

MODIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO. 2024

ETAPA DE CARACTERIZACIÓN

**H. AYUNTAMIENTO DE BENITO JUAREZ
GOBIERNO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO
SEMARNAT**



Elaborado por: Servicios Ambientales y Jurídicos, S.C.

INDICE	Pag
1.- INTRODUCCIÓN y JUSTIFICACIÓN	1
1.1- Antecedentes POEL de Benito Juárez	1
1.2- Bitácora Ambiental	18
1.3- Indicadores Ambientales	20
1.4- Mapa Base del Municipio.	23
2.- AGENDA AMBIENTAL	26
2.1- Fundamento Jurídico.	26
2.2- Sectores identificados en el municipio de Benito Juárez.	28
2.3- Descripción de Atributos Ambientales por Sector.	41
2.3.1- Descripción del conjunto de Atributos Ambientales que requiere cada Sector para el desarrollo óptimo de sus actividades.	44
2.3.2. Condiciones y/o características del Atributo Ambiental que favorecen el desarrollo del Sector	45
3.- CARACTERIZACIÓN	66
3.1.- Componente Natural	67
3. 1.1- Sistema Ambiental	68
3.1.1.1 Localización y Extensión	68
3.1.1.2. Características Geológicas y Fisiográficas	68
3.1.1.3. Distribución y Variación Climática	71
3.1.1.4. Hidrología Superficial	73
3.1.1.5. Hidrología Subterránea	75
3.1.1.6. Tipos de Suelo dominantes	78
3.1.1.7. Vegetación y Uso del Suelo	83
3.1.1.8. Diversidad Biológica	91
3.1.1.9. Riesgo Ambiental.	92
3.1.2. Territorio Municipal	96
3.1.2.1 Localización	97
3.1.2.2. Unidades Naturales	98
3.1.2.3 Geología y Geomorfología	114
3.1.2.4 Climas	116
3.1.2.5. Agua Superficial. Disponibilidad y Calidad.	119
3.1.2.6. Agua Subterránea. Disponibilidad y Calidad	125
3.1.2.7. Descripción de los tipos y características de los Suelos Dominantes	134

3.1.2.8. Modelo Digital del Terreno	137
3.1.2.9. Identificación de las áreas con potencial de erosión	138
3.1.2.10. Vegetación y Uso del Suelo	139
3.1.2.11. Tipos de Vegetación	141
3.1.2.12. Estructura y composición de los tipos y condiciones de la vegetación	142
3.1.2.13. Mapa de vegetación y uso del suelo	147
3.1.3. Diversidad Biológica	148
3.1.3.1. Caracterización de la Fauna	149
3.1.4. Riesgo Ambiental	160
3.1.4.1. Frecuencia e Intensidad de eventos Hidrometeorológicos y/u otros Fenómenos Naturales relevantes.	160
3.1.4.2. Identificación de Zonas de Riesgo por Inundaciones, Huracanes, Incendios y otros Fenómenos Naturales.	164
3.1.4.3 Consideración de las Zonas de afectación por Incendios	167
3.1.4.4. Identificación de zonas potenciales de Riesgo por efectos del Cambio Climático (cuando exista información disponible).	168
3.2 Componente Social.	171
3.2.1. Medio Socioeconómico	171
3.2.1.1. Población	171
3.2.1.2. Distribución de la población.	173
3.2.1.3. Estructura Demográfica	176
3.2.1.4. Migración y Etnicidad	177
3.2.1.5. Población con discapacidades y/o limitaciones	179
3.2.1.6 Educación	181
3.2.1.7. Atención a la Salud.	182
3.2.1.8. Características económicas de la población	182
3.2.1.9. Vivienda	184
3.2.1.10. Vías de comunicación	186
3.2.1.11. Redes de servicios	188
3.3.1. Descripción de los Planes, Programas, Proyectos y Acciones de las instancias de Gobierno Federal, Estatal y Municipal que tienen influencia en el Uso del Territorio.	194
Literatura Consultada.	202

1.- INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN PARA LA MODIFICACIÓN DEL POEL MBJ.

Los Programas de Ordenamiento Ecológico Local fueron concebidos como instrumentos de planeación que consideran las diferentes actividades productivas que se realizan en la superficie de un determinado territorio (municipio), regulando o induciendo el uso del suelo y las actividades sectoriales, procurando maximizar el consenso y minimizar el conflicto entre los diferentes sectores sociales y las autoridades dentro de su jurisdicción, bajo el esquema del aprovechamiento sustentable y la conservación de los recursos naturales presentes. Además, de considerar la protección y preservación a largo plazo, de los recursos naturales prioritarios, para asegurar su permanencia a lo largo de los años.

A través del proceso de ordenamiento ecológico y de su adecuado seguimiento se generan, instrumentan, evalúan y, en su caso, modifican las políticas ambientales, lineamientos, estrategias y/o criterios de regulación ecológica con las que se busca lograr un mejor balance entre las actividades productivas y la protección al ambiente.

Con el ordenamiento ecológico, la SEMARNAT busca impulsar un esquema de planeación ambiental encaminado hacia el desarrollo sustentable. Dentro de este esquema se promoverá la vinculación y la integralidad de la toma de decisiones en los tres órdenes de gobierno sobre los temas que afectan el patrón de ocupación del territorio, así como la participación de la sociedad y la transparencia en la gestión ambiental.

(SEMARNAT, 2010. <http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Paginas/OrdenamientoEcol%C3%B3gico.aspx>).

Bajo esta perspectiva, fue elaborado el primer Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, fue decretado y publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del estado el 20 de julio de 2005, el primero en su tipo a nivel nacional. Y en febrero del 2014 se modificó, decretó y publicó este instrumento normativo en el Periódico Oficial del Gobierno del estado de Quintana Roo, el primero en modificarse a nivel nacional.

A continuación, se describen los principales antecedentes de este instrumento de planeación.

1.1. Antecedentes del POEL MBJ:

1. El 28 de septiembre de 2001 se signó el Acuerdo de Coordinación que, con objeto de apoyar la formulación, expedición y ejecución del Programa de

Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez, dada la necesidad de contar en todo el territorio municipal, con un instrumento de planeación acorde a las necesidades y metas de un desarrollo sustentable para esta región.

2. En el período comprendido **entre noviembre de 2002 y enero de 2005**, se realizaron 4 reuniones de consulta pública; un taller de planeación participativa (21 de Noviembre de 2002); un taller de inducción y control (Julio de 2003); un taller de expertos (18 y 19 de Marzo de 2004) y una cuarta Consulta Pública (31 de Enero de 2005) con la amplia participación de funcionarios de los 3 Órdenes de Gobierno, propietarios e inversionistas, académicos y especialistas en la materia, organizaciones no gubernamentales, ejidatarios y organizaciones sociales, cuyas propuestas fueron analizadas, valoradas y, en su caso, incorporadas en la versión final de los textos y contribuyeron a la formulación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (en aquel entonces, el primero en su tipo a nivel nacional).
3. **El 10 de febrero de 2005**, el Comité Técnico para la formulación, expedición y ejecución del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez **aprobó y signó en su Novena Reunión Extraordinaria**, la versión final del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.
4. **El 25 de febrero de 2005**, el Honorable Cabildo de Benito Juárez, aprobó el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, en su **Septuagésima Sexta reunión ordinaria**.
5. **El 20 de julio de 2005** se publica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, bajo Tomo II, Número 48 Extraordinario Bis, Séptima Época.
6. El 25 de mayo de 2011, se reunieron en la Sala de Juntas del Palacio Municipal del H. Ayuntamiento de Benito Juárez, los integrantes del Comité de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez para la Instalación del Comité respectivo, para iniciar los trabajos tendientes a la Actualización (Modificación) de este instrumento de Planeación.
7. El 4 de septiembre de 2013, en la Décima Tercera Sesión Ordinaria, el Comité Técnico del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Benito Juárez fue validada y aprobada la propuesta final de un nuevo y actualizado Modelo de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Benito Juárez, propuesta que MODIFICA el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Benito Juárez, publicado en el 2005.

8. El 27 de febrero de 2014 se publica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, bajo Tomo I, Número 19 Extraordinario, Octava Época.

Hace ya poco más de 10 años que el POEL MBJ fue actualizado (modificado) y desde entonces se han presentado varios eventos que hacen necesaria nuevamente su modificación, por cambios en las condiciones ambientales, políticas y sociales, entre las que destacan:

- a. El 6 de noviembre de 2015, la XIV Legislatura del Congreso del estado de Quintana Roo declara la conformación del onceavo municipio de Quintana Roo (Puerto Morelos), tras fraccionar al municipio de Benito Juárez. Este decreto entró en vigor a partir de 6 de enero de 2016.
- b. Originalmente y de acuerdo con el mapa base utilizado en el POEL 2014, el municipio de Benito Juárez poseía una superficie de 197,882.038 hectáreas.
- c. Después de la creación del municipio de Puerto Morelos (06/Ene/2016), la nueva superficie del municipio de Benito Juárez quedó en 93,000.54 hectáreas, perdiendo 104,881.498 hectáreas (53.0 % de su territorio).
- d. Esta situación le brinda al POEL una nueva realidad geopolítica y territorial, por la partición del instrumento normativo, por lo que la aplicación del POEL debe de modificarse, de conformidad con el Artículo 127, fracc VI de la Constitución del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo.
- e. En este lapso transcurrido entre la publicación del POEL 2014 y a la fecha, se han manifestado cambios relevantes en los procesos naturales de los ecosistemas presentes debido a las diferentes actividades antropogénicas y eventos meteorológicos, y que han modificado sustancialmente las condiciones de la vegetación y del suelo, y como consecuencia, un marcado detrimento de los servicios ambientales que proveen.

Entre las actividades antropogénicas y los eventos meteorológicos, se destaca el desmedido crecimiento de la mancha urbana, tanto dentro como fuera del polígono sujeto a Programas de Desarrollo Urbano (actual Unidad de Gestión Ambiental o UGA 21), y que han sobrepasado las expectativas y proyecciones realizadas tanto por el PDU como por el POEL. Estas actividades han causado diversas afectaciones a las condiciones de la vegetación de prácticamente todas las UGAs restantes en el POEL del municipio de Benito Juárez, luego de la división de su territorio municipal para la creación del municipio de Puerto Morelos.

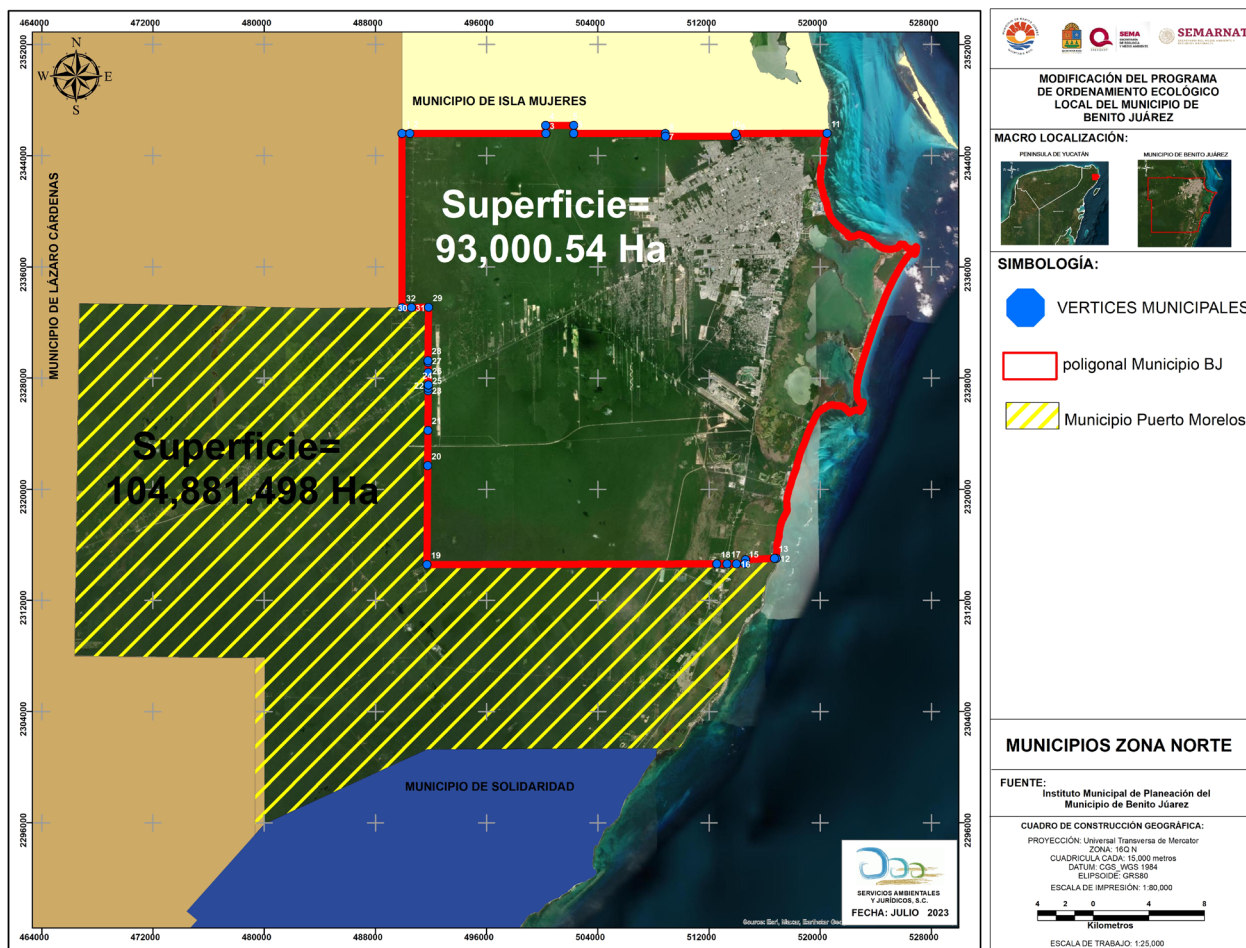


Imagen 1.- Reducción de la superficie original del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, después de la creación del municipio de Puerto Morelos, el 6 de enero de 2016.

Aunado a esto, la incidencia de fenómenos meteorológicos también genera afectaciones a las condiciones de la vegetación, a los ecosistemas y a los servicios ambientales que éstos proveen. Las trayectorias de las tormentas tropicales y huracanes son reflejadas en los mapas, en el sentido de desplazamiento de su centro u “ojo”; sin embargo, las afectaciones que generan estos fenómenos dependen más de su intensidad o categoría, e incluso, del cuadrante de acercamiento que tenga. En ese sentido, se enlistan los huracanes que han pasado por la zona norte del estado, aun cuando no necesariamente hayan “tocado tierra” dentro de la nueva superficie municipal, pero que sí han generado afectaciones por viento y/o precipitación, y que han afectado los ecosistemas remanentes en el municipio y en la zona urbana.

La tabla 1 presenta los huracanes que han tocado y/o afectado por su cercanía al municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

Tabla 1.- Fenómenos Hidrometeorológicos recientes que han pasado y/o incidido en la zona Norte de Quintana Roo y al Municipio de Benito Juárez.

Año	Categoría	Fecha
2005		
Cindy	Tormenta Tropical	7 julio 2005
Emily	Huracán Cat 4	18 julio 2005
Stan	Tormenta Tropical	2 octubre 2005
Wilma	Huracán Cat 4	21 a 23 Oct 2005
2006		
Alberto	Tormenta Tropical	10 junio 2006
2007		
Barry	Depresión Tropical	1º junio 2007
Olga	Depresión Tropical	15 diciembre 2007
2008		
Dolly	Tormenta Tropical	21 julio 2008
2009		
Ida	Huracán Cat 2 (no toca tierra)	8 noviembre 2009
2010		
Paula	Huracán Cat 2 (no toca tierra)	13 octubre 2010
2011		
Don	Tormenta Tropical	27 julio 2011
Rina	Huracán Cat 2	23 a 28 Oct 2011
2016		
Colin	Tormenta Tropical	5 a 7 junio 2016
2017		
Nate	Huracán Cat 1	4 a 9 Oct 2017
2020		
Delta	Huracán Cat 2	4 a 10 Oct 2020

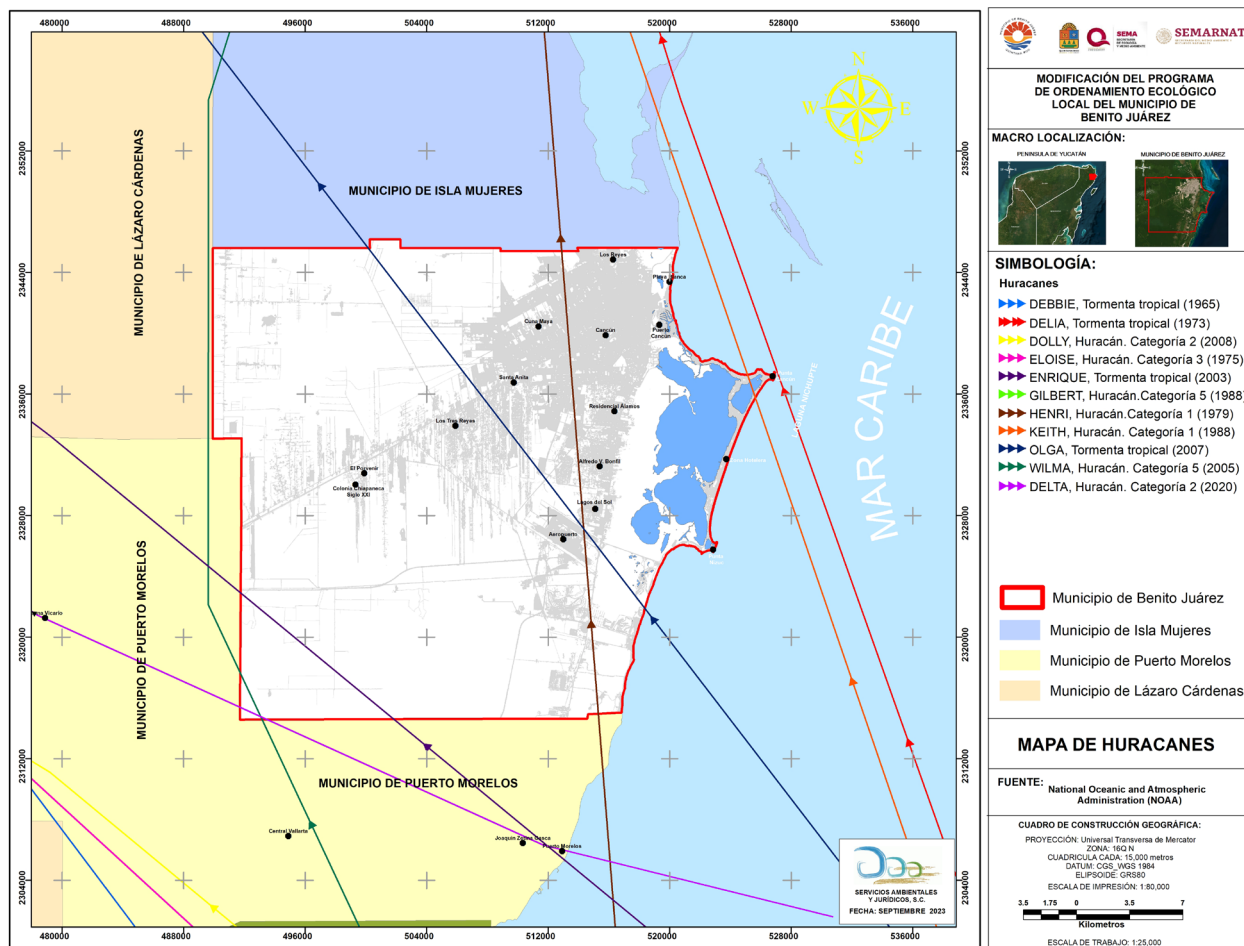


Imagen 2.- Mapa de tormentas tropicales que han incidido sobre la superficie municipal de Benito Juárez.

Fuente: National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA)

A raíz del paso de fenómenos meteorológicos, los ecosistemas presentes en el territorio municipal han sido fuertemente afectados, sobre todo en la selva mediana subperennifolia, y en los manglares costeros, lo que provocó la caída de árboles maduros, dejando diseminado en una buena superficie del municipio, material combustible que posteriormente fue consumido por los incendios forestales que afectaron la entidad, destacando los años 2006, 2009 y 2011 (24,815.51 ha; 6,631.62 ha; y 17,133.30 ha, respectivamente, en lo que era el municipio de Benito Juárez, incluyendo Puerto Morelos. Y entre 2011 y 2021, sólo en la actual superficie municipal, la superficie afectada por incendios forestales es de 15,380.43 hectáreas, resaltando que, en algunos puntos, los incendios han sido recurrentes en más de una ocasión. También cabe destacar que este material combustible NO propició ni fomentó los incendios forestales, pero éstos fueron mucho más intensos, al haber una gran cantidad de madera seca de árboles muertos, y no sólo árboles vivos.

Los principales incendios forestales que se han presentado en el municipio (y en la zona Norte del estado de Quintana Roo), se describen a continuación en la tabla 2.

Tabla 2.- Incendios forestales que se han presentado en la superficie del territorio municipal de Benito Juárez y Norte del estado de Quintana Roo, derivado de fuentes oficiales (CONAFOR).

Año	Ecosistema afectado	Superficie siniestrada (has)	Porcentaje del Mpio (2014)	Porcentaje del Mpio (2016)
Hasta 1989	Selva Mediana Subperennifolia y Baja Subcaducifolia	56,176.01 Ha	28.39 %	
1995	Selva Mediana Subperennifolia y Baja Subcaducifolia	24,507.81 Ha	12.39 %	
1999	Selva Mediana Subperennifolia	9,458.89 Ha	4.78 %	
2006	Selva Mediana Subperennifolia y Baja Subcaducifolia	24,815.51 Ha	12.54 %	
2009	Selva Mediana Subperennifolia y Baja Subcaducifolia	6,631.62 Ha	3.35 %	
2011	Selva Mediana Subperennifolia	16,675.99 Ha	8.43 %	
2014	Selva Mediana Subperennifolia	782.90 Ha	0.40 %	
2015	Selva Mediana Subperennifolia	1,519.36 Ha	0.77 %	
Superficie afectada (de 197,882.038 Ha)		90,359.13 Ha	45.66 %	
2016	Selva Mediana Subperennifolia	12.00 Ha		0.01 %
2017	Selva Mediana Subperennifolia	60.67 Ha		0.07 %
2018	Selva Mediana Subperennifolia	306.67 Ha		0.33 %
2019	Selva Mediana Subperennifolia	1,199.11 Ha		1.29 %
2020	Selva Mediana Subperennifolia	2,482.79 Ha		2.67 %
2021	Selva Mediana Subperennifolia	810.97 Ha		0.87 %
Superficie afectada entre 2014 y 2021 (incendios primarios y reincidentes) respecto de 93,000.54 Ha		7,174.47 Ha		7.71 %
Superficie afectada históricamente en 93,000.54 Ha		56,585.89 Ha		60.84 %

Muchos de los incendios forestales se presentaron colindantes a las reservas territoriales urbanas y/o en sitios de interés económico, generando así la presunción de que pudieron haber sido provocados para promover un cambio de uso forestal; sin embargo, muchos otros incendios se presentaron en áreas forestales, con vocación distinta a la urbana, por lo que también se presume que algunos de éstos pudieron haberse provocado durante eventos aislados de cacería furtiva.

Los procesos antes mencionados (ocupación del suelo para actividades urbanas, incluyendo asentamientos irregulares, macroproyectos de infraestructura, fenómenos meteorológicos, y la gran incidencia de incendios forestales, principalmente), han modificado y alterado sustancialmente el suelo y los ecosistemas del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, provocando que varias de las políticas ambientales, usos de suelo y lineamientos y estrategias establecidas originalmente en el POEL de 2014, se hayan visto rebasadas o hayan quedado obsoletas para su aplicación y por tanto, en la conservación y/o aprovechamiento sustentable de los recursos naturales presentes en cada UGA. Adicionalmente, la división geopolítica del municipio de Benito Juárez para la creación del municipio de Puerto Morelos, también se hizo sin respetar las delimitaciones de UGAs, ni de sus políticas ambientales. Por todo lo anterior y de acuerdo a la Normatividad vigente en materia de Ordenamiento Ecológico, es la razón por la cual las autoridades ambientales estatales y municipales consideraron iniciar con los estudios tendientes a actualizar (modificar) el aún vigente Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Benito Juárez publicado el 27 de febrero de 2014.

Así, el 27 de febrero de 2014 se publica en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el Decreto mediante el cual se modifica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez, Quintana Roo, México; y de acuerdo con dicho decreto, el artículo 9 establece lo siguiente:

ARTÍCULO 9. La vigencia del presente Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Benito Juárez será indefinida, no podrá actualizarse modificarse hasta haber transcurridos 3 años de su publicación en el Periódico Oficial del Estado. No obstante, lo anterior, y derivado de los resultados de evaluación y seguimiento al que se refiere el Artículo 6, las autoridades competentes de los tres órdenes de Gobierno, podrán suscribir acuerdos necesarios para hacer modificaciones y/o actualizaciones al Programa de Ordenamiento Ecológico Local al que hace referencia el presente Decreto, como a sus anexos, en los siguientes casos, siempre y cuando existan los elementos técnicos de juicio que así lo justifiquen:

- a) Cuando ocurran fenómenos hidrometeorológicos extremos, como tormentas tropicales o huracanes que alteren el estado de la vegetación y los usos del suelo al momento

del presente Decreto y que puedan ser detectados con instrumentos de percepción remota del territorio.

- b)** Cuando se presenten fenómenos naturales o de origen humano, como inundaciones, incendios, plagas, invasiones de tierras, elevación del nivel del mar, entre otros que afecten el estado de la vegetación y los usos de suelo al momento del presente Decreto, y
- c)** Cuando presenten situaciones de riesgos ambientales o sociales que hagan necesario revisar y en su caso, modificar los usos de suelo, los lineamientos ecológicos, la estrategia ecológica y los criterios de regulación ecológica del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

De acuerdo con el mencionado artículo 9 de este Decreto, ya han pasado más de 3 años desde su publicación, además de que:

- a)** Han ocurrido fenómenos meteorológicos extremos (sobre todo aquellos ocurridos en el año 2020) que han alterado el estado de la vegetación y los usos del suelo, además de que anualmente inciden o pasan cerca tormentas y huracanes que también afectan en mayor o menor grado a los ecosistemas del municipio;
- b)** Se han presentado fenómenos naturales y de origen humano, que han provocado afectaciones a la vegetación presente, especialmente reflejada como incendios forestales que han alterado y modificado los ecosistemas presentes y su fauna relacionada. Y de estos incendios, en los últimos 10 años han afectado una superficie de aproximadamente 15,380.43 hectáreas, lo que representa un 16.54% de la superficie total del actual Municipio de Benito Juárez;
- c)** Se han presentado situaciones de riesgos ambientales y sociales que hacen necesario revisar y muy posiblemente, modificar los usos de suelo, los lineamientos ecológicos, la estrategia ecológica y los criterios de regulación ecológica del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.

Y como ya se comentó, la disminución en la superficie del municipio de Benito Juárez (en un 53 %) por la creación del municipio de Puerto Morelos, pasando de 28 Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) en una superficie de 197,882.038 hectáreas, a 18 UGAs (muchas de ellas “cortadas”) en una superficie de 93,000.54 hectáreas. Esto, aunado a los cambios o situaciones ya descritas, obligan necesariamente a actualizar la información ambiental y social que dio origen al POEL vigente, incluyendo la visión de desarrollo de los diferentes sectores presentes y las condiciones ambientales actuales de los ecosistemas, además de las modificaciones en las tendencias de ocupación del territorio municipal por las actividades presentes y futuras.

Además, existe también otro sustento legal para promover la modificación de un Programa de Ordenamiento Ecológico Local, tal y como lo establece el Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del estado de Quintana Roo. Este reglamento, en su Capítulo Tercero, se refiere a la Modificación de los Ordenamientos Ecológicos y establece en sus artículos 45 a 47 lo siguiente:

CAPÍTULO TERCERO DE LA MODIFICACIÓN

Artículo 45.- Los Programas de Ordenamiento Ecológico deberán contener sus propios lineamientos de modificación total o parcial, y deberán considerar cuando menos, los siguientes casos:

- I. Cuando ocurra un desastre natural que altere las condiciones naturales del territorio municipal, previa declaratoria emitida por parte de la autoridad competente;*
- II. Cuando en la Bitácora Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico, con la aplicación y evaluación de los Indicadores Ambientales, se demuestre que las políticas ambientales, lineamientos, estrategias, criterios ecológicos y/o demás usos de suelo establecidos en el Programa, ya no sean compatibles con la realidad ambiental y social del estado o municipio, según sea el caso, siendo necesario incorporar modificaciones con elementos de actualidad;*
- III. Cuando la ampliación de los centros de población o la realización de proyecto de desarrollo urbano requieran previsiones territoriales no contempladas en Programa de Ordenamiento Ecológico Local, previo análisis justificativo de lo estudios biofísicos y socioeconómicos que demuestren el agotamiento de las reservas territoriales previstas en los planes vigentes;*
- IV. Cuando después de su publicación en el Periódico Oficial, se detecten incongruencias entre dos o más criterios ecológicos, o imprecisiones en la redacción de los mismos que impidan la correcta aplicación del instrumento en las UGAs;*
- V. Cuando existan planes y/o programas de interés público que sean impulsados y justificados por alguno de los tres Órdenes de Gobierno, que requieran de modificación de los límites de UGAs; así como cambios en sus políticas ambientales, criterios de regulación ecológica y/o usos de suelo; éstos últimos en el caso de que se trate de un Programa de Ordenamiento Ecológico Local;*
- VI. Cuando del descubrimiento y puesta en marcha de nuevas tecnologías, sea necesario su implementación para un mejor aprovechamiento del medio ambiente, y que permitan una mejora del instrumento y/o de alguna UGA e particular,*

Artículo 46.- El proceso de modificación de un Programa de Ordenamiento Ecológico Regional o Local, deberá seguir las etapas de Caracterización, Diagnóstico, Pronóstico y Propuesta, a que se refiere el Título Segundo, Capítulo Primero del presente Reglamento.

Para la modificación de un Programa de Ordenamiento Ecológico, previo acuerdo del Órgano Ejecutivo responsable, se podrán excluir total o parcialmente alguno o todos los requisitos previstos por los artículos 28, 31, 32, 34, 35 del presente Reglamento, siempre y cuando, los estudios y/o la información oficial base, no haya variado substancialmente. Extremos que serán considerados al emitir los Términos de Referencia respectivos.

Las propuestas de modificación a los Programas de Ordenamiento Ecológico podrán ser presentadas por cualquiera de los miembros del Órgano Ejecutivo, para que estas sean analizadas de forma conjunta, con las demás propuestas que pudieran existir.

Las propuestas de modificación a los Programas de Ordenamiento Ecológico referidas en el presente artículo deberán presentar su justificación técnica y jurídica, según sea el caso, y podrán ser revisadas y evaluadas por el Comité de Ordenamiento Ecológico, mismo que podrán ser revisadas en cuanto sea observado. Siguiendo los lineamientos del presente artículo.

En los casos previstos por la fracción IV del artículo 45, quedará a consideración fundada y motivada por parte del Órgano Ejecutivo, la necesidad o no de desahogar la etapa de consulta pública, ya que el objeto de la modificación es el perfeccionamiento del instrumento ante una congruencia interna, a efecto otorgar certidumbre a los particulares. Por lo que, aprobando la improcedencia de la consulta, se procederá en términos del presente Reglamento a contar con las aprobaciones necesarias para su publicación.

Artículo 47.- La formulación y aprobación de una modificación en los supuestos a que se refiere el artículo antecesor se sujetarán al procedimiento siguiente:

- I. Cualquiera de los miembros del Órgano Ejecutivo, por escrito solicitará modificación total o parcial del Programa de Ordenamiento Local o Regional, la cual deberá estar acompañada del Proyecto Ejecutivo, que contendrá el sustento técnico y jurídico para justificar la petición de modificación; para ello el Órgano Ejecutivo, en caso de determinar la procedencia de la solicitud, convocará una reunión al Órgano Técnico del Programa de Ordenamiento Ecológico respectivo en un plazo no mayor a 30 días hábiles, para que se presente la solicitud y se conteste las dudas o aclaraciones que llegase a tener algún miembro del Comité.
- II. El Órgano Técnico tendrá un plazo de 10 días hábiles, posteriores a dicha asamblea técnica para estudiar y emitir un dictamen técnico respecto de propuesta de modificación parcial.

- III. Dicho dictamen técnico, deberá ser aprobado por mayoría de votos dentro d Comité del Programa de Ordenamiento respectivo.*
- IV. Con base al dictamen aprobado, se podrá proceder en términos del artículo 46 del presente Reglamento, hasta obtener su publicación en el Periódico Oficial del Estado.*

Adicionalmente, el Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico de la LGEEPA también considera lo siguiente:

Artículo 48.- *La Secretaría promoverá la modificación de los programas de ordenamiento ecológico a que hace referencia el presente Capítulo cuando se dé, entre otros, alguno de los siguientes supuestos, que:*

- I. Los lineamientos y estrategias ecológicas ya no resulten necesarios o adecuados para la disminución de los conflictos ambientales y el logro de los indicadores ambientales respectivos; y*
- II. Las perturbaciones en los ecosistemas causadas por fenómenos físicos o meteorológicos que se traduzcan en contingencias ambientales que sean significativas y pongan en riesgo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.*

Artículo 49.- *La modificación de los lineamientos y estrategias ecológicas a que hace referencia la fracción I del artículo anterior se podrá realizar, entre otros supuestos, cuando conduzca a la disminución de los impactos ambientales adversos ocasionados por las actividades productivas, los asentamientos humanos y el aprovechamiento de los recursos naturales.*

Artículo 50.- *Las modificaciones a un programa de ordenamiento ecológico seguirán las mismas reglas y formalidades establecidas para su expedición.*

Una buena parte de la justificación antes mencionada y que considera el mismo Decreto del POEL 2014 también aplica a los supuestos mencionados de estos artículos del Reglamento en Materia de Ordenamiento, lo que fortalece la necesidad de su modificación (actualización) de acuerdo a las condiciones presentes en el territorio municipal, que obligan a *replantear lineamientos y estrategias ecológicas tendientes al control y/o a la disminución de los impactos ambientales adversos ocasionados por las actividades productivas, los asentamientos humanos y el aprovechamiento de los recursos naturales.*

Pero independientemente del sustento jurídico, la realidad del municipio en cuanto a la ocupación y tenencia del suelo, al aprovechamiento y transformación de los recursos naturales, a la acelerada dinámica poblacional y económica, reflejada en un crecimiento poblacional mayor al 37.86 % en 10 años (de acuerdo a los Censos de Población de INEGI 2010 y 2020), la población del municipio de Benito Juárez pasó de 661,176 habitantes (2010) a 911,503 (2020). Cabe recordar además que el Censo de Población 2010 aún consideraba localidades como Puerto Morelos y Leona Vicario como parte del municipio.

Además de esta alta tendencia de crecimiento poblacional y expansión de la mancha urbana, la ocupación del territorio municipal por los diferentes sectores presentes; y las expectativas de desarrollo (observadas en el crecimiento y conversión de uso de suelo en la ciudad de Cancún, o la oferta inmobiliaria y el agotamiento de las reservas urbanas), aunadas al deterioro y perturbación ambiental por los fenómenos meteorológicos y los incendios forestales presentes ya mencionados, hacen necesaria la modificación (actualización) de este instrumento de planeación ambiental y de desarrollo sustentable.

Tabla 3.- Comparativa de uso de suelo (en porcentajes) respecto del crecimiento de la mancha urbana, de las zonas de asentamientos irregulares y de los incendios forestales.

Actividad / Ocupación del suelo	Superficie (hectáreas)	porcentaje
2006		
Mancha Urbana *	10,550.69 Ha	5.33 %
Asentamientos irregulares *	3,606.56 Ha	1.82 %
Incendios forestales *	86,398.70 Ha	43.66 %
2011		
Mancha Urbana *	19,013.59 Ha	9.61 %
Asentamientos irregulares *	9,817.62 Ha	4.96 %
Incendios forestales *	94,455.99 Ha	47.73 %
2023 +		
Mancha Urbana	14,495.00 Ha	15.59 %
Asentamientos irregulares	4,971.57 Ha	5.35 %
Incendios forestales (2014-2021)	7,174.47 Ha	7.71 %

Notas: * Considerando localidades de Puerto Morelos y Leona Vicario

+ La superficie municipal se redujo en un 53.00 % desde 2016.

Y ya no considera Leona Vicario ni Puerto Morelos

Cabe destacar que los últimos datos de la tabla anterior fueron relacionados respecto de los datos del POEL 2014 y deben ser tomados con reserva, ya que las superficies urbanas de 2011 consideraban los centros de población de Puerto Morelos y Leona Vicario, al igual que los asentamientos irregulares alrededor de ambas localidades. Adicionalmente, las

imágenes satelitales de esas fechas poseían una menor resolución, por lo que para los datos de la mancha urbana de 2011, muchas áreas fragmentadas no fueron identificadas o separadas como áreas verdes y fueron incluidas como mancha urbana. Esta misma situación se presentó para los asentamientos irregulares.

Y para el año 2023 la imagen satelital y su rodalización si permitieron que se diferenciara en áreas ocupadas por construcciones, separando los píxeles. Por lo anterior, tanto la mancha urbana como en los asentamientos humanos se diferenció más claramente entre las zonas construidas y las áreas con vegetación.

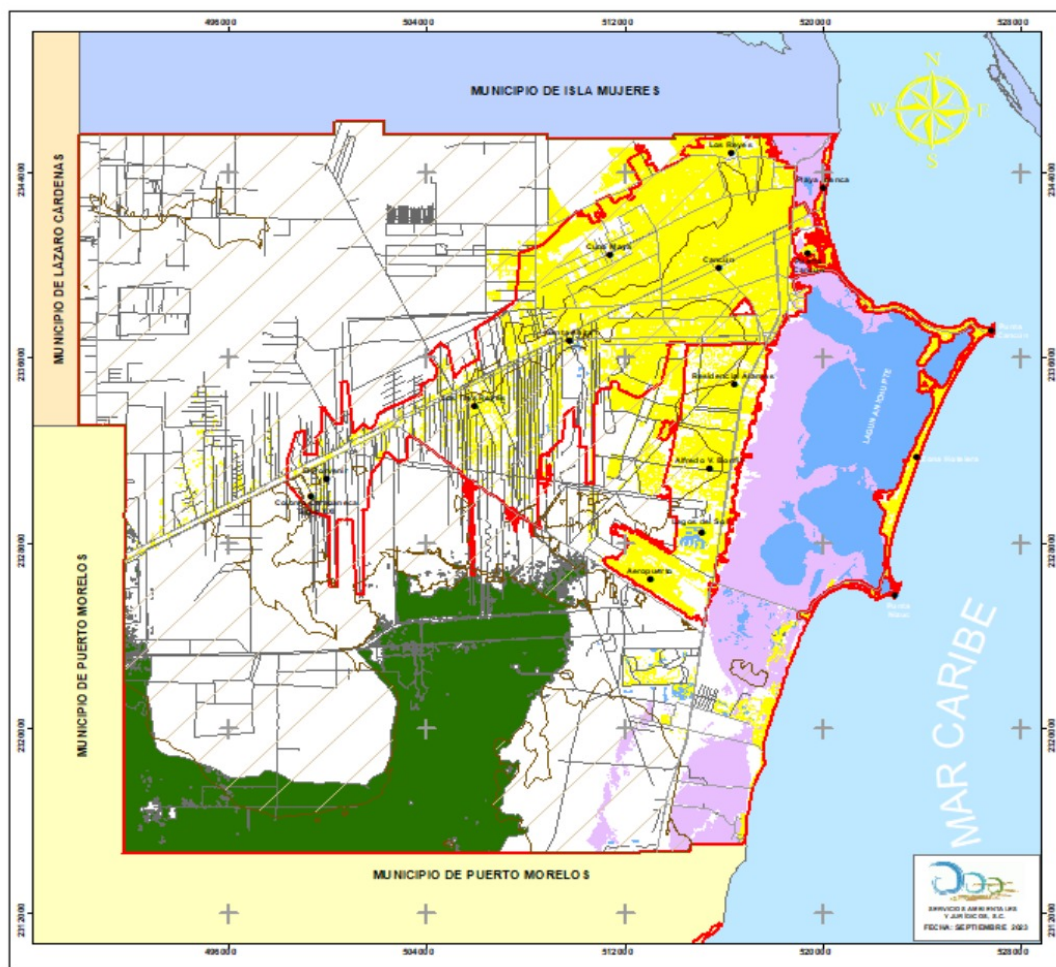


Imagen 3.- Mapa de modificación de los ecosistemas en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

Nota: En rojo se observa la delimitación de mancha urbana 2011, mientras que en amarillo se observa la actual ocupación de asentamientos humanos.

A continuación, se describen algunos de los instrumentos urbanos que fueron publicados posteriores al decreto del Ordenamiento Ecológico Local:

PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO SUSTENTABLE DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ (P.O. del 8 DE MARZO DE 2013).

La Unidad de Gestión Ambiental donde se ubica la ciudad de Cancún (UGA 21 del POEL), denominada “Zona Urbana de Cancún” y con una superficie de 34,937.17 hectáreas fue delimitada con base a la propuesta de la poligonal del Centro de Población establecida en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable del Municipio de Benito Juárez (PMDUS BJ), el cual fue aprobado por el H. Cabildo Municipal y publicado en la Gaceta Municipal el 26 de diciembre de 2012 y en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 8 de marzo de 2013.

Esta actualización del Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez destaca porque se establece una zonificación primaria para el territorio municipal con referencias cartográficas precisas, incluyendo la superficie correspondiente al centro de población de Cancún. En el mismo año se publica el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la ciudad de Cancún, Quintana Roo, donde se integra en un solo documento a todos los instrumentos de desarrollo urbano hasta entonces vigentes en la ciudad y se estandarizan los parámetros urbanos y nomenclaturas de uso del suelo.

El Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (POEL BJ), publicado en 2014, reconoce al centro de población de Cancún como una Unidad de Gestión Ambiental (UGA) sujeta a lo que determinen los usos del suelo de su Programa de Desarrollo Urbano. En el mismo año se publica un nuevo Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población en donde se presenta la declaratoria de sus usos y destinos del suelo en forma de articulado.

Tomado de: Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún,
Municipio de Benito Juárez (2022)

PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018 -2030 (P.O. del 17 de abril de 2019)

En 2016 se publica la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU), que en su Transitorio Quinto señala un plazo de dos años contado a partir de la entrada en vigor de la mencionada Ley para que se formulen o adecúen los Planes y Programas de Desarrollo Urbano de los Centros de Población mayores a cien mil habitantes a lo que ella establece.

Con base en lo anterior y la necesidad de ajustar a la nueva extensión territorial del municipio la normatividad en materia urbana, en 2019 se publica el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, cuya zonificación primaria se corresponde con las UGAs que en forma parcial o completa indica el POEL BJ; asimismo, integra el entonces vigente Programa de Desarrollo Urbano y divide a la ciudad en sectores que responden a la diversidad de condiciones urbanas para una mejor comprensión de la dinámica del espacio urbano.

Tomado de: Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún, Municipio de Benito Juárez (2022)

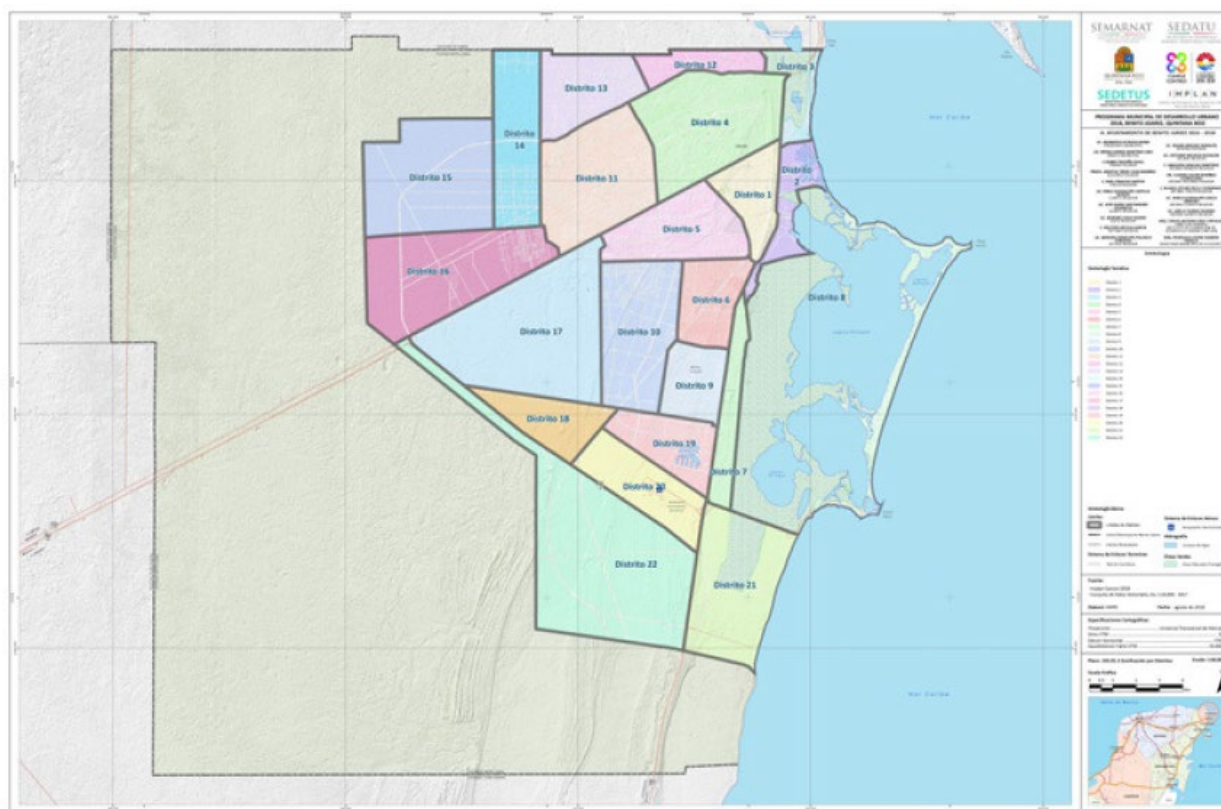


Imagen 4.- Imagen de la zona urbana de Cancún, dividida en “Distritos Urbanos”, de acuerdo al Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018 -2030 y que se conservan en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún, Municipio de Benito Juárez (2022)

Este Programa de Desarrollo Urbano conservó la superficie de la UGA 21, y propuso dividir la ciudad y reservas urbanas en 22 “Distritos” urbanos. Los Distritos son unidades urbanas definidas y delimitadas por vialidades principales y corredores urbanos, elementos naturales y físicos; deberán ser autosuficientes en términos de servicios, contarán con un Subcentro Urbano, centros de barrio y equipamiento urbano básico. Este diseño corresponde al concepto de una ciudad policéntrica donde el crecimiento se complementa

con la responsabilidad del gobierno de ofrecer a los ciudadanos ambientes de encuentro dignos y espacios urbanos a escala humana.

PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN CANCÚN, MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ (2022) (P.O. del 16 de septiembre de 2022)

Este Programa de Desarrollo Urbano fue actualizado con la perspectiva de promover el crecimiento vertical de la ciudad de Cancún, para contener el avance de la mancha urbana sobre los ecosistemas que aún se ubican dentro de los límites del centro de población.

Así pues, el objetivo general del Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Cancún 2022 es dar cumplimiento a la visión de ciudad mediante los aspectos estratégicos, normativos de fomento y gestión que permitan consolidar espacios públicos seguros de tipo multifuncional donde se garantice el desarrollo humano, la ordenación y el uso sostenible de los recursos naturales que favorezcan economías de escala, la resiliencia urbana y la sostenibilidad ambiental.

Objetivos Particulares:

- Indicar las estrategias mediante las cuales se contribuye a lograr la visión de Ciudad de Cancún.
- Indicar las políticas urbanas de los Distritos Urbanos y la actualización de las normas de parámetros urbanos de la zonificación secundaria.
- Señalar los proyectos estratégicos que fortalecerán la visión de ciudad.
- Indicar los instrumentos y gestión que permitan la inversión en el ámbito urbano de actores comprometidos con la mejora de la ciudad y su beneficio hacia la comunidad.

Tomado de: Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún,
Municipio de Benito Juárez (2022)

1.2. Bitácora Ambiental.

Una bitácora es un registro escrito detallado de las acciones, tareas o actividades que se deben llevar a cabo en una determinada actividad o trabajo, para lograr un objetivo determinado y del resultado que producen. A través de ella es posible conocer la secuencia de sucesos y las condiciones en que se desarrollaron - incluyendo tanto los imponderables que se desarrollaron durante su realización, las fallas, los costos y los cambios que debieron efectuarse para concretar los propósitos u objetivos.

Mantener una bitácora sirve para varios propósitos. En primer término, sirve para comunicar a otros los pormenores del proceso, de modo que puedan juzgar si se procedió de acuerdo con lo planeado y qué criterios se utilizaron, así como para comprender los factores que intervinieron para que no se cumpliera el objetivo, de ser éste el caso. Sirve también para determinar el avance y acumular experiencia; al responsable de un proceso, la bitácora le permite saber qué tan lejos está el objetivo, determinar si procede en la dirección correcta y con el ritmo adecuado, comprender cuáles han sido los errores y decidir qué medidas tomadas con anterioridad pueden resultar eficaces para encarar condiciones similares en el futuro.

El registro histórico de las medidas de manejo, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, del mejoramiento en la calidad del ambiente y de los cambios históricos experimentados por éste en un ámbito geográfico definido, puede ser asumido por cualquier entidad o persona. Esto significa que no es un instrumento de utilidad exclusiva para las instancias gubernamentales responsables de aplicar un programa de ordenamiento.

(SEMARNAT, 2005).

La bitácora ambiental tiene propósitos específicos en el ordenamiento ecológico. Los más importantes son:

- **Mantener una base de información actualizada y confiable.** La bitácora ambiental cuenta con información actual y relevante. Es el resultado de un proceso continuo de recopilación y análisis de información sobre el estado de variables ambientales e incluye los datos que dan sustento científico al modelo de ordenamiento. Su utilidad puede trascender al ordenamiento. En la medida en que los sistemas que la contienen cuentan con la capacidad de incorporar una amplia variedad de datos y temas, tiene el potencial de convertirse en el núcleo de un sistema integral de información ambiental, sin menoscabo de su función primaria. En términos operativos, las bitácoras mantenidas a nivel municipal pueden constituirse en la unidad básica de recolección de información ambiental en todo el territorio nacional y con una escala que permite visualizar y entender los cambios ambientales y sociales que ocurren en la superficie donde se registran los eventos.

- **Dar certidumbre al desarrollo y a la conservación.** La bitácora ambiental pone a disposición del público información sobre características ambientales, aptitud del territorio, así como condiciones y restricciones para el desarrollo de actividades. Esta información permite a inversionistas y autoridades ubicar sus proyectos en lugares idóneos. Con esto se podrán identificar conflictos potenciales con otros intereses y considerar medidas de mitigación para minimizarlos desde las etapas iniciales de la planeación.
- **Evaluar la eficacia e idoneidad de las políticas, estrategias y lineamientos ecológicos.** El seguimiento de indicadores ambientales, variables ambientales críticas, de los cambios en el uso del suelo y de la respuesta de los sectores involucrados en el proceso, permite al Comité de Ordenamiento y a la autoridad evaluar el cumplimiento de las metas para ajustar, modificar o reemplazar oportunamente los criterios de manejo.
- **Facilitar la vigilancia y detección de actividades no permitidas.** La evaluación de los indicadores ambientales se incluye periódicamente en la bitácora y permite a las autoridades encargadas de la vigilancia, enfocar sus acciones en áreas de atención prioritaria. Por medio de la bitácora, la sociedad puede verificar si una actividad contribuye a alcanzar las metas ambientales y denunciar aquellas que provoquen daños a los ecosistemas.
- **Promover la transparencia y la rendición de cuentas.** La bitácora contiene la lista de compromisos adquiridos en el Comité de Ordenamiento, así como los funcionarios responsables de llevarlos a cabo. Contiene también la evaluación del cumplimiento y eficacia del programa de Ordenamiento Ecológico. Así, las autoridades pueden rendir cuentas a la sociedad de sus acciones de una manera clara y transparente. A través de la bitácora, la sociedad puede vigilar y exigir el cumplimiento de los compromisos adquiridos.

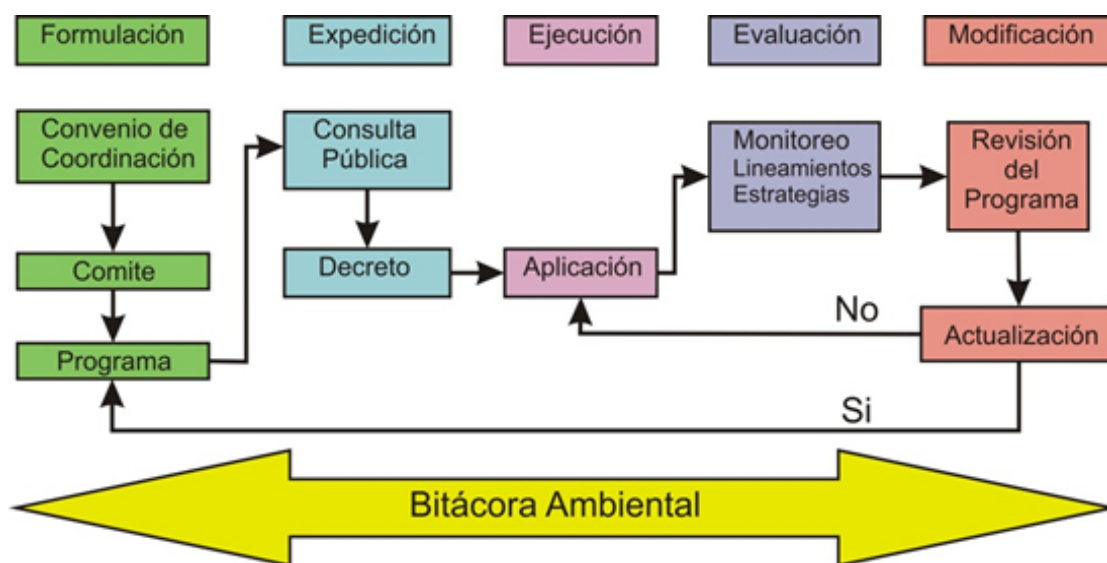


Imagen 5.- Descripción del proceso de Ordenamiento Ecológico y el seguimiento a través de la Bitácora Ambiental

De aquí la importancia de llevar una buena bitácora ambiental que nos permita identificar como se van llevando a cabo los procesos ecológicos y los cambios en los ecosistemas, derivados de las actividades antropogénicas y/o de los fenómenos o procesos naturales, así como el cumplimiento en los objetivos de aprovechamiento de cada Unidad de Gestión Ambiental.

1.3- Indicadores Ambientales.

Desde hace varias décadas, los indicadores ambientales se han convertido en uno de los instrumentos más utilizados por todos aquellos que trabajan en temas de medio ambiente, como forma de sintetizar y analizar la enorme cantidad de información medioambiental que actualmente existe procedente de muy diversas fuentes, y como herramienta de gestión más importante para el control medioambiental.

Ya en 1995, MacGillivray y Zadek establecían una definición de indicador en la que ya hablaban de sus funciones y ventajas: *“algo que ayuda a comprender dónde nos situamos en un momento dado y su evaluación permite saber hacia dónde nos dirigimos. Esto nos ayuda a prevenir, anticipar y solucionar problemas, al aportarnos información sobre determinados fenómenos”*.

Y la SEMARNAT define a los indicadores ambientales como *Parámetros o valores que proporcionan información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área*.

Partiendo de estas definiciones, podemos considerar un indicador ambiental como *cualquier parámetro medible del medio natural que nos informe del estado de dicho medio o de aspectos relacionados con él*. Pero también numerosas publicaciones hacen referencia a un indicador ambiental como *cualquier aspecto económico, social, político, biológico, etc. que informa sobre algún aspecto determinado del medio natural, de la política de medio ambiente o de aspectos económicos y sociales relacionados*.

De acuerdo a lo anterior, es posible definir un indicador como una señal de estado de un proceso, que permite capturar información valiosa para su administración.

Entre las funciones de los Indicadores Ambientales están:

- a) Proveer información clave para dar una imagen clara a cerca del estado actual del sistema o fenómeno; y
- b) Proporcionar suficiente información para tomar decisiones y determinar el nivel del éxito de las acciones puestas en práctica.

Son muy numerosas y variadas las listas de indicadores ambientales propuestas por diferentes organismos y organizaciones a nivel nacional e internacional con diferentes criterios, objetivos y sistemas de clasificación, lo cual ha generado una cierta confusión sobre este tema.

Características de los Indicadores Ambientales:

Los indicadores ambientales deben tener algunas características específicas que les permitan ser adecuados para su función de describir y mostrar las condiciones naturales/ sociales de las áreas para las cuales fueron escogidos:

Relevante: Para medir el desempeño de eficacia o eficiencia del sector ambiental y social.

Claro: que esté expresado en un lenguaje sencillo para el personal que hará uso de él.

Preciso: definido de forma tal que no dé lugar a diferentes interpretaciones.

Consistente: En términos de su interpretación a través del tiempo.

Confiable: En relación con su metodología de obtención y verificación de los resultados medidos y que sean científicamente válidos.

Relacionado: Con los atributos directamente que se quiere medir.

Predictor: Con la capacidad de definir escenarios futuros.

Permanencia y exactitud: Que se genere de forma periódica y exacta.

Evaluar: Que muestren rendimiento, medible y que capaz de describir la situación en un momento dado.

Actualmente, el POEL del municipio de Benito Juárez posee 18 indicadores ambientales que se enlistan a continuación y son los que, en teoría, se consideran para la Bitácora Ambiental del Municipio de Benito Juárez:

- 1.- Superficie de la cobertura vegetal por ecosistema;
- 2.- Cambio de la cobertura vegetal y uso de suelo;
- 3.- Superficie del Uso de Suelo destinado como Área Natural;
- 4.- Superficie de Reforestación – Rehabilitación;
- 5.- Rescate de Flora;
- 6.- Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre;
- 7.- Índice de Ocupación espacial del POEL;

- 8.- Diversidad y Densidad de Aprovechamiento de Uso de Suelo;
- 9.- Índice de cumplimiento de condicionantes ambientales;
- 10.- Generación total y per cápita de residuos sólidos municipales;
- 11.- Cobertura de recolección y disposición final de residuos sólidos;
- 12.- Zona de captación y extracción de agua:
- 13.- Disponibilidad Natural media per cápita y Usos del agua;
- 14.- Calidad del agua en los pozos de captación y extracción;
- 15.- Cobertura de agua potable y consumo de agua per cápita;
- 16.- Tratamiento de agua residual y cobertura de saneamiento;
- 17.- Generación y descarga de aguas residuales industriales; y
- 18.- Acciones de protección ambiental.

El problema de la Bitácora Ambiental es la falta de compromiso y seguimiento por parte de las autoridades involucradas (de los 3 Órdenes de gobierno) para generar y/o proporcionar la información necesaria que debe considerarse en el seguimiento de estos instrumentos de planeación ambiental, destacando que NO es solo responsabilidad de las autoridades ambientales el proporcionar esta información. Autoridades que emiten permisos y/o licencias en materia de desarrollo urbano (construcción), desarrollo forestal y/o agropecuario, aprovechamiento minero y/o de recursos del subsuelo, e incluso autoridades involucradas en procesos de planeación deben observar y cumplir con los instrumentos normativos existentes. Pero en muchas ocasiones por desconocimiento, o por reserva de la información, o incluso por omisión, es que la información no fluye y no existe la posibilidad de verificar de manera casi inmediata y continua sobre lo que acontece dentro del territorio municipal.

1.4- Mapa Base del Municipio.

En el proceso de actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Benito Juárez, se definió el mapa base del municipio con base en la Constitución Política del estado de Quintana Roo (fracción VI, del Art. 128), y con el Marco de Referencia Geodésico Nacional, en una proyección ITRF 2008 (*International Terrestrial Reference Frame*, del año 2008), época 2010, de acuerdo a la Norma Técnica del Sistema Geodésico Nacional, publicado en el Diario oficial de la Federación (DOF) con fecha 23 de diciembre de 2010.

Cabe recordar que, de acuerdo con el POEL 2014, la superficie del municipio era de 197,882.03 hectáreas, pero después del decreto de creación del municipio de Puerto Morelos (6 de enero de 2016 y donde se le dota al nuevo municipio con una superficie de 104,881.49 hectáreas), la superficie de este municipio quedó en 93,000.54 hectáreas, lo que implica una reducción de 53.00 % de la superficie original.

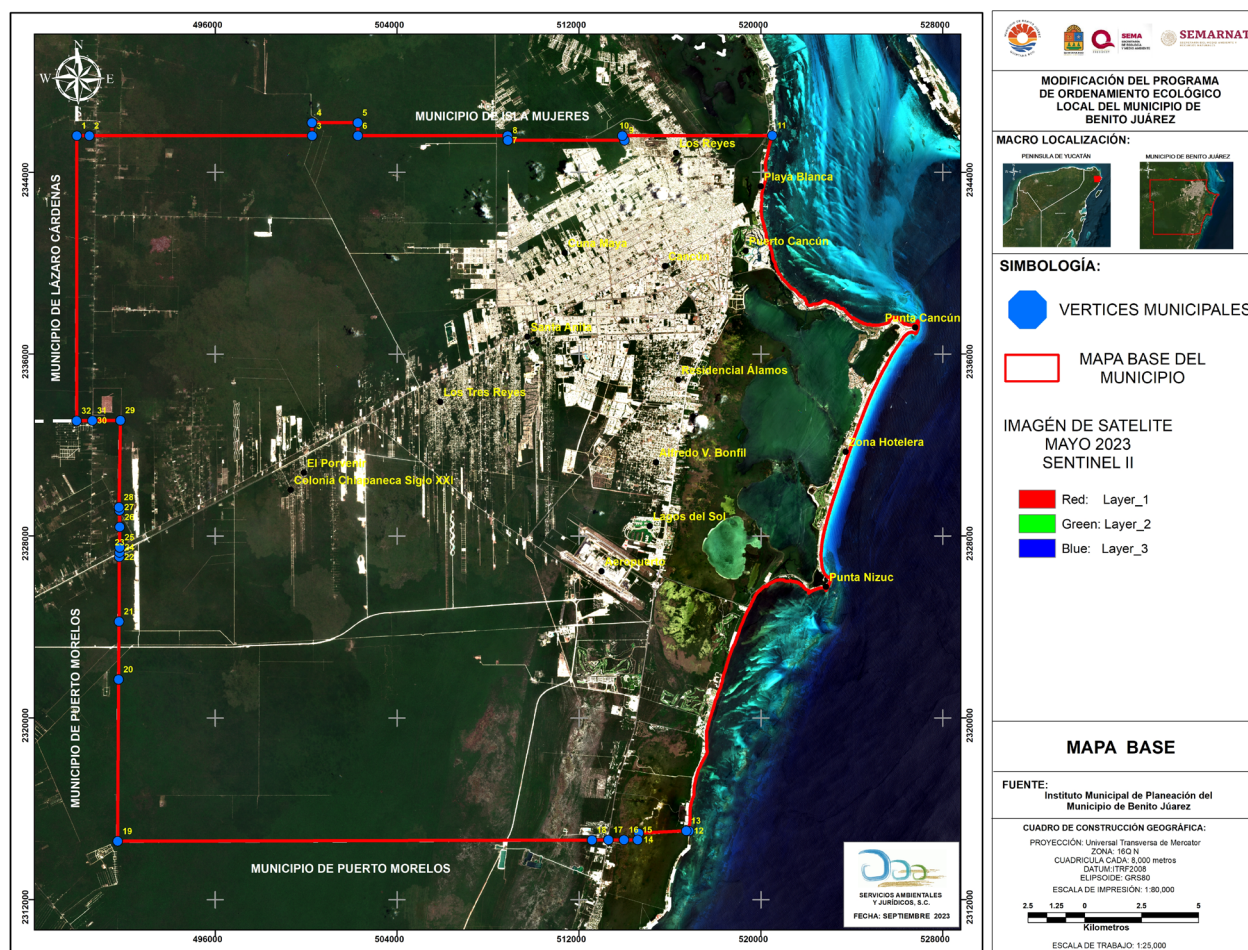


Imagen 6.- Mapa base del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

A continuación, se presenta el cuadro de construcción (coordenadas geográficas) de los vértices del municipio de Benito Juárez.

Tabla 4.- Cuadro de construcción (coordenadas geográficas) del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, de acuerdo a la Constitución Política del estado de Quintana Roo.

