Fuente: Elaboración propia con base en Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources. Fresh Wetland Program. NEIWPC (2010)



▪ **Cruce con puente:**

En este tipo de cruce, se utiliza un diseño de puente **con pilares y vigas de soporte**. A diferencia del arco prefabricado con pilares, este tipo de cruce no depende de arcos como elemento estructural principal. En cambio, se basa en pilares y vigas para proporcionar la resistencia y estabilidad necesarias. El diseño de este tipo de cruce puede variar más ampliamente, lo que **permite adaptarse a diferentes requisitos de diseño y espacio**.

Imagen: Vista en sección de estructura de cruce con puente
 Fuente: Elaboración propia con base en Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources. Fresh Wetland Program. NEIWPC (2010)

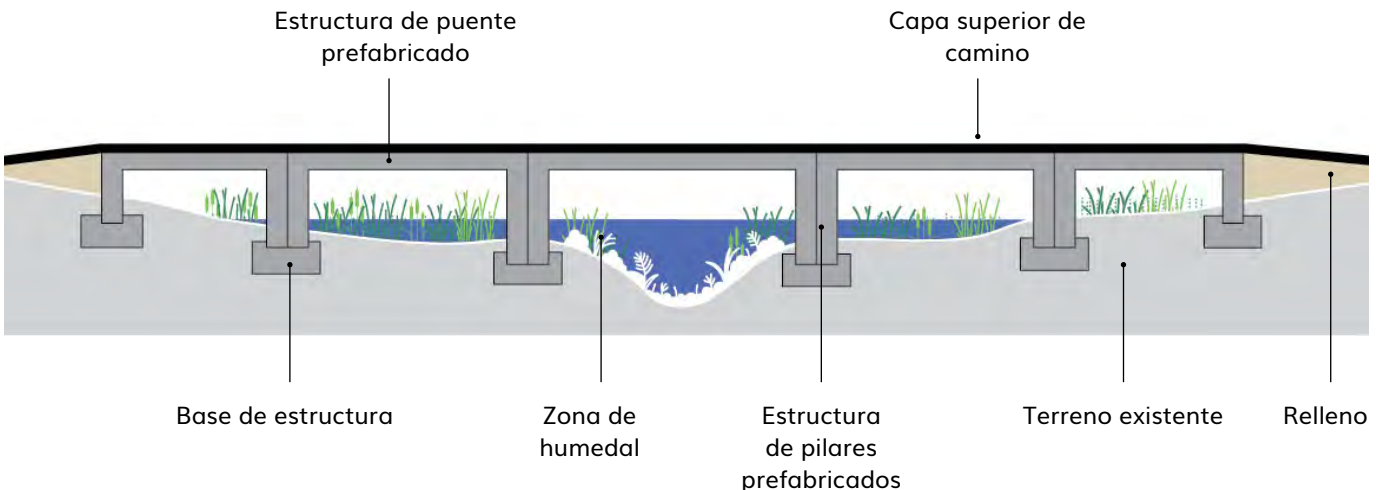


Imagen: Cruce de puente con pilares.
Fuente: largelandscapes.org



Imagen: Cruce de puente con pilares.
Fuente: wmsphistory.org



Imagen: Vista en sección de estructura de cruce con puente de madera
Fuente: Elaboración propia con base en Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization. Rhode Island Department of Environmental Management Office of Water Resources. Fresh Wetland Program. NEIWPCC (2010)

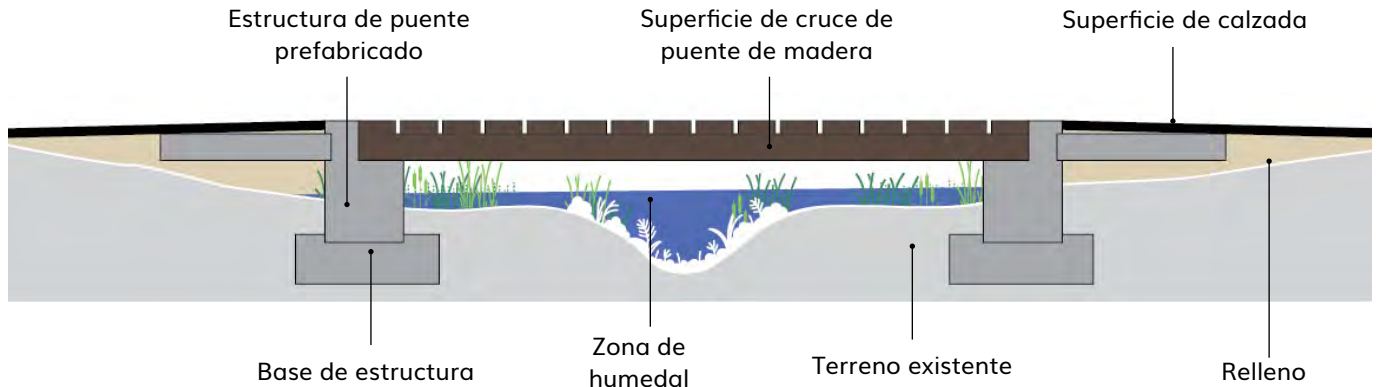


Imagen: Cruce de puente con madera.
Fuente: ybc.com



Imagen: Cruce de puente con madera.
Fuente: alamy.es



▪ Evaluación de la carga y estabilidad:

El diseño de caminos elevados debe tener en cuenta la carga y estabilidad de la estructura sobre el humedal. Se deben realizar estudios y análisis para determinar la capacidad de carga requerida, considerando el tráfico esperado y las condiciones del suelo del humedal. Esto **garantizará la seguridad de la infraestructura y minimizará los posibles impactos negativos en el humedal.**

En cualquier tipo de cruce, es fundamental contar con la asesoría de expertos en ingeniería y biología para asegurar que los diseños cumplan con los estándares técnicos y ambientales, y que se proteja de manera adecuada la integridad del humedal y su fauna.

PASOS DE FAUNA

Es importante tomar en cuenta como parte del diseño del camino, el diseño de los pasos de fauna en el mismo. Estos pasos son importantes debido a la gran biodiversidad que se encuentra en estos ecosistemas, por lo tanto son elementos clave para promover la conectividad ecológica, permitiendo con ellos, el cruce seguro de animales por el camino.

Importancia de los pasos de fauna: ²¹⁶

 <p>Conservación de la biodiversidad</p> <p>Los pasos de fauna le permiten a las especies moverse libremente entre áreas de hábitat, evitando la fragmentación del paisaje y la pérdida de biodiversidad.</p>	 <p>Prevención de atropellos</p> <p>Reducen el riesgo de colisiones con vehículos, evitando daños a la fauna y potenciales accidentes automovilísticos.</p>	 <p>Mantenimiento de la conectividad ecológica</p> <p>Los humedales suelen ser parte de corredores biológicos que conectan diferentes áreas naturales. Los pasos de fauna en zonas de humedales ayudan a mantener la conectividad entre estos corredores, permitiendo el flujo, la dispersión de especies y la colonización de nuevos hábitats.</p>
---	---	---

Para crear estos pasos de fauna es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

Ubicación estratégica	Diseño adecuado	Mantenimiento regular
<p>Estos deben ubicarse en áreas donde se haya identificado un alto tránsito de animales o donde exista la necesidad de mantener la conectividad ecológica, para ellos es importante haber realizado estudios previos para conocer y poder determinar las rutas de desplazamiento de la fauna y así colocar los pasos en los lugares más adecuados.</p>	<p>Los pasos de fauna deben ser diseñados considerando las características y necesidades de las especies objetivo. Pueden ser franjas vegetadas para el tránsito de mamíferos, mantener algún grupo de árboles que las aves utilizan como zonas de descanso o perchero, etc. Estos deben tener el ancho suficiente y con vegetación adecuada que tenga características que imiten las condiciones naturales para incentivar su uso por parte de la fauna.</p>	<p>Los pasos de fauna requieren un mantenimiento constante para asegurarse de que estén en buenas condiciones y sean efectivos. Esto implica la limpieza de vegetación, la reparación de posibles daños y el monitoreo de su uso por parte de la fauna.</p>

216. MMA – ONU Medio Ambiente, 2021. Guía de buenas prácticas ambientales en Humedales Costeros de Chile. Elaborada por Juan José Ortiz-Sandoval, consultor Proyecto GEF/ SEC ID: 9766 "Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile". Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 104 p.

Imagen: Paso de fauna aéreo para caminos en zona de humedales tipo telaraña para mamíferos medianos. Fuente: proaves.org



Imagen: Paso de fauna inferior o subterráneo para caminos sobre humedales, con altura suficiente para el paso de animales. Fuente: cseengineermag.com



Imagen: Paso de fauna para caminos en zonas de humedal tipo ecoducto o "superior". Fuente: largelandscapes.org



Imagen: Paso de fauna subterráneo para caminos en zona de humedal.. Fuente: researchgate.net



PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Es importante también, durante la etapa de diseño de la vialidad, generar un plan de manejo ambiental en donde se deben **describir las medidas de manejo y monitoreo, así como un cronograma de ejecución del proyecto** para evitar o controlar los impactos adversos. El plan de manejo ambiental debe estar basado, de igual forma,

en las normas y guías de impacto ambiental existentes a nivel estatal y federal, referentes a construcción de caminos o infraestructura en zonas sensibles, acuáticas o Áreas Naturales Protegidas. El PMA debe incluir: ²¹⁷

- Una lista de todas las actividades e impactos relacionados con el proyecto, organizadas por etapa de desarrollo (diagnóstico, diseño, construcción y mantenimiento).
- Medidas de manejo para los impactos relevantes
- Un programa de monitoreo que muestre los impactos identificados, los indicadores que se van a medir, la metodología que se utilizará, los sitios de muestreo, la frecuencia de las mediciones, etc.
- Una lista de los agencias reguladores involucradas o actores clave en la implementación de las medidas, así como sus responsabilidades
- Medidas para el uso de las mejores prácticas de ingeniería en el tema constructivo, el uso de materiales locales en la medida de lo posible, el manejo de los problemas de drenaje, etc.
- La consideración de los aspectos ecológicos importantes como las relaciones entre la zona donde será la intervención del camino y las especies
- El horario, frecuencia, ubicación y duración de las medidas especificadas en el cronograma de ejecución o construcción.
- La programación de los entregables, a quién se entregará y cuándo, así como las estimaciones de costos y las fuentes de financiación.
- Los procedimientos para la accesibilidad a la información de sobre el progreso y resultados de las medidas de mitigación y monitoreo
- Información de los programas de entrenamiento, e identificación de los posibles instructores
- Medidas de compensación para los impactos que no se puedan evitar o minimizar
- Implementación del diseño de paisaje para mejorar la estética visual.
- Cumplimiento de las normas en cuanto a ruido, seguridad, protección civil, etc.
- La consideración de la erosión de agua y vientos, así como la contaminación de la zona.

217. Quintero JD. (2021). Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables. The Nature Conservancy & Latin America Conservation. <https://fcds.org.co/wp-content/uploads/2021/01/carreteras-ambientalmente-amigables-02-2016.pdf>

PLANEACIÓN DE OBRA

Para lograr un óptimo proceso de construcción de caminos y carreteras, se recomienda desarrollar un Plan de obra para cada proyecto. Esto nos ayudará a **garantizar un correcto desempeño de cualquier obra de infraestructura, desde el proceso de conceptualización y diseño, hasta la obra y el mantenimiento.** En el caso de la construcción sobre humedales o zonas de humedales, una planificación eficaz y estratégica, nos ayudará a asegurar la preservación de la integridad de estos ecosistemas a corto, mediano y largo plazo.

Se entiende como plan de obra al **“conjunto de procedimientos y documentación necesarios para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto”.**²¹⁸ De igual manera, un

Plan de Obra, tiene la función de definir la ruta crítica de actividades, así como la distribución correcta de los gastos y responsabilidades de forma que se favorezca el aprovechamiento del tiempo. Un Plan de Obra tiene que ser flexible y adaptable a las necesidades de cada proyecto.

Se debe consultar **especialistas en la materia**, así como una bibliografía de apoyo que brinde las guías e información necesarias para una planeación de obra exitosa, que contenga todo lo necesario para su correcta ejecución y control. Se recomienda el uso de plataformas y/o programas diseñados específicamente para la planeación de obras que faciliten el desarrollo, control y gestión de la misma.

218. PMI, Project Management institute [https://www.pmi.org/learning/library#sort=relevancy&f:Industries=\(Construction\)](https://www.pmi.org/learning/library#sort=relevancy&f:Industries=(Construction)).



Imagen: Camino en Sian Ka'an Fuente: Amigos de Sian Ka'an












CRITERIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y SENDEROS EN HUMEDALES

La construcción de caminos en zonas de humedales o sobre humedales cuenta con retos importantes para la conservación de la biodiversidad y la integridad de estos ecosistemas. Con el fin de **minimizar los impactos negativos durante esta etapa y promover un enfoque sostenible**, es importante contar con recomendaciones específicas.

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones clave que buscan **asegurar la protección de la fauna y la preservación de la conectividad ecológica en estos entornos sensibles**, tomando en cuenta aspectos generales, de ubicación de material, recomendaciones de métodos constructivos dependiendo la zona, entre otros.

GENERALES

Las recomendaciones generales que se deben aplicar al momento de realizar la construcción de un camino o vialidad en una zona de humedal son:

 <p>Realizar capacitaciones al personal encargado de la ejecución de la obra.</p>	 <p>Realizar un programa detallado de tiempo y ubicación de la construcción.</p>	 <p>Crear un programa de control de erosión y sedimentación durante la obra.</p>
 <p>Evitar el uso y dispersión de plantas invasoras.</p>	 <p>Proteger la calidad del agua durante la construcción. Dar mantenimiento a equipos para evitar que tengan fugas de contaminantes. Lavar equipos en zonas alejadas a los humedales. No utilizar pesticidas.</p>	 <p>Realizar estrategias de protección a los hábitats sensibles de la región. Garantizar que dichos hábitats queden fuera del alcance del personal de obra. Crear un polígono protector que impida el acceso a dichos hábitats. Implementar medidas de mitigación de ruido.</p>
 <p>Monitoreo de impactos ambientales durante la obra.</p>		

GESTIÓN Y MANEJO DE OBRA

Además de las recomendaciones generales durante la construcción, es importante tomar en cuenta otros aspectos durante esta etapa, con el fin de **asegurar un desarrollo sostenible de la obra**.



Ubicar fuente de material de relleno:

Es importante, como parte del diseño y construcción del camino, la **ubicación de los bancos de materiales cercanos a la zona** que proporcionarán los materiales necesarios y adecuados para la construcción de los caminos, de preferencia materiales locales. El crecimiento del estado ha causado el aumento en demanda turística y de infraestructura, por tanto, los bancos de materiales también han aumentado, ya que **son importantes para la generación de material para las construcciones**.²¹⁹

De acuerdo con la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo, publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, en su artículo 4º, fracción VI, el Banco de Materiales para la Construcción se define como **“El manto, yacimiento o depósito de materiales terrosos y pétreos, susceptibles de ser extraídos de su estado natural, para ser aprovechados en la industria de la construcción”**.²²⁰

La utilización de **materiales locales** para la construcción de vialidades en zonas de humedales de Quintana Roo tiene gran importancia ecológica, ya que al emplear materiales existentes en la zona, se reducen los impactos ambientales relacionados con los traslados de largas distancias. Lo que se busca es **fomentar el uso sostenible de los recursos naturales de la región, promoviendo la conservación del paisaje y el equilibrio ecológico**. Esto no solo reduce el impacto ambiental en la zona, sino que también contribuye a la economía de las comunidades locales al promover prácticas de construcción autóctonas con materiales de la región y mano de obra calificada.



Tomar en cuenta estaciones y clima para la construcción

Es importante tomar en cuenta las estaciones y el clima para la planeación y construcción de los caminos en humedales, ya que pueden influir en el **tiempo y los métodos de construcción que deben ser empleados**. Dependiendo de estos cambios estacionales podría influir la variación en el aumento de los niveles de agua, las sequías y las condiciones del suelo en los humedales.

La temporada con más **lluvia** dura 4.9 meses, del **25 de mayo al 22 de octubre**. El mes con más días lluviosos en Quintana Roo es septiembre, con un promedio de 18.0 días al mes con al menos 1mm de precipitación.²²¹

La temporada más **seca** dura 7.1 meses, del **22 de octubre al 25 de mayo**. El mes con menos lluvias es marzo, con un promedio de 4.1 días al mes con al menos 1 mm de precipitación.²²²

La temporada de **huracanes** en Quintana Roo va del **1 de junio al 30 de noviembre**. Sin embargo, la actividad más intensa de los huracanes suele ocurrir entre los meses de agosto y octubre.²²³

219. Gutiérrez, D.B. (2008). Programa de Gestión Ambiental para Bancos de Material de Construcción. Universidad de Quintana Roo. <https://www.uqroo.mx/dip/archivo/Programa%20de%20Gestion%20ambiental%20.pdf>

220. Gobierno del Estado de Quintana Roo. (2001). Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo. Publicada en el Periódico Oficial.

221.- 222. Weather Spark. (s.f.). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Quintana Roo.

<https://es.weatherspark.com/y/13073/Clima-promedio-en-Quintana-Roo-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>

223. Del Mar, A. (2023). ¿Cuándo es la temporada de huracanes 2023 en Cancún? .Top Adventure. <https://topadventure.com/viajes/Cuando-es-la-temporada-de-huracanes-2023-en-Cancun-20230616-0015.html>



Accesos temporales:

Las plataformas de acceso temporales son utilizadas para facilitar el acceso durante la construcción de los caminos. Pueden ser de diferentes **materiales como madera blanda o dura, laminado de madera, bambú, polipropileno revestido de fibra de vidrio o caucho**. Cuando se utilizan para acceso temporal, estas plataformas actúan como un sistema para proporcionar una superficie de desplazamiento en áreas de baja capacidad de carga, como humedales. Las plataformas son modulares, reutilizables, se pueden rentar en lugar de comprarlas y tienen una buena distribución de carga, lo que ayuda para el paso de equipos pesados.²²⁴

Algunas consideraciones a tomar en cuenta para las plataformas de acceso temporales son:

<p>Deben utilizarse sólo para acceso temporal y deben retirarse después de su uso</p>	<p>Las plataformas de madera pueden ser pesadas</p>	<p>Se requiere equipo pesado para la carga y descarga de las plataformas</p>	<p>Las plataformas pueden hundirse en el terreno del humedal, por lo que en algunos casos se requerirá doble plataforma</p>
<p>Las plataformas podrían romperse o deformarse durante la construcción, lo que puede ocasionar pérdidas y la necesidad de reemplazo</p>	<p>Las plataformas deben limpiarse antes de reutilizarse en un nuevo lugar. La limpieza ayuda a eliminar cualquier contaminante, bacterias y hongos dañinos, y ayuda a prevenir la introducción de especies invasivas.</p>	<p>Se debe tener cuidado al utilizar plataformas en humedales de flujos constantes y estacionales, ya que los cambios en el nivel del agua o las lluvias pueden hacer que el agua fluya sobre las plataformas.</p>	

Imagen: Plataforma de acceso temporal de metal y madera. Fuente: FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance.



Imagen: Plataforma de acceso temporal de madera. Fuente: FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance.



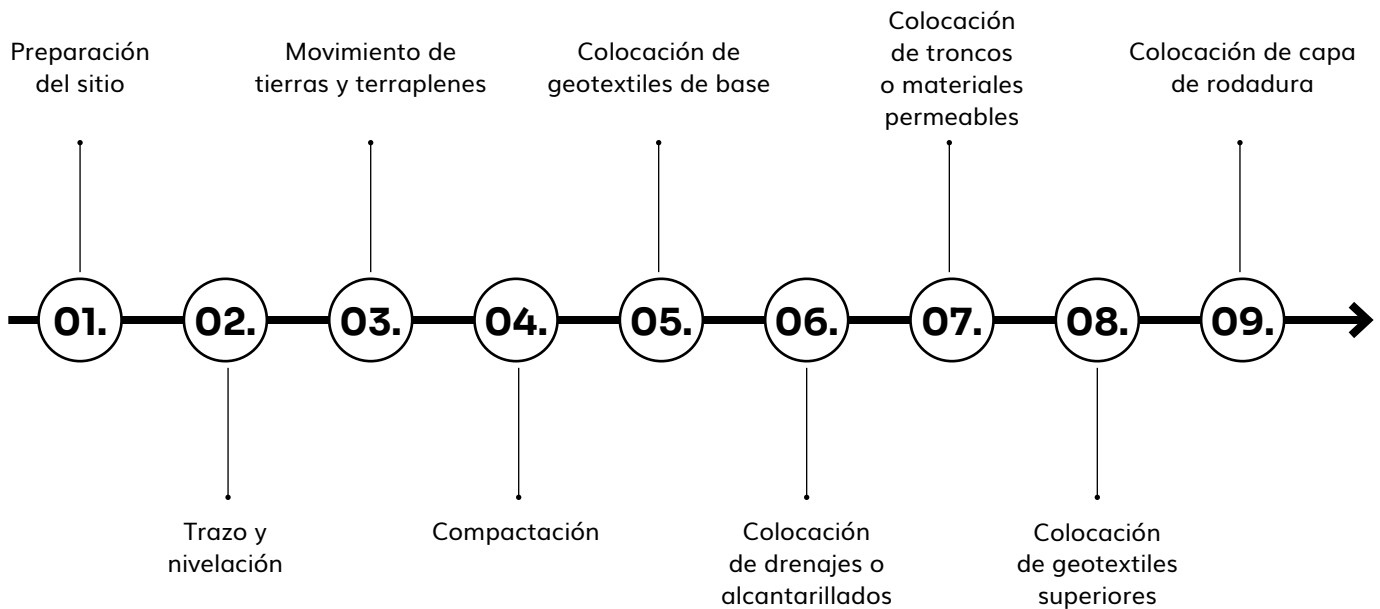
224. FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance. <https://boreal.ducks.ca/publications/resource-roads-and-wetlands-a-guide-for-planning-construction-and-maintenance/>

MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

A continuación se brindan recomendaciones sobre los métodos constructivos identificados como exitosos y adeptos para dichos ecosistemas.

MÉTODO CONSTRUCTIVO PARA CAMINOS EN ZONAS DE HUMEDAL

El proceso constructivo para la construcción de caminos en zonas cercanas a humedales se desarrolla en varias etapas:



225. FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance. <https://boreal.ducks.ca/publications/resource-roads-and-wetlands-a-guide-for-planning-construction-and-maintenance/>

01. Preparación del sitio

En esta etapa se deja el terreno en las condiciones necesarias para el inicio de la construcción del camino. **Se eliminan árboles, arbustos, rocas y otros obstáculos** que puedan interferir con la construcción.

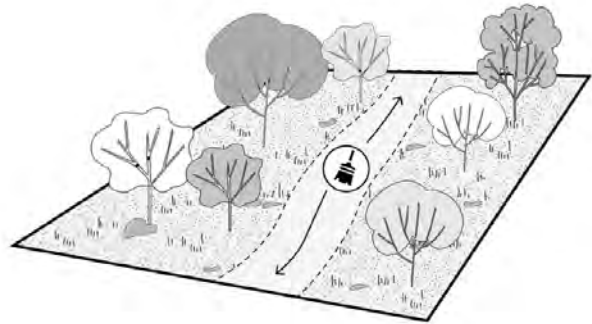


Imagen: Ilustración de la preparación del sitio.

Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPIInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance

02. Trazo y nivelación

La siguiente etapa se basa en **marcar o trazar los ejes del camino, así como, marcar los niveles** para la realización de los cortes y terraplenes con la utilización de equipos topográficos.

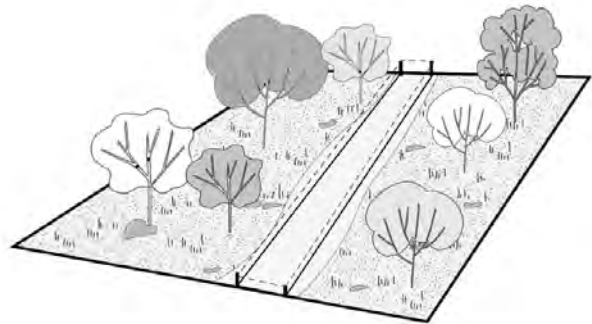


Imagen: Ilustración del trazo y nivelación.

Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPIInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance

03. Movimiento de tierras y terraplenes

En esta etapa se mueve la tierra de acuerdo con el diseño del camino, esto puede implicar **la excavación de cortes en áreas necesarias y el relleno de terraplenes en las áreas más bajas**, elevando con los terraplenes el camino sobre el nivel del agua del humedal.

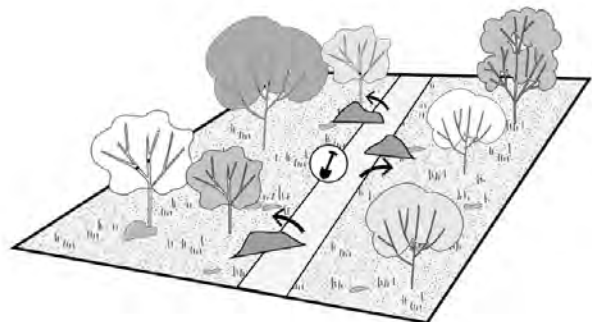


Imagen: Ilustración del movimiento de tierras y terraplenes.

Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPIInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance

04. Compactación

Este paso consiste en utilizar la maquinaria adecuada para compactar el suelo o los materiales utilizados en la construcción del camino. Esto **garantizará una base sólida y estable de soporte.**

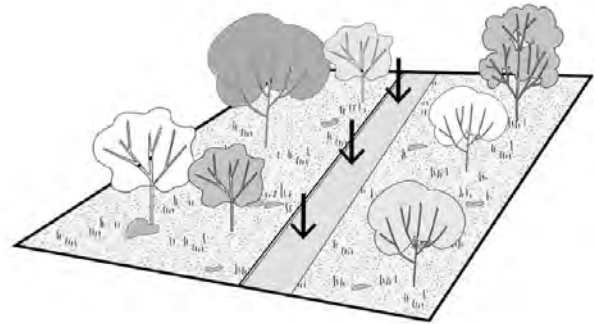


Imagen: Ilustración de la compactación en terreno.
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPIInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance

05. Colocación de geotextiles de base

Una vez realizada la compactación del terreno, se llevará a cabo la colocación de la capa geotextil a lo largo de la superficie del camino, este elemento de base actúa como **elemento de separación entre el suelo del humedal y el material de relleno** que se colocará en el camino, facilitando así el paso del agua.

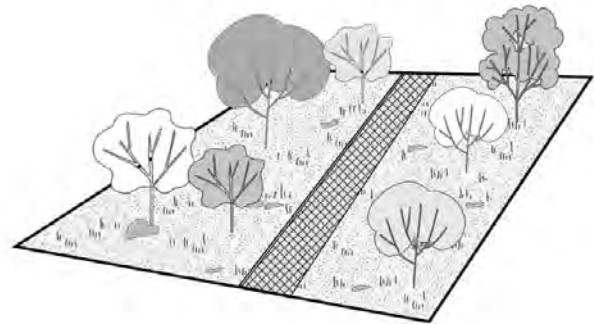


Imagen: Ilustración de la colocación de geotextiles de base.
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPIInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance

06. Colocación de drenajes o alcantarillas

Este paso consta en la instalación de sistemas de drenaje, como alcantarillas o pasos de agua, para **garantizar que el agua se drene correctamente y evitar que se acumule en el camino.** Esto ayudará a prevenir problemas de erosión y daños causados por el agua.

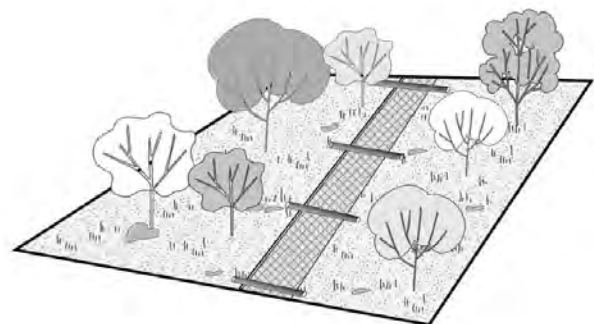


Imagen: Ilustración de colocación de drenajes o alcantarillas.
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPIInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance

07. Colocación de troncos o materiales permeables

En esta etapa se colocan o apilan una capa de troncos de madera de forma paralela y perpendicular a la dirección del camino. Esta capa ayuda a **distribuir las cargas del camino así como también facilita el movimiento del agua debajo del camino**. Se puede realizar con troncos o con materiales permeables, en este caso esta capa podría realizarse con el material del sascab.

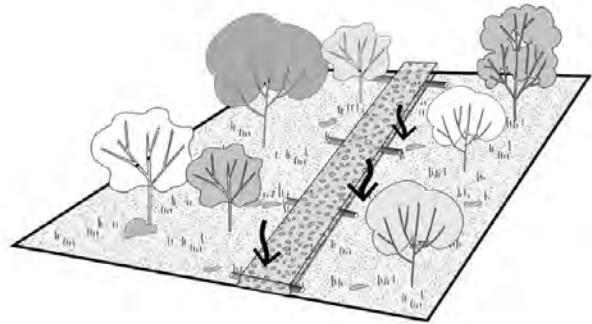


Imagen: Ilustración de la colocación de materiales permeables
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance

08. Colocación de geotextiles superiores

Una vez realizada la colocación de troncos o materiales permeables, se llevará a cabo la colocación otra capa geotextil, **actuando como elemento de separación entre los materiales permeables y el material de relleno** que se colocará en el camino, facilitando así el paso del agua

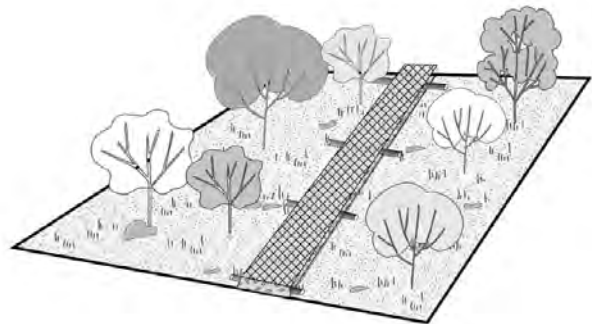


Imagen: Ilustración de la colocación de geotextiles superiores
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance

09. Colocación de capa de rodadura

La capa de rodadura es la capa final del camino, esta proporciona **la superficie de conducción y se debe hacer con materiales igualmente permeables** como el sascab, . La altura de esta capa de rodadura puede ser entre 15 y 30 centímetros, sin embargo, puede variar según las especificaciones del proyecto.

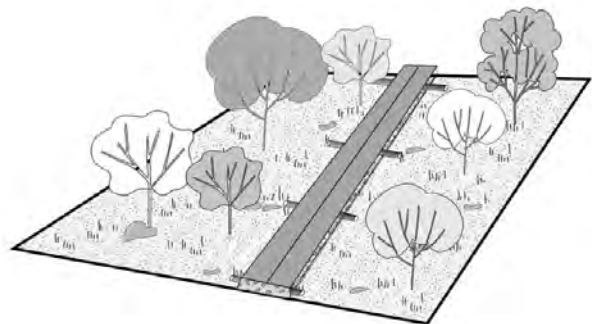
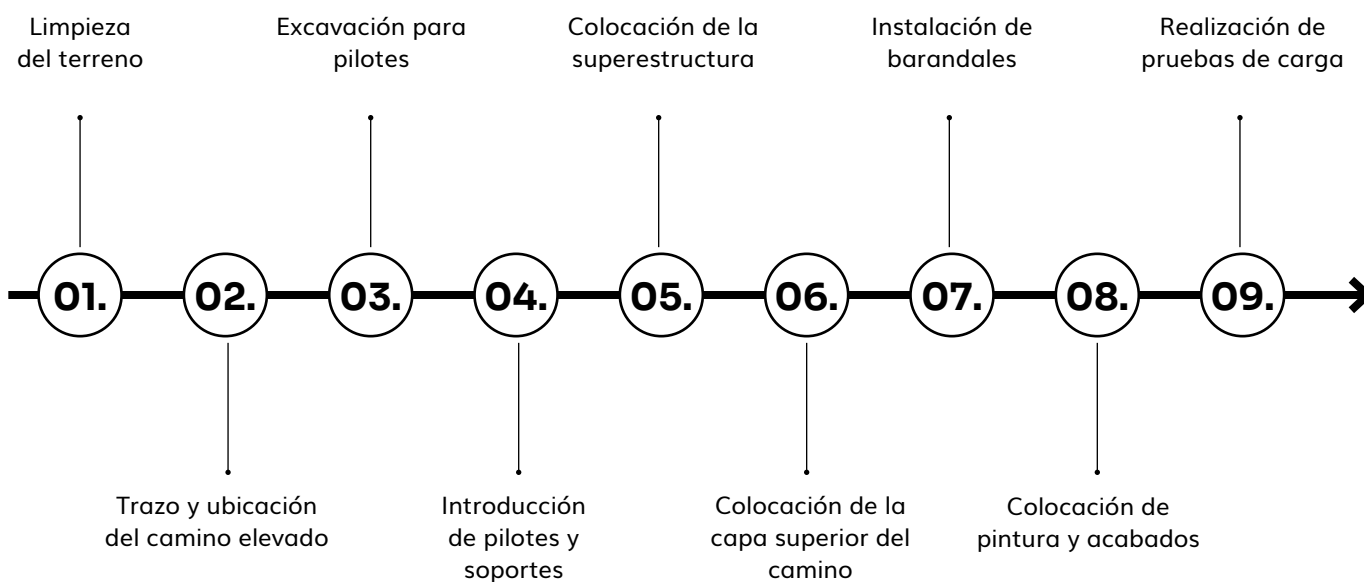


Imagen: Ilustración de la colocación de la capa de rodadura.
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance

MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA CAMINOS SOBRE HUMEDAL

Este método constructivo está contemplado para el paso sobre el humedal, considerando pasos elevados que no interrumpen ni toquen la superficie del humedal, con el fin de no interferir con los flujos hídricos del mismo y conservar su integridad. Los pasos de este método constructivo son: ²²⁶



226. Lowe, G. (2018, 10 septiembre). Nuestro proceso de construcción de puentes es tan simple como los bloques de construcción - U.S. Bridge. U.S. Bridge.

01. Limpieza del terreno

Como primer paso del método constructivo, se realiza el **retiro o limpieza de los objetos que obstruyan el terreno**, ya sean ramas, rocas u otros elementos. Comúnmente, en la limpieza se utilizan maquinarias para hacer este proceso con mayor rapidez y mayor facilidad.

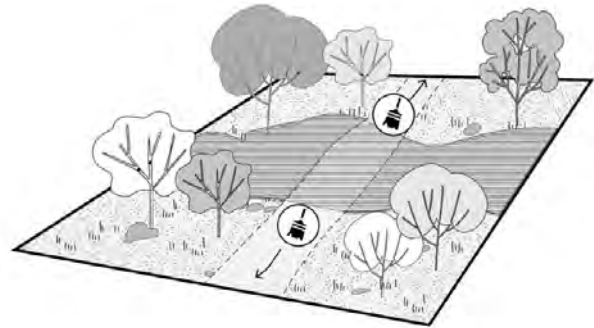


Imagen: Ilustración de la limpieza del terreno.
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPIInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance y y Lowe, G. (2018, 10 septiembre). Nuestro proceso de construcción de puentes es tan simple como los bloques de construcción - U.S. Bridge. U.S. Bridge.

02. Trazo y ubicación del camino elevado

Una vez concluida la limpieza adecuada del terreno, se realiza el **trazo donde estará ubicado el camino elevado**, así como la ubicación dónde serán hincados todos los pilotes de carga. El número de pilotes, su material y características dependerá de los estudios geotécnicos, el cálculo y el diseño estructural.

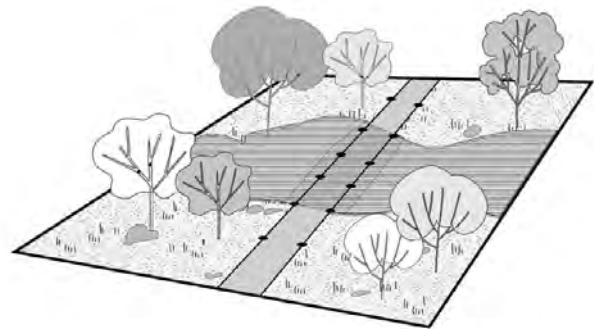


Imagen: Ilustración del trazo y ubicación del camino elevado.
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPIInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance y y Lowe, G. (2018, 10 septiembre). Nuestro proceso de construcción de puentes es tan simple como los bloques de construcción - U.S. Bridge. U.S. Bridge.

03. Excavación para pilotes

En este paso se realizan las perforaciones en los lugares designados para los pilotes, estos son elementos verticales que se hincan en el suelo hasta llegar a un estrato resistente para proporcionar una base estable, estos deben ser de materiales resistentes a la corrosión.

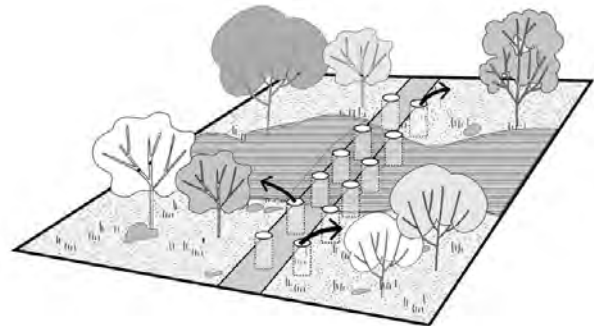


Imagen: Ilustración de la excavación para pilotes.
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPIInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance y y Lowe, G. (2018, 10 septiembre). Nuestro proceso de construcción de puentes es tan simple como los bloques de construcción - U.S. Bridge. U.S. Bridge.

04. Introducción de pilotes y soportes

Ya hecha la excavación del terreno en donde se colocarán los pilotes, se comienza la introducción de los mismos, los cuales le darán estabilidad y servirán de base para la estructura elevada. Se usa maquinaria para este proceso y los pilotes pueden ser prefabricados o colados in situ. Los pilotes deberán alcanzar la profundidad necesaria para proporcionar la capacidad de carga requerida y para resistir las condiciones del humedal.

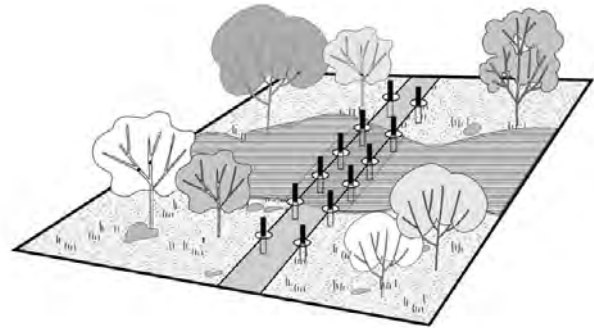


Imagen: Ilustración de la introducción de pilotes y soportes.
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPlnnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance y y Lowe, G. (2018, 10 septiembre). Nuestro proceso de construcción de puentes es tan simple como los bloques de construcción - U.S. Bridge. U.S. Bridge.

05. Colocación de superestructura

Ya introducidos los pilotes, se colocan vigas o travesaños uniendo los pilotes para crear la estructura base del camino elevado. Se deben utilizar materiales resistentes a la intemperie y la corrosión.

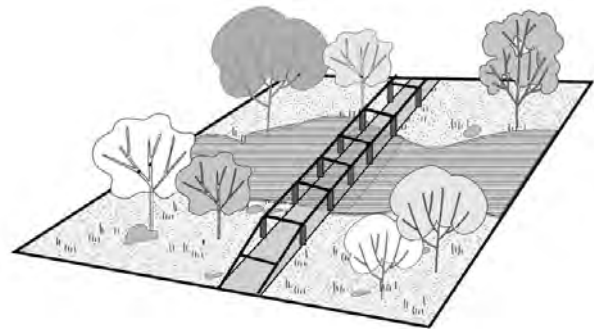


Imagen: Ilustración de la colocación de la superestructura.
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPlnnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance y y Lowe, G. (2018, 10 septiembre). Nuestro proceso de construcción de puentes es tan simple como los bloques de construcción - U.S. Bridge. U.S. Bridge.

06. Colocación de la capa superior del camino

06.

Se coloca la capa superior del camino sobre la estructura base. Esta capa puede estar compuesta de diferentes materiales de acuerdo al diseño propuesto, asegurándose de que tenga una **superficie antideslizante y adecuada para el paso vehicular y peatonal.**

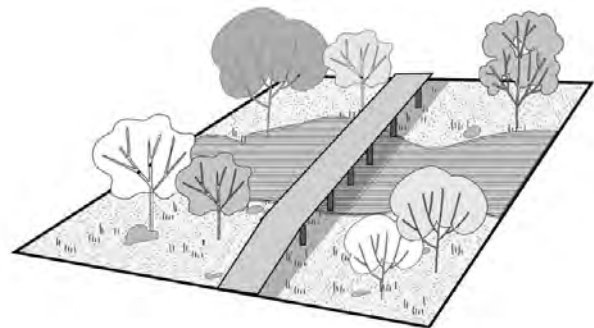


Imagen: Ilustración de colocación de la capa superior del camino. F
Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPlnnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance y y Lowe, G. (2018, 10 septiembre). Nuestro proceso de construcción de puentes es tan simple como los bloques de construcción - U.S. Bridge. U.S. Bridge.

07. Instalación de barandales

Se instalan barandas o barreras laterales que **evitan los accidentes y darán una mayor seguridad a los usuarios**. De igual forma, se colocan señalizaciones apropiadas que indiquen restricciones de velocidad, carga máxima y otros detalles relevantes.

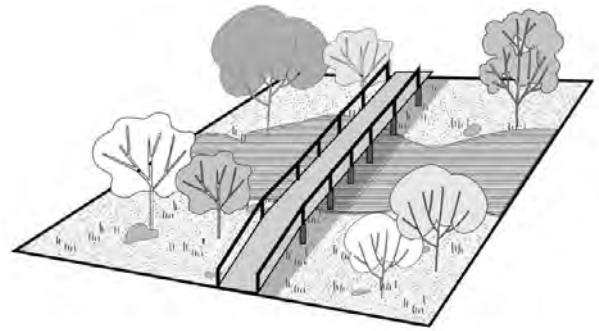


Imagen: Ilustración de la instalación de barandales. Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance y y Lowe, G. (2018, 10 septiembre). Nuestro proceso de construcción de puentes es tan simple como los bloques de construcción - U.S. Bridge. U.S. Bridge.

08. Colocación de pintura y acabados

Se pueden dar **distintos acabados a los barandales o elementos del camino elevado**, esto dependiendo del uso que tenga o del diseño que se está buscando y dependerá de los materiales utilizados.

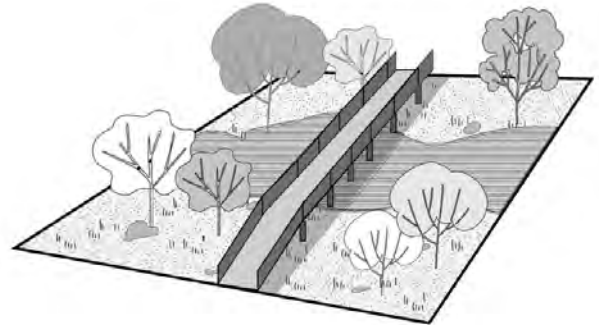


Imagen: Ilustración de la colocación de pintura y acabados. Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance y y Lowe, G. (2018, 10 septiembre). Nuestro proceso de construcción de puentes es tan simple como los bloques de construcción - U.S. Bridge. U.S. Bridge.

09. Realización de pruebas de carga

Se realizan pruebas de carga para **asegurar que la estructura cumpla con los estándares de seguridad y capacidad de carga**, así como ajustes si es necesario para garantizar la estabilidad y durabilidad a largo plazo.

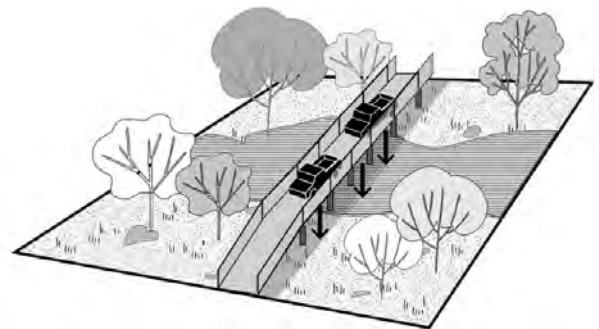


Imagen: Ilustración de la realización de pruebas de carga. Fuente: Elaboración propia en base a información de: FPInnovations and Ducks Unlimited Canada. (2016). Resource Roads and Wetlands: A Guide for Planning, Construction, and Maintenance y y Lowe, G. (2018, 10 septiembre). Nuestro proceso de construcción de puentes es tan simple como los bloques de construcción - U.S. Bridge. U.S. Bridge.

MANTENIMIENTO Y MONITOREO

Es necesario proporcionar **mantenimientos periódicos posteriores a la construcción** para conservar las condiciones de servicio y su buen funcionamiento, tanto del camino como de los pasos elevados. Evitando así daños y deterioros en la estructura. Durante la temporada de lluvias, se podrían producir obstrucciones en los drenajes, alcantarillas o cruces hídricos, ocasionando que el agua se desborde y fluya en la superficie del camino, provocando erosión en el mismo.²²⁷

Es importante, de igual forma, realizar el monitoreo constante del humedal durante y después de la construcción del camino, identificando de manera temprana cualquier cambio no deseado en sus características e implementando medidas correctivas en caso de ser necesario.

RECOMENDACIONES PARA MANTENIMIENTO Y MONITOREO DE CAMINOS ELEVADOS SOBRE HUMEDALES

Las recomendaciones y puntos importantes para el mantenimiento de los caminos sobre humedales son:

- **Remoción de piedras, ramas, y otros materiales** que puedan obstaculizar el libre flujo del agua por debajo de los puentes para garantizar un drenaje apropiado y la protección de la vía.
- En caso de ser inevitable el cruce, diseñar la vía para **pasar por una sección estrecha del humedal**.
- Diseñar un cruce que cause la **menor perturbación posible**
- **Evitar dañar los suelos del humedal** y la vegetación circundante.
- **Evitar fragmentar el hábitat de vida silvestre** del humedal construyendo lejos de los corredores utilizados por la vida silvestre.
- **Evitar cruzar o dividir** áreas de cría de vida silvestre en el humedal.
- **Reducir al mínimo la perturbación de luz y ruido** en los caminos mediante la instalación de vegetación como una barrera a los lados de las vías.
- Considerar **utilizar puentes prefabricados**, especialmente para tramos largos, que permitan su instalación con un contacto mínimo con el humedal.
- Diseñar y construir **cruces para la vida silvestre** y mantener niveles de humedad del suelo similares a las condiciones naturales existentes.
- **Reducir al mínimo la cantidad de relleno** necesario sobre la estructura del cruce, evitando aumentar la pendiente de la vialidad cerca del punto de cruce.

RECOMENDACIONES PARA MANTENIMIENTO Y MONITOREO DE CAMINOS EN ZONAS DE HUMEDAL

Las recomendaciones y puntos importantes para el mantenimiento de los caminos en zonas de humedales son:

- **Tener buena nivelación y re-nivelar** continuamente en caso de ser necesario para que la superficie del camino mantenga un buen drenaje superficial.
- **Mantener humedecida la superficie** del camino durante la nivelación
- **Compactar la superficie del camino** para mantenerla resistente y evitar la pérdida de material, reemplazando el material del revestimiento cuando sea necesario
- **Limpiar las alcantarillas y desagües** cuando sea necesario para tener una buena capacidad de flujo en ellas
- **Retirar los escombros** de la entrada de las alcantarillas para evitar el taponamiento y desbordamiento
- **Podar la vegetación** a los lados de los caminos
- **Sustituir señalamiento** faltantes o dañados
- **Inspeccionar el camino regularmente**, sobre todo después de periodos fuertes de lluvias.
- **Corte de la vegetación que crece** en el derecho de vía e impide la visibilidad vehicular normal, o daña la vía y los sistemas de drenaje, así como también recolección de basura.
- **Prevenir la acumulación de material en los costados** con el fin de evitar la acumulación de agua en el camino y el desgaste del mismo

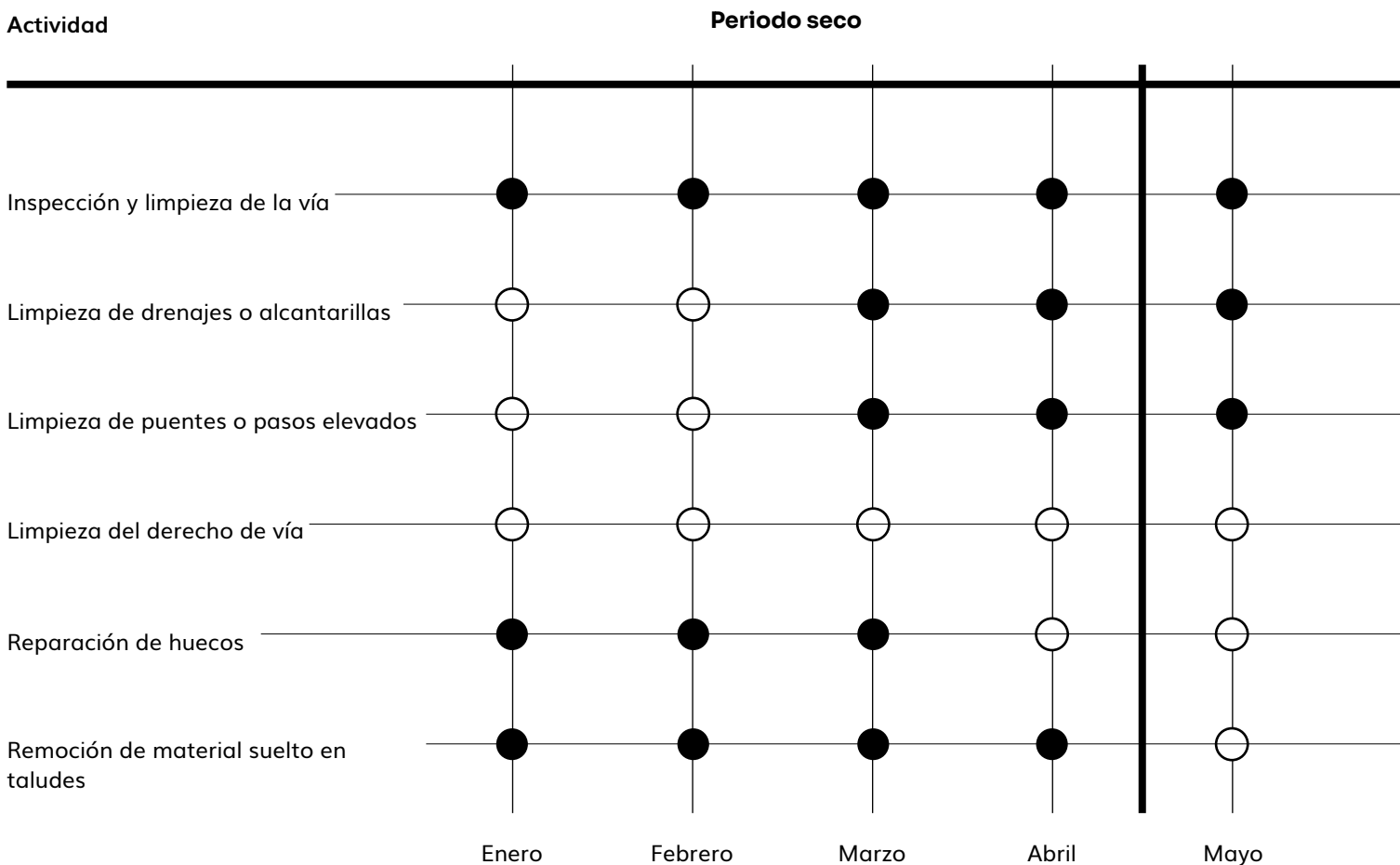
227. Keller, G & Sherar, J. (2004). Ingeniería de caminos rurales, Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Administración de Caminos Rurales. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/Libro/lb4.pdf>

PLAN DE MANTENIMIENTO

Es importante identificar quienes serán los responsables de los trabajos de mantenimiento del camino de los cuales podría hacerse partícipe la comunidad local y generar un **modelo de involucramiento y participación de las poblaciones locales**.

Se recomienda **planificar durante el transcurso del año las actividades de mantenimiento, teniendo en cuenta la época del año, así como la necesidad y la frecuencia de la actividad**. Por ejemplo, la limpieza de las estructuras de drenaje debe realizarse antes de que comience la temporada de lluvias y durante la temporada, lo que garantiza que los drenajes permitan el libre flujo del agua. A continuación se muestra un ejemplo del cual se puede basar para el cronograma de mantenimiento:²²⁸

Tabla ejemplificando un cronograma de mantenimiento durante el año.
Fuente: Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables, 2021

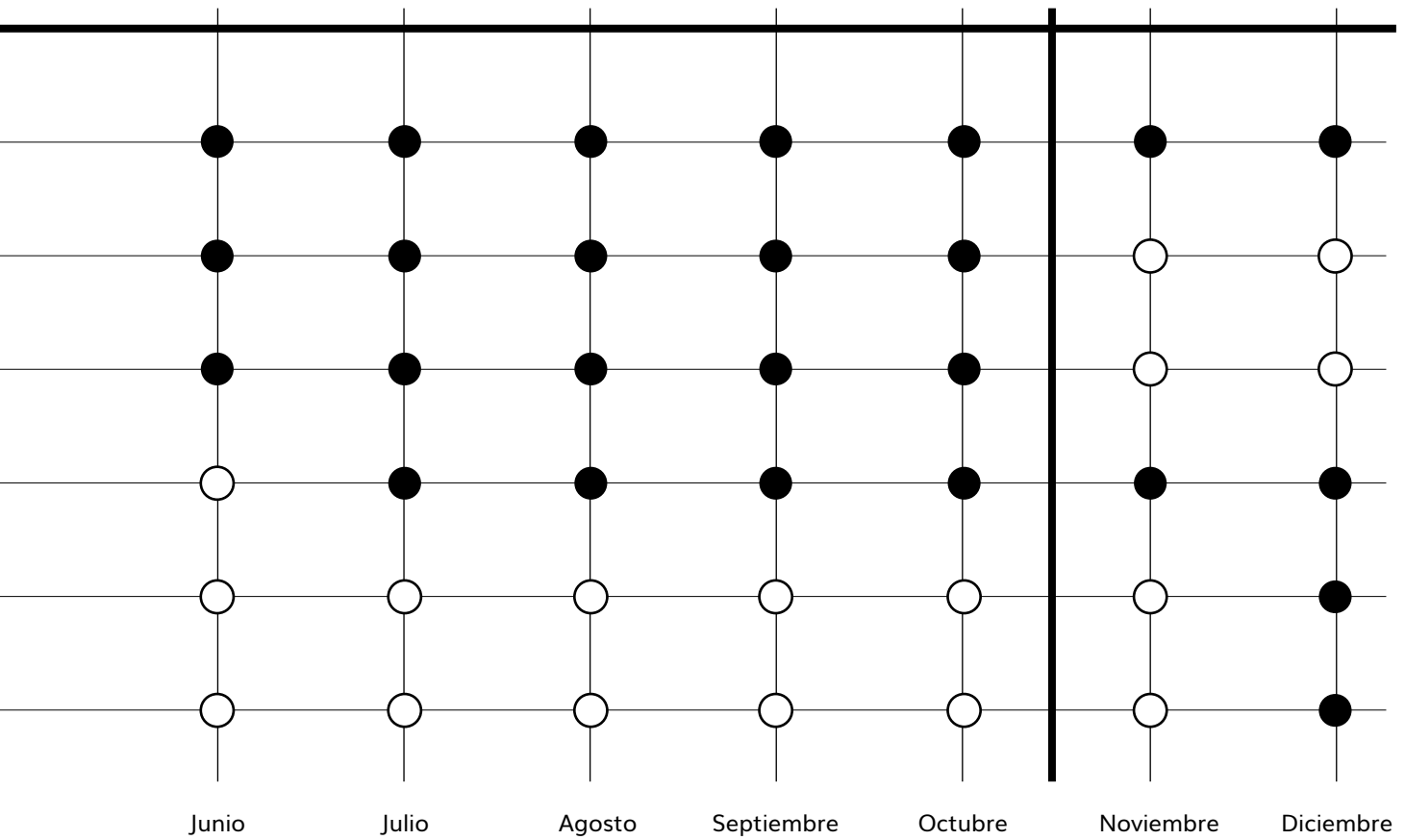


228. Quintero JD. (2021). Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables. The Nature Conservancy & Latin America Conservation. <https://fcds.org.co/wp-content/uploads/2021/01/carreteras-ambientalmente-amigables-02-2016.pdf>

- Prioridad Alta
- Prioridad Baja

Periodo lluvioso

Periodo seco







IMPACTOS DURANTE EL CICLO DEL PROYECTO

IMPACTOS DURANTE EL CICLO DEL PROYECTO

Es importante tomar en cuenta los **impactos que puedan afectar el sitio donde se realizará el camino, así como los impactos a la vida silvestre**. Estos impactos son más visibles en las etapas de construcción y ejecución.

En la etapa de diseño y planificación, no hay actividades en el sitio que perturben el humedal, sin embargo

es importante durante las primeras etapas, tomar las decisiones adecuadas que minimicen y mitiguen los impactos. Por tanto, es importante **la elección del sitio, el análisis de los efectos al humedal, las características del mismo, los estudios del suelo, y la elección de la ubicación del proyecto en relación a las áreas sensibles, entre otras.**²²⁹


IMPACTOS POR FASES

En la siguientes tablas se presentan los posibles impactos causados en las diferentes fases.


Tabla: Posibles impactos por fase

Fuente: Elaboración propia en base a información de: Quintero JD. (2021). Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables. The Nature Conservancy & Latin America Conservation

▪ Diagnóstico:





Actividad	Impactos
 Ubicación del proyecto.	<ul style="list-style-type: none">- Impactos debido a la selección inapropiada del lugar del camino.- Mayor afluencia de gente en áreas vulnerables de humedal.- Presión sobre los recursos del humedal.




▪ Diseño y Planeación

Actividad	Impactos
 Promoción de buenas prácticas tales como cruces de fauna, medidas para el control de la erosión, señalizaciones, control de la erosión y sedimentación, etc.	<ul style="list-style-type: none">- Impactos sobre la flora y fauna.- Disminución de vida silvestre.





229. Quintero JD. (2021). Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables. The Nature Conservancy & Latin America Conservation. <https://fcds.org.co/wp-content/uploads/2021/01/carreteras-ambientalmente-amigables-02-2016.pdf>

▪ **Construcción y Ejecución**

Actividad	Impactos
 <p>Desmonte y remoción de la vegetación</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida o degradación de los hábitats. - Disminución de la vida silvestre. - Afectación de los hábitats acuáticos por la descarga de sedimentos y materiales vegetales en los cursos de agua.
 <p>Movimientos de tierra, excavaciones, cortes, rellenos, sitios de disposición de residuos, sitios de almacenamiento de materiales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de la capa vegetal. - Inestabilidad del terreno por la remoción incorrecta del terreno o la disposición inestable de los desechos de la construcción, lo que produce deslizamientos o erosión. - Descarga de sedimentos en los cuerpos de agua, drenajes, canales, etc. - Erosión de taludes y terraplenes. - Ruido y vibraciones. - Emisiones de polvo que afectan la salud. - Daños sobre la vegetación nativa. - Impactos visuales.
 <p>Construcción y operación del camino.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Impactos relacionados con la construcción; ruido, polvo, tráfico y seguridad, residuos, erosión, etc. - Erosión del suelo. - Sedimentación de los cuerpos de agua. - Degradación de los hábitats acuáticos, disminución de las especies. - La excavación de taludes y de la vía, el relleno y el revestimiento de la superficie de rodadura del camino, el tratamiento de la fundación de los puentes, el almacenamiento de materiales, la operación de la maquinaria de construcción pueden: <ul style="list-style-type: none"> - Destruir la vegetación superficial. - Agravar la erosión del suelo. - Disminuir la capacidad de conservación del suelo.
 <p>Actividades de la construcción y movimiento vehicular.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio del comportamiento en los animales.

Actividad	Impactos
 <p>Construcción de vías de acceso temporales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Facilita el acceso público. - Aceptación eventual del camino como algo permanente. - Conversión de los hábitats cercanos o en el camino.
 <p>Construcción de caminos en zonas costeras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alteración del ciclo de las mareas en los humedales. - Aumento o disminución de la salinidad. - Cambios en la calidad del hábitat.
 <p>Construcción de camino en zonas inestables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Erosión del suelo. - Sedimentación de los cuerpos de agua. - Degradación de los hábitats acuáticos, disminución de las especies.

▪ **Mantenimiento y Monitoreo**

Actividad	Impactos
 <p>Poda de vegetación en los márgenes del camino.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en la composición de la vegetación. - Cambios en los ecosistemas. - Fluctuaciones en la densidad de pequeños mamíferos.
 <p>Aplicación de herbicidas para controlar la vegetación a lo largo del camino.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte de químicos a los cuerpos de agua. - Cambios en las características de los humedales. - Disminución de población de especies.
 <p>Polvo ocasionado durante la construcción y operación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Polvo depositado sobre la vegetación puede interferir con la fotosíntesis. - Reducción de la productividad primaria. - Disminución de las fuentes de comida.
 <p>Aumento en el volumen del tráfico o mayor afluencia en la zona.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la muerte de la fauna por atropellamiento. - Disminución de las poblaciones. - Cambio de las dinámicas tróficas y la composición de las especies.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN POR TIPO DE IMPACTO

Es importante mitigar o minimizar los impactos que se pueden llegar a generar en el proceso de construcción del camino en zonas de humedales o sobre humedales. Existen algunas medidas mínimas de mitigación que se pueden implementar:

Tabla: Medidas de mitigación por impactos

Fuente: Elaboración propia en base a información de: Quintero JD. (2021). Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables. The Nature Conservancy & Latin America Conservation

Tipo de impacto	Consecuencia	Medida de mitigación
Remoción y pérdida de vegetación.	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida, alteración o fragmentación de hábitats. - Efecto de borde (separación de ecosistemas). 	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar el efecto dominó (árboles que caen al derecho de vía). - Rescate de especies sensibles de flora y fauna. - Tala selectiva. - Uso del camino como conexión y no división de ecosistemas.
Carreteras actúan como barreras.	<ul style="list-style-type: none"> - Obstrucción de los movimientos migratorios. - Obstrucción de fauna local. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cruces de fauna. - Mejor diseño de puentes que actúen como cruces de fauna.
Las obras viales , movimientos de tierra, cortes, excavaciones, rellenos, etc.) que causan erosión.	<ul style="list-style-type: none"> - Degradación en la calidad del agua. - Afectación de la vida acuática. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilización y revegetación de taludes del camino. - Restauración de áreas afectadas. - Restauración y revegetación de zonas de sitios de desechos.
Desvío y cruce de humedales.	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación al balance hidrológico. - Desbalance de la salinidad de los humedales. - Efecto de barrera a los movimientos de la vida acuática. 	<ul style="list-style-type: none"> - Drenajes diseñados para zonas de humedales. - Puentes largos para cruzar humedales. - Zonas de amortiguación con vegetación inalterada.
Acceso a zonas sensibles en humedales.	<ul style="list-style-type: none"> - Actividad continua en zonas sensibles por los trabajadores y los campamentos de construcción. - Deforestación y uso ilegal de los recursos naturales. - Cambios en el uso del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Especificaciones ambientales para la construcción y los campamentos. - Supervisión ambiental durante la construcción. - Código de conducta para los trabajadores. - Limitación de la fuerza laboral en zonas sensibles.
Incremento en el tráfico y afluencia del camino.	<ul style="list-style-type: none"> - Muertes por atropellamiento. - Efectos del ruido sobre la fauna. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cruces de fauna. - Señales de fauna. - Control de los límites de velocidad. - Limitaciones en el tráfico nocturno. - Medidas especiales en áreas protegidas.

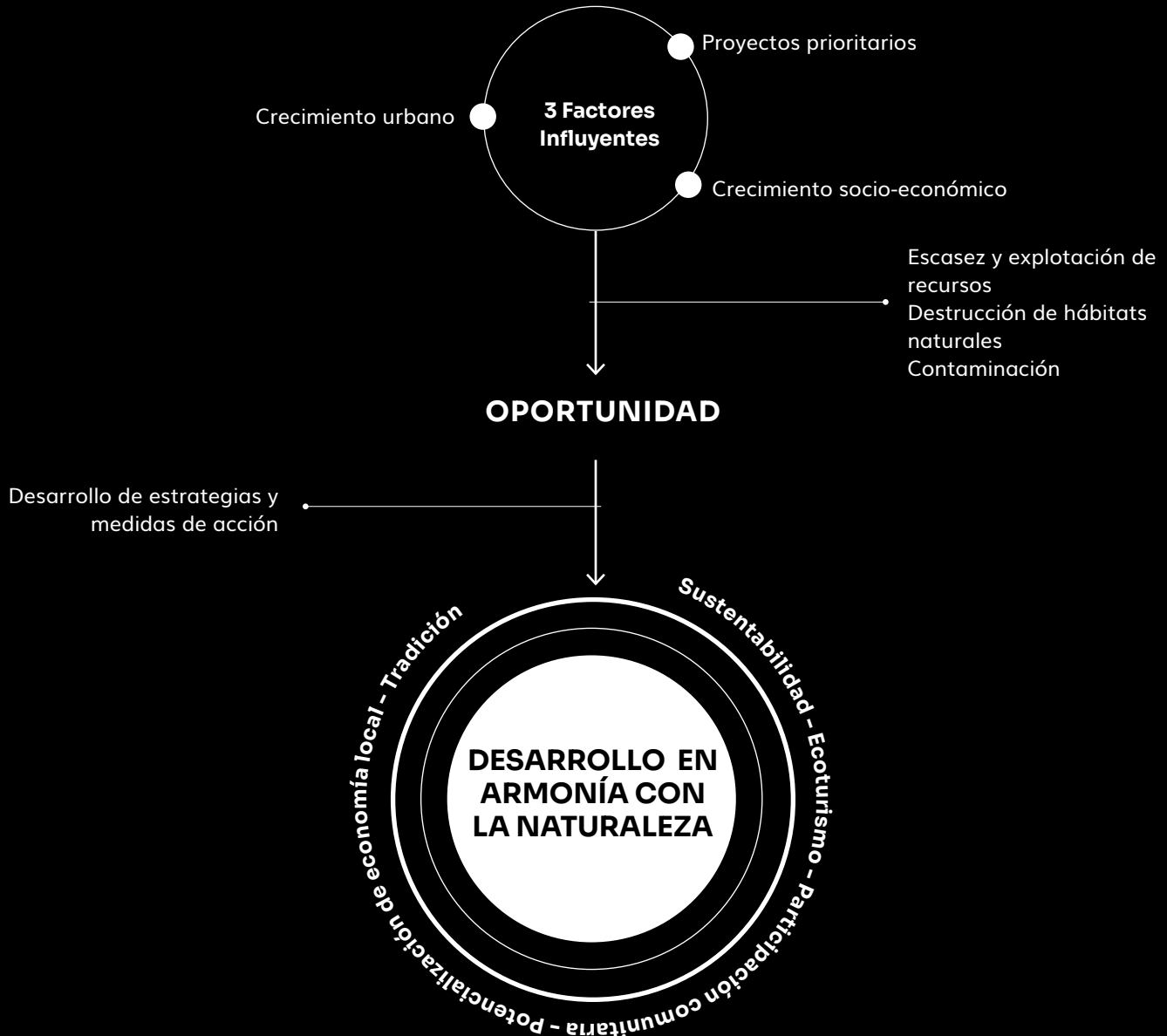


A scenic view of a body of water, likely a lake or a wide river, with a thatched-roof structure on the left side. The background is a dense forest of green trees under a clear sky. The water is calm, reflecting the sky and the surrounding greenery. In the foreground, there are some reeds or grasses growing in the water.

HACIA UN MODELO DE DESARROLLO TERRITORIAL EN BALANCE CON LA NATURALEZA

Los procesos de transformación utilizados actualmente sumados a los fenómenos naturales, **han puesto en riesgo la estabilidad y el balance del medio ambiente**. El Manual de buenas prácticas para la construcción de caminos y carreteras en humedales de Quintana Roo, representa una oportunidad para mejorar los patrones y dinámicas actuales de urbanización hacia un modelo de desarrollo orientado al respeto y conservación de la naturaleza.

La existencia de proyectos de infraestructura prioritarios en la zona y los impactos a corto, mediano y largo plazo, que estos conllevan en el estado, genera una **necesidad urgente de desarrollar estrategias y medidas innovadoras que ayuden a concientizar sobre la importancia de un desarrollo territorial en armonía con la naturaleza**.