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ					
ITRF 2008					
VERTICE	COORDENADAS		VERTICE	COORDENADAS	
	X	Y		X	Y
1	489916.58	2345608.37	17	513301.18	2314629.55
2	490468.68	2345608.04	18	512572.87	2314621.98
3	500262.18	2345605.28	19	491709.35	2314569.78
4	500259.23	2346181.22	20	491754.13	2321692.86
5	502271.39	2346181.22	21	491770.12	2324237.30
6	502274.64	2345605.43	22	491788.03	2327086.32
7	508866.64	2345607.67	23	491791.27	2327275.04
8	508873.15	2345406.63	24	491805.41	2327492.29
9	513999.12	2345402.04	25	491805.95	2327500.51
10	513906.41	2345611.16	26	491800.52	2328398.46
11	520510.87	2345618.07	27	491788.91	2329116.84
	Continúa sobre toda la línea de costa		28	491772.78	2329260.94
12	516843.85	2315022.25	29	491829.51	2333088.92
13	516724.84	2315030.10	30	490602.33	2333078.18
14	514631.70	2314922.82	31	490597.33	2333078.14
15	514586.80	2314635.36	32	489908.91	2333071.98
16	513981.74	2314629.64			
SUPERFICIE TOTAL= 93,000.54 m ²					

Los datos de la Constitución de Quintana Roo (vértices) fueron digitalizados y cargados en el Sistema de Información Geográfica (SIG) y se trazaron las líneas de unión entre los vértices identificados. El detalle más delicado es entre los vértices 11 y 12, donde literal se

expresa que *continúa sobre toda la línea de costa*. Esto porque la línea de costa es una franja muy dinámica que se modifica constantemente por la acción del oleaje y las corrientes marinas, además del viento. Y ocasionalmente, por la incidencia de los fenómenos meteorológicos ya descritos. Por lo anterior y utilizando imágenes satelitales recientes y el mismo SIG, el grupo consultor realizó la propuesta del trazado de la línea de costa. Una vez trazada, la propuesta fue presentada ante las autoridades municipales y estatales, quienes avalaron la propuesta de este mapa base, como punto de partida del área a ordenar.

2.- AGENDA AMBIENTAL

La Agenda Ambiental es el conjunto de acciones que nos encaminan hacia la construcción de un municipio sustentable. El objetivo fundamental de la *Agenda Ambiental del Municipio de Benito Juárez* y del mismo Programa de Ordenamiento Ecológico Local, es conducir al municipio hacia la sustentabilidad, pues como destino turístico de primer nivel y reconocido a nivel mundial, los habitantes y la sociedad civil organizada de Cancún exigen políticas y acciones concretas de mediano y largo plazos para garantizar su viabilidad ecológica. La Agenda representa un conjunto de estrategias y acciones para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y tratar de alcanzar la sustentabilidad; pero principalmente responde a la demanda legítima de contar con políticas públicas eficaces que propicien medidas en contra del deterioro ambiental.

El crecimiento económico y social del municipio no debe darse a costa del patrimonio ecológico y de la calidad de vida de las personas, sino a través de una política seria de desarrollo sustentable que contemple estrategias, acciones e inversiones se destinen al beneficio de toda la población. La nueva política ambiental que está enmarcada en esta Agenda debe contener objetivos, estrategias y acciones que requieren de una amplia participación ciudadana y su consenso, pues juntos, gobierno y sociedad, deben responder a la necesidad de implementar acciones para mejorar la calidad de vida de todos y garantizar mejores condiciones a las futuras generaciones. La Agenda no solo debe garantizar el cumplimiento de los compromisos, sino que define una plataforma (bitácora ambiental) a mediano y largo plazos para implementar soluciones a los problemas ambientales que enfrenta el municipio.

Las acciones que se pretenden poner en práctica a través de la Agenda Ambiental refrendan nuestro compromiso con los propósitos que nos animan: la promoción de un turismo responsable de los atractivos naturales, el desarrollo urbano regulado para ofrecer un ambiente sano, el rescate del suelo de conservación; el manejo integral del agua; el mejoramiento de la calidad del aire; el manejo responsable de los residuos sólidos, y la responsabilidad social ante el cambio climático.

2.1- Fundamento jurídico

El fundamento constitucional referente al medio ambiente se encuentra en el artículo 4º: *“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.*

Párrafo adicionado DOF 28-06-1999. Reformado DOF 08-02-2012”.

Para dar cumplimiento a este precepto, es menester garantizar su integración y considerar el factor ambiental en todas las políticas públicas, tanto nacionales como locales. Por ello, la rectoría del desarrollo nacional que corresponde al Estado debe ser integral y sustentable, tomando como uno de los criterios principales el cuidado del medio ambiente, según lo estipulado en el artículo 25 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; además, conforme al artículo 26 del propio ordenamiento constitucional, referido a establecer y estar organizado bajo un sistema de planeación democrática del desarrollo.

La construcción de la Agenda Ambiental del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, comienza con la inclusión y participación de la sociedad a lo largo de todo el proceso de Ordenamiento Ecológico y debe propiciarse a través de las reuniones de Comité Técnico, de los Talleres Sectoriales y de la participación directa, de acuerdo con las perspectivas de sostenimiento, incremento o modificación en los patrones de aprovechamiento de los recursos naturales que permita una mejora en la calidad de vida de los habitantes del municipio.

El fomento de una mayor participación de los sectores involucrados permitirá:

- a) Identificar los problemas ambientales de la región y categorizar las prioridades de atención a éstos.
- b) Compilar la información técnica y científica de la región, incluyendo en su caso los estudios de Ordenamiento Ecológico que se hayan realizado en la región y los resultados de los procesos de participación pública.

(Fuente: Manual de Proceso de Ordenamiento Ecológico / SEMARNAT 2008).

Al respecto, se han propuesto una serie de actividades que van desde la solicitud de información a las dependencias y sectores involucrados en los procesos de desarrollo económico y social, y que hacen uso de los diversos recursos naturales presentes en el municipio, la realización de talleres sectoriales de trabajo y recopilación de información de los sectores participantes, la problemática ambiental y su ponderación, percibida desde su punto de vista, así como la aportación de información que servirá para analizar la problemática mencionada y las propuestas de solución en la regulación de las actividades inherentes. Esto será complementado además con fechas específicas de la realización de los talleres, así como de la presentación de resultados a los Órganos (Ejecutivo y Técnico) del Comité.

Dentro del análisis del supuesto II del artículo 45 del reglamento estatal en materia de Ordenamiento Ecológico, de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del estado de Quintana Roo, se identificaron los problemas ambientales considerados como prioritarios y que forman de la Agenda ambiental para su reconocimiento, evaluación y propuestas de solución por parte de los sectores participantes e integrantes del Comité, y entre los que destacan:

1. Incremento de asentamientos irregulares dentro y fuera del centro de población.
2. Presión y riesgo de afectación a la zona de captación de agua potable por la presencia de asentamientos irregulares.
3. Disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos.
4. Cambios de Uso de Suelo no autorizados.
5. Necesidades de infraestructura en zonas urbanas del municipio.
6. Incremento en la incidencia de Incendios Forestales.
7. Diversificación de las actividades económicas productivas ambientalmente amigables, fuera de los centros de población y/o zonas rurales.

Estos temas han sido incorporados desde los primeros talleres realizados con los diferentes sectores identificados en el municipio, para la definición y ponderación de su importancia, donde además se identificaron otros problemas y/o aspectos que de acuerdo a los sectores también deben ser abordados dentro del proceso de modificación del actual Ordenamiento.

Cabe destacar que se han identificado los siguientes sectores, con base a la Normatividad vigente, y estos han sido agrupados (aquí se presentan con colores) de acuerdo a afinidades en actividades y aspectos sociales; los sectores identificados y la forma en que fueron agrupados para los talleres sectoriales se muestra a continuación.

2.2- Sectores identificados en el municipio de Benito Juárez:

Público:

Dirección de Ordenamiento Ecológico de la SEMARNAT

Subsecretaría de Gestión y Protección Ambiental de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente de Quintana Roo (SEMA)

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en el Estado de Quintana Roo.

Dirección Regional Península de Yucatán y Caribe Mexicano (CONANP-SEMARNAT)

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en Quintana Roo.

Comisión Nacional Forestal de la CONAFOR en Quintana Roo

Delegación de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano en Quintana Roo (SEDATU).

FONATUR.

Secretario Estatal de Turismo

Secretaría de Desarrollo Territorial Urbano Sustentable del Estado de Quintana Roo (SEDETUS)

Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo (CAPA)

Procurador de Protección al Ambiente en el Estado de Quintana Roo (PPAQROO).

Dirección General del IMPLAN

Dirección General de Desarrollo Urbano

Agencia de Proyectos Estratégicos del Estado de Quintana Roo (AGEPRO)

Presidente del Comisariado Ejido Alfredo V. Bonfil

Instituto de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas de Quintana Roo (IBANQROO)

Comité Estatal de Tortugas Marinas de Quintana Roo

Regiduría de la Comisión de Turismo, Ecología y Ambiente

Planeación Municipal de Benito Juárez, Quintana Roo

Protección Civil de Benito Juárez, Quintana Roo

Regiduría de la Comisión de Desarrollo Urbano y Movilidad

Organismo Solución Integral de Residuos Sólidos (SIRESOL)

Secretaría Municipal de Turismo de Benito Juárez

Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT)

Catastro de Benito Juárez, Quintana Roo

Dirección General de SUSTENTUR

Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Quintana Roo. SEFIPLAN

Privado:

Asociación de Hoteles de Cancún, Puerto Morelos e Isla Mujeres

Consejo Coordinador Empresarial del Caribe

Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de la Vivienda (CANADEVI)

CANIRAC Cancún y Quintana Roo

Desarrollos Hidráulicos de Cancún, S.A. de C.V.

Social:

Grupo Ecologista del Mayab, A.C.
Representante Regional del Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA)
Amigos de Sian Ka'an, A.C.
Rectora de la Universidad del Caribe
Director del Instituto Tecnológico de Cancún
ABC Consultoría Jurídica & Ambiental
Universidad Tecnológica de Cancún (UT)
Universidad Autónoma del Estado Q. Roo
Rector de la Universidad Politécnica de Quintana Roo
Colegio de Arquitectos de Cancún A.C.
Colegio de Ingenieros Civiles de Quintana Roo, Zona Norte A.C.
Representante Legal de Servicios Ambientales y Jurídicos, S.C
Asociación de Altos Estudios en Derecho Ambiental A.C.
Colegio de Biólogos de Quintana Roo A.C.
Casa Wayuu A.C.
Universidad Anáhuac Cancún
Fauna Digna A. C.
Centinelas del Agua A. C.
Biosilva, A.C.
Cooperación Alemana para el Desarrollo Sustentable (GIZ)

Una vez identificados los sectores, de acuerdo con los integrantes del Órgano Técnico del POEL, se organizaron los talleres de participación que proveen de la información necesaria para identificar la problemática de la Agenda Ambiental.

Así, el **Objetivo General** de la Agenda Ambiental es:

- Identificar y priorizar los principales problemas ambientales y las interacciones entre sectores que se presentan en el territorio municipal para que, con base en ello, se integre en el estudio técnico la información y los análisis que sean relevantes para su atención.

De acuerdo con los Términos de Referencia, las principales actividades y resultados son:

I. Diseñar e implementar mecanismos de participación (talleres, entrevistas, entre otros) para obtener la siguiente información:

1. La definición y priorización por cada sector de la problemática ambiental y aquella derivada por la interacción entre sectores.
2. Integración y análisis de la información generada por los sectores en el punto anterior, para obtener una priorización de los principales problemas ambientales y aquellos derivados de la interacción entre sectores en el área de ordenamiento.
- 3.- Programa de trabajo y calendarización de las actividades previstas para la formulación de la propuesta de modificación del POEL-BJ.

A este respecto, se implementaron 2 talleres sectoriales, mismos que fueron realizados en grupos de sectores. Los temas y objetivos de cada uno se transcriben a continuación:

1. TALLERES SECTORIALES PARA LA DEFINICIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Y AQUELLA DERIVADA POR LA INTERACCIÓN DE SECTORES.

Objetivos:

- Conocer las propuestas y visión de crecimiento y desarrollo de la actividad actual.
- Definir áreas de tendencias de crecimiento y desarrollo.
- Identificación y priorización de los problemas para el sostenimiento y crecimiento de la(s) actividad(es), incluyendo la presencia de otros sectores.
- Planteamiento de posibles modificaciones y/ cambios en la(s) actividad(es), así como las propuestas de solución de conflictos entre sectores que inciden en una misma área o sobre un mismo recurso natural.

Este taller se realizó el día 9 de octubre de 2023 en las instalaciones de la Universidad del Caribe, con la participación de 27 personas, representando 22 dependencias / instituciones del Órgano Técnico del POEL.

A los participantes se les hizo primero una presentación de los motivos por los cuales se está proponiendo la modificación de este instrumento de planeación ambiental; y posteriormente se les expusieron los objetivos del taller para conocer la problemática ambiental del municipio, a través de la perspectiva de cada sector, pero poniendo especial énfasis en la definición de los problemas ambientales que pueden atenderse a través de un Ordenamiento Ecológico.

Después se presentó un listado de la principal problemática ambiental previamente identificada en conjunto entre el consultor y las autoridades competentes, tanto estatales como municipales. Utilizando una Matriz de Ponderación, se enlistaron los problemas

identificados y se dejó espacio para la participación individual de los participantes, no sólo para calificar y ponderar la problemática previamente identificada, sino también espacios para anotar los problemas percibidos por parte de los sectores, incluso a diferente escala de cómo se aprecia por parte de las autoridades. Los criterios de evaluación para la problemática ambiental se presentan a continuación:

Tabla 6. Criterios de evaluación de la problemática ambiental del municipio de Benito Juárez.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN			
CRITERIOS	EVALUACIÓN	DESCRIPCION	VALORES
EXTENSIÓN	PUNTUAL	Se presenta en un sitio o predio	1
	LOCAL	Afecta una o más UGAS	2
	REGIONAL	Abarca todo el territorio municipal	3
INTENSIDAD	BAJA	Impactos leves, poco frecuentes, con recuperación	1
	MEDIA	Moderada severidad y/o frecuencia del impacto	2
	ALTA	Impactos severos, frecuentes e irreversibles	3
TEMPORALIDAD	CORTO PLAZO	Hasta 1 año	1
	MEDIANO PLAZO	De 1 a 5 años	2
	LARGO PLAZO	Más de 5 años	3

Posteriormente y con el apoyo de una imagen del territorio municipal, se procedió a definir las áreas de crecimiento de las actividades por cada sector, desde las perspectivas actuales y en la visión de al menos en los próximos 15 años. También se les solicitó a los participantes el definir sus áreas de crecimiento, tanto en extensión territorial como en las actividades del sector.

Se continuó con la identificación de la problemática ya descrita y que está relacionada al sostenimiento de la actividad, para posteriormente proponer soluciones ante la problemática identificada y de los conflictos entre los sectores.

Resultados del 1er taller sectorial:

Derivados de este taller con los diferentes sectores, se obtuvieron los siguientes resultados:

Del listado con la principal problemática ambiental presentado inicialmente para su ponderación, algunas perspectivas son muy similares por sector y en otras difieren, pero la mayoría considera a la contaminación del manto freático y la expansión de la mancha urbana fuera del centro de población, como las principales problemáticas que tiene este municipio. Sin embargo, existen más problemas que deben de ser atendidos, contenidos y/o resueltos a través de los instrumentos de planeación, como es el caso de los

asentamientos irregulares, la disposición final de residuos sólidos urbanos, la proliferación de bancos de materiales pétreos o las tendencias de ocupación de las zonas de extracción de agua potable.

Tabla 7.- Jerarquización de la problemática ambiental del Sector Público

Jerarquización de la Problemática Ambiental Sector Publico

N.	ASUNTO O PROBLEMA AMBIENTAL	TOTAL	
1	Expansión de la mancha urbana fuera del centro de población.	70	1°
11	Contaminación del manto freático.	68	2°
10	Fragmentación de ecosistemas.	66	3°
2	Incremento de asentamientos irregulares.	65	
6	Cambios de Uso de Suelo no autorizados (desmontes / caminos).	63	
3	Presión y riesgo de afectación a la zona de captación de agua potable por la expansión urbana / suburbana.	61	
13	Presencia de bancos de material pétreo sin autorizaciones.	60	
4	Disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos.	58	
14	Falta de coordinación institucional.	57	
15	Falta de sitios de transferencia de RSU y de Manejo Especial dentro del centro de población.	57	
5	Incompatibilidad entre instrumentos de planeación urbana y ambiental.	55	
7	Necesidades de infraestructura en zonas urbanas del municipio.	52	
8	Incendios Forestales.	52	
12	Áreas verdes y parques urbanos dentro del centro de población.	50	
9	Falta de diversificación de las actividades económicas productivas fuera de los centros de población y/o zonas suburbanas.	46	

Del ejercicio de las perspectivas de crecimiento, éste se realizó con el apoyo de un “mapa de trabajo” del municipio, para reflejar donde se encuentra la problemática identificada. El mapa de trabajo utilizado fue el siguiente:

Tabla 8.- Jerarquización de la problemática ambiental del Sector Social.**Jerarquización de la Problemática Ambiental Sector Social**

N.	ASUNTO O PROBLEMA AMBIENTAL	TOTAL	
3	Presión y riesgo de afectación a la zona de captación de agua potable por la expansión urbana / suburbana.	89	1°
11	Contaminación del manto freático.	89	2°
1	Expansión de la mancha urbana fuera del centro de población.	86	3°
4	Disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos.	82	
10	Fragmentación de ecosistemas.	79	
13	Presencia de bancos de material pétreo sin autorizaciones.	76	
2	Incremento de asentamientos irregulares.	73	
15	Falta de sitios de transferencia de RSU y de Manejo Especial dentro del centro de población.	69	
5	Incompatibilidad entre instrumentos de planeación urbana y ambiental.	64	
6	Cambios de Uso de Suelo no autorizados (desmontes / caminos).	64	
7	Necesidades de infraestructura en zonas urbanas del municipio.	62	
9	Falta de diversificación de las actividades económicas productivas fuera de los centros de población y/o zonas suburbanas.	60	
12	Áreas verdes y parques urbanos dentro del centro de población.	58	
14	Falta de coordinación institucional.	54	
8	Incendios Forestales.	50	

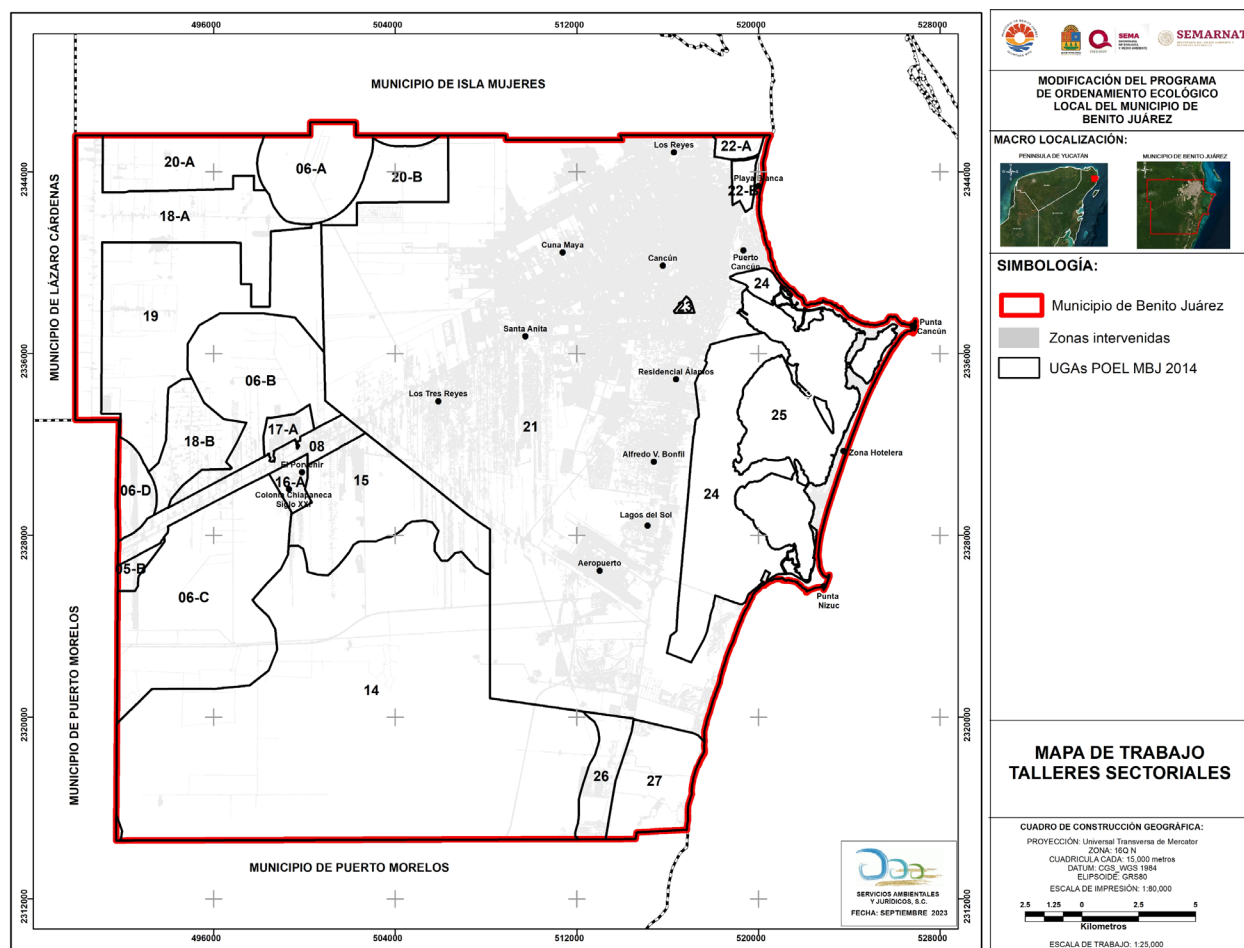


Imagen 7.- Mapa de trabajo, para la identificación de la problemática y zonas prioritarias de atención en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

Como puede observarse en los resultados del taller, aun cuando la problemática es muy variada, los sectores participantes coinciden en lo general, en la problemática que actualmente posee el municipio, destacando el tema de la expansión de la mancha urbana (dentro y fuera del centro de población) por la proliferación de asentamientos irregulares. Estos asentamientos irregulares pueden dividirse en 2 tipos: a) Asentamientos irregulares en el aspecto legal; y b) Asentamientos irregulares por la carencia de servicios básicos.

Mapa de la principal problemática ambiental del municipio:

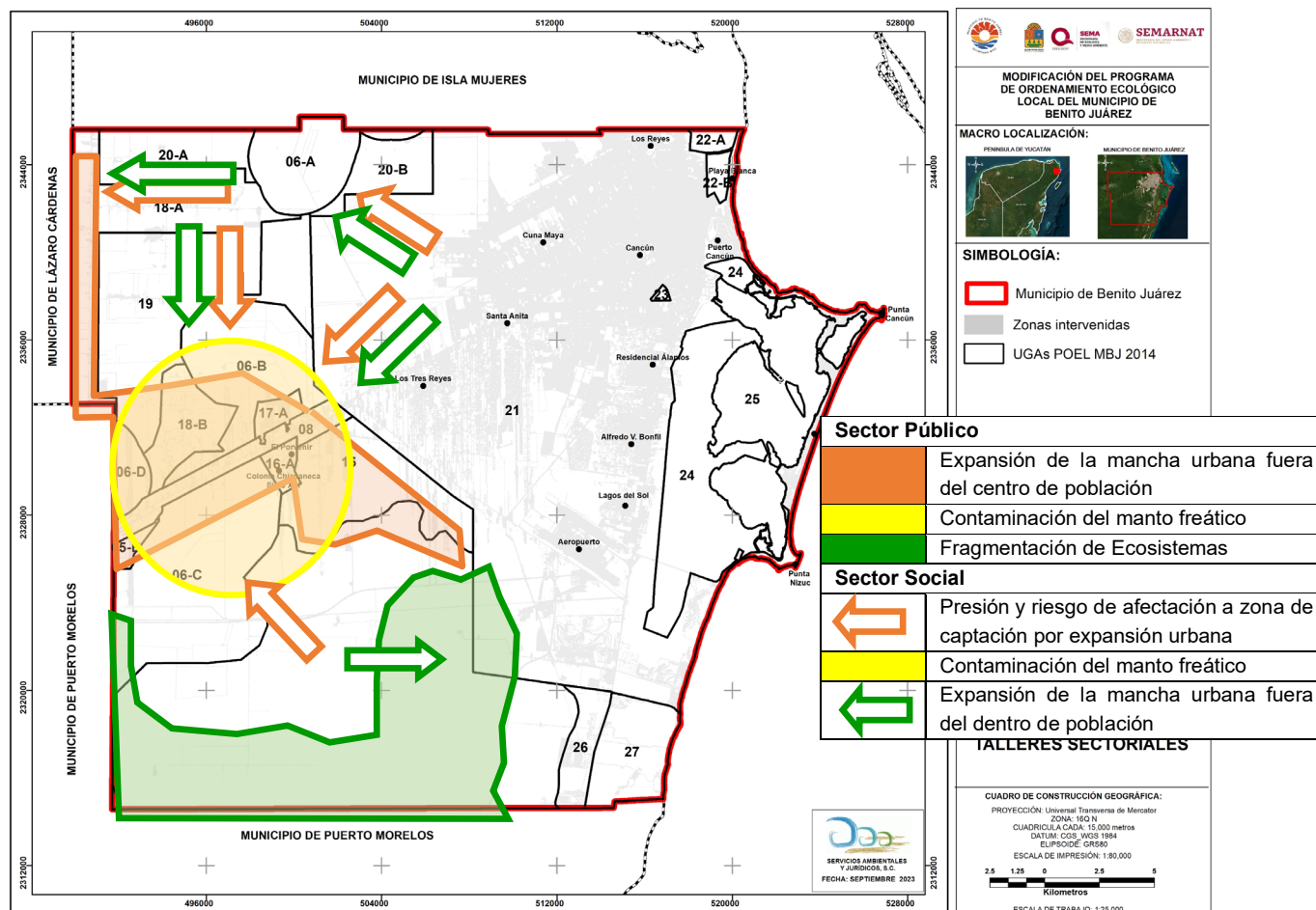


Imagen 8.- Mapa de trabajo de los talleres sectoriales donde se representan las zonas con la principal problemática ambiental del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo

En ambos casos, estos asentamientos irregulares generan una gran cantidad de problemas a las autoridades de los 3 órdenes de gobierno, ante la falta o imposibilidad de actuar legalmente en la dotación de servicios para combatir los problemas sociales y ambientales que genera este tipo de actividad ilegal, entre los que destacan la contaminación de suelos, agua y aire, fragmentación de ecosistemas, incendios forestales, pérdida de la biodiversidad, proliferación de sitios clandestinos para la disposición de residuos sólidos urbanos, disminución en la calidad de los servicios ambientales que

proveen los ecosistemas, imposibilidad legal para la dotación de infraestructura (escuelas, centros de salud, áreas verdes, recoja de basura, entre otros).

Y el principal problema de esta proliferación de asentamientos irregulares, es que tienden a ocupar las áreas ecológica y ambientalmente más sensibles del municipio, y que son las zonas de extracción de agua potable, de donde se extrae el agua que requiere actualmente el casi un millón de habitantes del municipio, además de que ayuda a soportar a los más de 6 millones 786 mil turistas que arribaron a Cancún sólo en 2022 (SEDETUR, 2022; <https://sedeturqroo.gob.mx/ARCHIVOS/indicadores/Indicador-Tur-EneDic-2022.pdf>); o que buscan asentarse en la zona con el ecosistema mejor conservado de Selva Mediana Subperennifolia que queda en el municipio, en la UGA denominada “Bosques de Cancún”.

Cabe destacar que de acuerdo a datos del Censo de INEGI (2020), en el municipio prácticamente ya no se practican actividades primarias (agropecuarias ni forestales); situación que se corrobora al revisar la página de SEMARNAT respecto de autorizaciones de aprovechamiento forestal en el municipio de Benito Juárez, y donde no hay registros de permisos vigentes, de acuerdo al último censo económico de INEGI.

Censo Económico 2019. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>.

Finalmente, estas actividades no autorizadas que se realizan en la zona (asentamientos irregulares) representan el problema más importante, no solo por las consecuencias ambientales que provoca la dispersión de las actividades humanas, sino también por las consecuencias sociales al tener una buena parte de la población en condiciones muy precarias, sin servicios básicos, ni de educación y/o salud, a una parte muy importante de la población. De acuerdo al periódico “Quintana Roo Hoy”, de fecha 23 de Octubre de 2023, *“En Cancún actualmente, existen 260 colonias irregulares con falta de servicios básicos”. No hay un registro preciso del número de colonias o asentamientos irregulares que existen en Cancún y su contabilidad se dificulta debido a que continuamente se están creando nuevos espacios de vivienda al margen de la proyección urbana de la ciudad.*

Sin embargo, de acuerdo con la información proporcionada por Salvador Diego Alarcón, secretario municipal de Obras Públicas y Servicios del ayuntamiento dijo que en el municipio existen 260 colonias irregulares con rezagos; calculándose en alrededor de 85 mil habitantes en estas zonas irregulares. https://quintanarohoy.com/quintanaroo/cancun/se-estima-en-260-los-asentamientos-irregulares-en-benito-juarez/#google_vignette

El otro problema detectado es el de la irregular apertura y explotación de bancos de material pétreo, lo cual ha generado nuevamente problemas por la apertura de caminos, la devastación de la selva y ahuyentamiento de fauna, el retiro de la capa fértil de tierra

vegetal, el retiro de cientos de toneladas de material pétreo y en algunos casos, el afloramiento del manto freático, incrementando el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas. Estos bancos han proliferado de manera alarmante, casi todos sin autorizaciones de ningún tipo, por lo cual no solo no hay control, sino tampoco planes de regularización o compensación en su etapa de abandono.

Respecto del conflicto entre sectores, aparentemente existen pocos conflictos por la extensión del territorio y por la escasa diversificación de actividades productivas fuera de los centros de población; sin embargo y como ya se comentó, el conflicto más fuerte se presenta entre los posesionarios de tierras (privadas y ejidales) con las autoridades y los instrumentos de planeación, al no estar considerada la actividad suburbana y/o rural en el Ordenamiento Ecológico o en los PDUs, habiendo conflictos legales que comienzan desde el tamaño del lote ofertado (menor a los 800 m² que marca la Ley para lotes rurales), la falta de servicios previo al fraccionamiento de los lotes originales (como lo señala la Ley de Acciones Urbanísticas del estado de Quintana Roo), así como la falta de certeza legal por la tenencia de la tierra, la planeación respecto de vialidades, servidumbres de paso, las donaciones a las que obliga la misma ley (para la dotación de equipamiento urbano ya señalado, como escuelas, centros de salud, áreas verdes, entre otros).

Finalmente, respecto de la opinión del funcionamiento del actual Ordenamiento Ecológico, la mayor parte de las opiniones versaron sobre la falta de una bitácora ambiental eficaz y actualizada que permita conocer dentro de lo posible, la información del estado que guardan los ecosistemas del municipio, las áreas de aprovechamiento de los recursos naturales, así como su tasa de aprovechamiento y los permisos otorgados, entre otros. Esto, apoyados con la información proporcionada por las diferentes autoridades involucradas, y con el apoyo de los indicadores ambientales propuestos para este Ordenamiento Ecológico, por lo que urgieron a las autoridades a implementarlo tal y como lo marca la Ley.

La falta de esta bitácora ambiental deriva en la falta de un sistema ágil y efectivo de actualización y de consulta, que pudiera derivar en la discrecionalidad por parte de algunas autoridades, incumpliendo los usos de suelo, políticas ambientales y/o criterios ecológicos que regulan las actividades señaladas en dicho instrumento.

Resultados del 2do taller sectorial:

Y para el segundo grupo de talleres, el tema y los objetivos fueron los siguientes:

2. TALLER SECTORIAL PARA DEFINIR INTERESES Y ATRIBUTOS AMBIENTALES, LA INTERACCIÓN (POSITIVA O NEGATIVA) ENTRE SECTORES, ASÍ COMO LA IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS AMBIENTALES Y SU IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO DE SUS ACTIVIDADES.

Objetivos:

- Identificar los principales recursos naturales considerados como atributos ambientales (suelo, agua, masa forestal, playa, paisaje, entre otros) presentes que soportan y/o facilitan la(s) actividad(es), así como su aprovechamiento y potencial (superficie, volumen, unidad).
- Describir la interacción entre sectores, así como los atributos de interés común y que actualmente sean o pudieran ser motivos de conflicto entre sectores, definiendo las áreas de concurrencia espacial de actividades incompatibles.
- Construir los mapas de aptitud de los diferentes sectores y sus principales actividades productivas.

Este taller se realizó el día 23 de octubre de 2023, también en las instalaciones de la Universidad del Caribe, con la participación de 34 personas, representando 21 dependencias / instituciones del Órgano Técnico del POEL.

Se comenzó con la presentación de la definición de “atributo ambiental” como *La variable cualitativa o cuantitativa que influye en el desarrollo de las actividades humanas y demás organismos vivos*, y dando ejemplos de algunos atributos. Y también se expusieron algunas definiciones importantes, como las políticas ambientales, sector, interés sectorial, conflicto ambiental, aptitud del territorio, entre otras, para dirigir la participación hacia donde se enfoca el tema a tratar en el taller.

Se destaca que varias de estas definiciones provienen de la página de SEMARNAT y del glosario de términos del POEL vigente (2014). También se hizo énfasis en los objetivos del taller (ya señalados anteriormente), y se presentó un pre-análisis realizado por el grupo consultor, respecto de los atributos de cada sector, para que éstos fuesen revisados, opinados y/o modificados, respecto de la perspectiva de los diferentes participantes. También se les explicó que entre las características de los atributos ambientales, éstos deben ser cartografiables, para la posterior elaboración de los mapas de atributos y aptitud territorial.

Una vez que se tuvo el listado definitivo de atributos ambientales por sector, éstos fueron valorados respecto de la importancia de cada atributo en la realización y proyección de las actividades de cada sector, de acuerdo al siguiente cuadro propuesto:

Tabla 9. – Criterios de valoración de los atributos ambientales.

Valoración del atributo	Valor
Muy favorable	5
Moderadamente favorable	3
Poco favorable	1
Neutro	0
Poco limitante	-1
Moderadamente limitante	-3
Muy limitante	-5

Esto, con base en la perspectiva de cada sector para los atributos que influyen positiva o negativamente respecto de las actividades que se realizan sobre el territorio municipal.

Para poder reflejar los atributos ambientales en un mapa, se presentaron mapas de apoyo en la misma presentación, entre los que destacan el mapa de caminos y vialidades, asentamientos humanos, localidades de INEGI, vegetación, UGAs del POEL vigente, pozos de extracción de agua, zonas de riesgo por inundaciones y mapa de incendios forestales.

El mapa de trabajo se muestra a continuación:

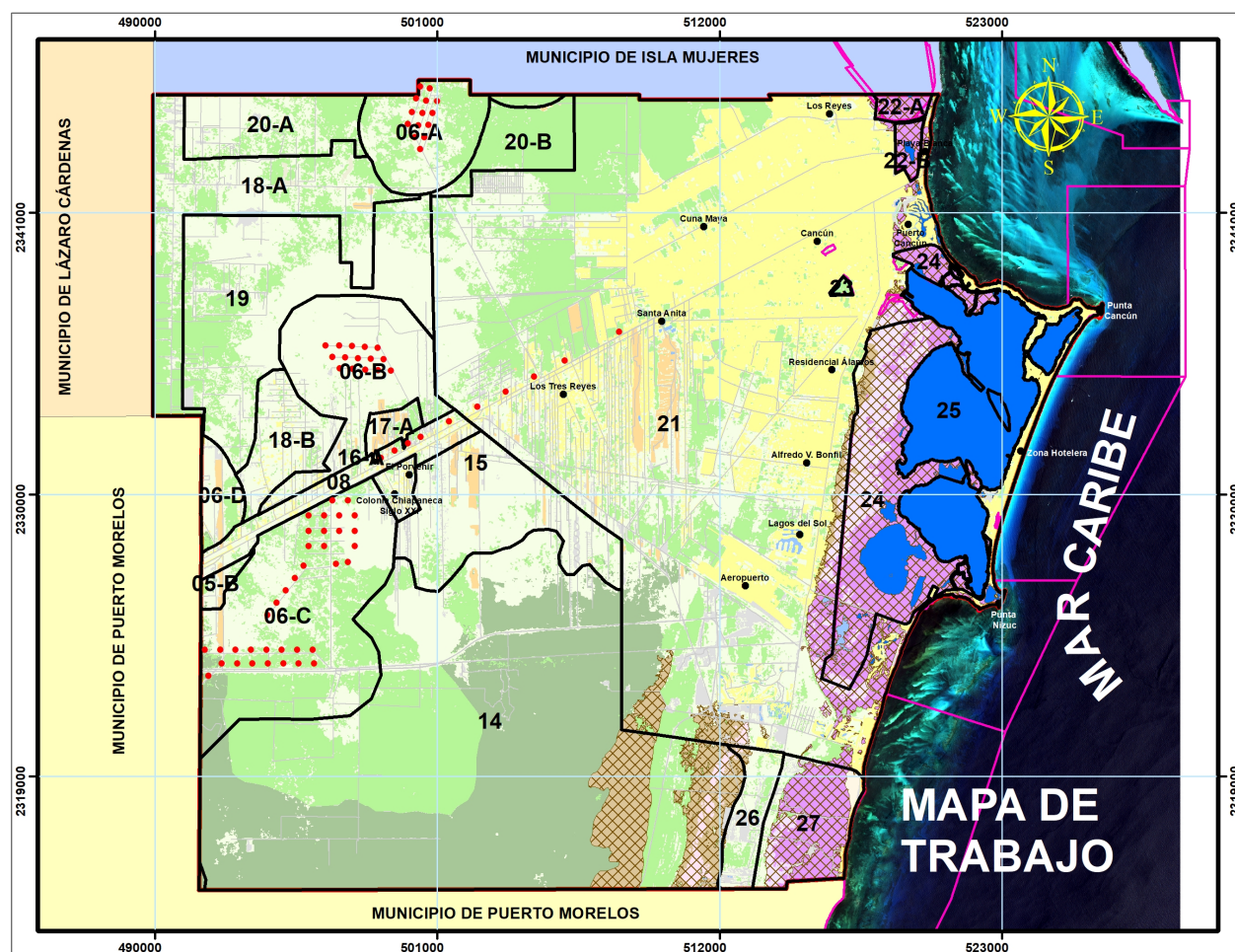


Imagen 9.- Mapa de trabajo, para la identificación de atributos ambientales en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

2.3- Descripción de los Atributos Ambientales para cada Sector.

Sector privado: En este sector se incluyen las actividades sectoriales que incluyen al turismo convencional, turismo alternativo, minería y transformación, desarrollo urbano, desarrollo rural, agropecuario y forestal.

Los atributos ambientales favorables del turismo convencional se ubican cercanos o dentro de la zona urbana del municipio y también a lo largo de la carretera federal 307, que corre paralela a la zona costera (por la infraestructura existente), aunque también requiere de elementos naturales (atributos ambientales) que ayudan o facilitan en el desarrollo actual de la actividad y que también la potencializan en proyecciones futuras (playas arenosas, cuerpos de agua, servicios básicos, arrecifes y tortugas marinas, entre otros). Cabe destacar que la reserva territorial con mayor aptitud para el turismo convencional (franja

costera colindante al Mar Caribe) actualmente se encuentra cerca de su límite, quedando tan solo algunos pocos predios en esta franja costera.

Con respecto a la actividad sectorial de Turismo Alternativo se considera que existe un potencial interesante para el desarrollo de fuera del centro de población, y que pudiera ser una oferta paralela que permita incrementar y diversificar la oferta turística existente, sobre todo por temas relevantes, como es la presencia de sargazo en las playas, afectando de manera importante al Turismo Convencional.

En relación con las actividades sectoriales agropecuario y forestal se reconoce que actualmente y de acuerdo con la información del INEGI (Censo Económico 2019. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>), en el municipio de Benito Juárez prácticamente no se realizan actividades agropecuarias ni forestales; situación que también se refleja en el mapa de vegetación, donde (independientemente de la escala 1:50,000), la rodalización de la imagen apenas reconoce la actividad agrícola (como vegetación de “pastizal cultivado” en una superficie de 44.55 hectáreas, lo que representa tan solo el 0.05 % de la superficie total del municipio. Tampoco se realiza acuacultura ni ganadería evidente, y solo unos pocos habitantes de localidades rurales realizan la actividad informal (de traspasito). De la misma manera y a pesar de conservarse aún zonas con vegetación forestal de selva mediana subperennifolia, tampoco hay registros de actividad autorizada de extracción forestal. Sin embargo, existe el potencial para que esta actividad pudiera llevarse a cabo en un futuro, por lo que se analizan los atributos ambientales que pudieran soportar dichas actividades.

Los principales atributos favorables que se requiere para la actividad sectorial agropecuaria serían: Uso actual agropecuario, carreteras y caminos, vegetación secundaria y distancia a centros de consumo; y los atributos limitantes: Zonas urbanas, cuerpos de agua y humedales, vegetación en buen estado de conservación, y zonas de amortiguamiento para la extracción de agua.

Respecto de la actividad sectorial forestal (aprovechamiento forestal sustentable), los principales atributos ambientales favorables serían: Selva mediana subperennifolia, otros tipos de vegetación (maderable y no maderable), carreteras y caminos de acceso, distancia a centros de transformación y consumo. Y como atributos ambientales limitantes o desfavorables: Áreas sin cobertura vegetal y zonas incendiadas.

Las principales actividades sectoriales de transformación, por lo general generan impactos negativos al ambiente que son severos pero puntuales. La extracción de materiales pétreos y sus derivados necesarios para la construcción de viviendas y edificios, y las

actividades de la industria ligera son las actividades que inducen modificaciones más evidentes en los ecosistemas, mientras que la comercialización de los productos transformados, por su naturaleza generan cambios temporales y controlables. Las actividades derivadas de estos sectores están sujetas a temas de oferta y demanda (como es el caso del Tren Maya, que ante la necesidad de material pétreo, de alguna manera fomentó la apertura de muchos bancos de este recurso).

Sector Público. - Este sector comprende los Programas de gobierno (PDU, Desarrollo y Proyectos Productivos) e Infraestructura y Equipamiento, juega un papel trascendental en la toma de decisiones para el desarrollo de las actividades productivas que directamente inciden en el ambiente, como son las políticas del sector urbano, turístico, minería y transformación, movilidad (vías de comunicación), energía, entre otros. Esto, desde la perspectiva social y económica de la población, en un enfoque de desarrollo sustentable, a través del impulso a los Programas de Planeación y Desarrollo (urbano, ambiental y económico), los cuales deben considerar los atributos ambientales para su desarrollo o ejecución con respeto y apego a los lineamientos jurídicos en materia ambiental.

Los atributos ambientales denominados: Áreas Naturales Protegidas decretadas, Reservas de crecimiento urbano; Equipamiento urbano y rural (pozos y líneas de conducción de agua potable, tendidos eléctricos, vialidades principales, vías férreas, generadores de energía eléctrica, sitios de disposición final de residuos, entre otros) se identifican en algunas zonas del municipio y son los que determinan las tendencias del desarrollo de las actividades de este sector.

Sector social.-Las actividades sectoriales de conservación contemplan acciones que se incluyen en este sector se relacionan con la investigación y divulgación científica, la formación académica, educación ambiental y la realización de estudios ambientales, las cuales se consideran por su relevancia para generar conocimientos indispensables para el manejo sustentable de los recursos naturales y la formación de recursos humanos especializados en la materia, y vinculados con el sistema social y económico prevaleciente en este municipio. Entre estas actividades se consideran también la gestión de recursos para labores de protección, restauración y preservación de áreas de importancia ecológica y para el mantenimiento de la biodiversidad,

2.3.1- Descripción del conjunto de Atributos Ambientales que requiere cada Sector para el desarrollo óptimo de sus actividades.

En la Tabla 10, se muestra el listado de las actividades económicas que se realizan en el Municipio de Benito Juárez donde se vinculan con los atributos ambientales existentes en el mismo.

Tabla 10.- Atributos ambientales cartografiables que sustentan las actividades sectoriales en el municipio de Benito Juárez.

SECTOR	ACTIVIDAD	ATRIBUTOS AMBIENTALES FAVORABLES	ATRIBUTOS AMBIENTALES LIMITANTES
Privado	Turismo convencional	Litoral costero (playas arenosas)	Presencia de sargazo
		Vías de comunicación terrestre, aérea y marítima (Muelles, Tren Maya y Puente Nichupté)	Manglares, tulares y selvas bajas inundables
		Servicios Públicos (Disponibilidad)	Áreas Naturales Protegidas
		Uso actual (hoteles construidos)	
	Turismo alternativo	Vegetación en buen estado de conservación	Zonas incendiadas
		Cuerpos de agua / cenotes	Asentamientos irregulares
		Áreas Naturales Protegidas (Presencia)	
		Sitios arqueológicos y culturales	
		Sitios de anidación de tortugas marinas	
		Vías de comunicación (caminos)	
		Zonas inundables	
		UMAs	
	Minería y Transformación	Suelos calizos	Polígonos cercanos a zonas de extracción de agua
		Camino y carreteras	Vegetación en buen estado de conservación
		Uso actual	Selvas bajas inundables
		Reserva urbana	Cuerpos de agua y cenotes
			Manglares y tulares
			Áreas Naturales Protegidas
	Desarrollo urbano	Infraestructura de servicios básicos	Sitios de disposición final de RSU
		Centros de población con PDU vigente	Asentamientos irregulares
		Reservas Urbanas	Cuerpos de agua, cenotes y polígonos de extracción del agua.
			Manglares, zonas inundables y de Riesgo
			Áreas Naturales Protegidas
	Desarrollo rural	Camino y carreteras	Cuerpos de agua y cenotes
		Vegetación secundaria arbustiva	Selva mediana subperennifolia
			Polígonos cercanos a zonas de extracción de agua
			Asentamientos irregulares
			Selvas bajas inundables y de riesgo
			Manglares y tulares
			Áreas Naturales Protegidas

SECTOR	ACTIVIDAD	ATRIBUTOS AMBIENTALES FAVORABLES	ATRIBUTOS AMBIENTALES LIMITANTES
	Agropecuario		Zona urbana
		Actividad agropecuaria actual	Polígonos cercanos a zonas de extracción de agua
		Áreas con vegetación secundaria arbustiva	Vegetación en buen estado de conservación
		Tipo de suelo (Leptosoles)	Asentamientos humanos
		Caminos de acceso	Selvas bajas inundables
			Humedales costeros
			Bancos de material pétreo
		Selva mediana subperennifolia	Zonas incendiadas
		Áreas con vegetación secundaria arbustiva y arbórea	Asentamientos humanos
		Vías de comunicación	Manglares y humedales costeros
			Cuerpos de agua y cenotes
Publico	Programas de gobierno y Obras de infraestructura y equipamiento publico	Infraestructura y Equipamiento urbano y rural (pozos y líneas de conducción de agua potable, tendidos eléctricos, vialidades principales, vías férreas, generadores de energía eléctrica, sitios de disposición final de residuos, entre otros).	Zonas de Riesgo por inundaciones
		Áreas Naturales Protegidas decretadas y Polígonos de extracción de agua	
		Reservas de Crecimiento Urbano	
		Asentamiento Humano	
		Planes y Programas de Gobierno	
		Vegetación en buen estado de conservación	
Social	Conservación	Áreas Naturales Protegidas	Asentamientos humanos, bancos de material pétreo y Caminos de acceso
		Áreas de alta biodiversidad	
		Manglares y humedales	
		Cenotes, cuerpos de agua y ríos subterráneos	
		Zonas de extracción de agua	
		Ecosistema susceptible de investigación	
		Zonas de Anidación de Tortugas Marinas	
		Zonas arqueológicas	
		Centros culturales (Presencia)	

2.3.2. Condiciones y/o características del Atributo Ambiental que favorecen el desarrollo del Sector

Las Características de los atributos ambientales óptimos para el desarrollo del sector por actividades productivas se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11.- Características de los atributos ambientales.

ACTIVIDAD SECTORIAL	ATRIBUTOS AMBIENTALES		
	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS OPTIMAS DEL RECURSO PARA LA ACTIVIDAD	VENTAJAS PARA EL APROVECHAMIENTO ÓPTIMO DEL RECURSO
Turismo Convencional	El turismo convencional se desarrolla de manera preferencial en la zona costera del municipio, lo soporta la diversidad de ecosistemas costeros y marinos en el municipio, aprovechando sus recursos naturales y culturales. Presenta sitios de esparcimiento para los visitantes, es un lugar atractivo para la Inversión tanto Nacional como Extranjera.	Vías y medio de comunicación.	Mayor afluencia turística tanto Nacional como Internacional.
		Paisaje atractivo.	Generación de divisas.
		Servicios Públicos.	Generación de empleos.
		Equipamiento turístico.	Fortalecimiento de las actividades turísticas tanto recreativas y de esparcimiento.
		Playas arenosas cercanas con arrecifes.	
		Vestigios arqueológicos.	
Turismo Alternativo	Consiste en viajar y visitar espacios naturales con escasa perturbación, a través de un proceso que promueva la conservación, tiene un bajo impacto ambiental y cultural, induce o involucra activa y socioeconómicamente beneficia a la población local.	Selva en buen estado de conservación.	Uso óptimo de los recursos naturales, manteniendo los procesos ecológicos y conservación de los mismos y la diversidad biológica.
		Carreteras y caminos.	Apertura de nuevos circuitos con atractivos diferentes a lo tradicional.
		Flora y fauna silvestre protegidas.	Genera beneficios económicos a la población rural abatiendo la pobreza.
		Cuerpos de agua y cenotes.	
		Instalaciones turísticas.	
Minería y Transformación	Las actividades la conforman la comunicación y transporte y la industria de la transformación, incluyendo vías de comunicación y líneas de conducción de energía.	Centros de población normados por un PDU.	Generación de empleos especializados.
		Disponibilidad poblacional (mano de obra especializada).	Aprovechamiento racional de los recursos naturales.
		Zonas Urbanas con servicios.	Abastos de productos a la industria turística y urbana.
		Abasto de insumos.	
	La minería o extracción de materiales pétreos consiste en unidades de producción privadas que se ubican por lo general cerca de caminos y son necesarias para satisfacer la actividad de construcción / relleno.	Cercanía con los centros de consumo.	Abasto de material pétreo para los desarrollos turísticos y urbanos.
		La mayor parte del municipio es apto para el aprovechamiento de material pétreo.	Abasto para las carreteras y caminos.
Desarrollo Urbano	La ciudad de Cancún y su área circundante, de acuerdo con su crecimiento socioeconómico ha propiciado una modificación en la forma de organización del territorio municipal. Cuenta con Instrumentos de planeación urbana y ambiental sujetos a actualización.	Comunidad con los servicios públicos (Seguridad, Salud y Recreación).	Promoción para el desarrollo de infraestructura y equipamiento turístico y urbano (Redes de agua potable, electrificación, Plazas comerciales, Unidades habitacionales, Clínicas y Hospitales, parques urbanos y muelles turísticos).
		Zonificación de usos de suelo conforme a su PDU.	Contención del crecimiento poblacional hacia las áreas bien conservadas y de captación y extracción de agua potable.
		Infraestructura urbana.	Prevenir asentamientos irregulares
		Medios de comunicación y vialidades.	Regularización de la tenencia de la tierra.
		Servicios públicos (agua potable y drenaje y plantas de tratamientos).	Se previene la contaminación del acuífero

ACTIVIDAD SECTORIAL	ATRIBUTOS AMBIENTALES		
	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS OPTIMAS DEL RECURSO PARA LA ACTIVIDAD	VENTAJAS PARA EL APROVECHAMIENTO ÓPTIMO DEL RECURSO
		Reservas territoriales urbanas.	Se mantiene la biodiversidad de manera temporal y programada.
Desarrollo Rural	Los centros rurales corresponden a las actividades que se realicen fuera de los centros de población urbanos donde se pueden combinar actividades de vivienda a baja escala combinadas con actividades agropecuarias, forestales y de turismo alternativo entre otras opciones de bajo impacto ambiental y que proporcionan ciertos servicios a las actividades productivas dentro de su área de influencia.	Población con servicios básicos	Regularización de la tenencia de la tierra.
		Carreteras y caminos.	Control sobre los cambios de uso de suelo en materia forestal.
		Comercio a baja escala. (Abarrotes, Restaurantes- bar, Fondas y estancillos de alimentos y bebidas, Hostales, hoteles, villas y Ranchos recreativos).	Atención con otros segmentos de mercado como Cultural, Salud, Alternativo y especializado.
			Diversificación económica de la población rural abatiendo la pobreza.
Agropecuario	Es una actividad que requiere de fomento y promoción. Se puede realizar en áreas con vegetación secundaria de selvas con extracto herbáceo y algunas sin vegetación.	Disponibilidad de agua.	Incrementar la productividad del campo.
		Parcelas de baja escala cercanas a los caminos.	Diversificar la producción, con tecnologías que eficienten el uso y aprovechamiento los recursos naturales.
		Cercanías con líneas de conducción eléctrica y agua.	
Forestal	Es una actividad que requiere de fomento y promoción. Se puede realizar en las Selvas bien conservadas localizadas al Sur del municipio.	Masa forestal con tallas arriba del 35 cm de DAP. Accesos disponibles. Diversidad de especies forestales.	Reducir la tala de individuos jóvenes, y que el insumo sea de alta calidad en materia comercial.
			Cercanía con los centros de consumo.
Programas de gobierno y Obras de equipamiento e infraestructura pública	Las obras de infraestructura y equipamiento urbano y rural como pozos y líneas de conducción de agua potable, tendidos eléctricos, vialidades principales, vías férreas, generadores de energía eléctrica, sitios de disposición final de residuos, entre otros) se identifican en algunas zonas del municipio y son los que determinan las tendencias del desarrollo de las demás actividades sectoriales.	Las obras de Infraestructura y Equipamiento público satisfacen las necesidades de la población y promueven las actividades sectoriales del municipio.	Las obras de Infraestructura y Equipamiento público cuentan con medidas de mitigación y programas de seguimiento y control de los impactos ambientales, así como planes de contingencia ambiental.
Conservación	Las actividades sectoriales de conservación contemplan labores que se relacionan con la investigación y divulgación científica, la formación académica, educación ambiental y la realización de estudios ambientales, las cuales se consideran por su relevancia para generar conocimientos indispensables para el manejo sustentable de los recursos naturales y la formación de recursos humanos especializados en la materia. Entre estas actividades se consideran también la gestión de recursos para labores de protección, restauración y preservación de áreas de importancia ecológica y para el mantenimiento de la biodiversidad,	Áreas Naturales Protegidas Áreas de alta biodiversidad Zonas de extracción de agua Ecosistema susceptible de investigación Zonas de Anidación de Tortugas Marinas Zonas arqueológicas	Que las ANP cuenten con programa de manejo y recursos suficientes para su vigilancia y control.
			Que las zonas de extracción de agua no sean afectadas por asentamientos irregulares.
			Que se cuente con los recursos suficientes para la vigilancia y el monitoreo.

Los resultados de los atributos por sector se presentan en las tablas siguientes:

Resumen de tablas donde se especifican los Atributos ambientales de los Sectores y de las principales actividades que se realizan por sector, así como los resultados de la ponderación de los atributos ambientales que se consideran relevantes para cada actividad, diferenciando los que son favorables y los limitantes para cada una de las actividades sectoriales.

Tabla 12.- Atributos ambientales del Turismo convencional y su ponderación.

SECTOR	ACTIVIDAD	ATRIBUTO AMBIENTAL	Calificación	Jerarquización	Ponderación
PRIVADO	TURISMO CONVENCIONAL	Litoral costero (playas arenosas)	5	4	0.40
		Vías de comunicación terrestre, aérea y marítima (Muelles, Tren Maya y Puente Nichupté)	5	3	0.30
		Servicios Públicos (Disponibilidad)	5	2	0.20
		Uso actual (hoteles construidos)	5	1	0.10
		Sargazo	-3	-1	-0.17
		Manglares, tulares y selvas bajas inundables	-3	-2	-0.33
		Áreas Naturales Protegidas	-5	-3	-0.50

Nota: + Atributos ambientales favorables, - Atributos ambientales limitantes.

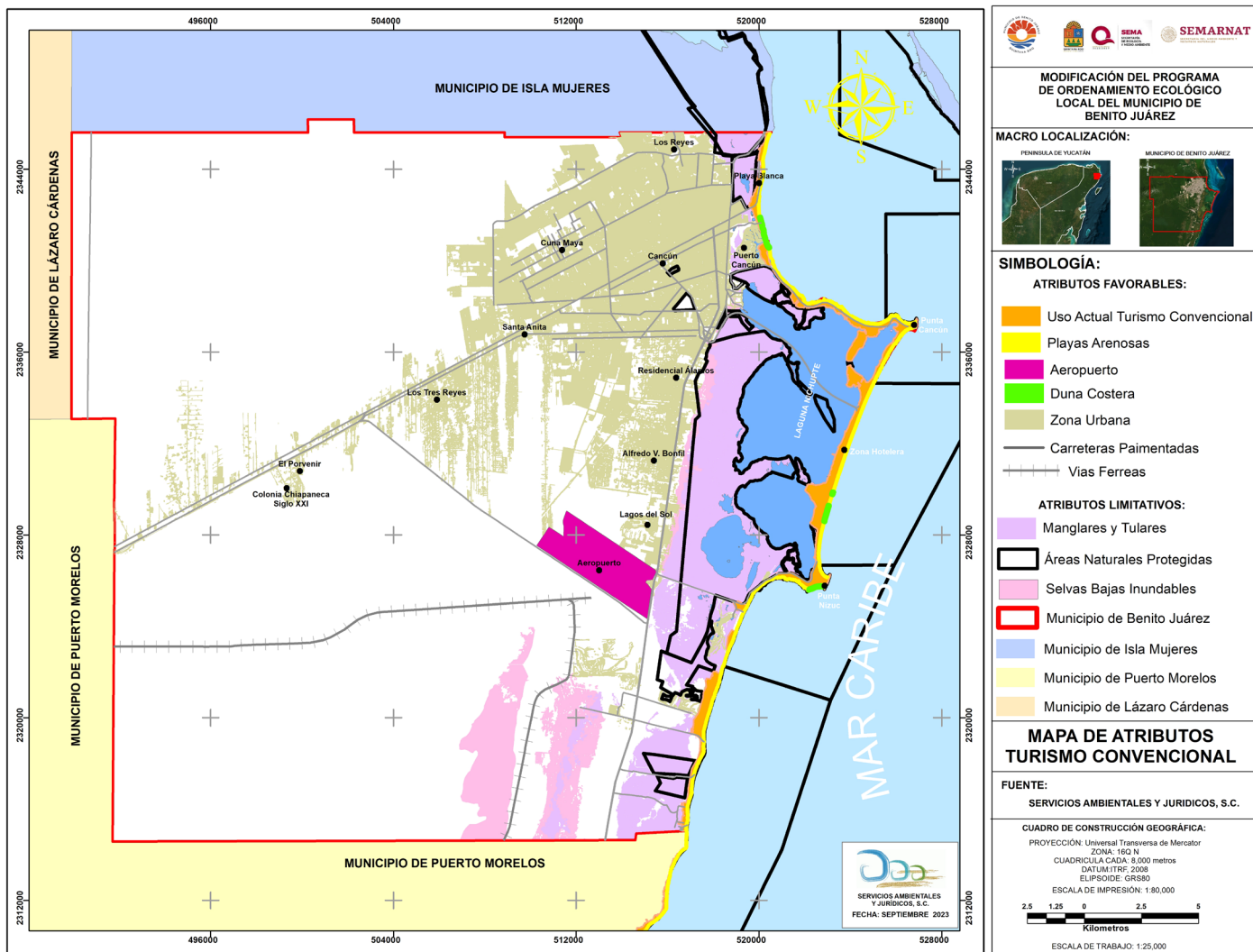


Imagen 10.- Mapa de atributos ambientales del Turismo convencional.

Tabla 13.- Atributos ambientales del Turismo alternativo y su ponderación.

SECTOR	ACTIVIDAD	ATRIBUTO AMBIENTAL	Calificación	Jerarquización	Ponderación
PRIVADO	TURISMO ALTERNATIVO	Vegetación en buen estado de conservación	+5	8	0.22
		Cuerpos de agua / cenotes	+5	7	0.19
		Áreas Naturales Protegidas (Presencia)	+3	6	0.17
		Sitios arqueológicos y culturales	+3	5	0.14
		Sitios de anidación de tortugas marinas	+3	4	0.11
		Vías de comunicación (caminos)	+3	1	0.08
		Zonas inundables	+1	3	0.06
		UMAs	+1	2	0.03
		Zonas incendiadas	-3	-1	-0.33
		Asentamientos irregulares	-5	-2	-0.67

Nota: + Atributos ambientales favorables, - Atributos ambientales limitantes

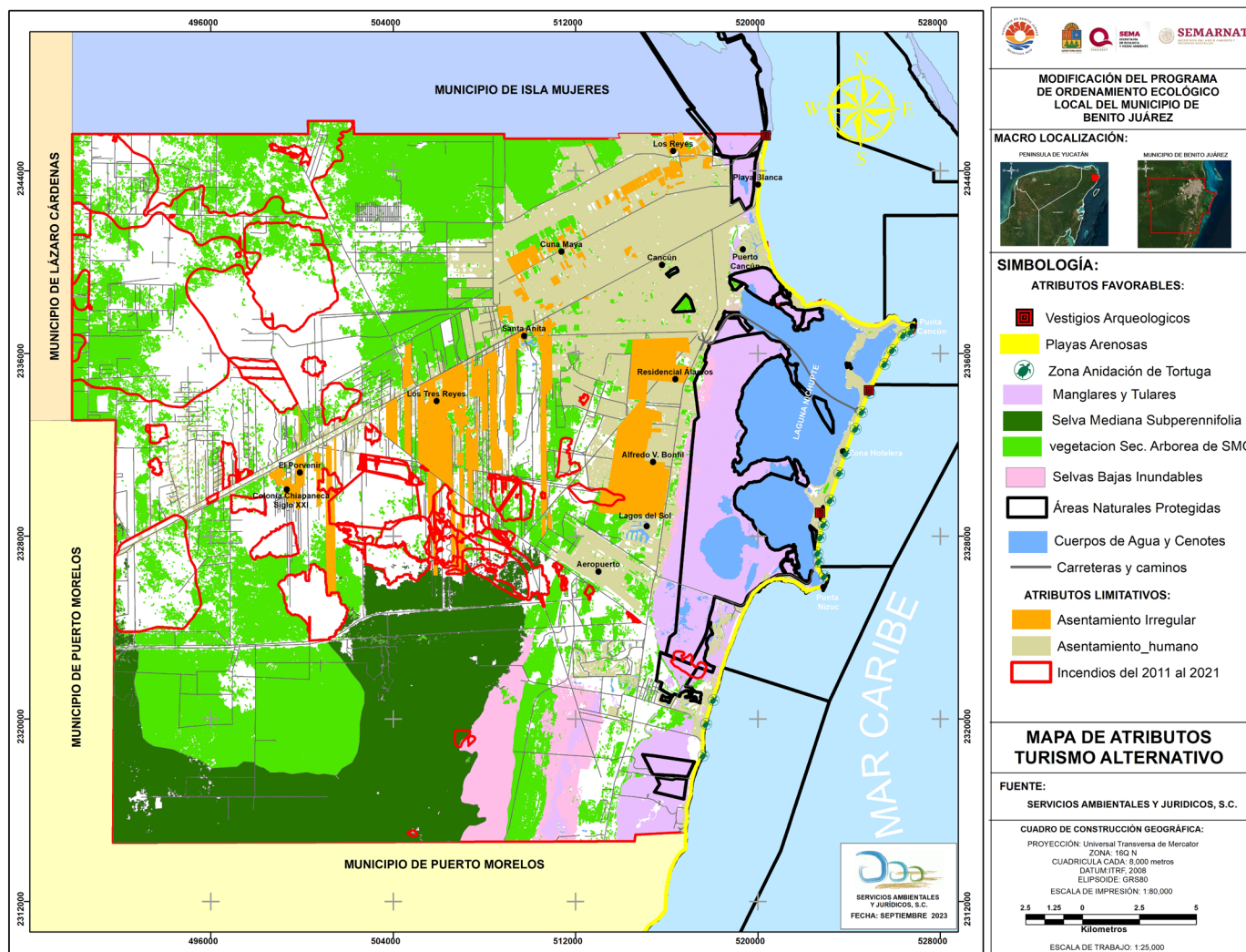


Imagen 11.- Mapa de atributos ambientales del Turismo alternativo.

Tabla 14.- Atributos ambientales de las actividades de Minería y Transformación y su ponderación.