LA RELEVANCIA DEL COMPONENTE SOCIAL EN LA TRANSFORMACIÓN

El aspecto social juega un papel fundamental en el proceso de creación de caminos en humedales en Quintana Roo. En su concepción deben considerarse tanto los aspectos técnico constructivos del camino, como los impactos sociales, socio ambientales, socioeconómicos y turísticos, así como la importancia histórica de los sitios a intervenir. Esto con el fin de **entender el contexto en**

el que se llevarán a cabo los proyectos, y beneficiar de este modo, tanto a la comunidad, como al medio ambiente, asegurando un desarrollo responsable y armonioso para las generaciones presentes y futuras. Para poder implementar acciones que involucren a la comunidad, se debe entender primeramente, la importancia de la región en distintos aspectos: ²³⁰

01. Importancia socioambiental

- Protege una gran diversidad de hábitats naturales (humedales, arrecifes de coral, manglares, selvas y lagunas costeras).
- Cuenta con ecosistemas esenciales para la supervivencia de numerosas especies de animales y plantas, muchas son endémicas y/o están bajo algún estatus de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010
- Importancia ecológica

02. Importancia ecológica

- Cuenta con una Región Prioritaria Terrestre, Marina e Hidrológica.
- Cuenta con diversas Áreas Naturales Protegidas, así como con áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)
- Cuenta con una red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras (WHSRN).
- Cuenta con humedales de importancia internacional Ramsar.
- Cuenta con Áreas Naturales catalogadas como Patrimonio Mundial Natural de la Humanidad por IUCN, en colaboración con UNESCO

03. Importancia socioeconómica

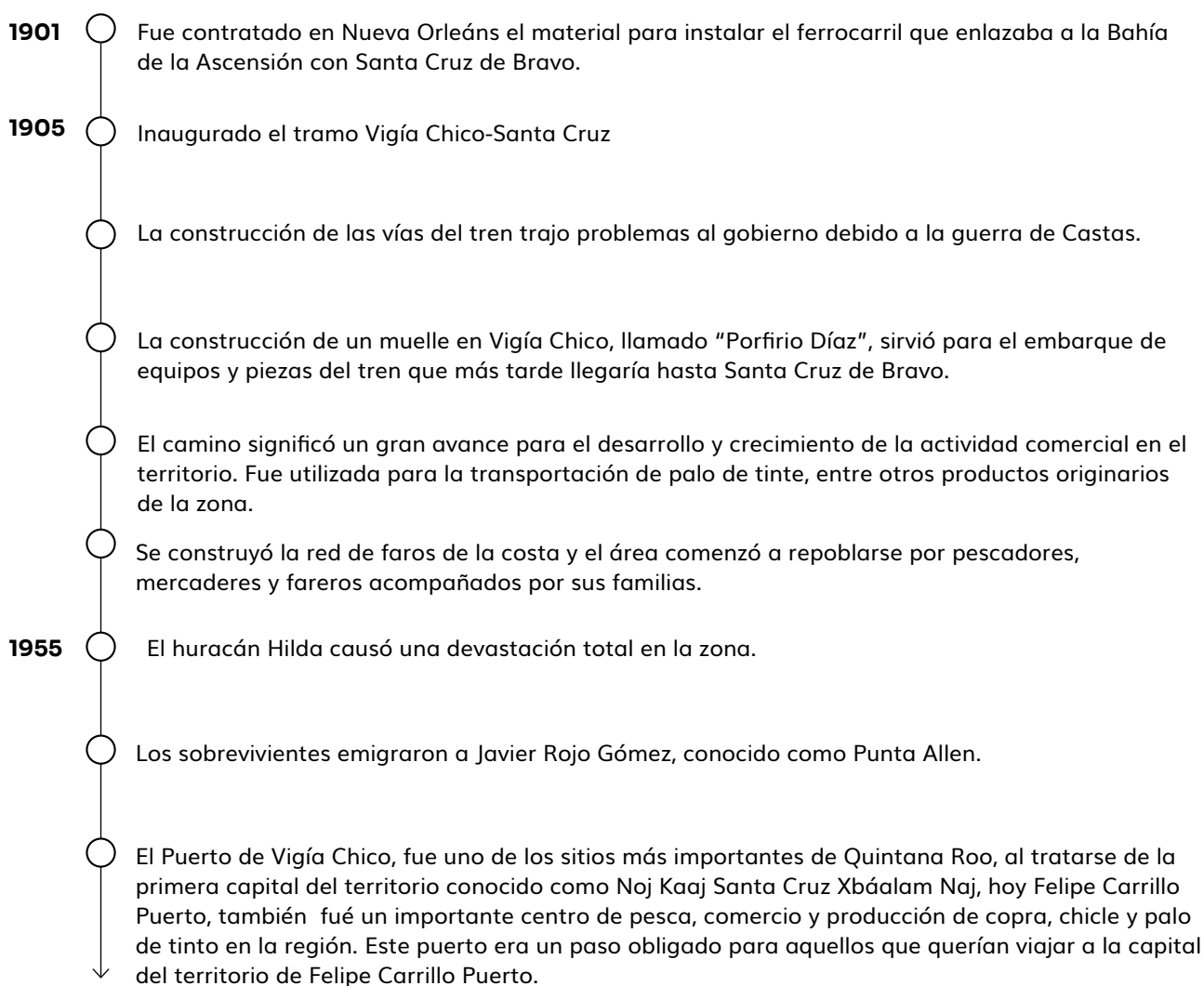
- Cuenta con destinos turísticos nacionales e internacionales.
- Genera empleos y oportunidades económicas
- Proporciona servicios ecosistémicos esenciales como la protección contra inundaciones, la purificación del agua y la regulación del clima.
- Protección al camino y a la inversión que representa.
- Prevención de gastos por reparación
- Garantizar la seguridad del público, así como el libre y fácil paso de los usuarios

230. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/97_libro_pm.pdf

Cuevas, J. C., Tello-López, I., González-Pelayo, J. A., & Palomera-García, C. (2018). ¡ Sal a pajarear! Una mirada a la observación de aves en México. Órama. Revista Iberoamericana de Divulgación y Cultura Científica, 2, 29-33.

04. Importancia histórica ²³¹

Tomar en cuenta el contexto histórico del sitio es crucial para cualquier proyecto, ya que proporciona una **comprensión integral de la evolución del lugar a lo largo del tiempo**. El conocimiento del pasado permite **identificar y valorar los elementos culturales, arquitectónicos y arqueológicos que puedan estar presentes en la zona, evitando así daños irreparables al patrimonio histórico**. Existe una historia valiosa detrás de algunos caminos existentes que aportan mucho valor cultural a la zona y a los proyectos de vialidades que se puedan generar. Un ejemplo de ello es la historia del camino que desemboca en el Puerto de Vigía Chico:



231. Rojas Correa, A., & Palafox-Muñoz, A. (2019). Turismo y acumulación de capital: una mirada a la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Íconos - Revista De Ciencias Sociales, (64), 47-67. <https://doi.org/10.17141/iconos.64.2019.3690>

Es de suma importancia conocer la riqueza histórica, ambiental y cultural que hay en la zona. Existen diversas maneras en las que se puede y debe tomar en consideración a la comunidad, ya que, esta puede convertirse en **aliada clave en la preservación de estos ecosistemas únicos**.

Algunos aspectos en los que la participación comunitaria podría beneficiar al desarrollo y gestión de los caminos son:



Participación en el proceso constructivo

El proceso constructivo de los caminos puede ser un área importante en la que se involucre a la comunidad local, ya que el conocimiento de la zona, sus materiales y métodos de construcción puede proporcionar aportes valiosos para un **desarrollo vial más adecuado y sostenible**. De igual forma generará fuentes de empleo e ingresos para la comunidad local.



Participación en educación ambiental

A través de talleres, charlas y actividades educativas, se puede promover la **importancia de conservar los humedales y fomentar prácticas de turismo y actividades sostenibles**. La concienciación sobre la fragilidad del ecosistema puede ayudar a prevenir la degradación del entorno y a fortalecer el sentido de responsabilidad y cuidado del medio ambiente.



Participación en monitoreo y vigilancia ambiental

Involucrar a la comunidad en programas de monitoreo y vigilancia permitirá un **seguimiento más cercano de los cambios en los humedales** ocasionados por los caminos construidos. Los residentes pueden cuidar el terreno, alertando sobre posibles amenazas y afectaciones que pudieran tener los caminos y sus zonas aledañas.



Participación en conservación y restauración

La comunidad podría participar en la restauración de áreas degradadas o perjudicadas a raíz de la construcción de los caminos, o posteriores a ella ayudando en la eliminación de especies invasoras y plantando especies nativas. Se pueden generar programas de mantenimiento periódicos e implementar medidas que ayuden a **reducir la contaminación generada en estos ecosistemas**.



Participación en la preservación de tradiciones culturales

Los humedales a menudo están entrelazados con la cultura y las tradiciones de las comunidades locales. La creación de caminos podría proporcionar una oportunidad para preservar y promover estas tradiciones, como la pesca artesanal, la recolección de plantas medicinales y la producción de artesanías. Al valorar y mantener estas prácticas culturales, se enriquece la identidad de la comunidad y se fortalece el sentido de pertenencia a su territorio.



Participación en el desarrollo de economías locales

Los caminos en humedales pueden abrir nuevas oportunidades económicas para la comunidad. Algunos ejemplos son: la venta de productos locales y artesanías, servicios de alojamiento y restaurantes ecológicos, guías turísticos, servicios de transporte, actividades recreativas y deportivas que se pudieran generar.



Participación en actividades turísticas

Involucrando a los residentes en la creación y oferta de experiencias turísticas, se pueden mostrar aspectos únicos de su cultura, agregando un valor significativo a la experiencia de los visitantes. Además, la comunidad local puede proporcionar conocimientos sobre prácticas de turismo responsable, protegiendo los recursos naturales y promoviendo interacciones respetuosas entre los turistas y el entorno. A través de esta colaboración, las actividades turísticas pueden generar beneficios económicos directos a la comunidad, mejorando las oportunidades de empleo y el crecimiento de pequeños negocios locales. Algunas de las actividades turísticas que se podrían ofrecer son:

- Ecoturismo
- Aviturismo (más de 500 especies de aves). (En el 2019, en México hubo 1,183,095 avituristas con una derrama de \$ 329,083,468 USD o \$6,088, 044,158 de pesos (Cantú, J. et al., 2020)
- Excursiones en lancha
- Visitas a las ruinas arqueológicas mayas
- Caminatas por la selva y tours guiado.

Un ejemplo dentro del estado de Quintana Roo que fomenta y promueve el turismo de base comunitaria y la conservación de la biodiversidad es el destino turístico maya llamado “**MAYA KA’AN**”. Algunos de los aspectos que convierte este destino como un referente en tema comunitario y ambiental son: ²³²

- Es un **destino ecoturístico**, con un modelo turístico innovador basado en la sustentabilidad.
- Cuenta con **oportunidades de inclusión, equidad de género y rescate de saberes ancestrales**.
- Cuenta con un modelo turístico más justo, equitativo y sustentable, en el que las **comunidades mayas son los principales beneficiarios del turismo**, esto hace que se fomente una economía más sostenible y diversificada en la región.
- Cuenta con un modelo de **turismo responsable y sostenible** que involucra:
 - Cultura e historias locales.
 - Proyectos ecoturísticos locales.
 - Capacitación para las iniciativas de emprendimiento comunitario.
 - Respeto y valoración de la cultura y las tradiciones de las comunidades mayas.

Cuenta con la producción y el consumo sustentable de **productos locales**.

Debido a este modelo de turismo comunitario y sustentable, en Maya Ka’an se benefician más de 646 familias de la actividad turística, además de generar oportunidades a otros prestadores de servicios turísticos de la zona, como transporte, hoteles, restaurantes y pequeños productores.

Imagen: Actividad culinaria en Maya Ka’an. Fuente: Amigos de Sian Ka’an



Imagen: Pesca responsable en Maya Ka’an. Fuente: Amigos de Sian Ka’an



Imagen: Actividades para preservar la cultura en Maya Ka’an. Fuente: Amigos de Sian Ka’an



Imagen: Tours y recorridos en Maya Ka’an. Fuente: Amigos de Sian Ka’an



232. Tello-Leyva, Y. M., en Des, M., & García-Ramírez, L. Acciones, Logros Y Retos Del Destino De Bajo Impacto Ambiental En Quintana Roo, México: Maya Ka’an.

7



IMPLEMENTACIÓN

ACTORES CLAVE

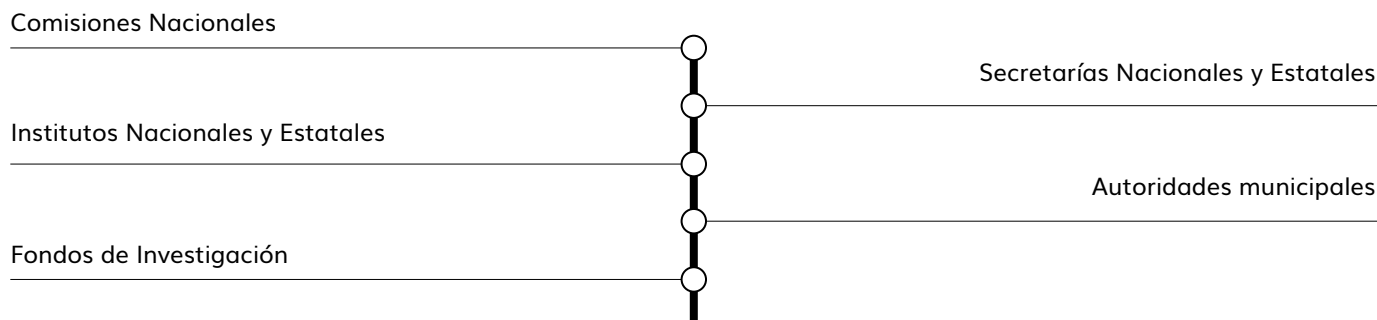
Para un proceso de implementación exitoso del "Manual de buenas prácticas para la construcción y gestión de carreteras en área de humedal en Quintana Roo", es necesario identificar la red de actores relevantes, sobre los que el documento busca tener injerencia, y así inferir en la toma de decisiones. De igual manera, la socialización del manual, así como la capacitación de usuarios, es clave para lograr una óptima implementación de las recomendaciones y buenas prácticas propuestas.

Es importante considerar a los actores clave para asegurar una planificación integral, una ejecución exitosa y una gestión sostenible del proyecto a realizar.

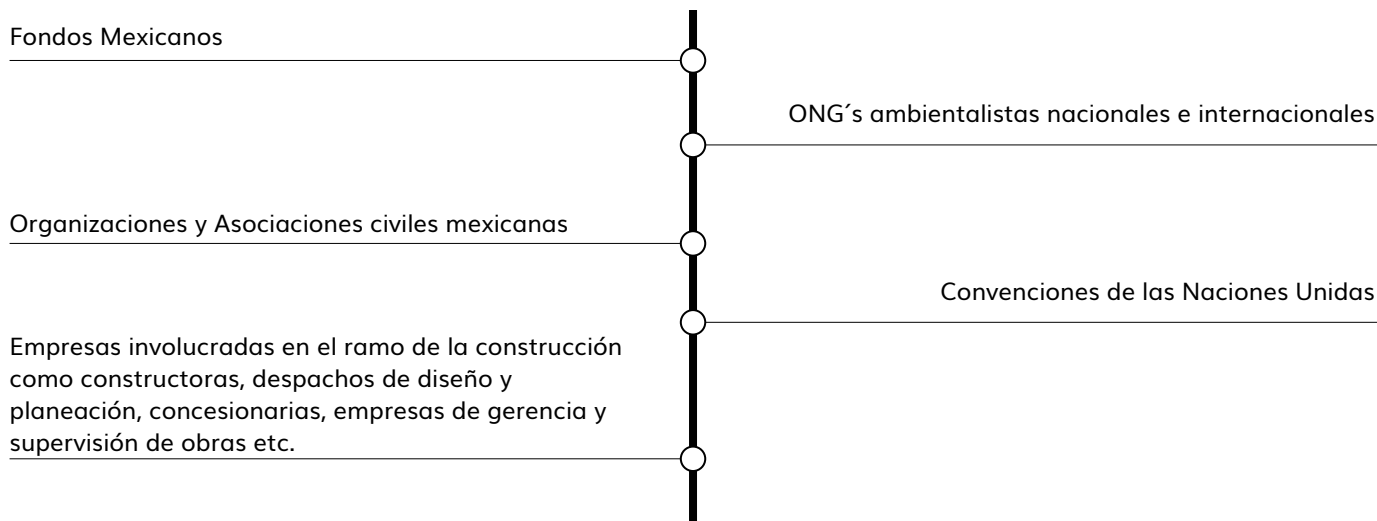
Los actores clave son **individuos, grupos o entidades que pueden influir significativamente en la ejecución y resultados del proyecto**. Estos actores se pueden dividir en cuatro categorías principales: público, privado, institucional e internacional.

La colaboración y coordinación efectiva con estas entidades garantizan una mayor probabilidad de alcanzar los objetivos del proyecto y maximizar sus beneficios para todas las partes involucradas. A continuación se enlistan algunos de los actores clave que pueden tener una influencia directa o indirecta en la creación de caminos en zonas de humedales en Quintana Roo:

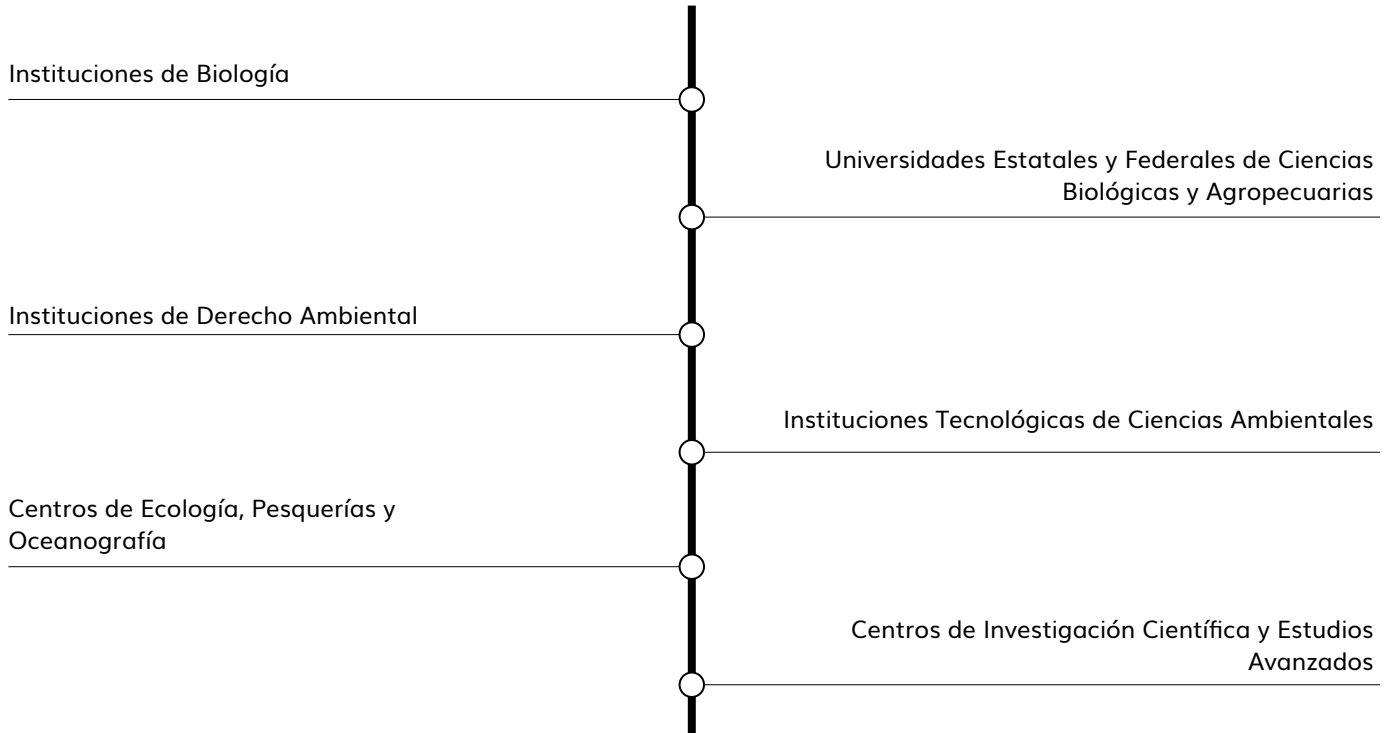
PÚBLICO



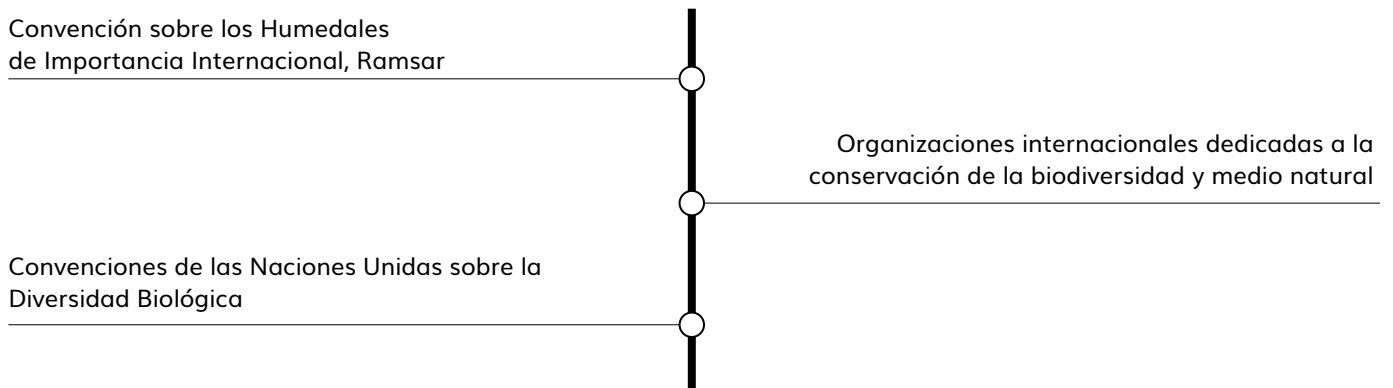
PRIVADO



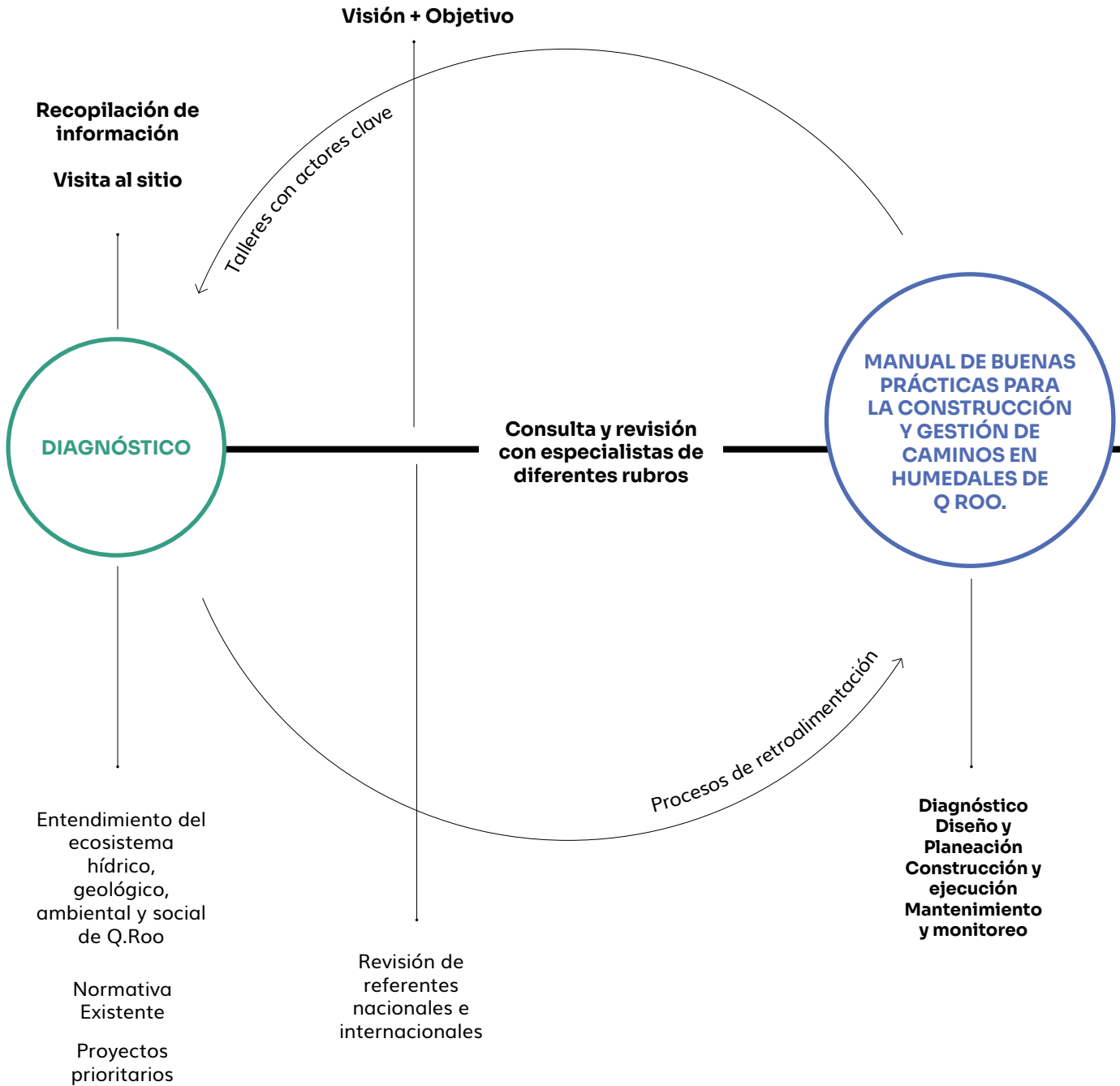
INSTITUCIONAL

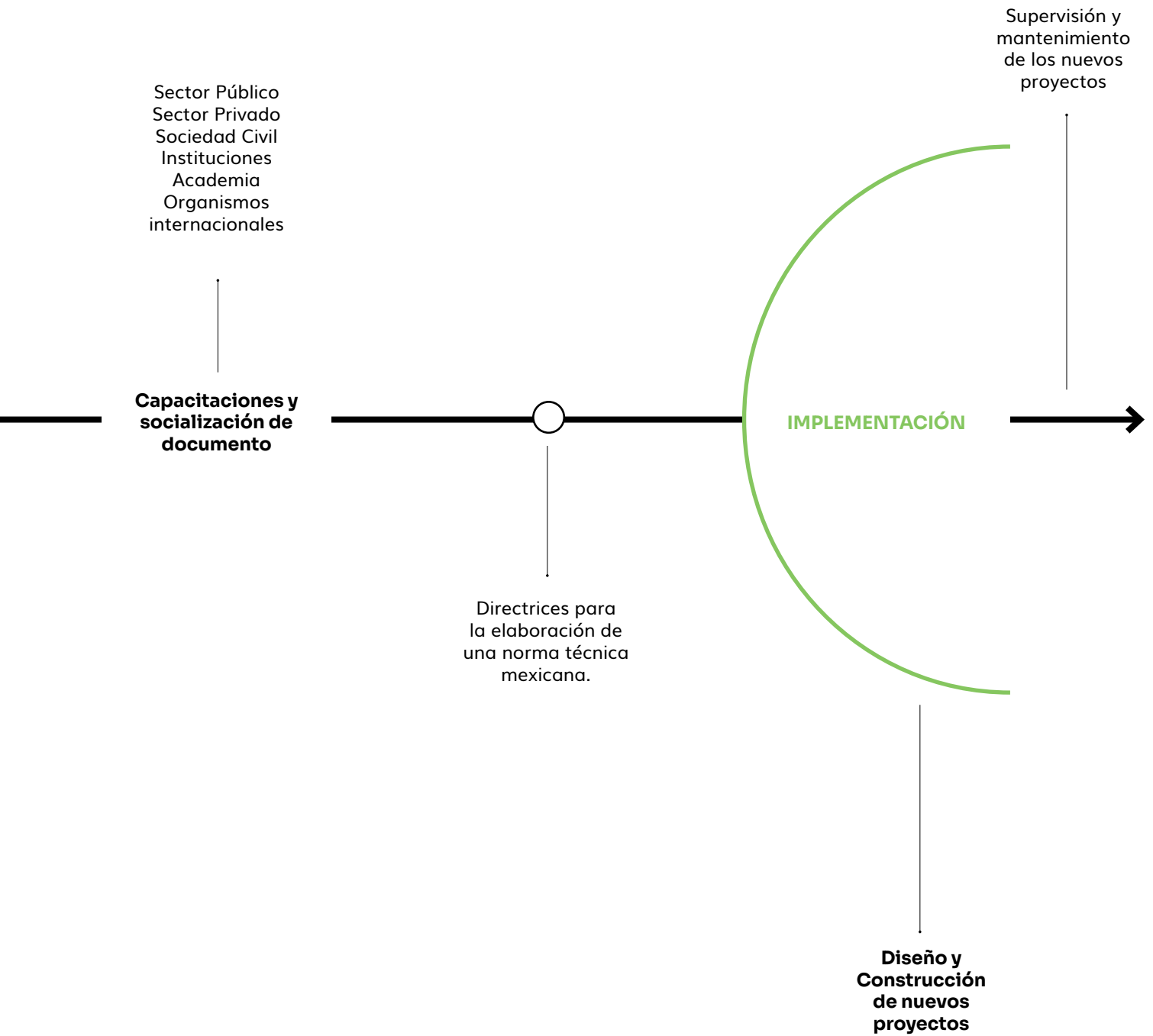


ORGANISMOS INTERNACIONALES



RUTA CRÍTICA







A photograph of a sunset over a body of water. The sun is low on the horizon, creating a bright orange and yellow glow in the sky. The sun's reflection is visible on the water's surface. In the foreground, there are dark silhouettes of reeds or tall grasses. The overall scene is peaceful and scenic.

ANEXOS TÉCNICOS

Imagen: Foto tomada en sitio. Fuente: ARZOZ, 2023





HUMEDALES COSTEROS

Imagen: Foto tomada en sitio. Fuente: ARZOZ, 2023

¿QUÉ ES UN HUMEDAL?

Según la Convención sobre humedales Ramsar, los humedales son zonas en las que el agua es el principal factor controlador del medio y las especies. Estos se localizan donde la capa freática se encuentra en la superficie terrestre o cerca de ella, o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas.¹ A nivel mundial, los humedales cubren una superficie aproximada de 29.83 millones de km².²

Según RAMSAR, la Convención de Naciones Unidas sobre los humedales de importancia internacional, el criterio para determinar qué humedales quedan sujetos a sus disposiciones, por humedales se entiende **“Extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”**.³

Adicionalmente, con el objetivo de proteger sitios coherentes, RAMSAR estipula, que los humedales que se incluirán en la Lista de Ramsar de Humedales de Importancia Internacional *“podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal”*.⁴

Los humedales, son uno de los ecosistemas más productivos y ambientalmente relevantes a nivel global. De acuerdo a RAMSAR, los humedales son **“fuentes de diversidad biológica y fuentes de agua y productividad primaria de las que innumerables especies vegetales y animales dependen para subsistir. Dan sustento a altas concentraciones de especies de aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces e invertebrados. Los humedales son también importantes depósitos de material genético vegetal.”**⁵

Es decir, además de tener un componente paisajístico muy importante, los humedales también ofrecen al ser humano, y a cualquier ser vivo, una amplia gama de servicios ecosistémicos cruciales para una mejor calidad de vida. Por esta, y muchas otras razones, es de suma importancia comprender la relevancia, características, tipos, riesgos y vulnerabilidades de estos sitios, así como nuestro rol en la conservación de estos ecosistemas.

Imagen : Humedal en Quintana Roo. Fuente: ARZOZ, 2023



1. Ramsar, Convención sobre los humedales (Irán 1971). ¿Qué son los humedales?. Documento informativo Ramsar No. 1 <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-01.pdf>
2. Palafox-Juárez E.B., Callejas-Jiménez M.E., Herrera-Silveira J., Teutli-Hernández C., Torrescano-Valle N., Barraza C. (2022). Manglares y Humedales de Bacalar, Quintana Roo. El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal. <https://www.ecosur.mx/wp-content/uploads/2022/11/Manglares-y-Humedales-de-Bacalar.2022.pdf>
3. -5. Ramsar, Convención sobre los humedales (Irán 1971). ¿Qué son los humedales?. Documento informativo Ramsar No. 1 <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-01.pdf>

CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES

Los humedales tienen un papel clave en el equilibrio del planeta.⁶ Son zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres. Se caracterizan por ser suelos que carecen de oxígeno, inundados de manera permanente, o en ciclos. El agua de los humedales puede ser dulce, salada, salobre (mezcla de agua dulce y salada), o cambiar su salinidad a lo largo de los ciclos,⁷ puede depender o no de la influencia de las mareas. La cantidad de agua puede variar, desde tener varios metros de profundidad (no más de seis metros) hasta tener apenas el agua suficiente para mantener húmedo el suelo.⁸

RAMSAR:

De forma general, Ramsar clasifica los humedales en, Humedales continentales y humedales costeros.

- **Humedales continentales:** Se incluyen marismas, charcas, lagos, ríos, llanuras de inundación y pantanos. Los humedales continentales RAMSAR destacados en Quintana Roo son Bala'an K'aax, Laguna de Chichankanab, Otoch Ma'ax Yetel Kooh
- **Humedales costeros:** Se incluyen marismas de agua salada, estuarios, manglares, albuferas o lagunas litorales e incluso arrecifes de coral.
- **Humedales Ramsar Marino costero-continentales :** son el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, Reserva de la Biosfera Ría Celestún.