SECTOR	ACTIVIDAD	ATRIBUTO AMBIENTAL	Calificación	Jerarquización	Ponderación
PRIVADO	MINERIA Y TRANSFORMACION	Suelos calizos	5	4	0.40
		Caminos y carreteras	3	3	0.30
		Uso actual	3	2	0.20
		Reserva urbana	3	1	0.10
		Polígonos cercanos a zonas de extracción de agua	-1	-1	-0.05
		Vegetación en buen estado de conservación	-3	-2	-0.10
		Selvas bajas inundables	-3	-3	-0.14
		Cuerpos de agua y cenotes	-5	-4	-0.19
		Manglares y tulares	-5	-5	-0.24
		Áreas Naturales Protegidas	-5	-6	-0.29

Nota: + Atributos ambientales favorables, - Atributos ambientales limitantes

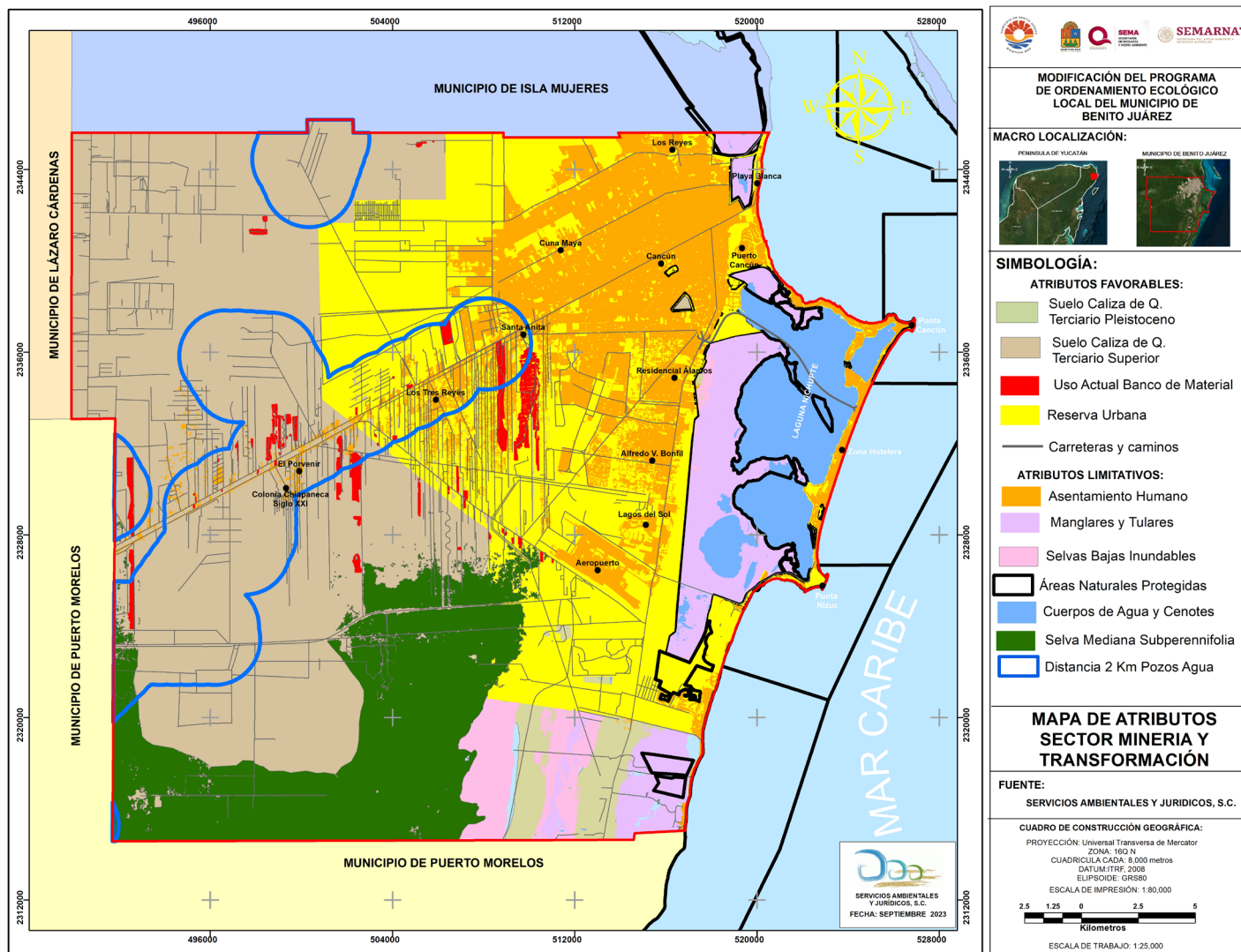


Imagen 12.- Mapa de atributos ambientales de las actividades de Transformación.

Tabla 15.- Atributos ambientales del Desarrollo urbano y su ponderación.

SECTOR	ACTIVIDAD	ATRIBUTO AMBIENTAL	Calificación	Jerarquización	Ponderación
PRIVADO	DESARROLLO URBANO	Infraestructura de servicios básicos	5	3	0.50
		Centros de población con PDU vigente	5	2	0.33
		Reservas Urbanas	5	1	0.17
		Sitios de disposición final de RSU	-3	-1	-0.07
		Asentamientos irregulares	-3	-2	-0.13
		Cuerpos de agua, cenotes y polígonos de extracción del agua.	-3	-3	-0.20
		Manglares, zonas inundables y de Riesgo	-5	-4	-0.27
		Áreas Naturales Protegidas	-5	-5	-0.33

Nota: + Atributos ambientales favorables, - Atributos ambientales limitantes

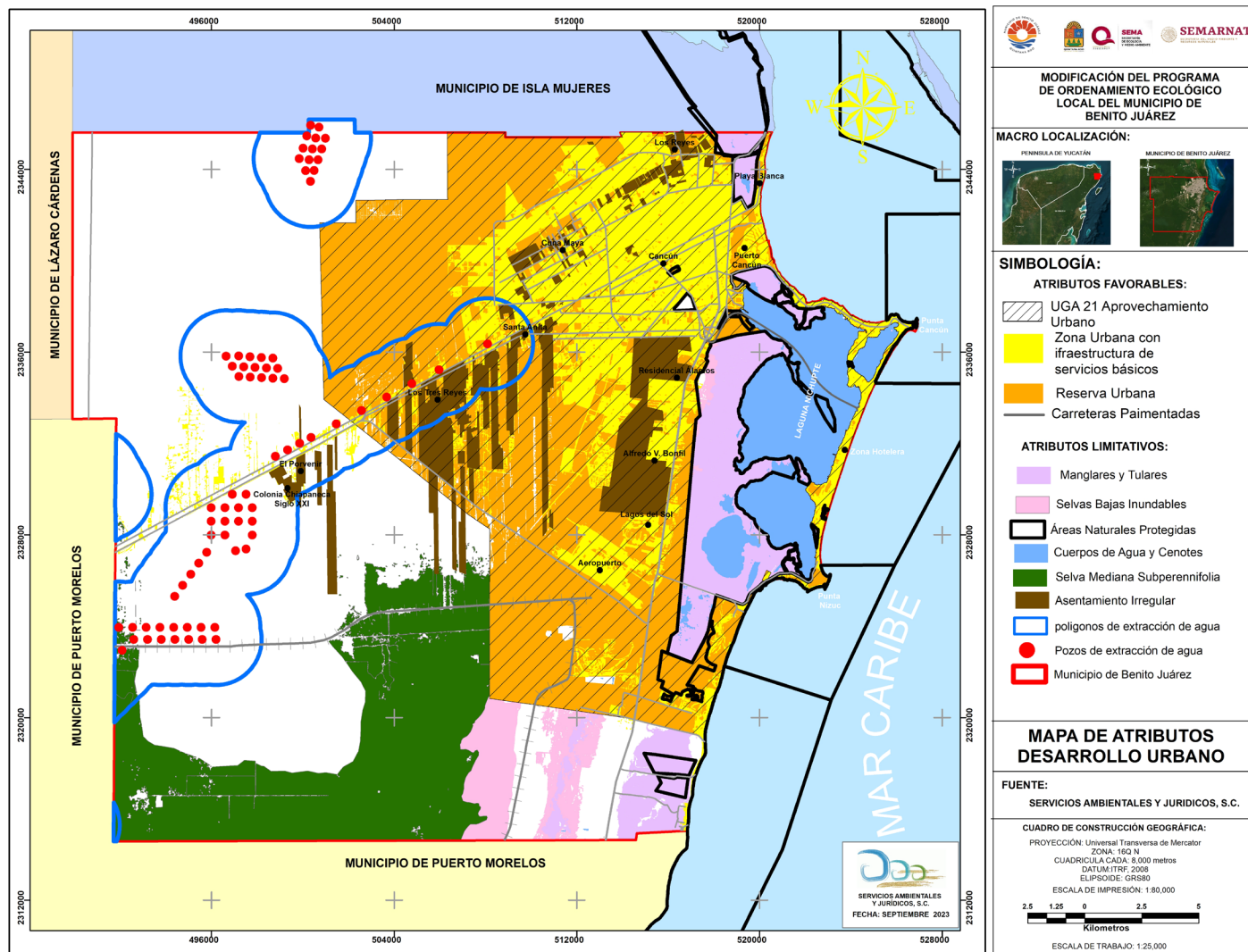


Imagen 13.- Mapa de atributos ambientales del Desarrollo urbano.

Tabla 16.- Atributos ambientales del Desarrollo rural y su ponderación.

SECTOR	ACTIVIDAD	ATRIBUTO AMBIENTAL	Calificación	Jerarquización	Ponderación
	DESARROLLO RURAL	Caminos y carreteras	5	2	0.50
		Vegetación secundaria arbustiva	3	1	0.50
		Cuerpos de agua y cenotes	-1	-1	-0.03
		Selva mediana subperennifolia	-1	-2	-0.06
		Polígonos cercanos a zonas de extracción de agua	-1	-3	-0.08
		Asentamientos irregulares	-3	-4	-0.11
		Selvas bajas inundables y de Riesgo	-3	-5	-0.14
		Manglares y tulares	-3	-6	-0.17
		Áreas Naturales Protegidas	-5	-7	-0.19
		Zona urbana	-5	-8	-0.22

Nota: + Atributos ambientales favorables, - Atributos ambientales limitantes

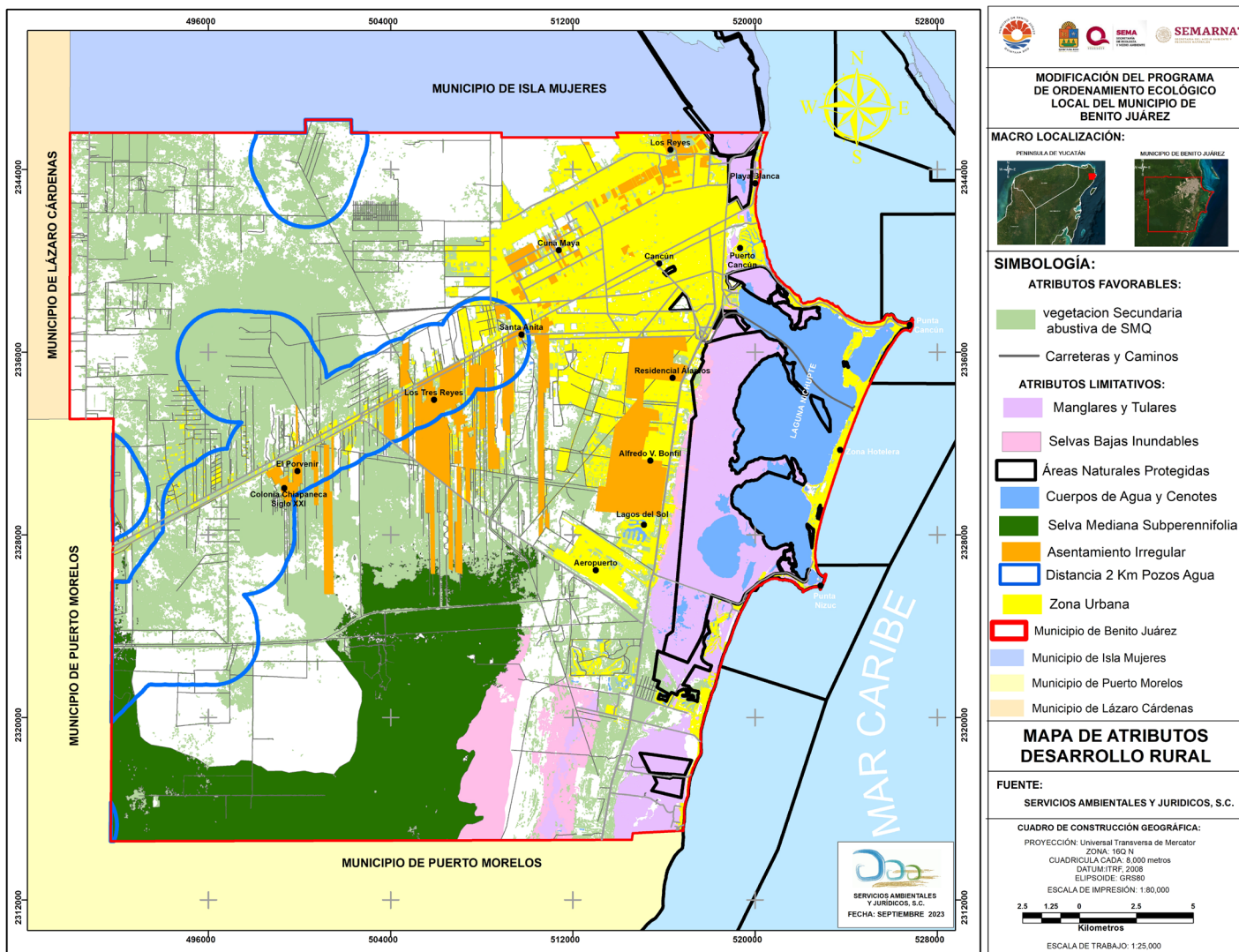


Imagen 14.- Mapa de atributos ambientales del Desarrollo rural.

Tabla 17.- Atributos ambientales de las actividades Agropecuarias y su ponderación.

SECTOR	ACTIVIDAD	ATRIBUTO AMBIENTAL	Calificación	Jerarquización	Ponderación
PRIVADO	AGROPECUARIO	Actividad agropecuaria actual	5	4	0.40
		Áreas con vegetación secundaria arbustiva	5	3	0.30
		Tipo de suelo (Leptosoles)	3	2	0.20
		Camino de acceso	3	1	0.10
		Polígonos cercanos a zonas de extracción de agua	-1	-1	-0.05
		Vegetación en buen estado de conservación	-3	-2	-0.10
		Asentamientos humanos	-5	-3	-0.14
		Selvas bajas inundables	-5	-4	-0.19
		Humedales costeros	-5	-5	-0.24
		Bancos de material pétreo	-5	-6	-0.29

Nota: + Atributos ambientales favorables, - Atributos ambientales limitantes

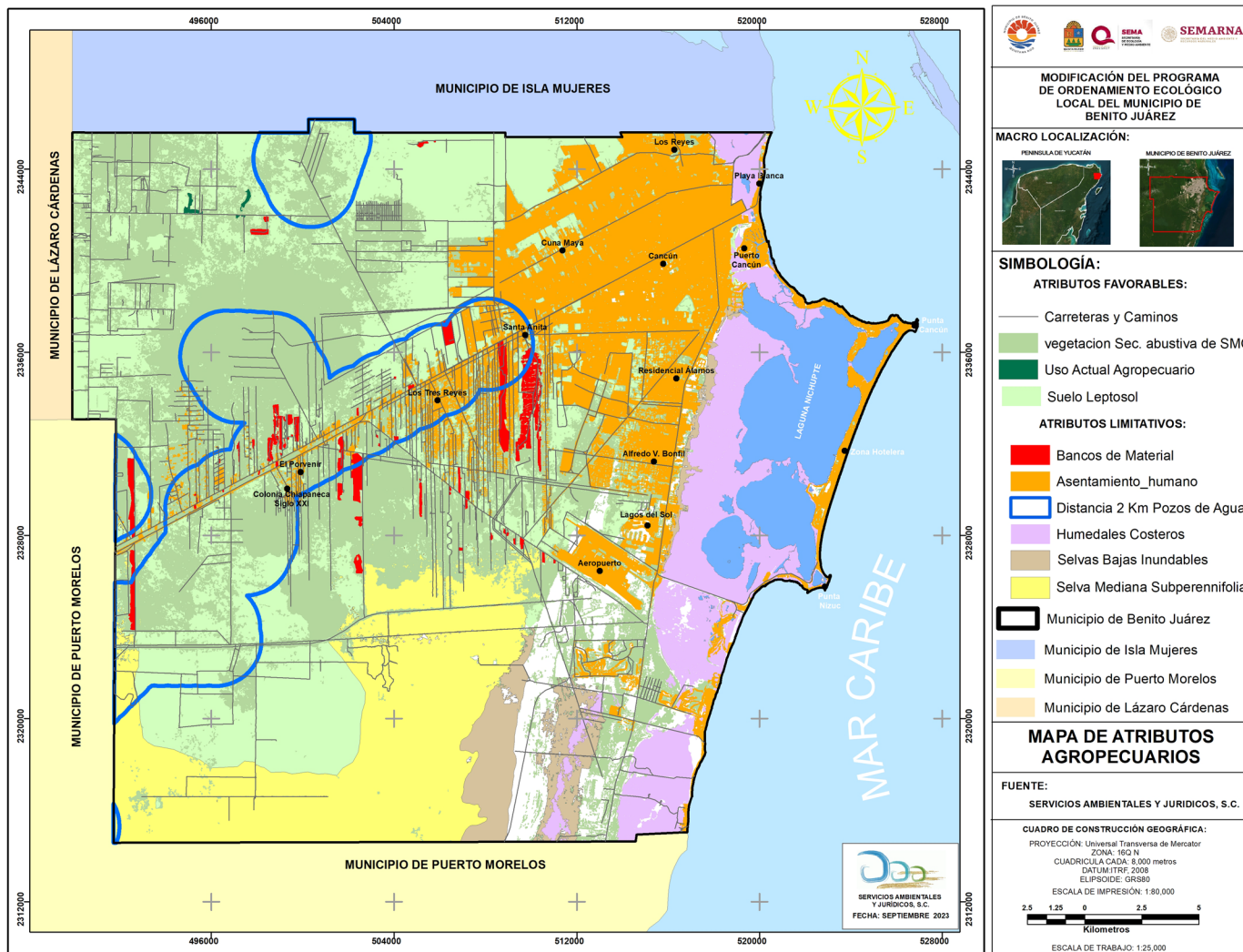


Imagen 15.- Mapa de atributos ambientales de las actividades Agropecuarias.

Tabla 18.- Atributos ambientales de las actividades Forestales y su ponderación.

SECTOR	ACTIVIDAD	ATRIBUTO AMBIENTAL	Calificación	Jerarquización	Ponderación
PRIVADO	FORESTAL	Selva mediana subperennifolia	5	3	0.50
		Áreas con vegetación secundaria arbustiva y arbórea	5	2	0.33
		Vías de comunicación	3	1	0.17
		Zonas incendiadas	-1	-1	-0.10
		Asentamientos humanos	-3	-2	-0.20
		Manglares y humedales costeros	-5	-3	-0.30
		Cuerpos de agua y cenotes	-5	-4	-0.40

Nota: + Atributos ambientales favorables, - Atributos ambientales limitantes

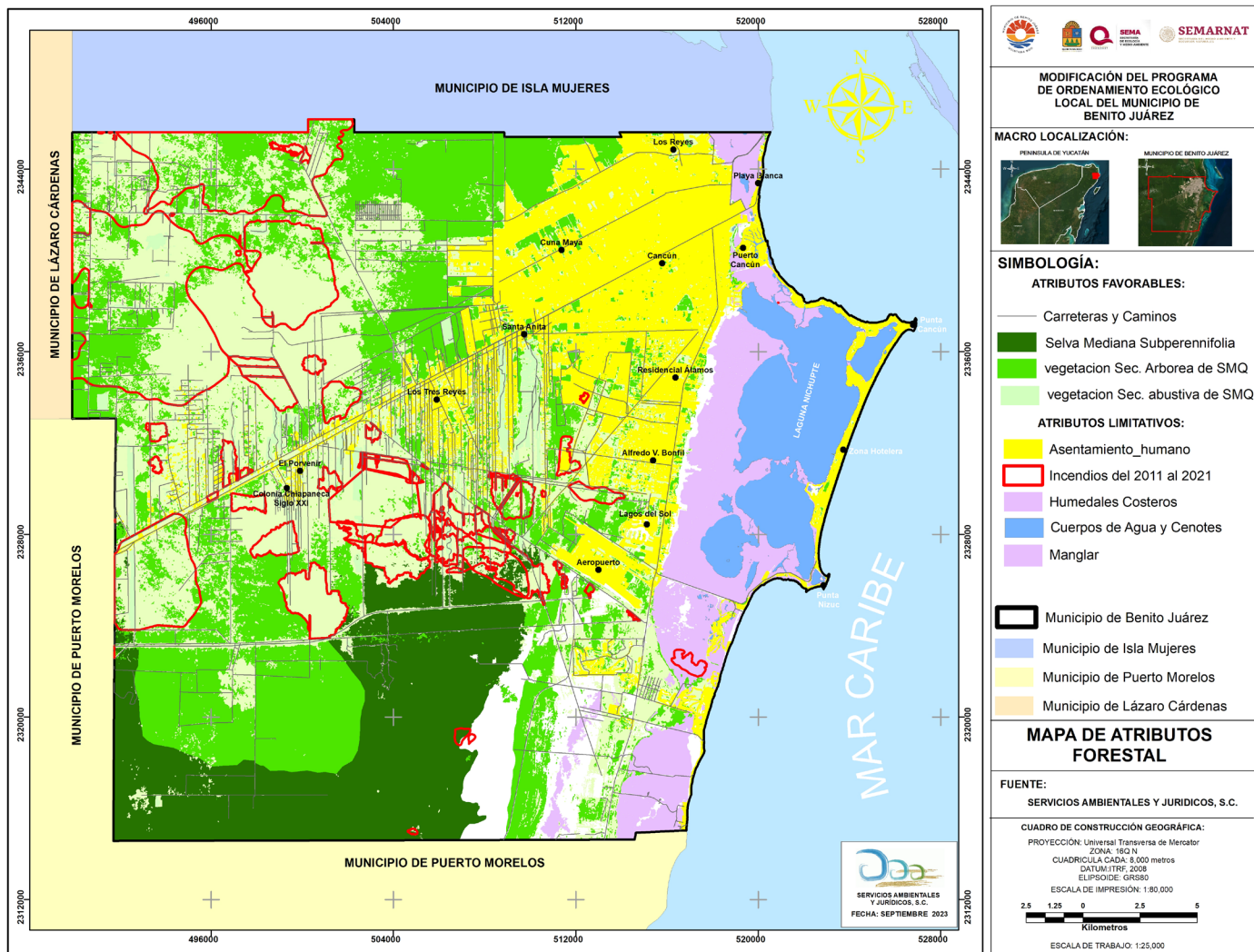


Imagen 16.- Mapa de atributos ambientales de las actividades Forestales.

Tabla 19.- Atributos ambientales del Sector Público y su ponderación.

SECTOR	ACTIVIDAD	ATRIBUTO AMBIENTAL	Calificación	Jerarquización	Ponderación
PUBLICO	PROGRAMAS DE GOBIERNO y OBRAS PUBLICAS DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO	Equipamiento urbano y rural (pozos y líneas de conducción de agua potable, tendidos eléctricos, vialidades principales, vías férreas, generadores de energía eléctrica, sitios de disposición final de residuos, entre otros).	5	6	0.29
		Áreas Naturales Protegidas decretadas y polígonos de extracción de agua	5	5	0.24
		Reservas de Crecimiento Urbano	5	4	0.19
		Asentamiento Humano	3	3	0.14
		Planes y Programas de Gobierno	3	2	0.10
		Vegetación en buen estado de conservación	3	1	0.04
		Zonas de Riesgo por inundaciones	-3	-1	-1.00

Nota: + Atributos ambientales favorables, - Atributos ambientales limitantes

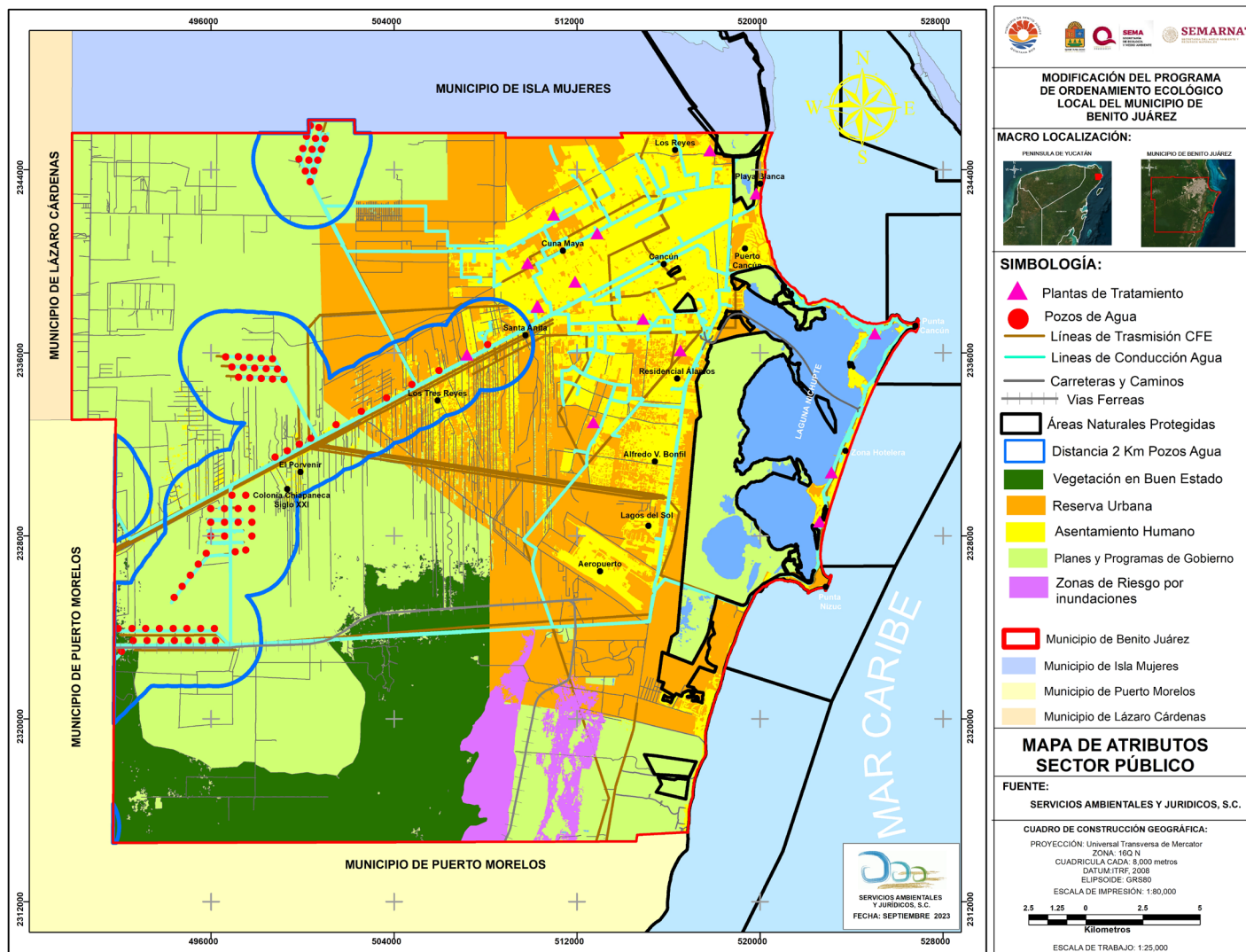


Imagen 17.- Mapa de atributos ambientales del Sector Publico.

Tabla 20.- Atributos ambientales de las actividades de Conservación y su ponderación.

SECTOR	ACTIVIDAD	ATRIBUTO AMBIENTAL	Calificación	Jerarquización	Ponderación
SOCIAL	CONSERVACIÓN	Áreas Naturales Protegidas	5	9	0.20
		Áreas de alta biodiversidad	5	8	0.18
		Manglares y humedales	5	7	0.16
		Cenotes, cuerpos de agua y ríos subterráneos	5	6	0.13
		Zonas de extracción de agua	3	5	0.11
		Ecosistema susceptible de investigación	3	4	0.09
		Zonas de Anidación de Tortugas Marinas	3	3	0.07
		Zonas arqueológicas	3	2	0.04
		Centros culturales (Presencia)	1	1	0.02
		Asentamientos humanos, bancos de material pétreo y caminos de acceso	-3	-1	1.00

Nota: + Atributos ambientales favorables, - Atributos ambientales limitantes

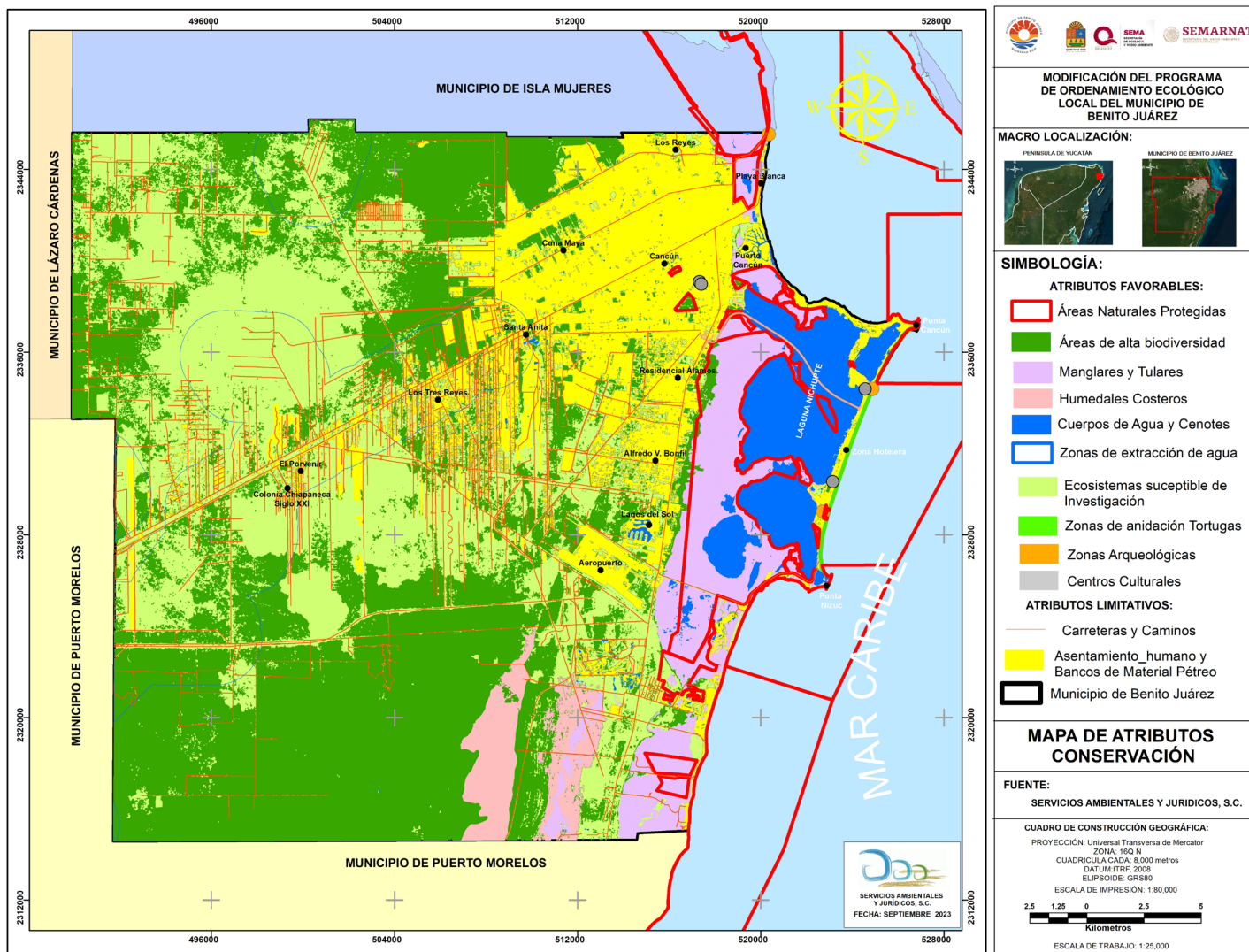


Imagen 18.- Mapa de atributos ambientales de las actividades de Conservación.

3.- CARACTERIZACIÓN

Objetivo General – La etapa de caracterización tiene por objeto describir el estado actual de los componentes natural, social y económico (sectorial) del área de estudio.

INTRODUCCIÓN:

Los estudios técnicos que se presentan en esta de Caracterización para la Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Benito Juárez, incluyen las descripciones del estado actual de los componentes natural, social y económico del nuevo territorio municipal, las condiciones y características predominantes en el sistema ambiental, así como las modificaciones que se han registrado en las Unidades de Gestión Ambiental del ordenamiento vigente. Esta primera etapa de caracterización se formula con la información del ordenamiento vigente y la proporcionada por las distintas dependencias, instituciones y organizaciones que integran el Comité para la Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio Benito Juárez.

En este proceso se recopila información empírica a través de la participación social corresponsable de los grupos y sectores involucrados, mediante mecanismos transparentes de acceso y difusión de los métodos utilizados y de los resultados obtenidos. El rigor metodológico para la obtención de la información ambiental, su análisis y la generación de resultados aplicables, se fundamenta en la instrumentación de un marco lógico y sistemático de análisis, así como en un proceso de toma de decisiones para abordar los problemas ambientales basado en la aplicación de criterios de evaluación para la priorización de los intereses sectoriales, los atributos ambientales y la aptitud del territorio en la solución de los conflictos ambientales.

Esta etapa de caracterización se presenta, entre otros requisitos, en información medible y en instrumentos cartográficos, habiéndose considerado para su formulación, las siguientes acciones: a) la representación cartográfica de los límites político-administrativos reconocidos por los representantes del comité ejecutivo, b) se identifican las actividades sectoriales, c) se representan las cuencas hidrológicas, los ecosistemas, las unidades naturales, los tipos de suelo y vegetación, las áreas naturales protegidas y las áreas de atención prioritaria; d) se identifican y describen los atributos ambientales que reflejan los intereses sectoriales dentro del territorio municipal a través de talleres participativos y se establecen criterios para identificar prioridades entre los atributos ambientales y los intereses sectoriales.

En esta etapa se realiza una actualización de los resultados de la caracterización que dieron sustento al programa de ordenamiento vigente, a través de una revisión exhaustiva de la información ambiental publicada en los últimos años, el análisis de los registros de aprovechamiento y ocupación del territorio municipal que aportan las dependencias gubernamentales, así como la información de fuentes secundarias que proporcionan las instituciones civiles y las organizaciones sociales con respecto a la evolución de las actividades productivas y el uso de los recursos naturales.

Para la identificación de los intereses sectoriales se realizaron dos talleres sectoriales y diversas reuniones de trabajo con las autoridades interesadas en la modificación de este ordenamiento y actores sociales clave. En cada taller se presenta un resumen de los resultados previos obtenidos de las fuentes secundarias relativas a cada sector y se recopilan las opiniones y perspectivas mediante la participación de los representantes sectoriales para identificar la problemática ambiental, los intereses sectoriales, los atributos ambientales y los recursos prioritarios. Para aclarar las inconsistencias entre la revisión documental y la apreciación de los representantes de los sectores, se realiza un trabajo de campo para la verificación física y el muestreo de variables ambientales clave, dando especial atención a las áreas identificadas con conflictos ambientales actuales.

3.1.- COMPONENTE NATURAL

La caracterización del componente natural tiene por objeto describir las estructuras y los procesos de relevancia ecológica para identificar aquellos recursos naturales y procesos ecológicos relevantes que requieran estrategias de preservación, protección y/o restauración. Así como para identificar las áreas de oportunidad para el crecimiento de los usos promisorios. Este tema se aborda mediante el enfoque de sistemas en el que se analizan tres niveles de organización jerárquicos: los cambios inducidos en las unidades de gestión ambiental, el estado actual del territorio municipal y las características y condiciones predominantes en el sistema ambiental. En este proceso se integra la información empírica recopilada mediante los talleres participativos, las reuniones de trabajo con grupos de expertos y entrevistas semi-estructuradas con usuarios de los recursos naturales. Esta información empírica, se contrasta con la información científica recopilada mediante revisiones bibliográficas de la literatura especializada que se ha publicado en años recientes.

3. 1.1- Sistema Ambiental

El Sistema Ambiental para la modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio Benito Juárez, Quintana Roo (**SA/POEL/BJ**), es el ámbito territorial de análisis donde se considera que se presentan los impactos ambientales acumulativos directos e indirectos que potencialmente generen las modificaciones que se propongan a este instrumento de planeación. Para su análisis, este sistema se concibe bajo el enfoque de sistemas complejos, en el que las relaciones de la sociedad con la naturaleza, se expresan a través de los componentes socioeconómico y biofísico, en donde se reconoce que las actividades humanas que utilizan los recursos naturales provocan alteraciones en las funciones de los ecosistemas y afectan los procesos ecológicos en su área de influencia.

Los criterios para la delimitación de este sistema ambiental se fundamentan en los alcances de las modificaciones del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Benito Juárez con respecto a los límites territoriales de los municipios colindantes, la evolución del desarrollo regional en los últimos años y las previsiones de crecimiento de las actividades prioritarias.

Por tratarse de un ordenamiento local, su aplicación se restringe a los límites del territorio municipal; sin embargo, dado que los atributos ambientales de las áreas colindantes, son determinantes de los usos potenciales de las áreas limítrofes y porque los intereses sectoriales de mayor relevancia, con frecuencia se establecen mediante interrelaciones con las poblaciones en desarrollo más cercanas, se decide incluir a todos los municipios colindantes como herramienta de análisis dentro del área de influencia.

3.1.1.1 Localización y Extensión

El Sistema Ambiental, se localiza en la costa Noreste de la península de Yucatán, forma parte de la Zona Norte de Quintana Roo, comprende los municipios: Benito Juárez, Isla Mujeres, Lázaro Cárdenas y Puerto Morelos, tiene una superficie total de 648,416 hectáreas y más de 350 km de costas.

3.1.1.2. Características Geológicas y Fisiográficas

El Sistema Ambiental, por sus características geológicas se define como una estructura relativamente joven, de origen sedimentario con formaciones rocosas sobre las cuales se han depositado arenas y estructuras de origen orgánico marino que han dado forma a una losa caliza consolidada con fracciones en proceso de consolidación.

Esta porción del norte de Quintana Roo queda comprendida dentro de la Provincia Fisiográfica Plataforma de Yucatán, por lo que presenta un relieve de planicies ligeramente onduladas, con numerosas cavidades de disolución, lo que favorece el drenaje subterráneo. En los bordes litorales se aprecian porciones rocosas, entre largas franjas arenosas y pequeños escarpes, así como extensas zonas de inundación con manglares, sabanas y lagunas costeras someras.

El potencial económico de estas formaciones geológicas radica en su capacidad para almacenar el agua subterránea en las rocas calcáreas, en formaciones cavernosas, grietas y conductos cársticos que conforman los estratos inferiores. Mientras que los materiales pétreos superficiales son útiles para la industria de la construcción. En la franja litoral la dinámica de sedimentación de partículas arenosas que por su color, textura y composición representan junto con las aguas transparentes del Mar Caribe, un atributo ambiental determinante del paisaje atractivo, que mantienen las expectativas de crecimiento de la actividad turística.

De acuerdo con las Cartas geológicas del INEGI F-1611 y F16-8 escala 1:250,000 las unidades litológicas superficiales en el norte de Quintana Roo están compuestas por rocas sedimentarias originadas desde el Terciario Superior (Ts) hasta el Cuaternario Lacustre y Litoral. En la imagen 19 se representa la distribución espacial de estas unidades geológicas en este sistema ambiental y a continuación se describen las unidades litológicas presentes agrupadas por el tipo de material que las conforma y ordenadas de la más antigua a la más reciente.

Roca sedimentaria Caliza del Terciario Superior: Ts (cz).- Esta unidad ocupa el 84.77% del sistema ambiental, se presenta como un extenso estrato, en la cual quedan incluidas las rocas calcáreas de la formación Carrillo Puerto, conformadas por calizas microcristalinas de diferente textura, que denotan su depósito en un ambiente de plataforma. Son rocas de colores café claro, blanco y rojizo que al alterarse producen arcillas rojas lateríticas como residuo de su disolución. El relieve en esta unidad está formado por lomas de baja altura entre depresiones que por lo general corresponden a las zonas de mayor disolución.

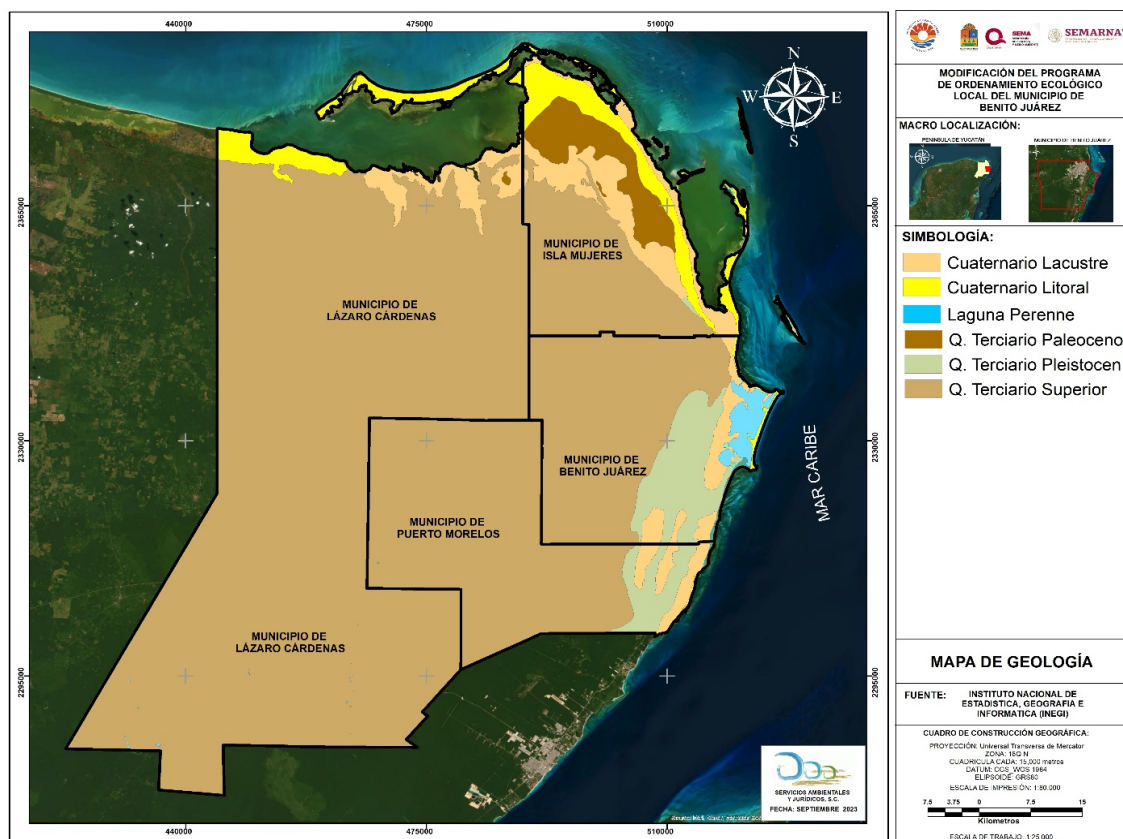


Imagen 19.- Características geológicas del Sistema Ambiental para la Modificación del POEL del Municipio Benito Juárez, Q. Roo.

Roca sedimentaria Caliza del Terciario Pleistoceno: Tpl (cz).- Esta unidad ocupa 4.02% del sistema ambiental, se presenta en forma de franjas cercanas al litoral, por lo que presenta gran cantidad de fragmentos de conchas, corales y esponjas. Estas rocas calizas están formadas por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto, denominado localmente como “sascab” que se encuentra cubierto por calizas laminares dispuestas en capas delgadas y medianas con un echado horizontal. Su ambiente de depósito es de plataforma de aguas poco profundas y su relieve es de lomeríos de poca elevación paralelos a la línea de costa.

Roca sedimentaria Caliza del Terciario Paleoceno: Tpa (cz).- Esta unidad ocupa 2.30% del sistema ambiental, se presenta en forma de calizas compactas micro a macrocristalinas de un color amarillo a blanco, dolomitizadas y silicificadas, no presenta fósiles.

Suelo Eólico: Q (eo).- Esta unidad presenta la menor ocupación en este sistema ambiental (0.13 %), se distribuye en el litoral, en forma de franjas delgadas, que corresponden a eolinitas pleistocénicas que forman cantiles en el Mar Caribe (Aguayo *et. al.* 1980). Se presenta en forma de montículos cementados de poca altura paralelos a la línea de costa,

se incluyen también los depósitos eólicos recientes sin cementar constituidos por arena mediana bien clasificada compuesta por fragmentos de moluscos, corales, algas coralinas y microfósiles de foraminíferos, esencialmente.

Suelo Lacustre: Q (Ia).- Esta unidad ocupa 4.02% del sistema ambiental, se presenta en forma de franjas paralelas al litoral, está formada por lodos calcáreos, arcillas y arenas acumuladas en lagunas someras que se comunican con el mar a través de canales de marea y se encuentran separadas por un cordón litoral. Por su relieve corresponde a planicies inundables.

Suelo Litoral: Q ((Li).- Esta unidad ocupa 3.86 % del sistema ambiental, está constituida por arena media, bien clasificada, formada por fragmentos de moluscos, esponjas corales, equinodermos, y microforaminíferos. Se aprecia como una franja angosta y plana con ligera inclinación.

La dinámica de sedimentación en las costas del norte de Quintana Roo, donde prevalecen procesos de erosión, transporte y depósito de materiales calcáreos que son afectados por las corrientes marinas permanentes, el oleaje, las mareas y los vientos dominantes, según Aguayo *et al* 1986, resultan en una acumulación diferencial en los siguientes ambientes costeros: el complejo arrecifal situado al sur de Isla Cancún, las playas de fuerte energía en mar abierto en la Isla Cancún, lagunas restringidas formadas por el proceso de tómbolos en el sistema lagunar Nichupté, así como en las megarrizaduras de fondo en la Bahía de Mujeres y en las dunas costeras distribuidas a lo largo del cordón litoral norte.

3.1.1.3. Distribución y Variación Climática

El sistema ambiental presenta un régimen climático del tipo cálido subhúmedo, con influencia de factores locales como son la constante brisa marina y la elevada humedad atmosférica, por su colindancia con las aguas del Mar Caribe y el Golfo de México, así como por la reducida elevación sobre el nivel del mar y la ausencia de prominencias orográficas, que pudieran detener las corrientes de aire húmedo.

El comportamiento de la precipitación y la temperatura a través del tiempo y su relación con otros elementos atmosféricos como la evaporación y la humedad relativa, son la base para la clasificación de los diversos tipos y subtipos climáticos que caracterizan esta región. Como se aprecia en la imagen 20, en el extremo norte ocupando aproximadamente 39.77% del sistema ambiental, desde Puerto Morelos hasta Chiquilá se manifiesta el subtipo climático cálido subhúmedo Aw0, que es el más seco de los cálidos subhúmedos, presenta un régimen de lluvias en verano y una precipitación media anual de 1012.87 mm.

Tiene una temperatura media anual de 26.6 °C, una variación de la temperatura media mensual entre el mes más frío y el mes más caliente menor a 5 °C, por lo que se considera isotermal.

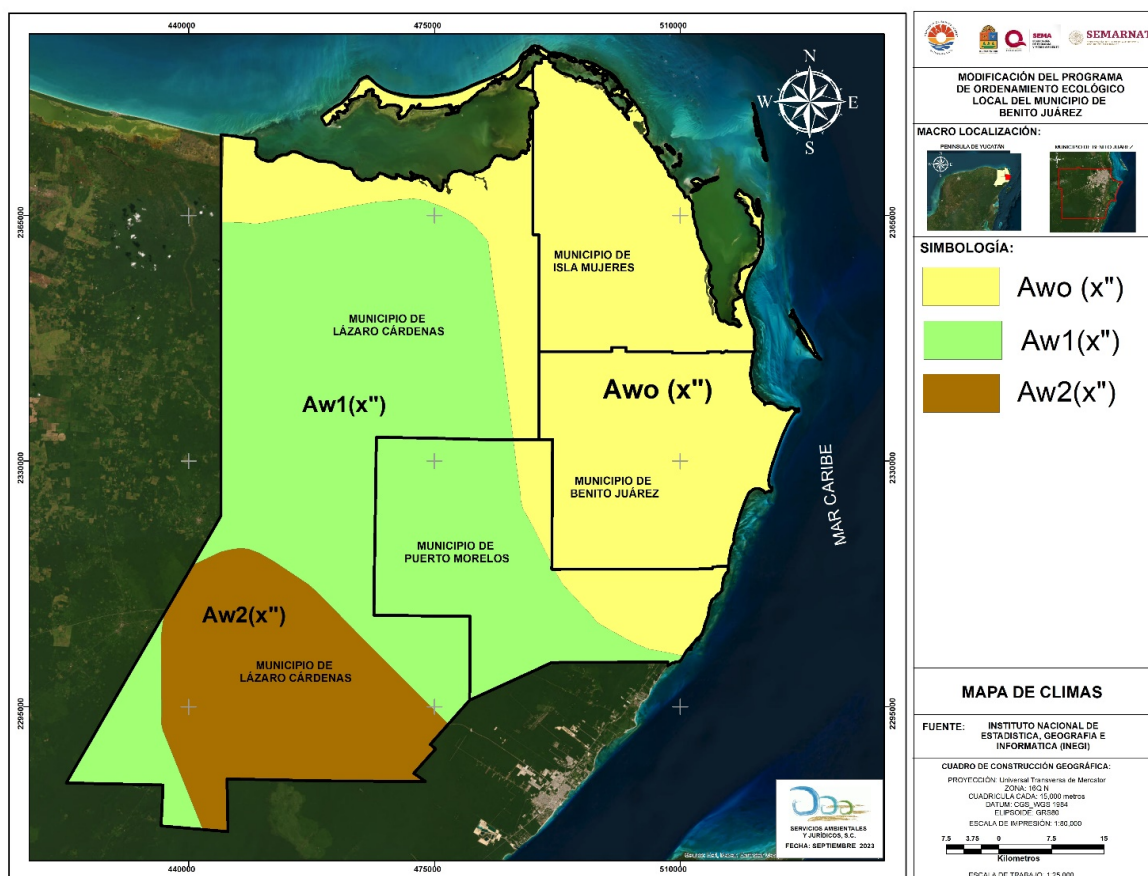


Imagen 20.- Subtipos climáticos que caracterizan el Sistema Ambiental para la Modificación del POEL del Municipio Benito Juárez, Q. Roo.

El subtipo climático Aw1 de humedad intermedia, ocupa la mayor extensión (44.65% del sistema ambiental), por su distribución espacial se aprecian como dos franjas separadas por el subtipo climático Aw2, que se prolongan por una gran parte de los municipios de Lázaro Cárdenas y Puerto Morelos (Imagen 11). El subtipo climático Aw1 manifiesta una temperatura media anual de 25.5 ° C, con diferencias en las temperaturas medias mensuales entre el mes más frío y el más cálido de 5° C a 7°C, que lo ubica como isotermal con poca variabilidad. Mientras que la precipitación media anual en estas franjas es de 1 224.7 mm.

El subtipo climático Aw2 el más húmedo de los subhúmedos y el que presenta menor ocupación (15.58 %) en este sistema ambiental, se aprecia como una lengüeta hacia el sur

de Lázaro Cárdenas. Presenta una temperatura media anual de 25.8 °C, es isotermal y con una precipitación media anual de 1 288.2 mm.

La época de lluvias comprende los meses de mayo a octubre con precipitaciones en forma de aguaceros, mientras que la temporada de sequía con lluvias ocasionales y aisladas se presenta de marzo a abril y los nortes con lloviznas de tipo pertinaz, que por lo general se presentan de noviembre a febrero. La evapotranspiración media anual es similar a la precipitación.

3.1.1.4. Hidrología Superficial

El sistema ambiental del POEL-BJ, se caracteriza por la carencia de corrientes superficiales de agua debido a la naturaleza cárstica del terreno y al relieve ligeramente plano que presenta alta permeabilidad. Al no existir flujos superficiales permanentes, la porción del agua pluvial que no se pierde por evapotranspiración, se infiltra al suelo, produciendo una saturación de las capas superficiales y por consiguiente su incorporación al acuífero subterráneo. Por las características de los suelos y la presencia de cobertura vegetal se considera que todos los sitios del sistema que carecen de capas impermeables y que reciben la lluvia, constituyen las zonas de recarga del acuífero.

De acuerdo con la clasificación de la CNA, la totalidad de este sistema ambiental pertenece a la Región Hidrológica 32, Yucatán norte y corresponde a una porción de la cuenca 32A Quintana Roo. En esta cuenca el escurrimiento superficial es mínimo y la infiltración es alta, los cuerpos de agua de mayor tamaño corresponden a lagunas costeras como la Nichupté, Conil y Chacmochuch; en la porción continental existen numerosos cenotes, aguadas y algunas lagunas pequeñas como Punta Laguna.

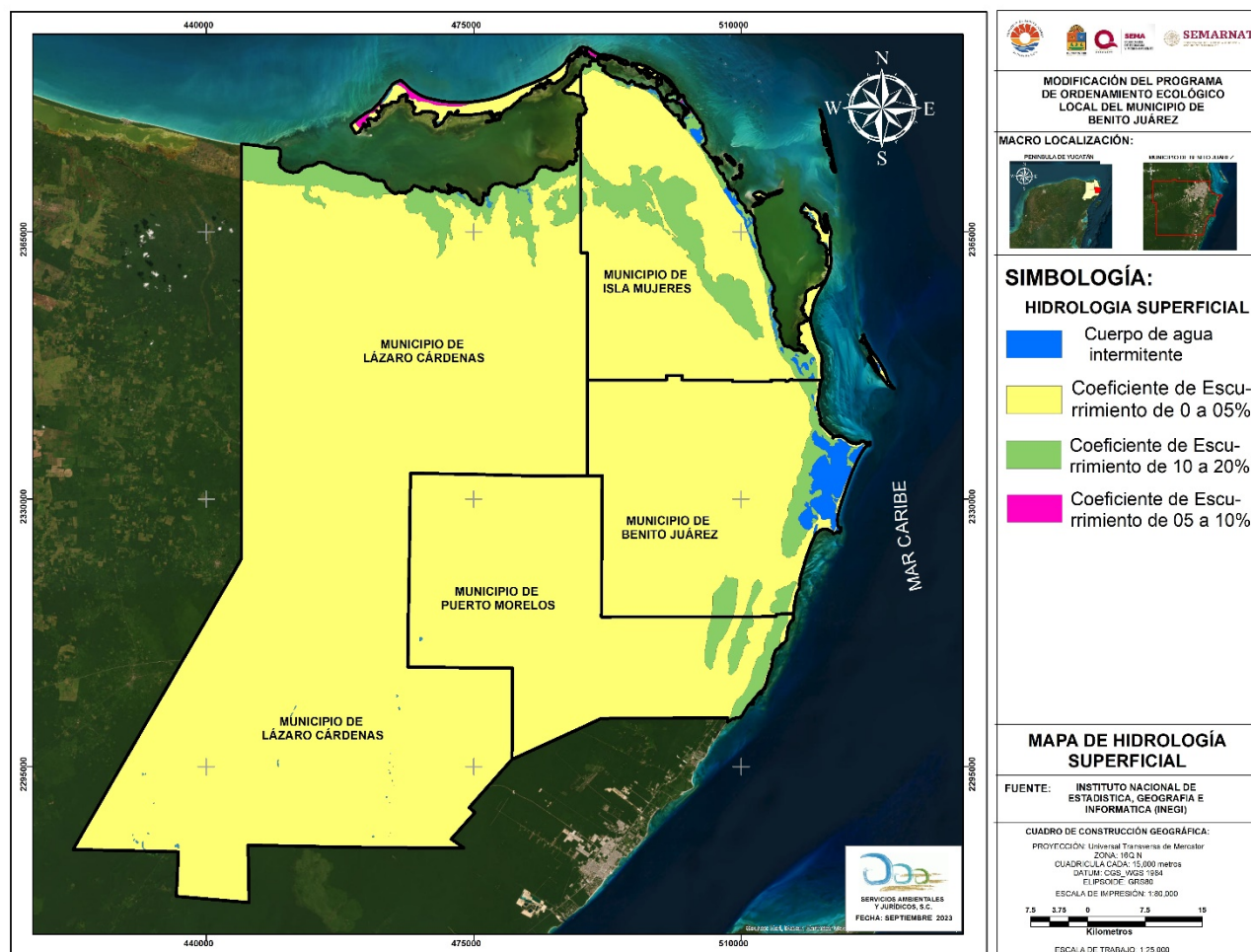


Imagen 21.- Coeficientes de escurrimiento que caracterizan el Sistema Ambiental para la Modificación del POEL del Municipio Benito Juárez, Q. Roo.

De acuerdo con la Carta hidrológica de aguas superficiales del INEGI, en el sistema ambiental del POEL-BJ se presentan tres condiciones de escurrimiento (imagen 12). El rango menor del 5%, se presenta en casi toda la porción continental, mientras que los coeficientes de escurrimiento más altos (10 a 20%) se presentan en porciones aisladas cercanas a la línea de costa. Estas unidades de escurrimiento son áreas donde el escurrimiento tiende a ser uniforme debido principalmente a sus características de permeabilidad, cubierta vegetal y precipitación media.

El coeficiente de escurrimiento es un indicador que representa el porcentaje del agua precipitada que se escurre o se acumula superficialmente. Como se aprecia en la tabla 21, casi el 92% de la superficie total del Sistema Ambiental del POEL-BJ, presenta un coeficiente de escurrimiento de 0 a 5 %, poco más del 6% de este sistema presenta

coeficientes de escurrimiento de 10 a 20 % y apenas 0.1% presenta coeficientes de escurrimiento de 5 a 10 %; mientras que los cuerpos de agua en conjunto ocupan 1.5% de este sistema ambiental.

Tabla 21. Condiciones de hidrología superficial que caracterizan el Sistema Ambiental para la Modificación del POEL-BJ.

Condiciones de hidrología superficial	Hectáreas	%
Coeficiente de escurrimiento de 0 a 05%	594,320.183	91.66
Coeficiente de escurrimiento de 10 a 20%	43,259.059	6.67
Cuerpo de agua intermitente	5,718.825	0.88
Cuerpo de agua perenne	4,277.444	0.66
Coeficiente de escurrimiento de 05 a 10%	840.808	0.13
Total general	648,416.320	100.00

Fuente: INEGI Base de datos alfanuméricos. Carta hidrológica de aguas superficiales.
Escala 1:250000

3.1.1.5. Hidrología Subterránea

El modelo conceptual que permite explicar el flujo del agua subterránea se representa de manera esquemática en la imagen 22. Por las diferencias altitudinales y las características cársticas del sustrato, se considera que el agua subterránea se mueve de las zonas de mayor precipitación hacia la costa. En los estratos consolidados la porosidad primaria puede alcanzar valores hasta del 10%, siendo el principal almacenamiento del agua en el karst y las fracturas el principal conducto para su desplazamiento. En función de las diferencias estructurales de los estratos inferiores al nivel freático, éstos se clasifican como: de cavernas, de fracturas y de matriz; y de acuerdo a su comportamiento hidráulico funcionan según los tres tipos de medios siguientes: medio de almacenamiento, que corresponde a la matriz porosa; medio de transporte constituido por fracturas, que se comparan a los pasajes a través de los cuales se establece la circulación del agua subterránea y como medio de control, el cual conecta cavernas desarrolladas total o parcialmente a través de la roca cárstica dando lugar a una superficie freática estable.

El acuífero en el sistema ambiental del POEL-BJ, es de tipo costero, se encuentra en rocas calizas y depósitos de litoral con permeabilidad alta en material consolidado con posibilidades de aprovechamiento altas en la mayor parte. Corresponde a una cuenca hidrológica abierta y forma parte de un acuífero cárstico de tipo libre, en donde los niveles

del manto freático varían algunos centímetros entre las épocas de lluvias y secas y presenta niveles estáticos de casi 5 m en una franja de 15 km de ancho paralela a la costa.

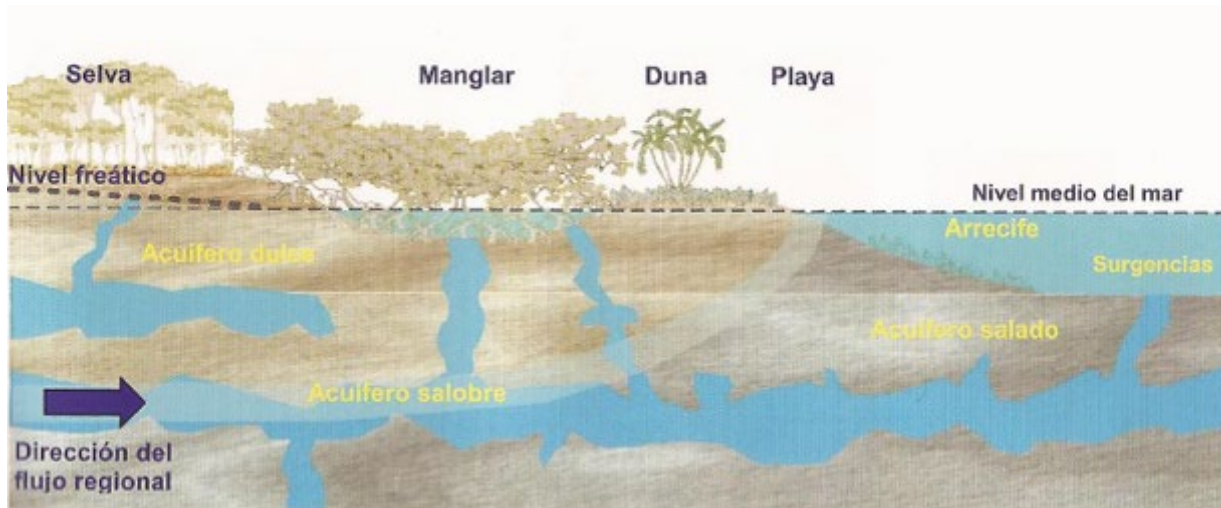


Imagen 22.- Representación esquemática el flujo subterráneo del agua que caracteriza la zona costera del norte de Quintana Roo.

Fuente: Juárez *et al*, 2006.

Las particularidades de este sistema hidrológico costero hacen que los acuíferos sean vulnerables a la contaminación por la presencia de asentamientos irregulares sin servicios públicos, las descargas de aguas residuales y la existencia de pozos pluviales en zonas urbanas. Asimismo, existe el riesgo de intrusión de la cuña de agua salada por efecto del bombeo para la extracción de agua que se incrementa conforme se aproxima a la línea de costa. En esta zona de explotación del agua el uso predominante es para el consumo humano, que busca satisfacer las necesidades de agua potable y domésticas en los centros de población de mayor tamaño como: Cancún, Isla Mujeres y en numerosos asentamientos humanos de menor tamaño como Puerto Morelos, Kantunilkin, Leona Vicario y Holbox entre muchos otros. De acuerdo con los reportes de las estadísticas del agua en México en la Región Península de Yucatán el uso público urbano per cápita es de poco más de 100 metros cúbicos por habitante por año CNA (2007, 2008).

De acuerdo con el mapa de hidrología subterránea en el SAM/POEL/BJ, por su potencial aprovechamiento en este acuífero se presentan cuatro tipos de unidades en función de las características físicas e hidrológicas de sus materiales:

1.- Material consolidado con posibilidades altas.- Se encuentra distribuido en toda el área, ocupa casi 86% de este sistema ambiental y está representado en color verde

(imagen 14), está constituido por calizas de textura variable en estratos intercalados y cruzados, en posición casi siempre horizontal, con fracturamiento moderado, presenta cavernas formadas por disolución, por lo que presenta una permeabilidad alta. Es un acuífero libre con recarga pluvial y subterránea, la calidad del agua extraída es aceptable para el consumo humano.

2.- Material no consolidado con posibilidades bajas.- Se encuentra distribuida en franjas cercanas a la línea de costa, corresponde a zonas de inundación, palustres y litorales, está compuesta por arcillas, limos y arena con gran contenido de materia orgánica y lodo calcáreo. Su espesor es reducido por lo que no conforma acuíferos, aunque se encuentran sobre rocas calcáreas que forman parte del acuífero libre.

3.- Material consolidado con posibilidades medias.- Se localiza en la porción norte de este sistema ambiental, está formada por calizas en estratos masivos a delgados con abundantes fósiles, fracturamiento escaso y con cavernas de disolución, su permeabilidad es alta. Por su estructura y cercanía al mar corresponde a zonas de inundación con intrusión de agua salada, por lo que se infiere limitaciones al acuífero.

4.-Material consolidado con posibilidades bajas.- Se distribuye en las Islas de Contoy e Isla Mujeres, está formado por calizas recientes de textura cristalina y microcristalina con abundantes fósiles. Por encontrarse rodeadas del agua marina no son aptas para el desarrollo de acuíferos.

Tabla 22. Características y condiciones del acuífero en el Sistema Ambiental para la Modificación del POEL- del Municipio Benito Juárez, Q. Roo.

CARACTERISTICAS Y CONDICIONES	Hectáreas	%
Material consolidado con posibilidades altas	553,877.76	85.42
Material no consolidado con posibilidades bajas	63,568.64	9.80
Material consolidado con posibilidades medias	22,206.47	3.42
Material consolidado con posibilidades bajas	511.52	0.08
Cuerpo de agua perenne	8,251.93	1.27
Total general	648,416.32	100.00

Fuente: INEGI Base de datos alfanuméricos. Carta hidrológica de aguas subterráneas.
Escala 1:250000

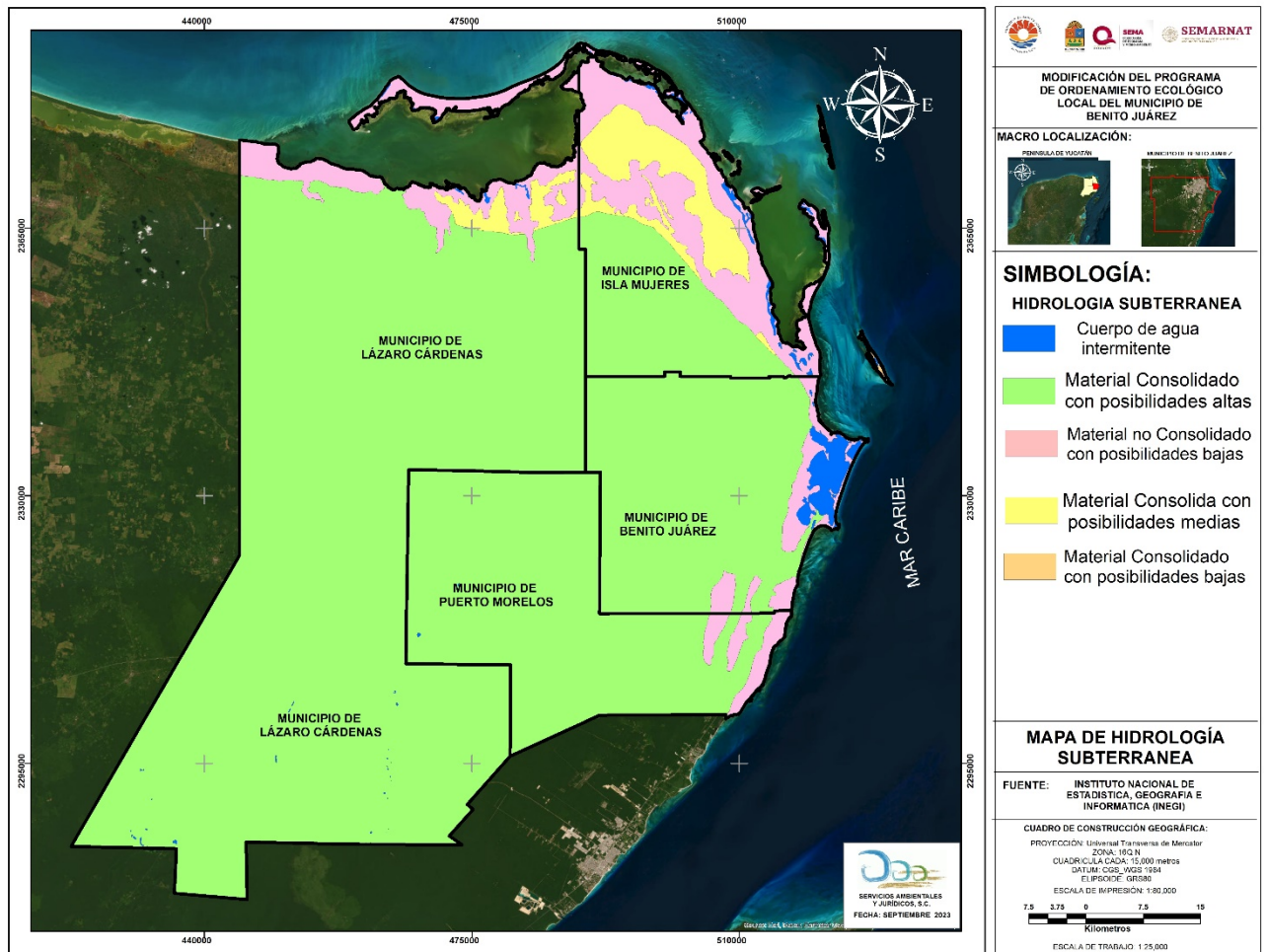


Imagen 23.- Distribución espacial de las principales características y condiciones del acuífero subterráneo en el Sistema Ambiental para la Modificación del POEL del Municipio Benito Juárez, Q. Roo.

3.1.1.6. Tipos de Suelo dominantes

La caracterización de los suelos del SAM/POEL/BJ, se realiza con base en la distribución espacial de las unidades dominantes representadas en el Mapa edafológico del INEGI, escala 1:250,000. Mientras que la descripción de las características principales de las unidades similares se realiza de acuerdo con el esquema de clasificación denominado Base referencial mundial del recurso suelo (WRB, por sus siglas en inglés, 2006) y éstas se describen según lo indica la Guía para la interpretación de la cartografía: Edafología, Escala 1: 250 000. Serie III.

Tabla 23. Superficie y cobertura por ecosistema y uso dominante en el SA/POEL/BJ.

Suelos dominantes	Hectáreas	%
Leptosol	520,863.94	81.9
Solonchak	36,241.94	5.7
Luvisol	30,137.64	4.7
Gleysol	27,534.36	4.3
Arenosol	8,819.42	1.4
Cambisol	7,468.69	1.2
Phaeozem	5,267.11	0.8
	648,416.32	100.0

Fuente: Mapa edafológico Serie III.

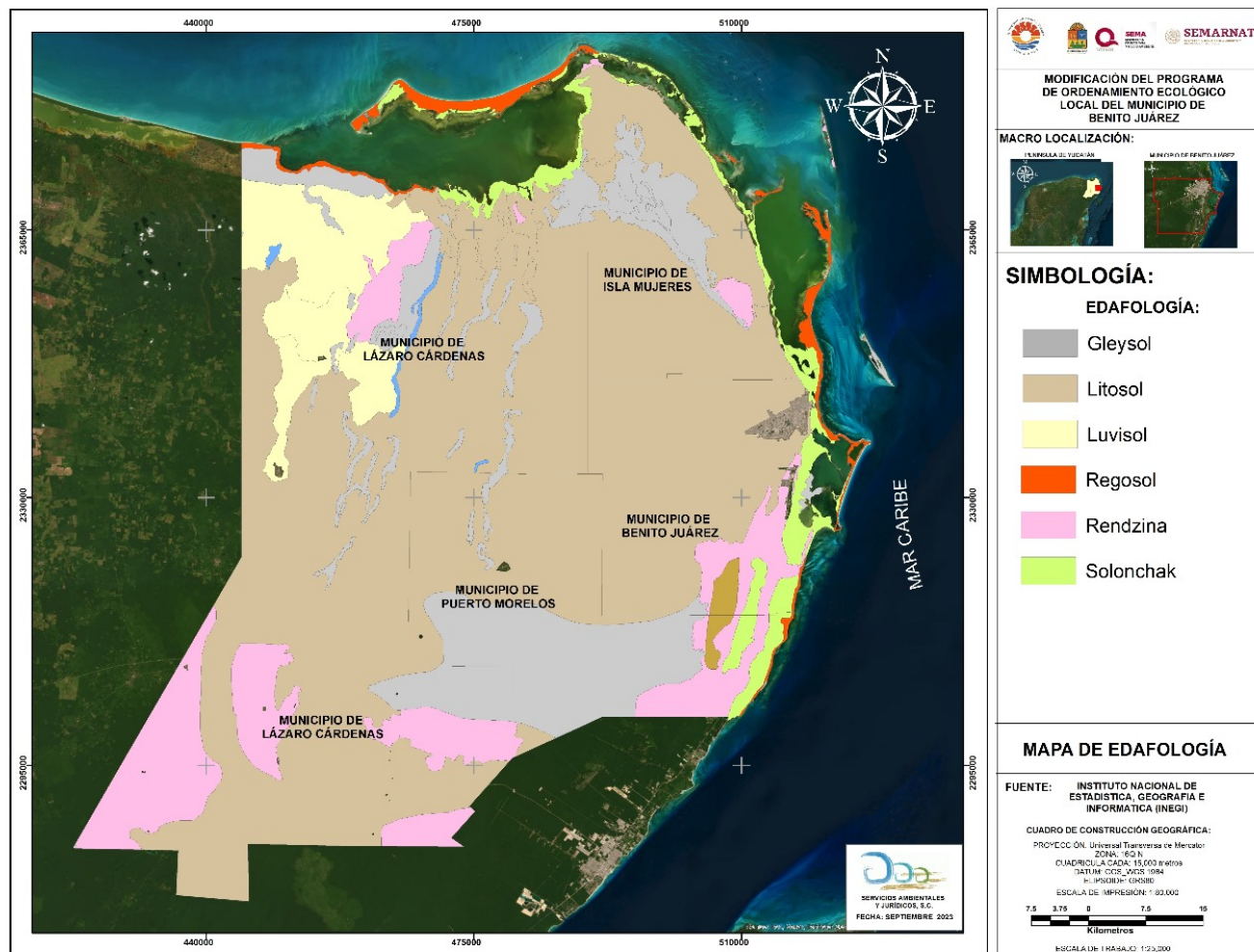


Imagen 24.- Tipos de suelo dominantes en el Sistema Ambiental para la Modificación del POEL del Municipio Benito Juárez, Q. Roo.

A continuación, se describen los tipos de suelo dominantes de acuerdo con la Base referencial mundial del recurso suelo (WRB), y se resaltan las principales características de los suelos dominantes que se encuentran presentes en el SA/POEL/BJ y que corresponden a asociaciones de los siguientes tipos de suelo: Leptosol, Solonchak, Luvisol, Gleysol, Arenosol, Cambisol y Phaeozem.

Leptosol (LP).- Del gr. leptos: delgado; connotativo de suelos poco profundos, poco desarrollados. Nombres equivalentes: Litosol y Rendzina (FAO), Tzek'el y Pus-Lu'um (Maya). Estos tipos de suelos son los más extensos en este sistema ambiental, ocupan casi el 82 % de esta área. Son suelos originados por la acumulación de materia orgánica y humus sobre la superficie mineral y por la mínima solución y meteorización de las rocas calcáreas subyacentes. Su modo de formación es *in situ*. Son suelos jóvenes y presentan un color negro a café oscuro con menos de 20 cm de espesor, que yacen sobre rocas calcáreas que afloran frecuentemente. Presentan un pH ligeramente alcalino y composición humífera. Su drenaje interno y superficial es eficiente. Debido a esta textura, se favorece el almacenamiento de elementos nutritivos en su delgado perfil. Son suelos muy ricos en materia orgánica. En estos suelos se desarrolla fundamentalmente la selva mediana subperenifolia. Actualmente representan suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas. Son muy susceptibles a la erosión.

Solonchaks (SC).- Del ruso sol, sal y chak; connotativo de área salina. Nombres equivalentes: suelos salinos; Salorthids (USDA). Son suelos coluviales derivados de materiales acarreados que son depositados en los bajos, generalmente a manera de manchones distribuidos entre los litosoles y en las zonas de pantanos en donde hay depositación de materia orgánica logrando una concentración muy rica, se inundan durante los meses de junio a noviembre. Su color representativo es el negro parduzco en los horizontes superficiales, y con una gama de gris a gris olivo en los inferiores, estos tipos de suelos presentan un drenaje interno y superficial lento. Se caracterizan por presentar un alto contenido de sales en algunos horizontes, o en toda su superficie; son poco susceptibles a la erosión, no presentan carbonatos y tienen un pH ligeramente ácido. Este tipo de suelos se encuentra en la zona costera y ocupan 5.7 % del área total del sistema ambiental. En estos suelos se desarrollan los manglares.

Luvisol (L V).- Del lat luere, lavar, "lessivef; connotativo de acumulación de arcilla. Nombres equivalentes: Suelos podzólicos de color café grisáceo; Alfisoles (USDA); Suelos color canela (URSS), K'ankab (Maya). Este tipo de suelos se caracteriza por tener un horizonte arcilloso que hace evidente un proceso continuo de lavado de bases. Tienen un

horizonte B, se encuentran en las estribaciones de las colinas de baja altura y zonas planas en pequeños valles cerrados o semicerrados. Se originan del fango marino, con impurezas de cenizas volcánicas, originalmente presente sobre la dura corteza calcárea en la época de emersión y por procesos de acumulación, deposición y enriquecimiento, causados por la erosión y lavado de los suelos de las partes altas circundantes. Estos suelos se concentran en la porción noroeste del municipio Lázaro Cárdenas y ocupa 4.7 % del sistema ambiental. En estos suelos se desarrollan las selvas medianas y bajas. Estos suelos rojos, grises o pardos claros, son susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de arcilla y los situados en pendientes fuertes.

Gleysol (GL).- De la palabra local rusa gley: masa de suelo pastosa, pantanoso, connotativo de un exceso de agua. Nombres equivalentes: Aquepts (USDA), suelos de pradera (URSS), Ak'alche (Maya). Son suelos minerales húmedos característicos de las depresiones de las regiones con climas húmedos. Son pantanosos o inundados a menos de 50 cm de profundidad la mayor parte del año, debido al ambiente reductivo, los horizontes superficiales desarrollan coloraciones grises, azulosas o verdosas y formaciones de hierro de color café rojizo alrededor de las raíces. Se forman a partir de materiales no consolidados, con exclusión de los materiales de textura gruesa (excepto si hay presencia de un horizonte H (hístico) y de los depósitos aluviales que presentan propiedades flúvicas; muestran moteados, propiedades gléicas y efectos de la reducción dentro de los primeros 50 cm de profundidad. Estos suelos ocupan 4.3 % del sistema ambiental y se representan en el mapa edafológico de color gris, se encuentran distribuidos principalmente en las partes bajas de las planicies, en depresiones o bajos con pendientes menores al 1%. Estos suelos se localizan con vegetación de Tular, Selvas bajas inundables, Sabanas, Tasistales y Tintales.

Arenosol (AR). – Suelos con más del 85% de arena. Incluyen arenas depositadas en dunas o playas y también arenas residuales formadas por meteorización de sedimentos o rocas ricas en cuarzo. No tienen buenas propiedades de almacenamiento de agua y nutrientes, pero ofrecen facilidad de labranza y enraizamiento. Los Arenosoles más susceptibles a la degradación por cambio de uso son los de clima húmedo. En los trópicos húmedos están químicamente agotados y son altamente sensibles a la erosión. Los Arenosols comprenden suelos arenosos profundos. En estos suelos se incluyen los suelos de arenas recientemente depositadas tales como dunas de playas y suelos de arenas residuales que ocupan 1.4 % del sistema ambiental. La característica que todos los Arenosols tienen en común es su textura gruesa, que explica su generalmente alta permeabilidad y baja capacidad de retención de agua y almacenamiento de nutrientes. Los Arenosol en los trópicos húmedos es mejor dejarlos bajo su vegetación natural,

particularmente aquellos Arenosol profundamente meteorizados, que contienen material albico. Como los elementos nutrientes están todos concentrados en la biomasa y en la materia orgánica del suelo, el desmonte de la tierra inevitablemente producirá un mal terreno infértil sin valor ecológico o económico.

Cambisol (CM).- Son suelos jóvenes con algún cambio apreciable en el contenido de arcilla o color entre sus capas u horizontes. Tienen en el subsuelo una capa más parecida a suelo que a roca y con acumulaciones moderadas de calcio, hierro, manganeso y arcilla. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión. Por lo general, estos suelos son buenos con fines agrícolas y son usados intensamente. Los Cambisol combinan suelos con formación al menos de un horizonte subsuperficial incipiente. La transformación del material parental es evidente por la formación de estructura y coloración principalmente parduzca, el aumento de porcentaje de arcilla, y/o remoción de carbonatos. Son suelos con al menos la formación de un horizonte incipiente de diferenciación en el subsuelo, evidente por cambios en la estructura, color, contenido de arcilla o contenido de carbonato; del latín *cambiare*, cambiar. Material parental: Materiales de textura media y fina derivados de una amplia gama de rocas. Medio ambiente: De terrenos llanos a montañosos en todos los climas; amplia gama de tipos de vegetación. Los Cambisol en los trópicos húmedos son típicamente pobres en nutrientes, pero son todavía más ricos que los Acrisols o Ferralsols asociados, y tienen una mayor CIC. Estos suelos ocupan 1.2% del sistema ambiental.

Phaeozem (PH).- Suelos de clima semiseco y subhúmedo, de color superficial pardo a negro, fértiles en magnesio, potasio y sin carbonatos en el subsuelo. El relieve donde se desarrollan estos suelos es generalmente plano o ligeramente ondulado. Este grupo integra suelos de praderas relativamente húmedos y regiones de bosque en climas moderadamente continentales. Los Phaeozems son muy parecidos a los Chernozems y Kastanozems pero están lixiviados de manera más intensa. En consecuencia, tienen un horizonte superficial oscuro, rico en humus que, en comparación con los Chernozems y Kastanozems, es menos rico en bases. Los Phaeozems están libres de carbonatos secundarios o los tienen sólo a mayores profundidades. Todos ellos tienen una alta saturación de bases en el metro superior del suelo. Son suelos oscuros, ricos en materia orgánica, del griego *phaios*, oscuro, y el ruso *zemlya*, tierra. Los Phaeozems son suelos porosos, fértiles y excelentes tierras de cultivo. La erosión del viento y del agua son peligros graves. Estos suelos ocupan 0.8 % del sistema ambiental.

3.1.1.7. Vegetación y Uso del Suelo

Los tipos de vegetación que se reportan para el SAM/POEL/BJ, de acuerdo con la Carta de Vegetación y Uso del Suelo, Serie VII del INEGI corresponden con las características de las selvas medianas subperennifolia y subcaducifolia, las selvas bajas subperennifolia, subcaducifolia y caducifolia, los tulares, los manglares y otros tipos de vegetación costera con menor extensión como los petenes, los pastizales halófilos y la vegetación de dunas costeras.

Las selvas medianas y bajas son comunidades vegetales dominadas por árboles, plantas leñosas con tronco definido, que se desarrollan sobre suelos jóvenes, someros y ricos en materia orgánica, con pedregosidad y rocosidad aflorante, por lo que se agrupan para formar el ecosistema de Selva. Este ecosistema selvático es el más extenso, ya que ocupa 531,289.31 hectáreas que equivale al 81.9 % de la superficie total del sistema ambiental. Los manglares y los tulares son comunidades vegetales que se desarrollan en suelos planos, inundados o sujetos a inundación temporal, por lo que se agrupan en el ecosistema de Humedales. Este ecosistema ocupa 56,042.57 hectáreas que equivale al 8.6 % del sistema ambiental. La vegetación de duna costera se desarrolla en el litoral sobre sustratos arenosos, se presenta en forma de franjas delgadas paralelas a la línea de costa, y junto con los pastizales halófitos y los petenes se incluyen como Vegetación costera que ocupa en total 3,904.25 hectáreas (0.6 % de este sistema).

Tabla 24. Superficie y cobertura por ecosistema y uso dominante en el SA/POEL/BJ.

ECOSISTEMAS Y USOS	Hectáreas	%
Selvas	531,289.31	81.9
Humedales	56,042.57	8.6
Vegetación costera	3,904.25	0.6
Agroecosistemas	20,872.74	3.2
Sin vegetación aparente	36,307.45	5.6
Total	648,416.32	100.0

FUENTE: INEGI 2023. Carta de vegetación y uso del suelo, Serie VII.

En el sistema ambiental del POEL-BJ, se identifican áreas sin vegetación aparente que representan fragmentos de ecosistemas que permanecen actualmente desprovistas de vegetación como: los asentamientos humanos, zonas urbanas y comunidades rurales, las carreteras y caminos, las playas, los cuerpos de agua y otras áreas sin vegetación

aparente. Estas áreas sin cobertura vegetal ocupan en total 36,307.45 hectáreas que representa 5.6% de la superficie total de este sistema ambiental. Mientras que los pastizales cultivados y las áreas con agricultura de temporal y de riego se agrupan como Agroecosistemas; las cuales ocupan 20,872.74 hectáreas, es decir el 3.2 % de la superficie de este sistema ambiental (Tabla 24).

Estructura y composición de los tipos y condiciones de la vegetación.

Selva Mediana Subperennifolia

La selva mediana subperennifolia es el tipo de vegetación más extenso en este sistema ambiental ya que ocupa una superficie de 479,841.15 hectáreas que representa el 74.0 % del sistema ambiental. Este tipo de vegetación se desarrolla sobre suelos tipo litosol y luvisol. Esta vegetación presenta una amplia distribución formando extensos macizos con distintos estados de desarrollo y conservación que colindan con los otros tipos de vegetación. En la selva mediana subperennifolia predominan los rodales con vegetación primaria (31.7 % del sistema ambiental) seguido por la vegetación secundaria arbórea (23.8%), en menor proporción se presentan parches con vegetación secundaria arbustiva (18.5%). En el sotobosque de esta comunidad son comunes las especies de palmas, trepadoras y epifitas. Este tipo de vegetación ha sido severamente afectado y de manera recurrente por huracanes, incendios forestales y actividades antropogénicas.

Según Miranda y Hernández X. (1963); en la selva mediana subperennifolia entre el 25 % y el 50 % de los árboles dominantes pierden sus hojas durante la época de sequía. Según la clasificación de alturas de INEGI, la selva mediana presenta una altura de más de 15 m y menor que 30 m. En este tipo de selva se distinguen tres estratos arbóreos de 4 a 12 m, de 12 a 20 m y de 22 a 25 m de altura total.

En condiciones de una vegetación madura, entre las especies dominantes del dosel destacan el chicozapote (*Manilkara zapota*), ramón (*Brosimum alicastrum*), huaya (*Talisia olivaeformis*), zapotillo (*Pouteria reticulata*) y yaité (*Gymnanthes lucida*). Mientras que, entre las especies más abundantes en la vegetación secundaria, destacan el chacá (*Bursera simaruba*), chechén (*Metopium brownei*), tsalan (*Lysiloma latisiliquum*) y sacchaca (*Dendropanax arboreus*). En el sotobosque son comunes las palmas xiat (*Chamaedorea seifrizii*), chit (*Thrinax radiata*) y huano (*Sabal japa*).

Selva Mediana Subcaducifolia

La selva mediana subcaducifolia ocupa 40,175.50 hectáreas que representa el 6.2 % del sistema ambiental. Esta vegetación presenta una riqueza de especies menor que la selva mediana subperennifolia. Se localiza en la porción noroeste del municipio Lázaro Cárdenas en los límites con el estado de Yucatán. En este tipo de vegetación se reconocen tres condiciones de desarrollo y conservación con características estructurales diferentes: predominan los rodales con vegetación primaria (4.4 % del sistema ambiental) seguido por la vegetación secundaria arbórea (1.4%), en menor proporción se presentan parches con vegetación secundaria arbustiva (0.3%).

Según Miranda y Hernández X. (1963), en la selva mediana subcaducifolia, entre el 50 % y el 75 % de los árboles dominantes pierden sus hojas durante la época de sequía. En esta selva los árboles presentan una altura total menor que en la selva mediana subperennifolia, así mismo la densidad y cobertura de los árboles es menor. En las porciones mejor conservadas de este tipo de vegetación entre las especies dominantes del dosel destacan: el chacá (*Bursera simaruba*), el chechén (*Metopium brownei*), tsalam (*Lysiloma latisiliquum*), ramón (*Brosimum alicastrum*) y sacchacá (*Dendropanax arboreus*) entre otros.

Selva Baja Espinosa Subperennifolia:

Este tipo de vegetación ocupa el segundo lugar en extensión en este municipio, se presenta en una superficie de 5,546.40 hectáreas que representa el 0.9 % del sistema ambiental, se distribuye en forma de parches aislados principalmente entre los otros tipos de selva, así como en áreas colindantes con tulares y selvas. Este tipo de comunidad vegetal se distribuye en los llamados “bajiales” o bajos inundables de la costa noreste de Quintana Roo. Se le encuentra en zonas bajas y planas, en terrenos con drenaje deficiente, que se inundan en la época de lluvias, pero que se secan totalmente durante la sequía. Se ubican en amplias hondonadas con suelo plano y profundo, con altos contenidos de arcilla, con gran deficiencia de drenaje que provocan que se acumule durante ciertos periodos el agua drenada en las zonas contiguas en la época de lluvias. Esta selva está caracterizada por árboles bajos con alturas entre los 5 y 11 m, generalmente con los troncos muy torcidos; la densidad de los árboles puede ser grande; acusan una fuerte disminución de plantas trepadoras y epífitas; el estrato herbáceo frecuentemente no existe. Son especies importantes: *Haematoxylon campechianum* (ek', tinto, palo de tinte), *Metopium brownei* (chechem), *Coccoloba cozumelensis*, *Cameraria latifolia*, *Croton reflexifolius*, *Byrsonima bucidaefolia* (sakpaj), y *Crescentia cujete*, entre otras.

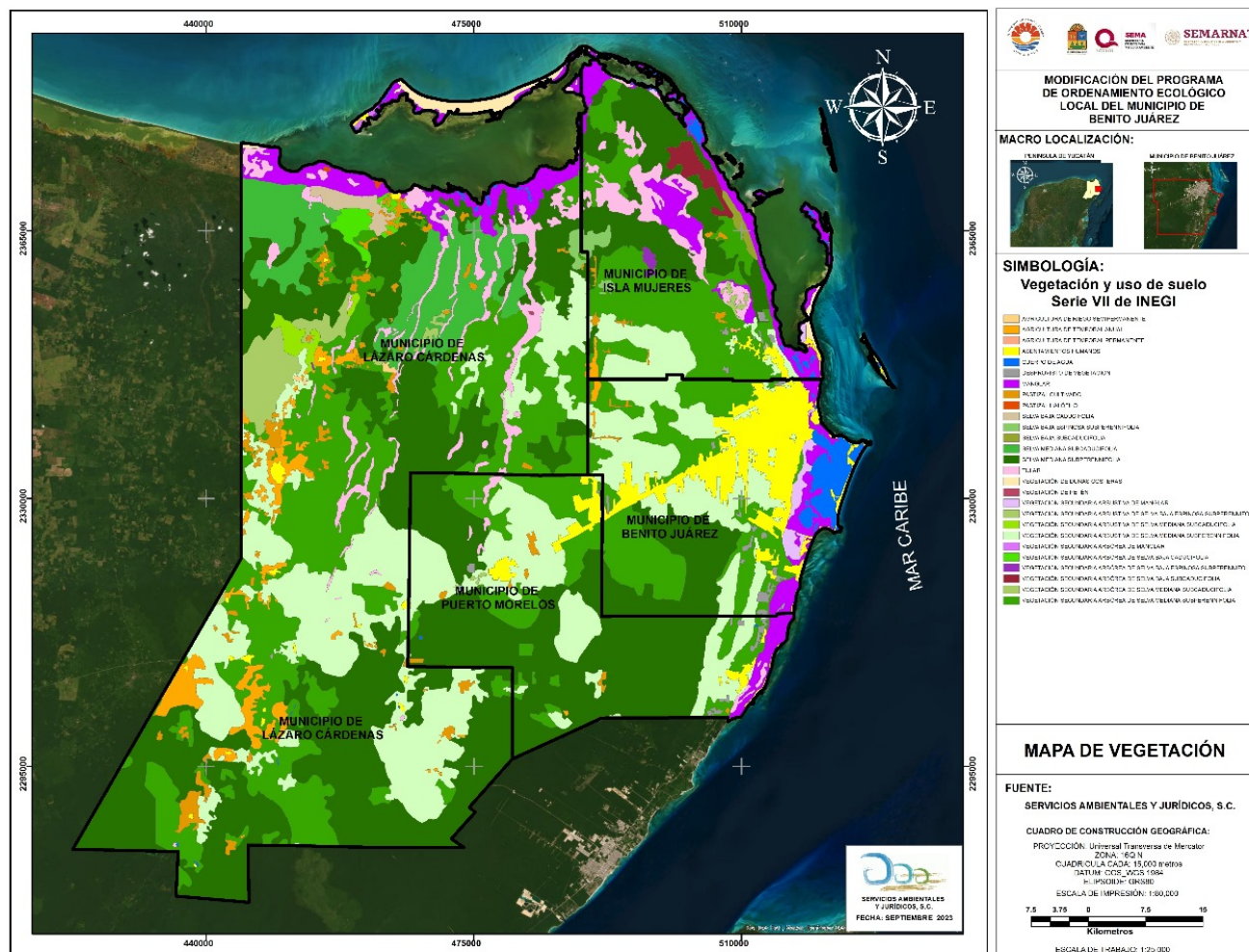


Imagen 25.- Distribución espacial de los tipos de vegetación y uso del suelo en el Sistema Ambiental para la Modificación del POEL del Municipio Benito Juárez, Q. Roo.

Selva Baja Subcaducifolia:

Este tipo de vegetación ocupa una superficie de 919.63 hectáreas (0.1 % del sistema ambiental), se distribuye principalmente en las inmediaciones de la franja costera en parches colindantes con bajos inundables y la selva mediana subperennifolia. Se desarrolla en terrenos bajos y planos, en suelos con drenaje deficiente, que se inundan en la época de lluvias. Esta selva se caracteriza por la presencia de árboles bajos, con tallos retorcidos y ramificados, el estrato herbáceo es escaso y por lo general presentan pocas epífitas y trepadoras. En este tipo de vegetación solo se identifica y representa la formación con vegetación primaria.

Las especies arbóreas y arborescentes más comunes y características de esta selva baja son: chechén (*Metopium brownei*), tsalan (*Lysiloma latisiliquum*), chacah (*Bursera simaruba*), despeinada (*Beaucarnea pliabilis*), sakpah (*Byrsonima bucidaefolia*), Palo de tinte (*Haematoxylon campechianum*) y ekulub (*Drypetes lateriflora*), entre otros.

Selva Baja Caducifolia:

Este tipo de vegetación ocupa una superficie de 4,806.62 hectáreas (0.7 % del sistema ambiental), se distribuye principalmente en las inmediaciones de la franja costera en colindancia con la selva baja subcaducifolia y la selva mediana subperennifolia. Se desarrolla en terrenos pedregosos con afloramientos rocosos. Esta selva se caracteriza por la presencia de árboles bajos que no rebasan los 12 m de altura, con tallos retorcidos y ramificados, el estrato herbáceo, aunque escaso por lo general está formado por gramíneas y compuestas. En los árboles se presentan epífitas y trepadoras. En este tipo de vegetación un alto porcentaje de los árboles dejan caer sus hojas en la época de secas. Se identificaron dos condiciones de desarrollo en este tipo de vegetación: la vegetación primaria y la vegetación secundaria arbórea que ocupan ambas 0.4 % del sistema ambiental.

Entre las especies representativas de esta comunidad están: chechén (*Metopium brownei*), sackatsin (*Mimosa bahamensis*), pomolche (*Jatropha gaumeri*), chacah (*Bursera simaruba*), despeinada (*Beaucarnea pliabilis*), sakpah (*Byrsonima bucidaefolia*), Palo de tinte (*Haematoxylon campechianum*) y sak nickté (*Plumeria obtusifolia*), entre otros.

Tabla 25. Superficie de las formaciones vegetales identificadas por tipo de vegetación y usos del suelo en el sistema Ambiental del POEL- BJ.

Tipos y condiciones de la vegetación y usos del suelo	Clave	Hectáreas	%
Selva mediana subperennifolia	SMQ	205,830.89	31.7
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	VSA/SMQ	154,229.96	23.8
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	VSa/SMQ	119,780.29	18.5
Selva mediana subcaducifolia	SMS	28,686.69	4.4
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	VSA/SMS	9,333.29	1.4
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	VSa/SMS	2,155.52	0.3
Selva baja espinosa subperennifolia	SBQ	1,979.94	0.3
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa subperennifolia	VSA/SBQ	2,928.01	0.5
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia	VSa/SBQ	638.45	0.1

Tipos y condiciones de la vegetación y usos del suelo	Clave	Hectáreas	%
Selva baja subcaducifolia	SBS	919.63	0.1
Selva baja caducifolia	SBC	2,410.44	0.4
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	VSA/SBC	2,396.18	0.4
Tular	VT	23,594.18	3.6
Manglar	VM	30,146.08	4.6
Vegetación secundaria arbórea de manglar	VSA/VM	250.55	0.0
Vegetación secundaria arbustiva de manglar	VSa/VM	2,051.77	0.3
Vegetación de Petén	PT	28.85	0.0
Vegetación de dunas costeras	VU	3,728.79	0.6
Pastizal halófilo	PH	146.61	0.0
Pastizal cultivado	PC	9,485.31	1.5
Agricultura de temporal anual	TA	11,083.98	1.7
Agricultura de temporal permanente	TP	44.65	0.0
Agricultura de riego semipermanente	RS	258.79	0.0
Desprovisto de vegetación	ADV	2,037.18	0.3
Cuerpo de agua	H2O	7,828.58	1.2
Asentamientos humanos	AH	26,441.69	4.1
Total		648,416.32	100.0

FUENTE: INEGI, 2023. Carta de vegetación y uso del suelo, Serie VII, Adaptado por SAYJSC.

Tular

El tular es una comunidad herbácea de plantas acuáticas enraizadas en el fondo, en esta comunidad se incluyen también las agrupaciones de plantas herbáceas adaptadas a inundación temporal constituidas principalmente por monocotiledóneas de 20 cm hasta 2.5 m de altura total, de hojas largas y angostas (gramíneas y cyperáceas). Se desarrolla en zonas inundadas con agua dulce o salobre, en terrenos bajos, por lo general con humedad permanente. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha domingensis*), aunque también se pueden encontrar manchones de carrizales con dominancia de *Phragmites australis*, y los ceibadales de *Cladium jamaicense*. Se presenta en forma de extensos y alargados manchones que se extienden tierra adentro en la parte norte por lo general en colindancia con los manglares y las selvas. En la costa Este se presentan en forma de franjas y manchones paralelos a la costa, en colindancia con el manglar y las selvas bajas. También se observan tierra adentro alrededor de cenotes, lagunas y aguadas en forma de círculos. Estas comunidades ocupan en total una superficie de 23,594.18 hectáreas que representa el 3.6 % de este sistema ambiental.

Manglares

En este sistema ambiental, los manglares ocupan una superficie de 32,448.40 hectáreas (5.0 % del área total). Esta comunidad vegetal eminentemente costera, colinda con la duna costera, los tulares y las selvas, se observa también en los márgenes de las lagunas costeras. Esta comunidad presenta dominancia arbustiva; se desarrolla en suelos planos, con drenaje deficiente, ricos en materia orgánica y susceptibles a intrusión de agua marina.

El manglar está conformado por plantas facultativas que poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten tolerar la alta salinidad y por tanto colonizar terrenos inundados con agua salobre. Las especies características de esta comunidad son: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), que muestran un patrón clásico de zonación propio del manglar. El mangle rojo se desarrolla en las zonas con mayor tiempo de inundación, los mangles blanco y negro en los sitios de inundación estacional intermedia, mientras que el botoncillo se distribuye preferentemente en las zonas de menor inundación, donde establece un ecotono con las comunidades vegetales vecinas.

El manglar de franja tiene una influencia directa del agua de mar o del cuerpo de agua que rodea, por lo general forma una franja angosta que corresponde a la zona de mayor inundación. La especie dominante es *Rhizophora mangle*, pero también pueden estar presentes: *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* en los sitios con menor inundación. El manglar de cuenca se desarrolla por lo general detrás de la barra arenosa, en suelos con menos aporte de nutrientes, por lo que en estos sitios es característico el manglar chaparro.

Vegetación de Dunas Costeras

La distribución potencial de este tipo de vegetación corresponde al litoral arenoso desde Hollbox hasta Punta Brava en Puerto Morelos, en una franja delgada que se amplía principalmente en las inmediaciones de Cabo Catoche y al norte de Punta Sam. De acuerdo con Espejel (1986) la vegetación de dunas costeras del Caribe Mexicano tiene afinidad con la vegetación costera de las islas antillanas.

En la vegetación de dunas se reconocen dos condiciones: una con dominancia de plantas herbáceas adaptadas al crecimiento en suelos arenosos con alta salinidad que se establece próxima al mar en las dunas móviles y está representada por especies pioneras;

como la suculenta (*Sesuvium portulacastrum*), margarita de mar (*Ambrosia hispida*), la riñonina (*Ipomoea pes-caprae*) y el lirio de mar (*Hymenocallis littoralis*).

En las dunas más estables se desarrolla el matorral costero, con dominancia de plantas arbustivas y arbóreas adaptadas a las condiciones de suelos arenosos, pobres en materia orgánica y con salinidad. En esta comunidad son comunes especies como el chit (*Thrinax radiata*), chechén, (*Metopium brownei*) el xocoy (*Pithecellobium keyense*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*), el romero (*Suriana maritima*) y el sikimay (*Tournefortia gnaphalodes*), entre otras. En esta comunidad se aprecian afectaciones debidas a los fuertes vientos, la brisa salina y el desarrollo de infraestructura turística.

Agricultura de temporal y riego

La agricultura de temporal ocupa 11,128.64 hectáreas que representa el 1.7 % del sistema ambiental y comprende las áreas con cultivos anuales, semipermanentes y perennes que aprovechan la temporada de lluvias para mantener los cultivos. Se concentra en la parte central del municipio Lázaro Cárdenas, donde predominan los cultivos anuales como el maíz, frijol y calabaza, en menor proporción se encuentran las unidades de producción con cultivos perennes como los árboles frutales. Esta actividad se realiza tanto en terrenos casi planos como ondulados y con pendientes moderadas, que después de un periodo de cultivo, por lo general son abandonados para su recuperación natural. Mientras que la agricultura de riego semipermanente se realiza en apenas 258.79 hectáreas.

Pastizales cultivados

Los pastizales cultivados ocupan una superficie total de 9,485.31 hectáreas que representa el 1.5 % del área total. Se distribuyen principalmente en Lázaro Cárdenas y Benito Juárez, se aprecian como polígonos irregulares con lados rectos de extensión variable casi siempre cercanos a las carreteras. Los principales pastos cultivados son el zacate brizanta, guinea, taiwán y estrella africana, entre otros. Estos pastizales son por lo general de pastoreo. Esta actividad presenta un desarrollo limitado, tiende a ocupar áreas con cobertura arbórea, así como sitios con limitaciones agrológicas que pueden generar erosión y deterioro de los suelos.

Sin vegetación aparente

Las zonas urbanas y los asentamientos humanos ocupan 26,441.69 hectáreas (4.1 % del sistema ambiental), en estos sitios se generan las alteraciones más severas a los

ecosistemas naturales, así como alto riesgo de contaminación del acuífero y de los cuerpos de agua.

Los cuerpos de agua ocupan 7,828.58 hectáreas (1.2 %) del sistema ambiental y otras áreas sin vegetación aparente como los caminos y carreteras, los bancos de arena, así como las playas y los sustratos rocosos ocupan 2,037.18 hectáreas (0.3 % del sistema ambiental).

3.1.1.8. Diversidad Biológica

La riqueza biológica y la diversidad de ecosistemas terrestres que conforman este sistema ambiental constituyen la base de recursos para el desarrollo de las actividades productivas y al mismo tiempo son fuente de bienes y servicios ambientales de los que puede gozar la sociedad en general. Los estudios sobre la diversidad biológica en la región se han realizado principalmente en las áreas naturales protegidas, por lo general en los programas de ordenamiento ecológico se ha integrado información con respecto a la presencia de las plantas vasculares y la fauna de vertebrados terrestres. Se reconoce la falta de información sobre los demás grupos de seres vivos y reconocimientos detallados de la biodiversidad en las áreas destinadas para el aprovechamiento.

La ubicación de este sistema ambiental en la porción Noreste de la Península de Yucatán con un relieve casi plano, característico de una plataforma de sedimentos calcáreos de origen marino, compuestos de calizas blandas conocidas como “sascab” y afloramientos de rocas calizas muy duras, denominadas como “laja”, que colinda con franjas costeras de sedimentos lacustres y litorales, constituyen el ámbito geográfico donde se desarrollan las comunidades de flora y fauna de este sistema ambiental.

La falta de corrientes de agua superficial mantiene en el subsuelo un acuífero kárstico con flujos subterráneos de las zonas de mayor precipitación hacia las costas. Estas aguas afloran a lo largo de la franja litoral en esteros y lagunas costeras. Como parte del proceso de dilución de las rocas calcáreas se forman los cenotes, los bajos o poljes, así como grutas y grietas de conducción de agua subterránea en una matriz de difusión altamente sensible a la contaminación y la dispersión de contaminantes.

Esta heterogeneidad ambiental relacionada con la variación climática y las características de los suelos permiten el desarrollo de los diferentes tipos de vegetación que van desde las selvas medianas y bajas, los manglares, los tulares, sabanas, tintales y la vegetación de dunas costeras. Los registros de flora y fauna de las ANP de esta región, nos permiten

reconocer la existencia de más de 400 especies de plantas vasculares, 421 especies de aves, 99 especies de mamíferos, 92 reptiles y más de 78 especies de peces, en este sistema ambiental. Existe escasa información de colectas fuera de las áreas protegidas, se desconocen aspectos sobre la dinámica de las poblaciones locales y existen grupos de fauna poco estudiados.

La conservación de la diversidad biológica es una necesidad con aceptación social, que se ve reflejada en las políticas públicas recientes, pero que requiere de consensos y negociaciones motivadas y fundamentadas entre los intereses sectoriales con expectativas diferentes y grandes discrepancias por el aprovechamiento de los recursos naturales, en un marco de respeto al derecho de los habitantes y el compromiso de los propietarios de los terrenos. Por esta razón es indispensable contar con información científica para sustentar las disposiciones reglamentarias pertinentes y confrontarlas con las opiniones y perspectivas de los usuarios a través de una participación social cada vez más comprometida y preocupada por el aprovechamiento sustentable y la conservación de la biodiversidad.

3.1.1.9. Riesgo Ambiental.

Los ciclones tropicales son fenómenos meteorológicos que han afectado de manera reiterada los ecosistemas del norte de Quintana Roo. Diversos estudios documentan que los vientos fuertes alteran de manera drástica la fisonomía y la estructura de la vegetación costera. Entre los daños más evidentes en las selvas destacan la defoliación, ruptura de ramas y tallos, caída de árboles y hasta la muerte de algunos árboles. Por sus efectos de aclareo induce pocos cambios en la composición de especies y la recuperación de la mayoría de las plantas afectadas se hace evidente luego de pocos meses después de la afectación. En los manglares y la vegetación de dunas costeras los daños colaterales por efecto del arrastre de sedimentos y destrucción de dunas, los efectos pueden ser más severos y requerir periodos de recuperación de algunos años. Sin embargo, se reconoce que el impacto de los huracanes se incrementa de manera significativa cuando se presenta asociado a otros factores de disturbio como los incendios forestales y los cambios de uso del suelo provocados por las actividades humanas.

El municipio de Benito Juárez en Quintana Roo, México, enfrenta riesgos por los incendios forestales, especialmente debido a su clima cálido y las épocas de sequía, así como a la presencia de áreas naturales propensas a la propagación del fuego por la acumulación de material combustible. A continuación, se describen los principales riesgos y factores relacionados con los incendios forestales en esta zona:

Las condiciones ambientales que prevalecen durante gran parte del año y la acumulación de materiales combustibles en el suelo, así como el clima cálido de la región favorece la sequedad de los residuos vegetales en el suelo, lo que aumenta el riesgo de los incendios forestales. Las altas temperaturas y la falta de lluvias prolongadas durante las épocas de sequía pueden crear condiciones propicias para la ignición y la consecuente propagación del fuego.

La vegetación y la cobertura forestal incluyendo selva, pastizales y matorrales, proporciona material combustible para los incendios forestales. Si la vegetación no se maneja adecuadamente o si hay acumulación de residuos vegetales secos, el riesgo de incendios aumenta considerablemente.

Las actividades humanas, como las quemas agrícolas no controladas, fogatas irresponsables, lanzamiento de colillas de cigarrillos, pirotecnia, actividades recreativas sin control, quema de basura y actividades industriales, pueden desencadenar incendios forestales. La negligencia y el comportamiento irresponsable de los pobladores y visitantes son factores de riesgo significativos.

El crecimiento urbano descontrolado puede llevar a la expansión de asentamientos humanos hacia áreas forestales o cercanas a ellas. Esto aumenta la posibilidad de incendios debido a la interacción entre la población y las áreas naturales, lo que puede generar fuentes potenciales de ignición.

La falta de programas de prevención de incendios forestales, capacitación adecuada para la población local, así como la ausencia de campañas educativas sobre la prevención y el manejo responsable del fuego, pueden contribuir a un mayor riesgo de incendios forestales.

No pasando por alto el cambio climático, los efectos del cambio climático, como temperaturas más altas y sequías prolongadas, pueden agravar el riesgo de incendios forestales al crear condiciones más propicias para su inicio y propagación.

Es esencial implementar medidas de prevención, monitoreo y respuesta eficaces para reducir los riesgos de incendios forestales. Esto incluye la capacitación continua de brigadistas, el establecimiento de barreras cortafuegos, la implementación de programas de manejo de vegetación, la promoción de prácticas seguras en áreas recreativas y la concienciación de la comunidad sobre la importancia de la prevención de incendios

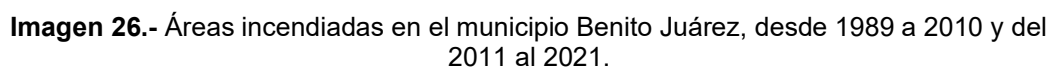
forestales y su papel en la protección del entorno natural. Además, la coordinación entre autoridades locales, estatales y federales es crucial para garantizar una respuesta rápida y coordinada para el combate y control en caso de un incendio forestal.

Antecedentes y efectos en el ambiente de los incendios forestales en el municipio de Benito Juárez.

Los incendios forestales son eventos donde el fuego se expande sin control sobre especies arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas, de tal manera que se afecta vegetación forestal que no estaba destinada para la quema. En el municipio de Benito Juárez, los incendios forestales son frecuentes, afectan grandes extensiones y por lo general se inician de manera recurrente en las mismas áreas incendiadas. Se reconoce que existe una alta correlación entre la intensidad de los huracanes y la incidencia de incendios forestales en los periodos de sequía subsecuentes.

Por lo general, los incendios de mayor intensidad se presentan en selvas maduras después del efecto de los huracanes, donde existe más cantidad de material combustible derribado. Sin embargo, en las áreas con vegetación secundaria, los incendios son recurrentes, ya que varias de las especies que se restablecen producen gran cantidad de hojarasca y materia orgánica que sirve de combustible, es por esto que las áreas previamente afectadas por incendios se vuelven a incendiar.

En la figura siguiente se representan las áreas afectadas por incendios forestales en el municipio de Benito Juárez, de acuerdo con los registros de incendios previos desde 1989 a 2010 y del 2011 al 2021. Como se aprecia en el mapa, la mayoría de las áreas incendiadas colindan con carreteras o caminos de terracería. En color verde se representa las áreas incendiadas desde 1989 hasta el 2010 y en color rojo las áreas incendiadas del 2011 al 2021.



Estas áreas requieren de especial atención para realizar labores de restauración ecológica que favorezcan su recuperación. Las áreas que se incendian por primera vez, con bajas intensidades de fuego y en áreas pequeñas, por lo general disponen de propágulos y presentan un proceso de regeneración natural con una composición de especies semejante al de la comunidad previa. Con la recurrencia de incendios forestales en áreas previamente incendiadas se presenta una disminución del número de especies por unidad de área y un marcado retraso para la recuperación de las masas forestales.

3.1.2. Territorio Municipal

El municipio Benito Juárez, Quintana Roo se constituyó el 12 de enero de 1975 mediante decreto expresado en la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo, con cabecera en la Ciudad de Cancún según lo indica la Ley Orgánica Municipal de 1975. Este municipio estaba subdividido administrativamente en la Alcaldía de Puerto Morelos, que cuenta con una subdelegación en Central Vallarta y dos Delegaciones que corresponden a Leona Vicario y Alfredo V. Bonfil.

Pero el 6 de noviembre de 2015, la XIV Legislatura del Congreso del estado de Quintana Roo modifica el Artículo 128 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo, declarando la conformación del onceavo municipio del estado (Puerto Morelos), tras fraccionar al municipio de Benito Juárez. Este decreto entró en vigor a partir de 6 de enero de 2016. Con este decreto, la superficie original del municipio pasó de 197,882.038 hectáreas, a tan solo 93,000.54 hectáreas, perdiendo el 53.00% de su territorio.

Así, el área que se pretende ordenar mediante la modificación de este instrumento de planeación, abarca la totalidad del municipio de Benito Juárez, el cual de acuerdo con el mapa base tiene una superficie total de 930.00 Km², poco más de 43 Km de costa y comprende la porción continental, la isla de Cancún (zona hotelera) y los cuerpos de agua costeros incluyendo el Sistema Lagunar Nichupté y Laguna Manatí.

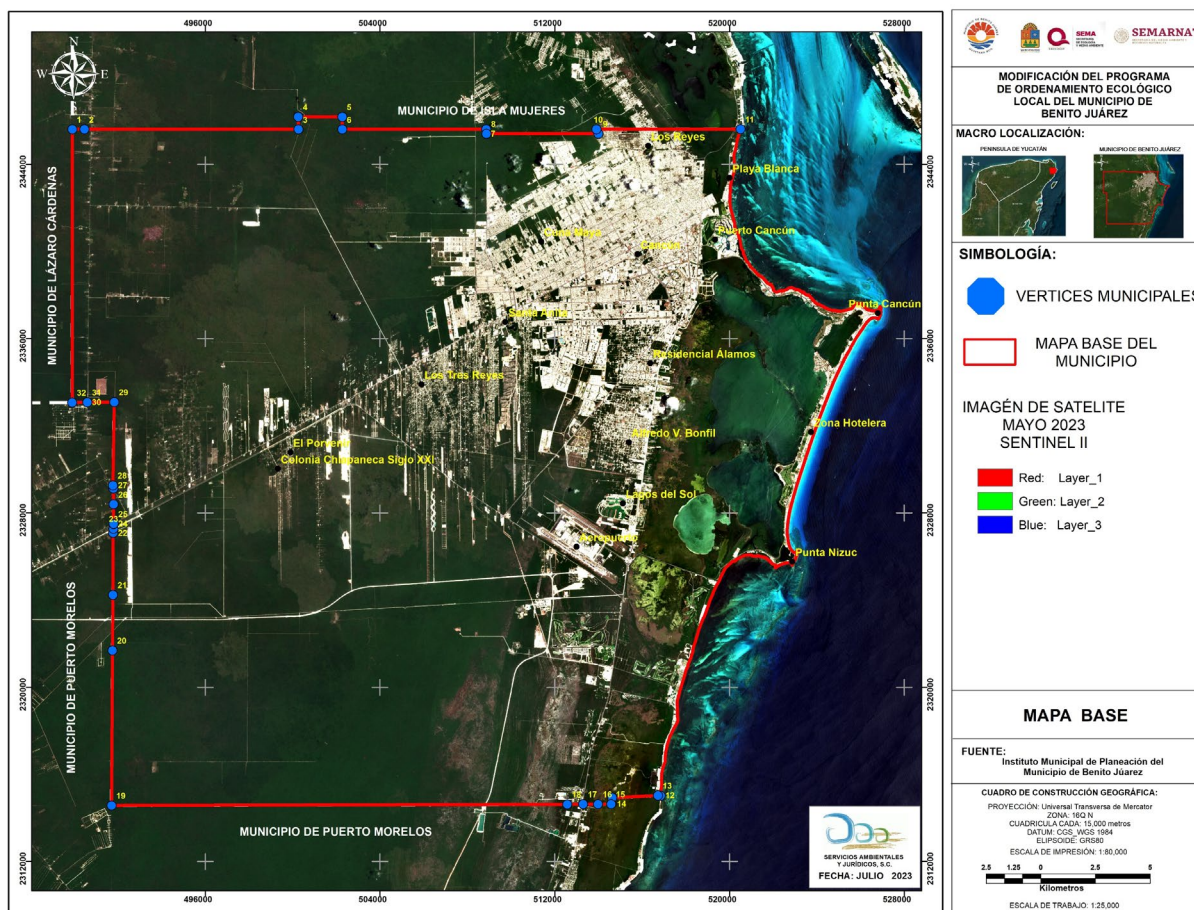


Imagen 27.- Mapa base para la modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez, Quintana Roo.

3.1.2.1 Localización

El municipio Benito Juárez se ubica en la costa Noreste de la Península de Yucatán y en el Norte del estado de Quintana Roo, entre las coordenadas extremas que corresponden a los paralelos 21°12' a 20°56' de latitud Norte y a los meridianos 87°06' a 86°44' de longitud Oeste, con una altura máxima sobre el nivel medio del mar de 14 m; limita al Norte con la zona continental de los municipios Isla Mujeres y Lázaro Cárdenas, al Sur con los municipios de Lázaro Cárdenas y Puerto Morelos; al Oeste con el municipio de Lázaro Cárdenas y al Este, Norte y Sur con el Mar Caribe (Imagen 27).

3.1.2.2. Unidades Naturales

Las unidades naturales o también definidas como unidades de paisaje, es un recurso y combinación de elementos físicos, ecológicos y humanos (González 1981a, Benayas 1992). El análisis de las unidades naturales como primera zonificación del territorio municipal, pueden identificarse como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas (Dunn 1974, MOPT 1993), el paisaje se puede considerar como un indicador ambiental o cultural, al tener el acercamiento a los componentes y procesos que ocurren en las mismas, se llega a una visión sistemática o ecológica (Ramos 1979), bajo este contexto la unidad de paisaje se entiende como una superficie de terreno heterogénea, compuesta por un conjunto de ecosistemas en interacción. La visión de paisaje total está enfocada a considerar al paisaje como un indicador o fuente de información del territorio (Forman & Gordon 1986).

El análisis de las unidades naturales que se describen en el presente documento es una visión simplificada de la realidad del espacio geográfico, modelo simplificado que muestra las diferencias y similitudes que existen en el territorio municipal. Estas unidades se conciben por la percepción de un espacio tridimensional que se representa a partir de la sobreposición de las capas o niveles correspondientes a las principales características geológicas, climáticas, hidrológicas y del relieve, así como de los tipos y condiciones de la vegetación, los usos del suelo y sus potencialidades.

Las unidades naturales tienen una estructura jerárquica, cuya finalidad es ofrecer la base físico-geográfica para ejecutar el proceso de evaluación de la aptitud, imprescindible para llevar a cabo el ordenamiento ecológico del territorio.

Para su caracterización se utiliza información de diversas escalas, lo que demanda una estructura jerárquica y una organización de los componentes naturales del espacio geográfico cuya dinámica de cambio oscila desde prácticamente imperceptible para el lapso de información considerado en el estudio (clima, geología, algunas formas del relieve, edafología e hidrología) hasta aquellos con rápida modificación de sus condiciones (vegetación, uso del suelo, dinámica litoral, entre los más importantes).

La delimitación de las unidades naturales o de paisaje, se utiliza información cartográfica preexistente y con base en características y procesos de cambio del espacio geográfico, se obtienen las que mejor muestran los atributos a una escala de semi-detalle (1:50,000) de las diferentes actividades y grados de intervención antrópica que, de acuerdo con los

términos de referencia, son las adecuadas para la planeación del territorio municipal. A partir de lo señalado, en este estudio dichas unidades se definen mediante un proceso de análisis e integración cuyo punto de partida es la interpretación de la imagen de satélite más reciente (Sentinel, mayo 2023).

Las unidades de paisaje para ser reconocidas se han definido a partir de los usos de suelo, las actividades productivas y los elementos naturales del medio físico y biótico; en general este primer nivel se basa en atributos que son relativamente estables y cuyas dinámicas de cambio pueden ser consideradas imperceptibles. De la misma manera se consideran los procesos históricos de ocupación, los cuales han determinado una serie de paisajes de hábitats antrópicos, entre ellos que destacan la zona turística, áreas urbanas y rurales, además de áreas de ocupación de asentamientos humanos fuera de los polígonos de los centros de población, áreas destinadas a bancos de explotación de materiales pétreos, infraestructuras de servicios y zona de pozos de extracción de agua.

Con base en el anterior procedimiento metodológico y cuyo modelo se presenta en la siguiente figura, se conformaron las Unidades Naturales o de Paisaje, que permiten expresar de manera concreta las modificaciones del entorno natural por la acción natural e intervención antrópica reciente; así como las previsiones de lo que en el futuro se podría presentar de acuerdo con el cumplimiento o no de los escenarios de desarrollo planteados por los tres niveles de gobierno.

De acuerdo con el ejercicio metodológico practicado y a partir de la incorporación de la información cartográfica especializada, se obtuvo a través de técnicas de sobreposición de mapas con ayuda de la herramienta de un SIG utilizando el programa de Arcgis 10.8; el plano que se presenta en la siguiente imagen.

Es importante señalar que estas unidades naturales son una expresión del espacio geográfico municipal, las cuales en su momento fueron consideradas como punto de partida para delimitar las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del actual Modelo de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez, a las que se les incorporan los cambios inducidos en los últimos años, como producto del desarrollo de la actividad turística, el crecimiento poblacional y la expansión de la mancha urbana.

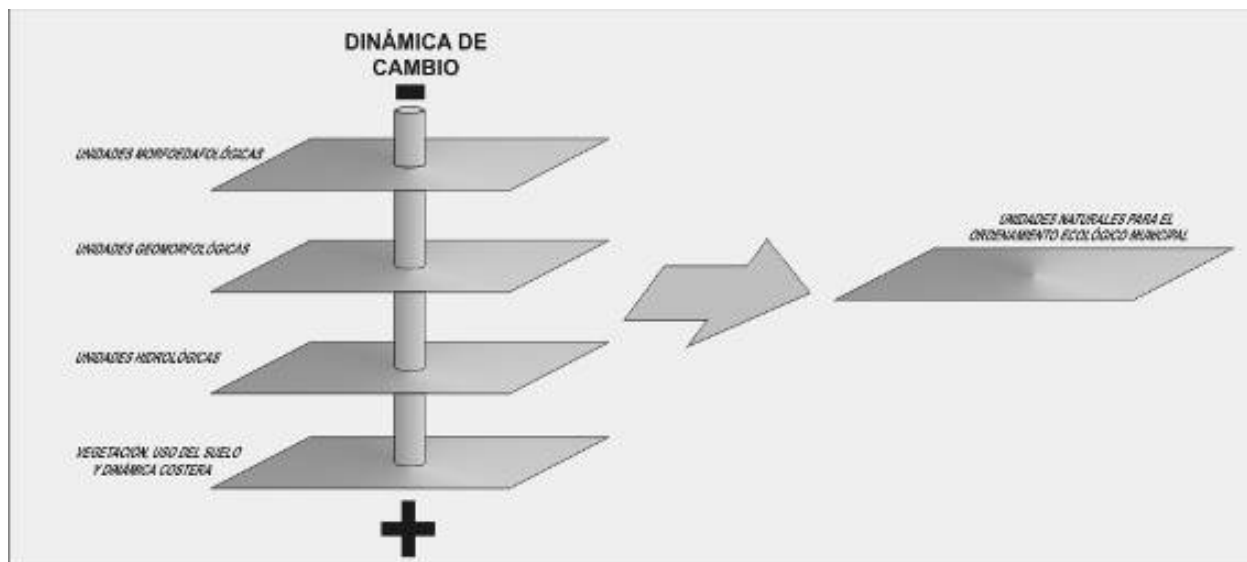


Imagen 28. Modelo metodológico de delimitación de Unidades Naturales para la modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez, Quintana Roo.

Conforme a la metodología aplicada que se mencionó anteriormente se determinaron tres unidades naturales o de paisaje, de acuerdo con sus comportamientos y características de cada una, mostrándose las mismas en la Imagen 28, a continuación, se presentan y se describen, siendo las siguientes:

- **Barra litoral.-** Esta unidad corresponde a una franja muy delgada que colinda con el Mar Caribe, incluye la Isla de Cancún y las franjas arenosas del norte hasta las ruinas del Meco en Puerto Juárez y hasta el sitio denominado la Milla de Oro, colindando al sur con el municipio de Puerto Morelos. Esta unidad tiene una superficie total de 1318.76 hectáreas y poco más de 38 km de largo con un ancho máximo de 100 m. Poco más del 78% de esta unidad ha sido transformada para la construcción de hoteles, centros comerciales, infraestructura y equipamiento turístico, aunque en menor proporción también se han establecido viviendas y áreas residenciales. En la superficie restante se presentan evidencias de afectaciones recurrentes a la vegetación por fenómenos hidrometeorológicos y actividades humanas.
- **Planicie inundable. -** Esta unidad corresponde a los humedales y cuerpos de agua costeros, incluyendo el Sistema Lagunar Nichupté, la Laguna Manatí, los manglares y las zonas inundables con vegetación graminoide que se encuentran entre la barra litoral y la llanura rocosa. Esta unidad tiene una superficie total de 11575.10 hectáreas, ha sido fragmentada por la construcción de carreteras, la apertura de canales y rellenada para la construcción de viviendas y desarrollos turísticos. Representa el 12% del territorio municipal.

- **Llanura rocosa.** - Esta unidad constituye la porción de tierra firme del municipio de Benito Juárez, tiene una superficie total de 80,006.97 hectáreas que representa el 86% del territorio municipal. Está cubierta por vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia en distintos estados de desarrollo y conservación, selvas bajas, tulares, tintales y sabanas. En esta unidad se observa una expansión acelerada de la mancha urbana, la proliferación de asentamientos humanos y la apertura de nuevos caminos en áreas con vegetación de selva para el establecimiento de diversas actividades productivas.

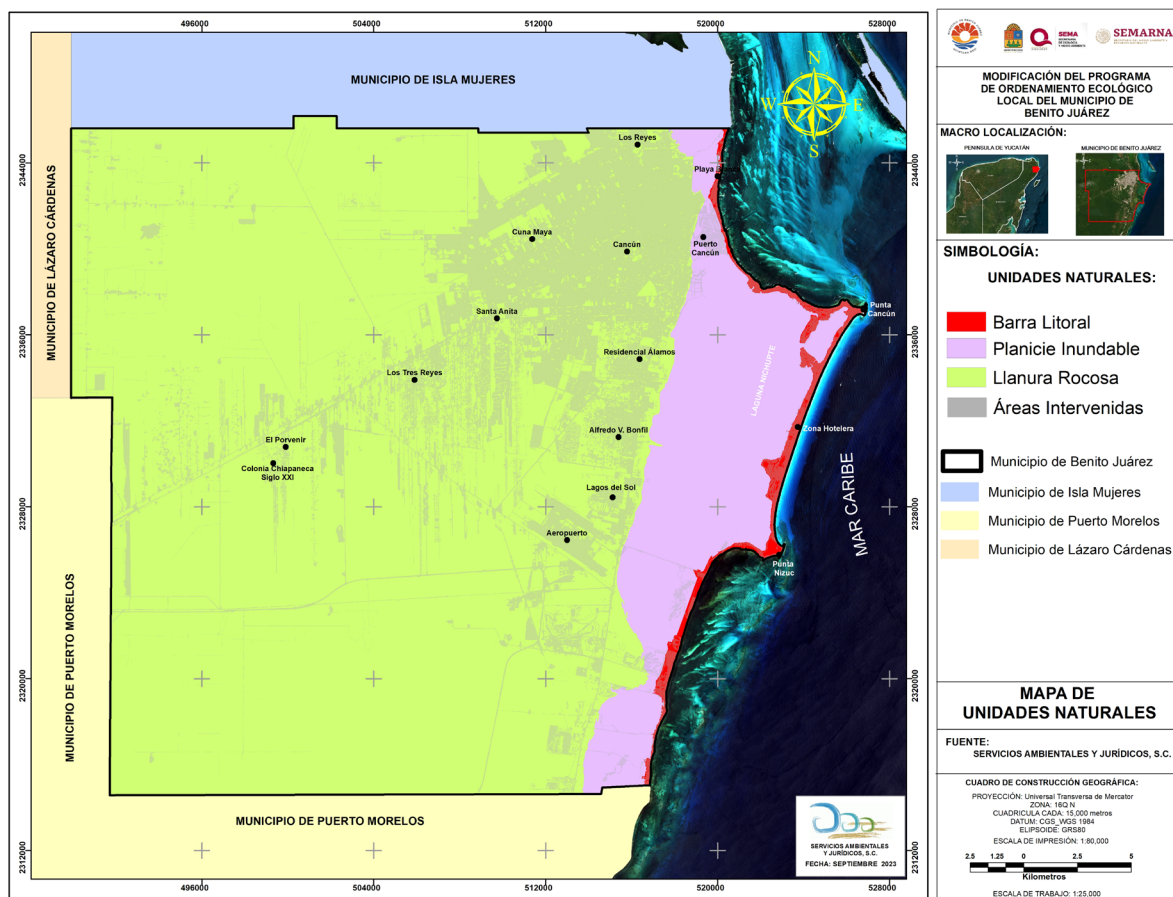


Imagen 29. Unidades Naturales delimitadas para la Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

La representación de las diferentes condiciones y características específicas de los componentes del paisaje en cada una de las unidades naturales, elaborada a partir de la sobreposición de los mapas de geología, hidrología subterránea, suelos y uso del suelo y vegetación en cada unidad natural, nos permite identificar subunidades funcionales y sintéticas, que sobrepuestas describen una perspectiva tridimensional de las unidades naturales, lo que se aprecia por una estructura vertical y espacial, así como una dinámica funcional que se describe en los párrafos siguientes. En estas subunidades es más fácil

deducir el manejo y la gestión adecuada de los recursos naturales, identificar los procesos ecológicos relevantes y proponer el uso de tecnologías de mayor eficiencia, así como realizar el ajuste del crecimiento sectorial esperado, en función de los potenciales y los recursos naturales disponibles; con lo que se sientan las bases para la re-delimitación de las Unidades de Gestión Ambiental.

El porcentaje de ocupación de los principales componentes en cada una de las unidades naturales se presenta en las tablas siguientes y a continuación se describen las características sobresalientes en cada caso:

Unidad Natural I. Barra litoral. - Esta unidad constituye una franja delgada que colinda con el Mar Caribe y la planicie inundable. Dentro de las consideraciones de paisaje que se indican en los mapas temáticos de geología, edafología y hidrología del INEGI, las características geológicas predominantes corresponden a suelos del Cuaternario, de origen sedimentario que están constituidos por arena media, bien clasificada, formada por fragmentos de moluscos, esponjas corales, equinodermos, y microforaminíferos. Esta unidad se presenta en forma de franjas delgadas conformadas por montículos cementados de poca altura paralelos a la línea de costa. Resaltando en el sitio de Punta Nizuc, las dunas costeras superan los 20 metros de altitud y son producto de la alta energía del oleaje, los sedimentos de la playa están integrados con arena constituida por fragmentos de corales y, en menor cantidad, de moluscos, briozoarios, espículas de esponjas, alcionarios y equinodermos, microforaminíferos bentónicos, mientras que, en Punta Cancún, las playas se caracterizan por ser complejos de barreras paralelas al litoral, constituidas por arena y grava¹. Se observa en esta unidad que la infraestructura hotelera no respeta y/o no respetaron las dunas costeras las cuales fueron eliminadas por instalar áreas de servicio de las mismas, provocando por completo el retiro de la vegetación costera. En esta unidad natural colinda con Áreas Naturales Protegidas de competencia de la federación como el ANP Manglares de Nichupte al oeste y al este con el ANP Parque Nacional de la Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Nizuc, como también una porción con el Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos; que protegen de acuerdo con su normativa a los ecosistemas arrecifales y a la biodiversidad existente en ellas.

Conforme a lo mencionado, se recomienda implementar las gestiones pertinentes para la protección y restauración biofísica de las dunas costeras que juegan un papel fundamental en la protección para contingencias ambientales.