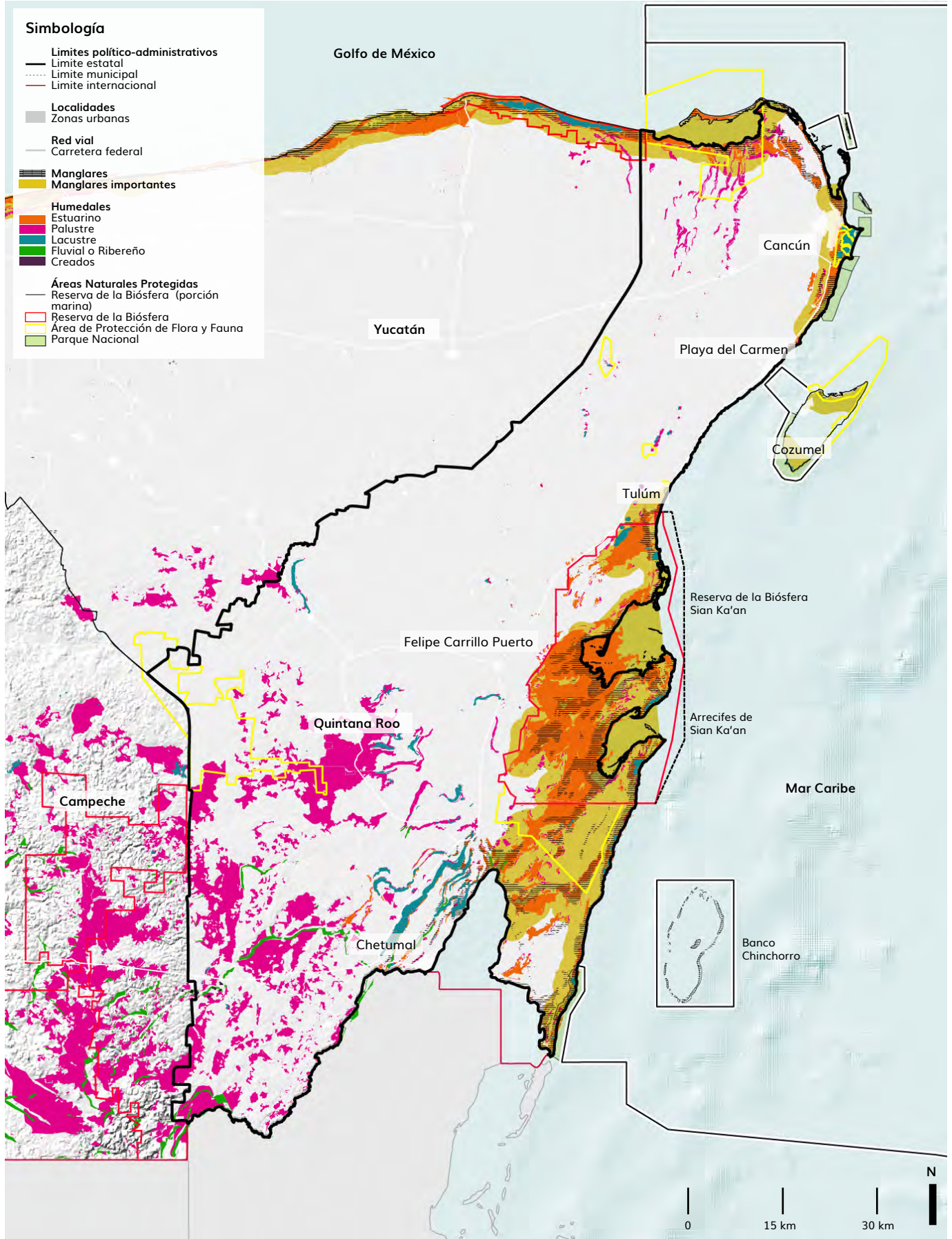
SISTEMA COWARDIN

La clasificación de humedales, a partir del Sistema Cowardin, reconoce cinco tipos de humedales principales: marino, estuarino, ribereño, lacustre y palustre, basada en diferentes características hidrológicas, geomorfológicas, químicas y biológicas. Según el sistema Cowardin, los humedales se agrupan en 5 tipos:⁹

- **Marinos (agua salada):** Son ecosistemas ubicados en las zonas litorales marinas a lo largo de la costa, con condiciones de alta energía. Por ejemplo, tal es el caso de todas las playas a lo largo del territorio nacional y costas rocosas. Los humedales de Importancia Especialmente para la Conservación de Aves Acuáticas son la Reserva Ría Lagartos, Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Parque Nacional Isla Contoy, Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, Santuario de la Tortuga Marina X'cachel - X'cachelito, Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté, Manglares y Humedales del Norte de Isla Cozumel.
- **Estuarinos (agua salobre):** Son ecosistemas mareales (afectados por mareas) de aguas salobres, que usualmente están semi-incluidos en la tierra, pero tienen acceso al océano, ya sea abierto, parcialmente obstruido o esporádico, y en el cual el agua del océano es diluida -al menos ocasionalmente- por escorrentía de agua dulce desde la tierra, por ejemplo los estuarios, deltas, marismas de marea y manglares. Entre los sitios de manglar más destacados en Quintana Roo están la Costa maya, Manglares y Humedales del Norte de Isla Cozumel, Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté, Puerto Morelos - Punta Maroma, Reserva de la Biósfera Sian Ka'an y Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam.
- **Lacustres (agua dulce):** Asociados a lagos. Son ecosistemas con aguas lentas y mayor profundidad, situados en una depresión geográfica o un canal de río transformado en represa, donde la vida acuática se desarrolla principalmente en la columna de agua. La Laguna de Bacalar, Laguna Bacardí, Laguna Chichankanab, Lago Cobá, Laguna Boca Paila, Laguna Chakanbakán y Yalahau, son algunos de los ejemplos más representativos en el estado de Quintana Roo. En el caso de los cenotes, en el Estado de Quintana Roo se localizan decenas de ellos, distribuidos en los municipios de Puerto Morelos, Playa del Carmen, Tulum, Bacalar y Chetumal.

6.- 8. Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.
9. Palafox-Juárez E.B., Callejas-Jiménez M.E., Herrera-Silveira J., Teutli-Hernández C., Torrescano-Valle N., Barraza C. (2022). Manglares y Humedales de Bacalar, Quintana Roo. El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal. <https://www.ecosur.mx/wp-content/uploads/2022/11/Manglares-y-Humedales-de-Bacalar.2022.pdf>

Imagen: Mapa de clasificación de humedales en Quintana Roo. Fuente: Elaborado a partir de información obtenida de CONAGUA 2022, CONANP 2017, SEMARNAT 2004, CONABIO 2017 y 2021



- **Fluviales o Ribereños (agua dulce):** Asociados a ríos, arroyos y cascadas. Son ecosistemas con aguas corrientes de tipo canal, dominados principalmente por agua dulce. En la Península de Yucatán, la parte más sobresaliente del mega sistema fluvial subterráneo se localiza en la Riviera Maya. En el estado de Quintana Roo, concretamente entre Xel Ha y Tulum, y está integrada por múltiples subsistemas, entre los que destacan cuatro: Sac Actun, de 369 kilómetros, Ox Bel Ha, de 318 kilómetros, K'oox Baal, de 102 kilómetros, y Río Hondo, el cual es un sistema superficial de 209 kilómetros al sur del estado (QRSS, 2021).
- **Palustre (agua dulce):** Permanentes o estacionales. Marismas, pantanos y ciénagas. Son humedales de aspecto pantanoso, como las

marismas y las ciénagas. Incluye los ecosistemas no mareales (no afectados por marea) dominados por árboles, arbustos emergentes persistentes, musgos persistentes o líquenes, y todos los humedales presentes en áreas mareales donde la salinidad derivada de las sales del mar sea menor a 0,5%.
.Marismas: Dzilam-Contoy, Sian Ka'an,

“Los manglares o humedales se desarrollan en una amplia variedad de ambientes costeros, con una fuerte interacción entre la vegetación, la hidrología y el suelo”.¹⁰ Las especies que los componen, su arreglo y distribución depende de diversos factores y procesos, varían espacial y temporalmente. Al ser un ecosistema húmedo la gran mayoría del tiempo, predominan las especies anaerobias.¹¹

Imagen : Humedal en Quintana Roo. Fuente: ARZOZ, 2023

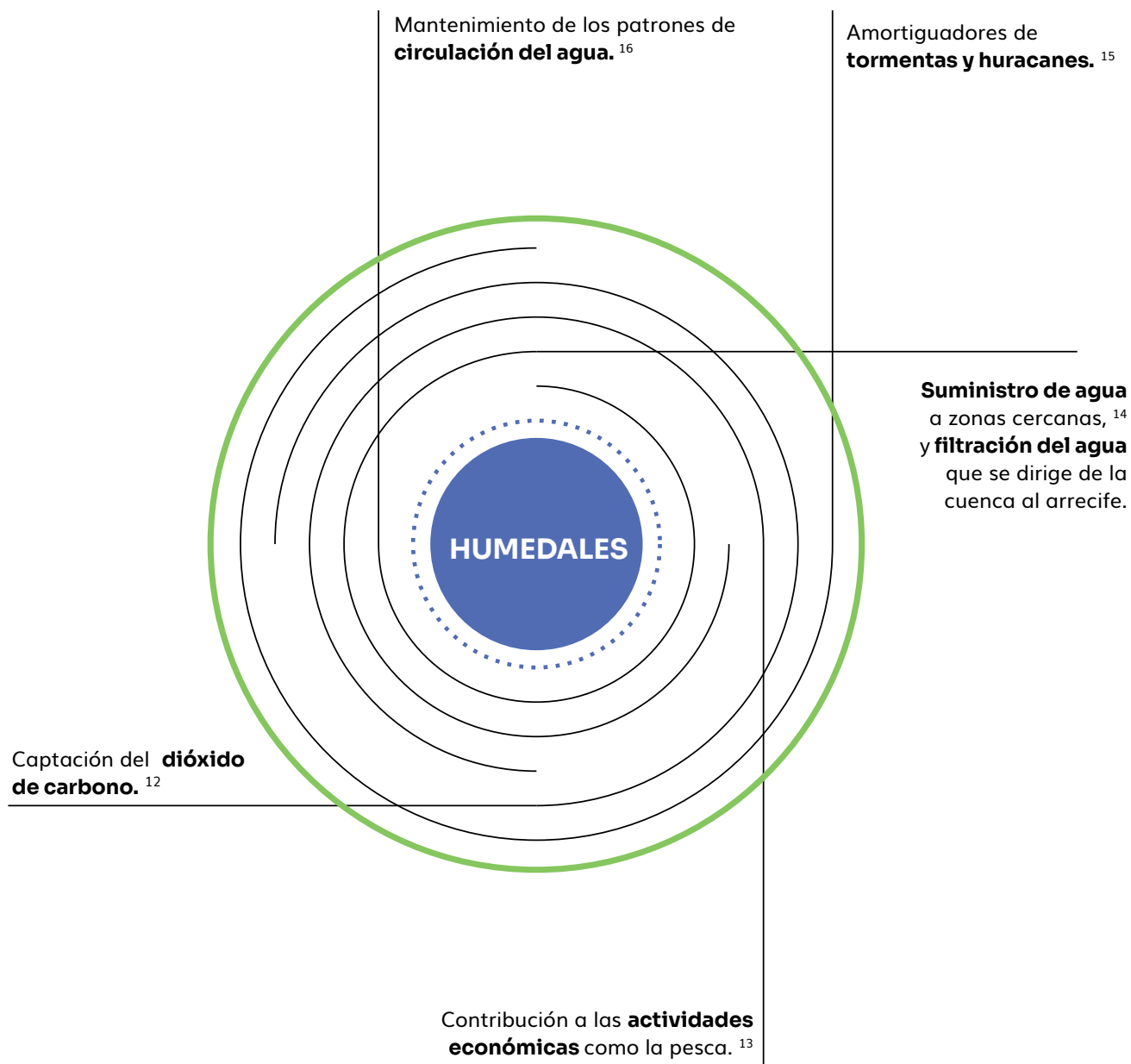


10. Palafox-Juárez E.B., Callejas-Jiménez M.E., Herrera-Silveira J., Teutli-Hernández C., Torrescano-Valle N., Barraza C. (2022). Manglares y Humedales de Bacalar, Quintana Roo. El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal. <https://www.ecosur.mx/wp-content/uploads/2022/11/Manglares-y-Humedales-de-Bacalar.2022.pdf>

11. Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmè, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.

RELEVANCIA Y BENEFICIOS

Los humedales albergan una gran cantidad de vida tanto vegetal como animal y son el hogar de muchas especies. Algunos de los principales beneficios de los humedales son



12. - 16. Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.

HUMEDALES EN MÉXICO

Tal como se mencionó anteriormente, México es uno de los países con mayor riqueza ambiental a nivel global. Los humedales representan uno de los ecosistemas prioritarios en el país. Si bien son sitios con un importante valor ambiental, también representan una de las herramientas naturales más críticas para la protección del territorio ante riesgos y/o catástrofes naturales.

Quintana Roo alberga más del 21% de los humedales a nivel nacional.¹⁷

Sin embargo, en décadas recientes, los humedales en México se han visto afectados por los efectos y amenazas del desarrollo inmobiliario, crecimiento urbano desordenado y la construcción de infraestructura, entre otros. Dichos fenómenos, han impactado el funcionamiento de estos y ha causado un importante y en ocasiones irreversible deterioro.

- Los humedales están presentes en los 17 estados de la República con litoral, la cobertura de manglares en el país es de **77,038 Ha.**¹⁸

25% Campeche
21% Quintana Roo
11% Sinaloa
11% Yucatán
9% Nayarit

- En México se tienen registrados **6,331 complejos de humedales**, 139 tienen la categoría de humedales internacionales Ramsar.¹⁹

- En México predominan 4 especies de Mangle:²⁰

Mangle rojo (*Rhizophora mangle*)
Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*)
Mangle negro (*Avicennia germinans*)
Mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*)

- Se calcula que en el país encontramos alrededor de 9,924,624 ha de humedales, que representan el **5% del territorio nacional.**²¹

- Aproximadamente **7,500 km², 14.8% del territorio de Quintana Roo, está cubierto por humedales.**²²
- La costa este y sureste del país se caracteriza por albergar un gran porcentaje de humedales, vida vegetal y animal, con una gran cantidad de especies endémicas. Muchos de estos humedales se han visto afectados por el crecimiento urbano en la región. Los humedales pertenecientes a la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an presentan un menor daño ya que gracias a las autoridades correspondientes se ha creado un plan de conservación de la zona.

Quintana Roo cuenta con 13 sitios Ramsar:²³

1. Parque Nacional Isla Contoy
2. Reserva de la Biósfera Sian Ka'an
3. Parque Nacional Arrecifes de Xcalak
4. Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam
5. Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos
6. Santuario de la Tortuga Marina X'cacel-X'cacelito
7. Reserva Estatal Sistema Lagunar Chichankanab
8. Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro
9. Área de Protección de Flora y Fauna Bala'an K'aax
10. Parque Nacional Arrecifes de Cozumel
11. Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté
12. Área de Protección de Flora y Fauna Otoch Maax Yetel Kooh
13. Manglares y Humedales del Norte de Isla Cozumel

17. - 18. Mundo Dumac. (2020). Mundo Dumac: Los proyectos de Dumac benefician el hábitat de las aves acuáticas migratorias y residentes en México. <https://dumac.org/wp-content/uploads/2020/11/MDUMAC-Mayo-Junio-2020.pdf>

19. - 22. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, PROFEPA (2014) profepa.gob.mx

23. Gobierno de Quintana Roo. (s. f.-c). Áreas Naturales Protegidas. <https://qroo.gob.mx/eje-5-crecimiento-ordenado-con-sustentabilidad-ambiental/areas-naturales-protegidas>



Imagen: Foto tomada en sitio. Fuente: ARZOZ, 2023

RIESGOS Y AMENAZAS

Aproximadamente el **62% de los humedales en México han desaparecido**.²⁴ Hoy existen una serie de riesgos y amenazas a los que estos ecosistemas se enfrentan. Algunas de las **amenazas** más relevantes a las que se enfrentan los humedales son:²⁵

- El crecimiento acelerado de infraestructura en la zona.
- Construcción de caminos, provocando un bloqueo o cambio en el flujo de agua
- Rápido crecimiento demográfico
- Incremento en actividad turística
- Tráfico de especies animales y vegetales
- Tala forestal
- Desviación de agua mediante represas, diques y canalizaciones
- Explotación intensiva por actividades agrícola-ganaderas
- Consumo y uso excesivo del agua
- Colmatación y eutrofización
- La construcción de caminos, los cuales bloquean el flujo de agua,
- Cambio climático
- Incremento de fenómenos naturales como ciclones, huracanes, sequías, erosión, tormentas y hundimientos de la zona.²⁶
- Falta de actualización en normativa y reglamentación
- Introducción de especies no endémicas o nativas de la zona
- Contaminación del agua por vertidos residuales, como compuestos provenientes del uso de fertilizantes, plaguicidas y fármacos.

Dichas amenazas, representan un **incremento en los riesgos** a los que ecosistemas como los humedales se ven expuestos, entre ellos:

- Constante cambio hidrográfico de la zona.
- Deterioro y extinción de sistemas de humedales
- Amenaza a especies animales y vegetales que habitan los humedales
- Alteraciones de las temperaturas
- Disminución en área de humedal

Imagen : Humedal en Quintana Roo. Fuente: ARZOZ, 2023



24. - 25. SEMARNAT. (2012). Los humedales en México. Oportunidades para la sociedad. México: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Cecadesu/Libros/Humedales.pdf>

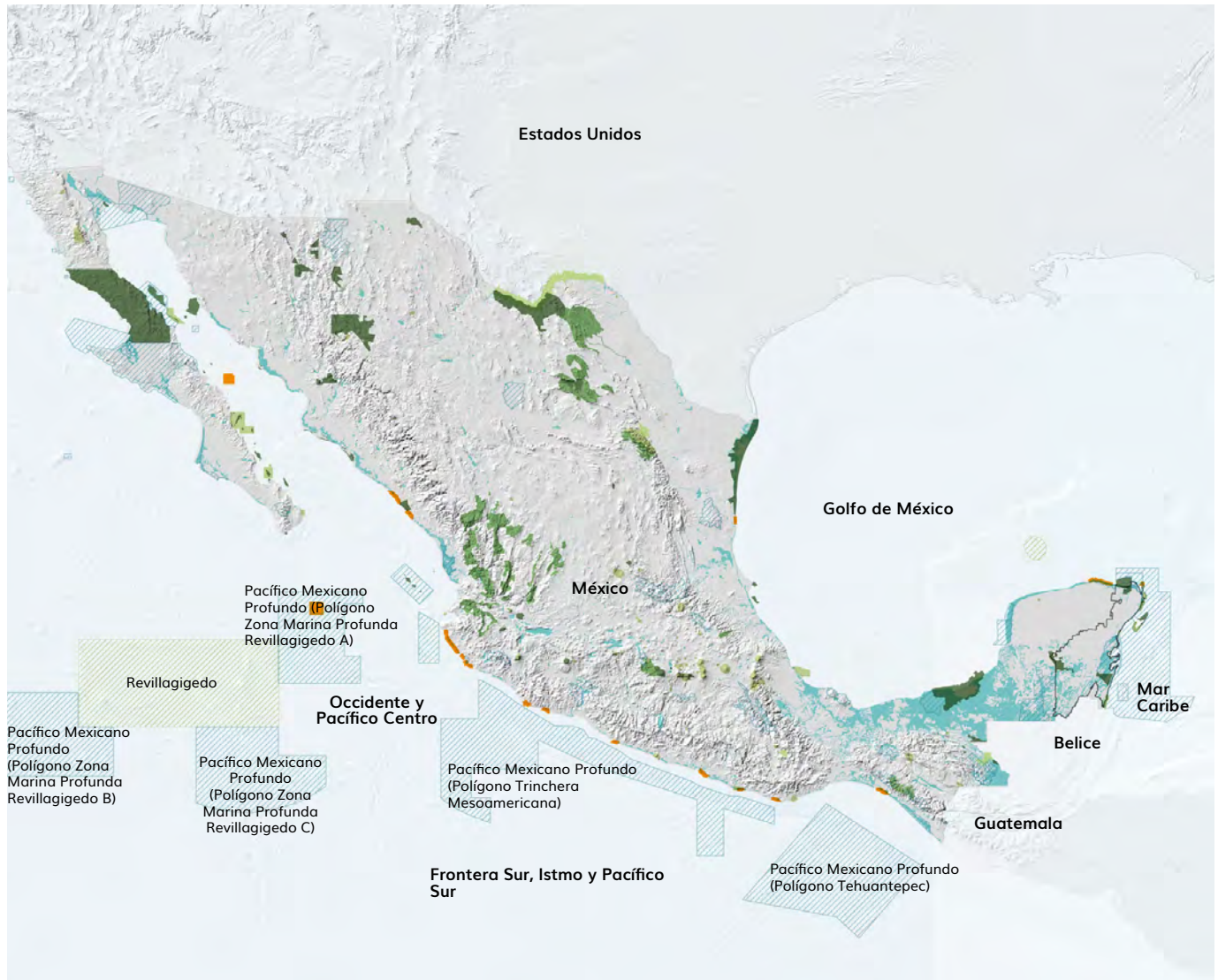
26. Crawley, 1987; Rejmánek, et al. (2005): http://water.epa.gov/type/wetlands/vital_status.cfm,



A wide river or lake with a dense forest in the background under a cloudy sky. The water is blue with ripples, and the sky is light blue with soft clouds. The forest is green and dense, stretching across the horizon.

ANÁLISIS TERRITORIAL

Imagen: Mapa de Análisis de la biodiversidad de México Fuente: Elaborado a partir de información obtenida de CONAGUA 2020, CONANP 2017



Simbología

- Límites político-administrativos
- Límite internacional
- Hidrología
- Humedales
- Áreas Naturales Protegidas
- Área de Protección de Recursos Naturales
- Reserva de la Biósfera (porción marina)
- Área de Protección de Flora y Fauna
- Monumento Natural
- Parque Nacional
- Santuario

México es un país privilegiado por su biodiversidad y se encuentra dentro de los **17 países** considerados **megadiversos** junto con Brasil, Colombia, China e Indonesia. Entre los **primeros 5 lugares** albergan el **70% de la diversidad mundial**.²⁷ Es de crucial importancia preservar la biodiversidad del país.

Imagen: Mapa de los países considerados megadiversos en el mundo. Fuente: biodiversidad.gob.mx



5^{to} país con mayor **biodiversidad**.²⁸

10% de las **especies** registradas en el mundo habita en México, gran parte de ellas endémicas.²⁹

528 **especies** de mamíferos.³⁰

1^{er} lugar en diversidad de **reptiles**.³¹

4^{to} lugar en diversidad de **anfibios**.³²

182 **Áreas Naturales Protegidas** (90,958,374 Ha).³³

34 Reservas de La Biosfera.³⁴

64 Parques nacionales.³⁵

26 Áreas de protección de flora y fauna.³⁶

17 Santuarios.³⁷

4 Monumentos naturales.³⁸

4 Áreas para la protección natural.³⁹

27. De Áreas Naturales Protegidas, C. N. (2018). México Megadiverso. gob.mx. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/mexico-megadiverso-173682#:~:text=Dentro%20del%20grupo%20de%20los,estimaciones%2C%20alrededor%20del%2012%25>

28. De Áreas Naturales Protegidas, C. N. (2018). México Megadiverso. gob.mx. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/mexico-megadiverso-173682#:~:text=Dentro%20del%20grupo%20de%20los,estimaciones%2C%20alrededor%20del%2012%25>

29. - 33. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). México país megadiverso. gob.mx. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-pais-megadiverso-31976>

34. - 39. Secretaría de Relaciones Exteriores. (2013). México: País Megadiverso. NOTISEM. <https://embamex.sre.gob.mx/dinamarca/images/pdf/meganota.pdf>



Imagen: Vegetación existente en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Fuente: ARZOZ, 2023

ASPECTOS AMBIENTALES

QUINTANA ROO

Los recursos naturales que posee Quintana Roo son **de los más diversos, abundantes y valiosos a nivel mundial**. Destacan sus playas, arrecifes y zonas arqueológicas. Algunos datos relevantes por los cuales Quintana Roo destaca en riqueza ambiental son:



Aproximadamente **26%** de la superficie de Quintana Roo es **Área Natural Protegida**.⁴⁰



En el estado se encuentra la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, uno de los **39 sitios de Patrimonio Mundial Natural** declarada por la UNESCO con mayor valor en recursos **de humedales y zonas marinas**.⁴⁷



13 de los 142 sitios Ramsar de México se encuentran en Quintana Roo.⁴¹



En el estado se observa el **43%** del total de **especies de aves** en México.⁴⁸



Q.Roo cuenta con **27 Áreas Naturales Protegidas**.⁴²



A las playas del estado, arriban **50% de las especies de tortugas marinas** que habitan en el mundo.⁴⁹



Es parte del **Corredor Biológico Mesoamericano**, conformado por Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y México.⁴³



Forma parte del **2do macizo forestal más consolidado en América Latina**: el corredor natural Sian Ka'an-Calakmul.⁵⁰



Q.Roo posee la **única costa** del país hacia el **Mar Caribe**.⁴⁴



La flora en Quintana Roo varía según el clima **y abundan las selvas**.⁵¹



Cuenta con la Reserva de la Biósfera del **Tiburón Ballena**, uno de los mejores sitios para el avistamiento del pez más grande del planeta.⁴⁵



Dos terceras partes de la superficie arbolada se conforma por: **caoba, cedro rojo, primavera, palo rosa y roble** (producen maderas de alta calidad). Entre las especies más relevantes están el Ébano, el Huizache, el Huanacaxtle y el Chicozapote, la cual es la resina para producción del **chicle**.⁵²



En el estado se encuentra el **2do arrecife de barrera más grande a nivel mundial**, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.⁴⁶

40. CONABIO. (2021). Riqueza biológica de Quintana Roo: Un análisis para su conservación. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/region/eeb/files/QUINTANAROO_resumen.pdf

41.- 42. Gobierno de Quintana Roo. (s. f.-c). Áreas Naturales Protegidas. <https://qroo.gob.mx/eje-5-crecimiento-ordenado-con-sustentabilidad-ambiental/areas-naturales-protegidas>

43. CONABIO. (2003). El Corredor Biológico Mesoamericano. Biodiversitas. http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/biodiv47.pdf

44. Gobierno de Quintana Roo. (s. f.-d). Medio Ambiente y Sustentabilidad. <https://qroo.gob.mx/eje-5-crecimiento-ordenado-con-sustentabilidad-ambiental/medio-ambiente-y-sustentabilidad>

45. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2018). Tiburón ballena, el gigante de los mares#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20somos%20privilegiados%20por,conservaci%C3%B3n%20espec%C3%ADfica%20de%20esta%20especie.

46. - 47. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/97_libro_pm.pdf

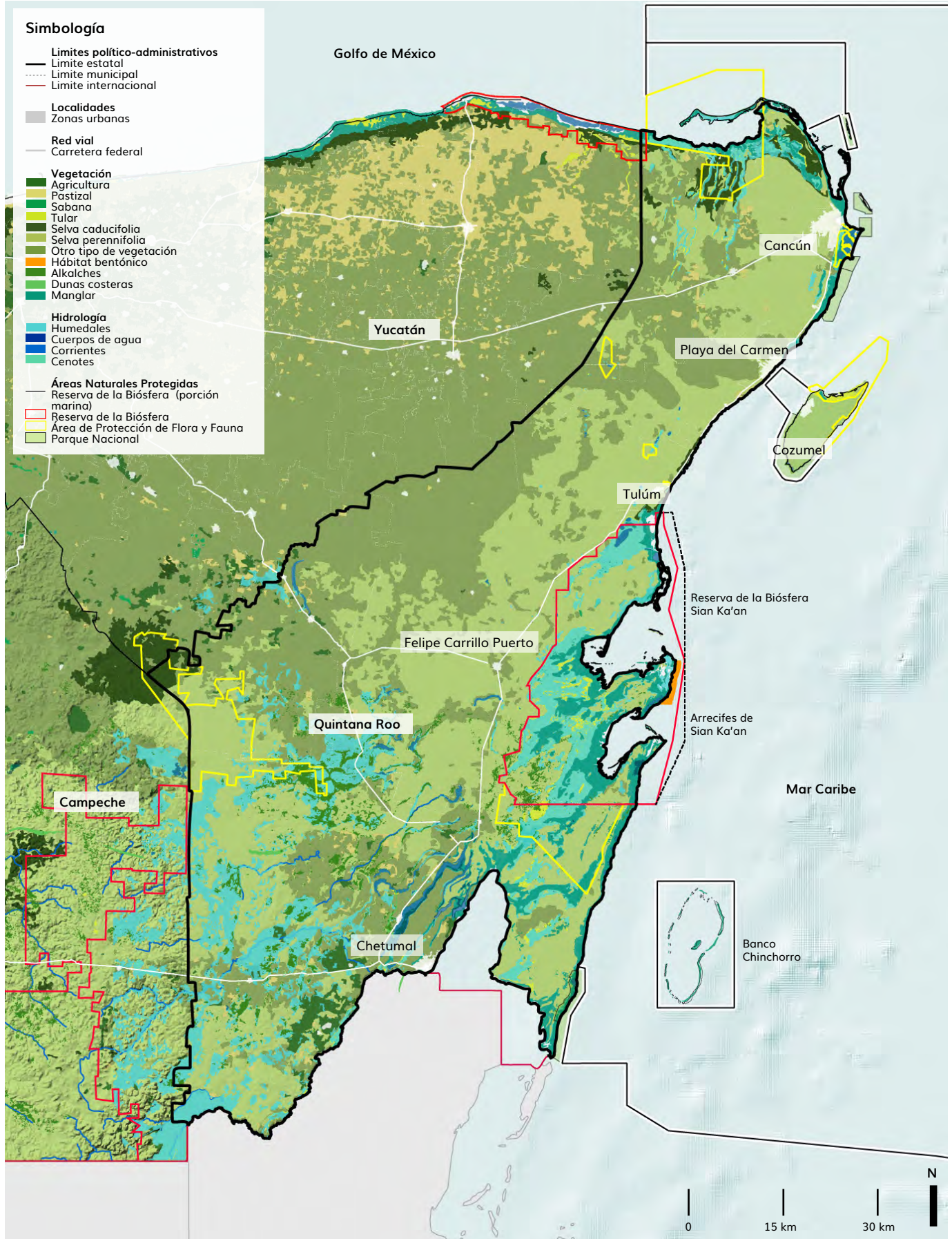
48. CONABIO. (2021). Riqueza biológica de Quintana Roo: Un análisis para su conservación. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/region/eeb/files/QUINTANAROO_resumen.pdf

49. Programa Destinos México.(s.f.). Liberación de tortugas en Cancún. [https://programadestinosmexico.com/aventura-y-ecoturismo/liberacion-de-tortugas-marinas-en-cancun.html#:~:text=Siete%20de%20estas%20especies%20vienen,y%20la%20C3%BAAd%20\(Dermochelys%20coriacea\).](https://programadestinosmexico.com/aventura-y-ecoturismo/liberacion-de-tortugas-marinas-en-cancun.html#:~:text=Siete%20de%20estas%20especies%20vienen,y%20la%20C3%BAAd%20(Dermochelys%20coriacea).)

50. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.).

51. - 52. Gobierno de Quintana Roo. (s. f.). Flora y Fauna. <https://qroo.gob.mx/sema/flora-y-fauna/>

Imagen: Mapa de Análisis del sistema biótico y ambiental en Quintana Roo. Fuente: Elaborado a partir de información obtenida de CONAGUA 2022, CONANP 2017, SEMARNAT 2004, CONABIO 2017 y 2021



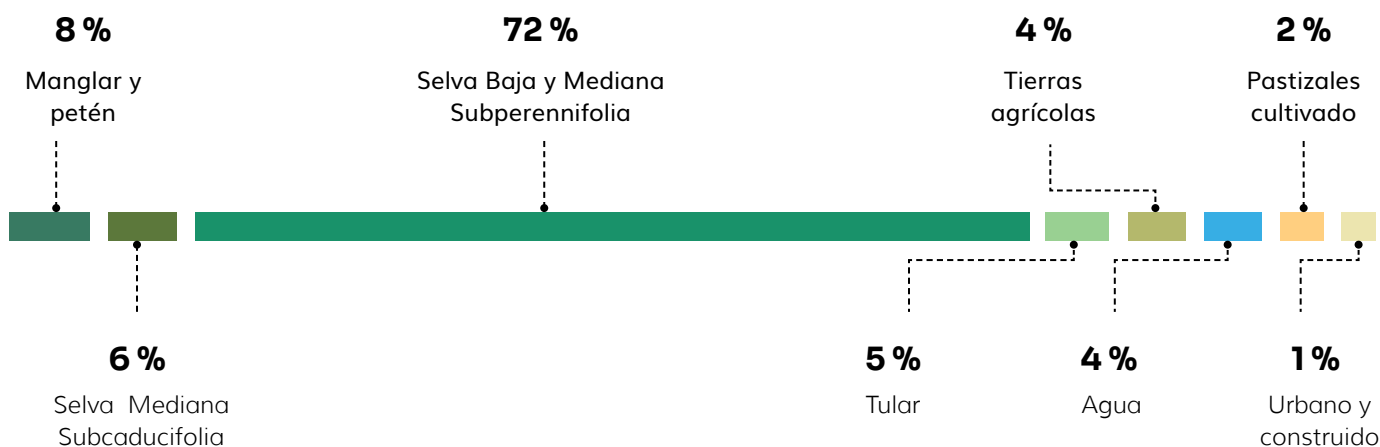
SISTEMA BIÓTICO

QUINTANA ROO

Quintana Roo se caracteriza por su abundante vegetación, ya que se encuentra en una zona neotropical. Tomando en cuenta distintos factores geológicos, se identifican **12 comunidades vegetales**:⁵³

- Selva alta subperennifolia
- Selva mediana subperennifolia
- Selva mediana subcaducifolia
- Selva baja espinosa subperennifolia
- Selva baja subcaducifolia
- Selva baja caducifolia
- Palmar
- Manglar
- Sabana
- Vegetación de dunas costeras
- Petén
- Tular

La **cobertura del suelo** de Quintana Roo, según sus características naturales, se distribuye de la siguiente manera:⁵⁴



97% del territorio de Quintana Roo está cubierto por **selva**, lo que representa la mayor parte de su vegetación.⁵⁵

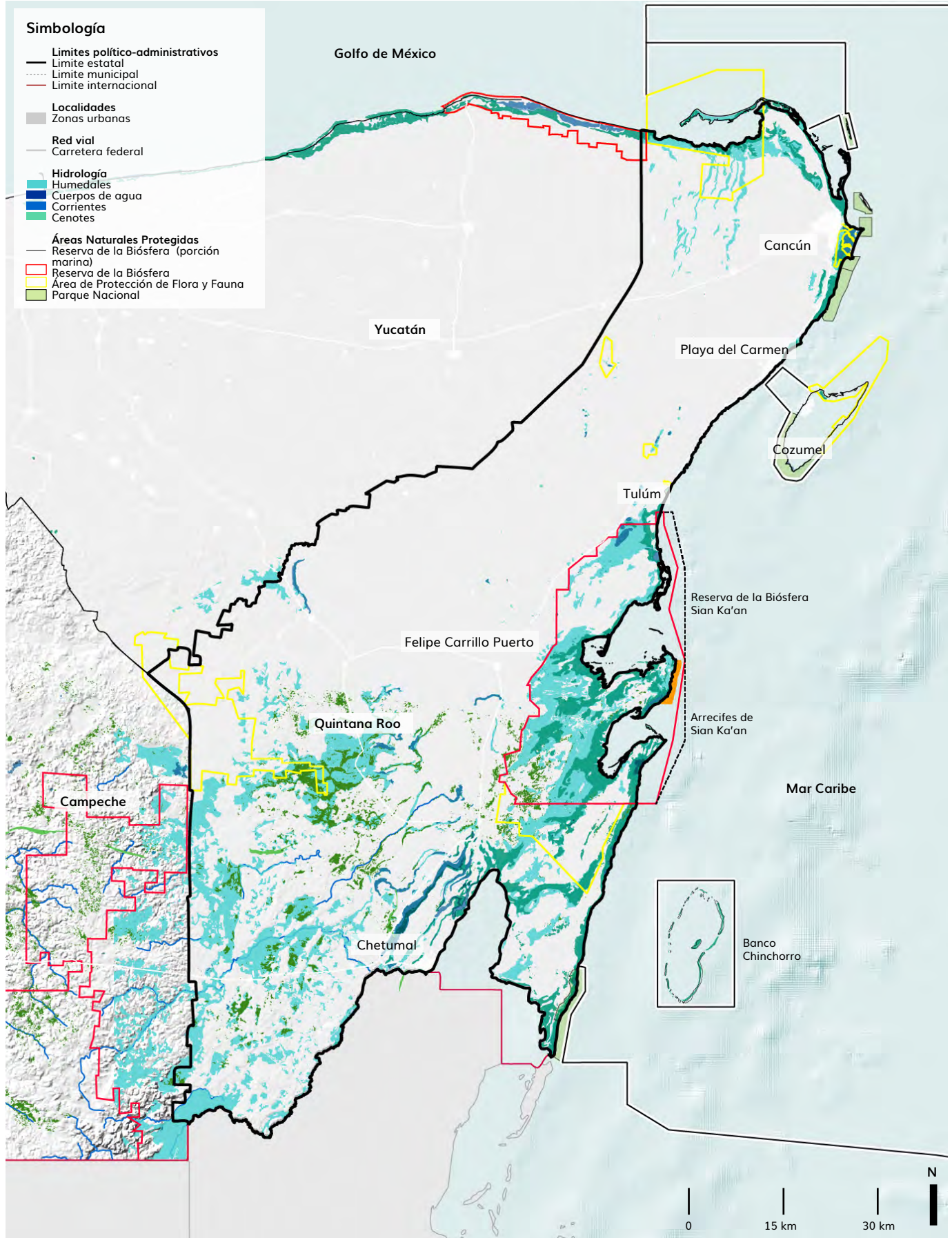
16.9% del total de **hectáreas de mangle del país**, se encuentra en Quintana Roo (129,921 hectáreas).⁵⁷

2do lugar a nivel nacional en términos de **diversidad vegetal**.⁵⁶

53. Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.