¹ CONANP y PNUD México (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) 2020. Resumen Ejecutivo del Programa de Adaptación al Cambio Climático del Corredor Isla Mujeres-Puerto Morelos.

De acuerdo con los componentes de la unidad natural la hidrología subterránea ocupa casi toda su superficie representando el 85.21%, el cual presenta un acuífero con material no consolidado con posibilidades bajas. Asimismo, se reconoce que el coeficiente de escurrimiento es menor del 5% en casi toda la unidad. Dentro de esta unidad, las asociaciones de suelos predominantes son los Arenosol con un 67.71% y le sigue en importancia el Solonchaks que ocupan poco más del 25% y el Leptosol con 6.86% de la unidad. En la actualidad en estos suelos se desarrollan fragmentos aislados de la vegetación costera, ya que el 70% de esta unidad ha sido ocupada para el desarrollo de la actividad turística, zonas urbanas y asentamientos humanos, así como por obras de infraestructura y equipamiento.

A continuación, se indica en la tabla 26, la ocupación que representa cada componente de la unidad natural:

Tabla 26.- Porcentaje de ocupación de los componentes que conforman la Unidad Natural Barra Litoral.

I.- Unidad Natural Barra Litoral

GEOLOGIA		Grafica de Ocupación													
Cuaternario Litoral57.51 Cuaternario Eolico24.38 Q. Terciario Pleistocen7.65 Cuaternario Lacustre6.96 Laguna Perenne3.5		Barra Litoral % <table><thead><tr><th>Componente</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Laguna Perenne</td><td>3.5</td></tr><tr><td>Cuaternario Lacustre</td><td>6.96</td></tr><tr><td>Q. Terciario Pleistocen</td><td>7.65</td></tr><tr><td>Cuaternario Eolico</td><td>24.38</td></tr><tr><td>Cuaternario Litoral</td><td>57.51</td></tr></tbody></table>		Componente	Porcentaje (%)	Laguna Perenne	3.5	Cuaternario Lacustre	6.96	Q. Terciario Pleistocen	7.65	Cuaternario Eolico	24.38	Cuaternario Litoral	57.51
Componente	Porcentaje (%)														
Laguna Perenne	3.5														
Cuaternario Lacustre	6.96														
Q. Terciario Pleistocen	7.65														
Cuaternario Eolico	24.38														
Cuaternario Litoral	57.51														
HIDROLOGIA SUBTERRANEA		Grafica de Ocupación													
Material no consolidado con posibilidades bajas85.21 Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps7.50 Cuerpo de agua perenne7.29		Barra Litoral <table><thead><tr><th>Componente</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Cuerpo de agua perenne</td><td>7.29</td></tr><tr><td>Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps</td><td>7.50</td></tr><tr><td>Material no consolidado con posibilidades bajas</td><td>85.21</td></tr></tbody></table>		Componente	Porcentaje (%)	Cuerpo de agua perenne	7.29	Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps	7.50	Material no consolidado con posibilidades bajas	85.21				
Componente	Porcentaje (%)														
Cuerpo de agua perenne	7.29														
Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps	7.50														
Material no consolidado con posibilidades bajas	85.21														

HIDROLOGIA SUPERFICIAL		Grafica de Ocupación																													
Coeficiente de escurrimiento de 0 a 05%74.85 Cuerpo de agua intermitente11.45 Coeficiente de escurrimiento de 10 a 20%9.76 Cuerpo de agua perenne3.94		Barra Litoral % <table><thead><tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Cuerpo de agua perenne</td><td>3.94</td></tr><tr><td>Coeficiente de escurrimiento de 10 a 20%</td><td>9.76</td></tr><tr><td>Cuerpo de agua intermitente</td><td>11.45</td></tr><tr><td>Coeficiente de escurrimiento de 0 a 05%</td><td>74.85</td></tr></tbody></table>		Categoría	Porcentaje (%)	Cuerpo de agua perenne	3.94	Coeficiente de escurrimiento de 10 a 20%	9.76	Cuerpo de agua intermitente	11.45	Coeficiente de escurrimiento de 0 a 05%	74.85																		
Categoría	Porcentaje (%)																														
Cuerpo de agua perenne	3.94																														
Coeficiente de escurrimiento de 10 a 20%	9.76																														
Cuerpo de agua intermitente	11.45																														
Coeficiente de escurrimiento de 0 a 05%	74.85																														
SUELOS		Grafica de Ocupación																													
ARENOSOL67.71 SOLOCHAK25.43 LEPTOSOL6.86		Barra Litoral % <table><thead><tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>LEPTOSOL</td><td>6.86</td></tr><tr><td>SOLOCHAK</td><td>25.43</td></tr><tr><td>ARENOSOL</td><td>67.71</td></tr></tbody></table>		Categoría	Porcentaje (%)	LEPTOSOL	6.86	SOLOCHAK	25.43	ARENOSOL	67.71																				
Categoría	Porcentaje (%)																														
LEPTOSOL	6.86																														
SOLOCHAK	25.43																														
ARENOSOL	67.71																														
VEGETACION Y USOS DE SUELO		Grafica de Ocupación																													
Matorral Costero1.62 Manglar10.21 Selva Baja Subcaducifolia Cuerpo de Agua3.96 ARBOREA1.82 Tular MANGLAR CHAPARRO SMQ ARBUSTIVA4.27 PASTIZAL CULTIVADO SIN VEGETACION8.45 SASCABERA ASENTAMIENTO69.67		Barra Litoral % <table><thead><tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>ASENTAMIENTO</td><td>69.67</td></tr><tr><td>SASCABERA</td><td></td></tr><tr><td>SIN VEGETACION</td><td>8.45</td></tr><tr><td>PASTIZAL CULTIVADO</td><td></td></tr><tr><td>ARBUSTIVA</td><td>4.27</td></tr><tr><td>SMQ</td><td></td></tr><tr><td>MANGLAR CHAPARRO</td><td></td></tr><tr><td>Tular</td><td></td></tr><tr><td>ARBOREA</td><td>1.82</td></tr><tr><td>Cuerpo de Agua</td><td>3.96</td></tr><tr><td>Selva Baja Subcaducifolia</td><td></td></tr><tr><td>Manglar</td><td>10.21</td></tr><tr><td>Matorral Costero</td><td>1.62</td></tr></tbody></table>		Categoría	Porcentaje (%)	ASENTAMIENTO	69.67	SASCABERA		SIN VEGETACION	8.45	PASTIZAL CULTIVADO		ARBUSTIVA	4.27	SMQ		MANGLAR CHAPARRO		Tular		ARBOREA	1.82	Cuerpo de Agua	3.96	Selva Baja Subcaducifolia		Manglar	10.21	Matorral Costero	1.62
Categoría	Porcentaje (%)																														
ASENTAMIENTO	69.67																														
SASCABERA																															
SIN VEGETACION	8.45																														
PASTIZAL CULTIVADO																															
ARBUSTIVA	4.27																														
SMQ																															
MANGLAR CHAPARRO																															
Tular																															
ARBOREA	1.82																														
Cuerpo de Agua	3.96																														
Selva Baja Subcaducifolia																															
Manglar	10.21																														
Matorral Costero	1.62																														

Unidad Natural II. Planicie inundable.- Esta unidad se localiza, entre la barra litoral y la llanura rocosa. De acuerdo con los mapas temáticos de geología y edafología del INEGI, esta unidad el elemento geológico predominante representando el 44.04% corresponde a suelos lacustres del Cuaternario. De acuerdo con el mapa de hidrología subterránea en casi toda su superficie corresponde el 45.87% de la unidad, se presenta un acuífero con material no consolidado con posibilidades bajas y el coeficiente de escurrimiento predominante es de 10 a 20%. Dentro de esta unidad, las asociaciones de suelos predominantes son los Solonchaks que ocupan el 83.87% de la unidad. En estos suelos se desarrollan los manglares y la vegetación graminoide con mangle disperso. Se estima considerando las áreas sin vegetación aparente un 4% aproximadamente de esta unidad ha sido modificada para el crecimiento de la mancha urbana, el desarrollo turístico, así como por obras de infraestructura y equipamiento.

Cabe destacar que en esta unidad natural se ubica un área natural protegida denominada ANP Manglares de Nichupté, administrada por la CONANP-SEMARNAT, del gobierno federal, creando este año del 2023 dos áreas más y que se ubican en esta unidad y son el ANP Jacinto Pat y San Buenaventura, mismas que han sido y serán vital para la conservación de la biodiversidad en la zona, ya que estas área ha sido sometida a presiones urbanas, desarrollos inmobiliarios y de infraestructura de servicios y turísticos, que atentan con la integridad de los hábitat que existen en los ecosistemas existentes de esta área natural protegida, no pasando por alto, la parte norte del municipio, donde se localiza en esta unidad el ANP Laguna de Manatí y Chacmucuch, administrada por el Gobierno federal (CONANP-SEMARNAT y el estado de Quintana Roo a través del IBANQROO. Motivo del cual se debe gestionar y fortalecer la planificación urbana y ambiental para garantizar el objetivo de las Áreas Naturales Protegidas.

Así mismo, con las cuencas hidrológicas al sur de esta unidad colindando con el municipio de Puerto Morelos, se debe de implementar ciertas restricciones legales y técnicas para proteger la función ecológica de esta cuenca. A continuación, se indican en la tabla 27, la ocupación que representa cada componente de la unidad natural:

Tabla 27.- Porcentaje de ocupación de los componentes que conforman la Unidad Natural Planicie Inundable

II.- Planicie Inundable

GEOLOGIA		Grafica de Ocupación															
Cuaternario Lacustre44.04 Laguna Perenne38.00 Q. Terciario Pleistoceno10.13 Cuaternario Litoral3.34 Cuaternario Eólico2.79 Q. Terciario Superior0.98 Laguna Intermittente0.72		Planicie Inundable % <table><tr><td>Laguna Intermittente</td><td>0.72</td></tr><tr><td>Q. Terciario Superior</td><td>0.98</td></tr><tr><td>Cuaternario Eolico</td><td>2.79</td></tr><tr><td>Cuaternario Litoral</td><td>3.34</td></tr><tr><td>Q. Terciario Pleistocen</td><td>10.13</td></tr><tr><td>Laguna Perenne</td><td>38.00</td></tr><tr><td>Cuaternario Lacustre</td><td>44.04</td></tr></table>		Laguna Intermittente	0.72	Q. Terciario Superior	0.98	Cuaternario Eolico	2.79	Cuaternario Litoral	3.34	Q. Terciario Pleistocen	10.13	Laguna Perenne	38.00	Cuaternario Lacustre	44.04
Laguna Intermittente	0.72																
Q. Terciario Superior	0.98																
Cuaternario Eolico	2.79																
Cuaternario Litoral	3.34																
Q. Terciario Pleistocen	10.13																
Laguna Perenne	38.00																
Cuaternario Lacustre	44.04																
HIDROLOGIA SUBTERRANEA		Grafica de Ocupación															
Material no consolidado con posibilidades bajas45.87 Cuerpo de agua perenne40.73 Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps13.40		Planicie Inundable <table><tr><td>Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps</td><td>13.40</td></tr><tr><td>Cuerpo de agua perenne</td><td>40.73</td></tr><tr><td>Material no consolidado con posibilidades bajas</td><td>45.87</td></tr></table>		Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps	13.40	Cuerpo de agua perenne	40.73	Material no consolidado con posibilidades bajas	45.87								
Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps	13.40																
Cuerpo de agua perenne	40.73																
Material no consolidado con posibilidades bajas	45.87																
HIDROLOGIA SUPERFICIAL		Grafica de Ocupación															
Coefficiente de escurrimiento de 10 a 20%44.45 Cuerpo de agua intermitente40.20 Coefficiente de escurrimiento de 0 a 05%15.35		Planicie Inundable % <table><tr><td>Coeficiente de escurrimiento de 0 a 05%</td><td>15.35</td></tr><tr><td>Cuerpo de agua intermitente</td><td>40.20</td></tr><tr><td>Coeficiente de escurrimiento de 10 a 20%</td><td>44.45</td></tr></table>		Coeficiente de escurrimiento de 0 a 05%	15.35	Cuerpo de agua intermitente	40.20	Coeficiente de escurrimiento de 10 a 20%	44.45								
Coeficiente de escurrimiento de 0 a 05%	15.35																
Cuerpo de agua intermitente	40.20																
Coeficiente de escurrimiento de 10 a 20%	44.45																

SUELOS	Grafica de Ocupación																													
SOLONCHAK83.87 LEPTOSOL12.2 ARENOSOL3.93	Planicie Inundable % <table><tr><th>Suelo</th><th>Porcentaje (%)</th></tr><tr><td>SOLONCHAK</td><td>83.87</td></tr><tr><td>LEPTOSOL</td><td>12.2</td></tr><tr><td>ARENOSOL</td><td>3.93</td></tr></table>		Suelo	Porcentaje (%)	SOLONCHAK	83.87	LEPTOSOL	12.2	ARENOSOL	3.93																				
Suelo	Porcentaje (%)																													
SOLONCHAK	83.87																													
LEPTOSOL	12.2																													
ARENOSOL	3.93																													
VEGETACION Y USOS DE SUELO	Grafica de Ocupación																													
Matorral costero0.46 Manglar38.17 Selva Baja Subcaducifolia0.79 Cuerpo de Agua41.22 ARBOREA0.66 Tular MANGLAR CHAPARRO13.72 SMQ0.01 ARBUSTIVA0.97 PASTIZAL CULTIVADO SIN VEGETACION1.21 SASCABERA ASENTAMIENTO2.79	Planicie Inundable % <table><tr><th>Vegetación y Uso de Suelo</th><th>Porcentaje (%)</th></tr><tr><td>ASENTAMIENTO</td><td>2.79</td></tr><tr><td>SASCABERA</td><td>0.01</td></tr><tr><td>SIN VEGETACION</td><td>1.21</td></tr><tr><td>PASTIZAL CULTIVADO</td><td>0.01</td></tr><tr><td>ARBUSTIVA</td><td>0.97</td></tr><tr><td>SMQ</td><td>0.01</td></tr><tr><td>MANGLAR CHAPARRO</td><td>13.72</td></tr><tr><td>Tular</td><td>0.01</td></tr><tr><td>ARBOREA</td><td>0.66</td></tr><tr><td>Cuerpo de Agua</td><td>41.22</td></tr><tr><td>Selva Baja Subcaducifolia</td><td>0.79</td></tr><tr><td>Manglar</td><td>38.17</td></tr><tr><td>Matorral costero</td><td>0.46</td></tr></table>		Vegetación y Uso de Suelo	Porcentaje (%)	ASENTAMIENTO	2.79	SASCABERA	0.01	SIN VEGETACION	1.21	PASTIZAL CULTIVADO	0.01	ARBUSTIVA	0.97	SMQ	0.01	MANGLAR CHAPARRO	13.72	Tular	0.01	ARBOREA	0.66	Cuerpo de Agua	41.22	Selva Baja Subcaducifolia	0.79	Manglar	38.17	Matorral costero	0.46
Vegetación y Uso de Suelo	Porcentaje (%)																													
ASENTAMIENTO	2.79																													
SASCABERA	0.01																													
SIN VEGETACION	1.21																													
PASTIZAL CULTIVADO	0.01																													
ARBUSTIVA	0.97																													
SMQ	0.01																													
MANGLAR CHAPARRO	13.72																													
Tular	0.01																													
ARBOREA	0.66																													
Cuerpo de Agua	41.22																													
Selva Baja Subcaducifolia	0.79																													
Manglar	38.17																													
Matorral costero	0.46																													

Unidad Natural III. Llanura rocosa.- De acuerdo al mapa de geología del INEGI en esta unidad el elemento geológico predominante es el Q. Terciario superior representando el 77.33% de la unidad, la cual corresponde a rocas conformadas por calizas microcristalinas de diferente textura, que denotan su depósito en un ambiente de plataforma. Son rocas de colores café claro, blanco y rojizo que al alterarse producen arcillas rojas lateríticas como residuo de su disolución. El relieve en esta unidad está formado por lomas de baja altura entre depresiones que por lo general corresponden a las zonas de mayor disolución. Por las características del acuífero subterráneo el 97.6% de esta unidad corresponde a material consolidado con posibilidades altas de aprovechamiento. Casi toda su superficie presenta un coeficiente de escurrimiento menor del 5%. Los suelos predominantes son los leptosoles, ya que ocupan 95.43% de esta unidad, estos suelos jóvenes, poco

desarrollados presentan alto contenido de materia orgánica, buen drenaje, rocosidad aflorante y pedregosidad superficial.

En esta unidad poco más de 78.62% está cubierto por vegetación de selva en distintos estados de desarrollo y conservación. Esta vegetación ha sido fragmentada y eliminada para dar paso a las zonas urbanas y los asentamientos humanos que en la actualidad ocupan 16.53% de esta unidad y 3.31% corresponden a otras áreas sin vegetación aparente.

Entre las principales actividades que se observan en esta unidad son los asentamientos humanos dentro y fuera del centro de población ocasionando desmontes incontrolados para obtener un beneficio en específico con el uso de suelo intervenido, modificando significativamente el paisaje, ocasionado por la especulación de la tierra, ofertando áreas para viviendas con densidad alta (social) y con otra alternativa de densidad baja (residencial), como consecuencia del crecimiento demográfico, aunado al crecimiento turístico y de servicios, así que algunas áreas han perdido su vocación natural de uso de suelo conforme a las políticas públicas establecidas en su planeación ambiental y urbana para el desarrollo sostenido en sus tres ejes social, económico y ambiental.

La ciudad de Cancún que se localiza principalmente en la unidad de Llanura rocosa es un lugar privilegiado por sus recursos naturales que cuenta y que son la base de su desarrollo socioeconómico, que cuenta con un clima tropical idóneo para el turismo, y la zona bioclimática que prevalece corresponde al ambiente de la llanura o planicie plana que alberga gran biodiversidad por la existencia de diversos ecosistemas dentro del territorio municipal. Por la dinámica de su crecimiento ha generado unas tendencias de transformaciones territoriales y económicas que generaron modificaciones evidentes en el paisaje que en algunos casos comprometen el aprovechamiento de los recursos naturales de manera sostenible. Conllevando a una caracterización de paisaje en el que sobresale el uso urbano siguiendo en importancia el medio rural, así como la proliferación de caminos y la introducción de infraestructura de servicios, poniendo en riesgo los componentes naturales por la alta fragmentación de los ecosistemas existentes impidiendo corredores biológicos, afectación a la calidad del agua, suelo, pérdida de biodiversidad. Estos impactos con un potencial desestabilizador actúan mediante mecanismos de repetición contribuyendo al deterioro visual y funcional del paisaje, ocasionando modificaciones a la morfología original, erosión y pérdida de suelo fértil, ocupación de espacios de valor ecológico y frágiles, interrupción de corredores naturales, dispersión urbana y ruptura del sistema de planeación establecida,

Los elementos singulares que alcanza la caracterización del paisaje o unidad natural, se identifican elementos y áreas de mayor interés paisajístico sobre los que se podrán definir adecuaciones para su protección y conservación o en su defecto el control de ciertas actividades irregulares (asentamientos humanos), señalando Áreas de asociaciones o fragmentos de vegetación bien conservados, polígonos de protección de pozos de extracción de agua y asentamientos humanos regulares como irregulares, entre otros.

La configuración del paisaje que se aprecia en los mapas de las unidades naturales se visualizan las dinámicas paisajísticas y su problemática, los cambios en el medio y sus transformaciones históricas y socioeconómicas desde la identificación de sus elementos, sus valores y la localización de los conflictos. A continuación, se indican en la tabla 28, la ocupación que representa cada componente de la unidad natural:

Tabla 28.- Porcentaje de ocupación de los componentes que conforman la Unidad Natural Llanura Rocosa

III.- Unidad Llanura Rocosa

GEOLOGIA	Grafica de Ocupación										
Cuaternario Litoral 77.33 Cuaternario Eólico 20.06 Q. Terciario Pleistoceno 2.61 Cuaternario Lacustre 0.00 Laguna Perenne 77.33	Llanura Rocosa % <table border="1"> <caption>Llanura Rocosa %</caption> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Porcentaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cuaternario Litoral</td> <td>77.33</td> </tr> <tr> <td>Cuaternario Lacustre</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Q. Terciario Pleistocen</td> <td>2.61</td> </tr> <tr> <td>Q. Terciario Superior</td> <td>20.06</td> </tr> </tbody> </table>	Componente	Porcentaje (%)	Cuaternario Litoral	77.33	Cuaternario Lacustre	0.00	Q. Terciario Pleistocen	2.61	Q. Terciario Superior	20.06
Componente	Porcentaje (%)										
Cuaternario Litoral	77.33										
Cuaternario Lacustre	0.00										
Q. Terciario Pleistocen	2.61										
Q. Terciario Superior	20.06										
HIDROLOGIA SUBTERRANEA	Grafica de Ocupación										
Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps 97.6 Material no consolidado con posibilidades bajas 2.40	Llanura Rocosa <table border="1"> <caption>Llanura Rocosa</caption> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Porcentaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Material no consolidado con posibilidades bajas</td> <td>2.40</td> </tr> <tr> <td>Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps</td> <td>97.6</td> </tr> </tbody> </table>	Componente	Porcentaje (%)	Material no consolidado con posibilidades bajas	2.40	Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps	97.6				
Componente	Porcentaje (%)										
Material no consolidado con posibilidades bajas	2.40										
Material consolidado con rendimiento alto > 40 lps	97.6										

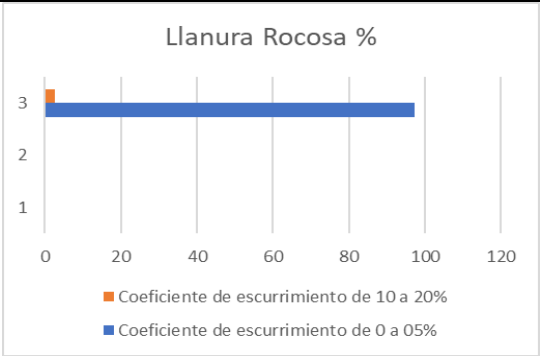
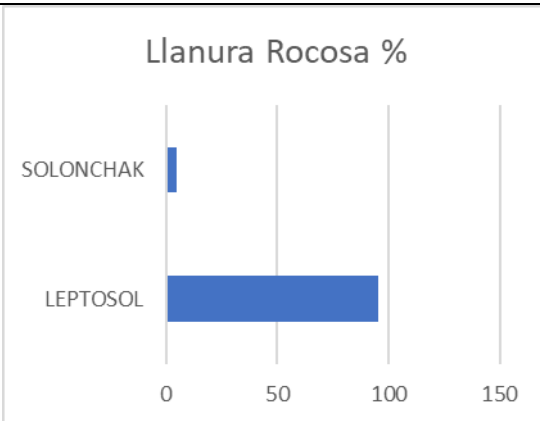
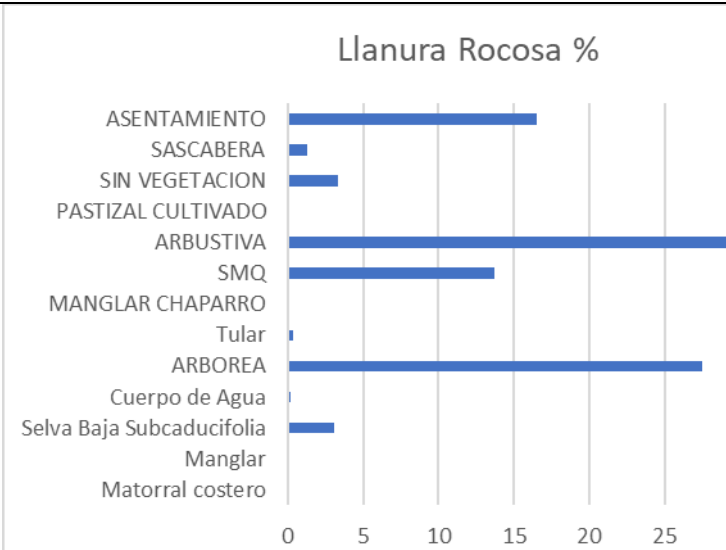
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Coeficiente de escurrimiento de 0 a 05% 97.35 Coeficiente de escurrimiento de 10 a 20% 2.65	Grafica de Ocupación 
SUELOS LEPTOSOL 95.43 SOLONCHAK 4.57	Grafica de Ocupación 
VEGETACION Y USOS DE SUELO Matorral costero Manglar 0.05 Selva Baja Subcaducifolia 3.07 Cuerpo de Agua 0.12 ARBOREA 27.48 Tular 0.33 MANGLAR CHAPARRO 0.01 SMQ 13.68 ARBUSTIVA 34.06 PASTIZAL CULTIVADO 0.06 SIN VEGETACION 3.31 SASCABERA 1.3 ASENTAMIENTO 16.53	Grafica de Ocupación 

Tabla 29.- A continuación, se presenta la tabla con la identificación de Actividades y sus Impactos Relevantes en la Modificación del Paisaje y sus Lineamientos

Unidad Natural	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)	Actividades Impactantes	Impactos Relevantes	Evaluación	Prediagnóstico	Lineamientos
Barra Litoral	1318.76	1.42	Hotelería (construcción y operación)	Modificación de la costa y eliminación de las duna y vegetación costera		Se encuentra ocupada casi el 78% de la unidad, principalmente por la industria hotelera, no cuentan con esta barrera natural de protección para sus instalaciones como para los ecosistemas de humedales.	Diseñar e implementar un sistema de gestión de prevención de riesgos naturales (protección de dunas o restablecimiento de los mismos).
			Infraestructura de servicios	Obstruir corredores biológicos y modificación de la costa.		La infraestructura consiste en acceso a la playa y muelles, bardas perimetrales de las propiedades construidas en gran parte de mampostería implicando barreras difíciles de librar por las dinámicas biofísicas de la costa	Cumplir con la gestión ambiental cumpliendo con las normas sectoriales ambientales en materia conservación y protección de los ecosistemas.
Planicie Inundable	11575.1	12.44	Áreas Naturales Protegidas	Presión de la mancha urbana y turística en sus límites del ANP		Esta ANP se encuentra en condiciones aceptables ambientalmente, sin embargo, existe una latente presión urbana y turística hacia esta ANP, que podría generar invasión de asentamientos humanos, alteraciones en la conducta de la fauna y de la composición y estructura de la vegetación existente en la misma. Poniendo en riesgo la biodiversidad.	Implementar la actualización de los instrumentos de planeación urbana y reforzar los lineamientos enfocados a prevenir afectaciones al Área Natural Protegida.
			Asentamiento Humanos	Ponen en riesgo la calidad del agua y sus flujos existentes en la cuenca que conforma la unidad y sus patrimonios de los habitantes.		Son áreas conservadas que han sido alteradas en su calidad ambiental modificando su morfología del suelo, por ocupar el espacio con fines habitacionales	Contener el avance de esta actividad y gestionar un Programa de Contingencia y Riesgo Ambiental con los tres órdenes de gobierno.

			Infraestructura de servicios	Construcción de caminos de acceso a las instalaciones de Hoteles que se ubican en la costa y viviendas residenciales como también aperturas de paso de servidumbre o de lotificación.		En la cuenca hidrológica que se considera esta en la parte sur de esta unidad que va de puente del aeropuerto Tercera etapa de Fonatur, hasta el límite con el municipio de Puerto Morelos, se ubican ecosistema de manglar, están contemplados dentro del 38% que existen en la unidad y ya se observan fragmentación en los mismos, ocasionados por estas actividades pudiendo ocasionar interrupción del flujo hidrológico rompiendo el balance hídrico del mismo ecosistema.	Fortalecer el mecanismo del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas en materia de protección y conservación del agua y ecosistemas costeros. Y la observancia y seguimiento de las autoridades competentes
Llanura rocosa	80106.69	86.000	Expansión de la mancha urbana	Desmontes incontrolados, invasión a áreas de conservación, violaciones a las políticas públicas en materia de planeación territorial		Esta unidad natural o paisaje ocupa el 86% del territorio municipal es relevante mencionar los impactos con un potencial desestabilizador que actúan mediante mecanismos de repetición contribuyendo al deterioro visual y funcional del paisaje, ocasionando modificaciones a la morfología original, erosión y pérdida de suelo fértil, ocupación de espacios de valor ecológico y frágiles, interrupción de corredores naturales, dispersión urbana y ruptura del sistema de planeación territorial establecida. Como se indica esta Unidad esta modificada en su paisaje casi en su totalidad resaltando el paisaje urbano y los asentamientos humanos y la deforestación.	1.- Implantar un mecanismo (Programa de Gestión Municipal) con el fin de controlar el avance de los asentamientos irregulares en coordinación con los tres órdenes de gobierno.
			Asentamientos irregulares	Ocupación de áreas sin aptitud de uso habitacional. Contaminación del suelo y agua por generación de residuos sólidos y líquidos sin control. Ruptura de la planeación urbana y ocupación de áreas de alto valor ecológico.			2.- Con respecto a la deforestación, se deberá coordinar con SEMARNAT (CONAFOR), SEMA, para implementar Programas de Reforestación en áreas con política de restauración y áreas con incendios forestales y así recuperar la cobertura vegetal y rehabilitar hábitats naturales. Aunado con esta actividad vincularlos con Programas de apoyo financieros para tal efecto, que cuenta la administración pública.
			Fragmentación de ecosistemas	Apertura de caminos y lotificación, Infraestructura de servicios de comunicación y conducción de agua y electricidad			3.- Una actividad que es un mal necesario para el desarrollo son los bancos de materiales pétreos, la autoridad competente que norma y regula dicha actividad debe exigir el cumplimiento del Programa de Restauración autorizado al finalizar su aprovechamiento.

			Deforestación	Cambios de uso de suelo por especulación de terrenos y provocar condiciones para incendios forestales.		4.- Los pozos de extracción de agua se deben de implementar un Programa de Protección de esta área, y para tal efecto se debe considerar una oferta económica con los propietarios del sitio cuando sea el caso y que pasen ser el usufructo del área al gobierno del estado y los que se encuentren radicando dentro de estas áreas ser reubicados en sitios apropiados para tal efecto.	
			Pozos de extracción de agua potable	Asentamientos humanos dentro de polígonos de extracción de agua potable			
			Explotación de Materiales Pétreos	Disminución en la cobertura vegetal, modificación en la morfología del suelo (relieve), Amenaza la calidad del manto freático.			

SIMBOLOGIA

ATENCIÓN PRIORITARIA	
ATENCIÓN PREVENTIVA	
CONDICIÓN FAVORABLE	

Esta evaluación de impactos ambientales se considera necesaria para el desarrollo de cualquier tipo de intervención institucional en temas relacionados con la planificación del territorio, la gestión ambiental y la protección del paisaje.

3.1.2.3. Geología y Geomorfología

El Estado de Quintana Roo queda comprendido en su totalidad dentro de la provincia Fisiográfica denominada “Península de Yucatán” que se caracteriza por presentar una superficie sensiblemente plana, principalmente en su parte norte donde se ubica el municipio de Benito Juárez.

El desarrollo geomorfológico de esta región se inició sobre el terciario superior, con la emersión de una secuencia carbonatada, que ha estado sujeta a una intensa disolución. Esto dio origen a un terreno rocoso, suavemente ondulado, caracterizado por la existencia de numerosos pozos naturales y cavernas de disolución. El área se modificó durante el Cuaternario, por la formación de lagunas y áreas pantanosas y por la acumulación y litificación de depósitos eólicos, así como por la construcción resiente de dunas y depósitos de litoral.

La geología estructural como el resto de la Plataforma de Yucatán se encuentra prácticamente sin deformar. Las rocas calcáreas presentan un lechado casi horizontal y forman parte de un gran banco calcáreo que descansa en un basamento metamórfico del paleozoico.

De manera más específica y de acuerdo con el INEGI (1984) en su carta geológica escala 1:250,000 CANCÚN F16-8, en el municipio de Benito Juárez se encuentran rocas calizas del Terciario Superior Ts(cz), Roca sedimentaria Caliza del Terciario Pleistoceno: Tpl (cz), Cuaternario Lacustre: Q (la), Cuaternario Litoral: Q ((Li) y la de menor proporción es Cuaternario Eólico: Q (eo) (Imagen 30).

Las calizas Ts(cz) son una unidad constituida por calizas merocristalinas y espáticas de facies de plataforma, con estratos cuyo espesor se infiere que son medianos y gruesos con un echado que tiende a ser horizontal. Su contenido fosilífero es de foraminíferos de los géneros Peneroplis, Archaias, Cosquinolina, Bolivina y Valvulina, además de gasterópodos, pelecípodos, equinoides, miliólidos, corales, algas y espículas de esponjas. Comprende la mayor parte del área del sitio del proyecto y presenta un relieve de planicie rocosa, ligeramente ondulada con depresiones originadas por disolución.

Estas calizas por su estructura granular y alto contenido de carbonato de calcio son muy susceptible de ser disueltas; siendo este el origen de los cenotes que son característicos de la Península de Yucatán. Esta disolución del material calizo permite que se formen

auténticos ríos subterráneos que llegan a desfogar directamente en el mar; por lo que la zona en general es altamente susceptible a la contaminación del manto freático.

Roca sedimentaria Caliza del Terciario Superior: Ts (cz).- Esta unidad ocupa el 67.16 % del Municipio, se presenta como un extenso estrato, en la cual quedan incluidas las rocas calcáreas de la formación Carrillo Puerto, conformadas por calizas microcristalinas de diferente textura, que denotan su depósito en un ambiente de plataforma. Son rocas de colores café claro, blanco y rojizo que al alterarse producen arcillas rojas lateríticas como residuo de su disolución. El relieve en esta unidad está formado por lomas de baja altura entre depresiones que por lo general corresponden a las zonas de mayor disolución.

Cuaternario Lacustre: Q (la).- Esta unidad ocupa el 7.78 % del Municipio de Benito Juárez, se presenta en forma de franjas paralelas al litoral, está formada por lodos calcáreos, arcillas y arenas acumuladas en lagunas someras que se comunican con el mar a través de canales de marea y se encuentran separadas por un cordón litoral. Por su relieve corresponde a planicies inundables.

Roca sedimentaria Caliza del Terciario Plestoceno: Tpl (cz).- Esta unidad ocupa 18.47 % del Municipio de Benito Juárez, se presenta en forma de franjas cercanas al litoral, por lo que presenta gran cantidad de fragmentos de conchas, corales y esponjas. Estas rocas calizas están formadas por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto, denominado localmente como “sascab” que se encuentra cubierto por calizas laminares dispuestas en capas delgadas y medianas con un echado horizontal. Su ambiente de depósito es de plataforma de aguas poco profundas y su relieve es de lomeríos de poca elevación paralelos a la línea de costa.

Cuaternario Litoral: Q ((Li).- Esta unidad ocupa 1.11 % del Municipio, está constituida por arena media, bien clasificada, formada por fragmentos de moluscos, esponjas corales, equinodermos, y microforaminíferos. Se aprecia como una franja angosta y plana con ligera inclinación.

Cuaternario Eólico: Q (eo).- Esta unidad presenta 0.64 % del Municipio y se distribuye en el litoral, en forma de franjas delgadas, que corresponden a eolinitas pleistocénicas que forman cantiles en el Mar Caribe (Aguayo et. al. 1980). Se presenta en forma de montículos cementados de poca altura paralelos a la línea de costa, se incluyen también los depósitos eólicos recientes sin cementar constituidos por arena mediana bien clasificada compuesta por fragmentos de moluscos, corales, algas coralinas y microfósiles de foraminíferos, esencialmente.

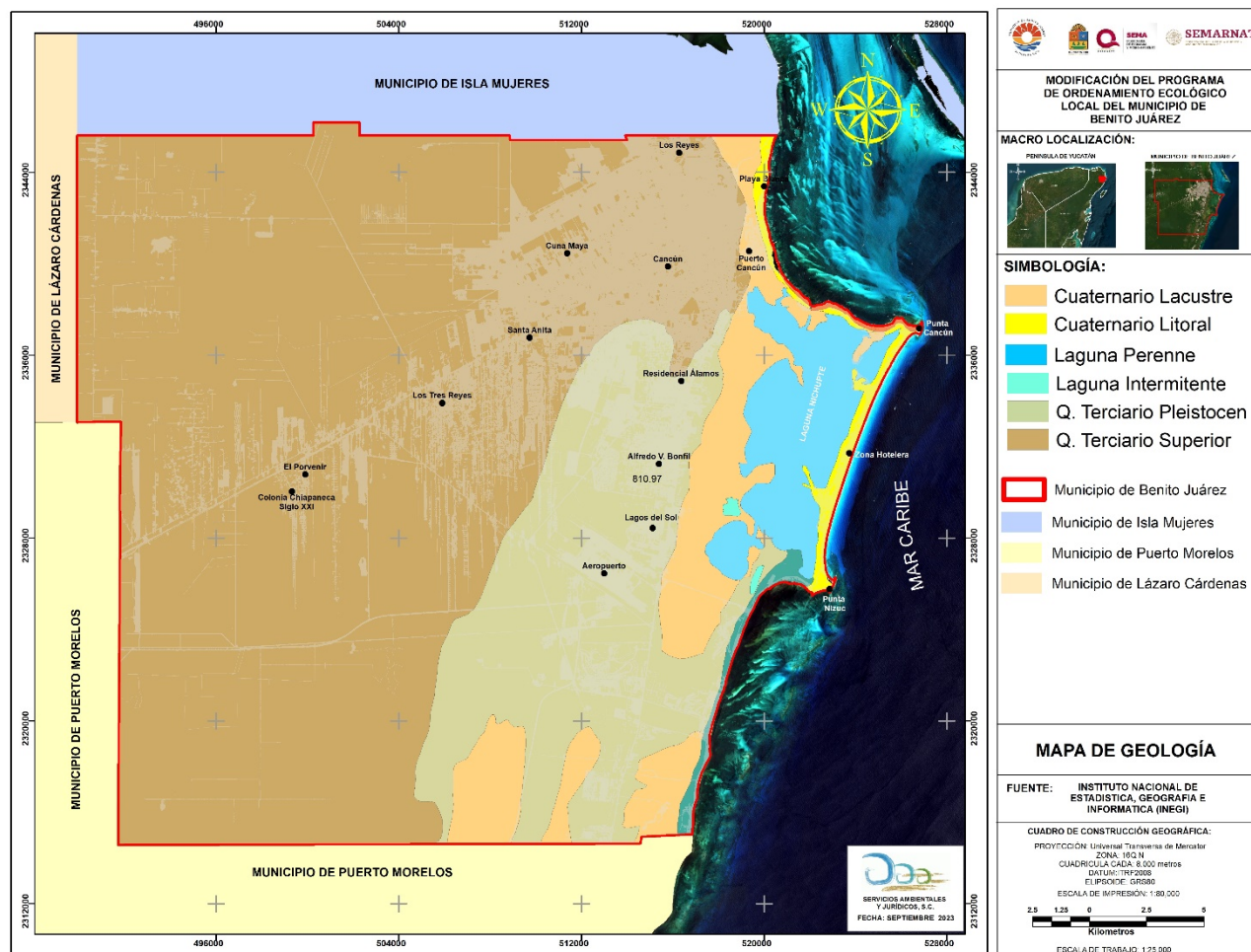


Imagen 30. Mapa geológico del Municipio de Benito Juárez.

Fuente: Carta Geológica del INEGI "CANCÚN F16-8".

3.1.2.4. Climas

El Municipio de Benito Juárez presenta un régimen climático del tipo cálido subhúmedo AW0, con influencia de factores locales como son la constante brisa marina y la elevada humedad atmosférica, por su colindancia con las aguas del Mar Caribe, así como por la reducida elevación sobre el nivel del mar y la ausencia de prominencias orográficas, que pudieran detener las corrientes de aire húmedo, este régimen climático es el más seco de los cálido subhúmedos, presenta un régimen de lluvias en verano y una precipitación media anual de 1012.87 mm. Tiene una temperatura media anual de 26.6 °C, una variación de la temperatura media mensual entre el mes más frío y el mes más caliente menor a 5 °C, por lo que se considera isotermal.

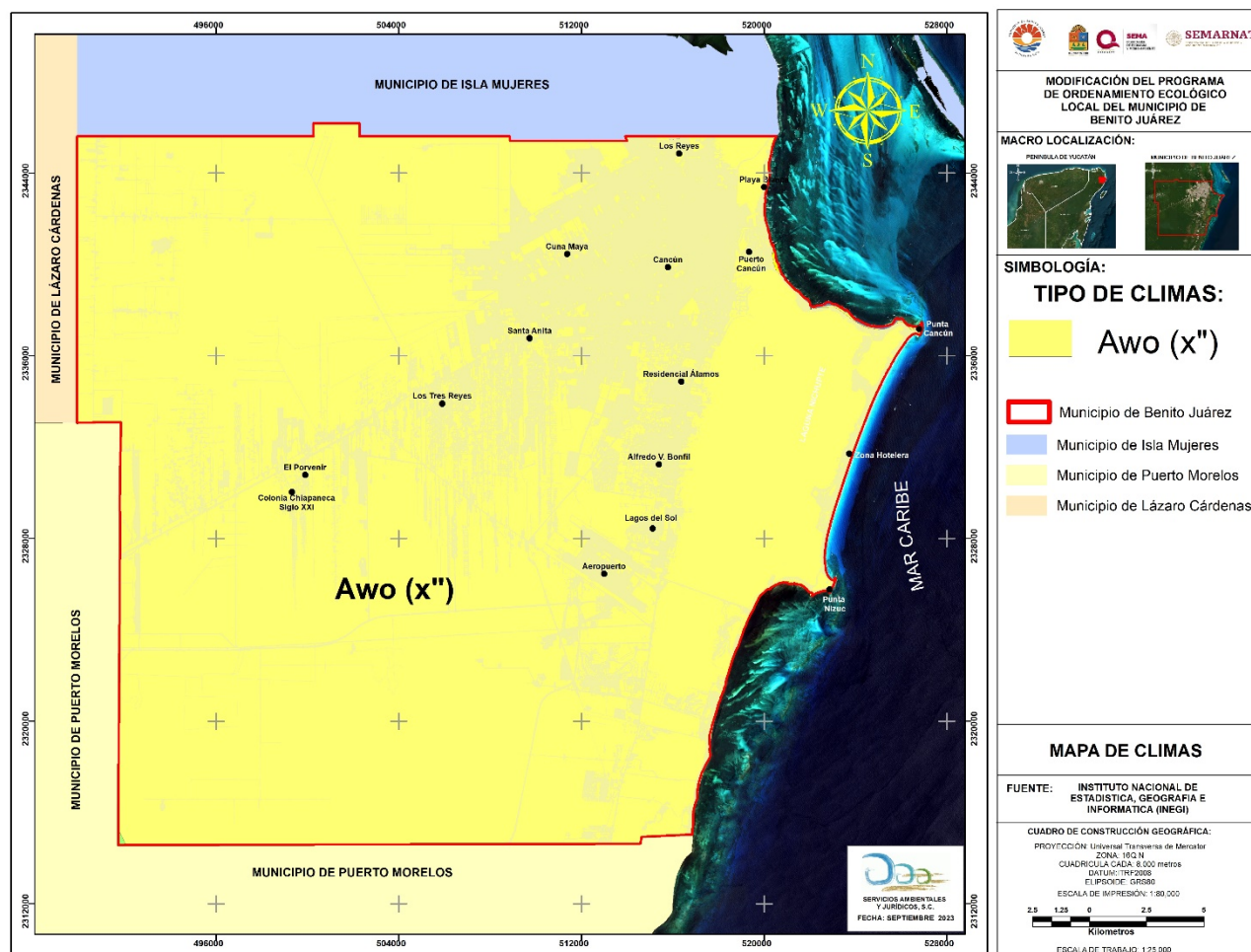


Imagen 31. Mapa Climático del Municipio de Benito Juárez.

Fuente: Carta Climática del INEGI "CANCÚN F16-8".

La época de lluvias comprende los meses de mayo a octubre con precipitaciones en forma de aguaceros, mientras que la temporada de sequía con lluvias ocasionales y aisladas se presenta de marzo a abril y los nortes con lloviznas de tipo pertinaz, que por lo general se presentan de noviembre a febrero. La evapotranspiración media anual es similar a la precipitación.

De acuerdo a datos proporcionados por la estación de la CNA denominada "Cancún" ubicada en las coordenadas geográficas X= 517,242.47, Y= 2'339,980.29 (DATUM WGS 84), la cual cuenta con datos de temperatura y precipitación del periodo comprendido de 2001 al 2014 (Imagen 32), son los meses de septiembre y octubre los que alcanzaron mayores niveles de precipitación.

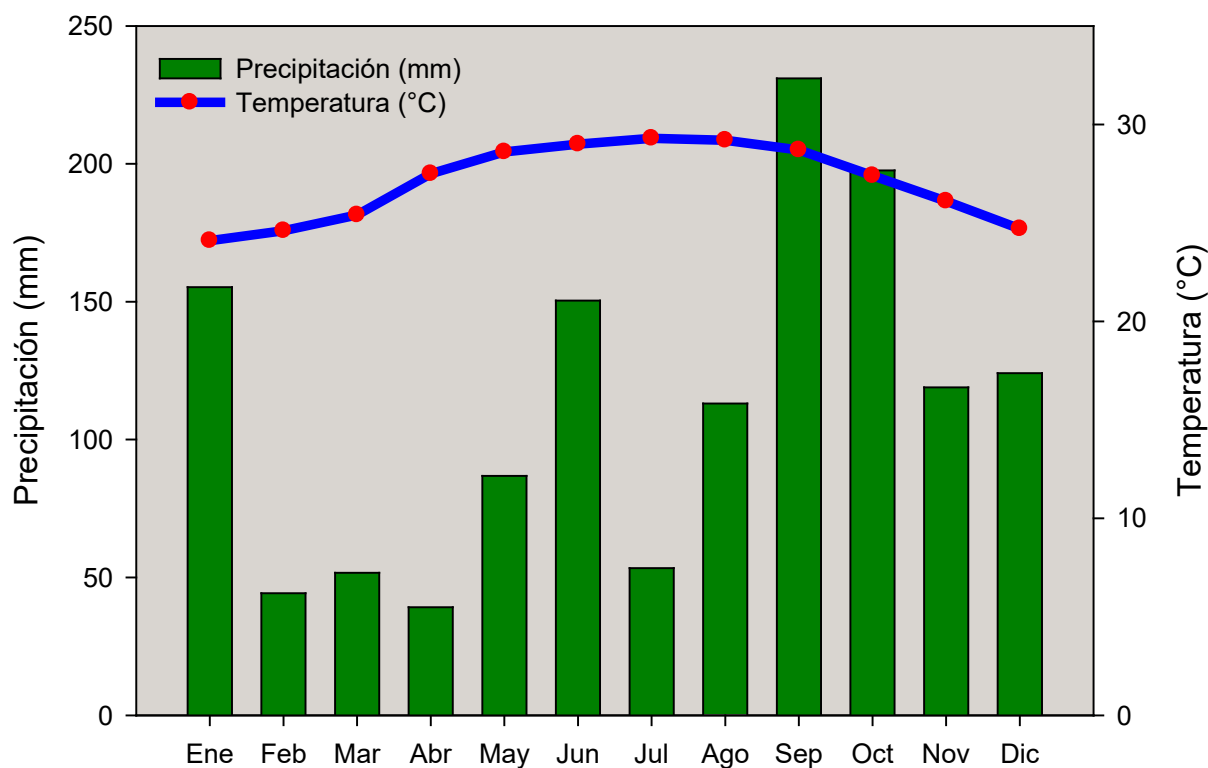


Imagen 32. Promedios mensuales de temperatura y precipitación. En la gráfica se puede observar la marcha anual de temperaturas y precipitación para un periodo de 2001 al 2014, de los datos obtenidos por la estación meteorológica de Cancún de la CNA.

De acuerdo con los datos de la CNA, las temperaturas medias anuales del período van de 26.9 a 28.1 °C y la temperatura anual media del período es de 27.4 °C. Las temperaturas medias extremas son de 17.6 °C la mínima y 37.6 °C la máxima. Durante este período la temperatura más baja fue de 9.5 °C y se registró en marzo de 1996, mientras que la más alta se presentó en agosto del 2003 con 41.5 °C.

De acuerdo con las temperaturas medias mensuales registradas en este período el mes más frío es enero con 24.1 °C y agosto el más caluroso con 29.8 °C, con una oscilación térmica de 5.7 °C (Tabla 30).

En cuanto a la precipitación pluvial, el promedio anual es de 1,380.9 mm. El año de mayor precipitación fue el 2005 pues se registraron 2001.5 mm de lluvia; mientras que en el 2004 se presentó la menor precipitación pluvial siendo de 1,026.3 mm. De acuerdo con los datos, la mayor precipitación mensual se presenta generalmente en el mes de octubre, el cual tiene un promedio de 275.2 mm de lluvia; mientras que abril es el mes en que se registra la menor precipitación mensual promedio, con un registro de 31.8 mm.

Tabla 30. Promedios de temperatura. En la tabla se pueden observar los promedios, medianas, máximos y mínimos de temperatura y precipitación obtenidos por la estación meteorológica de Cancún, para un periodo de 1991 al 2006.

CONCEPTO:	VALORES
Temperatura media anual	27.4 °C
Temperatura media máxima extrema	37.6°C
Temperatura media mínima extrema	17.6°C
Temperatura mínima registrada	9.5°C
Temperatura máxima registrada	41.5°C
Promedio anual de precipitación	1,380.9 mm

3.1.2.5. AGUA SUPERFICIAL. Disponibilidad y calidad.

• **Caracterización de las cuencas: localización de las actividades en las cuencas e identificación de zonas de recarga.-** El municipio Benito Juárez, se caracteriza por la carencia de corrientes superficiales de agua, debido a la naturaleza cárstica del terreno y al relieve ligeramente plano que presenta suelos con alta permeabilidad. Al no existir flujos superficiales permanentes, la porción del agua pluvial que no se pierde por evapotranspiración, se infiltra al suelo, produciendo una saturación de las capas superficiales y por consiguiente su incorporación al acuífero subterráneo. Por las características de los suelos y la presencia de cobertura vegetal se considera que todos los sitios del sistema que carecen de capas impermeables y que reciben la lluvia, constituyen las zonas de recarga del acuífero.

De acuerdo con la clasificación de la CNA, la totalidad de este sistema ambiental pertenece a la Región Hidrológica 32, Yucatán norte y corresponde a una porción de la cuenca 32A Quintana Roo. En esta cuenca el escurrimiento superficial es mínimo y la infiltración es alta. Entre las principales actividades humanas en esta cuenca que tienen efectos sobre la calidad de los cuerpos de agua destacan el desarrollo de la actividad turística, el crecimiento urbano y la proliferación de asentamientos humanos en sitios aledaños a la red de caminos y carreteras de todo el municipio.

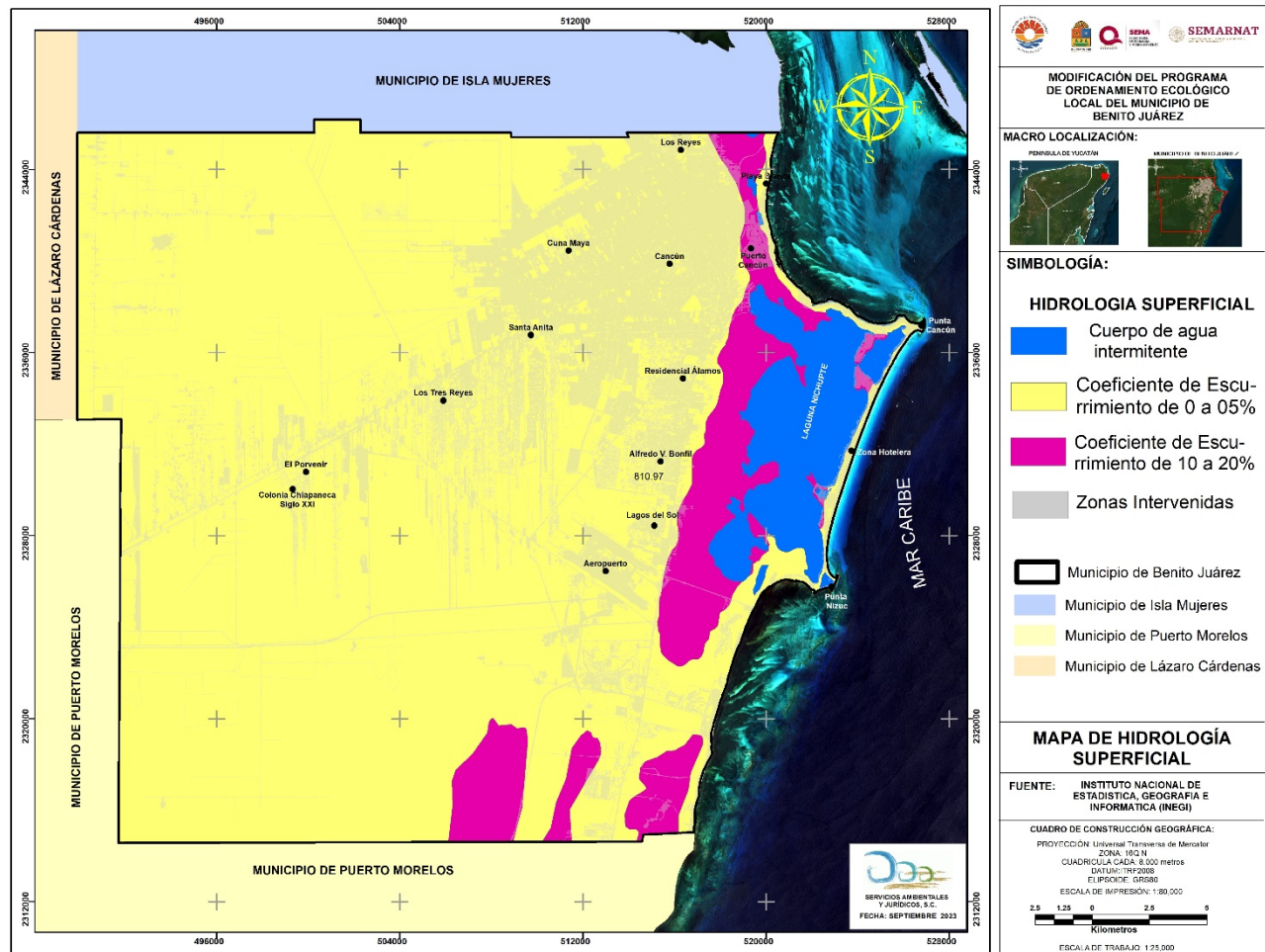


Imagen 33.- Coeficientes de escurrimiento, isoyetas y cuerpos de agua superficial en el municipio Benito Juárez, Q. Roo.

De acuerdo con la Carta hidrológica de aguas superficiales del INEGI, en el municipio Benito Juárez se presentan tres condiciones de escurrimiento (imagen 33). La unidad con el rango menor del 5%, se presenta en casi toda la porción continental, mientras que en porciones aisladas cercanas a la línea de costa se presentan áreas con coeficientes de escurrimiento de 10 a 20%. Estas unidades de escurrimiento son áreas donde el escurrimiento tiende a ser uniforme debido principalmente a sus características de permeabilidad, cubierta vegetal y precipitación media.

El coeficiente de escurrimiento es un indicador que representa el porcentaje del agua precipitada que se escurre o se acumula superficialmente. Como se aprecia en la tabla 31, casi el 86.90 % de la superficie total del municipio, presenta un coeficiente de escurrimiento de 0 a 5 %; poco más del 7.90 % de este municipio presenta coeficientes de escurrimiento de 10 a 20 % en zonas donde se forman llanuras de inundación, que

permanecen temporal o permanentemente inundadas y apenas 5.20% de la superficie de este municipio corresponde a los cuerpos de agua.

Tabla 31. Distribución de las condiciones del agua superficial que caracterizan al municipio Benito Juárez, Quintana Roo.

Condiciones de hidrología superficial	Hectáreas	%
Coefficiente de escurrimiento de 0 a 05%	80,816.14	86.90
Coefficiente de escurrimiento de 10 a 20%	7,351.40	7.90
Cuerpos de agua	4,833.00	5.20
Total general	93,000.54	100.0

Fuente: INEGI Base de datos alfanuméricos. Carta hidrológica de aguas superficiales.
Escala 1:250000

• **Disponibilidad de agua superficial (en cuerpos de agua naturales y artificiales).**- Los cuerpos de agua más importantes en el municipio Benito Juárez corresponden a las lagunas costeras que conforman el Sistema Lagunar Nichupté y la Laguna Manatí; en la porción continental de este municipio se han identificado aproximadamente 64 cenotes con características estructurales distintas, algunos de los cuales ya presentan evidencias de uso con fines recreativos, así como alrededor de 5 cuerpos de agua artificiales que se formaron como parte de proyectos de desarrollo turístico y otros que son producto de los aprovechamientos de materiales pétreos por abajo del manto freático.

El Sistema Lagunar Nichupté (SLN) es el cuerpo de agua de mayor extensión, en el que se han realizado más estudios y el más importante para la actividad turística de este municipio. Este sistema lagunar se alimenta de las abundantes corrientes subterráneas, la precipitación pluvial y el agua de mar. El sistema se localiza en los paralelos 21°06'N y 86°47'W y lo forman siete cuerpos de agua que en conjunto abarcan un área de 12 Km de ancho por 21 Km de largo. Es un cuerpo de agua que se encuentra permanentemente inundado, está separado del Mar Caribe por una barra de arena, la Isla de Cancún, sobre la cual se construyó la Zona Hotelera.

El SLN es un conjunto de lagunas someras, con vegetación sumergida dominada por una comunidad del pasto marino *Thalassia testudinum*. Desde 1971, estas lagunas han sido impactadas por el desarrollo del turismo, principalmente por el dragado de aproximadamente el 20 % de su fondo original, los rellenos para construcción de infraestructura y por la descarga de aguas residuales (Reyes y Merino, 1991). Estas

lagunas se utilizan para la recreación y como vía de navegación de embarcaciones menores, con fines primordialmente turísticos. En sus márgenes existen marinas, restaurantes, hoteles y villas, que lo aprovechan como escenario natural.

El SLN consta de un cuerpo de agua principal, dividido por bancos de arena en tres cuencas principales comunicadas con algunas lagunas más pequeñas mediante canales angostos. Todo el sistema se comunica con mar abierto por las entradas Cancún y Nizuc, y tiene aportes de agua dulce a través de surgencias provenientes sobre todo de la parte occidental del sistema. Entre las lagunas y en sus márgenes se extienden franjas de humedales, parte de los cuales se encuentran fraccionados por las dos carreteras que conectan la carretera principal Cancún-Tulum con la Isla de Cancún, al Oeste colinda con una berma consolidada, sobre la cual se construyó la carretera Cancún-Tulum.

El banco de arena denominado Norte separa la Cuenca Central de la Norte, mientras que el banco de arena Zeta separa la cuenca Sur de la Central. En sus extremos el SLN cuenta con dos puntas, en el Norte, Punta Cancún, donde se localiza la Laguna Bojórquez, y en el Sur, Punta Nizuc, donde está la caleta Mediterrané. En la parte occidental de la Cuenca Central se ubica una pequeñísima laguna llamada Somosaya. Mientras que la Laguna Río Inglés está situada en el extremo Sur de todo el SLN, y se comunica con la Cuenca Sur mediante un estrecho canal. Por otra parte, el SLN tiene dos entradas de agua de mar las cuales han sido dragadas para permitir la navegación. Estas son el canal Cancún y el canal Nizuc, al Norte y al Sur respectivamente.

La Cuenca Centro es la que tiene una mayor área superficial ya que ocupa el 34.3 % del total, seguida por la Cuenca Norte, con 29.8 % y luego la Cuenca Sur con 21.3 %. La información sobre área superficial, volumen y profundidad promedio de las lagunas principales del SLN aparece en la Tabla 7. Respecto a esta última característica, se estimó que la profundidad promedio, en la mayor parte del sistema, es ligeramente mayor a 2 m. Las profundidades máximas se encuentran en el centro de las cuencas, excepto en la Laguna Bojórquez donde los canales han sido dragados al igual que las entradas o canales Cancún y Nizuc, con el objeto de permitir la navegación. La profundidad del Canal Cancún es de alrededor de 4 m con ancho aproximado entre 30 y 40 m; el Canal Nizuc tiene solo 3 m de profundidad y de 20 a 30 m de ancho. Los bajos o bancos de arena Zeta y Norte, donde la profundidad es menor de 0.5 m, restringen la comunicación entre las cuencas.

Entre las lagunas que componen el SLN, destaca en importancia la Laguna Bojórquez, debido a que en sus márgenes se ha construido una parte importante de la infraestructura

hotelera que ha dado fama a Cancún. Esta laguna posee una longitud máxima de 2.8 Km, un área de 2.47 Km² y una profundidad media de 1.7 m. Se conecta con la Laguna Nichupté por medio de dos canales dragados a una profundidad de 3.5 m (Reyes y Merino, 1991).

El SLN se ha descrito como un sistema de baja energía en el que ocurre poco intercambio de agua con el mar abierto, siendo el rango de marea muy pequeño (< 16 cm), traduciéndose únicamente en 3 cm dentro de SLN (Merino *et al.*, 1990). En cuanto a los aportes de agua dulce, si bien no recibe descarga de ríos, la cantidad de agua subterránea proveniente de los surgimientos localizados en la parte occidental es elevada.

En la porción de tierra firme de este municipio, se presentan numerosos afloramientos del agua subterránea conocidos localmente como Cenotes. Estos cuerpos de agua son muy abundantes en el municipio Benito Juárez, su morfología (semicirculares principalmente) y distribución espacial es muy variada; aunque existe una alineación muy clara en la porción occidental del municipio, en donde una serie de cuerpos, de mayor dimensión que el promedio, aparecen con un rumbo NE-SW. En el municipio Benito Juárez se han cartografiado 64 cenotes.

Las aguadas o reholladas son cuerpos de agua intermitentes con inundación asociada a la temporada de lluvias, son abundantes en el municipio Benito Juárez y muestran una fuerte tendencia a presentar formas circulares o semicirculares. Su vegetación es muy característica de áreas inundables, pues el desplazamiento de la roca los acerca al agua subterránea, sin llegar a estar en contacto con ella, excepto durante fuertes lluvias.

• **Calidad del agua: situación actual y zonas vulnerables a la contaminación.** - El SLN y especialmente en la Laguna Bojórquez, se ha presentado un notable deterioro durante los últimos años, diversos estudios presentan evidencias de contaminación, eutroficación, acumulación de sedimentos, así como afectaciones a los humedales colindantes. Entre las causas de este deterioro se mencionan: el efecto de los huracanes recientes, el desarrollo turístico y el crecimiento de la ciudad de Cancún así como por una serie de acciones colaterales tales como: rellenos del manglar del borde lagunar para desarrollos inmobiliarios, el inadecuado tratamiento de las aguas residuales, así como las descargas directas del sistema de canalización pluvial, la instalación y manejo inadecuado de rellenos sanitarios y la falta de una adecuada regulación náutica. Estas acciones se ven reflejadas en el deterioro de la calidad del agua, la disminución de su transparencia, la acumulación de algas en la superficie, la emisión de malos olores y la reducida circulación del agua dentro del sistema lagunar, que conllevan a la degradación del ecosistema, incrementan el

riesgo de problemas de salud pública y la disminución del valor mismo del sistema como atractivo turístico.

Como medida para atender esta problemática, en el año 2007 se elabora el Plan de Manejo para la administración y restauración del Sistema Lagunar Nichupté (SLN) Municipio Benito Juárez, donde se plantean las estrategias de conservación, manejo y restauración para el desarrollo social sostenible, uso público de la zona, desarrollo de investigación científica, monitoreo ambiental y su administración.

Dentro de las estrategias de restauración propuestas destaca la urgencia de mejorar las condiciones de la Laguna Bojórquez, en este sentido se gestionan recursos para rehabilitar los sistemas de aireación que fueron instalados y diseñados por técnicos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Para dar continuidad al programa de restauración y manejo del SLN, se pretende fortalecer las acciones de coordinación entre los órdenes de gobierno y la concertación con las organizaciones civiles para reducir los agentes de presión que generan el deterioro, por lo que se han propuesto en diversos foros, entre otras las siguientes acciones:

- Reestructurar el sistema de captación de aguas pluviales, mediante la instalación de filtros y pozos pluviales a capas profundas.
- Retirar las algas acumuladas en la superficie de la laguna,
- Rehabilitar los sistemas de aireación, mediante la instalación de un aerogenerador que permita inyectar oxígeno al agua.
- Recolectar la basura acumulada en los márgenes lagunares y reforestar los manglares adyacentes.
- Revisar y adecuar las líneas de conducción de aguas negras y la capacidad instalada en las plantas de tratamiento de la zona hotelera para prevenir rebosamientos y descargas directas en las épocas de mayor afluencia turística.
- Saneamiento de los tiraderos de basura antiguos ubicados en las sascaberas abandonadas que se encuentran a un costado de la carretera federal 307.
- Adecuar los rellenos sanitarios actuales y futuros para evitar escurrimientos de lixiviados hacia los cuerpos lagunares.
- Instalar líneas de conducción de aguas negras y aumentar la capacidad instalada en las plantas de tratamiento de acuerdo con las necesidades de los asentamientos humanos irregulares y las expectativas de crecimiento poblacional de este municipio.

3.1.2.6. AGUA SUBTERRÁNEA. Disponibilidad y calidad

• **Caracterización de las cuencas: localización de las actividades en las cuencas e identificación de zonas de recarga.** - El uso del agua subterránea en el municipio Benito Juárez, ha tenido un incremento acelerado en las últimas décadas. Por el crecimiento poblacional y las expectativas de desarrollo de la actividad turística, se prevén aumentos importantes en la demanda de este preciado recurso. En la actualidad se considera que la disponibilidad del agua subterránea es suficiente para satisfacer la demanda proyectada. Sin embargo, es indispensable contar con estudios científicos que permitan estimar con mayor precisión los rangos permisibles de extracción, aplicar recursos para mejorar los sistemas de conducción y distribución del agua potable, promover la aplicación de prácticas de uso y manejo del agua bajo esquemas de sustentabilidad y establecer suficientes redes de recolecta y tratamiento de las aguas residuales en función de los volúmenes previstos.