54. CONAFOR. (2021). Infomapa de cobertura de suelo de Quintana Roo 2016. idefor.cnf.gob.mx. <https://idefor.cnf.gob.mx/documents/124>

55. - 57. Gobierno de Quintana Roo. (s. f.-d). Medio Ambiente y Sustentabilidad. <https://qroo.gob.mx/eje-5-crecimiento-ordenado-con-sustentabilidad-ambiental/medio-ambiente-y-sustentabilidad>



SISTEMA HÍDRICO

QUINTANA ROO

Quintana Roo se encuentra en una región caracterizada por amplias llanuras y pequeñas pendientes con dirección al Mar Caribe. El suelo de la zona, al ser calizo **filtra el agua de las precipitaciones, dándole vida a los ríos subterráneos, a los cenotes y a los pozos.**

El territorio de Quintana Roo se encuentra dentro de dos regiones hidrológicas: la RH32 "Yucatán Norte" (Yucatán) y la RH33 "Yucatán Este" (Quintana Roo). La proporción de estas regiones en el estado se divide de la siguiente manera: ⁵⁸



Principales **cuerpos de agua** en Quintana Roo: ⁵⁹

- Bahía de Chetumal
- Laguna Guerrero
- Laguna Conil
- Laguna Chacmochuc
- Laguna Santa Rosa
- Laguna Bacalar
- Laguna X-Kojoni
- Laguna Nichupté
- Laguna Petén Tunich
- Laguna Caapechén
- Laguna Pájaros
- Laguna Agua Salada
- Laguna San Felipe
- Laguna La Virtud
- Laguna Mosquitero
- Laguna Noh-Bec Bojórquez
- Laguna Chile Verde
- Laguna Canchebalam
- Laguna Huach.



En Quintana Roo encontramos aproximadamente **2,000 cenotes**, concentrados en la zona de Playa del Carmen a Tulum y superficialmente el Río Hondo es el único río de gran importancia. ⁶⁰



El estado alberga algunos de los **ríos subterráneos más largos del mundo, como Sac Actún, Ox Bel Ha y Dos Ojos.** ⁶¹

58. - 59. Martínez, F. (2023). Hidrografía de Quintana Roo - ríos, lagos, presas y acuíferos. paratodomexico.com. <https://paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-quintana-roo/hidrologia-quintana-roo.html>

60. CONANP & Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2023). Área de protección de flora y fauna: Cenote Aerolito. <https://www.conanp.gob.mx/pdf/separata/EPJ-APFF-CenoteAerolito.pdf>

61. Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.



Imagen: vista de atardecer en Punta Allen, Quintana Roo. Fuente: Amigos de Sian Ka'an

ECOSISTEMAS MARÍTIMOS

QUINTANA ROO

La costa de Quintana Roo se extiende **700 km a lo largo del Mar Caribe**, por lo que, los ecosistemas acuáticos son de gran importancia en la región.

El ecosistema marino más destacado en Quintana Roo es el **arrecife coralino**, este forma parte del **Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM)**, que abarca aproximadamente **1,000 km** desde México hasta Belice, Guatemala y las Islas Bahía frente a Honduras ⁶². Los arrecifes coralinos son fundamentales para la industria turística de Quintana Roo, ya que son responsables de las playas de arenas blancas y aguas turquesas que atraen a los visitantes.

42% de la **Barrera Arrecifal Mesoamericana** se encuentra en el estado de Quintana Roo. ⁶³

500 especies de **peces** registrados dentro del arrecife Mesoamericano. ⁶⁴

85% de los arrecifes de coral en Quintana Roo se encuentran en **estado saludable**. ⁶⁵

25% de las **especies marinas** se encuentran en los arrecifes coralinos, lo que los convierte en hábitats esenciales para la vida marina. ⁶⁶

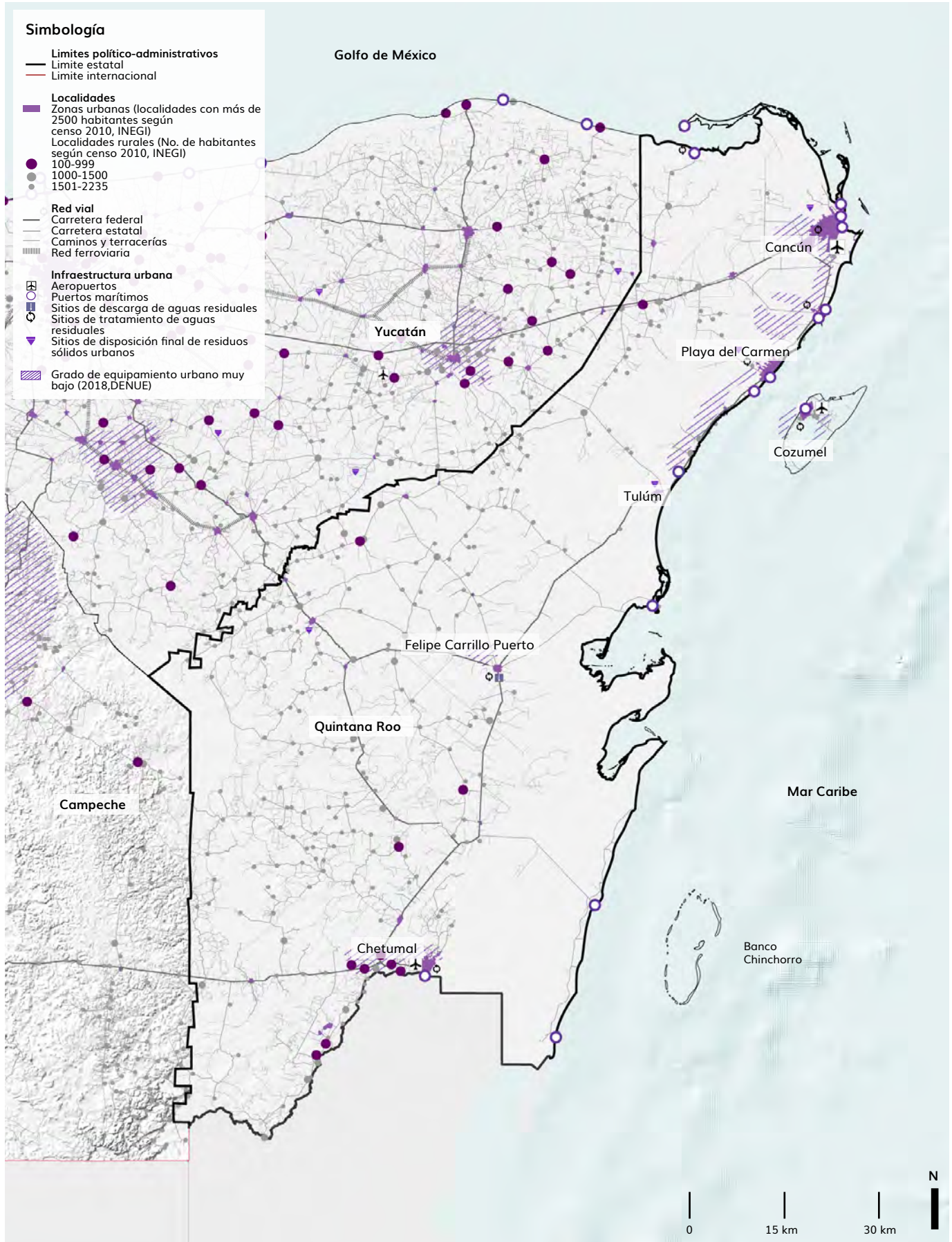
9% de la **producción pesquera global** aportan los arrecifes coralinos de Quintana Roo. ⁶⁷

65 **especies de corales** registrados. ⁶⁸

Imagen: Arrecife Mesoamericano en Quintana Roo. Fuente: trncmx.org



62. Amigos de Sian Ka'an. (2005). Sian Ka'an serie de documentos (6.a ed.). <https://cedocvirtual.sectur.gob.mx/janium/Documentos/2012/010376/010376.pdf>
63. Arrecifes Saludables para Gente Saludable. (2018). Reporte del Arrecife Mesoamericano. https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2012/12/SmithReefs_RC17_Pages_SPA_1207_DIG_LO.pdf
64. | WWF. (s. f.). Arrecife Mesoamericano. https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/programas/arrecife_mesoamericano/
65. Maldonado, C. S. (2023). El 85% del arrecife más grande del sur del Golfo de México se encuentra en buenas condiciones. El País México. <https://elpais.com/mexico/2023-06-19/el-85-del-arrecife-mas-grande-del-sur-del-golfo-de-mexico-se-encuentra-en-buenas-condiciones.html>
66. - 67. Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.
68. | WWF. (s. f.). Arrecife Mesoamericano. https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/programas/arrecife_mesoamericano/



ANÁLISIS URBANO

QUINTANA ROO

El estado de Quintana Roo, representa uno de los polos de **desarrollo urbano, económico y social más relevantes a nivel nacional**. En décadas recientes, el estado se ha visto forzado a responder y adaptarse, a través de la creación de infraestructura y equipamiento urbano, ante **importantes fuerzas de crecimiento urbano y poblacional**.

2.3% de la **superficie** total nacional (50,843 km²).⁶⁹

90% de la población reside en **áreas urbanas**.⁷⁰

10% de la población reside en **áreas rurales**.⁷¹

11 **municipios** en el estado.⁷²

27 **áreas urbanas** dentro del estado.⁷³

2,180 **localidades rurales** dentro del estado.⁷⁴

282 **ejidos en el estado** (2,754,477 ha).⁷⁵

Dentro de las ciudades y localidades más destacadas de la región se encuentran:

- **Cancún (934,189 habs):**⁷⁶ uno de los principales destinos turísticos de México, conocido por sus playas de arena blanca y su vida nocturna. Es también el centro urbano más grande y poblado del estado.
- **Playa del Carmen (304.942 habs):**⁷⁷ está ubicada en la Riviera Maya, ofreciendo una amplia variedad de hoteles, restaurantes, tiendas y actividades recreativas.
- **Chetumal (233,648 habs):**⁷⁸ es la capital del estado y se encuentra en la frontera con Belice. Es un importante centro administrativo, comercial y cultural de la región.

31 **Carreteras** existen actualmente en el estado, dentro de las más importantes están:⁷⁹

- Arco vial Chetumal-CancúnTulum y X can-Playa del Carmen
- México 307 : De sur a norte, Chetumal-Felipe Carrillo Puerto- Cancún.
- México 180: Cancún - Yucatán.
- México 184: Quintana Roo -Campeche

60% de los vehículos son de **uso privado**.⁸⁰

23 % son camiones de carga.⁸⁰

350 mil (aprox) automóviles circulan en el estado.⁸¹

1,823 unidades de transporte público en circulación.⁸²

2° estado con mayor unidades de transporte turístico, sólo superado por la CDMX.⁸³

34 % de la población utiliza el vehículo particular (automóvil, camioneta o motocicleta) como principal medio de transporte.⁸⁴

52 % de la población utiliza el camión, taxi, combi o colectivo como principal medio de transporte.⁸⁵

69. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC). (s. f.). Ficha climática. Quintana Roo. https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/23_Ficha.pdf

70. - 71. INEGI. (s. f.). Distribución Quintana Roo. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/poblacion/distribucion.aspx?tema=me&e=23#:~:text=Quintana%20Roo&text=79%20%25%20de%20la%20poblaci%C3%B3n%20vive,localidades%20rurales%20y%204%2C189%20urbanas>

72. INEGI. (s. f.). Número de habitantes. Quintana Roo. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/poblacion/default.aspx?tema=me&e=2382,alguna%20porci%C3%B3n%20de%20sus%20tierras>

73. - 74. INEGI. (s. f.). Distribución Quintana Roo. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/poblacion/distribucion.aspx?tema=me&e=23#:~:text=Quintana%20Roo&text=79%20%25%20de%20la%20poblaci%C3%B3n%20vive,localidades%20rurales%20y%204%2C189%20urbanas>

75. Villa, F. (2020, 16 enero). Cede 90% de ejidos ante urbanización en Quintana Roo. *Luces del Siglo*. <https://lucsdelsiglo.com/2020/01/16/cede-90-de-ejidos-ante-urbanizacion-en-quintana-roo-local/#:~:text=La%20entidad%20cuenta%20con%20282,alguna%20porci%C3%B3n%20de%20sus%20tierras>

76. Gobierno de México. (s. f.). Cancún: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. *Data México*. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/cancun>

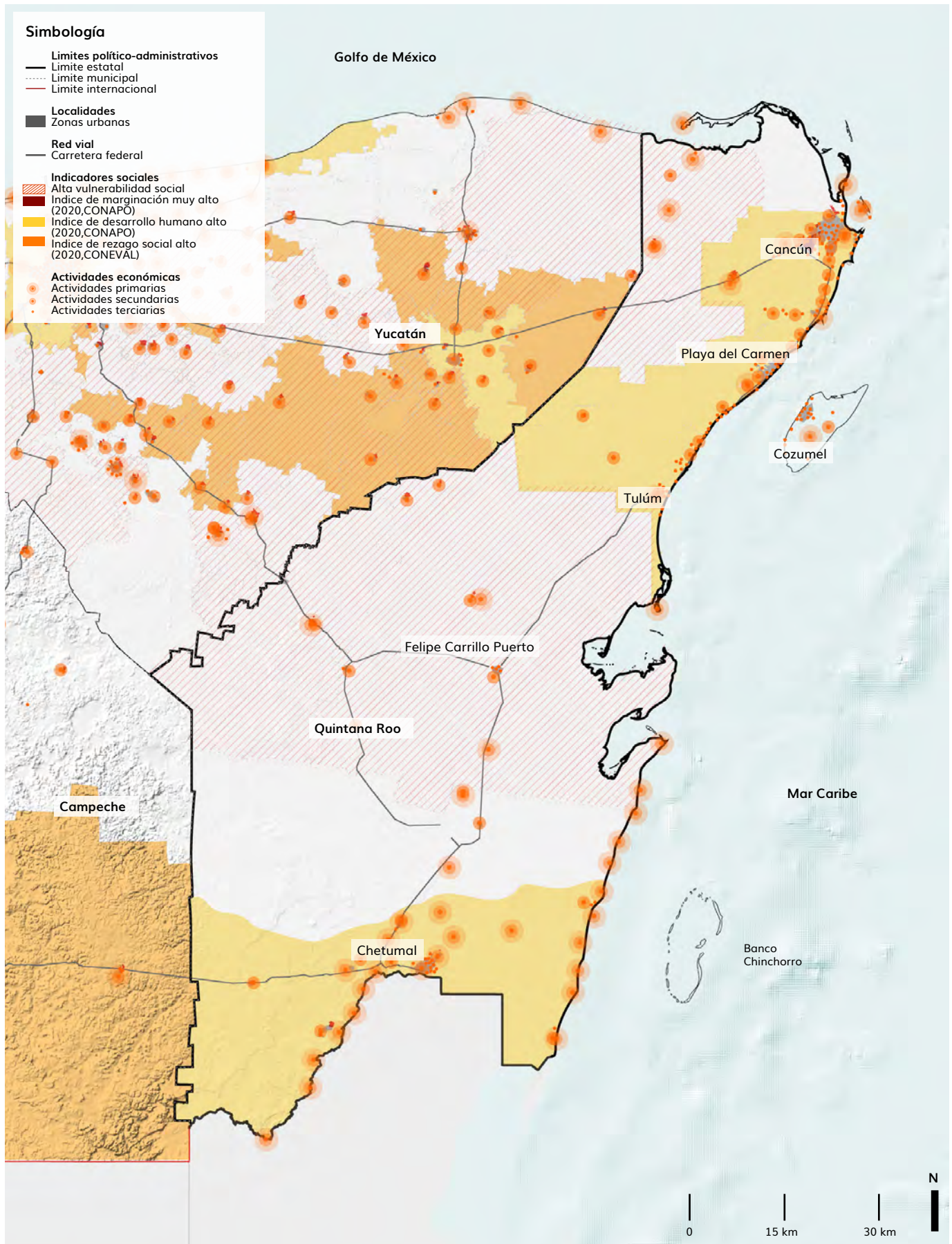
77. México PueblosAmerica. (2022). Playa Del Carmen (Quintana Roo) Solidaridad. *PueblosAmerica.com*. <https://mexico.pueblosamerica.com/i/playa-del-carmen/>

78. Gobierno de México. (s.f.). Chetumal: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. *Data México*. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/chetumal>

79. Gobierno de Quintana Roo. (s.f.). Infraestructura. <https://qroo.gob.mx/eje-5-crecimiento-ordenado-con-sustentabilidad-ambiental/infraestructura>

80. - 83. Gobierno de Quintana Roo. (s.f.). Movilidad y Transporte. <https://qroo.gob.mx/eje-5-crecimiento-ordenado-con-sustentabilidad-ambiental/movilidad-y-transporte>

84. - 85. Quintana Roo. (s/f). *Data México*. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/quintana-roo-qr>



ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO

QUINTANA ROO

Quintana Roo es un estado sumamente significativo dentro de la nación. Sus ingresos y el sustento principal de su economía provienen **principalmente del turismo**, aunque también se destaca la contribución de la industria portuaria. En los últimos años, la población ha experimentado un **aumento considerable debido a la migración, tanto a nivel nacional como internacional**, impulsada por las oportunidades laborales que ofrece la región.

1.5 % (aprox.) de los **habitantes totales** del país viven en Quintana Roo (**1,857,985**), con un crecimiento significativo en los últimos **45 años**.⁸⁶



▪ **Actividades económicas primarias** (agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza).⁹⁵

24vo lugar en población, con un crecimiento aproximado de **40.2 %**.⁸⁷

50.4% de la población son **hombres**.⁸⁸

49.6% de la población son **mujeres**.⁸⁹

3.5% de **crecimiento anual poblacional**: tasa de crecimiento **más alta a nivel nacional**. (tasa anual de crecimiento a nivel nacional: 1.2 %).⁹⁰



▪ **Actividades económicas secundarias** (industria de la minería, manufacturas, construcción y electricidad).⁹⁶

- Aumento anual del 2,5 %, situando a Quintana Roo en el 20vo lugar a nivel nacional

- Contribución al PIB estatal: 13% al 15%



Municipios con la tasa más alta de crecimiento: **Solidaridad (7.9%)** y **Tulum (5.3%)**.⁹¹



Crecimiento ocasionado por las fuentes de empleo que genera la **actividad turística** del estado.⁹²



▪ **Actividades económicas terciarias** (principalmente turismo y servicios).⁹⁷

- Aumento anual del 11.5 %, situando a Quintana Roo en el 2do lugar a nivel nacional

- Contribución al PIB estatal: del 80% al 85%

19.6 % de **crecimiento en ventas internacionales** en Quintana Roo en 2022 con respecto al año anterior (ventas : US\$161M).⁹³

3er lugar nacional en el **aumento de la actividad económica** (aumento de 10.2%).⁹⁴

86. Dinámica. Quintana Roo. (s/f). Org.mx. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/poblacion/dinamica.aspx>

87. El Economista. (2021). Quintana Roo registra la mayor tasa anual de crecimiento poblacional de todo el país: Censo 2020. El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Quintana-Roo-registra-la-mayor-tasa-anual-de-crecimiento-poblacional-de-todo-el-pais-Censo-2020-20210127-0108.html>

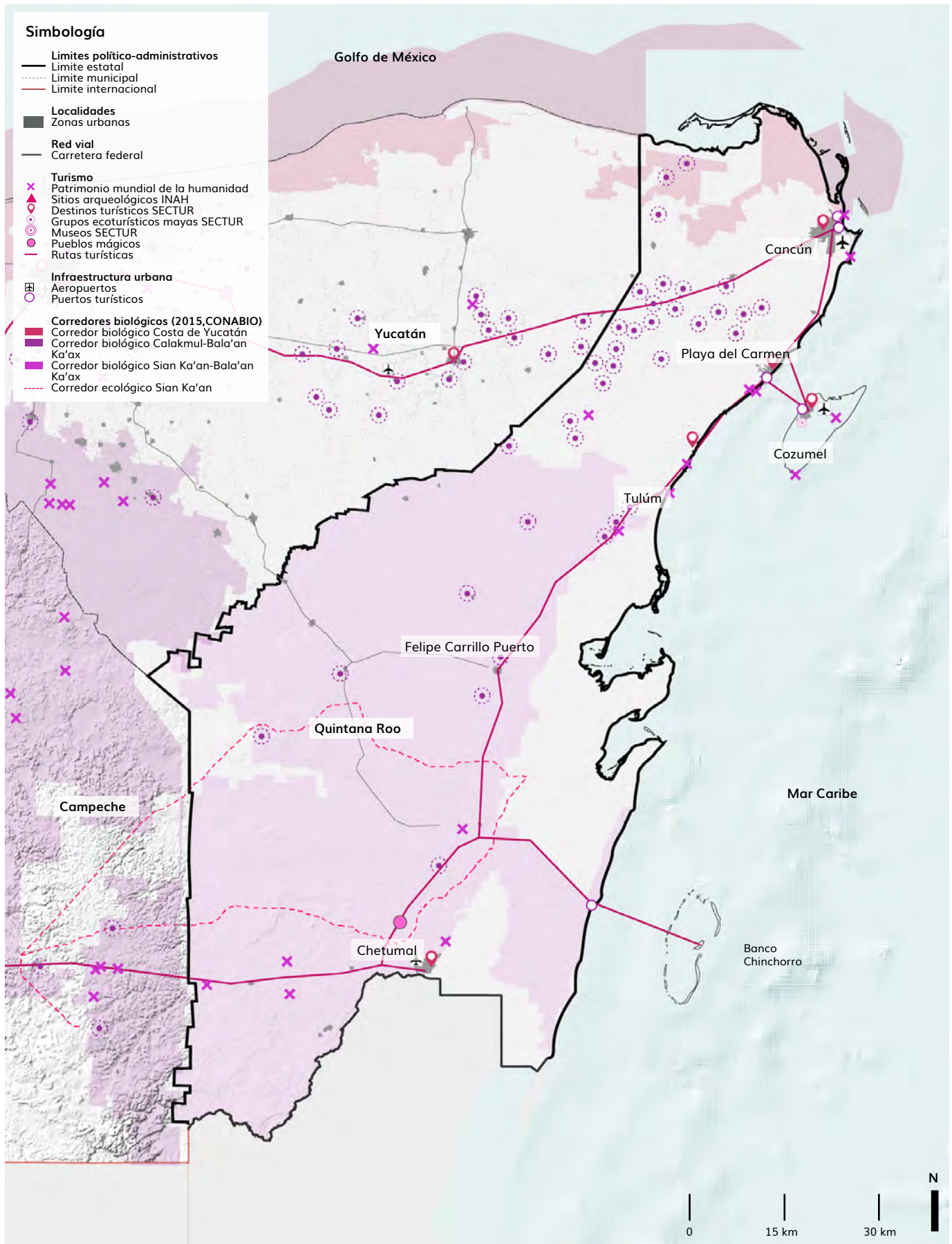
88. - 89. Quintana Roo. (s/f). Data México. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/quintana-roo-qr>

90. - 91. El Economista. (2021). Quintana Roo registra la mayor tasa anual de crecimiento poblacional de todo el país: Censo 2020. El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Quintana-Roo-registra-la-mayor-tasa-anual-de-crecimiento-poblacional-de-todo-el-pais-Censo-2020-20210127-0108.html>

92. CONABIO. (2021). Riqueza biológica de Quintana Roo: Un análisis para su conservación. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/region/eeb/files/QUINTANAROO_resumen.pdf

93. Gobierno de México. (s.f.). Quintana Roo: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. Data México. <https://datamexico.org/es/profile/geo/quintana-roo-qr>

94. - 97. INEGI. (2022). Indicador trimestral de la actividad económica estatal Quintana Roo primer trimestre de 2022. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/itae/itae2022_07_QRoo.pdf



TURISMO

QUINTANA ROO

Quintana Roo es uno de los estados con **mayor turismo** en México a nivel nacional. En décadas recientes, se ha consolidado como uno de los **destinos turísticos clave a nivel global**. Con una riqueza ambiental e histórica inigualable, sus playas, selvas y ruinas prehispánicas, hacen de Quintana Roo, un estado altamente competitivo en temas turísticos. Paralelamente, hoy el estado cuenta con una **vasta oferta hotelera** de todo rango, agregando un valor en un sistema de equipamiento turístico integral como pocos estados en la República.

	Quintana Roo es el principal destino turístico de México. ⁹⁸	5	Aeropuertos; 3 son internacionales y se localizan en Chetumal, Cancún y Cozumel; 2 son nacionales y están en Isla Mujeres y Playa del Carmen. ¹⁰⁶ Y la construcción del nuevo Aeropuerto Internacional de Tulum, planeado para inaugurarse en el 2024.
13 %	de la oferta de cuartos que hay en México se encuentran en el estado (aprox. 100,000 cuartos). ⁹⁹		
	Es el estado que cuenta con mas Hoteles 5 Estrellas . ¹⁰⁰	126	ciudades con conexión aeroportuaria a lo largo del mundo: ¹⁰⁷ <ul style="list-style-type: none"> • 26 en México • 20 en Europa • 18 en Canadá • 21 en LATAM • 41 en Estados Unidos
37	de cada 100 turistas que llegan a México lo hacen por Quintana Roo . ¹⁰¹		
12	de los 32 millones de turistas internacionales que tienen como destino algún lugar del país, pasan por Quintana Roo . ¹⁰²		
	El Aeropuerto Internacional de Cancún, es el segundo con mayor tráfico de pasajeros a nivel nacional, sólo por debajo del AICM. Entre los dos, se movilizó 71.8% del tráfico total de pasajeros aéreos de todo el país (1er bimestre 2022). ¹⁰³	5,000	nuevas habitaciones hoteleras en 2022 (total : 127,399). ¹⁰⁸
		4.9	millones de visitantes en crucero en el 2022. ¹⁰⁹
		19.6	millones de turistas registrados en el 2022: ¹¹⁰
30.3	millones de pasajeros movilizados por el Aeropuerto internacional de Cancún en 2022. ¹⁰⁴		<ul style="list-style-type: none"> • 37.01 % estadounidenses • 2.91 % Reino Unido • 35.97 % mexicanos • 2.75 % colombianos • 6.48 % canadienses
	Quintana Roo tiene seis puertos principales: Puerto Morelos, Puerto Juárez, Isla Mujeres, Chetumal, Cozumel y Bacalar. ¹⁰⁵		

98. - 102. Gobierno de Quintana Roo. (2017). El turismo generado en Quintana Roo, beneficia también a todo el país. <https://qroo.gob.mx/qroo/el-turismo-generado-en-quintana-roo-beneficia-tambien-todo-el-pais#:~:text=EL%20TURISMO%20GENERADO%20EN%20QUINTANA%20ROO%2C%20BENEFICIA%20TAMBI%3%89N%20A%20TODO%20EL%20PA%3%8DS,-Domingo%2C%2014%20de&text=De%20cada%20cien%20pesos%20que,el%20Estado%20de%20Quintana%20Roo>

103. Bulla, A. (2022, 1 abril). Cancún: Aeropuerto bate récord de pasajeros y supera niveles Precovid | Noticias de Turismo REPORTUR. Noticias de turismo REPORTUR. <https://www.reportur.com/sin-categoria/2022/04/01/cancun-aeropuerto-moviliza-mas-pasajeros-que-antes-del-covid/>

104. El Economista. (2023, 8 junio). Aeropuerto de Cancún moviliza casi 14 millones de pasajeros en apenas 5 meses. El Economista. <https://www.economista.com.mx/estados/Aeropuerto-de-Cancun-moviliza-casi-14-millones-de-pasajeros-en-5-meses-20230607-0093.html>

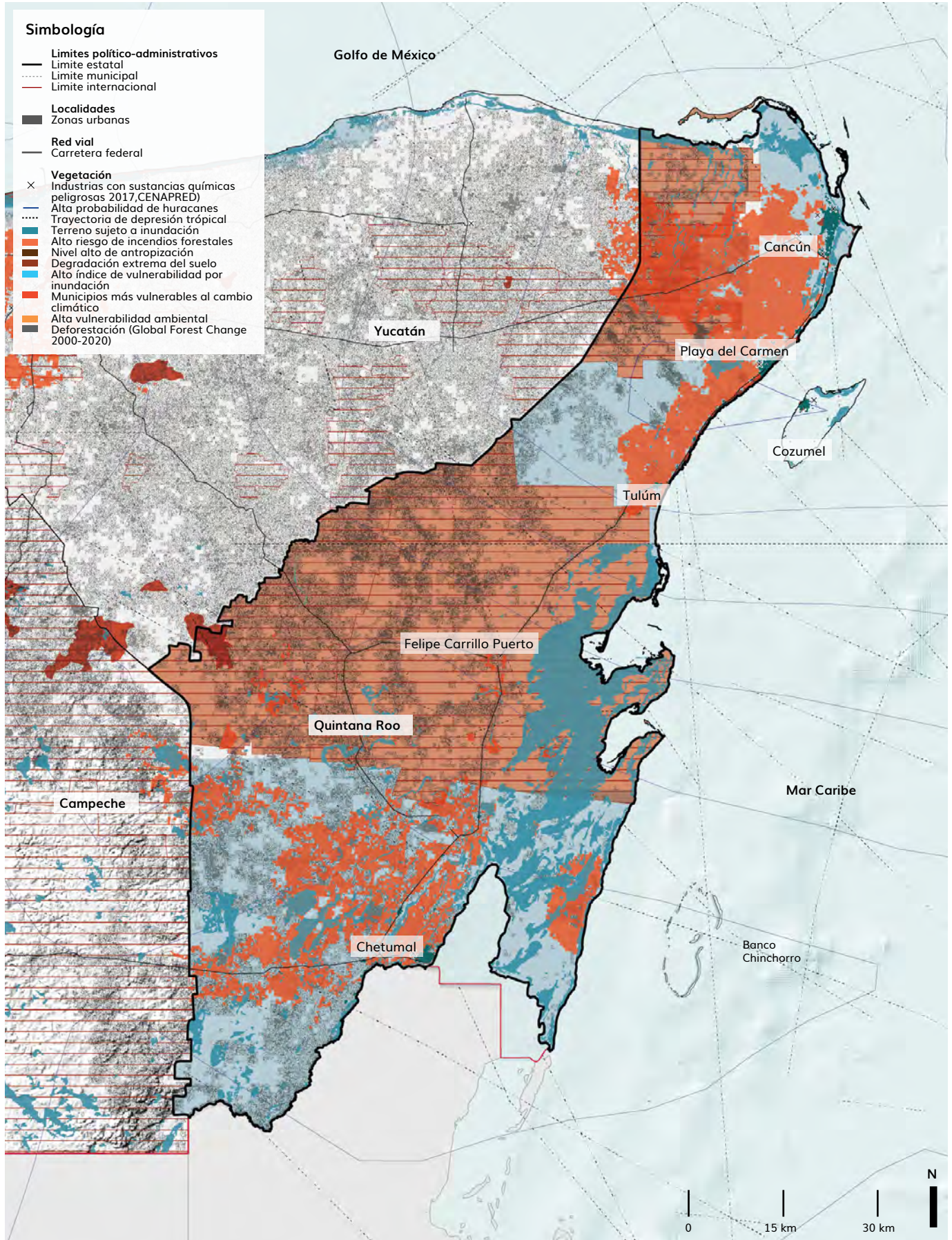
105. Gobierno de Quintana Roo. (s. f.-c). Movilidad y Transporte. <https://qroo.gob.mx/eje-5-crecimiento-ordenado-con-sustentabilidad-ambiental/movilidad-y-transporte>

106. Secretaría de Economía, ProMéxico (s. f.). Aeropuertos. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/75243/PDF-Aero-2015_ESP.pdf

107. - 108, 110. Vázquez, J. (2023). Quintana Roo, cerca de alcanzar 20 millones de turistas de pernocta en el 2022. El Economista. <https://www.economista.com.mx/estados/Quintana-Roo-cerca-de-alcanzar-20-millones-de-turistas-de-pernocta-en-el-2022-20230130-0086.html>

109. SEDETUR. (2023). Quintana Roo: ¿Cómo vamos en turismo? 2022-2023. https://sedeturqroo.gob.mx/ARCHIVOS/como_vamos_202301.pdf

Imagen: Mapa de Análisis de Riesgos y Vulnerabilidades en Quintana Roo. Fuente: Elaborado a partir de información obtenida de INEGI 2020, CENAPRED 2014, 2016, CONABIO 2016, 2018



RIESGOS Y VULNERABILIDADES

QUINTANA ROO

El estado de Quintana Roo enfrenta una serie de riesgos, vulnerabilidades y amenazas que pueden tener **impactos directos e indirectos en su territorio, economía y población**. Algunos de ellos son:




 <p>FENÓMENOS NATURALES</p>	 <p>VULNERABILIDAD COSTERA</p>	 <p>CAMBIO CLIMÁTICO</p>
<p>Fenómenos como los Huracanes, tormentas tropicales, ciclones, inundaciones y erosión costera, entre otros, pueden causar daños materiales, interrupción de servicios básicos, pérdida de vidas humanas y afectar la economía del estado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quintana Roo, Baja California Sur, Sinaloa y Tamaulipas son los estados con mayor presencia de ciclones tropicales.¹¹¹ • Es uno de los 7 estados con mayores pérdidas económicas por consecuencia de ciclones tropicales entre 2010 y 2012.¹¹² 	<p>La erosión costera y la pérdida de ecosistemas clave como los manglares y los arrecifes de coral ocasiona el aumento de la vulnerabilidad a eventos extremos y la pérdida de biodiversidad, ya que son importantes para proteger la costa de dichos eventos, además de ser hábitats vitales para la biodiversidad marina.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 2º estado con mayor pérdida de manglares.¹¹³ 	<p>El aumento de las temperaturas y el aumento del nivel del mar ocasionan impactos directos en la costa del estado, estos impactos incluyen la erosión costera, la intrusión salina y la pérdida de ecosistemas costeros. De igual forma, el cambio climático ocasiona mayor frecuencia y aumento de eventos climáticos extremos, como lluvias intensas y sequías.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las tormentas han sido los desastres naturales que más han aumentado en los últimos años.¹¹⁴ ▪ 42 ciclones han tocado tierra en Q.Roo en los últimos 51 años.¹¹⁵

Imagen : Huracán en Quintana Roo. Fuente: ElQuintanaRoo.mx



Imagen : Basura en Slan Ka'an. Fuente: ARZOZ 2023



111. México Desconocido. (2010). Los huracanes. <https://www.mexicodesconocido.com.mx/los-huracanes.html#:~:text=De%20acuerdo%20con%20los%20registros,y%20Tamaulipas%20donde%20penetran%20m%C3%A1s>.

112. Gobierno de Quintana Roo. (s. f.). Protección Civil. <https://qroo.gob.mx/eje-2-gobernabilidad-seguridad-y-estado-de-derecho/proteccion-civil#:~:text=De%20igual%20forma%20de%20acuerdo,los%20a%C3%B1os%202010%20y%202012>

113. Soto, G. (2021). Quintana Roo, el segundo estado con más pérdidas de manglares en México: Conabio. PorEsto. <https://www.poresto.net/quintana-roo/2021/8/15/quintana-roo-el-segundo-estado-con-mas-perdidas-de-manglares-en-mexico-conabio-272462.html>

114. Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC). (s. f.). Quintana Roo. Plataforma Estados y Municipios. https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Vulnerabilidad/V_23.html

115. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC). (s. f.). Ficha climática. Quintana Roo. https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/23_Ficha.pdf



SEGURIDAD PÚBLICA

Quintana Roo tiene **desafíos en términos de seguridad pública**, particularmente en áreas turísticas y urbanas. La presencia del crimen organizado, la delincuencia común y la violencia afectan la percepción y la seguridad de los residentes y turistas.

- En 2015 se posicionó como el 10° país con mayor inseguridad ¹¹⁶
- **66% de la población** adulta dice que la **inseguridad es el mayor problema** del estado.¹¹⁷



IMPACTOS INDIRECTOS EN EL TURISMO

La alta concentración de turistas puede ejercer **presión sobre los recursos naturales y la infraestructura**, como el agua y la energía.

Además, la dependencia económica del turismo puede hacer que el estado sea más vulnerable a las crisis económicas y a los cambios en las preferencias de los turistas.



IMPACTOS EN ECOSISTEMAS MARINOS

Los ecosistemas marinos de Quintana Roo están amenazados por la contaminación, la sobreexplotación y el cambio climático. Estos impactos **afectan la salud de los ecosistemas y la biodiversidad marina**, lo cual tiene consecuencias en la **pesca, el turismo de buceo y la calidad del agua**.

- En los últimos años la **temperatura media** del mar ha **aumentado 0.75°C**. ¹¹⁸
- **50% de los corales** de la zona han **disminuido** en los últimos 40 años. ¹¹⁹

Imagen : Tulum. Fuente: Plataforma Mexicana del CO2



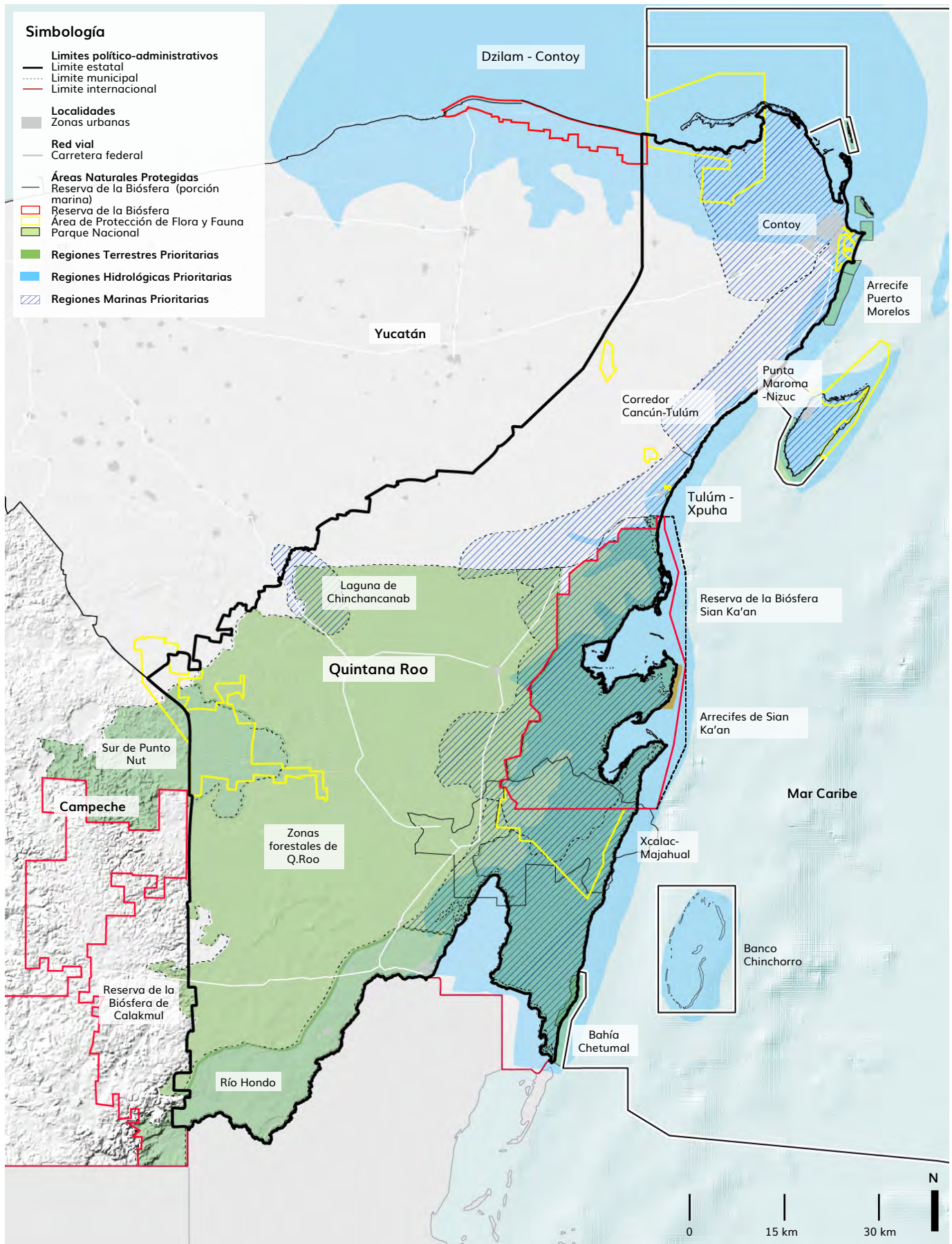
Imagen : Paso Tren Maya. Fuente: ARZOZ 2023



116. Gobierno de Quintana Roo. (s. f.). Seguridad Pública. <https://qroo.gob.mx/eje-2-gobernabilidad-seguridad-y-estado-de-derecho/seguridad-publica>
 117. INEGI. (2021). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre seguridad pública. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/envipe/2021/doc/envipe2021_qroo.pdf
 118. - 119. Gobierno de México. (2019). Los arrecifes coralinos y su importancia. <https://avanceperspectiva.cinvestav.mx/arrecifes-en-peligro-la-situacion-del-caribe-mexicano/>



Imagen: Impacto negativo de acumulación de basura en zona costera en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Fuente: ARZOZ, 2023



ZONAS PRIORITARIAS

QUINTANA ROO

Quintana Roo, posee una importante riqueza natural. Los humedales son parte fundamental del estado, ya que tienen un valor ambiental muy relevante, y juegan un papel clave dentro del balance ecosistémico de la zona. Con el fin de identificar las zonas prioritarias del estado, se tomaron como criterios de referencia los mostrados a continuación:¹²⁰

- Humedales con sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos Zk(a)
- Humedales marinos o costeros
- Humedales intermareales arbolado
- Pantanos y esteros intermareales
- Especies amenazadas y en peligro de extinción

COMPARATIVA DE ZONAS DE ACUERO A CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN.

Tabla Comparativa de zonas de acuerdo a criterios de priorización propuestos. Fuente: Elaboración propia con información de: RIS Search | Servicio de Información sobre Sitios Ramsar

HUMEDAL RAMSAR	HUMEDALES CON SIST. KÁRSTICOS Y OTROS SIST. HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS ZK(A)	HUMEDALES MARINOS O COSTEROS	HUMEDALES INTERMAREALES ARBOLADO	PANTANOS Y ESTEROS INTERMAREALES	ESPECIES AMENAZADAS Y EN PELIGRO DE EXTINCIÓN
Reserva de la Biósfera Sian Ka'an	●	●	●	●	●
Parque Nacional Arrecifes de Xcalak		●	●		●
Parque Nacional Isla Contoy		●	●		●
Área de Protección de Flora y Fauna Bala'an K'aax					●
Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos	●	●	●		●
Santuario de la Tortuga Marina X'cacel - X'cacelito		●	●		●
Reserva Estatal Sistema Lagunar Laguna de Chichankanab					●
Parque Nacional Arrecifes de Cozumel	●	●	●		●
Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté	●	●	●	●	●
Manglares y Humedales del Norte de Isla Cozumel	●	●		●	●
Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro			●		●

120. RIS Search | Servicio de información sobre sitios RamSAR. (s. f.). https://ris.ramsar.org/es/ris-search/Bala%27an%20K%27aax?page=4&language=es&pageta-b=1&f%5B0%5D=regionCountry_es_ss%3AAmerica%20del%20Norte&f%5B1%5D=ecosystemServices_es_ss%3AServicios%20de%20regulaci%C3%B3n&f%5B2%5D=ecosystemServices_es_ss%3AMantenimiento%20de%20los%20reg%C3%ADmenes%20hidrol%C3%B3gicos

Bajo estos supuestos, se identificaron las siguientes zonas prioritarias o de mayor valor, de acuerdo a su tipo:

REGIONES MARINAS PRIORITARIAS (POTENCIALES ANPS) ¹²¹

Tabla de las Regiones Marinas prioritarias (Potenciales ANPs). Fuente: Elaboración propia con información de: RIS Search | Servicio de Información sobre Sitios Ramsar

No RHP	ÁREA MARINA PRIORITARIA	CRITERIO DE PRIORIZACIÓN
62	Dzilam - Contoy	Áreas de alta biodiversidad
63	Pta. Maroma Nizuc	Áreas de alta biodiversidad Áreas que presentan alguna amenaza para la biodiversidad Áreas de uso por sectores
64	Tulum-Xpuha	Áreas de alta biodiversidad Áreas que presentan alguna amenaza para la biodiversidad Áreas de uso por sectores
65	Sian Ka'an	Áreas de alta biodiversidad Áreas que presentan alguna amenaza para la biodiversidad
66	Bahía Chetumal	Áreas de alta biodiversidad Áreas que presentan alguna amenaza para la biodiversidad
67	Xcalak-Mahahual	Áreas de alta biodiversidad Áreas que presentan alguna amenaza para la biodiversidad
68	Arrow Smith	Áreas de falta de información de biodiversidad
69	Cozumel	Áreas de alta biodiversidad Áreas que presentan alguna amenaza para la biodiversidad Áreas de uso por sectores
70	Banco Chinchorro	Áreas de alta biodiversidad Áreas que presentan alguna amenaza para la biodiversidad

121. Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.
Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coords.). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. CONABIO, México.
Arriaga, L., et al. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 433-457



Imagen: Cuerpo de agua en Quintana Roo. Fuente: Amigos de Sian Ka'an

REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS ¹²²

Tabla de Regiones Hidrológicas prioritarias (Potenciales ANPs). Fuente: Elaboración propia con información de: RIS Search | Servicio de Información sobre Sitios Ramsar

No RHP	REGIÓN TERRESTRE PRIORITARIA	CRITERIO DE PRIORIZACIÓN
99	Laguna Chichancanab	Recursos hídricos principales Lénticos: lagunas Chichancanab y Esmeralda
103	Contoy	Reserva de acuíferos más importante del noreste de la península de Yucatán. El agua subterránea forma un sistema de estructuras tipificadas por los cenotes y las cavernas. Las sábanas inundables propician el escurrimiento y la captación de agua de lluvia
104	Isla Mujeres	Comprende la costa occidental de Isla Mujeres la cual está considerada dentro de la categoría de Parque Nacional
105	Corredor Cancún - Tulum	Se desconoce la influencia de afloramientos de agua en la zona de la laguna de Nichupté. Están considerados Parques Nacionales Punta Cancún, Punta Nizuc y Tulum
106	Cozumel	Tipos de vegetación: selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, manglar, tular, vegetación de dunas costeras y palmares. Especies amenazadas, endémicas
107	Cenotes Tulum Cobá	Cuerpos de agua: Lénticos: cenotes Lóticos: sistema de aguas subterráneas (única fuente de agua)
108	Sian Ka'an	Recursos hídricos principales Lénticos: laguna Chunyaxche, cenotes, lagunas costeras, lagos, humedales, marismas Lóticos: canales, ríos subterráneos
109	Humedales y Lagunas de la Bahía de Chetumal	Recursos hídricos principales Lénticos: lagunas del Ocho, Bacalar, Xul-Há y Mariscal, cenotes, humedales, pantanos, bahías Lóticos: arroyos, sistema subterráneo con una capa delgada de agua dulce

122. Arriaga, L., et al. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 433-457

REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS ¹²³

Tabla de Regiones Marinas prioritarias (Potenciales ANPs). Fuente: Elaboración propia con información de: RIS Search | Servicio de Información sobre Sitios Ramsar

No RHP	REGIÓN TERRESTRE PRIORITARIA	CRITERIO DE PRIORIZACIÓN
147	Sian Ka'an-Uaymil-Xcalak	<p>Integridad ecológica funcional 4 (alto): Aún se mantienen poblaciones de peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.</p> <p>Función como corredor biológico 3 (alto): Presenta una conexión con Calakmul.</p>
148	Río Hondo	Es importante por su diversidad biológica, por su importancia en el sistema hidrológico, y como corredor biológico entre el sur de la península de Yucatán con Belice y Guatemala
149	Zonas Forestales de Quintana Roo	<p>Integridad ecológica funcional 4 (alto): Posee poblaciones de aves, plantas y mamíferos de importancia ecológica.</p> <p>Función como corredor biológico 3 (alto): Une a las reservas de Calakmul y Sian Ka'an</p>
150	Sur del Punto PUT	Región prioritaria por la disponibilidad de áreas conservadas de selva subperennifolia en los límites entre Campeche y Quintana Roo.

123. Arriaga, L., et al. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México.



Imagen: manglares en Quintana Roo. Fuente: Amigos de Sian Ka'an

PRINCIPALES ZONAS DE HUMEDALES ¹²⁴

Zona Norte:

- Alrededor Laguna Yalahau y que llegan a Cancún
- Costa desde Puerto Morelos hasta Tulum que tenía una franja de manglares de dos a cinco kilómetros de ancho; pequeños tramos aún subsisten, pero en su mayoría han sido desecados
- Al sur de Tulum se extienden los humedales de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an que están poco perturbados y comprenden selvas inundables, marismas, tulares y manglares de diversas densidades y asociaciones.

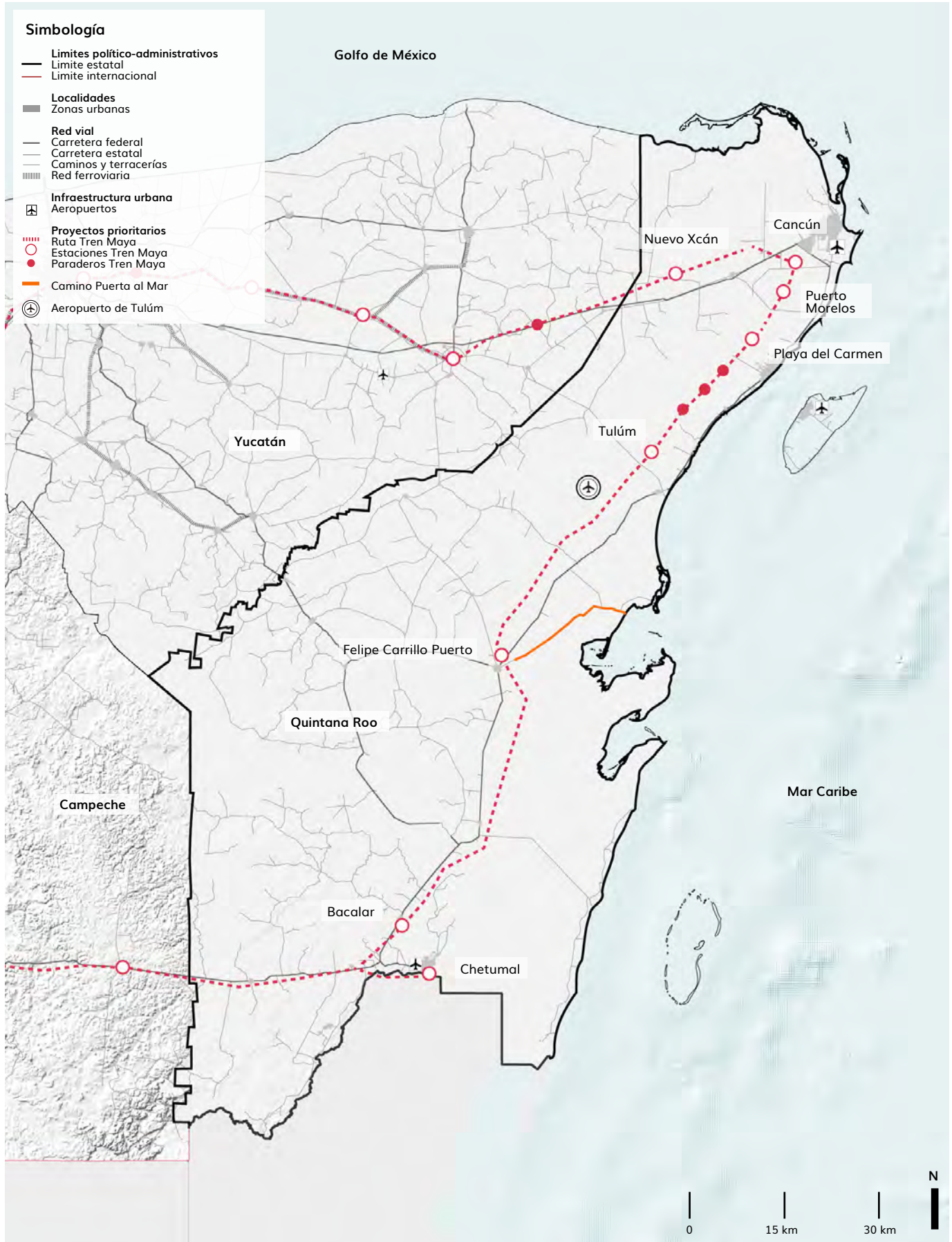
Zona Sur:

- En el sur del estado destacan los humedales que rodean a la Bahía de Chetumal como sitio que aporta agua dulce y protección a la población de manatíes.
- En el interior del estado destaca el sistema de lagunas de Bacalar.

Imagen : Foto en sitio. Fuente: ARZOZ 2023



124. Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.



PROYECTOS PRIORITARIOS

QUINTANA ROO

En la actualidad, existen una serie de **proyectos de gran escala e infraestructurales**, sucediendo en Quintana Roo, que podrían tener implicaciones en las zonas de humedales a corto, mediano y largo plazo.

Una **guía informada, de la mano de una serie de estrategias** para mitigar o minimizar los impactos de dichos proyectos, podrían incluso fortalecer la conectividad del estado, mientras mantienen o incluso fortalecen, el balance ecosistémico.

Entre los proyectos prioritarios actuales, de los que se tiene conocimiento, están:

Tren Maya	El nuevo servicio de transporte férreo que interconecta las principales ciudades y zonas turísticas de la península de Yucatán. ¹²⁵
Sistema de estaciones y paraderos a lo largo de la Ruta del Tren Maya	
“Puerta al Mar”	Vialidad de conexión entre Carrillo Puerto, estación del Tren Maya y el mar. Longitud aproximada de 57 km. ¹²⁶
Tendrá la capacidad para atender a 5,5 millones de pasajeros y hasta 32.000 operaciones anuales. ¹²⁷	Aeropuerto Internacional de Tulúm

125. Tren Maya. (s. f.). gob.mx. <https://www.gob.mx/trenmaya>

126. Maya, L. J. (2023, 5 octubre). Proyecto Puerta al mar dará acceso a la playa en Felipe Carrillo Puerto, QROO. La Jornada Maya. <https://www.lajornadamaya.mx/quintana-roo/214627/proyecto-puerta-al-mar-dara-acceso-a-la-playa-en-felipe-carrillo-puerto>

127. Carrillo, E. (2023). Así será el nuevo aeropuerto de Tulum, la alternativa para la saturación de vuelos a Cancún. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/asi-sera-el-nuevo-aeropuerto-de-tulum-la-alternativa-para-la-saturacion-de-vuelos-a-cancun/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20gobierno%20federal%2C%20este%20aer%C3%B3dromo,fase%20tendr%C3%A1%20hasta%2032%20mil%20operaciones%20a%C3%A9reas%20anuales.>

10

The image features the number '10' in a large, light blue font with a white outline, centered on a black background. The digits are filled with a photograph of a natural landscape. The '1' shows a dense green forest. The '0' shows a wider view of a river or estuary with green banks and a clear blue sky. The overall composition is clean and modern.



RESERVA DE LA BIÓSFERA SIAN KA'AN

Imagen: Foto tomada en sitio. Fuente: ARZOZ, 2023

RELEVANCIA AMBIENTAL

El Complejo Sian Ka'an es un **área natural protegida** en el estado de Quintana Roo. El Complejo es una **zona clave para la conectividad y balance hídrico ambiental** del estado. En su territorio, se alberga una importante diversidad de flora y fauna.



En el Complejo Sian Ka'an se encuentra el **segundo arrecife de barrera más grande a nivel mundial**. Declarado igualmente, Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

¹²⁸



Está ubicado entre los **39 sitios de Patrimonio Mundial Natural** con alto valor en humedales y zonas marinas.¹³¹



Contiene **9 diferentes ecosistemas**: selva espinosa, selva perennifolia, selva subcaducifolia, sin vegetación aparente, vegetación de dunas costeras, vegetación hidrófila y manglar ¹²⁹

Se pueden encontrar alrededor de **2,638 especies de fauna** registradas, en los cuales podemos encontrar : ¹³²



- Aproximadamente **373 especies de aves**, entre residentes y migratorias



- **115 especies de mamíferos** (jaguar, puma, ocelote, tigrillo y leoncillo)



Forma parte de las **Reservas de la Biósfera del Programa el Hombre y la Biosfera (MAB)** y de los humedales de importancia internacional **Ramsar**. ¹³⁰



- **72 especies de reptiles y 20 especies anfibios**

El Complejo Sian Ka'an, es de gran importancia ambiental a nivel local y global, por lo que es crucial implementar proyectos que promuevan su conservación. La Reserva de la Biósfera Sian Ka'an fue reconocida por la **UNESCO en 1987 como Patrimonio Mundial** debido a su riqueza natural. ¹³³

De igual manera se le conoce por los **reservorios de carbono** presentes en los manglares y por la conservación de diversos ecosistemas, como selvas, humedales, manglares y arrecifes de coral, que se ha logrado con ayuda de las comunidades locales. ¹³⁴

Alberga **especies endémicas y en peligro de extinción**: como el jaguar, el tapir, el manatí y el pecarí. Esta zona es conocida por su **sistema de ríos subterráneos** que alimentan a los cenotes y distribuyen agua en la región. ¹³⁵

Se han alcanzado ciertas metas de preservación gracias a la colaboración para conservar, vigilar y mantener las zonas y sus riquezas naturales. Aunado a esto se ha mantenido una pesca moderada dentro de la reserva evitando así acabar con las especies, mismas que están certificadas por el Marine Stewardship Council. ¹³⁶

128. Amigos de Sian Ka'an. (2005). Sian Ka'an serie de documentos (6.a ed.). <https://cedocvirtual.sectur.gob.mx/janium/Documentos/2012/010376/010376.pdf>

129. Península, E. (2019, 16 julio). ¿Cuál es la importancia de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an? El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/peninsula/cual-es-la-importancia-de-la-reserva-de-la-biosfera-de-sian-kaan/#:~:text=En%20cuanto%20a%20los%20ecosistemas,costeras%2C%20vegetaci%C3%B3n%20hidr%C3%B3fila%20y%20manglar.>

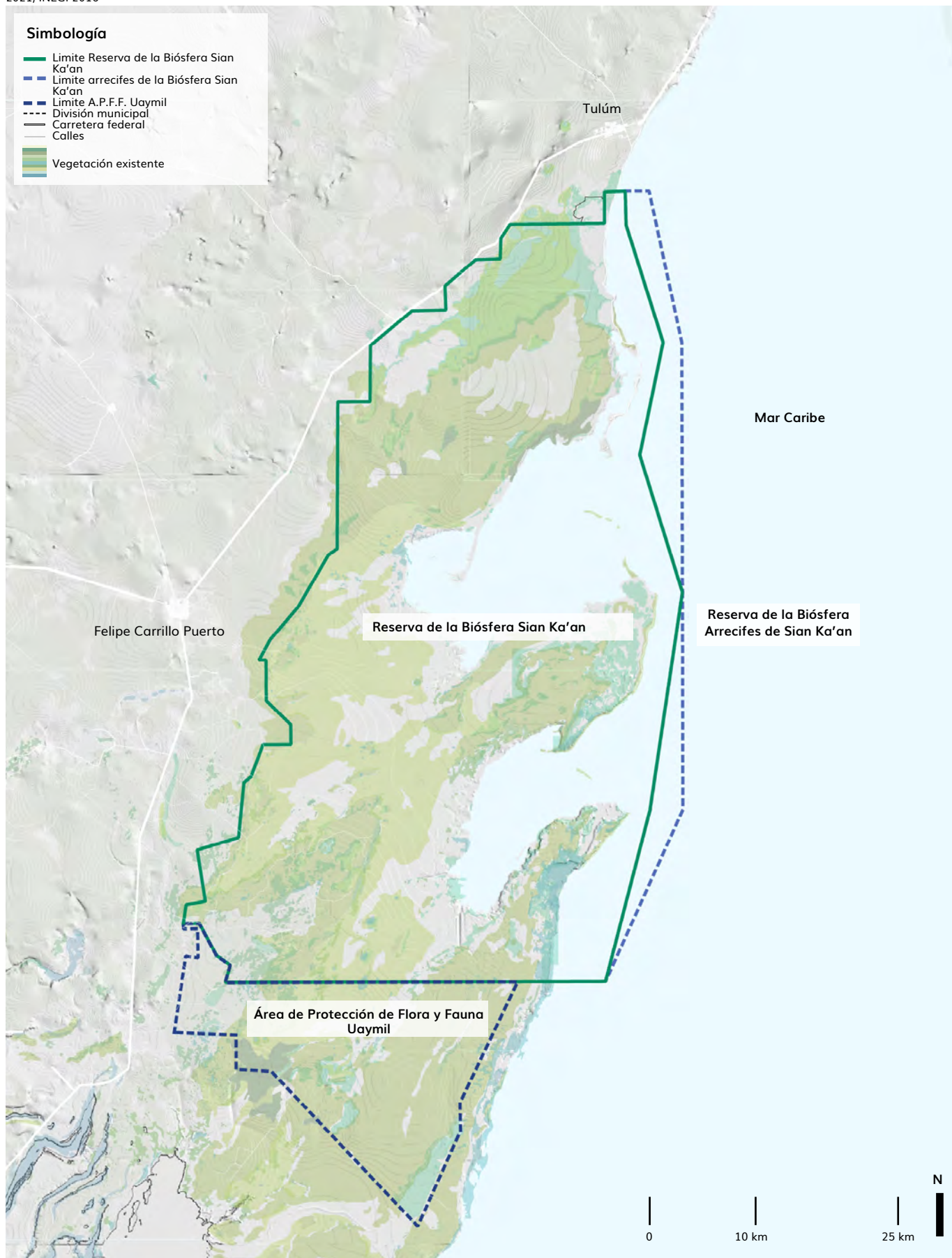
130. - 133. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/97_libro_pm.pdf

134. - 136. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2016). La Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, principal reservorio de carbono. gob.mx. <https://www.gob.mx/conanp/prensa/la-reserva-de-la-biosfera-sian-ka-an-principal-reservorio-de-carbono-20727?idiom=es>



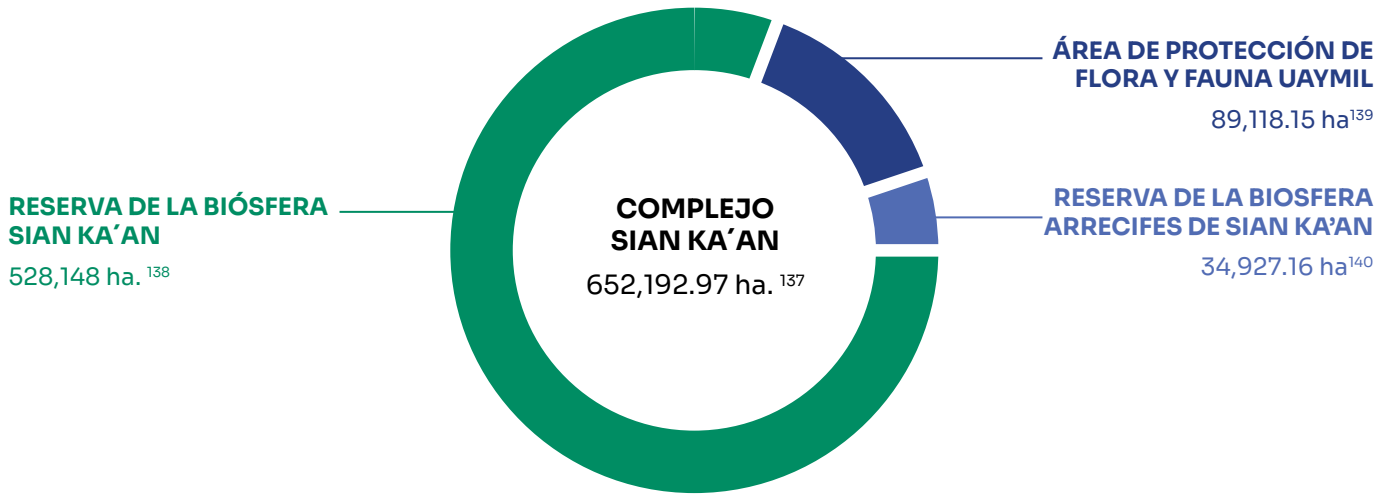
Imagen: Vegetación en la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an. Fuente: ARZOZ, 2023

Imagen: Mapa de ubicación y delimitación de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an. Fuente: Elaborado a partir de información obtenida de CONAGUA 2022, CONABIO 2017 y 2021, INEGI 2016



DELIMITACIÓN

RESERVA DE LA BIÓSFERA SIAN KA'AN



El Complejo Sian Ka'an se encuentra en la parte **Este del estado de Quintana Roo**, en la Península de Yucatán, abarcando los municipios de Tulum, Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco.¹⁴¹

Está conformada por 3 **componentes principales o divisiones** del complejo:¹⁴²

- 1 Reserva de la Biosfera Sian Ka'an
- 2 Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil
- 3 Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an.

12%



del territorio de Quintana Roo lo abarca el Complejo Sian Ka'an.¹⁴³

Los límites de la Reserva de la Biosfera se establecieron de acuerdo a **fronteras naturales**:¹⁴⁴

- **Al este:** se extiende hacia el mar Caribe, incluyendo las bahías de la Ascensión y del Espíritu Santo.
- **Suroeste:** transición entre los marismas y las selvas subperennifolias
- **Sur:** línea divisoria entre los municipios de Felipe Carrillo Puerto y Bacalar
- **Norte y noroeste:** ejidos de Pino Suárez y Chunyaxché

137. - 140. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/97_libro_pm.pdf
141. - 142. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2016). La Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, principal reservorio de carbono. <https://www.gob.mx/conanp/prensa/la-reserva-de-la-biosfera-sian-ka-an-principal-reservorio-de-carbono-20727?idiom=es>
143. - 144. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/97_libro_pm.pdf



Imagen: Amanecer en Sian Ka'an. Fuente: Amigos de Sian Ka'an

MEDIO ABIÓTICO

RESERVA DE LA BIÓSFERA SIAN KA'AN

20 metros sobre nivel del mar es la altura máxima en Sian Ka'an. Su relieve es mayormente plano, con una pendiente mínima de sur a norte. ¹⁴⁵



Precipitación total anual de **1300-2000 mm.** ¹⁴⁹



Contiene suelos jóvenes rocosos y el subsuelo en su **totalidad contiene roca caliza o sascab.** ¹⁴⁶

75 % de las precipitaciones anuales van de mayo a octubre y dentro de estos el mes que alcanza los 29.4 mm de precipitación considerado lo más alto es septiembre. ¹⁵⁰



Clima: cálido subhúmedo con lluvias en verano. ¹⁴⁷

80 % de humedad promedio anual. ¹⁵¹



Temperatura promedio anual **24-28 oC.** ¹⁴⁸



La dirección de los vientos va de **este a sureste**, ya que se localiza en la zona ciclónica del Caribe. ¹⁵²

Tipos de suelo presentes en en Complejo Sian Ka'an: ¹⁵³



145. - 146. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/97_libro_pm.pdf

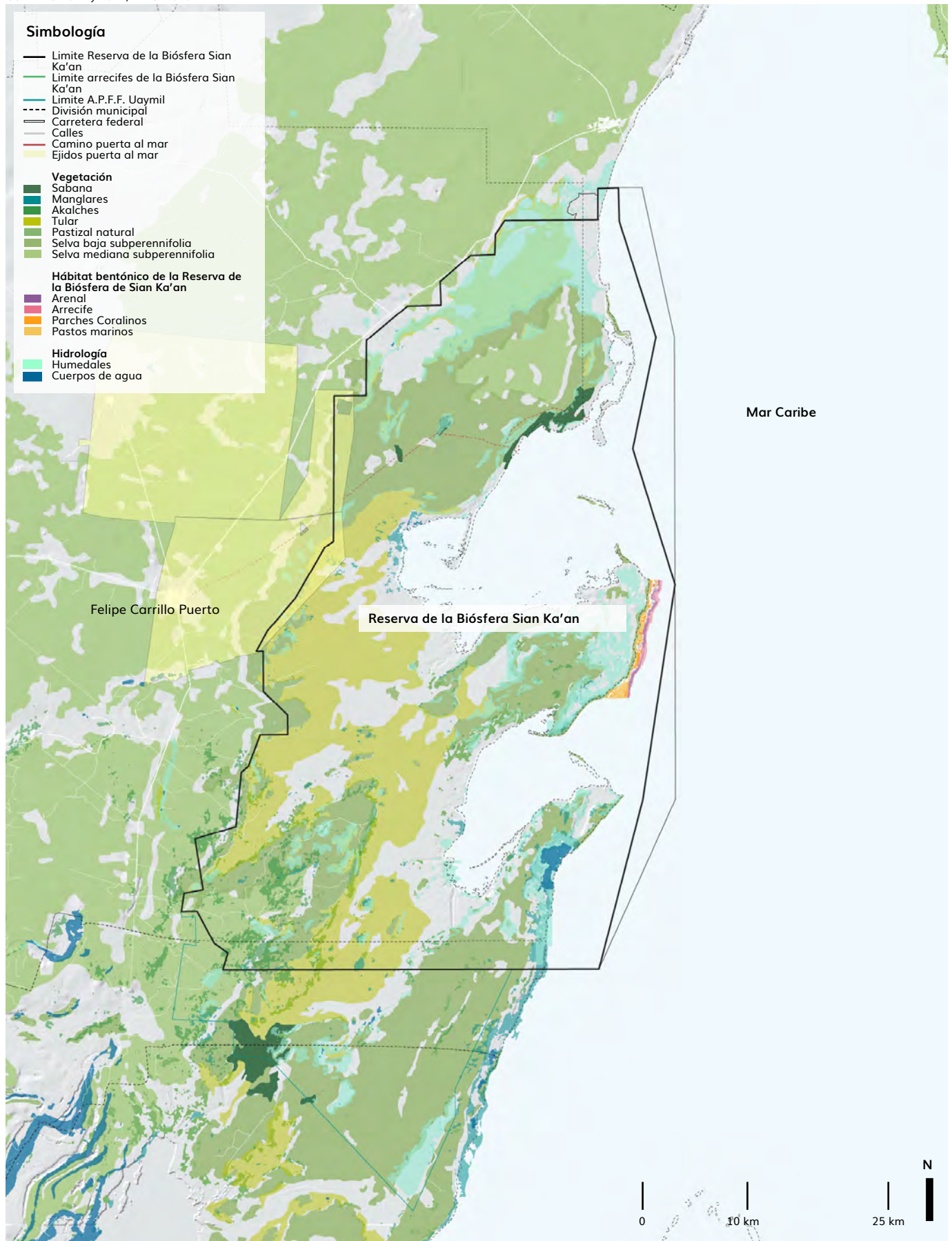
147. - 149. CONABIO. (s. f.). Sian Ka'an. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_108.html

150, 152. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/97_libro_pm.pdf

151. Subdirección General de Análisis de Vivienda, Prospectiva y Sustentabilidad (CONAVI). (s. f.). Clima Cálido Subhúmedo. <https://siesco.conavi.gob.mx/doc/tecnicos/diseño/Dise%C3%B1o%20C%C3%A1lido%20Subh%C3%BAmedo.pdf>

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

Imagen: Mapa de Análisis del sistema biótico y ambiental de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an. Fuente: Elaborado a partir de información obtenida de CONAGUA 2022, CONABIO 2017 y 2021, INEGI 2016



MEDIO BIÓTICO

RESERVA DE LA BIÓSFERA SIAN KA'AN

15% del territorio de Sian Ka'an está cubierto por **manglares**.¹⁵⁴

230 especies de **árboles y arbustos** (14% son endémicas de la península y 10% tiene afinidad con las islas del Caribe).¹⁵⁵



El Complejo Sian Ka'an abarca extensas áreas que contienen distintos **ecosistemas representativos de la Península de Yucatán** que incluyen selvas medianas subperennifolias, selvas inundables, petenes, manglares, humedales, cenotes, dunas costeras y arrecifes de coral.¹⁵⁶

9 diferentes **ecosistemas** dentro del Complejo Sian Ka'an.¹⁵⁷

3 **hábitats acuáticos**.¹⁵⁸

120 km del **Sistema Arrecifal Mesoamericano** (Honduras, Guatemala, Belice y México.)¹⁵⁹



Alberga una notable biodiversidad, con numerosas **especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción**.¹⁶⁰



Los **manglares existentes** en el Complejo Sian Ka'an se presentan en 4 tipos distintos:¹⁶¹

- Rojo (*Rhizophora mangle*)
- Negro (*Avicennia germinans*)
- Blanco (*Laguncularia racemosa*)
- Gris (*Conocarpus erectus*)

Imagen : Manglar en Sian Ka'an, Fuente: amigosdesiankaan.org



154. Conabio, Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. (2009). http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PY77_Sian_Kaan_caracterizacion.pdf

155. Reserva la Biosfera Sian Kaan. Gob.mx. <https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/reservasBiosfera3.pdf>

156 - 161. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/97_libro_pm.pdf

El Programa de Manejo de Complejo Sian Ka'an describe los **tipos de vegetación predominantes** dentro de los límites de la Reserva: ¹⁶²

- **Selva mediana subperennifolia y mediana subcaducifolia.** Comprende de 50 a 75% de plantas con follaje en la estación seca. La altura del dosel varía de 15 a 25 metros. Árboles dominantes incluyen chechem negro, chicozapote, chacá y dzalam.
- **Selva baja inundable.** Presente en zonas inundables de la Península de Yucatán. Diversas variedades según la especie dominante: pucteal, mucal, bucidal y tintal. Especies principales son chechem negro, chicozapote, pucté y dzalam.
- **Tasistal.** Dominado por la palma tasiste que crece en zonas inundables cercanas a las marismas. Este tipo de vegetación es resistente a incendios.
- **Pantanos de zacates.** Vegetación costera inundable por lluvias, con especies dominantes como el tule, la sabia y Eleocharis cellulosa.
- **Manglares de franja.** Presentes en los cayos y bordes de lagunas costeras con alturas de hasta 12 metros. Incluyen mangles rojo, negro y blanco en orden de resistencia a la salinidad.