El modelo conceptual que permite explicar el flujo del agua subterránea en el municipio Benito Juárez es similar al descrito para el sistema ambiental. Sin embargo, es necesario reconocer que a nivel local no existe un conocimiento detallado del comportamiento del agua subterránea. Es bien sabido que, los ambientes costeros representan uno de los sistemas hidráulicos más complejos y cambiantes a través del tiempo. Es decir, el comportamiento detectado en una estación particular del año, puede ser muy diferente a la de otra época en ese mismo año e incluso en la misma estación de otro año. Algunos autores reconocen la falta de estudios para establecer con certeza la dirección de flujo del agua subterránea al nivel local, sin embargo se tiene la certeza que la mayoría del tiempo el flujo tiene una dirección preferencial de occidente a oriente y aparece en la porción más cercana a la línea de costa.

De acuerdo con el mapa de hidrología subterránea en el municipio Benito Juárez, por su potencial aprovechamiento en este acuífero se presentan dos tipos de unidades en función de las características físicas e hidrológicas de sus materiales y su potencial aprovechamiento:

1.- Material consolidado con posibilidades altas.- Se encuentra distribuido en toda el área, ocupa casi 85.96 % del territorio municipal y está representado en color verde (imagen 34), está constituido por calizas de textura variable en estratos intercalados y cruzados, en posición casi siempre horizontal, con fracturamiento moderado, presenta cavernas formadas por disolución, por lo que presenta una permeabilidad alta. Es un acuífero libre

con recarga pluvial y almacenamiento subterráneo, la calidad del agua extraída es aceptable para el consumo humano.

2.- Material no consolidado con posibilidades bajas. - Esta unidad ocupa 8.90 % del municipio, se encuentra distribuida en franjas cercanas a la línea de costa, corresponde a zonas de inundación, palustres y litorales, está compuesta por arcillas, limos y arena con gran contenido de materia orgánica y lodo calcáreo. Su espesor es reducido por lo que no conforma acuíferos con posibilidad de aprovechamiento, aunque se encuentran sobre rocas calcáreas que forman parte del acuífero libre.

Tabla 32. Características y condiciones del acuífero en el municipio Benito Juárez, Q. Roo.

CARACTERISTICAS Y CONDICIONES	Hectáreas	%
Material consolidado con posibilidades altas	79,939.88	85.96
Material no consolidado con posibilidades bajas	8,274.00	8.90
Cuerpos de agua	4,786.66	5.15
Total general	93,000.54	100.00

Fuente: INEGI Base de datos alfanuméricos. Carta hidrológica de aguas subterráneas.
Escala 1:250000

Las particularidades de este sistema hidrológico costero hacen que los acuíferos sean vulnerables a la contaminación por la presencia de asentamientos irregulares sin servicios públicos, las descargas de aguas residuales y la existencia de pozos pluviales en zonas urbanas. Asimismo, existe el riesgo de intrusión de la cuña de agua salada por efecto del bombeo para la extracción de agua que se incrementa conforme se aproxima a la línea de costa.

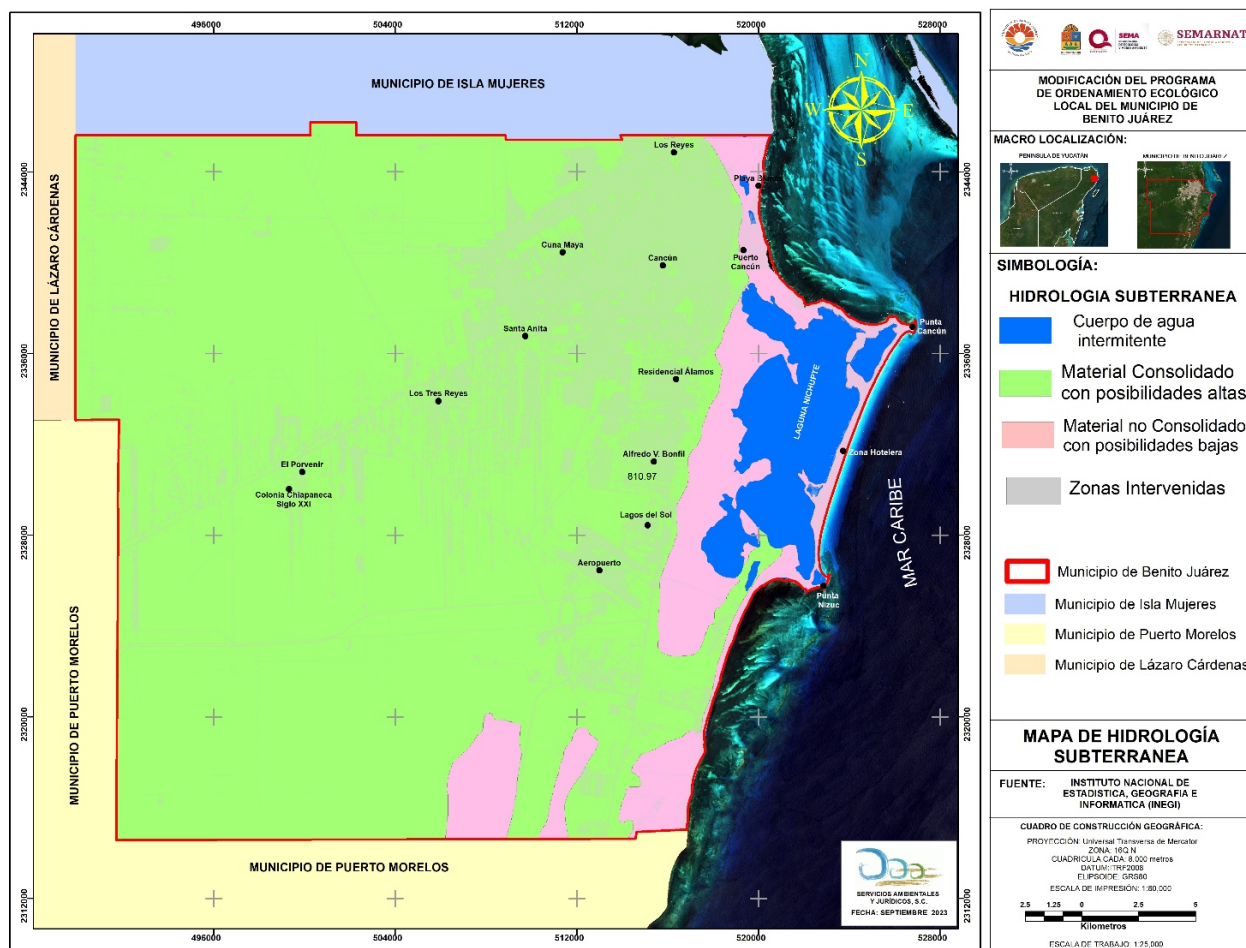


Imagen 34.- Distribución espacial de las principales características y condiciones del acuífero subterráneo en el Municipio Benito Juárez, Q. Roo.

En este municipio el uso predominante del agua que se extrae es para el consumo humano, que busca satisfacer las necesidades de agua potable y domésticas en los centros de población de mayor tamaño como: Cancún e Isla Mujeres. En menor proporción existen extracciones de aguas saladas y salobres de uso particular para la industria en la ciudad de Cancún, así como para el riego de campos de golf y el suministro de este insumo para sistemas de desalinización en algunos desarrollos turísticos.

- **Situación de los acuíferos: cálculo de balance hídrico.** El acuífero en el municipio Benito Juárez, es de tipo costero, se encuentra en rocas calizas y depósitos de litoral con permeabilidad alta en material consolidado con posibilidades de aprovechamiento altas en la mayor parte. Corresponde a una cuenca hidrológica abierta y forma parte de un acuífero cárstico de tipo libre, en donde los niveles del manto freático varían algunos centímetros entre las épocas de lluvias y secas y presenta niveles estáticos de casi 5 m en una franja

de 15 km de ancho paralela a la costa. Todo indica que este flujo subterráneo ocurre principalmente a través de fracturas, fallas, cavernas y conductos menores de rumbo variable.

El agua es el recurso natural más importante para el municipio Benito Juárez, se considera que es abundante por la elevada precipitación pluvial que se recibe. No se cuenta con estimaciones del balance hídrico a nivel municipal. Sin embargo, diversos estudios proporcionan información sobre el balance hidrológico a nivel regional y estatal. Quintana Roo recibe un volumen medio anual de lluvia del orden de 60,000 Mm³, los que en su mayor parte precipitan durante los meses de mayo a octubre. Adicionalmente, a la entidad ingresa, por su borde sur, el escurrimiento superficial que el río Hondo colecta en territorio de Guatemala y de Belice; considerando el área de la cuenca que corresponde a esos países, se estima que esta aportación es del orden de 500 Mm³/año. Debido a la gran capacidad de infiltración y a la poca pendiente topográfica del terreno, alrededor del 80 % de la precipitación pluvial se infiltra; el 20 % restante se distribuye entre la interceptación de la densa cobertura vegetal, el escurrimiento superficial y la captación directa de los cuerpos de agua: áreas de inundación, lagunas y cenotes.

El agua que recibe la entidad es descargada, principalmente, por evaporación de agua superficial subterránea en los citados cuerpos de agua y por la transpiración de la vegetación que extrae del subsuelo la mayor parte del volumen infiltrado. Otras salidas menores son: el volumen de escurrimiento que el río Hondo desaloja a la Bahía de Chetumal; cuyo orden de magnitud es de 1,500 Mm³/año y el caudal subterráneo que escapa del acuífero al mar, estimado en 5,850 Mm³/año. De acuerdo con el análisis anterior, se deduce que el balance hidrometeorológico del estado es positivo ya que la evapotranspiración anual es de unos 54,804 Mm³, equivalente al 88 % del volumen llovido; la fracción complementaria de éste sale al mar superficial y subterráneamente, mientras que una fracción insignificante es extraída por captaciones.

La recarga del acuífero tiene lugar durante los meses de mayo a octubre y es originada principalmente por las lluvias de mayor intensidad. En general, la elevada precipitación pluvial, la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, favorecen la renovación del acuífero en toda la entidad. La recarga por unidad de área es más abundante en la llanura que en el área de lomeríos, porque en aquella es menos densa la cobertura vegetal, más delgado el horizonte arcilloso (sascab), llegando a desaparecer incluso en amplias zonas, y mayor el desarrollo cárstico superficial.

Del volumen total de agua que se infiltra al subsuelo sólo una parte ingresa al acuífero: se estima que el 72.2 % del agua infiltrada, unos 34,650 Mm³/año, es retenida por las rocas que se encuentran arriba de la superficie freática y gradualmente extraída por la transpiración de las plantas; el otro 27.8 %, unos 13,350 Mm³/año, constituye la recarga efectiva del acuífero.

A pesar de que los acuíferos reciben abundante recarga, su aprovechamiento intensivo está relativamente restringido por el riesgo que implica el deterioro de la calidad del agua. En efecto, la presencia de la cuña del agua marina que subyace al agua dulce en los acuíferos costeros impone severas limitaciones a los abatimientos permisibles en los pozos y, por tanto, a sus caudales de extracción; desaprovechándose así, en parte, la gran capacidad transmisora de las calizas acuíferas.

La recarga y descarga del acuífero provoca oscilaciones estacionales de sus niveles de agua, con un ligero abatimiento durante la época de sequía y ascenso en las temporadas de lluvia, cuya magnitud es apenas de unos cuantos centímetros o decímetros. La evapotranspiración, los cambios de la presión atmosférica y la influencia de las mareas en la faja costera, provocan fluctuaciones piezométricas diarias y estacionales de unos cuantos centímetros a varios decímetros. A pesar de su reducida magnitud, estas pequeñas oscilaciones son de consideración, porque provocan fuertes movimientos de la interfase que separa al agua dulce del agua marina, y en consecuencia, hacen variar notablemente el espesor aprovechable del acuífero. La importancia de este fenómeno se pone de manifiesto si se toma en cuenta, por ejemplo, que en respuesta a un abatimiento de 10 cm del nivel freático durante el bombeo, la interfase salina asciende 4 m en el mismo sitio y el espesor saturado de agua dulce decrece en la misma medida.

Hasta la actualidad, no se ha registrado tendencia progresiva descendente de los niveles del agua subterránea; sin embargo y considerando que se pretende incrementar la densidad de pozos en las zonas de extracción, es indispensable establecer un monitoreo permanente y sistemático que permita la detección oportuna de los potenciales abatimientos progresivos en el espesor del agua dulce, así como una vigilancia del desplazamiento de la cuña salina.

Calidad del agua subterránea: situación actual y zonas vulnerables a la contaminación. - Los acuíferos del municipio Benito Juárez reciben abundante recarga, manifiestan un flujo permanente con variaciones diarias y estacionales, pero su aprovechamiento intensivo está relativamente restringido por el riesgo que implica el deterioro de la calidad del agua. En efecto, la presencia de la cuña del agua marina que

subyace al agua dulce en los acuíferos costeros impone severas limitaciones a los abatimientos permisibles en los pozos y, por tanto, a sus caudales de extracción.

La salinidad total del agua subterránea varía dentro del rango de 300 a 2,950 ppm, decreciendo gradualmente de la costa hacia tierra adentro; esta misma es mayor que 1,500 en una faja de 5 Km a partir del litoral y de 450 a 2,000 en el resto del estado. Esta variación espacial de la concentración de sales es producto de tres procesos hidrogeoquímicos: el de disolución, debido al cual, la salinidad del agua aumenta en el sentido del flujo; la mezcla del agua dulce con el agua salada subyacente, proceso predominantemente en la zona costera del estado; y el de dilución, a causa del cual, la recarga reduce temporalmente la salinidad del agua que circula por el acuífero.

El espesor saturado de agua dulce decrece hacia la costa; siendo menor que 60 m en una faja de 40 Km a partir de aquella. Dentro del agua ocupada por la cuña de agua marina, la influencia de las mareas y el movimiento de la superficie freática provocan oscilaciones de la interfase salina, dando lugar a la formación de una zona de mezcla que contiene agua salobre con salinidad desde 1,000 hasta varios miles de ppm, cuya amplitud aumenta hacia el litoral y que en la faja costera reduce en varios metros el espesor de agua de calidad aprovechable. Cuando la extracción de agua en el litoral costero rebasa el flujo de agua dulce, se provoca el ascenso del agua salobre, por este incremento en la salinidad del agua extraída hasta altas concentraciones; por lo general, se inutilizan de manera temporal o permanente los pozos que no son diseñados y operados en forma adecuada.

La Comisión Nacional del Agua, para poder conocer la potabilidad del agua en la región de Quintana Roo, ha realizado, entre otros, un sin número de pruebas de sólidos totales disueltos en sus diversos aprovechamientos. Para ellos los valores obtenidos pueden ser comparados con la Tabla 33.

Tabla 33. Calidad del agua en función de su contenido de Sólidos disueltos totales.

Calidad	Sólidos Disueltos Totales (ppm.)
Muy buena	menos de 600
Buena	De 600 hasta 1,000
Regular	De 1,000 a 1,500
No Potable	Más de 1,500

Los resultados destacan que los grupos de calidad regionales no siguen patrones o tendencias definidas; de hecho, algunas obras con excelente calidad de agua se localizan

en la faja costera, aunque explican que el área costera incluido Akumal, tiene concentraciones de sólidos disueltos entre 2,000 y 4,858 mg/l. Un indicador muy importante de la potabilidad del agua es el contenido bacteriológico, las evaluaciones hechas hasta la fecha indican que los asentamientos humanos son la principal fuente de contaminación bacteriológica de la región. A diferencia del parámetro anterior, cuando los contenidos en el agua de bacterias (coliformes totales y fecales) son altos, pero de buena calidad química, entonces se recurre a dar un tratamiento bacteriológico; el cual generalmente consiste en la adición de cloro.

El comportamiento físico-químico y dinámico del agua costera del municipio Benito Juárez es muy similar al de la región, variando únicamente en las distancias y los espesores de los diferentes cuerpos de agua. Una medición de campo muy efectiva para la evaluación de la calidad del agua en la región, es la conductividad eléctrica. Los valores reportados para Playa del Carmen-Tulum varían entre 1,500 y 10,000 Ms/cm, con la particularidad de que aun en la línea de costa existe alternancia de valores altos y bajos, dependiendo del grado de disolución de las calizas; lo cual genera la entrada a tierra del agua de mar (CNA, 1991). La conductividad eléctrica también ha sido utilizada hasta la fecha, para observar la distribución vertical del agua dulce, el agua salobre y el agua marina, a través de pozos o cenotes.

Sin embargo, a pesar de que el agua para consumo humano se extrae del acuífero subterráneo, existe un riesgo latente de contaminación al mismo por diversas actividades antropogénicas, entre las que destacan: i) La proliferación de la actividad minera (que “adelgaza” el filtro natural que es la piedra caliza, misma que es extraída como materia prima para la construcción), y que en algunos casos incluso se aflora el manto freático, quedando expuesto a la posible contaminación; ii) Los asentamientos irregulares que han proliferado dentro y fuera del centro de población y en los que su principal característica es la ausencia de servicios básicos, destacando la falta de agua potable y drenaje sanitario, lo que pone en riesgo de contaminación al agua del manto freático; y iii) La falta de un sitio adecuado para la correcta disposición final de los residuos sólidos urbanos que generan los habitantes de los municipios de Cancún e Isla Mujeres.

Aun cuando esta problemática es bastante grave, la información oficial (CAPA, 2024) respecto de la calidad del acuífero, indica que el agua subterránea aún posee buena calidad:

Tabla A.- Calidad del agua en pozos de las zonas de captación (extracción) de agua potable. (CAPA, 2024).

		°C	UpH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	UFC/100mL	UFC/100mL	NTU	µs/cm	mg/L	mg/L
		Temp	pH	Alcalinidad	Dureza Ca	SDT	Dureza Total	Cloruros	Col. Totales	Col. Fecales	Turbidez	Conductividad	Sulfatos	N-Nitratos
Captación 1	2019	25	7.25	318	288	737	387	202	19	1	0.29	1228		
	2020	25	7.31	314	286	726	383	194	5	1	0.27	1210		
	2021	25	7.37	324	283	737	387	205	17	1	0.26	1228		
	2022	25	7.15	328	301	748	399	209	5	0	0.36	1247		
	2023	27	7.24	336	319	729	427	227		1	0.27	1196		
Captación 2	2019	26	7.47	288	269	758	368	229	72	3	0.25	1263		
	2020	26	7.38	286	269	785	358	231	43	0	0.25	1309		
	2021	26	7.37	281	263	721	348	209	12	2	0.20	1202		
	2022	26	7.28	290	269	754	362	226	16	4	0.32	1257		
	2023	27	7.29	285	276	787	380	242	22	2	0.26	1291		
Captación 3	2019	24	7.22	337	298	739	405	197	0	0	0.23	1232		
	2020	25	7.20	352	301	785	423	221	9	0	0.24	1309		
	2021	25	7.22	347	310	771	425	213	3	0	0.38	1286		
	2022	25	7.26	348	306	751	432	223	3	0	0.35	1251		
	2023	26	7.18	354	301	784	431	225	9	0	0.31	1285	35	1.0
Captación 4	2019	26	7.49	315	281	778	386	231	7	0	0.25	1296		
	2020	26	7.43	316	281	806	385	238	5	0	0.33	1343		
	2021	25	7.24	313	298	793	401	240	7	1	0.35	1322		
	2022	25	7.24	316	301	831	420	258	0	0	0.39	1385		
	2023	25	7.19	320	299	868	413	259	3	0	0.35	1423		
Captación 5	2019	25	7.38	298	272	737	372	212	7	0	0.19	1229		
	2020	26	7.39	292	272	713	358	200	7	1	0.31	1189		
	2021	26	7.37	294	265	672	348	185	13	1	0.17	1119		
	2022	25	7.31	308	276	716	371	212	8	0	0.45	1193		
	2023	25	7.33	297	282	776	366	226	7	0	0.24	1272		
Captación 6	2019	25	7.19	348	305	751	413	197	7	1	0.14	1252		
	2020	25	7.18	352	299	762	405	200	7	1	0.29	1270		
	2021	25	7.15	344	296	760	413	202	7	0	0.12	1267		
	2022	25	7.17	355	308	752	429	209	37	4	0.30	1254		
	2023	26	7.07	354	297	742	419	210		11	0.28	1217	33	0.4

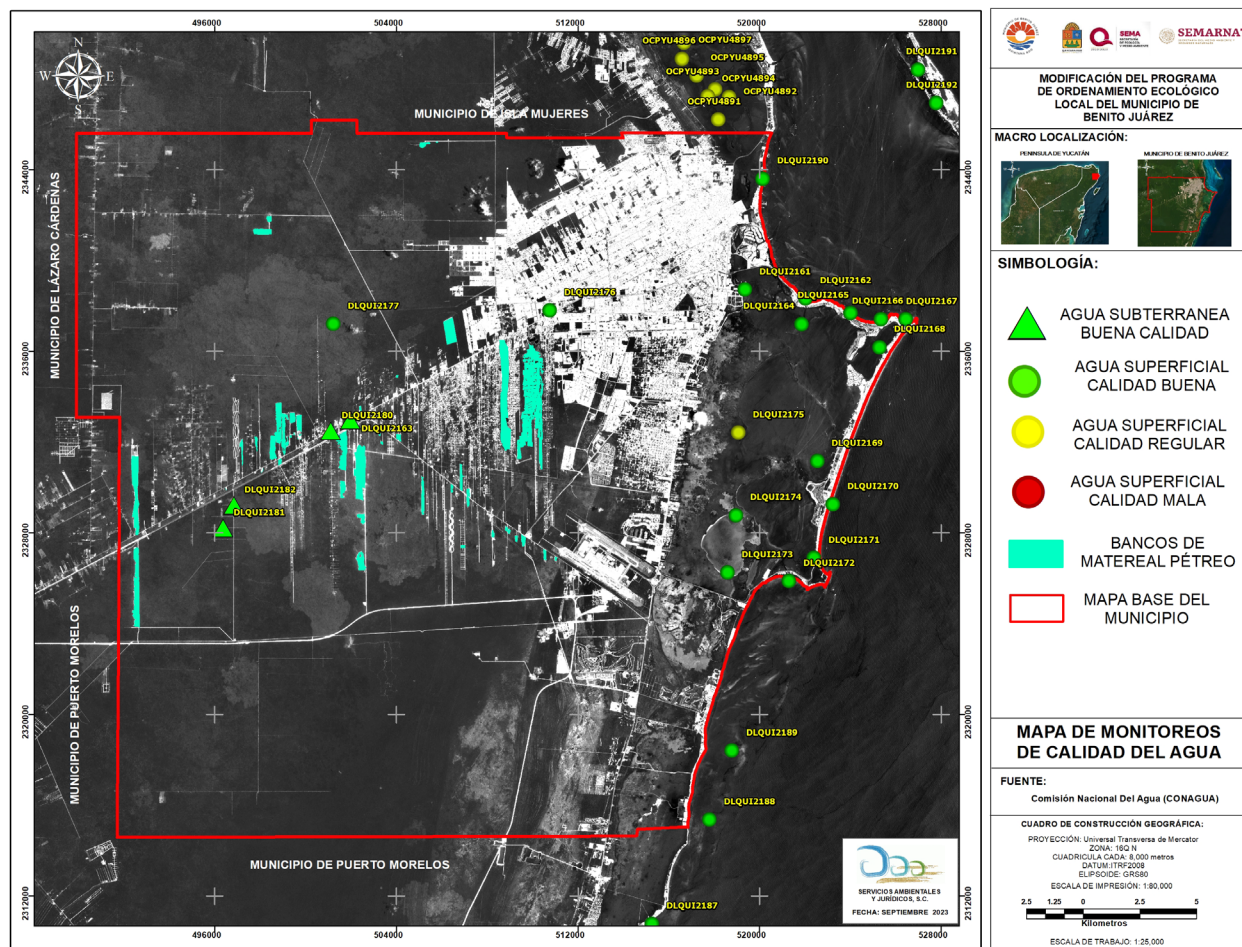


Imagen A.- Sitios de muestreo de calidad del agua realizado por la CONAGUA (<https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>).

En este mapa se observa que, de acuerdo a los resultados del monitoreo de calidad del agua 2022, el agua subterránea mantenía una buena calidad en los sitios muestreados; mientras que el agua superficial, solo un punto de los 19 muestreados, muestra una calidad del agua deficiente (contaminada por coliformes fecales y valores bajos de oxígeno disuelto) en la zona conocida como “Laguna del Amor”.

3.1.2.7. Descripción de los Tipos y Características de los Suelos Dominantes

Los suelos son sistemas biofísicos abiertos, dispuestos en capas y compuestos de minerales, materia orgánica y micro-organismos que sirven de soporte para los seres vivos y permiten el crecimiento de las plantas en condiciones naturales. Este sistema intercambia materia y energía con la biosfera, litosfera, atmósfera e hidrosfera; se considera un recurso natural no renovable, con funciones ecológicas, ambientales y culturales. Dichas funciones tienen jerarquías y algunas son excluyentes: a) producción de biomasa, alimentos y fibras; b) mejoramiento ambiental (almacenaje, transformación y filtración); c) biodiversidad y hábitat de organismos; d) archivo geológico y arqueológico; e) fuente de materiales; e) ambiente físico y cultural y g) fijación de carbono (Ibáñez y Boixadera 2002; Commission of the European Communities, 2006).

El suelo almacena nutrientes, participa en la liberación moderada de los mismos y suministra otros elementos para el crecimiento de las plantas. Mediante los ciclos biogeoquímicos, los nutrientes pueden ser transformados a formas disponibles para las plantas y convertirse en biomasa. La producción de biomasa es la función del suelo más estudiada, de manera particular se sabe que ciertos cultivos requieren condiciones especiales para su buen desarrollo y sólo es posible cultivarlos con éxito en suelos con características particulares. Por el contrario, otros cultivos pueden crecer y desarrollarse en diversos grupos de suelos.

Los suelos tienen la capacidad para filtrar el agua, limpiándola de impurezas mediante las cargas negativas y positivas en sus partículas minerales y orgánicas, protegiendo la calidad del agua, el aire y la biota. De la misma manera, las comunidades microbianas, y la macro-fauna del suelo, pueden transformar los compuestos orgánicos, ya sea por mineralización o por humificación. En el suelo, el tiempo de residencia de los contaminantes es mucho mayor que en el aire y el agua, y el contaminante puede desactivarse por diversas reacciones químicas (e.g. oxidación, reducción, quelación, precipitación, carbonatación y otras). El peligro de toxicidad de los contaminantes para los seres humanos es menor en el suelo que en el aire y el agua, dado que, para ser ingerida, la toxina primero debe pasar por las plantas. La dispersión del contaminante, también, es considerablemente menor en el suelo que en el aire o el agua (Bautista 1999).

Entre otras funciones de los suelos en este municipio destacan como fuente de materiales: ya que contienen humus y tierra vegetal útil para macetas y jardines, así como arcillas, arenas, piedras y rocas que son útiles en la industria de la construcción para la obtención de polvo de piedra, gravilla y grava, entre otros productos. Es particularmente importante en este municipio la función de los suelos como el medio físico para sostener la estructura

socioeconómica de los asentamientos humanos, construcción de viviendas, desarrollo turístico e industrial, infraestructura, sistemas de transporte, recreación, almacenamiento de residuos, etcétera.

Al nivel de cuenca, el suelo es regulador de la cantidad y calidad del agua, ya que funciona como un sistema de almacenamiento, filtración, amortiguamiento y transformación de muchos compuestos, entre ellos, los contaminantes. Algunos tipos de suelos son reservorio importante de elementos que participan en el cambio climático global, entre los que destaca el almacenamiento de carbono. Asimismo, el suelo en condiciones naturales está constituido por una gran variedad de organismos, entre los cuales pueden estar las plantas, animales y los microorganismos, por lo que el cambio de uso de suelo tiene un impacto en la biodiversidad de los ecosistemas terrestres. En el ámbito social, el suelo es parte de la herencia cultural que contiene tesoros arqueológicos y paleontológicos, importantes para conocer la historia de la humanidad y de la Tierra.

La caracterización de los suelos del municipio Benito Juárez, se realiza con base en la distribución espacial de las unidades dominantes representadas en el Mapa edafológico del INEGI, escala 1:250,000. Mientras que la descripción de las características principales de las unidades similares, se realiza de acuerdo con el esquema de clasificación denominado Base referencial mundial del recurso suelo (WRB, por sus siglas en inglés, 2006) y su relación con la clasificación maya de los suelos referidas en fuentes bibliográficas locales.

Tabla 34. Tipos de suelo dominantes en el municipio Benito Juárez, Q. Roo.

Tipos de suelos dominantes	Hectáreas	%
Leptosol	74,236.63	79.8
Solonchak	9,616.18	10.3
Arenosol	1,072.84	1.2
Lagunas costeras	4,719.66	5.1
Mancha Urbana	3,355.23	3.6
Total	93,000.54	100.0

Es importante mencionar que en el mapa edafológico del municipio de Benito Juárez solo se representan los suelos dominantes (ver figura siguiente), por lo que el color es asignado en función del suelo con mayor extensión en cada zona. Sin embargo, tal como fue descrito para el sistema ambiental en el capítulo anterior, en dichas áreas existen asociaciones de dos o tres tipos de suelos, con tres diferentes clases texturales, dos fases

físicas y tres fases químicas. En total en el municipio se incluyen 18 subunidades de suelos diferenciadas de los cuerpos de agua y las zonas urbanizadas.

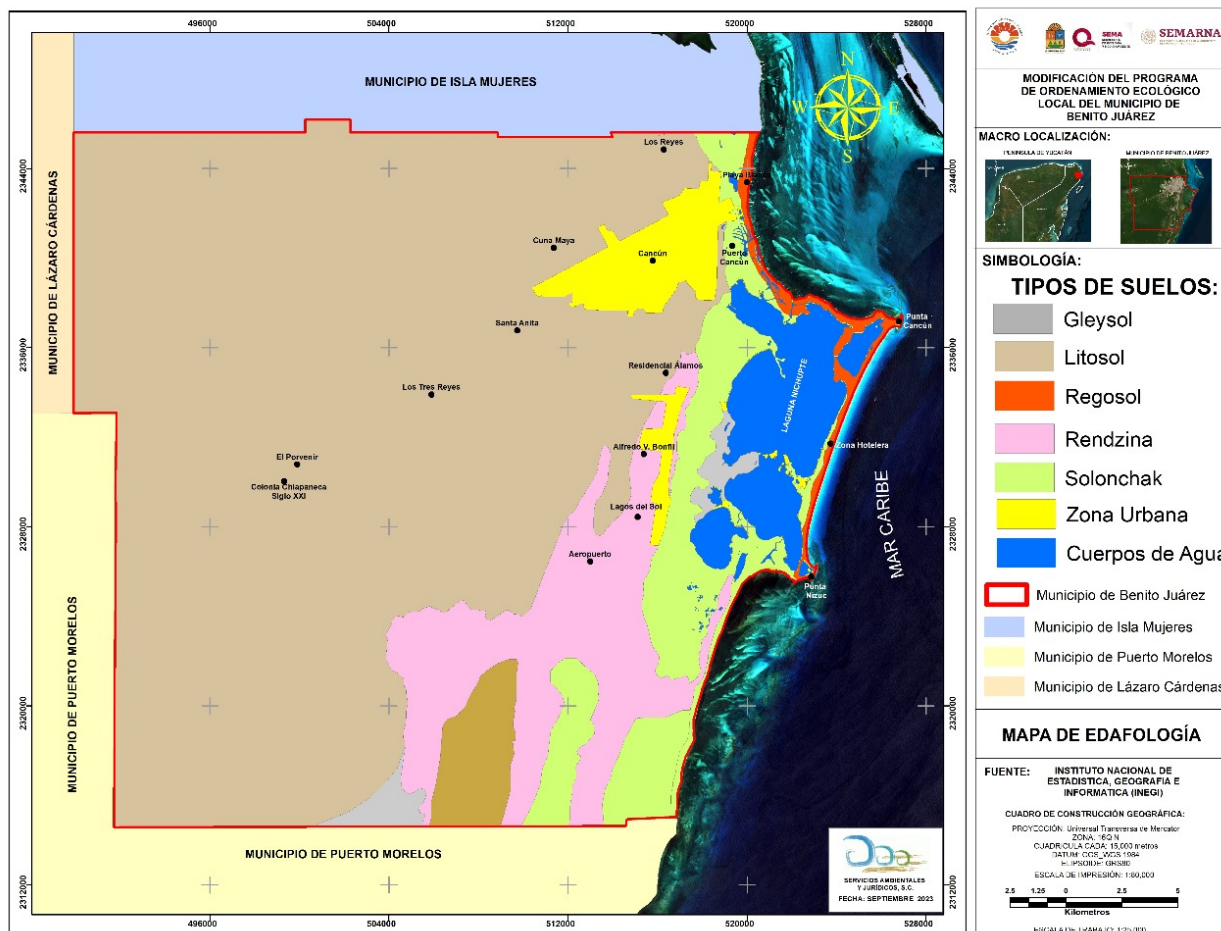


Imagen 35.- Tipos de suelo dominantes en el municipio de Benito Juárez, Q. Roo.

A continuación, se describen las principales características y se resaltan las funciones de los diferentes tipos de suelo dominantes de acuerdo con la Base referencial mundial del recurso suelo (WRB), que de acuerdo con el mapa edafológico del INEGI se encuentran presentes en el municipio Benito Juárez, los cuales corresponden a asociaciones de los siguientes tipos de suelo: Leptosol, Solochaks y Arenosol.

Leptosol (LP). - Estos tipos de suelos abarcan la mayor parte del municipio Benito Juárez, (79.8 % del territorio municipal). Son suelos originados por la acumulación de materia orgánica y humus sobre la superficie mineral y por la mínima solución y meteorización de las rocas calcáreas subyacentes. Son suelos jóvenes, presentan un color negro a café oscuro con menos de 20 cm de espesor, con pedregosidad superficial y rocosidad

aflorante. Presentan un pH ligeramente alcalino, su drenaje interno y superficial es eficiente. Debido a su textura, se favorece el almacenamiento de elementos nutritivos en su delgado perfil. Son suelos muy ricos en materia orgánica, que soportan vegetación de selva. En estos suelos se han establecido las zonas urbanas y la mayoría de los asentamientos humanos.

Solonchaks (SC).- Son suelos coluviales derivados de materiales acarreados que son depositados en los bajos, generalmente a manera de manchones distribuidos entre los litosoles y en las zonas de pantanos en donde hay depositación de materia orgánica logrando una concentración muy rica, se inundan durante los meses de Junio a Noviembre. Su color representativo es el negro parduzco en los horizontes superficiales, y con una gama de gris a gris olivo en los inferiores, estos tipos de suelos presentan un drenaje interno y superficial lento. Se caracterizan por presentar un alto contenido de sales en algunos horizontes, o en toda su superficie; son poco susceptibles a la erosión, no presentan carbonatos y tienen un pH ligeramente ácido. Este tipo de suelos se encuentra principalmente en la planicie inundable y ocupan 5.4% del municipio.

Arenosol (AR). – Suelos con más del 85% de arena. Incluyen arenas depositadas en dunas o playas. No tienen buenas propiedades de almacenamiento de agua y nutrientes, pero ofrecen facilidad de enraizamiento. En los trópicos húmedos están químicamente agotados y son altamente sensibles a la erosión. Los Arenosol comprenden suelos arenosos profundos. En estos suelos se incluyen los suelos de arenas recientemente depositadas tales como dunas de playas que ocupan 1.2 % del territorio municipal. La característica que todos los Arenosol tienen en común es su textura gruesa, que explica su alta permeabilidad y baja capacidad de retención de agua y almacenamiento de nutrientes. Estos suelos es mejor dejarlos bajo su vegetación natural. Como los elementos nutrientes están todos concentrados en la biomasa y en la materia orgánica del suelo, el desmonte producirá un terreno poco fértil y con limitado valor ecológico.

3.1.2.8 Modelo digital del Terreno

En la imagen 36, se representa el modelo digital de elevación del terreno dentro del municipio de Benito Juárez, en color gris claro se representan las porciones del terreno más bajas, las curvas de nivel con cotas de 0 msnm a 3 msnm y en color café las porciones del terreno más altas, las curvas de nivel con alturas de hasta 12 msnm. En color amarillo las porciones del terreno con curvas de nivel entre los 6 y 9 msnm y en color verde las porciones del terreno con alturas entre 3 y 6 msnm. Por la conformación del terreno se aprecia una ligera inclinación del terreno del SW al NE, hacia la costa con

porciones de alturas intermedias que colindan con las franjas de bajos que se encuentran en la porción continental.

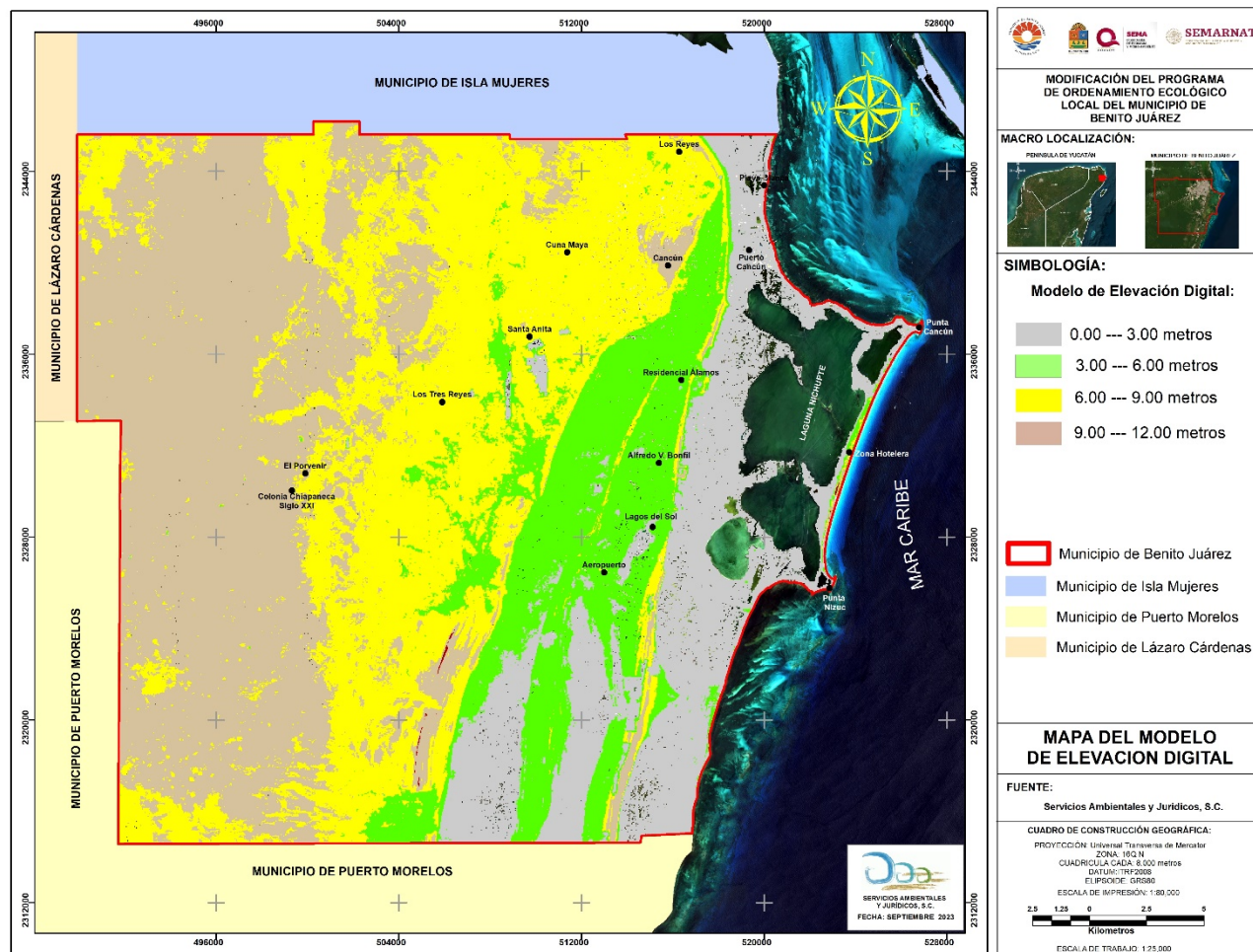


Imagen 36.- Modelo digital de elevación del municipio Benito Juárez, Q. Roo.

3.1.2.9. Identificación de las áreas con potencial de erosión

La erosión inducida se relaciona con las malas prácticas de manejo de los suelos, una de las principales causas de la pérdida de suelo en los ecosistemas tropicales en general y en los de este municipio en particular, se debe a la eliminación de la cobertura vegetal. Por lo general, la exposición prolongada de los terrenos desmontados, facilitan el arrastre de las partículas del suelo hacia las partes más bajas. Por la predominancia de terrenos planos y permeables en la porción continental del municipio, es más probable la erosión hídrica vertical de los suelos que permanecen sin cubierta vegetal.

En la franja litoral la erosión eólica superficial es más frecuente y se relaciona directamente con la intensidad del viento y el tamaño de las partículas del suelo arenoso. La formación de las dunas o montículos de arena es ocasionada por la acumulación de materiales acarreados por el viento que al perder velocidad son depositados en grandes cantidades.

3.1.2.10. Vegetación y Uso del Suelo

Los tipos de vegetación constituyen unidades ecológicas, con atributos particulares de estructura y composición, que son inducidos y determinados por las características geológicas, climáticas, hidrológicas y edafológicas del sitio en el que se establecen y desarrollan. De la dinámica y el funcionamiento de la vegetación dependen la conservación de la diversidad biológica y la calidad de los servicios ambientales que pueden proporcionar las comunidades vegetales en los ecosistemas terrestres. Dentro de un mismo tipo de vegetación, las diferentes condiciones y características de los rodales son manifestaciones de la magnitud de las afectaciones producidas por los factores de perturbación y el estado de desarrollo que presentan las poblaciones de plantas en recuperación.

Entre los estudios de vegetación que incluyen al municipio Benito Juárez, destaca el de Miranda y Hernández X (1963), que clasifica los tipos de vegetación a partir de sus diferencias fisonómicas. En la carta de vegetación y uso del suelo Mérida, con escala 1:1'000,000 de la SPP-1981, se hace una primera aproximación para delimitar la distribución de los tipos de vegetación que corresponden a este municipio. En ediciones posteriores las series II, III y IV de la Carta de vegetación y uso del suelo del INEGI, escala 1:250,000, se establecen precisiones de la distribución y estado de desarrollo de las comunidades vegetales. Flores (1992) y Flores *et al.* (1994), en sus estudios para toda la península de Yucatán, de manera parcial describen los tipos de vegetación del norte de Quintana Roo. En el 2002 se realizan con enfoques fisonómicos y florísticos los trabajos de caracterización de la vegetación para el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio Benito Juárez y del 2005 al 2007 se realizan los muestreos cuantitativos y sistemáticos de la vegetación para el Inventario Nacional Forestal.

De acuerdo con González-Medrano (2004), la descripción fisonómica de la vegetación se refiere en un sentido amplio, tanto a la estructura (altura y espaciamiento), a las formas de crecimiento (morfología y forma o aspecto del crecimiento) de las especies predominantes y a los caracteres foliares (estacionalidad, forma, fenología, duración, talla y textura) de las plantas dominantes o componentes. Estos rasgos fisonómicos proporcionan una forma rápida y eficiente de caracterizar la vegetación, pueden reconocerse fácilmente en el

campo e inclusive pueden usarse con un escaso conocimiento de la flora. Los sistemas fisonómicos proporcionan generalizaciones de la vegetación en escalas geográficas amplias y proveen información general acerca de las características del ambiente. En la práctica, las formaciones a veces son definidas por combinaciones variadas de formas de crecimiento dominantes y características del medio ambiente, convencionalmente aceptadas.

La descripción cuantitativa de la vegetación ofrece elementos de análisis matemáticos y estadísticos que se utilizan para identificar y comparar las diferencias y similitudes entre comunidades, así como entre unidades de muestreo. Una de las formas más simples de describir una comunidad es mediante el conteo del número de especies presentes. Sin embargo, con los métodos de muestreo de vegetación por unidad de área, se puede estimar el valor de importancia relativa de cada una de las especies de la comunidad mediante la combinación de diversos parámetros como la densidad, frecuencia, área basal, cobertura o biomasa (Durán, 1995). Otros autores prefieren utilizar métodos de muestreo sin área definida, lo que les permite invertir el mínimo de tiempo por unidad de muestreo y aumentar el número de registros en áreas grandes.

En este trabajo se identifican, clasifican y ordenan los tipos de vegetación predominantes en el municipio Benito Juárez, con base en rasgos fisonómicos y estructurales y se describen los rodales con condiciones y características de desarrollo y conservación distintos.

La distribución espacial de los tipos y de las condiciones de la vegetación más importantes, se definen de acuerdo con la interpretación y rodalización de la imagen de satélite de mayo del 2023. Luego de su verificación en campo, se estima la superficie que ocupan los tipos de vegetación y usos del suelo y se describen los atributos ambientales que las caracterizan. Para la denominación de los tipos de vegetación en este estudio se utiliza de manera preferencial la nomenclatura oficial del INEGI de acuerdo con la “Guía para la interpretación de cartografía. Uso del suelo y vegetación” (INEGI, 2005). Entre los usos del suelo representados en el mapa de vegetación para el municipio Benito Juárez incluyen los pastizales cultivados, las zonas urbanas, los asentamientos humanos y los cuerpos de agua.

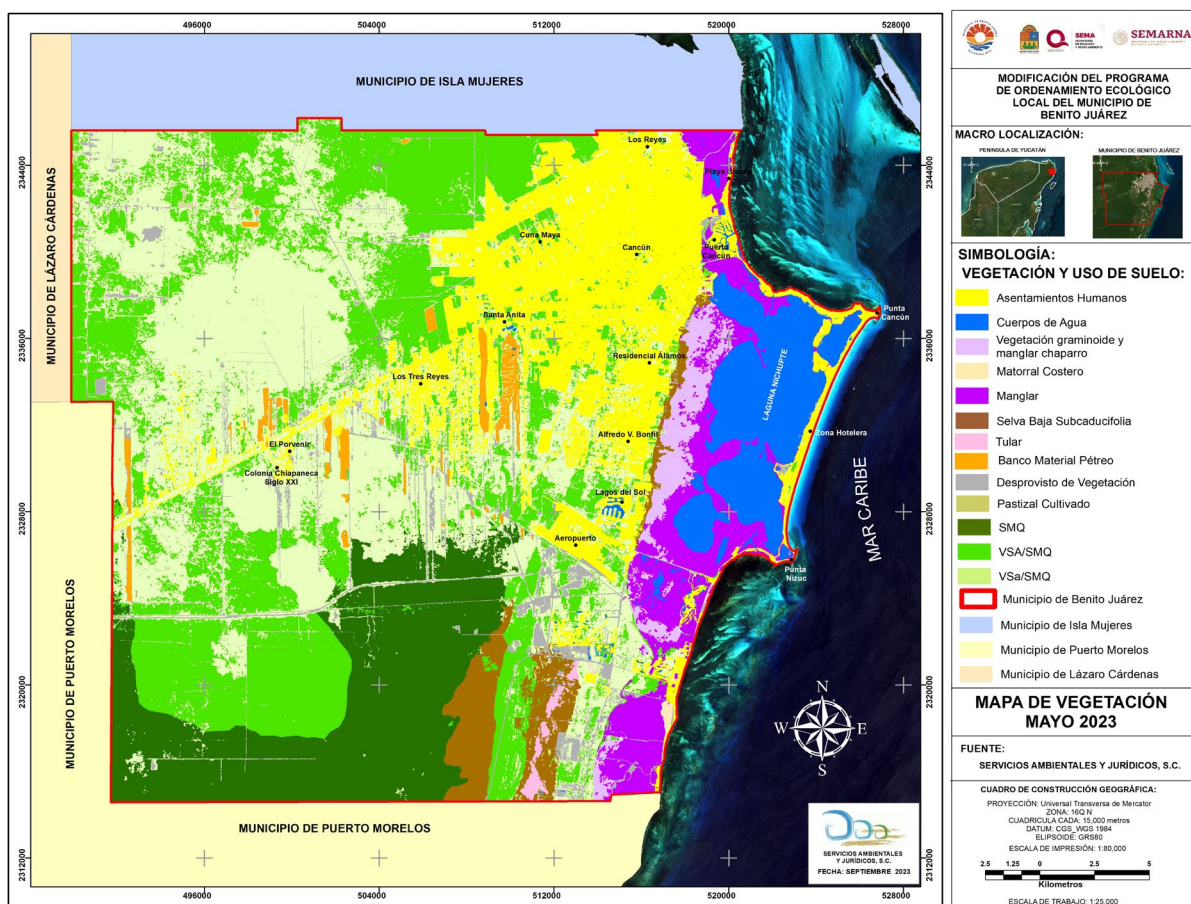


Imagen 37.- Mapa de vegetación y uso del suelo del municipio Benito Juárez, Q. Roo.

3.1.2.11. Tipos de vegetación

Los tipos de vegetación identificados en el municipio Benito Juárez corresponden con las características de la selva mediana subperennifolia, las selvas bajas, los tulares, los manglares y la vegetación de dunas costeras representada como matorral costero.

La selva mediana subperennifolia y las selvas bajas son comunidades vegetales dominadas por árboles, plantas leñosas con tronco definido, que se desarrollan sobre suelos jóvenes, someros y ricos en materia orgánica, con pedregosidad y rocosidad aflorante, por lo que se agrupan para formar el ecosistema de Selva. Este ecosistema selvático es el más extenso del municipio, ya que ocupa 63,075.42 hectáreas que equivale al 67.8 % de la superficie total. Los manglares y tulares son comunidades vegetales que se desarrollan en suelos planos, inundados o sujetos a inundación temporal, por lo que se agrupan en el ecosistema de humedal. Este ecosistema ocupa 6,458.77 hectáreas que equivale al 6.9 % del territorio municipal.

La vegetación de duna costera ocupa en total 140.85 hectáreas (0.1% de este municipio). Mientras que las áreas con evidencias de actividades agrícolas y pecuarias se agrupan como Agroecosistemas; las cuales ocupan 74.66 hectáreas, es decir el 0.1% de la superficie de este municipio. Los pastizales cultivados considerados como agroecosistemas ocupan apenas 44-55 hectáreas que corresponde al 0.05 % del municipio. En el territorio municipal también se identifican áreas sin cobertura vegetal que representan fragmentos de ecosistemas que permanecen actualmente desprovistas de vegetación y sin vegetación aparente como: las áreas urbanas, los asentamientos humanos y los cuerpos de agua. Estas áreas sin cobertura vegetal ocupan en total 23,347.14 hectáreas que representa 25.1 % de la superficie total de este municipio (Tablas 35 y 36).

Tabla 35. Superficie y cobertura por ecosistemas en el Municipio Benito Juárez, Quintana Roo.

ECOSISTEMA	HECTÁREAS	PORCENTAJE
Selvas (mediana y baja)	63,075.42	67.8
Humedal	6,458.77	6.9
Vegetación de duna costera	74.66	0.1
Agro-ecosistemas	44.55	0.05
Sin cobertura vegetal	23,347.14	25.1
TOTAL	93,000.54	100.0

FUENTE: Mapa de vegetación y uso del suelo, SAyJSC.

3.1.2.12. Estructura y composición de los tipos y condiciones de la vegetación.

Selva Mediana Subperennifolia.- La selva mediana subperennifolia es el tipo de vegetación más extenso en este municipio ya que ocupa una superficie de 60,519.77 hectáreas que representa el 65.1 % del territorio municipal. Es el tipo de vegetación de este municipio con el mayor número de especies registradas (138) y presenta el mayor número de especies protegidas (5). Se desarrolla sobre suelos jóvenes ligeramente ondulados. Esta vegetación presenta una amplia distribución en el municipio formando macizos que colindan con las selvas bajas, los tulares y con los manglares, está formada por rodales con diferentes estados de desarrollo y conservación, la mayoría con predominancia arbustiva (29.5 % del territorio municipal), en menor proporción se presentan parches con dominancia arbórea (23.8 %) y con vegetación primaria (11.8 %). Este tipo de vegetación ha sido severamente afectado de manera recurrente por

huracanes, incendios forestales y actividades antropogénicas. Por lo que se reconocen tres condiciones de esta vegetación con características estructurales diferentes:

a) Vegetación primaria. - Son selvas en buen estado de conservación y las que presentan un estado avanzado de desarrollo con dominancia del dosel de árboles con DAP de 35 cm o más. Se presenta en forma de parches extensos en el sur del municipio. Tiene una superficie total de 10,960.22 hectáreas lo que representa 11.8% de la superficie municipal. Cuenta con volúmenes aprovechables de madera para aserrío de especies duras y comunes tropicales y recursos forestales no maderables.

b) Vegetación secundaria arbórea.- Son selvas con dominancia de árboles con DAP mayor de 15 cm y menor de 35 cm. Esta comunidad se presenta en una superficie de 22,116.05 hectáreas y ocupa el 23.8 % de la superficie municipal. Está formada por extensos macizos con dominancia de árboles jóvenes, entre fragmentos con dominancia arbustiva. Estos rodales tienen volúmenes potencialmente aprovechables de madera para palizada o postes y recursos forestales no maderables.

c) Vegetación secundaria arbustiva.- Esta comunidad derivada de la selva mediana subperennifolia presenta dominancia de arbustos y árboles de rápido crecimiento con DAP menor de 15 cm. Ocupa una superficie de 27,443.49 hectáreas, lo que representa el 29.5 % del territorio municipal. Se distribuye en forma de parches aislados entre la vegetación arbórea, por lo general colinda con caminos y carreteras, con zonas agropecuarias, así como con las selvas bajas. Esta comunidad carece de volúmenes aprovechables de madera con fines comerciales, pero puede contener recursos forestales no maderables.

Según Miranda y Hernández X. (1963); en la selva mediana subperennifolia entre el 25 % y el 50 % de los árboles dominantes pierden sus hojas durante la época de sequía. Según la clasificación de alturas de INEGI, la selva mediana presenta una altura de más de 15 m y menor que 30 m. En condiciones de una vegetación madura de este tipo de selva se distinguen tres estratos arbóreos de 4 a 12 m, de 12 a 20 m y de 22 a 25 m de altura total. Entre las especies dominantes del dosel destacan el chicozapote (*Manilkara zapota*), ramón (*Brosimum alicastrum*), huaya (*Talisia olivaeformis*), zapotillo (*Pouteria reticulata*) y yaité (*Gymnanthes lucida*). Mientras que entre las especies más abundantes en la vegetación secundaria, destacan el chaca (*Bursera simaruba*), chechén (*Metopium brownei*), perezcutz (*Croton niveus*), tsalan (*Lysiloma latisiliquum*) y sacchaca (*Dendropanax arboreus*). En el sotobosque son abundantes las palmas xiat (*Chamaedorea seifrizii*), chit (*Thrinax radiata*) y nakax (*Coccothrinax readii*).

Selva Baja Subcaducifolia.- Este tipo de vegetación se presenta en forma de franja paralelas a la línea de costa entre la selva mediana y los humedales, ocupa una superficie de 2,555.65 hectáreas (2.7 % del territorio municipal). Se desarrolla en terrenos bajos y planos, en suelos con drenaje deficiente, que se pueden inundar en la época de lluvias. Estas selvas se caracterizan por la presencia de árboles bajos, con tallos retorcidos y ramificados, el estrato herbáceo es escaso y por lo general presentan pocas epífitas y trepadoras. Entre las especies arbóreas y arborescentes más comunes y características de estas selvas bajas son: chechén (*Metopium brownei*), tsalan (*Lysiloma latisiliquum*), chacah (*Bursera simaruba*), despeinada (*Beaucarnea pliabilis*), sakpah (*Byrsonima bucidaefolia*), Palo de tinte (*Haematoxylon campechianum*) y sak catsin (*Mimosa bahamensis*), entre otros.

Tabla 36. Superficie y cobertura por condiciones de la vegetación y uso del suelo en el Municipio Benito Juárez, Quintana Roo.

TIPOS Y CONDICIONES DE LA VEGETACIÓN Y USOS DE SUELO	CLAVE	SUPERFICIE Has	%
Selva mediana subperennifolia	SMQ	10,960.22	11.8
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	VSA/SMQ	22,116.05	23.8
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	VSa/SMQ	27,443.49	29.5
Selva baja subcaducifolia	SBS	2,555.65	2.7
Tular	VT	266.00	0.3
Manglar	VM	4,592.21	4.9
Manglar y vegetación graminoide	VMGR	1,600.56	1.7
Vegetación de dunas costeras	VU	74.66	0.1
Pastizal cultivado	PC	44.55	0.0
Cuerpo de agua	H2O	4,889.64	5.3
Desprovisto de vegetación	ADV	2,916.75	3.1
Sascaberas y bancos de materiales pétreos	BAN	1,045.76	1.1
Asentamientos humanos	AH	14,495.00	15.6
TOTAL		93,000.54	100.0

FUENTE: Mapa de vegetación y uso del suelo, SAYJSC.

Tulares. - El tular es una comunidad herbácea de plantas acuáticas enraizadas en el fondo, en esta comunidad se incluyen también las agrupaciones de plantas herbáceas adaptadas a inundación temporal constituidas principalmente por monocotiledóneas de 20 cm hasta 2.5 m de altura total, de hojas largas y angostas (gramíneas y cyperaceas). Se desarrolla en zonas inundadas con agua dulce o salobre, en terrenos bajos, por lo general con humedad permanente. Se presenta en forma de alargados manchones en colindancia

con las selvas bajas y alrededor de los cuerpos de agua donde forma franjas circulares y delgadas. Estas comunidades se localizan como parches aislados entre las selvas, ocupan una superficie de 266.00 hectáreas que representa 0.3 % del territorio municipal.

Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha domingensis*), aunque también se pueden encontrar manchones de carrizales con dominancia de *Phragmites australis*, y los ceibadales de *Cladium jamaicense*.

Manglares. - En el municipio Benito Juárez, los manglares ocupan una superficie de 6,192.76 hectáreas (6.7 % del territorio municipal). Esta comunidad vegetal eminentemente costera, presenta dominancia arbustiva y arbórea, se presenta alrededor de las lagunas costeras y colinda con la duna costera, entre la vegetación graminoide y las selvas. Esta comunidad se desarrolla en suelos planos, con drenaje deficiente, ricos en materia orgánica y susceptibles a intrusión de agua marina.

El manglar está conformado por plantas facultativas que poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten tolerar la alta salinidad y por tanto colonizar terrenos inundados con agua salobre. Las especies características de esta comunidad son: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), que muestran un patrón clásico de zonación propio del manglar. El mangle rojo se desarrolla en las zonas con mayor tiempo de inundación, los mangles blanco y negro en los sitios de inundación estacional intermedia, mientras que el botoncillo se distribuye preferentemente en las zonas de menor inundación, donde establece un ecotono con las comunidades vegetales vecinas.

El manglar de franja tiene una influencia directa del agua de mar o del cuerpo de agua que rodea, por lo general forma una franja angosta que corresponde a la zona de mayor inundación. La especie dominante es *Rhizophora mangle*, pero también pueden estar presentes: *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* en los sitios con menos inundación. El manglar de cuenca se desarrolla por lo general detrás de la barra arenosa, en suelos con menos aporte de nutrientes, por lo que en estos sitios es característico el manglar chaparro.

Vegetación graminoide con mangle disperso.- Esta comunidad con predominancia herbácea está formada por especies adaptadas a inundación temporal constituidas principalmente por monocotiledóneas, de hojas largas y angostas (gramíneas y

cyperaceas). Se desarrolla en zonas inundadas con agua dulce o salobre, en terrenos bajos, por lo general con humedad permanente.

Vegetación de Dunas Costeras.- Este tipo de vegetación ocupa 74.66 hectáreas del litoral marino (0.1% del territorio municipal), en una franja delgada que por su anchura apenas se aprecia en el mapa de vegetación. De acuerdo con Espejel (1986) la vegetación de dunas costeras del Caribe Mexicano tiene afinidad con la vegetación costera de las islas antillanas. En la vegetación de dunas se reconocen dos condiciones: una con dominancia de plantas herbáceas adaptadas al crecimiento en suelos arenosos con alta salinidad que se establece próxima al mar en las dunas móviles y está representada por especies pioneras; como la suculenta (*Sesuvium portulacastrum*), margarita de mar (*Ambrosia hispida*), la riñonina (*Ipomoea pes-caprae*) y el lirio de mar (*Hymenocallis littoralis*).

En las dunas más estables se desarrolla el matorral costero, con dominancia de plantas arbustivas y arbóreas adaptadas a las condiciones de suelos arenosos, pobres en materia orgánica y con salinidad. En esta comunidad son comunes especies como el chit (*Thrinax radiata*), chechén, (*Metopium brownei*) el xocoy (*Pithecellobium keyense*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*), el romero (*Suriana maritima*) y el sikimay (*Tournefortia gnaphalodes*), entre otras. En esta comunidad se aprecian afectaciones debidas a los fuertes vientos, la brisa salina y el desarrollo de infraestructura turística.

Pastizales cultivados.- Los pastizales cultivados ocupan una superficie total de 44.55 hectáreas que representa el 0.05 % del territorio municipal. Se aprecian como polígonos irregulares de extensión variable casi siempre cercanos a las carreteras. Los principales pastos cultivados son el zacate brizanta, el zacate guinea, el taiwán y el estrella africana, entre otros. Estos pastizales son por lo general de pastoreo, presentan limitaciones en su desarrollo por la escasez del suelo y la dominancia de malezas.

Sin cobertura vegetal.- Las zonas urbanas y los asentamientos humanos ocupan 14,495.00 hectáreas lo que representa 15.6 % del territorio municipal y los bancos de materiales pétreos y las sascaberías ocupan 1,045.76 hectáreas 1.1 % del municipio; en estos sitios, se aprecian las alteraciones más severas a los ecosistemas naturales, así como alto riesgo de contaminación del acuífero y de los cuerpos de agua.

Los cuerpos de agua ocupan 4,889.64 hectáreas (5.3 % del territorio municipal) y las áreas sin vegetación aparente como los caminos y carreteras, así como las áreas desmontadas ocupan 2,916.75 hectáreas (3.1 % del territorio municipal).

3.1.2.13. Mapa de vegetación y uso del suelo

El procedimiento para elaborar el Mapa de vegetación y uso del suelo actual del área de aplicación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez se resume en el diagrama de la imagen 38 y los aspectos específicos se describen en los párrafos siguientes.



Imagen 38. Diagrama del procedimiento para la elaboración del plano de vegetación del Municipio Benito Juárez.

A partir del mapa base que contiene los límites del municipio, se integra la rodalización de las imágenes de satélite de febrero del 2011 y se realiza en gabinete un trabajo de interpretación y análisis de rodalizaciones posteriores con imágenes aéreas para identificar diferencias y representar las correcciones correspondientes, con las condiciones y características actualizadas hasta mayo del 2023 dentro de los límites del nuevo territorio municipal. Los puntos de verificación física de los tipos de vegetación y usos del suelo con dudas en su identificación se realizaron en sitios accesibles, en carreteras y caminos.

La distribución espacial de los tipos de vegetación y usos del suelo del municipio Benito Juárez, se presenta actualizada hasta mayo del 2023, en el mapa de vegetación y uso del suelo. En la sección de anexos se incluye el mapa respectivo y en una de las figuras previas se incluye el croquis en el que se aprecian los principales tipos y condiciones de la vegetación y los usos de suelo agrupados. En términos generales se puede concluir que la vegetación actual de este municipio está formada de manera predominante por fragmentos de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia y selvas bajas subcaducifolias,

que ocupan la mayor parte del municipio. Los humedales representados por los manglares se concentran en la porción Este del municipio, entre la barra litoral y las selvas. Estos humedales presentan afectaciones puntuales en las zonas urbanas y por la construcción de carreteras y caminos. Mientras que la vegetación de duna costera tiende a reducirse por el desarrollo urbano y turístico.

3.1.3. DIVERSIDAD BIOLÓGICA

La riqueza biológica y la diversidad de ecosistemas terrestres del municipio Benito Juárez, constituyen la base de recursos para el desarrollo de las actividades productivas y al mismo tiempo son fuente de bienes y servicios ambientales de los que pueden gozar los usuarios de los recursos naturales, así como los habitantes y visitantes. Los esfuerzos por conservar la diversidad biológica son más evidentes en las áreas naturales protegidas, por lo general en los programas de ordenamiento ecológico se integra información con respecto a la presencia de las plantas vasculares y la fauna de vertebrados terrestres. Diversos estudios reconocen la falta de información sobre los demás grupos de seres vivos y reconocimientos detallados de la biodiversidad en las áreas que se destinan para el aprovechamiento.

Los ordenamientos ecológicos locales, como instrumentos de planeación ambiental, desempeñan una función importante para la conservación de la diversidad biológica de los municipios, que es cada vez más requerida por la sociedad. Estos instrumentos de planeación ambiental, por su propósito de regular los usos del suelo fuera de los centros de población y establecer criterios de regulación ecológica en los centros de población, en función de los recursos y procesos prioritarios, requiere de consensos y negociaciones motivadas y fundamentadas entre los intereses sectoriales con expectativas diferentes y grandes discrepancias por el aprovechamiento de los recursos naturales, en un marco de respeto al derecho de los habitantes y el compromiso de los propietarios de los terrenos. Por esta razón es indispensable contar con información científica que nos permita sustentar las disposiciones reglamentarias pertinentes y confrontarlas con las opiniones y perspectivas de los usuarios a través de una participación social cada vez más comprometida con el bienestar común y el interés público.