Imagen : Petén en Sian Ka'an, Fuente: Amigos de Sian Ka'an, 2023



Imagen : Selva en Sian Ka'an, Fuente: Amigos de Sian Ka'an, 2023



162. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm97_libro_pm.pdf

- **Manglar chaparro.** Extensa formación de mangles con alrededor de dos metros de altura, adaptados a suelos con abundante carbonato de calcio.
- **Petenes.** Islotes de vegetación arbórea en humedales, relacionados con surgimientos de agua dulce. Combinan elementos de selva y mangle. Gracias a ese aporte de agua dulce pueden crecer y desarrollarse árboles intolerantes o poco tolerantes a la salinidad en terrenos que pasan la mayor parte del año cubiertos por agua salobre.
- **Vegetación de dunas costeras.** Dunas a lo largo del litoral. Vegetación nativa incluye chit, skimay, riñonina, lirio y otras especies. Existen aproximadamente 100 kilómetros de dunas costeras en una franja de 100 a 200 metros de ancho, a lo largo de la franja litoral del ANP, que separan el oleaje marino de las lagunas salobres interiores.
- **Vegetación de cayos.** Vegetación de cayos costeros que refleja elementos del manglar de franja y de otros hábitats como dunas y petenes.

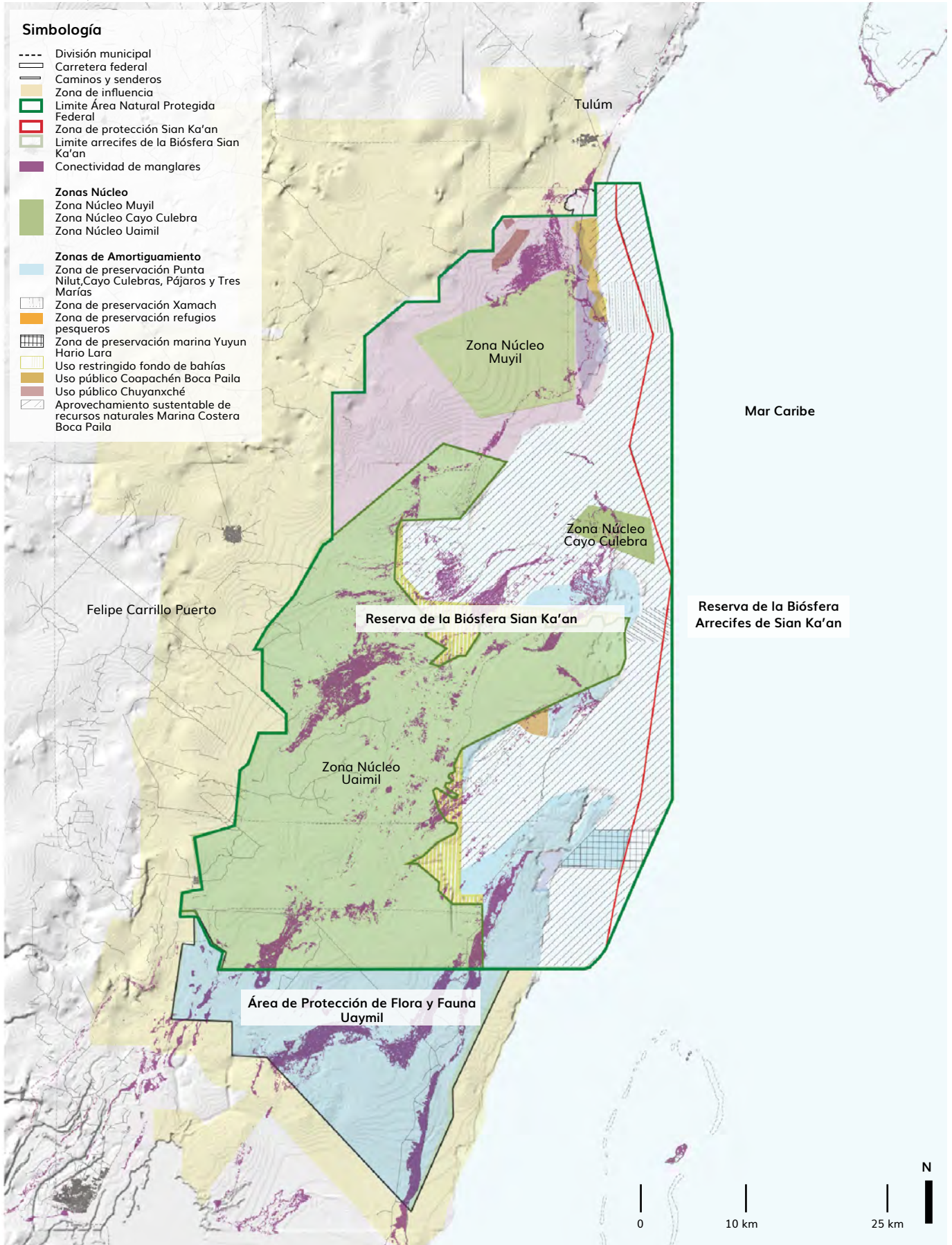
Imagen : Vegetación en selva en Sian Ka'an, Fuente: ARZOZ 2023



Imagen : Manglar en Sian Ka'an, Fuente: Amigos de Sian Ka'an



Imagen: Mapa de Zonificación de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an. Fuente: Elaborado a partir de información obtenida de CONAGUA 2022, CONANP 2017, SEMARNAT 2004, CONABIO 2017 y 2021



ZONIFICACIÓN

RESERVA DE LA BIÓSFERA SIAN KA'AN

La Reserva de la Biósfera Sian Ka'an se divide en **zonas y subzonas según el grado de conservación y representatividad de los ecosistemas, la naturaleza del terreno y su uso actual y potencial**. Esto se hace con el objetivo de ordenar de manera detallada las Zonas Núcleo y las Zonas de Amortiguamiento.

ZONAS NÚCLEO. ¹⁶³

Son áreas que se encuentran en un buen estado de conservación, sin alteraciones causadas por actividades humanas, y albergan especies consideradas en riesgo. Estas áreas deben mantenerse libres de actividades humanas que puedan perturbar los ciclos naturales que se desarrollan allí.

- Zona Núcleo Muyil
- Subzona de Protección Muyil (SPr1)
- Zona Núcleo Cayo Culebras
- Subzona de Uso Restringido Cayo Culebras (SUR2)
- Zona Núcleo Uaymil
- Subzona de Protección Uaymil (SPr2)
- Subzona de Uso Restringido Fondos de las Bahías (SUR1)

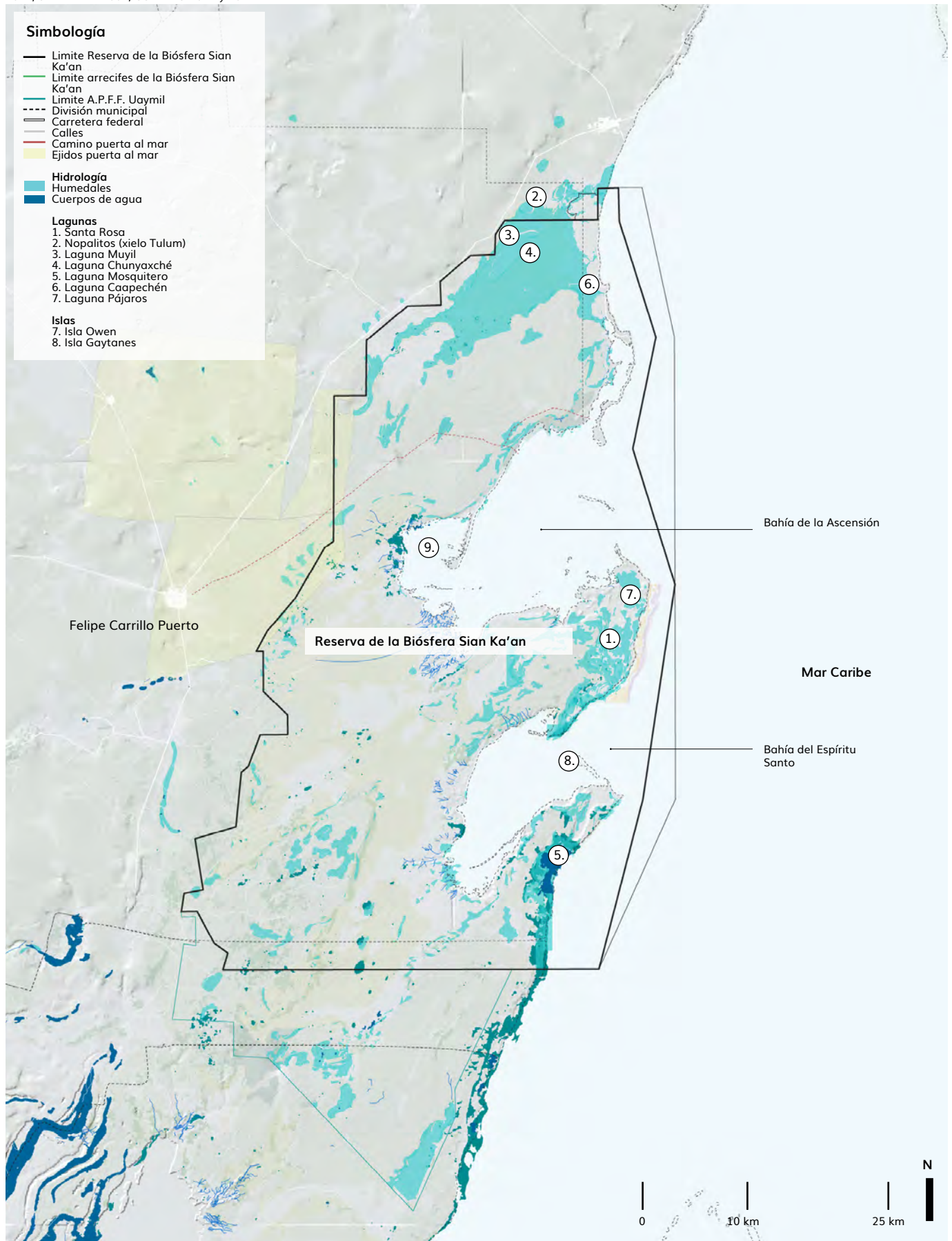
ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO. ¹⁶⁴

Corresponden a aquellas superficies en buen estado de conservación que contienen ecosistemas relevantes o frágiles, o fenómenos naturales relevantes, en las que el desarrollo de actividades requiere un manejo específico para lograr su adecuada preservación.

- Subzona de Preservación Tzigual (SP1)
- Subzona de Preservación Punta Nilut, Cayo Culebras, Lagunas Pájaros y Tres Marías (SP2).
- Subzona de Preservación El Río (SP3)
- Subzona de Preservación Xamach (SP4)
- Subzona de Preservación Marina Yuyum-Mario Lara, Mox Kaanab y Tantaman (SP5).
- Subzona de Preservación Refugios Pesqueros
- Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Marinos.
- Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Terrestre Chunyaxché,
- Santa Teresa y Vigía Chico (SAST1)
- Subzona de Uso Público Chunyaxché (SUP1),
- Subzona de Uso Público Caapechén-Boca Paila (SUP2)-Mosquitero (SUP3).
- Subzona de Asentamientos Humanos Colonias de Pescadores Javier Rojo Gómez y Punta Herrero (SAH).
- Subzona de Recuperación El Playón (SR)

163. -164. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/97_libro_pm.pdf

Imagen: Mapa de Análisis del sistema hidrológico de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an. Fuente: Elaborado a partir de información obtenida de CONAGUA 2020, CONANP 2017, 2021, SEMARNAT 2004, CONABIO 2017 y 2021



HIDROLOGÍA

RESERVA DE LA BIÓSFERA SIAN KA'AN



La Reserva de la Biósfera Sian Ka'an cuenta con una gran extensión de **agua, mayormente dulce.** ¹⁶⁵



Tiene un **amplio sistema de ríos subterráneos** que atraviesan la zona, suministrando agua a los diferentes ecosistemas y proporcionando nutrientes para la flora y fauna. ¹⁶⁶

5,313

cenotes son alimentados por los ríos subterráneos de la Reserva, suministrando de igual forma a los distintos cuerpos de agua. ¹⁶⁷

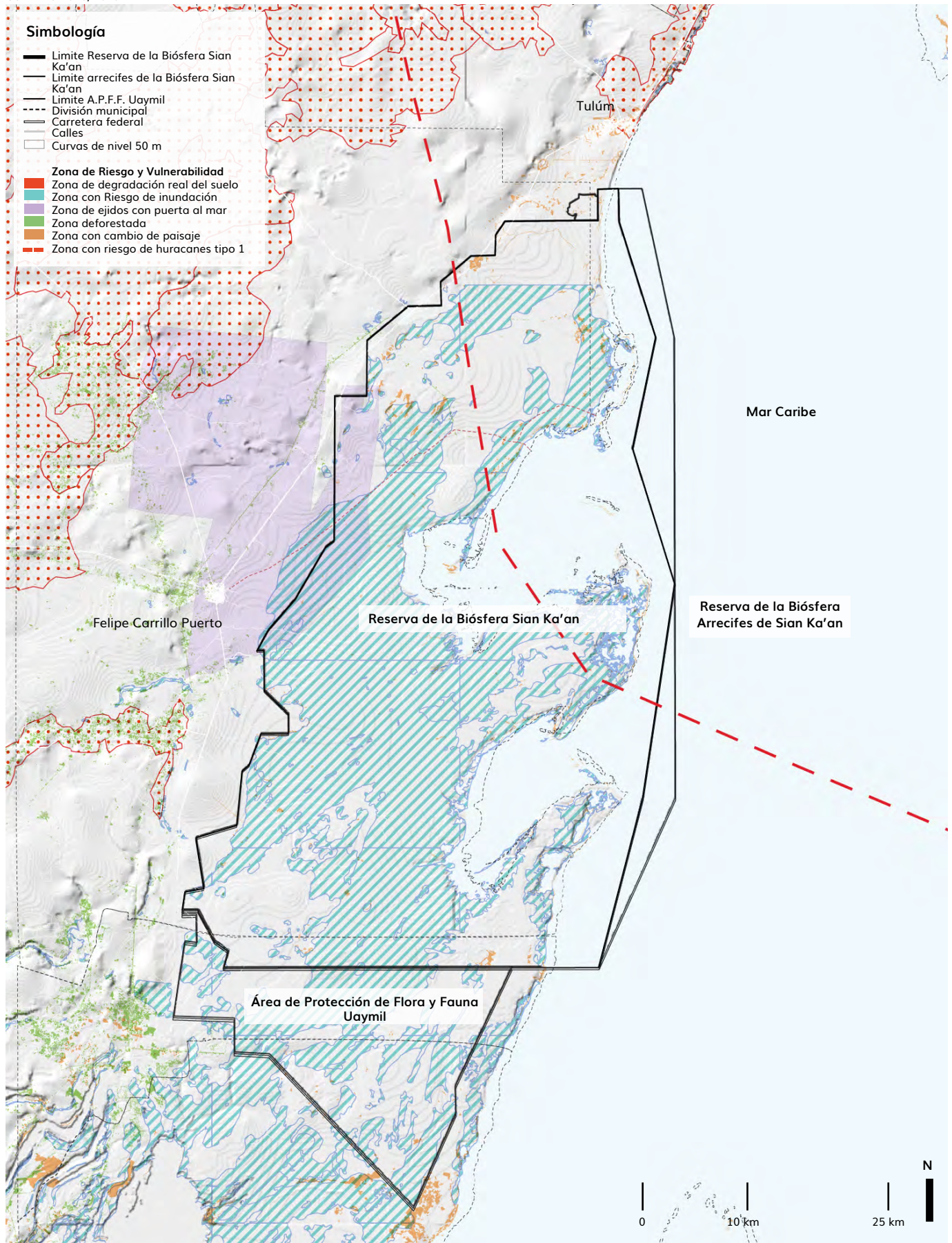


El Mar Caribe, el cual limita el Complejo Sian Ka'an, se caracteriza por sus aguas cristalinas, abundante vegetación marina y una gran diversidad de especies, lo que le otorga un alto valor natural. ¹⁶⁸

Imagen : Laguna en Quintana Roo. Fuente: ARZOZ 2023



165.- 168. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/97_libro_pm.pdf



RIESGOS Y VULNERABILIDADES

RESERVA DE LA BIÓSFERA SIAN KA'AN

Hoy, el Complejo Sian Ka'an se enfrenta ante importantes Riesgos y Amenazas, tanto de índole natural, como creadas por el ser humano, las cuales es crucial atender para evitar o al menos mitigar el impacto negativo que estos puedan tener sobre la Reserva. ¹⁶⁹

RIESGOS	AMENAZAS	IMPACTOS
<ul style="list-style-type: none"> • Riesgos y Fenómenos Naturales de la zona: <li style="padding-left: 20px;">Nortes <li style="padding-left: 20px;">Huracanes <li style="padding-left: 20px;">Tormentas tropicales <li style="padding-left: 20px;">Incendios <li style="padding-left: 20px;">Marea Parda, entre otros • Riesgos provocados, como el Cambio climático 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Explotación excesiva • Desmesurado aprovechamiento de los recursos • Rápido crecimiento de la población sin planeación urbana • Incremento de actividades turísticas en la zona • Incremento en construcción y ampliación de infraestructura vial en la zona • Generación de aguas residuales • Actividad agrícola y caza ilegal en la zona 	<p>Impactos Directos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Deforestación, fragmentación de manglar y vegetación de dunas costeras • Especies expuestas a peligro de extinción • Vulnerabilidad de la biodiversidad de la zona • Óptima funcionalidad del balance ecosistémico de la Reserva <p>Impactos Indirectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Irregularidades en la tenencia de la tierra ▪ Contaminación por residuos sólidos • Incendios forestales, dragados, valor ambiental de la zona • Fragilidad en identidad de comunidades y poblaciones cercanas a la zona, así como sus respectivas actividades económicas, etc

169. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gobierno de México, & Sian Ka'an Reserva de la Biosfera. (2014). Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (1.a ed.). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/97_libro_pm.pdf



An aerial photograph of a dense, green forest. A dirt road or path runs vertically through the center-left of the image. In the lower-middle section, there is a small, shallow pond or clearing with some water. The overall scene is a natural, undeveloped landscape.

RED DE MOVILIDAD MOTORIZADA: CAMINOS, CARRETERAS Y SENDEROS

CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

México cuenta con una red de carreteras con más de **400,000km de extensión**, esta red está conformada por diversas tipologías de vialidades y caminos. La red carretera nacional, está compuesta por la red carretera federal, las redes rurales, carreteras libres y autopistas.

Si bien el transporte motorizado no es la mejor solución a los problemas de conectividad en el país, este sigue siendo el método de transporte de carga y de pasajeros más importante a nivel nacional. Algunos de los principales retos que presenta la red carretera nacional es la **falta de conectividad entre diferentes medios de transporte, el aislamiento de comunidades vulnerables, falta de señalización apropiada, falta de correcta planeación**

con métodos actualizados y malas prácticas en la construcción de vialidades.

Desde el año 2014 existe la Red Nacional de Caminos (RNC), sistema de información georreferenciada que muestra con gran precisión y detalle la infraestructura vial de México, incluyendo la totalidad de las vialidades pavimentadas y la mayoría de los caminos no pavimentados existentes. La RNC es una de las herramientas más útiles para el análisis y diagnóstico de las necesidades de movilidad motorizada en el país.¹⁷⁰

Imagen. Foto de camino existente en Quintana Roo en zonas de humedales. Fuente: ARZOZ, 2023



170. Instituto Mexicano del Transporte. (2022). Red Nacional de Caminos. gob.mx. <https://www.gob.mx/imt/acciones-y-programas/red-nacional-de-caminos>

A continuación se presenta una clasificación de los diversos tipos de vialidades que conforman la red de carreteras nacional y sus características. Esta clasificación tiene como propósito dar a conocer los diferentes tipos de carreteras y caminos que existen

para que el usuario de este manual tenga conocimiento de estas opciones y sepa elegir el tipo de vialidades ideal según las necesidades de conectividad que presente cada proyecto a realizarse.

CAMINOS

Los caminos son vías que conectan distintos puntos y los cuales pueden ser transitados por distintos tipos de vehículo o a pie. Estos se clasifican en: ¹⁷¹

BRECHA:	TERRACERÍA:	REVESTIDOS:	PAVIMENTADOS:
Caminos que se adaptan al terreno con una circulación baja y mayormente a pie.	Caminos con suficiente amplitud pero al carecer de estabilidad en el terreno estos no son favorables a todos los vehículos.	Caminos con un mayor nivel de intervención al contar con zonas pavimentadas las cuales brindan mayor seguridad.	Caminos amplios con materiales de calidad, los cuales hacen posible el tránsito vehicular.

SENDEROS

Los senderos son caminos sencillos y angostos, estos se recorren a pie o en bicicleta y se clasifican de la siguiente manera: ¹⁷²

SENDEROS DE GRAN RECORRIDO (GR):	SENDEROS DE PEQUEÑO RECORRIDO (PR):	SENDEROS LOCALES (SL):
Distancia: más de 50 km Representación de simbología: color rojo y blanco.	Distancia: 10km a 50 km Representación de simbología: color amarillo y blanco.	Distancia: Menores a 10km Representación: color verde y blanco.

171. Weebly. (s.f.). Clasificación de los caminos .https://autotransporteturistico.weebly.com/uploads/1/7/0/5/1705191/clasif_caminos_09.pdf

172. De Senderismo.net. (2022). Tipos de Senderos: Características, Colores y Homologación.<https://de-senderismo.net/blog/tipos-de-senderos/>



Imagen. Foto de camino existente en Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Fuente: ARZOZ, 2023

CARRETERAS

Las carreteras son vías públicas pavimentadas. Según PROY-NOM-034-SCT2-2003 ¹⁷³, las carreteras se clasifican de la siguiente manera:

Imágenes. Tipos de carretera. Fuente: Google Maps



TIPO A ¹⁷⁴

Longitudes: largas
Circulación: más de 300 vehículos por día
Carriles: 4 carriles (ajustables)
Medidas: 22 metros
Velocidad: 60 a 110 km/h



TIPO B ¹⁷⁵

Longitudes: largas
Circulación: 1,500 a 3,000 vehículos por día
Carriles: 2 carriles (ajustables)
Medidas: 9 metros
Velocidad: 50 a 110 km/h



TIPO C ¹⁷⁶

Longitudes: medias
Circulación: 500 a 1,500 vehículos por día
Carriles: 2 carriles (3.5m c/u)
Medidas: 8 a 10 metros
Velocidad: 40 a 110 km/h



TIPO D ¹⁷⁷

Longitudes: cortas
Circulación: 100 a 500 vehículos por día
Carriles: 2 carriles (3m c/u)
Medidas: 6 metros
Velocidad: 30 a 70 km/h



TIPO E ¹⁷⁸

Longitudes: cortas
Circulación: hasta 100 vehículos por día
Carriles: 1 carril (4m c/u)
Medidas: 4 metros
Velocidad: 30 a 70 km/h

173. Secretaría de Gobierno (SEGOB). (2004). Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-034-SCT2-2003. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=668546&fecha=04/06/2004#gsc.tab=0

174. - 178. Capítulo III: Desarrollo del proyecto. (s. f.). <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10844/capitulo3.pdf>

Secretaría de Gobierno (SEGOB). (2004). Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-034-SCT2-2003. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=668546&fecha=04/06/2004#gsc.tab=0

CONSTRUCCIÓN

DE CAMINOS, SENDEROS Y CARRETERAS EN ZONAS CERCANAS A HUMEDALES

Al momento de realizar proyectos de vialidades en zonas cercanas a humedales se tienen que tomar en cuenta diversas consideraciones que minimicen el impacto que pudiera tener la infraestructura motorizada en los ecosistemas nativos del sureste del país.

CONSIDERACIONES

Se recomienda en el proceso de diseño y construcción de un proyecto de infraestructura vial en zona de humedales, tomar en cuenta las consideraciones a continuación como mínimo:

- La primera y más importante consideración es **evitar, a toda costa, la construcción de caminos dentro de un humedal.**
- Aquellos caminos cuya construcción sea de estricta necesidad, por su alto beneficio social, tendrán que ser construidos al menos a **100m de distancia del límite del humedal y utilizar métodos de construcción y materiales adecuados, tal como lo marca la NOM 022 en el inciso 4.14**
- Considerar, al momento de realizar un proyecto de infraestructura motorizada en zonas cercanas a humedales, la elección del **tipo de vialidad** que vaya a realizarse.
- Se debe considerar el **menor impacto posible**, por lo que se recomienda realizar caminos con poca huella y tránsito bajo (100 vehículos por día aproximadamente). Se rechaza absolutamente la construcción de carreteras tipo A, B y C..

Imagen. Fotos de camino existente en Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Fuente: ARZOZ, 2023



Imagen. Fotos de camino existente en Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Fuente: ARZOZ, 2023



RETOS

Como se mencionó anteriormente, la construcción de infraestructura vial de cualquier tipo en un humedal, o zona de humedales, conlleva una planeación estratégica informada.

De igual manera, el **involucramiento de expertos en todas las aristas del proyecto es crucial**, incluyendo ingenieros, diseñadores, estructuristas, biólogos, expertos en fauna terrestre, geólogos y climatólogos, entre otros. Algunos de los retos principales en la construcción de caminos en zonas de humedales son:



Minimizar el impacto de dicha infraestructura en el ecosistema.



Permitir la **mayor filtración de agua posible**, evitar la filtración de agentes contaminantes al ecosistema



Prevenir el tránsito intenso vehicular y fomentar el libre flujo de fauna

IMPACTOS

La construcción de cualquier tipo de infraestructura tiene **impactos en las zonas aledañas a donde se lleva a cabo cada proyecto**. Para atenuar estos impactos, se realizan medidas de mitigación, que busquen reducir los posibles efectos que la obra podría generar y/o detonar. **En proyectos en zonas de alto valor ambiental se deben extremar dichas medidas ya que son zonas altamente vulnerables.**

El objetivo es **minimizar los impactos negativos** que puede tener la construcción de infraestructura, así como, realizar exclusivamente los proyectos estrictamente necesarios y cuyo impacto social sea tan alto que justifique la realización del proyecto.

Los impactos ambientales en zonas de humedales y otro tipo de reservas naturales varían durante la etapa de construcción y la etapa de operación del proyecto. Es importante tomar en cuenta dentro de la planeación estratégica del proyecto, trazar una ruta clara y concisa, para la operación y mantenimiento de la infraestructura a corto, mediano y largo plazo, ya que **la mala manutención del proyecto, podría comprometer el óptimo balance de los ecosistemas.**

Existen diferentes tipos de impactos que los proyectos de infraestructura en zonas protegidas pueden detonar:



La creación de **microclimas**



La contaminación **auditiva**



La contaminación del **agua y suelo**



La fragmentación de los **ecosistemas**





MARCO NORMATIVO RELACIONADO CON HUMEDALES

NORMATIVA AMBIENTAL EXISTENTE

Existen una serie de normas que tienen influencia en la regulación de la construcción de infraestructura en zonas naturales protegidas. Dichas normativas incluyen **tratados internacionales, legislación nacional, reglamentos y NOMS (Norma Oficial Mexicana)**, mismos que buscan proteger y conservar el medio ambiente, y en los cuales se aborda específicamente, la regulación de proyectos en zonas de humedales y ecosistemas costeros. En este capítulo se enlista gran parte de la normativa aplicable en temas de humedales. Es imperativo que los actores involucrados en la realización de proyectos de infraestructura en zonas de humedales conozcan y cumplan con la normativa aquí presentada. Se hace especial énfasis en la **NOM 022 de SEMARNAT**, misma que tiene como objetivo principal prevenir y mitigar los efectos negativos sobre el entorno natural.

Es importante tomar en cuenta las normativas existentes que regulan el diseño y la construcción de caminos en zonas de humedales, así como los cuidados y consideraciones que se deben tomar en los mismos, ya que su cumplimiento contribuye a la preservación y conservación de estos valiosos ecosistemas. La aplicación adecuada de las normativas garantiza un **equilibrio entre el desarrollo humano y la protección del medio ambiente, promoviendo la sostenibilidad a largo plazo y la preservación de la riqueza natural de Quintana Roo.**

NORMATIVAS APLICABLES

Tratados y convenios internacionales en los que México está suscrito relacionado con humedales

- Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Ramsar
- Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB)
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)
- Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- Convenio entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América Para la Protección de Aves Migratorias y de Mamíferos Cinegéticos
- Comité Trilateral Canadá/México/E. U. A. para la Conservación y Manejo de la Vida Silvestre y Ecosistemas
- La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar
- Convención sobre la Protección, del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de las Naciones Unidas
- Convención de Cartagena para la Protección del Medio Marino de la Región del Gran Caribe
- Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas
- Acta Norteamericana para la Conservación de Humedales (NAWCA), NAWCA Programa México
- Acuerdo de París
- Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe

MARCO NORMATIVO RELACIONADO CON HUMEDALES

Legislación nacional:

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

- Los preceptos constitucionales que dan fundamento a la prevención, preservación y protección de los humedales se encuentran en los artículos 4, 25, 27, 42, 48, 73, 76, 89 y 115.

Leyes Generales y Federales :

- Ley General de Bienes Nacionales
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)
- Ley de Aguas Nacionales
- Ley Federal del Mar
- Ley General de Vida Silvestre
- Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables
- Ley de Desarrollo Forestal Sustentable
- Ley de Desarrollo Rural Sustentable
- Ley General de Cambio Climático
- Ley de Navegación y Comercio Marítimos
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Reglamentos

- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Impacto Ambiental
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas
- Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre
- Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.
- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Normas Oficiales Mexicanas

- NOM-059-SEMARNAT-2010 - 14/11/19. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.
- NOM-022-SEMARNAT -2003: Establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
- Norma Mexicana MX-AA-159-SCFI-2012: Establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas.
- NOM-162-SEMARNAT-2012: Establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación.
- NOM-001- SEMARNAT-1996: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-146- SEMARNAT-2005: Establece la metodología para la elaboración de planos que permitan la ubicación cartográfica de la zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar que se soliciten en concesión.
- NOM-162- SEMARNAT-2012: Establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación

- NOM-003-CNA1996: Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.
- NOM-015- CONAGUA-2007: Infiltración artificial de agua a los acuíferos - Características y especificaciones de las obras y del agua
- NOM-014- CONAGUA-2003: Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada
- NOM-011- CONAGUA-2000: Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales
- NOM-004-CNA1996: Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general
- NOM 022 . SEMARNAT: Especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar

Normatividad Estatal






- Ley de tránsito, transporte y explotación de vías y carreteras del estado de Quintana Roo
- Ley de desarrollo rural sustentable del estado de Quintana Roo
- Ley del equilibrio ecológico y la protección al ambiente de estado de Quintana Roo

Normatividad Municipal

- Reglamento de desarrollo urbano y construcción municipal

NOM 022 . SEMARNAT

Al ser la NOM 022 SEMARNAT, una de las que aborda el tema a mayor detalle, a continuación se presenta un resumen de lo principales puntos a considerar: ¹⁷⁹

 <p>Que prohibida toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales</p>	 <p>No se permite la desviación o rectificación de canales naturales o de cualquier porción de una unidad hidrológica que contenga o no vegetación de manglar.</p>	 <p>En caso de requerir de la existencia de canales, se deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados</p>
 <p>Las vías de comunicación deberán ser trazadas sobre pilotes que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema</p>	 <p>Las vías de comunicación deberán incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz.</p>	 <p>Cualquier servicio que utilice postes, ductos, torres y líneas, deberá ser dispuesto sobre el derecho de vía.</p>
 <p>La obtención del material para construcción, se deberá realizar de los bancos de préstamo señalados por la autoridad competente</p>	 <p>Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero</p>	 <p>Se deberá asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo</p>
 <p>La infraestructura dentro de un humedal costero debe ser de bajo impacto, con materiales locales, que no alteren en flujo superficial del agua</p>	 <p>Durante los procesos constructivos no se deberá generar depósito de material de construcción ni generar residuos sólidos en el área.</p>	 <p>Durante los procesos constructivos se utilizarán métodos de construcción en fase que no dañen el suelo del humedal</p>
 <p>En caso de no existir alguna vía de comunicación se deberá buscar en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible.</p>	 <p>La infraestructura deberá estar en áreas lejanas de sitios de anidación y percha de aves acuáticas, y requiere de zonificación, monitoreo y el informe preventivo</p>	<p>179. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2003). Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003. Diario oficial. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3281/1/nom-022-semarnat-2003.pdf</p>

13

An aerial photograph of a tropical landscape. A light-colored dirt road or path winds through the scene from the bottom left towards the center. The surrounding area is densely packed with lush green vegetation, including various shrubs and trees. Several palm trees are visible, particularly on the right side of the image. The overall scene is bright and vibrant, suggesting a sunny day in a tropical environment.