3.1.3.1. Caracterización de la fauna

Introducción

El Municipio de Benito Juárez se localiza al norte del estado de Quintana Roo y se distingue por presentar una riqueza biótica sobresaliente que se desarrolla sobre una gran diversidad de ecosistemas que proveen las condiciones para albergar a los diversos grupos de vertebrados. Una gran porción del municipio está conformada por humedales donde reptiles, mamíferos y particularmente aves acuáticas encuentra sitios ideales para la anidación, crianza, refugio y alimentación. Asimismo, al interior del municipio, la vegetación predominante consiste en selva mediana subperennifolia en diversos estados de conservación donde la fauna habita los diversos estratos.

Dentro de la biodiversidad se encuentran una parte importante del total de las especies en Quintana Roo que cuentan con estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Biogeografía

La República Mexicana es el espacio geográfico donde tienen su encuentro dos de las más grandes regiones biogeográficas del mundo: la neártica y neotropical. Lo que aunado a su historia geológica y riqueza de tipos de vegetación, determina que sea considerado un país megadiverso. El mosaico biótico que resulta de lo anterior parte de procesos históricos de distribución y evolutivos de las especies, que determinan patrones biogeográficos. Estos patrones desde hace tiempo han sido materia de estudios y propuestas diversas; estableciéndose una propuesta de consenso de regionalización biogeográfica de 14 provincias biogeográficas².

² Morrone, J.J. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. Revista Mexicana de Biodiversidad 90 (2019): e902980. <http://rev.mex.biodivers.unam.mx/wp-content/uploads/2019-2/vol-90-2/90-11-nov-2019/03-3273.pdf>.



Imagen 39.- Ubicación del Municipio de Benito Juárez en el mapa de Provincias Biogeográficas de la República Mexicana.

Fuente: Morrone, J. J., T. Escalante y G. Rodríguez-Tapia. 2017. Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa* 4277 (2): 277–279.

En la regionalización biogeográfica propuesta, la biota del Municipio de Benito Juárez forma parte del Distrito Norte de la Provincia de la Península de Yucatán (imagen 39), que en aspecto faunístico tiene los siguientes elementos distintivos: *Crotalus durissus*, *Peromyscus yucatanicus yucatanicus*, *Sceloporus chrysostictus*, *S. lundelli* y *Sylvilagus floridanus yucatanicus*.

Riqueza de especies

La información sobre la fauna de vertebrados terrestres en el Estado de Quintana Roo y en el Municipio de Benito Juárez se realiza a partir de fuentes documentales diversas. La tabla siguiente muestra las especies consideradas para el Municipio de Benito Juárez y las reportadas para el Estado de Quintana Roo, indicando el porcentaje que significa la biota de vertebrados terrestres del municipio con respecto a la entidad (Tabla 37).

Tabla 37.- Proporción del número de especies por categoría taxonómica consideradas para el Municipio de Benito Juárez en comparación con las reportadas para Quintana Roo. (En anfibios, reptiles, aves y mamíferos no se incluyen las especies estrictamente insulares y tampoco los mamíferos marinos.)

TAXA	NÚMERO DE ESPECIES y PORCENTAJE		
	MPIO BENITO JUÁREZ	%	QUINTANA ROO
Anfibios ^{1,2}	20	80.0%	25
Reptiles ^{1,2}	75	70.1%	107
Aves ^{3,4}	264	54.3%	486
Mamíferos ^{5,6}	103	88.8%	116
TOTALES	462	62.9%	734

Fuentes: 1.- González-Sánchez, V. H., J. D. Johnson, E. García-Padilla, V. Mata-Silva, D. L. DeSantis, and L. D. Wilson. 2017. The herpetofauna of the Mexican Yucatan Peninsula: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 4: 264–380.; 2.- Lee, J.C. 2000. A field guide to the amphibians and reptiles of the maya world. University of Miami, Coral Gables, Florida. Cornell University Press. 402 p.; 3.- Howell, S.N.G. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico y northern Central America. Oxford University Press. 851 p.; 4.- Correa-Sandoval, J. y B. MacKinnon. 2011. Aves. En: Pozo, C. (editora). *Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación*, Tomo 2. 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.: 252 - 266.; 5.- Navarro, D. T. Jiménez y F. Juárez. 1990. Los mamíferos de Quintana Roo. En: Navarro, D. y J. G. Robinson. 1990. *Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, Quintana Roo: 371-450.; 6.- Sosa-Escalante, J. E., J. M. Pech-Canché, M. C. MacSwiney y S. Hernández-Betancourt. 2013. Mamíferos terrestres de la Península de Yucatán, México: riqueza, endemismo y riesgo. *Rev. Mex. Biodiv.* 84 (3).

Los aspectos relevantes del cuadro anterior se resumen en lo siguiente:

- El total de especies consideradas para el Municipio de Benito Juárez equivalen al 62.9% de las reportadas para la parte terrestre y continental del Estado de Quintana Roo.
- La herpetofauna registrada en el Municipio representa 80% de las 25 especies de anfibios y de 70.1% de las 107 especies de reptiles continentales reportadas por González-Sánchez *et al.*³ y Lee⁴ para Quintana Roo.
- Las aves representan 54.3% de las 486 estimadas para la porción continental de la entidad, con base a la información de Howell y Webb⁵ (1995) y Correa-Sandoval y MacKinnon⁶ (2011).
- Los mamíferos representan 88.8% de la mastofauna terrestre continental de la entidad que se estima en 116 especies, de acuerdo a la información de Navarro *et al.*⁷ (1990) y Sosa-Escalante *et al.*⁸ (2013).

³ González-Sánchez, V. H., J. D. Johnson, E. García-Padilla, V. Mata-Silva, D. L. DeSantis, and L. D. Wilson. 2017. The herpetofauna of the Mexican Yucatan Peninsula: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 4: 264–380.

⁴ Lee, J.C. 2000. A field guide to the amphibians and reptiles of the maya world. University of Miami, Coral Gables, Florida. Cornell University Press. 402 p

⁵ Howell, S.N.G. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico y northern Central America. Oxford University Press. 851 p.

⁶ Correa-Sandoval, J. y B. MacKinnon. 2011. Aves. En: Pozo, C. (editora). *Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación*, Tomo 2. 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.: 252 - 266.

Estos resultados indican que los porcentajes de biodiversidad de los ensambles de vertebrados terrestres son elevados, desde 54.3% en el caso de las aves hasta 88.8% en el caso de los mamíferos. Resulta notable que dicha riqueza de especies se encuentra en una superficie de 930 km², correspondiente al Municipio de Benito Juárez que sólo representa el 2.1% de la superficie estatal que es de 44,705 km². Tan escasa superficie para tan elevada riqueza de especies implica que el proceso de deterioro, reducción o eliminación de hábitats, significa un riesgo elevado de pérdida irremplazable de su capital biótico.

A partir de la información documental se elaboró una tabla que se presenta en la sección de anexos, donde se relacionan los hábitats que ocupan las especies consideradas para el Municipio de Benito Juárez (Tabla 38).

Tabla 38.- Proporción de especies por hábitat en relación a las 462 especies consideradas para el Municipio de Benito Juárez.

HABITAT	ESPECIES	%
Vegetación de duna y Matorral costero	135	29.2%
Manglar	156	33.8%
Manglar chaparro	78	16.9%
Tular (Sabana)	68	14.7%
Cuerpos de agua	56	12.1%
Selva baja subcaducifolia	325	70.3%
Selva mediana subperennifolia	317	68.6%
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	309	66.9%
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	141	30.5%
Pastizal cultivado	59	12.8%
Asentamientos humanos	116	25.1%

Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de vegetación elaborado para el presente estudio y la recopilación de información obtenida de las fuentes citadas.

Los aspectos que destacan son los siguientes:

- Los hábitats de selva son los que tienen la mayor riqueza de especie y los porcentajes que alcanzan van desde 68.6% hasta 70.3%.
- Los hábitats de humedales presentan porcentajes desde 12.1% hasta 33.8%.

⁷ Navarro, D. T. Jiménez y F. Juárez. 1990. Los mamíferos de Quintana Roo. En: Navarro, D. y J. G. Robinson. 1990. Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, Quintana Roo: 371-450.

⁸ Sosa-Escalante, J. E., J. M. Pech-Canché, M. C. MacSwiney y S. Hernández-Betancourt. 2013. Mamíferos terrestres de la Península de Yucatán, México: riqueza, endemismo y riesgo. Rev. Mex. Biodiv. 84 (3).

- Los hábitats de comunidades de vegetación secundaria derivadas de selva presentan valores desde 30.5% hasta 66.9%, en relación directa con su estado de recuperación.
- Los pastizales cultivados presentan un porcentaje de 12.8%.
- Los asentamientos humanos presentan un porcentaje de 25.1%.

Esta información indica que ningún hábitat contiene el total de las 462 especies de vertebrados terrestres consideradas para el Municipio de Benito Juárez y que existen especies capaces de vivir en más de un hábitat; ambos casos hacen destacar la importancia de contar con un mosaico de hábitat para el mantenimiento de una diversidad máxima.

También de la tabla anterior y los resultados obtenidos se observa que conforme existe una condición de deterioro del hábitat existe una reducción de la riqueza de especies, lo cual es evidente en el caso de las selvas, donde la actividad humana ha dado lugar a la presencia de comunidades secundarias o su reemplazo con fines productivos o urbanos.

A partir de lo anterior se elaboró la siguiente matriz a fin de ilustrar el proceso de reducción de especies y su porcentaje para cada cambio de la condición del hábitat, desde la condición de selva sin alteración significativa hasta el caso extremo de una sascabera donde se ha eliminado todo capital biológico. Los resultados obtenidos muestran la reducción en términos absolutos y relativos de la riqueza de especies conforme existe una mayor condición de deterioro; que es máxima en el caso de las sascaberas donde la pérdida es absoluta.

Tabla 39.- Número y porcentaje de especies en relación con el cambio en la condición del hábitat (SMQ.- Selva mediana subperennifolia; VSA.- Vegetación secundaria arbórea de SMQ; VSa.- Vegetación secundaria arbustiva de SMQ; AH.- Asentamiento Humano; PC.- Pastizal cultivado).

% DE REDUCCIÓN DE ESPECIES	HABITAT	REDUCCIÓN DE ESPECIES (No)					
		SMQ	VSA	VSa	AH	PC	SASCABERA
	SMQ	317	8	176	201	258	317
	VSA	-3%	309	168	193	250	309
	VSa	-56%	-54%	141	25	82	141
	AH	-63%	-62%	-18%	116	57	116
	PC	-81%	-81%	-58%	-49%	59	59
	SASCABERA	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	0

Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de vegetación elaborado para el presente estudio y la recopilación de información obtenida de las fuentes citadas.

El análisis con las especies de interés para lo conservación y que se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010⁹ señala lo siguiente (Tabla 40).

Tabla 40.- Proporción de especies con algún estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por hábitat, en relación a las 462 especies consideradas para el Municipio de Benito Juárez (NOM 059.- NOM-059-SEMARNAT-2010; A.- Especies amenazadas; Pr.- Protección Especial; P.- Peligro de extinción).

HABITAT	ESPECIES	NOM 059	%	Pr	A	P
Vegetación de duna y Matorral costero	135	20	4.3%	5	10	5
Manglar	156	31	6.7%	11	19	1
Manglar chaparro	78	20	4.3%	8	11	1
Tular (Sabana)	68	15	3.2%	4	11	
Cuerpos de agua	56	11	2.4%	3	8	
Selva baja subcaducifolia	325	73	15.8%	25	41	7
Selva mediana subperennifolia	317	74	16.0%	25	41	8
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	309	70	15.2%	24	39	7
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	141	24	5.2%	13	11	
Pastizal cultivado	59	10	2.2%	5	5	
Asentamientos humanos	116	11	2.4%	3	8	

Fuente: Elaboración propia a partir de la compulsa de los listados de los ensambles de fauna con el listado de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

- Los hábitats de selva son lo que tienen los mayores porcentajes de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, desde 15.8% hasta 16%.
- Los hábitats de humedales presentan porcentajes desde 2.4% hasta 6.7% que corresponde al manglar.
- Los hábitats de comunidades de vegetación secundaria derivadas de selva presentan valores desde 5.2% hasta 15.2%, en relación directa con su estado de recuperación.

⁹ DOF. 2010. 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 en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010.

Esta NOM en su numeral 2.2 establece las siguientes categorías:

- 2.2.1 Probablemente extinta en el medio silvestre (E). Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del Territorio Nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del Territorio Mexicano.
- 2.2.2 En peligro de extinción (P). Aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.
- 2.2.3 Amenazadas (A). Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.
- 2.2.4 Sujetas a protección especial (Pr). Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

- Los pastizales cultivados presentan un porcentaje de 2.2%.
- Los asentamientos humanos presentan un porcentaje de 2.4%.
- Por categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se tiene que en el caso de las sujetas a Protección Especial y Amenazadas están representadas en todos los hábitats; mientras que las de en Peligro de extinción sólo se presentan en 5 de ellos: Vegetación de duna y Matorral costero; Manglar, Manglar chaparro, Selva baja subcaducifolia, Selva mediana subperennifolia y Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.
- Lo anterior indica que la pérdida de selva tiene un efecto negativo de gran importancia para las especies que se encuentran en la situación de mayor riesgo: las consideradas en Peligro de Extinción.

El análisis matricial de la riqueza de especies con base en el cambio de la condición de selva se presenta en la tabla siguiente (Tabla 41).

Tabla 41.- Número y porcentaje de especies contempladas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en relación con el cambio en la condición del hábitat (SMQ.- Selva mediana subperennifolia; VSA.- Vegetación secundaria arbórea de SMQ; VSa.- Vegetación secundaria arbustiva de SMQ; AH.- Asentamiento Humano; PC.- Pastizal cultivado).

% DE REDUCCIÓN DE ESPECIES EN LA NOM 059	HABITAT	REDUCCIÓN DE ESPECIES EN LA NOM 059 (No)					
		SMQ	VSA	VSa	AH	PC	SASCABERA
	SMQ	74	4	50	63	64	74
	VSA	-5%	70	46	59	60	70
	VSa	-68%	-66%	24	13	14	24
	AH	-85%	-84%	-54%	11	1	11
	PC	-86%	-86%	-58%	-9%	10	10
	SASCABERA	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	0

Los resultados obtenidos coinciden con el patrón observado en la matriz de número de especies totales, observándose una reducción en términos absolutos y relativos de las especies con estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 al presentarse situaciones de deterioro de la calidad ambiental del hábitat de selva y llegar al caso absoluto de pérdida total de especies en las sascaberas.

La expresión gráfica que resulta de los análisis anteriores se presenta en los mapas siguientes, donde se observa que la riqueza de especies conforma un patrón de disminución conforme existe una cercanía con el asentamiento humano. Lo sorprendente no es este patrón que resulta lógico; lo que destaca en el mapa es que las zonas con mayor riqueza se encuentran separadas por zonas de deterioro creciente y han perdido conectividad entre ellas en el espacio municipal (imagen 40).

Esta pérdida de conectividad tiene efectos diferentes en los organismos, y en el caso de las aves que por su facultad de vuelo tienen una amplia capacidad de librar obstáculos puede ser menos definitivo. Sin embargo, en el caso de especies de anfibios, reptiles e incluso mamíferos no voladores, el cambio de la condición de la selva constituye un auténtico obstáculo insalvable; con los consecuentes efectos negativos de flujo genético por el aislamiento geográfico.

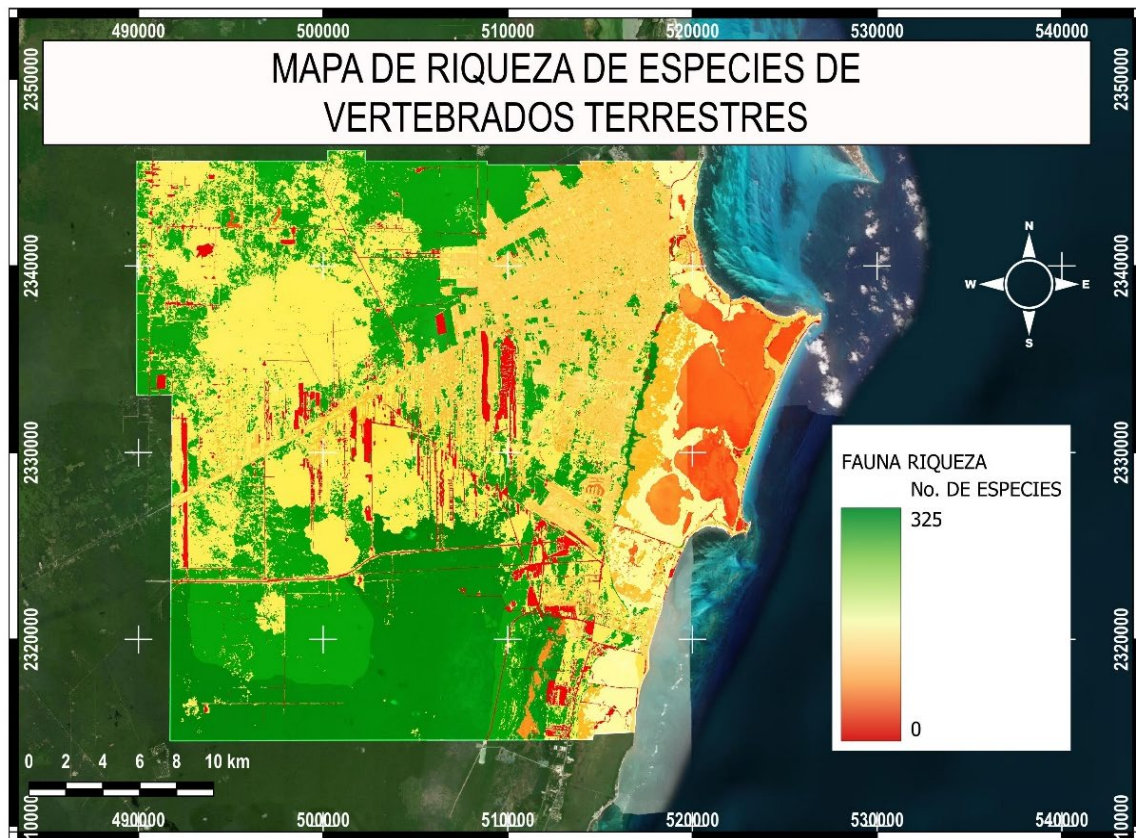


Imagen 40.- Mapa semaforizado de distribución de la riqueza de especies en el Municipio de Benito Juárez.

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes de información obtenida de las fuentes citadas y el mapa de vegetación elaborado para este estudio.

En el mapa siguiente se puede observar la pérdida de conectividad para el total de las especies consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 porque el municipio muestra una tendencia acelerada de cambio de la condición del hábitat, estando la zona con mejor estado en la parte sur que se encuentra entre una porción del tramo 4 del Tren Maya y el límite con el Municipio de Puerto Morelos (imagen 41).

Los mapas posteriores muestran para las especies sujetas a protección especial, amenazadas y en peligro de extinción el efecto que tiene la pérdida de conectividad; observándose que la situación más crítica es para las que están consideradas en Peligro de Extinción (Imágenes 42,43 y 44).

La principal conclusión que surge de la descripción de la fauna es que la riqueza de especies que representa casi 63% de la presente en el estado en sólo 2.1% del territorio de Quintana Roo, muestra un riesgo elevado de disminución significativa, particularmente de las especies en peligro de extinción, por el deterioro acelerado en la calidad del hábitat.

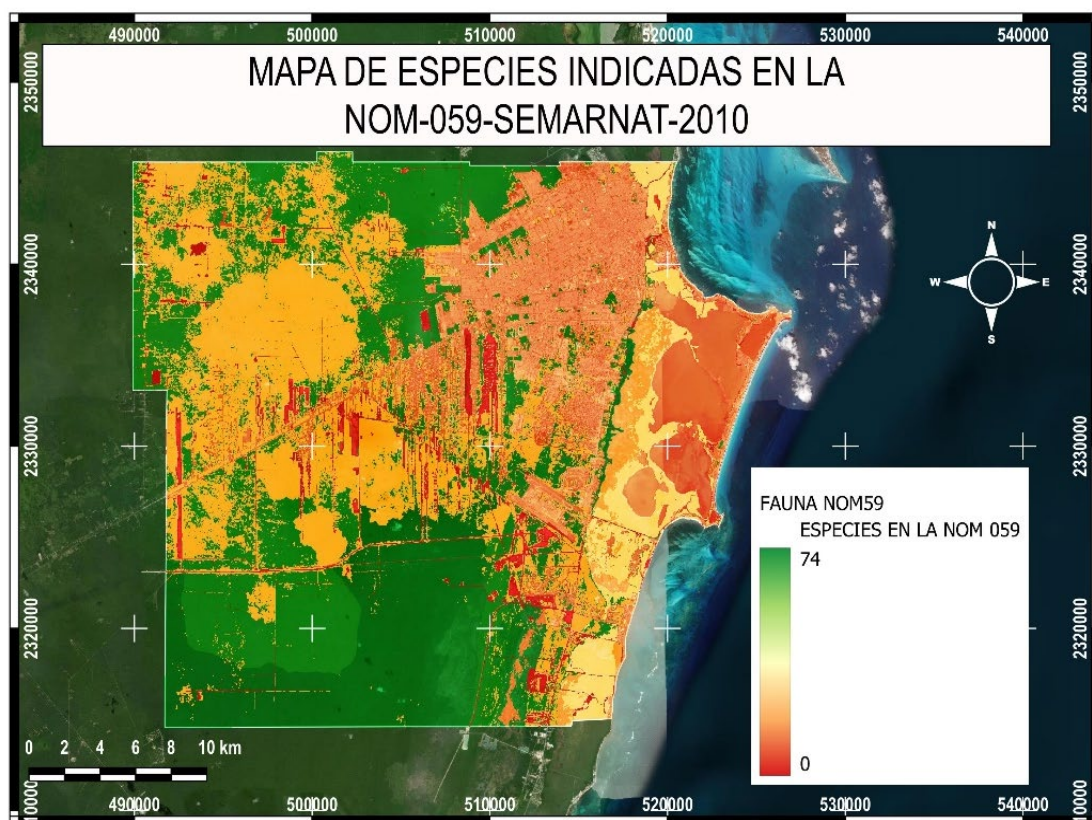


Imagen 41.- Mapa semaforizado de distribución de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 presentes en el Municipio de Benito Juárez.

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes de información obtenida de las fuentes citadas y el mapa de vegetación elaborado para este estudio.

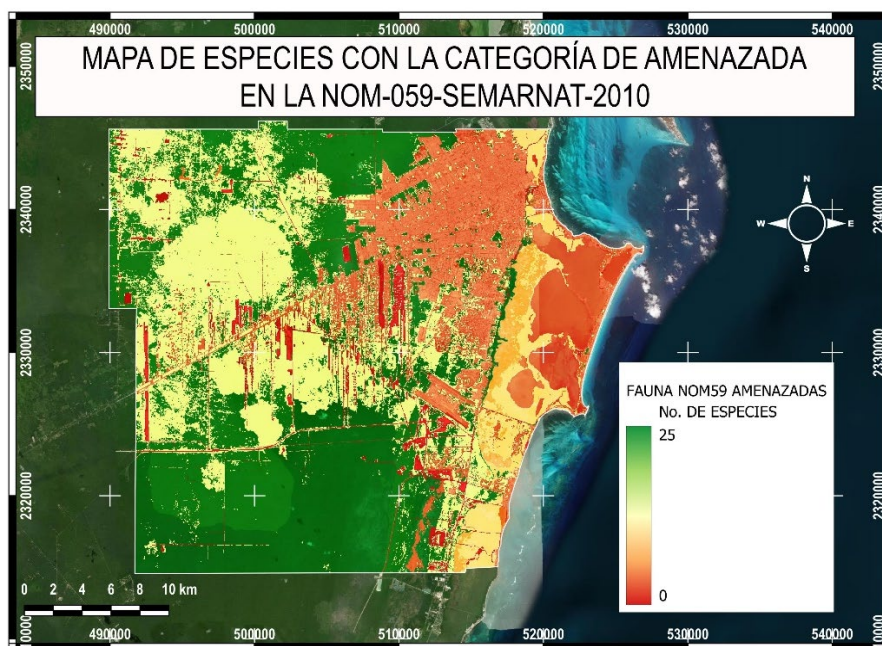


Imagen 42.- Mapa semaforizado de distribución de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de amenazadas presentes en el Municipio de Benito Juárez.

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes de información obtenida de las fuentes citadas y el mapa de vegetación elaborado para este estudio.

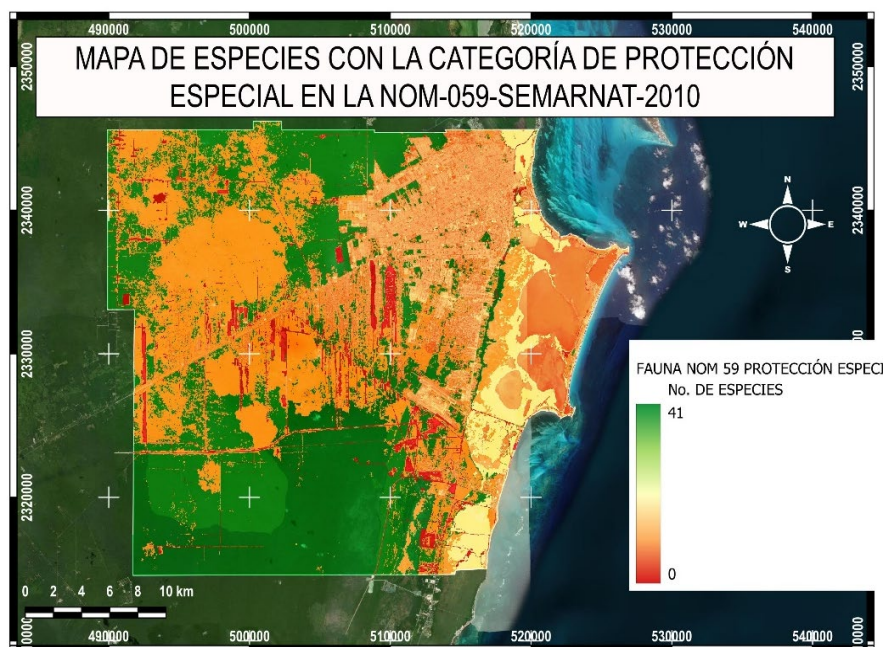


Imagen 43.- Mapa semaforizado de distribución de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de sujetas a protección especial presentes en el Municipio de Benito Juárez.

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes de información obtenida de las fuentes citadas y el mapa de vegetación elaborado para este estudio.

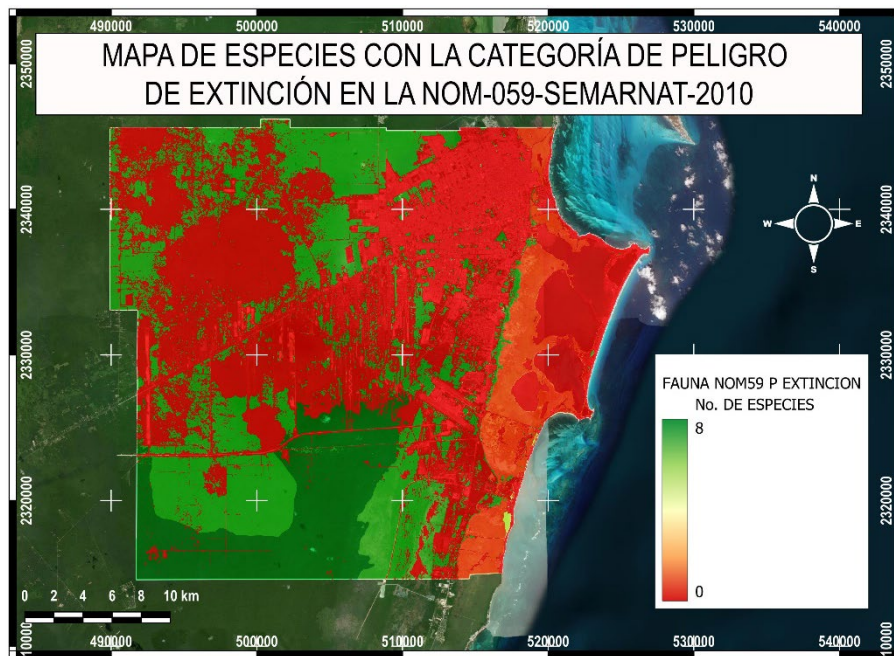


Imagen 44. Mapa semaforizado de distribución de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de en peligro de extinción presentes en el Municipio de Benito Juárez.

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes de información obtenida de las fuentes citadas y el mapa de vegetación elaborado para este estudio.

Factores de riesgo para la fauna

La ciudad de Cancún, cabecera municipal del municipio de Benito Juárez, está catalogado como el centro turístico y económico más importante del Caribe y sureste mexicano y principal receptor del turismo extranjero del país. Lo anterior ha traído consigo un acelerado crecimiento demográfico debido a una fuerte inmigración atraída por las fuentes de empleo que se traduce en una expansión continua de la mancha urbana y de asentamientos irregulares.

El crecimiento desmedido de la zona urbana, pero en específico la proliferación de asentamientos irregulares, ha provocado una pérdida y fragmentación de ecosistemas selváticos con afectaciones directas para la fauna. La pérdida de hábitats naturales es quizá el problema más grave que implica la reducción de sitios de alimentación y refugio, principalmente para las especies terrestres de lento desplazamiento; asimismo, al fragmentarse los ecosistemas, se reduce el libre desplazamiento de las especies y con ello se pierde el flujo genético, dando pie al aislamiento y a la depresión de poblaciones debidas a la degradación genética por problemas de consanguinidad.

Otro gran problema con repercusiones directas para la fauna se debe al inadecuado manejo de aguas residuales, dando pie a la contaminación del manto freático, así como de los ecosistemas de humedales, playas y remanentes de selva. Cabe recordar que el municipio de Benito Juárez está asentado sobre un suelo poroso de origen calcáreo que permite la filtración del agua de lluvia hacia el subsuelo, formando corrientes subterráneas que corren a través de sistemas intrincados de cavernas y túneles, que a su vez sirven de vías de comunicación para una diversidad de crustáceos y peces, muchos de ellos endémicos, que viven en cenotes y aguadas que tienen comunicación hacia el mar. Estudios recientes advierten de una elevada concentración de coliformes fecales y nutrientes en sistemas relacionados con el acuífero de la región.

Por otro lado, los incendios forestales son una amenaza recurrente, ya que éstos se presentan de forma cada vez más frecuente, acarreando graves consecuencias para la fauna.

3.1.4. RIESGO AMBIENTAL

3.1.4.1. Frecuencia e intensidad de eventos hidro-meteorológicos y/u otros fenómenos naturales relevantes.

La frecuencia e intensidad de eventos hidro-meteorológicos y otros fenómenos naturales en Quintana Roo, pueden variar a lo largo del año y en función de varios factores. El estado está ubicado en la península de Yucatán y está expuesto a una serie de amenazas naturales, incluyendo huracanes, tormentas tropicales, inundaciones y sequías. Aquí hay una descripción general de estos eventos:

- Huracanes y Tormentas tropicales. - En el estado se encuentra en una región propensa a huracanes y tormentas tropicales, especialmente durante la temporada que abarca de junio a noviembre. La intensidad y frecuencia de estos eventos pueden variar de un año a otro. La zona ha experimentado huracanes devastadores en el pasado, como el Huracán Wilma en 2005.
- Lluvias e Inundaciones. - La temporada de lluvias generalmente coincide con la temporada de huracanes y tormentas tropicales. Las lluvias intensas pueden dar lugar a inundaciones en áreas urbanas y rurales. La intensidad de lluvia y las inundaciones pueden variar según la temporada y la topografía local. El principal efecto positivo de este fenómeno natural que son las precipitaciones es la recarga del manto acuífero. Las inundaciones por precipitación pluvial se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer

horas o días hasta evaporarse o infiltrarse en el terreno (Alcocer-Yamanaka, Rodríguez-Varela, Bourguett-Ortiz, Llaguno-Guilberto, & Albornoz-Góngora, 2016). Las inundaciones pueden originarse por precipitación, oleaje, marea de tormenta o falla de alguna estructura hidráulica, provocando que penetre agua en lugares que normalmente no hay y produciendo, por lo general, afectaciones a la población, agricultura, ganadería e infraestructura.

- Sequias. - A pesar de la presencia de eventos húmedos, Quintana Roo, también puede experimentar sequias periódicas debido a la variabilidad climática. Las sequias pueden tener un impacto significativo en la agricultura y el suministro de agua en la región. Aunado a esto el aumento de riesgo de incendios forestales.
- Tornados. - No son comunes en Quintana Roo como en otras partes de México, los tornados pueden ocurrir ocasionalmente en las áreas cercanas a la costa. Los tornados tienden a ser de intensidad baja a moderada. El tornado es un fenómeno meteorológico que se produce a raíz de una rotación de aire de gran intensidad y de poca extensión horizontal, que se prolonga desde la base de una nube madre, conocida como Cumulonimbos. La base de esta nube se encuentra a altitudes por debajo de los 2 Km y se caracteriza por su gran desarrollo vertical, en donde su tope alcanza aproximadamente los 10 Km de altura hasta la superficie de la tierra o cerca de ella. Los tornados son resultado de la confluencia de dos masas de aire de diferente temperatura y humedad, con aire cálido en las capas inferiores y frío en las superiores. La formación de las nubes y de las precipitaciones en la atmósfera resulta, lo más frecuentemente de los movimientos verticales. Se hacen visibles por la formación de nubes, pudiéndose producir igualmente los movimientos verticales en ausencia de nubes (UQROO-CIG_2018).
- Sismos. - La mayoría son producidos por los movimientos y actividad de la corteza, tales como: sismos, vulcanismo, tsunamis o maremotos, inestabilidad de laderas, flujos, derrumbes, hundimientos, subsidencia y agrietamientos. El estado este situado en una región de actividad sísmica baja a moderada. El Servicio Sismológico Nacional registró cuatro sismos de magnitud media (4.2 a 4.7), dos en el año 2002, uno más en el 2004 y otro en 2015, cercanos al municipio de Benito Juárez. Aunque no son una amenaza principal, los sismos pueden ocurrir en la región (UQROO-CIG-2018. Atlas de Riesgo del Municipio de Benito Juárez).

Derivado de lo anterior, los fenómenos hidro meteorológicos relevantes que se manifiestan con frecuencia e intensidad en la zona son los Huracanes y sus efectos sobre los componentes ambientales en el municipio, mencionando lo siguiente:

Los ciclones tropicales o huracanes son fenómenos meteorológicos que han afectado de manera recurrente los ecosistemas del norte de Quintana Roo. Los aspectos destructivos de los huracanes tropicales, que marcan su intensidad, se deben principalmente a cuatro aspectos: 1) viento, 2) oleaje, 3) marea de tormenta y 4) lluvia. A lo largo de la historia, la marea de tormenta ha sido la responsable de la mayor cantidad de daños comparada con los otros efectos. Cada uno de estos fenómenos se localizan al interior del ciclón tropical o a su exterior, es decir, el viento y el oleaje están concentrados a pocos kilómetros del centro del huracán, mientras que las lluvias que lo acompañan afectan áreas a cientos de kilómetros de su centro (UQROO-CIG-, 2018; Atlas de Riesgo del Municipio de Benito Juárez).

Diversos estudios documentan que los vientos fuertes alteran de manera drástica la fisonomía y la estructura de la vegetación costera. Entre los daños más evidentes en las selvas destacan la defoliación, ruptura de ramas y tallos, caída de árboles y hasta la muerte de algunos árboles. Por sus efectos de aclareo induce pocos cambios en la composición de especies y la recuperación de la mayoría de las plantas afectadas se hace evidente luego de pocos meses después de la afectación. En los manglares y la vegetación de dunas costeras los daños colaterales por efecto del arrastre de sedimentos y destrucción de dunas, los efectos pueden ser más severos y requerir periodos de recuperación de algunos años. Sin embargo, se reconoce que el impacto de los huracanes se incrementa de manera significativa cuando se presenta asociado a otros factores de disturbio como los incendios forestales y los cambios de uso del suelo provocados por las actividades humanas.

En la imagen 45 se representa la trayectoria de los seis huracanes y cuatro tormentas tropicales que han afectado la zona Norte del estado de Quintana Roo. A partir del análisis de la distribución espacial de los huracanes de mayor intensidad que han afectado la península de Yucatán en los últimos años, diversos autores resaltan el riesgo de nuevas afectaciones severas provocadas por huracanes intensos en esta zona. Entre los huracanes más intensos destacan en el año de 1989 el huracán Gilberto con categoría 5, que impactó este municipio provocando severos daños ambientales y económicos en la región. En el 2005 el huracán Wilma con categoría 5, uno de los fenómenos tropicales más intensos que hayan azotado la entidad en los últimos años y que por su intensidad y movimiento casi estacionario, causa de nuevo graves afectaciones ambientales y económicas en el municipio Benito Juárez.

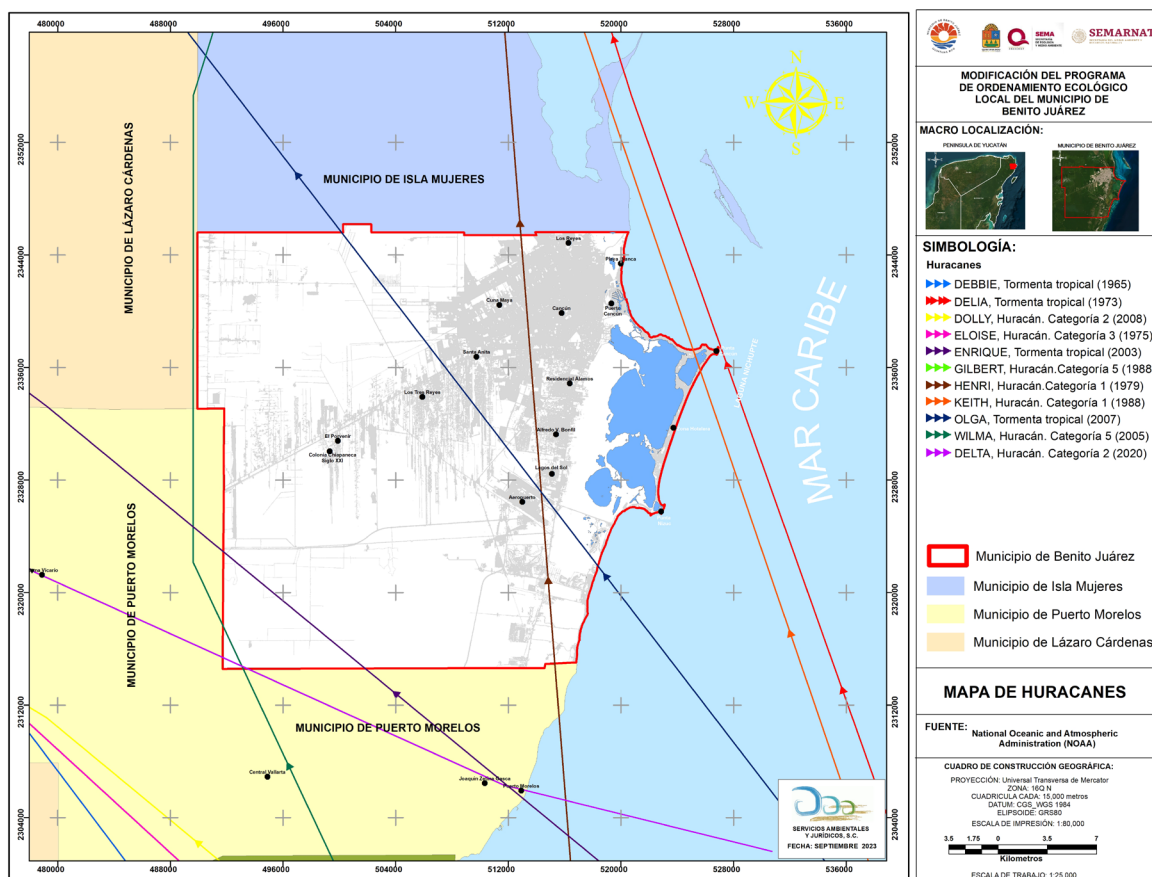


Imagen 45.- Mapa de huracanes con incidencia en el municipio Benito Juárez.

Cabe hacer mención que uno de los efectos de los vientos de un ciclón tropical es la **marea de tormenta**, que es el ascenso del nivel medio del mar sobre una región del océano. Este levantamiento tiene la apariencia de un domo de agua, agregado a la superficie habitual del mar. Esta marea puede durar de 12 horas a 3 días y causar inundaciones en las zonas bajas de la costa, y oleaje que impacte sobre las construcciones cercanas al mar, así como la remoción de la arena de las playas. En aguas profundas la marea de tormenta representa un ascenso de un centímetro por cada milibar de descenso en la presión atmosférica. En zonas más próximas a la costa, donde la profundidad del suelo marino es menor a 200 metros, la marea de tormenta puede ser mayor a un metro. (UQROO-CIG-, 2018. Atlas de Riesgo del Municipio de Benito Juárez).

Es importante tener en cuenta que la intensidad y la frecuencia de estos eventos pueden variar según las condiciones climáticas y meteorológicas de un año a otro.

3.1.4.2. Identificación de zonas de riesgo por inundaciones, huracanes, incendios y otros fenómenos naturales.

En las áreas costeras enfocándose en el norte del estado, enfrentan riesgos considerables por inundaciones debido a su ubicación geográfica y la presencia de fenómenos meteorológicos extremos, como son los huracanes y tormentas tropicales como se ha señalado en puntos anteriores, estos riesgos incluyen inundaciones costeras y fluviales, señalando algunos de los principales riesgos relacionados con las inundaciones en estas áreas:

- Inundación costera. - las áreas costeras son vulnerables a inundaciones costeras durante temporadas de huracanes y tormentas tropicales, los fuertes vientos y las marejadas ciclónicas asociadas a estos eventos pueden provocar inundaciones en las zonas bajas cercanas a la costa; que pueden dañar propiedades, infraestructuras y causar riesgos para la seguridad de las personas.
- Inundaciones fluviales. - pueden desencadenar especialmente en áreas donde la llanura costera se encuentra con la selva o zonas bajas, la falta de drenaje adecuado y la acumulación de agua en estas áreas, pueden dar lugar a inundaciones fluviales que afectan a la comunidad y viviendas cercanas.
- Inundación Urbana. - el crecimiento urbano no planificado y la impermeabilización del suelo pueden aumentar la escorrentía durante las lluvias intensas, contribuyendo así a las inundaciones urbanas a lo largo de la costa. Las inundaciones pueden causar interrupciones en los servicios públicos daños a infraestructura y riesgo para la seguridad de las personas.
- Inundación por desbordamiento de lagunas y cenotes. - en el municipio de cuenta con lagunas y cenotes, las lluvias intensas pueden provocar el desbordamiento de estas formaciones naturales, causando inundaciones en áreas cercanas y poniendo en riesgo la seguridad de la población local.

Para mitigar estos riesgos, es fundamental contar con planes de gestión del riesgo de desastres, sistemas de alerta temprana, infraestructuras de drenaje adecuadas, ordenamiento territorial planificado y educación pública sobre la preparación y la respuesta ante inundaciones.

El municipio de Benito Juárez enfrenta riesgos por incendios forestales, especialmente debido a su clima cálido y seco, así como a la presencia de áreas naturales propensas a la

propagación del fuego. A continuación, se describen los principales riesgos y factores relacionados con los incendios forestales en esta zona:

- Clima y condiciones ambientales, el clima cálido de la región favorece la sequedad de la vegetación y el suelo, lo que aumenta el riesgo de los incendios forestales. Las altas temperaturas y la falta de lluvias prolongadas pueden crear condiciones propicias para la ignición y propagación del fuego.
- La vegetación y la cobertura forestal incluyendo selva, pastizales y matorrales, proporciona combustible para los incendios forestales. Si la vegetación no se maneja adecuadamente o si hay acumulación de material seco, el riesgo de incendios aumenta considerablemente.
- Las actividades humanas, como quemas agrícolas no controladas, fogatas irresponsables, lanzamiento de colillas de cigarrillos, pirotecnia, actividades recreativas sin control, quema de basura y actividades industriales, pueden desencadenar incendios forestales. La negligencia y el comportamiento irresponsable son factores de riesgo significativos.
- El crecimiento urbano descontrolado puede llevar a la expansión de asentamientos humanos hacia áreas forestales o cercanas a ellas. Esto aumenta la posibilidad de incendios debido a la interacción entre la población y las áreas naturales, lo que puede generar fuentes potenciales de ignición.
- La falta de programas de prevención de incendios forestales, capacitación adecuada para la población local, así como la ausencia de campañas educativas sobre la prevención y el manejo responsable del fuego, pueden contribuir a un mayor riesgo de incendios forestales.

No pasando por alto el cambio climático, los efectos del cambio climático, como temperaturas más altas y sequías prolongadas, pueden agravar el riesgo de incendios forestales al crear condiciones más propicias para su inicio y propagación.

Es esencial implementar medidas de prevención, monitoreo y respuesta eficaces para mitigar los riesgos de incendios forestales. Esto incluye la capacitación continua de brigadistas, el establecimiento de cortafuegos, la implementación de programas de manejo de vegetación, la promoción de prácticas seguras en áreas recreativas y la concienciación de la comunidad sobre la importancia de la prevención de incendios forestales y su papel en la protección del entorno natural. Además, la coordinación entre autoridades locales, estatales y federales es crucial para garantizar una respuesta rápida y coordinada en caso de un incendio forestal.

Antecedentes y efectos en el ambiente de los incendios forestales en el municipio de Benito Juárez.

Los incendios forestales son eventos donde el fuego se expande sin control sobre especies arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas, de tal manera que se afecta vegetación forestal que no estaba destinada para la quema. En el municipio de Benito Juárez, los incendios forestales son frecuentes, afectan grandes extensiones y por lo general se inician de manera recurrente en las mismas áreas incendiadas. Después de las evaluaciones de las áreas afectadas por el huracán Gilberto y los incendios forestales de 1989, que afectaron este municipio, se reconoce que existe una alta correlación entre la intensidad de los huracanes y la incidencia de incendios forestales en los periodos de sequías subsecuentes. Por lo general, los incendios de mayor intensidad se presentan en selvas maduras después del efecto de los huracanes, donde existe más cantidad de material combustible derribado. Sin embargo, en las áreas con vegetación secundaria, los incendios son recurrentes, ya que varias de las especies que se restablecen producen gran cantidad de hojarasca y materia orgánica que sirve de combustible, es por esto que las áreas previamente afectadas por incendios se vuelven a incendiar.

En la imagen 48, se representan las áreas afectadas por incendios forestales en el municipio de Benito Juárez, de acuerdo con los registros de incendios previos y el análisis e interpretación de las imágenes de satélite de Sentinel mayo 2023, como se aprecia en el mapa, la mayoría de las áreas incendiadas colindan con carreteras o caminos de terracería. Los polígonos con achurados de color verde rayado, se representa las áreas incendiadas desde 1989 hasta el 2011 y en color purpura rayado las áreas incendiadas del 2011 al 2021. Cabe señalar, que hay áreas incendiadas en forma recurrente siendo las que se localizan en la parte sur de la carretera que va de Cancún- Aeropuerto y que conecta con la carretera de Cancún- Mérida.

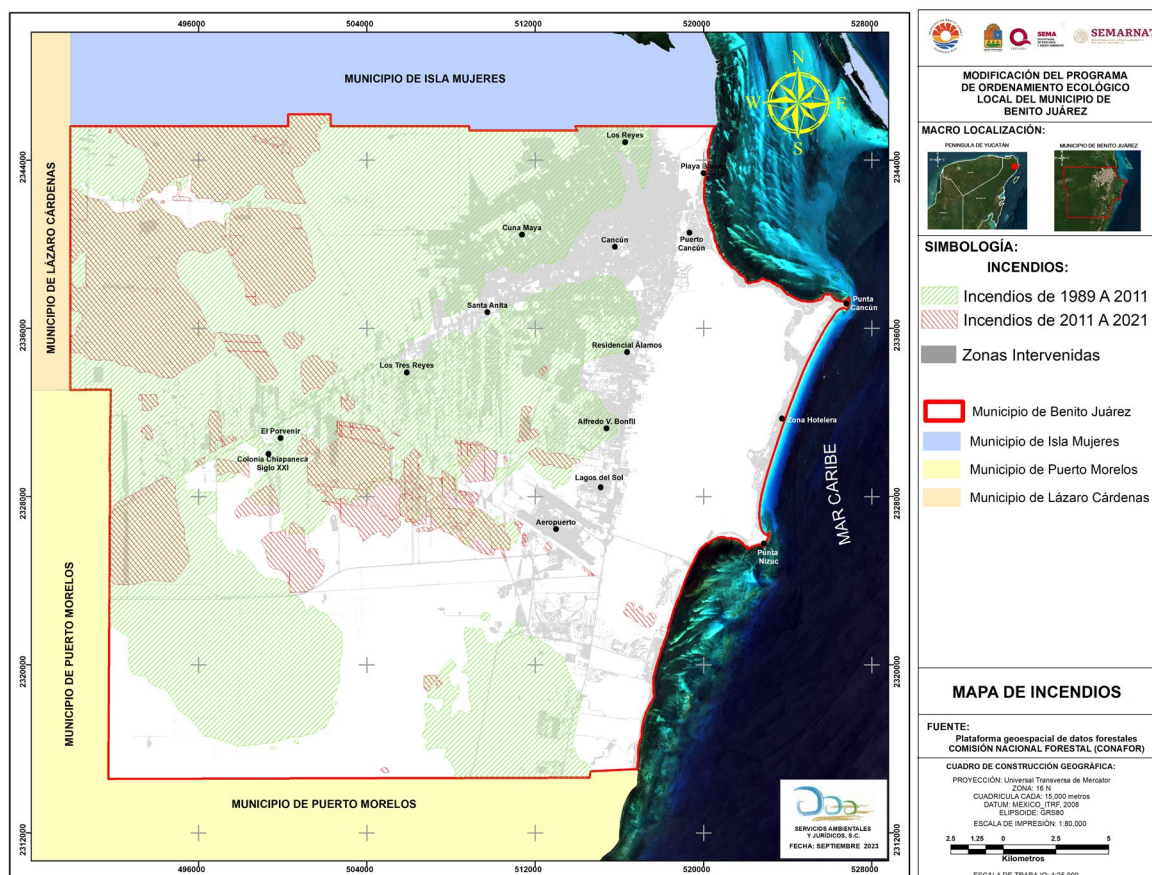


Imagen 48.- Áreas incendiadas en el municipio Benito Juárez, desde 1989 hasta el 2021.

3.1.4.3 Consideración de las zonas de afectación por incendios.

Los incendios forestales en función de su intensidad y extensión provocan cambios en la composición de especies que se restablecen y forman parches irregulares de vegetación secundaria. Con la recurrencia de incendios forestales en áreas previamente incendiadas se presenta una disminución del número de especies por unidad de área y un marcado retraso para la recuperación de las masas forestales. En la imagen 14, se representan en color verde intenso las áreas que se han incendiado en una ocasión, en color verde claro las áreas incendiadas en dos ocasiones, en color amarillo en tres eventos y en colores naranja y rojo las áreas que se han incendiado por cuarta y quinta ocasión.

En la tabla 42, se presenta la superficie que ha sido afectada de manera recurrente hasta por cuatro incendios consecutivos en un periodo de 10 años en el municipio de Benito Juárez. Estas áreas requieren de especial atención para realizar labores de restauración ecológica que favorezcan su recuperación. Las áreas que se incendian por primera vez,

con bajas intensidades de fuego y en áreas pequeñas, por lo general disponen de propágulos y presentan un proceso de regeneración natural con una composición de especies semejante al de la comunidad previa.

Tabla 42.- Recurrencia de incendios forestales en áreas previamente incendiadas en el municipio de Benito Juárez, Q. Roo.

RECURRENCIA	HECTÁREAS	%
PRIMERA	55,269.28	62.8
SEGUNDA	24,784.35	28.1
TERCERA	6,115.31	6.9
CUARTA	1,012.59	1.1
QUINTA	875.34	1.0
TOTAL	88,056.87	100.0

3.1.4.4. Identificación de zonas potenciales de riesgo por efectos del Cambio Climático (cuando exista información disponible).

La identificación de zonas potenciales de riesgo por efectos del cambio climático en el municipio de Benito Juárez implica analizar diversos factores climáticos y geográficos que podrían aumentar la vulnerabilidad de ciertas áreas. A continuación, mencionamos algunos aspectos a considerar para llevar a cabo esta identificación:

Los riesgos relacionados con el aumento del nivel del mar, empezando con la identificación de las zonas costeras y evaluar su vulnerabilidad al aumento del nivel del mar. Los registros de las inundaciones recientes son útiles para identificar las áreas propensas a inundación por lluvias intensas y desbordamientos de cuerpos de agua y evaluar la capacidad de drenaje y la infraestructura existente para manejar excesos de agua.

Los eventos climáticos extremos que se presentaron en el pasado permiten identificar la vulnerabilidad de las estructuras ante vientos intensos y lluvias torrenciales. Al incrementar la temperatura debe identificarse las áreas urbanas que podrían sufrir un aumento en la temperatura y su impacto en la calidad de vida, especialmente en zonas densamente pobladas.

La escasez de agua es un factor que no se debe perder de vista y hay que identificar la disponibilidad de agua y la posibilidad de escases en determinadas áreas debido al aumento de la demanda y la disminución de las precipitaciones si es el caso. También la erosión de suelo teniendo identificadas las áreas propensas a erosión debido a los eventos climáticos extremos, deforestación u otras actividades humanas.

Así mismo, la salud pública considerando el riesgo de propagación de enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue o zika, en función de las condiciones climáticas. Aunado a esto la sensibilización y participación comunitaria que se considera en fomentar la educación y sensibilizar a la comunidad sobre los riesgos asociados al cambio climático y como pueden adaptarse y mitigar estos riesgos.

Es fundamental involucrar a expertos en cambio climático en el análisis para obtener resultados más precisos y bien fundamentados, Es primordial la colaboración de las autoridades locales y organismos internacionales para abordar de manera efectiva los riesgos identificados y desarrollar estrategias de adaptación y mitigación adecuadas.

Algunos aspectos relevantes de los efectos por el cambio climático en el municipio de Benito Juárez.

Los riesgos por cambio climático se presentan en 2 variantes: aquellos que se presentarán de forma directa y los que se presentan de forma indirecta. Así como, la identificación de las zonas de riesgo potencial depende desde la perspectiva de evaluación.

Por efectos del cambio climático, de manera directa se puede presentar un incremento en el nivel del mar, una mayor incidencia y severidad en fenómenos tropicales (tormentas y/o huracanes), que entre otras cosas acarrearía mayores índices de precipitación; o en su defecto y dentro de los ciclos climáticos, ocasionalmente se presentarían temporadas con temperaturas más altas y sequías intensas.

Con esta perspectiva y en primera instancia, obviamente la zona costera (principalmente las playas arenosas y la infraestructura desarrollada en la zona colindante) se verán fuertemente afectadas, incrementando la erosión en las playas, acarreo de sedimentos y posible sepultamiento de formaciones coralinas cercanas a la costa. Y en segundo plano, las zonas inundables o de marisma colindantes, así como cuerpos de agua (Sistema Lagunar Nichupté, Laguna Manatí y los humedales que colindan con Puerto Morelos) actualmente decretados por la federación Área Natural Protegida. Pero también las afectaciones se presentarán tierra adentro (por la magnitud de los fenómenos

meteorológicos en cuanto a intensidad del viento y precipitación). Curiosamente, por efecto del viento, las mayores afectaciones se presentarían en las zonas con mayor masa arbórea del municipio, por la resistencia que estos ejemplares presentarían ante los fuertes vientos y el debilitamiento de la tierra por la lluvia. Aparentemente y por el tipo de suelo presente (mismo que presenta alta aptitud para la filtración del agua), no presentaría mayores problemas por anegación y/o inundaciones.

Cabe resaltar que las consecuencias de las zonas de riesgo (donde se derriben árboles) es que en años posteriores pueden presentarse incendios forestales severos, lo que implicaría un riesgo latente no sólo en las áreas afectadas, sino para sus zonas colindantes.

Fuera de la franja litoral, es difícil especificar estas zonas de riesgo en un mapa, ya que la ruta de paso de los huracanes es muy incierta, y los daños por incendios forestales dependen en gran parte de la época del año, la cantidad y frecuencia de las lluvias en esa temporada en que se presenten los incendios, y la velocidad con que las autoridades responsables combatan y controlen el incendio. Adicionalmente, si se presentan temporadas de sequías muy intensas, el riesgo es latente para todo el municipio, independientemente del estado de conservación del ecosistema.

Finalmente, y como uno de los principales riesgos secundarios, destaca la intrusión del cono salino en pozos de extracción de agua, sobre todo en zonas cercanas a la costa; esto, debido al posible incremento en el nivel medio del mar. Esta situación podría presentar consecuencias económicas y sociales muy importantes, por los posibles problemas para potabilizar y distribuir agua salobre en lugar de agua dulce.

3.2 COMPONENTE SOCIAL (Medio Socioeconómico)

Objetivo particular

1.- Caracterizar los componentes sociales del municipio.

Municipio de Benito Juárez

El 10 de agosto de 1971 se publica en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el decreto de la fundación de Cancún; y en octubre de 1974, Quintana Roo deja de ser territorio y es declarado como estado libre y soberano, formalizando la creación de este municipio de Benito Juárez, sitio donde ya se concretaban los cimientos de lo que sería el destino turístico más importante del país. Para esto, la Federación tuvo que realizar una serie de modificaciones al marco legal para la creación de diversas Instituciones y leyes como fue: la Ley Federal del Fomento al Turismo, Ley General de Población y se creó la Secretaría de Turismo y la Comisión para la Regularización y Tenencia de la Tierra (CORETT).

En el año 1975 el Municipio de Benito Juárez lleva a cabo sus primeras acciones de regularización de tenencia de la tierra al crear el Fideicomiso Puerto Juárez; por otro lado, el Gobierno Federal creó tres centros de población ejidal en el Municipio, denominados Alfredo V. Bonfil, Puerto Morelos y Leona Vicario.

Estos hechos son parte del escenario con el que se inició este gran proceso migratorio influenciado por la demanda de mano de obra y servicios especializados en el sector turismo, y que a través de los años han surgido situaciones las cuales han influido en la dinámica de crecimiento de su población y el comportamiento de la misma, destacando la reciente división de este municipio (en 2016), donde su superficie se reduce en más de un 53 % y 2 de sus centros de población quedan fuera de los límites municipales.

3.2.1. Medio Socioeconómico

3.2.1.1. Población

A partir de la creación de Quintana Roo como Estado Libre y Soberano de la Federación en 1974¹⁰, al año siguiente se promulga la Constitución Política del Estado de Quintana Roo y con ella la creación del Municipio de Benito Juárez¹¹ que posteriormente se

¹⁰ DOF. 1974. DECRETO por el que se reforman el Artículo 43 y demás relativos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 1974.

¹¹ POE. 1975. Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo. Publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 12 de enero de 1975.

fracciona para dar origen al Municipio de Puerto Morelos que entra en funciones en 2016¹². En dicho lapso la población registrada en el Municipio de Benito Juárez muestra un crecimiento constante de su población que asciende paulatinamente para representar casi la mitad de la Entidad en 2020 (imagen 47).

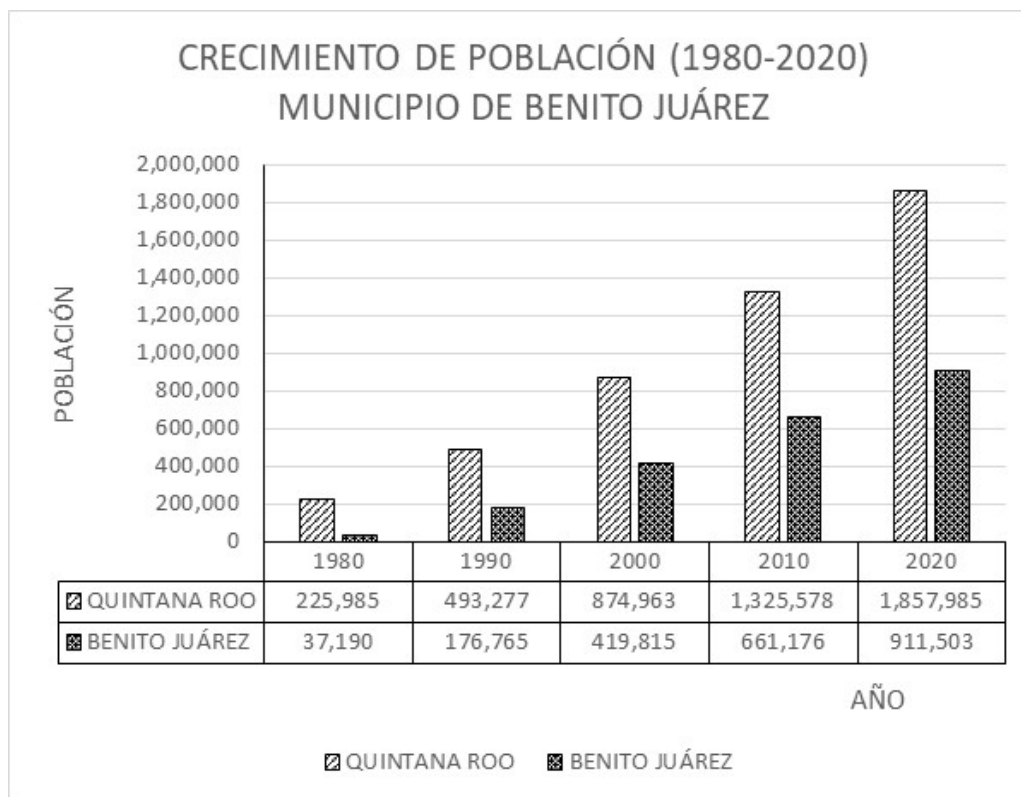


Imagen 47.- Crecimiento de la población del Municipio de Benito Juárez y la del Estado de Quintana Roo en el lapso de 1980 a 2020.

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida de los Censos Generales de Población y Vivienda de 1980, 1990, 2000, 2010 y 2020.

La tabla siguiente muestra el comparativo en el lapso de 1980 a 2020 de las Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) del Municipio de Benito Juárez y el Estado de Quintana Roo, donde se observa que es sólo hasta la última década que la TMCA del Municipio es ligeramente menor que la de la entidad (Tabla 43). En la tabla se observa que en la última década disminuye la TMCA, lo que corresponde al fraccionamiento del territorio del Municipio de Benito Juárez para pasar a formar parte del Municipio de Puerto Morelos; con la consiguiente disminución de la población ahora perteneciente al nuevo Municipio.

¹² POE. 2015. Decreto Número: 342 por el que se crea el Municipio de Puerto Morelos del Estado de Quintana Roo. Publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 6 de noviembre de 2015.

Tabla 43.- Evolución de la Población y Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) del Estado de Quintana Roo y del Municipio de Benito Juárez.

AÑO	QUINTANA ROO (No. De habitantes)	TMCA	BENITO JUÁREZ (No. De habitantes)	TMCA
1980	225,985		37,190	
1990	493,277	8.1%	176,765	16.9%
2000	874,963	5.9%	419,815	9.0%
2010	1,325,578	4.2%	661,176	4.6%
2020	1,857,985	3.4%	911,503	3.3%

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida de los Censos Generales de Población y Vivienda de 19810, 1990, 2000, 2010 y 2020.