CASOS ESTUDIO

Imagen: Foto tomada en sitio. Fuente: ARZOZ, 2023

CASOS ESTUDIO

Como parte del documento, Manual de buenas prácticas para la construcción y gestión de caminos en humedales, se realizó una revisión y análisis de **casos de estudio de proyectos de infraestructura construidos en zonas de humedales**, tanto a nivel local, en Quintana Roo, como a nivel nacional e internacional. El estudio de casos de éxito, es un componente clave dentro del proceso de planificación y diseño de nuevas infraestructuras viales en este tipo de ecosistemas.

El análisis de los casos brinda la oportunidad de **aprender de la experiencia previa, identificar las estrategias que han demostrado ser efectivas y aplicarlas en proyectos futuros**, evitando así, repetir errores pasados y minimizando los impactos negativos en áreas naturales protegidas. Las herramientas y conocimientos adquiridos, nos ayudarán a promover y alcanzar un equilibrio entre el desarrollo de infraestructura y la preservación de estos valiosos ecosistemas en Quintana Roo.

REFERENTES INTERNACIONALES:

Qunli, Parque de Humedales y Aguas-Lluvias.¹⁸⁰

Arquitectos: Turenscape	Estrategias: <ul style="list-style-type: none">• Convertir el humedal en una "esponja verde"• Espacio urbano que brinda servicios a la comunidad• Recuperar las aguas pluviales
Área: 300,000 m ²	
Año: 2010	
Ubicación: Haerbin, China	

El humedal en el centro de la ciudad, era un **área protegida de importancia regional y estaba amenazado debido a la reducción de fuentes de agua causada por las carreteras y el desarrollo urbano alrededor**. El reto era la integración de un humedal en peligro en el centro de la ciudad con el diseño de un ecosistema de humedales urbanos que proporciona múltiples beneficios para la ciudad.

La solución fue transformar el humedal en un parque de agua multifuncional que recogía, filtraba y almacenaba las aguas pluviales, al mismo tiempo que ofrecía experiencias recreativas y estéticas. Las estrategias de diseño incluyeron **mantener intacta la parte central**

del humedal, crear un anillo exterior de estanques y montículos que rodeaban el humedal original, construir caminos y plataformas alrededor de los estanques, y establecer estructuras de observación en los montículos del parque. Estas estrategias permitieron que el humedal evolucionara de forma natural y proporcionará espacios para que las personas interactúen con la naturaleza.

El resultado fue la transformación **de un humedal amenazado en un parque de agua que también mitigaba las inundaciones** en la ciudad.

180. Gaete, J. (2021). Qunli, Parque de Humedales y Aguas-Lluvias / Turenscape. ArchDaily México. <https://www.archdaily.mx/mx/02-309271/qunli-parque-de-humedales-y-aguas-lluvias-turenscape>

Imagen : Plataformas peatonales en parque Qunli. Fuente: archdaily.com



Imagen : Vista de los senderos y asientos. Fuente: archdaily.com



Imagen : Vista de las rutas y caminos propuestos. Fuente: archdaily.com

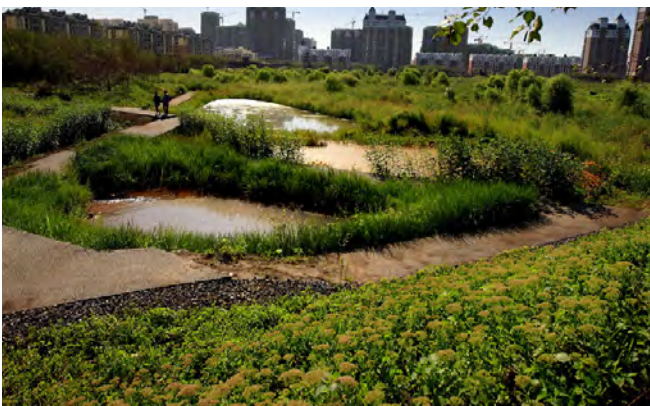


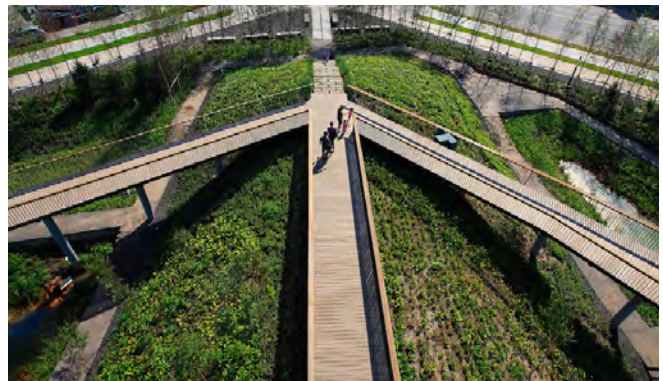
Imagen : Plataformas de observación de la naturaleza. Fuente: archdaily.com



Imagen : Vista aérea de la red de caminos y plataformas peatonales. Fuente: archdaily.com



Imagen : Vista aérea de las plataformas peatonales. Fuente: archdaily.com



Parque del Humedal Minghu.¹⁸¹

Arquitectos: Turenscape

Área: 31 ha

Año: 2009-2012

Ubicación: Lupanshui, China

Estrategias:

- Lagunas de retención de agua y humedales de purificación
- Restauración de ribera natural
- Creación de espacios públicos y corredores continuos para contener a peatones y bicicletas
- Eliminación del terraplén de hormigón del río para permitir el crecimiento de vegetación nativa en la zona de inundación y lecho del río

Este parque forma parte importante de la infraestructura ecológica de la ciudad y ofrece diversos servicios ecosistémicos, como la gestión de aguas pluviales, la depuración del agua y la restauración de hábitats nativos. La estrategia se basa en **desacelerar el flujo de agua de las pendientes y crear una infraestructura ecológica basada en el agua**, utilizando el agua como agente activo en la regeneración de un ecosistema saludable y habitable.

Se crearon **cascadas de aireación para añadir oxígeno al agua y promover la bio-remediación**. Se construyeron **humedales en terrazas y estanques de retención para regular el flujo de agua y reducir los picos de inundación**. Se diseñaron senderos peatonales y ciclovías a lo largo de los cursos de agua, conectando las terrazas de los humedales y proporcionando acceso universal.

Imagen : Vista de senderos peatonales y ciclovías. Fuente: archdaily.com



Se incorporaron plataformas de descanso, pabellones y una torre de observación para promover experiencias recreativas. Se incorporó un sistema de interpretación ambiental que ayuda a los visitantes a comprender la importancia natural y cultural del lugar. Se colocó un puente de arco iris como elemento emblemático, conectando el humedal central y ofreciendo espacios para caminar.

Estas intervenciones han convertido con éxito el área deteriorada en un parque municipal de alto rendimiento y bajo mantenimiento. El proyecto ayuda a regular eficientemente las aguas pluviales, purificar el agua contaminada, restaurar hábitats nativos y atraer a residentes y turistas. En 2013, fue designado oficialmente como Parque Nacional de Humedales en China.

Imagen : Vista de los senderos peatonales. Fuente: archdaily.com



181. Sánchez, D. (2019). Parque del humedal Minghu / Turenscape. ArchDaily México. https://www.archdaily.mx/mx/764388/parque-del-humedal-minghu-turenscape?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

Tamiami Trail.¹⁸²

Arquitectos y constructores: Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en colaboración con empresas de construcción y trabajadores locales

Longitud : 264 millas

Año: 1928

Ubicación: Florida, EUA

Estrategias:

- Construcción de un puente y elevación del nivel de la carretera para permitir el aumento de los niveles de agua.

Este camino fue construido para conectar las ciudades de Tampa y Miami. El terraplén de la carretera fue construido sobre la piedra caliza inferior existente. El material excavado fue colocado directamente sobre el suelo fangoso. Con el tiempo, el lodo se consolidó, causando problemas de inestabilidad en la carretera. **La carretera creó un impedimento para los flujos naturales de agua**, por lo que se agregaron **una serie de puentes de madera y drenaje, así como estructuras de conducción de agua de mayor tamaño.**

Estas estrategias no fueron suficientes para mejorar el flujo del agua, por lo que en **2009 se autorizó un plan que mejoraría** la conectividad de los humedales, reduciría cambios bruscos en la velocidad del agua y mejoraría las profundidades y duraciones durante la temporada de lluvias. Además, estas modificaciones mejorarán el paisaje de cresta y cañada y la productividad de los peces.

Los objetivos específicos de restauración incluían, el **aumentar la conectividad ecológica potencial entre los pantanos** en el Noreste de Shark River Slough y los pantanos al norte del camino. De igual forma la **restauración de los patrones de flujo de los pantanos naturales** (tasas y distribuciones de flujo) y la del hábitat de cresta y cañada en el Parque Nacional de los Everglades **reconectando los cauces históricos** que fueron interrumpidos por la carretera existente.

Se llevaron a cabo distintas medidas para lograr los objetivos, como la construcción de un puente de 1 milla en el lado este y la reconstrucción parcial de las 10.7 millas restantes de la carretera para permitir que el aumento en los niveles de agua en el canal inmediato aumente de los actuales 7,5 pies a 8,5 pies. **Se elevó la carretera y se desplazó hacia el sur para mantener la estabilidad del terraplén. Y finalmente se implementó un plan operativo de gestión de agua para empezar a aumentar los flujos hídricos.**

Imagen : Vista aérea vialidad. Fuente: informedinfrastructure.com



Imagen : Vista aérea lateral vialidad. Fuente: fl.audubon.org



182. National Park Service. (2010). Tamiami Trail: Next Steps, Everglades National Park. <https://www.nps.gov/articles/tamiami-trail-next-steps.htm>

Proyecto de autopista Hubei Yiba.¹⁸³

Longitud: 10 km (4 km elevados sobre el agua)

Año: 2015

Ubicación: China

Estrategias:

- Investigaciones de vías en áreas kársticas.
- Implementación de viaductos como cruces de fauna.
- Medidas especiales en áreas protegidas/sensibles.

La autopista Yiba Highway pasa por el parque geológico Tres Gargantas, un área de hábitats naturales altamente sensibles. Como parte de la investigación de las vías, se llevaron a cabo **inventarios de fauna**.

Se implementó el **esquema túnel-viaducto para permitir los cruces de fauna**. Se implementaron medidas especiales para la **protección de cavernas o cuevas kársticas cerca del derecho de vía durante la construcción**; restricciones a los trabajadores; demarcación y cercado de cavernas; monitoreo durante la construcción.

Imagen : Vista aérea de la carretera. Fuente: destinoinfinito.com



Imagen : Vista lateral de carretera. Fuente: destinoinfinito.com



Imagen : Vista frontal de carretera. Fuente: destinoinfinito.com



Imagen : Vista inferior. Fuente: destinoinfinito.com



183. Quintero JD. (2021). Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables. The Nature Conservancy & Latin America Conservation. <https://fcds.org.co/wp-content/uploads/2021/01/carreteras-ambientalmente-amigables-02-2016.pdf>

Variante Mocoa.¹⁸⁴

Arquitectos: Invias y Consorcio del Sur

Longitud : 45.6 kilómetros

Año: 2011

Ubicación: San Francisco, Colombia

Estrategias:

- Rescate de fauna y flora del derecho de vía
- Conservar Áreas protegidas
- Vigilancia y control de la zona

Se rescataron líquenes, orquídeas, nidos de pájaros, y pequeños mamíferos del derecho de vía antes de la iniciación de las labores constructivas. De igual forma, se enviaron los especímenes a los viveros, áreas protegidas y bancos de genes.

El proyecto se pensó para acortar la distancia que existe entre el centro y el sur del país y hacer una vialidad más

directa y segura, la vialidad será de una calzada de 7.30 m, la cual se dividirá 2 carriles bidireccionales y contará con 49 puentes, algunos de ellos sobre cuerpos de agua. La construcción de la vía presenta desafíos debido al terreno, ya que este no es completamente plano, sino que presenta ondulaciones y atraviesa zonas montañosas.

Imagen : Vista frontal de la vía. Fuente: carreteras-pa.com



Imagen : Vista aérea de la vía. Fuente: consulobras.com



Imagen : Vista lateral de la vía elevada. Fuente: informativodelguaioco.com



Imagen : Vista lateral inferior de la vía. Fuente: porto.grupolhs.co



184. Quintero JD. (2021). Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables. The Nature Conservancy & Latin America Conservation. <https://fcds.org.co/wp-content/uploads/2021/01/carreteras-ambientalmente-amigables-02-2016.pdf>

Invias (s.f.). Una realidad para el Putumayo y el País. Periódico Kminos. <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/politicas-y-lineamientos/publicaciones/1746-periodico-variante-san-francisco-mocoa/file#:~:text=PMASIS-,el%20Plan%20de%20Manejo%20Ambiental%20y%20Social%20Integrado%20y%20Sostenible,ejecuci%C3%B3n%20del%20mencionado%20proyecto%20vial.>

Carretera La Macarena.¹⁸⁵

Arquitectos: Ingenieros militares

Longitud : 160 km

Año: 2013

Ubicación: Puerto Rico - San José del Guaviare, Colombia

Estrategias:

- Corredor de biodiversidad

El proyecto apoyará el establecimiento de un corredor de biodiversidad entre dos grandes parques nacionales con base en un enfoque de manejo del paisaje.

La ejecución de la obra ha sido estricta y se ha regido por ciertas normas ambientales para preservar la flora y fauna de la zona y no alterar el ecosistema.

La Macarena busca unir dos zonas de gran importancia en Colombia y permitir que el flujo vehicular entre ellas tenga un alto beneficio social, impactando tanto a los comerciantes, a los locales y a turistas, lo que lleva a un aumento en la economía local. Se buscó desarrollar una vía de gran calidad para acortar tiempos y distancias de traslado. A su vez se logró brindar mayor seguridad a los usuarios, colocando cámaras de seguridad en puntos estratégicos y con la ayuda de los militares.

Imagen : Vista aérea superior de carretera. Fuente: las2orillas.co



Imagen : Vista aérea frontal de la vialidad. Fuente: periodicodelmeta.com

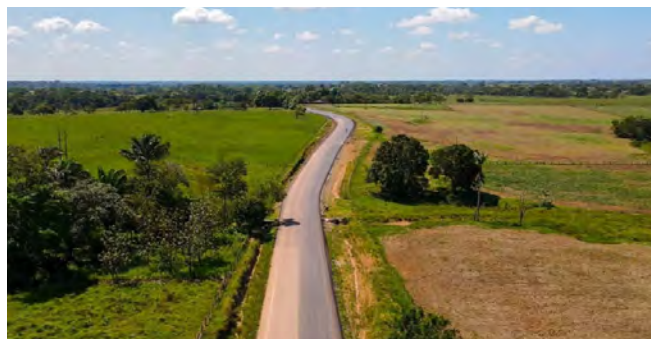


Imagen : Vista aérea lateral. Fuente: exitosastereo.com.co



Imagen : Vista frontal a nivel de calle. Fuente: googlemaps



185. Quintero JD. (2021). Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables. The Nature Conservancy & Latin America Conservation. <https://fcds.org.co/wp-content/uploads/2021/01/carreteras-ambientalmente-amigables-02-2016.pdf>

Instituto Nacional de Vías. (2013). Más kilómetros de vida - transversal de la Macarena [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=RAqQiy_UYrM

REFERENTES NACIONALES:

Puente elevado de Boca Paila.¹⁸⁶

Longitud : 150 m

Año: 2003

Ubicación: Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, Quintana Roo

Estrategias:

- Realizar un paso elevado que conecte Punta Allen con el resto del estado, cruzando por el humedal.

Este camino elevado atraviesa el cuerpo de agua que une al mar Caribe con la Laguna de Boca Paila y está diseñado para permitir a los visitantes caminar por encima de los humedales y explorar el entorno sin perturbar el ecosistema. El proyecto proporciona vistas panorámicas de la flora y fauna de los humedales de Sian Ka'an y ayuda a proteger el hábitat acuático. Inicialmente

el material con el cual **estaba hecho era de madera**, y posteriormente, debido al deterioro y mal estado del puente, **se construyó de concreto prefabricado**. Sus dimensiones ahora son : 150 metros de longitud por 6.50 m de ancho de calzada con banquetta a ambos lados de 80 cm, barandales de protección de 1.20 m de alto, zapatas de concreto de 2.50 x 8.10 m con apoyos de 8 metros de alto con claros a cada 15 metros.

Imagen : Vista aérea lateral del puente. Fuente: quinta fuerza.mx



Imagen : Vista aérea del puente. Fuente: en-yucatan.com.mx

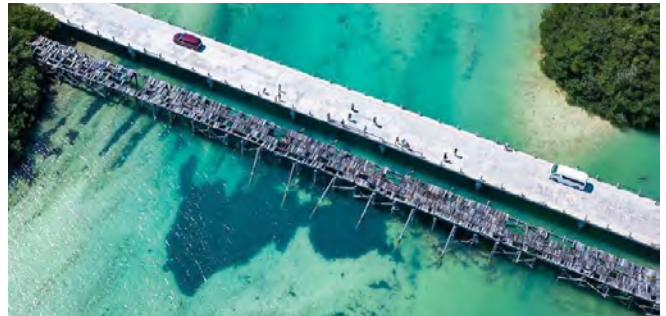
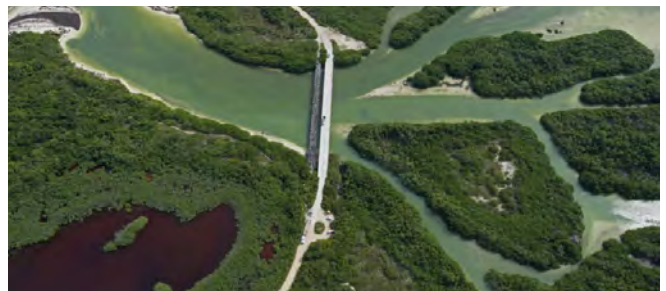


Imagen : Vista aérea frontal. Fuente: odioo viajes.com



Imagen : Vista aérea superior. Fuente: conecto.mx



186. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2003). Modernización de la carretera Tulum – Punta Allen y puente de Boca Paila. <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/qroo/estudios/2003/23QR2003VD121.pdf>

Puente vehicular de Santa Cruz Condoy ¹⁸⁷

Longitud : 17 m

Año: 2022

Ubicación: Santa Cruz Condoy, Municipio de San Miguel Quetzaltepec, Oaxaca

Estrategias:

- Realizar un cruce entre poblados que permita la comunicación vehicular continua y segura, principalmente en temporada de lluvias

El proyecto consistió en **realizar un cruce elevado** para conectar el poblado de Chuxnaban con la cabecera municipal de San Miguel Quetzaltepec. El proyecto **requería del diseño y construcción de infraestructura adecuada que permitiera el libre flujo de aguas pluviales** durante la temporada de lluvias y el flujo constante del cauce del Río Blanco que pasa por debajo del puente.

Fue necesario replantear y proponer nuevas estrategias que mejoren el cruce existente que con el paso del

tiempo y la demanda de la localidad, no cumplía con los requisitos técnicos necesarios para ser un cruce seguro.

La nueva propuesta de mejoramiento del cruce consistió en la **utilización de materiales más resistentes aptos para la carga que el puente vehicular requería**. Se propusieron apoyos de concreto con cimentación a base de zapatas aisladas y una superestructura formada por losa de concreto armado.

Imagen : Vista aérea lateral del puente. Fuente: semarnat.gob.mx



Imagen : Vista frontal. Fuente: semarnat.gob.mx



Imagen : Corte constructivo del puente. Fuente: semarnat.gob.mx

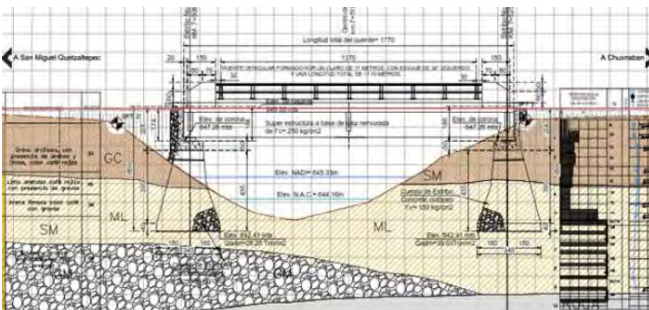


Imagen : Vista inferior lateral. Fuente: semarnat.gob.mx



187. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2022). Construcción del puente vehicular ubicado en la localidad de Santa Cruz Condoy, Municipio de San Miguel Quetzaltepec, Estado de Oaxaca. Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/oax/estudios/2022/200A-2022VD009.pdf>

Muelle rústico en Cancún ¹⁸⁸

Arquitectos o constructores: Empresa CAVERI, Servicios Inmobiliarios, S.A. de C.V

Longitud : 60 m

Año: 2015

Ubicación: Cancún, Quintana Roo

Estrategias:

- Construcción de muelle rústico de madera con fines turísticos

Este proyecto consta de un **muelle rústico de madera, elaborado con maderas duras de la región** (jabón, tzalam o caracolillo). Cuenta con una terminación en forma de "T" de 60 m de largo (40 m del lado derecho y 20 m del lado izquierdo de la pasarela principal) por 2.50 m de ancho. El muelle tendrá un uso para el atracadero de lanchas tipo balleneras y contará con pilotes de madera dura de la región.

La ubicación del muelle se debe a las condiciones de la zona para el desarrollo de proyectos con servicios de playa de primer nivel que atienda la demanda de servicios recreativos y de esparcimiento en esta zona turística. **También se consideró el valor paisajístico y natural de la zona como elemento básico de atracción turística.**

Imagen : Vista aérea superior del muelle. Fuente: googlemaps



Imagen : Vista lateral a nivel de calle del muelle. Fuente: googlemaps



Imagen : Vista lateral del muelle. Fuente: googlemaps



Imagen : Dibujo isométrico de colocación de tablonés del muelle. Fuente: semarnat.gob.mx

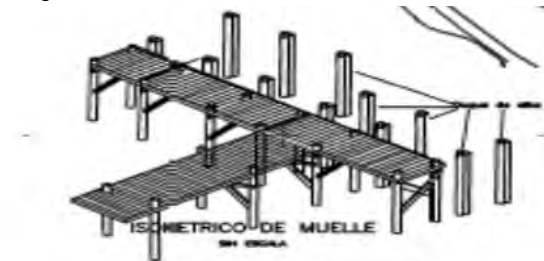


Figura 10.- Detalles de la colocación de tablonés.

188. Quiñones, G.S. (2015). Construcción de un muelle rústico de madera de la región ubicado en el Boulevard Kukulcan, km. 3.5, playa, zona hotelera de Cancún, municipio Benito Juárez, Quintana Roo". Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular. <http://consultaspublicas.semarnat.gob.mx/expediente/qroo/estudios/2015/23QR2015TD072.pdf>

Puente de Las Coloradas.¹⁸⁹

Arquitectos o constructores: Empresa CAVERI, Servicios Inmobiliarios, S.A. de C.V

Longitud : 45 m

Año: 2013

Ubicación: Las Coloradas, Yucatán

Estrategias:

- Construcción de puente elevado sobre canal

Este proyecto fue construido con la finalidad de conectar la localidad de Las Coloradas con el resto del estado. El puente facilita el tránsito de vehículos, mejora la conectividad en la zona y garantiza el paso seguro. De igual forma ayuda al desarrollo turístico, pesquero e industrial de la zona.

Este puente es único en su tipo en el estado de Yucatán, ya que es un **puente “atirantado” construido con**

acero y con un peso de 72.5 toneladas. Las piezas de acero utilizadas para la construcción del puente son en su mayoría prefabricadas en Veracruz y tienen un acabado galvanizado resistente a la corrosión. Por otro lado, los cables de acero utilizados para sostener el puente fueron fabricados fuera del país. La obra generó gran cantidad de empleos directos e indirectos, por lo que la inversión de la infraestructura construida resultó beneficiosa para los habitantes del estado.

Imagen : Vista frontal a nivel de calle del puente. Fuente: googlemaps



Imagen : Vista aérea lateral del puente. Fuente: laminasyaceros.com



Imagen: Vista inferior desde el manglar. Fuente: laminasyaceros.com



Imagen : Vista en trayectoria de puente. Fuente: googlemaps



189. Revista Yucatán. (2013). Puente de las Coloradas. <https://www.revistayucatan.com/v1/noticias/puente-de-las-coloradas-ya-funciona/> y <https://blog.laminasyaceros.com/blog/puente-de-las-coloradas-yucat%C3%A1n>

Puente Quintin Arauz.¹⁹⁰

Arquitectos o constructores: Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)

Longitud : 856 m

Año: 2023

Ubicación: Tabasco

Estrategias:

- Construcción de puente elevado sobre río

El proyecto consiste en la construcción de un puente que cruza el Río Usumacinta conectando la comunidad de Quintín Arauz, en el municipio de Centla, con el resto del territorio, proporcionando un cruce del río más fácil y seguro.

Este proyecto tiene la finalidad de **mejorar la conectividad y el desarrollo económico del estado, facilitando el cruce del río**, que anteriormente debía cruzarse en panga, haciendo el proceso mucho más

tardado e inseguro. Este nuevo puente cuenta con dos carriles de circulación, además de acotamientos laterales, banquetas y guarniciones en ambos lados. Las medidas del puente son :11.60m de ancho de corona, dos carriles de 3.5 metros cada uno, acotamientos laterales de 0.80 metros cada uno, banqueta lateral de 1.25 metros y parapetos de 0.25 m. La estructura del puente está hecha a base de columnas de concreto, cabezales y caballetes colados in situ con traveses prefabricados de concreto armado. La cimentación es a base de pilotes con zapatas de concreto reforzado colado in situ.

Imagen : Vista aérea frontal. Fuente: revistainfraestructura.com.mx



Imagen : Vista lateral del puente. Fuente: tabasco.gob.mx



Imagen: Vista aérea lateral. Fuente: carreteras-pa.com

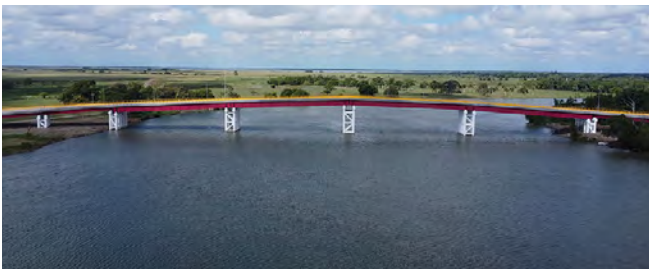


Imagen : Vista aérea. Fuente: SICT México



190. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) . (2021). Manifestación De Impacto Ambiental en su Modalidad Particular del puente que se ubicará en el km. 0+400 Sobre El Camino: E.C. (Frontera – Jonuta) – Quintín Arauz, en el Estado de Tabasco. Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental.<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/tab/estudios/2021/27TA2021V0055.pdf>

Muelle Ecoparque Bacalar. ¹⁹¹

Arquitectos o constructores: Arquitectos C733

Longitud : 1 km

Año: 2021

Ubicación: Bacalar, Quintana Roo

Estrategias:

- Reducir al mínimo el programa solicitado
- Actuar con delicadeza tratando de afectar lo menos posible el ecosistema.

El proyecto consistió en la construcción de un muelle cuadrado turístico como parte del Ecoparque ubicado en Bacalar. El muelle **permite transitar por la flora y fauna del sitio, además cuenta con una altura variable, buscando así minimizar las afectaciones al manglar y los árboles existentes.**

Como solución constructiva, se generó un **sistema estructural hecho a base de maderas locales,**

encontrando la justa medida para ser columna, trabe y cimienta al mismo tiempo. También se mejoró la estrategia del paisaje al reducir la construcción, con el objetivo de mitigar la contaminación proveniente del agua de escorrentía en la localidad. Esto se logró mediante el **uso de filtros naturales, áreas de captación de agua y jardines pluviales, así como la restauración del manglar** que había sufrido degradación.

Imagen : Vista aérea muelle en Ecoparque. Fuente: menteurbana.mx



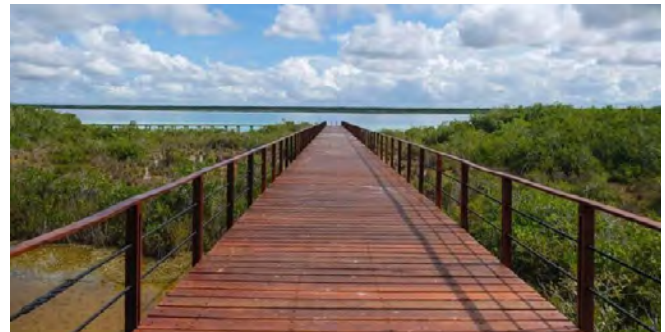
Imagen : Vista aérea frontal del muelle. Fuente: menteurbana.mx



Imagen : Plataformas transitables sobre laguna. Fuente: reportequintanaroo.com



Imagen: Vista panorámica de muelle. Fuente: menteurbana.mx



191. Arquine. (2023). Ecoparque Bacalar. <https://arquine.com/obra/ecoparque-bacalar/>

Puente de madera Zazil Ha, Hotel MÍA Reef. ¹⁹²

Arquitectos o constructores: Grupo Reef

Longitud : 95 m

Año: 2015

Ubicación: Isla Mujeres, Quintana Roo

Estrategias:

- Puente elevado de madera sobre el mar, que permite el paso del agua

El proyecto consistió en la construcción de un puente de madera como acceso al Hotel MIA Reef, en Isla Mujeres. Se tuvo la necesidad de construir un acceso sobre el agua, ya que el hotel está ubicado en un islote separado de la isla principal. Este puente le da acceso a uno de los hoteles más privados de la zona, y al estar ubicado en el extremo norte de la isla tiene como gran atractivo su exclusividad.

El puente está construido sobre **pilotes de madera capaces de soportar las cargas estructurales de los vehículos que lo transitan**. La superficie de rodamiento está hecha de tablones de madera colocados de forma transversal al eje del puente. El puente tiene 3.50m de ancho por 95m de largo.

Imagen : Vista aérea puente vehicular. Fuente: googlemaps



Imagen: Vista de acceso a puente vehicular. Fuente: hotelmiareefislamujeres.com

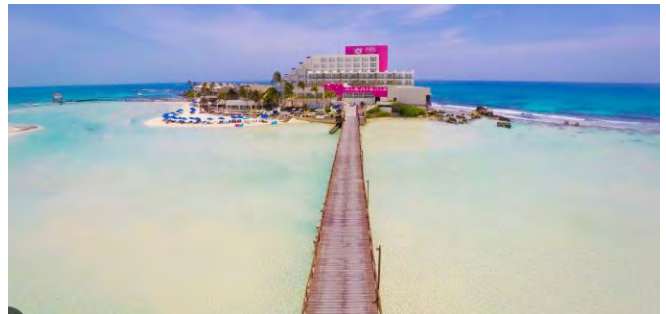
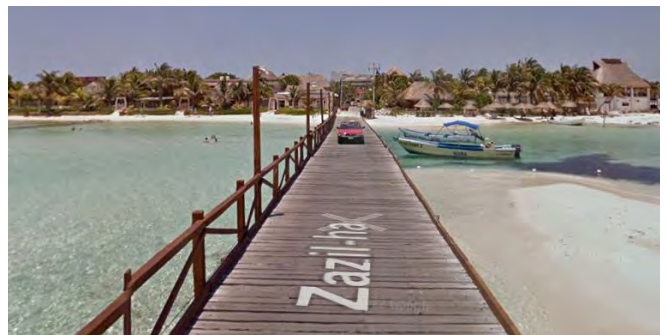


Imagen: Vista en trayecto de puente. Fuente: hotelmiareefislamujeres.com



Imagen: Vista en trayecto de puente. Fuente: googlemaps



192. Hotel MÍA Reef Isla Mujeres. (2015). <https://www.hotelmiareefislamujeres.com/es> y Google Maps: Zazil-ha, Centro - Supmza. 001, 77400 Isla Mujeres, Q.R

Camino de sacbé en Cobá. ¹⁹³

Arquitectos o constructores: antiguos mayas

Longitud : + 100km

Año: 600-800 d.C

Ubicación: Cobá, Quintana Roo

Estrategias:

- Construcción de caminos de sacbé con materiales locales

Los caminos de sacbé son caminos construidos por la civilización maya con **materiales de la zona** mediante los cuales se conectaban edificios y ciudades. El camino de Sacbé de Cobá es uno de los más largos de la región y se extiende por aproximadamente 100 kilómetros, conectando Cobá con otros asentamientos mayas cercanos. Estos caminos representan el sistema de caminos más complejo encontrado en la zona maya hasta la fecha. Han sido parcialmente restaurados y permiten

a los visitantes explorar el área y admirar la antigua arquitectura maya. El camino de Sacbé en Cobá está construido utilizando piedra caliza local. La piedra caliza se tallaba y encajaba para formar una superficie sólida y nivelada. A lo largo del camino, se pueden encontrar algunas secciones elevadas o puentes que permiten cruzar áreas bajas o pantanosas. Estos caminos tienen un ancho aproximado entre 5.80 m y 6.40 m, su altura promedio es de 75cm y alcanzan a tener 2.50m de alto.

Imagen: Camino de sacbé en ruinas mayas. Fuente: elmundoconella.mx



Imagen: Camino de sacbé en Cobá. Fuente: micancun.org



Imagen: Calzada de sacbé en Labná. Fuente: grupokankun.com



Imagen: Calzada de sacbé en ruinas mayas. Fuente: culturagenial.com



193. Folan, William J. El Sacbé Coba-Ixil: un camino maya del pasado Nueva Antropología, vol. II, núm. 6, julio, 1977, pp. 31-42 Asociación Nueva Antropología A.C. Distrito Federal, México



www.amigosdesiankaan.org