3.2.1.2. Distribución de la población.

La información del Censo de Población y Vivienda 2020 realizado por INEGI¹³ indica que la población en el Municipio de Benito Juárez muestra una marcada concentración en las localidades de Cancún, Bonfil y Lagos del Sol que son los núcleos poblacionales más importantes del Centro de Población; mientras que el resto se encuentra repartido en 157 localidades que tienen desde 1 hasta 625 habitantes. Al realizar el análisis de la distribución de la población de acuerdo a la clasificación del tamaño de la localidad de INEGI se tiene lo siguiente (imagen 48):

- La localidad de Cancún con 888,797 habitantes está en el nivel 13 que corresponde al rango de 500,000 a 999,999 habitantes.
- La localidad de Alfredo V. Bonfil con 19,789 habitantes está en el nivel 8 que corresponde al rango de 15,000 a 29,999 habitantes.
- La localidad de Lagos del Sol con 1,021 habitantes está en el nivel 4 que corresponde al rango de 1,000 a 2,499 habitantes.
- La localidad El Porvenir con 625 habitantes está en el nivel 3 que corresponde al rango de 500 a 999 habitantes.
- La localidad Colonia Chiapaneca con 281 habitantes está en el nivel 2 que corresponde al rango de 250 a 499 habitantes.
- El resto de las localidades está en el nivel 1 que corresponde al rango de 1 a 299 habitantes

¹³ INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

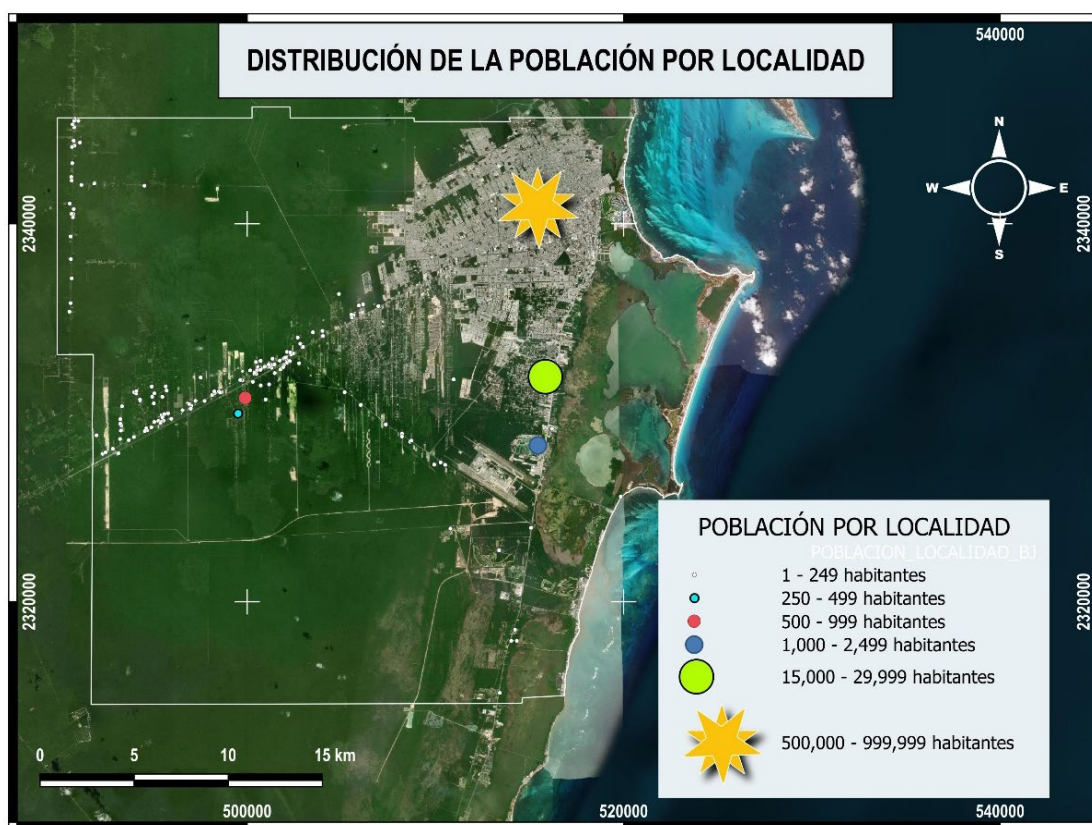


Imagen 48.- Distribución de la población por localidades en el Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

A partir de la información de AGEB urbanas y rurales del Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020¹⁴ y la información censal por localidades del Censo de Población y Vivienda 2020, se realizó la rasterización de la población censada en las AGEB urbanas y rurales para ilustrar su concentración en el territorio municipal (Imagen 49).

¹⁴ INEGI. Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469>.

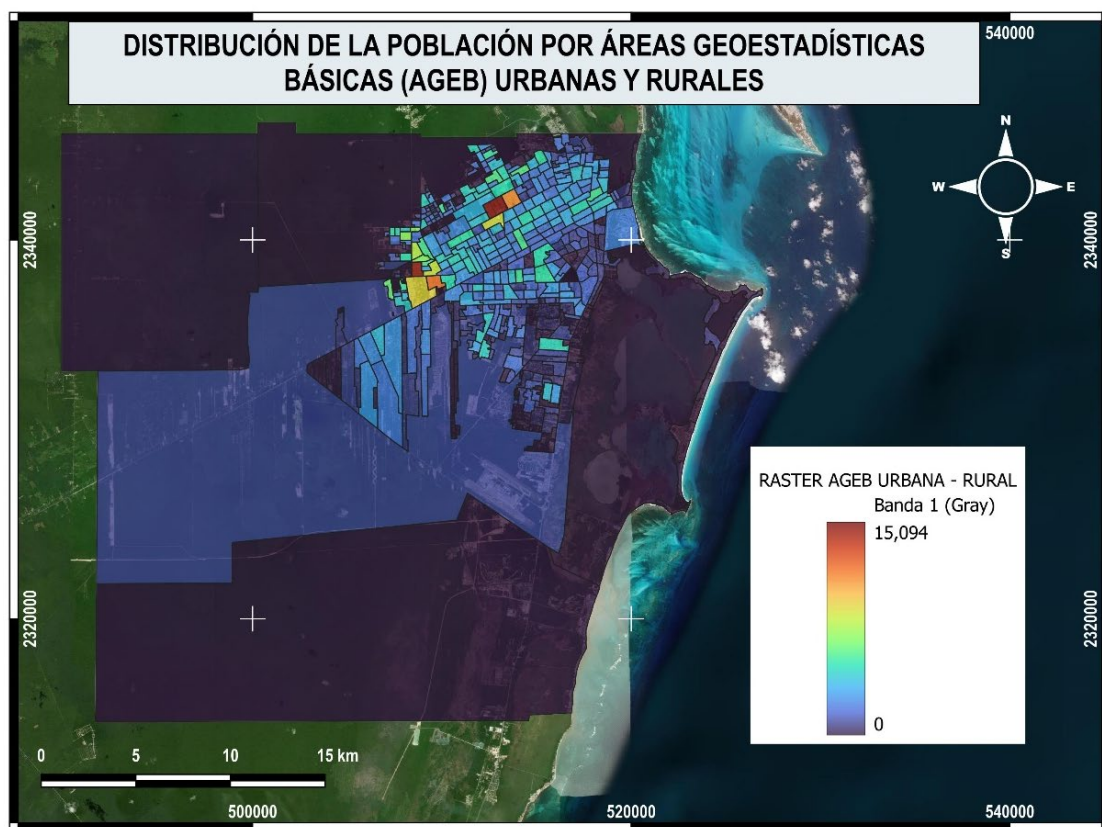


Imagen 49.- Distribución de la población por AGEB urbanas y rurales en el Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020 y Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020.

La imagen rasterizada de la población por AGEBs urbanas y rurales indica un rango de habitantes desde 1 hasta 15,094 en ellas; siendo las más pobladas las que se localizan en el núcleo del Centro de Población Cancún que incluye las AGEB urbanas. Las AGEB rurales muestran una escasa población y se observa que la mayor población en ellas se asocia a los ejes carreteros Cancún – Leona Vicario y el libramiento Aeropuerto – Mérida.

Al elaborar una nueva imagen a partir de considerar la densidad de población por AGEB urbanas y rurales se obtiene que su densidad de población oscila desde 1 hasta 514 personas (imagen 50). La imagen muestra nítidamente que la densidad fuera del núcleo urbano es reducida y que las amplias superficies desmontadas al momento del levantamiento del Censo de 2020 no estaban habitadas.

El análisis conjunto de ambas imágenes muestra que la expansión de la mancha urbana no se expresa en ocupación espacial por pobladores o habitantes; de tal manera que la dispersión y escasa ocupación limita la prestación de servicios básicos e induce condiciones de marginación.

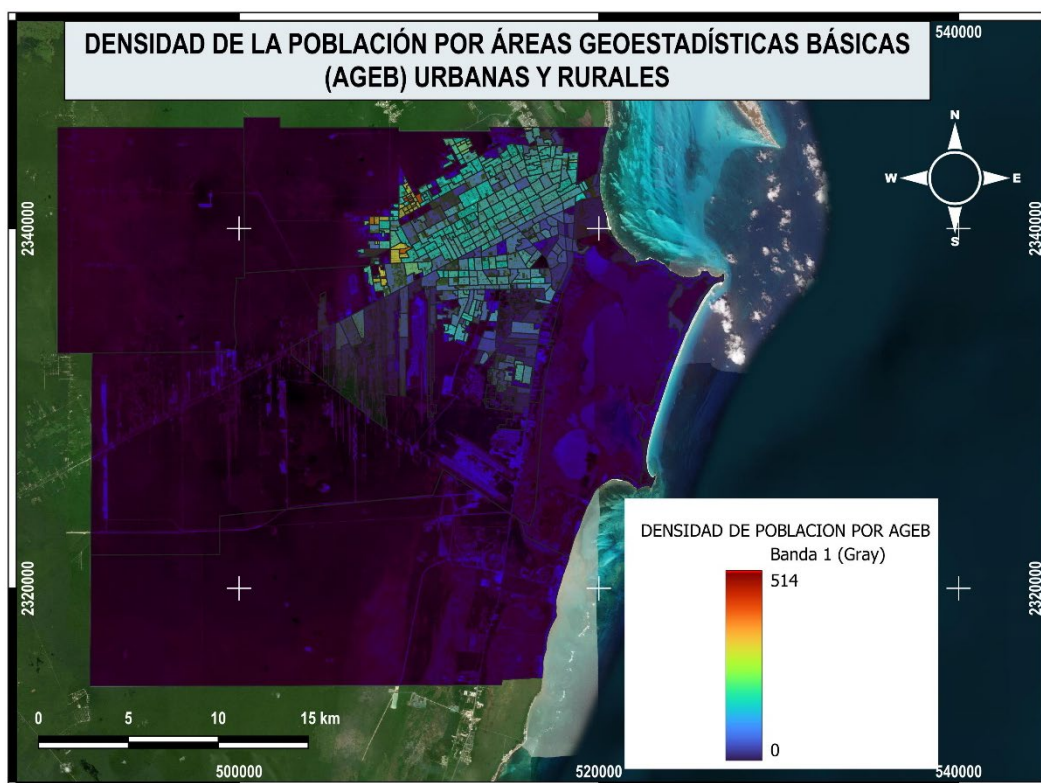


Imagen 50.- Densidad de población por AGEB urbanas y rurales en el Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020 y Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020.

3.2.1.3. Estructura Demográfica

La información del Censo de Población y Vivienda 2020 registra que en el Municipio de Benito Juárez se cuenta con una población femenina de 452,178 personas y una población masculina de 459,325 personas. La distribución por clases de edad corresponde a una pirámide de tipo regresiva donde las clases de edad más jóvenes tienen menor población que clases de edad más avanzada; lo que augura un envejecimiento de la población si no aumentan las tasas de natalidad que incremente la base piramidal (imagen 51). El análisis de la estructura poblacional presenta como aspectos relevantes los siguientes:

- La clase de edad de 0 – 4 años tiene menos integrantes que las inmediatas superiores, lo que indica nuevos patrones de natalidad que tienden a una disminución de nacimientos.
- La población en el rango desde 20 hasta 34 años corresponde a la mayor concentración de habitantes; conformando un universo de personas en etapa

reproductiva, plena capacidad de trabajo y con la necesidad de contar con un patrimonio para el bienestar familiar.

- Los adultos y adultos mayores que abarca desde 35 años y desde 60 años, respectivamente, mantienen la forma de pirámide progresiva que es propia de una tasa de mortalidad constante. En este rango de edad inician y se acentúan las condiciones de discapacidad de las personas por efectos del envejecimiento; lo que puede significar limitaciones de tipo laboral y de salud.

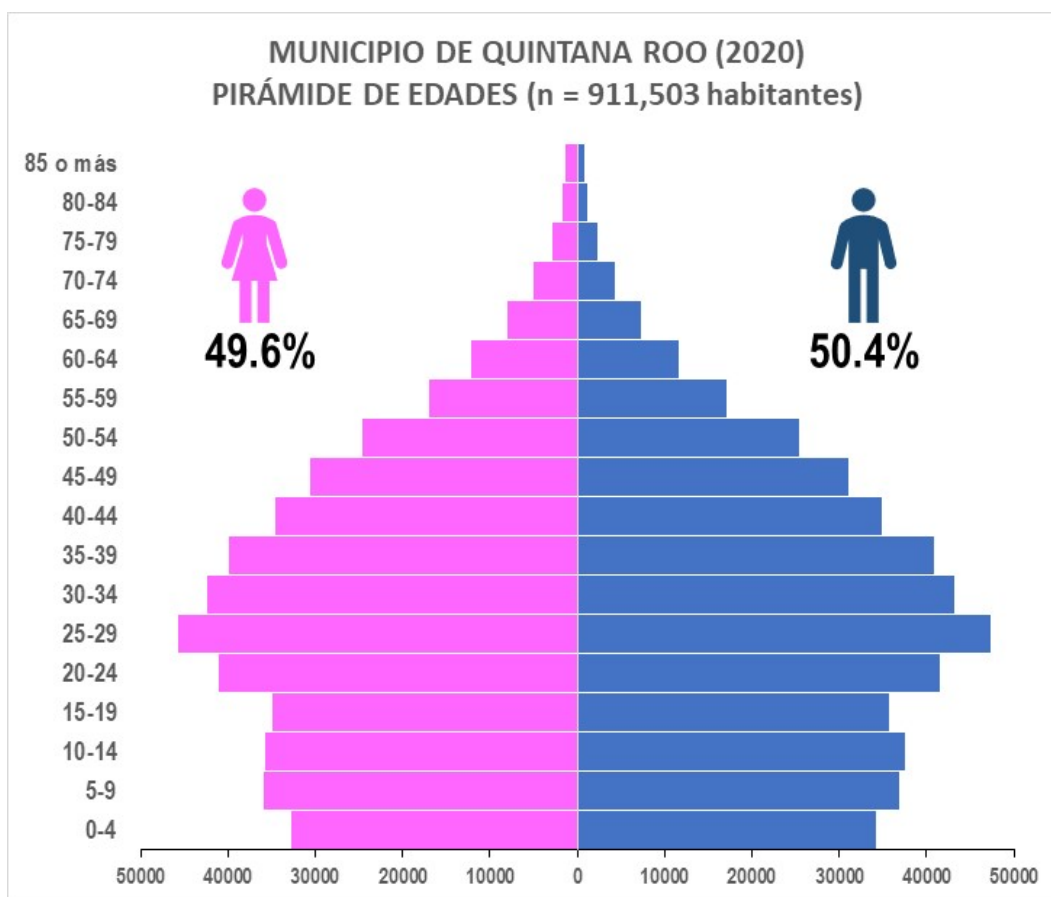


Imagen 51.- Pirámide de Edad y Sexo en el Municipio de Benito Juárez, 2020.

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

3.2.1.4. Migración y Etnicidad

El impulso a la diversificación productiva para el apoyo a zonas deprimidas realizadas por el Gobierno Federal en la década de los setentas del siglo pasado, permitió la creación de Cancún como un destino turístico en una zona de gran belleza paisajística con escasa

población¹⁵. Esta situación determina que desde el principio exista una gran inmigración por personas que participaron en la creación y consolidación de la ciudad y zona hotelera.

La información censal muestra que hasta la fecha el efecto migratorio se observa en su población, ya que la mayor parte de la población es inmigrante nacional (58.1%) o en otro país (2.2%) y apenas 38.4% es oriundo del Municipio (Tabla 44).

Tabla 44.- Características migratorias de la población en el Municipio de Benito Juárez (2020).

INDICADOR DE MIGRACIÓN	HABITANTES	PORCENTAJE
Población nacida en la entidad	350,296	38.4%
Población nacida en otra entidad	529,388	58.1%
Población nacida en otro país	20,255	2.2%
Sin información	11,564	1.3%
TOTALES	911,503	100%

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

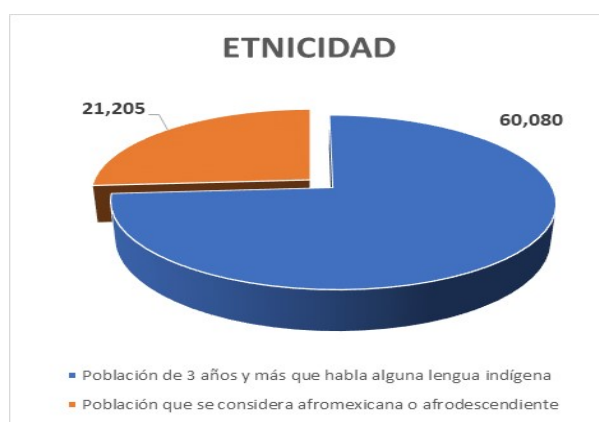


Imagen 52.- Etnicidad en el Municipio de Benito Juárez, 2020.

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

La inmigración que se ha presentado en el Municipio de Quintana Roo incluye población proveniente de pueblos originarios que son hablantes de alguna lengua indígena, que en el año de 2020 ascendió a 60,800 personas (6.6% de la población municipal); asimismo, el 2.3% de los habitantes del municipio (21,205) se consideran afromexicanos o afrodescendientes (Imagen 52).

¹⁵ Martí, F. 1985. Cancún fantasía de banqueros: La Construcción de una ciudad turística a partir de cero: una narración periodística. Libro impreso por Fernando Martí. 84 p.

3.2.1.5. Población con discapacidades y/o limitaciones

La población en el Municipio de Benito Juárez que muestra alguna discapacidad o limitación que disminuye su capacidad para el disfrute pleno de su persona se indican en las tablas siguientes. Las personas que presentan alguna discapacidad se encuentran principalmente en:

- La clase de edad de 15 a 59 años (51.7% de la población con discapacidad), que es la etapa con alto potencial productivo;
- Le sigue la clase de edad de 60 años o más que corresponde a los adultos mayores (32.8% de la población con discapacidad); y,
- Finalmente, la clase de edad de 0 a 14 años que corresponde a la etapa infantil y escolar básica (15.5% de la población con discapacidad).
- En conjunto, la población con alguna discapacidad equivale al 3.5% de la población del Municipio de Benito Juárez (Tabla 45).

Tabla 45.- Discapacidad por clase de edad de la población en el Municipio de Benito Juárez (2020).

DISCAPACIDAD POR CLASES DE EDAD	HABITANTES	PORCENTAJE (a)	PORCENTAJE (b)
Población de 0 a 14 años con discapacidad	4,921	15.5%	0.5%
Población de 15 a 59 años con discapacidad	16,441	51.7%	1.8%
Población de 60 años y más con discapacidad	10,429	32.8%	1.1%
Población con discapacidad	31,791		3.5%

a.- % con respecto a la población con discapacidad.

b.- % con respecto a la población total (911,503 habitantes).

Una persona puede presentar más de un tipo de discapacidad/limitación.

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

Los tipos de discapacidad más frecuentes son de tipo visual (50.7% de la población con discapacidad) y motriz (39.3% de la población con discapacidad), asociadas principalmente a las edades avanzadas. También asociada a la edad avanzada se tiene la discapacidad para recordar o concentrarse (18.1% de la población con discapacidad) y de tipo auditivo (17.7% de la población con discapacidad) (Tabla 46).

Tabla 46.- Tipos de discapacidad de la población en el Municipio de Benito Juárez (2020).

TIPOS DE DISCAPACIDAD	HABITANTES	PORCENTAJE (a)	PORCENTAJE (b)
Población con discapacidad para caminar, subir o bajar	12,505	39.3%	1.4%

TIPOS DE DISCAPACIDAD	HABITANTES	PORCENTAJE (a)	PORCENTAJE (b)
Población con discapacidad para ver, aún usando lentes	16,124	50.7%	1.8%
Población con discapacidad para hablar o comunicarse	5,597	17.6%	0.6%
Población con discapacidad para oír, aún usando aparato auditivo	5,617	17.7%	0.6%
Población con discapacidad para vestirse, bañarse o comer	5,872	18.5%	0.6%
Población con discapacidad para recordar o concentrarse	5,752	18.1%	0.6%

a.- % con respecto a la población con discapacidad.

b.- % con respecto a la población total (911,503 habitantes).

Una persona puede presentar más de un tipo de discapacidad/limitación.

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

La población con algún tipo de limitación en el Municipio de Benito Juárez asciende a 84,373 personas (9.3% de la población total), siendo la limitante de tipo visual la que representa el mayor porcentaje de la población con algún tipo de limitación (70.5% de la población con limitación). Le siguen en importancia la de tipo motriz (22.3% de la población con limitación), la limitación para recordar o concentrarse (15.1% de la población con limitación), la de tipo auditivo (14.2% de la población con limitación); la de limitación para hablar o comunicarse (6.1% de la población con limitación) y finalmente la de limitación para vestirse, bañarse o comer (3.8% de la población con limitación). La mayor parte de las limitaciones están asociadas a personas de mayor edad y forman parte del proceso natural de envejecimiento (Tabla 47).

Tabla 47.- Tipos de limitación de la población en el Municipio de Benito Juárez (2020).

TIPOS DE LIMITACIÓN	HABITANTES	PORCENTAJE (a)	PORCENTAJE (b)
Población con limitación	84,373.0		9.3%
Población con limitación para caminar, subir o bajar	18,832.0	22.3%	2.1%
Población con limitación para ver, aun usando lentes	59,483.0	70.5%	6.5%
Población con limitación para hablar o comunicarse	5,159.0	6.1%	0.6%
Población con limitación para oír, aun usando aparato auditivo	12,013.0	14.2%	1.3%
Población con limitación para vestirse, bañarse o comer	3,196.0	3.8%	0.4%
Población con limitación para recordar o concentrarse	12,769.0	15.1%	1.4%

a.- % con respecto a la población con limitación.

b.- % con respecto a la población total (911,503 habitantes).

Una persona puede presentar más de un tipo de discapacidad/limitación.

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

3.2.1.6. Educación

El Municipio de Benito Juárez cuenta con servicios de educación en todos los niveles educativos que se imparten por el sector público o particulares (Tabla 48). Los aspectos relevantes de escolaridad son los siguientes:

- En la población de 3 a 5 años, un poco más de la mitad asiste a un centro escolar.
- La población de 6 a 11 años que corresponde a la educación primaria acude en casi 94% a un centro escolar.
- La población de 12 a 14 años que corresponde a la educación secundaria acude en 91.4% a un centro escolar.
- La población de 15 años o más que cuenta con educación básica completa representa casi 33% de la población total.
- La población que cuenta con un título profesional de licenciatura representa casi 21% de la población total.
- La población que cuenta con un título de posgrado representa casi 15% de la población.

Tabla 48.- Indicadores de escolaridad de la población en el Municipio de Benito Juárez (2020).

NIVEL DE ESCOLARIDAD	ASISTE A LA ESCUELA		NO ASISTE A LA ESCUELA		TOTAL	% ^b
	No	% ^a	No	% ^a	No	
EDUCACIÓN BÁSICA						
Población de 3 a 5 años	22,045	50.6%	21,487	49.4%	43,532	4.8%
Población de 6 a 11 años	82,759	93.6%	5,688	6.4%	88,447	9.7%
Población de 12 a 14 años	39,348	91.4%	3,685	8.6%	43,033	4.7%
Población de 15 años y más con educación básica completa	175,463	58.9%	122,316	41.1%	297,779	32.7%
EDUCACIÓN MEDIA y SUPERIOR						
Población de 18 años y más con al menos un grado aprobado en educación media superior	189,794					20.8%
Población de 25 años y más con al menos un grado aprobado en educación superior	135,336					14.8%

a.- % con respecto a la población en el nivel escolar.

b.- % con respecto a la población total (911,503 habitantes).

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

3.2.1.7. Atención a la Salud

El sector salud en el Municipio de Benito Juárez cubre desde la atención primaria hasta el de hospitalización de especialidades, que se realiza por instituciones del sector salud y por particulares. La mayor parte de la población está afiliada a algún servicio de salud del sector público (72.6%) y corresponde al IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social) ser la institución del sector que brinda la mayor parte de la cobertura de salud; en mucho menor grado se encuentran el INSABI (Instituto de Salud para el Bienestar), el ISSSTE (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado) y los de PEMEX (Petróleos Mexicanos), la SEDENA (Secretaría de la Defensa Nacional) y SEMAR (Secretaría de Marina) (Tabla 49).

La importancia de atención a la salud por parte del IMSS es un reflejo de la estructura económica del Municipio de Benito Juárez, ya que la mayor parte de la población trabaja en pequeñas, medianas y grandes empresas; las cuales están obligadas por Ley a prestar el servicio de salud y otras prestaciones en esta institución.

Tabla 49.- Indicadores de atención a la salud de la población en el Municipio de Benito Juárez (2020).

ATENCIÓN A LA SALUD	PERSONAS	PORCENTAJE
Población afiliada a servicios de salud	661,516	72.6%
Población sin afiliación a servicios de salud	238,769	26.2%
Población afiliada a servicios de salud en el IMSS	503,923	55.3%
Población afiliada a servicios de salud en el IMSS BIENESTAR	3,513	0.4%
Población afiliada a servicios de salud en el ISSSTE	31,684	3.5%
Población afiliada a servicios de salud en el ISSSTE estatal	1,039	0.1%
Población afiliada a servicios de salud en el Instituto de Salud para el Bienestar	104,278	11.4%
Población afiliada a servicios de salud en Pemex, Defensa o Marina	1,869	0.2%
Población afiliada a servicios de salud en una institución privada	19,760	2.2%
Población afiliada a servicios de salud en otra institución	4,772	0.5%

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

3.2.1.8. Características económicas de la población

El Municipio de Benito Juárez desde su origen es un polo de desarrollo que basa su dinámica económica en la actividad turística y los servicios necesarios para su desempeño; lo que favorece la ocupación de trabajadores en labores variadas que incluyen desde mano de obra poco calificada hasta mano de obra de especialistas de diversas ramas, sin distinción de género.

La estructura económica de la población del Municipio de Benito Juárez muestra lo siguiente (Tabla 50):

- La población con 12 años o más es la que conforma la Población Económicamente Activa (PEA) representa 80% de la población municipal; y de dicha población 55.2% se encuentra activa y 24.9% inactiva.

Tabla 50.- Indicadores económicos de la participación de la población en el Municipio de Benito Juárez (2020).

INDICADORES ECONÓMICOS	TOTAL		FEMENINA		MASCULINA	
	No	%	No	%	No	%
Población de 12 años y más económicamente activa	502,785	55.2%	204,070	40.6%	298,715	59.4%
Población de 12 años y más no económicamente activa	226,842	24.9%	159,042	70.1%	67,800	29.9%
Población de 12 años y más no económicamente activa que se dedica a los quehaceres del hogar	98,310	10.8%	95,715	97.4%	2595	2.6%
Población de 12 años y más ocupada	493,606	98.2%				
Población de 12 años y más desocupada	9,179	1.8%				

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

- La población que se encuentra económicamente activa muestra un mayor porcentaje de hombres que de mujeres (59.4% vs 40.6%, respectivamente).
- La población no económicamente activa que se dedica a los quehaceres del hogar significa el 10.8% de la población municipal; y de este porcentaje 97.4% corresponde a población femenina y 2.6% a población masculina.
- La población de la PEA que se encuentra activa está ocupada en un 98.2% y sólo 1.8% está desocupada.

La estructura económica del Municipio Benito Juárez por sector y actividad económica indica lo siguiente¹⁶ (Tabla 51):

- El sector primario tiene una escasa participación (0.09%) y sólo se dedica a la actividad de la pesca de crustáceos (camarón), escama y otros productos del mar.
- El sector secundario tiene una representación del 6.6% y las actividades están asociadas a la construcción que incluye las plantas de agregados y diversas industrias manufactureras.

¹⁶ INEGI. 2019. Censó Económico 2019. <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>

- El sector terciario se encuentra ampliamente diversificado, pero las actividades dominantes son con 38.2% de los trabajadores participando en las actividades asociadas a la industria turística (Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas) y posteriormente en el Comercio al por menor (28.4%).
- Los resultados anteriores indican que la actividad turística es el motor de la economía, pero las pequeñas y medianas empresas (PYMES) dedicadas al comercio son de gran importancia como fuente de empleo de la población.

Tabla 51.- Estructura de la economía por sectores de la producción en el Municipio de Benito Juárez (2018) (H001A.- Personal ocupado total; I000A.- Personal no dependiente de la razón social total; I200A.- Personal por honorarios o comisiones sin sueldo o salario fijo total; H020A.-Propietarios, familiares y otros trabajadores no remunerados).

SECTOR/ACTIVIDAD ECONÓMICA	H001A	I000A	I200A	H020A	TOTAL	%
PRIMARIO						
Pesca	262			5	267	0.09%
SECUNDARIO						
Construcción	5,452	1,248	21	59	6,780	2.4%
Industrias manufactureras	7,923	2,419	133	1,332	11,807	4.2%
TERCIARIO						
Comercio al por mayor	11,360	3,965	91	422	15,838	5.6%
Comercio al por menor	50,294	19,534	1,051	8,896	79,775	28.4%
Transportes, correos y almacenamiento	7,812	2,266	315	1,928	12,321	4.4%
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	6,882	3,324	666	290	11,162	4.0%
Servicios profesionales, científicos y técnicos	8,183	1,204	432	499	10,318	3.7%
Servicios educativos	7,609	2,446	1,030	460	11,545	4.1%
Servicios de salud y de asistencia social	4,795	1,300	230	1,483	7,808	2.8%
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	4,085	1,553	131	252	6,021	2.1%
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	67,783	35,002	273	4,393	107,451	38.2%
TOTALES	182,440	74,261	4,373	20,019	281,093	100 %

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Económico 2019.INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>.

3.2.1.9. Vivienda

La vivienda en el Municipio de Benito Juárez presenta características que por el tipo y servicios con que se cuentan expresan la importancia de la condición urbana. En el año 2020 se registraron un total de 336,997 viviendas en todo el municipio, de las cuales el

85.2% se encontraron habitadas (287,117 viviendas), 11.3% deshabitadas (37,968 viviendas) y 3.5% eran ocupadas de manera temporal (11,912 viviendas); con un promedio de ocupación de 3.2 habitantes por vivienda (Tabla 52).

Tabla 52.- Total de las viviendas y características de ocupación en el Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo (2020).

OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA	No	%
Total de viviendas habitadas	287,117	85.2%
Viviendas particulares deshabitadas	37,968	11.3%
Viviendas particulares de uso temporal	11,912	3.5%
Total de viviendas	336,997	100%
Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas	3.2	

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

La condición de las viviendas habitadas presenta las siguientes características (Tabla 53):

- En el Municipio de Benito Juárez sólo 1.3% de las viviendas cuentan con piso de tierra que representa una condición poco saludable para sus ocupantes; el bajo porcentaje se relaciona con el carácter urbano de los asentamientos.

Tabla 53.- Tipología de servicios en las viviendas en el Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo (2020).

INDICADORES DE VIVIENDA	No	%
Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	3,721	1.3%
Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica	282,670	98.5%
Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	279,681	97.4%
Viviendas particulares habitadas que disponen de excusado o sanitario	283,262	98.7%
Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	282,171	98.3%
Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje	277,886	96.8%
Viviendas particulares habitadas que disponen de tinaco	268,461	93.5%
Viviendas particulares habitadas que disponen de cisterna o aljibe	73,186	25.5%

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI obtenida del Censo de Población y Vivienda de 2020.

- Las viviendas habitadas que cuentan con servicios de energía eléctrica tienen 98.5% de cobertura, lo que resulta un porcentaje elevado de atención hacia los pobladores.

- La dotación de agua entubada muestra un porcentaje de 97.4% en las viviendas habitadas, lo que también es elevado e indica una cobertura aceptable del servicio hacia la población.
- El porcentaje de las viviendas que cuentan con servicio sanitario propio es de 98.7%, lo que indica una disposición de aguas residuales a un sistema de tratamiento.
- El porcentaje de viviendas conectadas al servicio de drenaje es de 98.3%, pero una parte no conocida lo realiza en fosas sépticas que supone un riesgo de contaminación del acuífero.
- La disponibilidad conjunta de energía eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje implica condiciones adecuadas de urbanización; y el hecho que el porcentaje sea de 96.8% indica que existe una adecuada dotación de servicios para la mayor parte de la población.
- Las viviendas habitadas que disponen de tinaco indican que 93.5% de las viviendas habitadas tienen acceso a alguna fuente de agua; mientras que 25.5% de las viviendas dispongan de cisterna o aljibe puede asociarse a la extracción de agua de pozo artesanal para el abasto domiciliario.

3.2.1.10. Vías de Comunicación.

El Municipio de Benito Juárez cuenta con vías de comunicación terrestres, aérea, marítima y la ferroviaria que está en proceso de terminación; lo que permite el adecuado tránsito de personas y tráfico de bienes y mercancías (imagen 53).

Redes de comunicación terrestre

La red vial terrestre primaria de carreteras del municipio se conforma por dos carreteras federales y una estatal. La carretera federal 180 (Mérida – Puerto Juárez - Mérida) comunica al Municipio hacia el poniente con el Estado de Yucatán y en su sentido Mérida – Puerto Juárez tiene una derivación hacia la carretera federal 307.

Esta carretera cuenta con una vialidad libre de pago de doble sentido en un solo cuerpo carretero; mientras que la otra es de cuota y cuenta con dos cuerpos de dos carriles cada uno. La carretera federal 307 comunica al Municipio con el sur hasta llega a Chetumal, y en su trayecto comunica a los centros urbanos de la costa, centro y sur de Quintana Roo.



Imagen 53.- Vías generales de comunicación en el Municipio de Benito Juárez, 2020.

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI: Red Nacional de Caminos 2022.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463770558>.

La carretera estatal es una derivación de la carretera libre 180 y comunica el poblado de Francisco May en el vecino Municipio de Isla Mujeres.

A esta estructura primaria se suma una red de caminos secundarios y terciarios que forma un extenso entramado, siendo el principal el que originalmente permitía el acceso a la zona de pozos por dos caminos de terracería; sin embargo, la desordenada ocupación del territorio ha dado lugar a la proliferación de varios caminos irregulares que conducen a sitios donde se ofertan terrenos campestres.

En la presente administración federal se ha impulsado el incremento en la infraestructura de comunicación en el Estado de Quintana Roo como parte de una estrategia regional de desarrollo. Una de la infraestructura más importante por la magnitud de la obra y los beneficios esperados corresponde al Tren Maya.

Esta obra tendrá un efecto articulador en los Estados de la Península de Yucatán, Tabasco y Chiapas, a través de un circuito de 1,525 km de longitud¹⁷ que conecta las principales ciudades de los estados mencionados y sus zonas turísticas. El recorrido se conforma de 5 tramos, y los que se intersecan con el territorio del Municipio de Benito Juárez son parte de los tramos 4 (Izamal – Cancún) y 5 (Cancún – Playa del Carmen), con la estación Cancún Aeropuerto como una de las principales instalaciones por los servicios de mantenimiento, carga y servicios de pasajeros con que contará.

Instalaciones aeroportuarias

En el Municipio de Benito Juárez se encuentra el segundo aeropuerto de importancia a nivel nacional en el número de operaciones, que en noviembre de 2022 alcanzó una cifra récord de 719 operaciones de llegada y salida. Los datos comparativos de pasajeros del aeropuerto en los meses de septiembre de 2022 y septiembre de 2023 señalan que en el primer caso se tuvo una afluencia acumulada desde inicio de año de 22,398,564 pasajeros y para el mismo lapso de 2023 la afluencia fue de 24,616,642 pasajeros que significa una variación de 9.9%.¹⁸

En el Municipio de Isla Mujeres la empresa Ultramar presta el servicio de transporte en viaje redondo desde su terminal Puerto Juárez a Isla Mujeres, con un acumulado en 2022 de 489,732 pasajeros movilizados para ambas direcciones. En el lapso que abarca desde enero hasta septiembre de 2023 la transportación en ambas direcciones es de 292,806 pasajeros¹⁹.

3.2.1.11. Redes de Servicios

El Municipio de Benito Juárez cuenta con servicios de energía eléctrica, agua potable y redes de drenaje, que brindan sus servicios a los habitantes y permite el desarrollo de actividades productivas.

Energía Eléctrica

La estructura de suministro de energía eléctrica corresponde a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que a partir de la Red Nacional de Transmisión del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) alimenta a la zona norte de Quintana Roo mediante líneas de transmisión.

¹⁷ Gobierno de la República. Sin fecha. Tren Maya. Tíimin kaáx. Información del proyecto Tren Maya. Anexo Técnico (mecanoscrito). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/513993/TM_ANEXO_TECNICO_VF2__1_.pdf

¹⁸ ASUR. Aeropuertos del sureste. Tráfico de pasajeros. <https://www.asur.com.mx/trafico-de-pasajeros-1>.

¹⁹ APIQROO. 2023. Portal de Estadísticas. Terminal Puerto Juárez. <https://servicios.apiqroo.com.mx/estadistica/>.

Las que abastecen al Municipio de Benito Juárez provienen desde el vecino Estado de Yucatán y corresponden a las siguientes líneas de transmisión:

Tabla 54.- Líneas de transmisión del sistema eléctrico del Municipio de Benito Juárez a cargo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	VOLTAJE
L.T. TIZIMIN - CANCUN	115 KV-1C-147 KM-TA	35 a 161 kV
LT. CANEK-PUERTO JUAREZ	115 KV-1C-5.25 KM-TA	35 a 161 kV
L.T. BONFIL-CANCUN	115 KV-1C-5.0 KM-TA	35 a 161 kV
LT. NIZUC-PLAYA DEL CARMEN	230KV-1C-70.07KM-TA	230 kV
LT. NIZUC-PUERTO MORELOS	115KV-1C-33.88 KM-TA	35 a 161 kV
L.T. BALAM-NIZUC	230 KV-1C-38 KM-TA	230 kV
L.T. VALLADOLID-NIZUC	230 KV-1C-161 KM-TA	230 kV
L.T. VALLADOLID-NIZUC	15 KV-1C-162 KM-TA	35 a 161 kV
L.T. BONFIL-CANCUN	115 KV-1C-5.0 KM-TA	35 a 161 kV

Fuente: Sistema Eléctrico Nacional. <https://energia.conacyt.mx/planeas/electricidad/sistema-electrico-nacional>.

Asimismo, existen 15 subestaciones eléctricas y dos centrales termo generadoras (CTG) que consumen diesel: la primera denominada CTG Cancún se ubica a un costado de la Avenida Kabah con una capacidad instalada de 102 MW y generación estimada de 39.9 Gwh; la segunda denominada CTG Nizuc se encuentra a un costado de la Avenida Colosio y cuenta con una capacidad instalada de 88 MW y generación estimada de 19.6 Gwh²⁰. (imagen 54).

²⁰ Sistema Eléctrico Nacional. <https://energia.conacyt.mx/planeas/electricidad/sistema-electrico-nacional>.

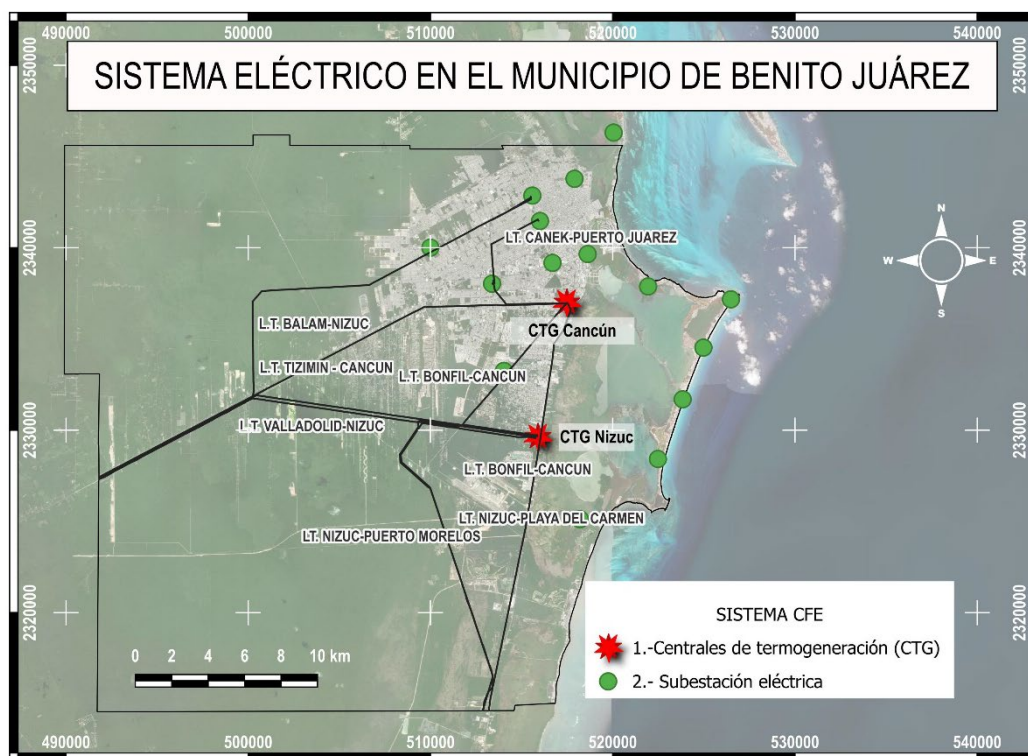


Imagen 54.- Sistema eléctrico a cargo de la Comisión Federal de Electricidad en el Municipio de Benito Juárez.

Fuente: Sistema Eléctrico Nacional. <https://energia.conacyt.mx/planeas/electricidad/sistema-electrico-nacional>.

Red de agua potable y alcantarillado

El Municipio de Benito Juárez se abastece de una zona de extracción que comparte con el vecino Municipio de Puerto Morelos, en donde se encuentran 195 pozos de captación que tiene asociado al menos una bomba eléctrica de succión de tipo vertical o sumergible, con potencia de 5 a 30 caballos de fuerza (HP), para la extracción de los volúmenes autorizados de 315,360 m³ a 788,400 m³ anuales para un total de 98'581,400 m³/año.

Desde los pozos se conduce a un sistema de tanques de almacenamiento / cloración desde donde se inicia una red de líneas de conducción secundarias para atender las demandas de los usuarios finales con ayuda de 73 tanques de capacidades desde 78 m³ hasta 4,876 m³.

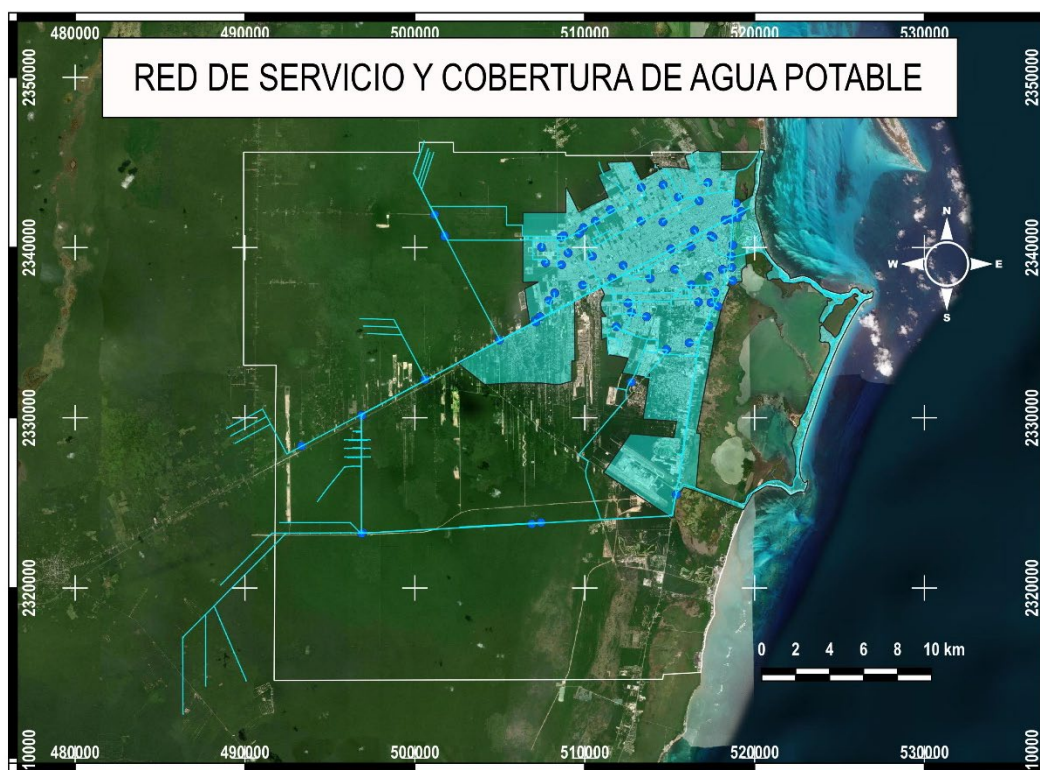


Imagen 55.- Red de servicios y cobertura de agua potable en el Municipio de Benito Juárez, 2020.

Fuente: Elaboración propia con información del AGUAKAN.

La cobertura del servicio ocupa una superficie de 18,094 ha que abarca gran parte de la ciudad, que normalmente cuenta con la dotación diaria; excepto cuando es necesario realizar acciones de mantenimiento rutinario o reparaciones por algún daño (imagen 55).

El servicio de drenaje y sistema de tratamiento de las aguas residuales en el Municipio de Benito Juárez tiene una cobertura en superficie de 15,027 ha y un total de 13 plantas de tratamiento, que en teoría cubren las necesidades de la ciudad (imagen 56). Sin embargo, existen situaciones que impiden la conexión de las casas a la red de drenaje; siendo las más importantes las siguientes. La existencia de zonas que no están municipalizadas por diversas razones, lo que impide la introducción del servicio. También se tiene que en zonas donde existen redes de drenaje se tienen construcciones que se edificaron previamente y no es posible realizar la conexión; sea esto porque no es factible construir una tubería hacia la red o porque el tubo que recoge las descargas en las edificaciones se encuentra por debajo del nivel de la red de drenaje.



Imagen 56.- Red de drenaje y plantas de tratamiento en el Municipio de Benito Juárez.

Fuente: Elaboración propia con información del AGUAKAN.

Manejo y disposición de Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

El manejo y disposición adecuada de los residuos sólidos urbanos (RSU) es una de las tareas más difíciles de atender adecuadamente por las autoridades municipales que por Ley tienen esa obligación. Si bien en Quintana Roo existe una Ley al respecto²¹ y a nivel nacional se tiene a la NOM-083-SEMARNAT-2003²² que establece las especificaciones de los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial (rellenos sanitarios), la experiencia obtenida reitera la dificultad que implica el manejo y disposición de RSU y los conflictos ambientales y sociales que se originan.

Los conflictos ambientales derivan del manejo incorrecto en los sitios, que tanto en la etapa de operación como de clausura, genera olores fétidos, emisión de grandes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI) y lixiviados que constituyen fuentes de contaminación al

²¹ POE. 2019. Ley para la prevención, gestión integral y economía circular de los residuos del Estado de QUINTANA ROO. Nueva ley publicada en el Periódico Oficial del estado de Quintana Roo el 18 de junio de 2019 y última reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado el 21 de julio de 2022.

²² DOF. 2004. NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de octubre de 2004.

subsuelo y manto freático, así como riesgos para la salud de la población que habita en las cercanías de estos sitios.

Por otra parte, el sitio de disposición final de RSU del Municipio de Benito Juárez ha sido un asunto que también implica al vecino Municipio de Isla Mujeres, ya que excepto en el caso del sitio de disposición a cielo abierto que estuvo en operación entre 1970 y 1993 (Banco 5) en una antigua superficie de sascaberas próxima a la Laguna Nichupté y el relleno sanitario en la denominada Parcela 1113; el resto de los rellenos sanitarios se han ubicado en el Municipio de Isla Mujeres: Relleno Sanitario Norte, Sufre y Calla, hasta el que actualmente cuenta con un Procedimiento Administrativo por la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo (PPA) a partir de la denuncia que interpuso el Ayuntamiento de Benito Juárez por daño ambiental, debido al manejo inadecuado de 1,300 toneladas de RSU que cada día ingresan en él²³. A partir de lo anterior, se autorizó de manera urgente por medio de Sesión de Cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Benito Juárez a reutilizar el sitio de la parcela 1113²⁴, a pesar que se supone se encuentra en etapa de clausura.

El promedio mensual de RSU que ingresaron al relleno sanitario para el lapso de 2005 a 2010 estuvo en el rango promedio desde 19,409 ton/mes hasta 31,203 ton/mes para los provenientes del Municipio de Isla Mujeres y desde 535 ton/mes hasta 1,296 ton/mes²⁵. Asimismo, la proporción de los componentes de los residuos sólidos es la siguiente: 51.7% -54.2% de residuos orgánicos, 10.8%-12.4% de plástico, 7.6% - 7.71% de papel, 6.4% - 8.6% de pañales, 2.5% - 5.8% de textiles, 4.4% - 5.5% de cartón, 3.7% - 4.2% de vidrio, 2% - 3% de metales varios, 0.6% - 1.4% de aluminio y 3.6%-7.6% de otros²⁶.

Con base en lo mencionado es evidente que el manejo y disposición de RSU no debe tener como elemento central un relleno sanitario, es necesario considerar nuevas acciones que inicien desde los propios sitios de generación de RSU; particularmente en el manejo de los residuos orgánicos que representan más del 50% de los componentes.

²³ Jesús Vázquez. Procuraduría de Protección al Ambiente alerta de riesgo sanitario en Cancún. Nota periodística aparecida en El Economista el 18 de julio de 2023.

²⁴ Anónimo. Medidas para Afrontar Problemas de Residuos en Cancún. Nota periodística aparecida en El poder no es para siempre el 19 de julio de 2023

²⁵ Ay-Robertos, F.A., W.E. Brinckmann y M.T. Ayllón-Trujillo. 2010. Disposición final de residuos sólidos en los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres en Quintana Roo. Ingeniería 14 (3): 197-207. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46715742008.pdf>.

²⁶ Cuellar, S.S.R. 2006. Análisis de mercado del acopio, reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos generados por el sector turístico de los Municipios de Benito Juárez y Solidaridad del Estado de Quintana Roo. (mecanoscrito). Cf. Ay-Robertos *et al.*

3.3.1. Descripción de los planes, programas, proyectos y acciones de las instancias de gobierno federal, estatal y municipal que tienen influencia en el uso del territorio.

A continuación, se analizan los Planes, Programas, Estrategias y acciones que inciden o van a incidir en el desarrollo y el Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (POEL MBJ).

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024.

Programa Sembrando Vida

Es un programa dirigido a las y los sujetos agrarios para impulsar su participación efectiva en el desarrollo rural integral. Cubre el estado de Quintana Roo y otros. Incentiva a los sujetos agrarios a establecer sistemas productivos agroforestales, el cual combina la producción de los cultivos tradicionales en conjunto con árboles frutícolas y maderables, y el sistema de Milpa Intercalada entre Árboles Frutales y Forestales (MIAF), con lo que se contribuirá a generar empleos, se incentivará la autosuficiencia alimentaria, se mejorarán los ingresos de las y los pobladores y se recuperará la cobertura forestal de un millón de hectáreas en el país.

PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2023-2027.

EJE 4: MEDIO AMBIENTE Y CRECIMIENTO SUSTENTABLE:

Objetivo General.

Lograr un modelo de ordenamiento territorial con enfoque prioritario en las áreas de pobreza y equidad, productividad, medio ambiente y prevención de desastres naturales, que a partir de su transformación con nuevas infraestructuras regionales y urbanas impulse el bienestar social, la sostenibilidad ambiental y la conservación de los recursos naturales.

Estrategia General.

Establecer un modelo de uso del suelo territorial, que, a través de la planificación democrática y participativa de políticas e instrumentos, generen y establezcan el crecimiento económico y turístico sostenible, fomenten la conservación del medio ambiente y preserve los valores sociales, históricos y ancestrales de la población quintanarroense.

Tema 4.18 Medio Ambiente y Sustentabilidad.

Objetivo Específico.

Impulsar un crecimiento sostenible bajo en carbono alineado con la Agenda 2030, basado en la conservación de nuestra riqueza natural, con enfoque territorial y de derechos humanos, mediante una responsabilidad compartida de acuerdos y compromisos colectivos con soluciones basadas en la naturaleza, que sea cercano, incluyente, participativo y con bienestar para todos, en un entorno libre de contaminación.

Estrategia Específico 4.18.1.

Promover, a través de los instrumentos de planeación territorial y políticas públicas transversales, un desarrollo integral, equilibrado y sostenible, con apego al Estado de Derecho, que fomenten la conservación, protección y monitoreo de ecosistemas y la biodiversidad, con un crecimiento ordenado, considerando la inclusión social y mejorando la calidad de vida de las y los quintanarroenses.

Líneas de Acción.

- 4.18.1.1. Garantizar el derecho de acceso a la información en materia ambiental.
- 4.18.1.2. Administrar el Sistema Estatal de Información Ambiental para contar con una plataforma transparente, de calidad y actualizada.
- 4.18.1.3. Gestionar recursos financieros nacionales e internacionales, mediante convenios, fideicomisos, fondo ambiental; que sean destinados a la preservación y restauración del medio ambiente, así como el fortalecimiento de las capacidades institucionales y bienestar de la ciudadanía.
- 4.18.1.4. **Promover mediante los instrumentos de Ordenamiento Ecológico, el desarrollo sustentable y sostenible del estado, asegurando la integridad y complementariedad con otros instrumentos de ordenamiento.**
- 4.18.1.5. Contar con un instrumento integral de gestión que fortalezca, oriente y apoye a la planeación y el ordenamiento de mares y costas, que incorpore un enfoque de servicios ecosistémicos y soluciones basadas en la naturaleza.
- 4.18.1.6. Promover la generación y el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, el uso de tecnologías limpias, la eficiencia, el acceso y la suficiencia energética en el estado.
- 4.18.1.7. Promover la reducción de la vulnerabilidad ambiental del estado mediante el diseño, monitoreo y reporte de medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático.

- 4.18.1.8. Impulsar la conservación de la biomasa forestal crítica en beneficio de las comunidades vulnerables.
- 4.18.1.9. Impulsar un marco normativo para el mercado de carbono y carbono azul a nivel estatal.
- 4.18.1.10. Fortalecer con los tres niveles de gobierno la Gestión Integral de Residuos.
- 4.18.1.11. Implementar estrategias de economía circular que abarquen todo el ciclo de vida de los materiales que luego se convierten en residuos.
- 4.18.1.12. Implementar estrategias para la regularización y capacitación de los sujetos obligados y gestores en el manejo de residuos de competencia estatal.
- 4.18.1.13. Impulsar normativas y permisos para la extracción y el uso de sargazo, así como su monitoreo.
- 4.18.1.14. Mitigar la contaminación y degradación ambiental por medio de la evaluación de proyectos, capacitación y registro de profesionistas en materia de prevención y control de la contaminación y afectación de los ecosistemas.
- 4.18.1.15. Realizar campañas de difusión y promoción de la regulación a los sujetos obligados en materia de prevención de la contaminación ambiental.
- 4.18.1.16. Evaluar las medidas para el mejoramiento de calidad del aire y del agua, mediante la implementación de diversos instrumentos.
- 4.18.1.17. Promover instalaciones de tratamiento de aguas residuales de distintos tipos y tamaños, instalaciones para "aguas azules" y de manejo especial.
- 4.18.1.18. Propiciar con el sector académico y educativo estrategias de comunicación educativa y diseño de materiales didácticos para la sensibilización y divulgación ambiental.
- 4.18.1.19. Actualizar el Plan Estatal de Educación Ambiental del Estado de Quintana Roo.
- 4.18.1.20. Capacitar a los diversos sectores en materia de buenas prácticas ambientales, prevención de emisiones contaminantes, adaptación al cambio climático, servicios ecosistémicos, economía circular y cultura forestal, para el fortalecimiento de la educación y cultura ambiental.
- 4.18.1.21. Implementar programas y acciones de capacitación para el fortalecimiento intersectorial, mediante la aplicación del Sistema de Manejo Ambiental.
- 4.18.1.22. Mitigar la deforestación mediante la opinión técnica a estudios técnicos justificativos y documentos técnicos unificados, a través del comité técnico de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

- 4.18.1.23. Implementar acciones de prevención, control y combate de incendios forestales para la protección de los recursos naturales de la entidad.
- 4.18.1.24. Desarrollar y ejecutar programas de reforestación y restauración en centros de población urbanos y comunidades.
- 4.18.1.25. Mantenimiento y establecimiento de plantaciones forestales comerciales, como medida para la reconversión y restauración de tierras de baja rentabilidad agrícola y ganadera.
- 4.18.1.26. Fortalecer la organización productiva forestal del estado, la transformación de productos maderables y no maderables, con criterios de certificación y la realización de buenas prácticas ambientales forestales.
- 4.18.1.27. Coordinar con los municipios el inventario del arbolado urbano del estado.
- 4.18.1.28. Fomentar la preservación de selvas y el aprovechamiento forestal sustentable, a través de su manejo.
- 4.18.1.29. Fomentar un desarrollo sustentable mediante la evaluación de proyectos ambientales de competencia estatal.
- 4.18.1.30. Emitir opinión técnica de proyectos ambientales que la federación remite al estado, correspondientes a manifestaciones de impacto y cambios de uso de suelo, con base en los instrumentos normativos ambientales estatales aplicables.
- 4.18.1.31. Consolidar el Programa de Guardianes Comunitarios para vigilar en concertación el cumplimiento de la legislación ambiental vigente.
- 4.18.1.32. Aplicar la legislación ambiental competente, mediante el procedimiento administrativo, inspección y vigilancia, a fin de lograr un eficiente desempeño ambiental.
- 4.18.1.33. Promover la auditoría ambiental y la implementación de buenas prácticas, como mecanismos para fomentar la aplicación y el cumplimiento del marco jurídico ambiental vigente en los diferentes sectores.
- 4.18.1.34. Ejecutar y dar cumplimiento a la Ley de Protección y Bienestar Animal del Estado de Quintana Roo y el marco jurídico aplicable.
- 4.18.1.35. Promover la participación ciudadana a fin de impulsar acciones que fortalezcan la protección y el bienestar de los animales a nivel Estatal.
- 4.18.1.36. Dotar de instrumentos legales y presupuesto para el manejo y conservación de las Áreas Naturales Protegidas Estatales.

- 4.18.1.37. Dirigir adecuadamente y de manera transparente, las Áreas Naturales Protegidas Estatales, para garantizar la provisión de servicios ambientales y su valoración social.
- 4.18.1.38. Garantizar el cumplimiento a través de la supervisión de los programas de restauración de ecosistemas que se lleven a cabo en las Áreas Naturales Protegidas Estatales y sus áreas de incidencia.
- 4.18.1.39. Realizar evaluaciones ambientales en las Áreas Naturales Protegidas de competencia estatal con criterios de valorización de servicios ecosistémicos.
- 4.18.1.40. Promover que los proyectos y actividades en las Áreas Naturales Protegidas en su desarrollo y operación incorporen medidas para mitigar afectaciones ambientales y asegurar la proveeduría de servicios ecosistémicos a la población.
- 4.18.1.41. Impulsar el bienestar de los animales domésticos y fauna silvestre, mediante la coordinación de acciones con los gobiernos federales y municipales, sector público, privado y social.
- 4.18.1.42. Implementar una estrategia de coordinación que sea vinculante, que impulse la restauración, conservación y uso sustentable de la biodiversidad y sus ecosistemas costeros a nivel estatal.
- 4.18.1.43. Promover el manejo pesquero responsable para recuperar la riqueza biológica y la productividad de las pesquerías de pequeña escala en Quintana Roo, a través de Zonas de Refugio Pesquero.
- 4.18.1.44. Promover el acompañamiento de iniciativas empresariales que reduzcan las amenazas a los ecosistemas costeros y marinos, así como un uso sostenible de los recursos naturales.
- 4.18.1.45. Asegurar la participación de las comunidades y de las mujeres en el uso sostenible de la biodiversidad con un enfoque de desarrollo regional, fortalecimiento de la cadena de valor y la lucha contra las desigualdades socioeconómicas
- 4.18.1.46. Atender las actividades administrativas, técnicas, jurídicas y de staff.

Transversales

1. Robustecer la actuación del personal gubernamental desarrollando e impulsando acciones continuas y progresivas de formación sobre el ejercicio de los Derechos

Humanos de las personas en observancia a las Directrices Mínimas de Actuación para las Personas Servidoras Públicas del Poder Ejecutivo del Estado de Quintana Roo

2. Desarrollar e implementar estrategias tendientes a fortalecer la Política Anticorrupción del Estado de Quintana Roo.
3. Fortalecer y coadyuvar en la interinstitucionalidad en los tres niveles de gobierno y la ciudadanía para el bienestar y desarrollo del Estado de Quintana Roo
4. Formular políticas públicas e implementar programas, proyectos y acciones afirmativas orientadas al establecimiento de la Igualdad Sustantiva entre Mujeres y Hombres en todos los ámbitos sociales y garantizar el Acceso de las Mujeres, Adolescentes y Niñas a una Vida Libre de violencia y discriminación.
5. Realizar acciones orientadas a la atención de los pueblos y comunidades indígenas y afroamericanas.

Tema 4.21 Agua para Todas y Todos.

Objetivo Específico.

Garantizar el acceso a servicios de agua potable y saneamiento, de manera eficiente, accesible y sustentable para quienes habitan las zonas urbanas y rurales del estado a fin de mejorar su calidad de vida e incentivar su desarrollo económico y social.

Estrategia Específica 4.21.1.

Incrementar la inversión pública y privada para proyectos de infraestructura hidráulica integral en coordinación con la federación y los municipios con un enfoque sostenible.

Líneas de acción.

- 4.21.1.1. Realizar obras y acciones en agua potable en comunidades rurales
- 4.21.1.2. Realizar obras y acciones en drenaje y saneamiento en comunidades rurales
- 4.21.1.3. Realizar obras y acciones en agua potable en localidades urbanas
- 4.21.1.4. Realizar obras y acciones en drenaje y saneamiento en localidades urbanas
- 4.21.1.5. Realizar acciones para mejorar la calidad del agua para abastecimiento en el Estado
- 4.21.1.6. Promover el uso racional y eficiente del agua, así como motivar su cuidado especialmente entre la niñez y juventud quintanarroense.
- 4.21.1.7. Atender las actividades administrativas, técnicas, jurídicas y de staff.

Transversales

1. Robustecer la actuación del personal gubernamental desarrollando e impulsando acciones continuas y progresivas de formación sobre el ejercicio de los Derechos Humanos de las personas en observancia a las Directrices Mínimas de Actuación para las Personas Servidoras Públicas del Poder Ejecutivo del Estado de Quintana Roo
2. Desarrollar e implementar estrategias tendientes a fortalecer la Política Anticorrupción del Estado de Quintana Roo.
3. Fortalecer y coadyuvar en la interinstitucionalidad en los tres niveles de gobierno y la ciudadanía para el bienestar y desarrollo del Estado de Quintana Roo.

PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO 2021-2024.

EJE 3: Medio Ambiente Sustentable

Objetivo Estratégico: Garantizar la preservación de la riqueza natural única que tiene nuestro municipio mediante un crecimiento ordenado, sostenible y con responsabilidad compartida.

Estrategia 3.2.1: Procurar la protección del medio ambiente y biodiversidad de las diferentes especies, que conllevaran a un equilibrio ecológico de acuerdo con el crecimiento de la ciudad, con la finalidad de preservar las riquezas naturales del municipio.

Líneas de Acción:

- 3.2.1.1 Realizar actividades de protección y cuidado de la Tortuga Marina durante su proceso de desove en las costas del municipio de Benito Juárez.
- 3.2.1.2 Realizar acciones en el Programa de Reforestación y/o restauración de la zona urbana del municipio de Benito Juárez con plantas nativas.
- 3.2.1.3 Emitir Permisos de Poda, Tala y trasplante de árboles, para dar cumplimiento a la normatividad en materia de arbolado urbano realizados
- 3.2.1.4 Realizar acciones de difusión, pláticas y talleres sobre el cuidado del medio ambiente.
- 3.2.1.5 Realizar jornadas de entrega-recepción (entre ciudadanía y acopiadoras(es) de residuos sólidos urbanos separados (RECICLATON).

- 3.2.1.6 Aplicar el Sistema de Manejo Ambiental en las oficinas municipales
- 3.2.1.7 Integrar y Coordinar Comités Ambientales Ciudadanos
- 3.2.1.8 Emitir permisos ecológicos para obras y actividades.
- 3.2.1.9 Emitir de Factibilidades ecológicas a predios, proyectos de obras y/o actividades para que cumplan con los instrumentos de planeación en materia ambiental
- 3.2.1.10 **Actualizar el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.**
- 3.2.1.11 Realizar sesiones de la Comisión Municipal de Ecología.
- 3.2.1.12 Realizar jornadas de contribución y recuperación ambiental de humedales de agua dulce en la zona urbana de Cancún.
- 3.2.1.13 Aplicar Programas de Manejo a Áreas Naturales Protegidas
- 3.2.1.14 Realizar actividades de manejo de protección de las especies de flora y fauna silvestres, existente dentro de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) que administra el Municipio de Benito Juárez.
- 3.2.1.15 Emitir permisos de operación en materia ambiental de establecimientos comerciales y de servicios.
- 3.2.1.16 Promover el mejoramiento de la calidad del agua del mar y prevenir la contaminación de las playas.
- 3.2.1.17 Mantener la certificación de Playas Blue Flag.
- 3.2.1.18 Realizar actividades de protección y cuidado del Cangrejo azul durante su proceso de desove en las costas del municipio de Benito Juárez.

Es importante tener en cuenta que la coordinación entre las distintas instancias de gobierno es fundamental para lograr un desarrollo territorial sostenible y equitativo.

Literatura Consultada.

- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México
- Ay-Robertos, F.A., W.E. Brinckmann y M.T. Ayllón-Trujillo. 2010. Disposición final de residuos sólidos en los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres en Quintana Roo. Ingeniería 14 (3): 197-207. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46715742008.pdf>.
- Back, W., 1985. Hydrology of the Yucatan. *En: Geology and Hydrogeology of the Yucatan and Quaternary Geology of Northeastern Yucatan Peninsula*. New Orleans Geological Society, New Orleans, L.A. 160 pp.
- Bautista F. y Palacios G (et all). 2005. Caracterización y manejo de los suelos en la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. 281 pP.
- Biosilva 1997.- Estudios Ecológicos Preliminares del Sistema Lagunar de Chacmochuk, documento técnico diciembre 1997.
- Bonet, F. y J. Butterlin, 1962. Enciclopedia Yucatanense. México.
- Boose, E. R., Foster, D. R., Barker Plotkin, A., Hall, B. 2003. Geographical and historical variation in hurricanes across the Yucatan Peninsula. In: Gómez-Pompa, A., Allen, M. F., Fedick, S. L., Jiménez, J. J., Lowland Maya Area: Three Millennia at the Human-Wildland Interface, Haworth Press, New York. 495-516pp
- Buterlin, J., 1960. Reconocimiento Geológico del Territorio de Quintana Roo. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol. México, D.F.
- Calderón Mandujano Romel René y Rogelio Cedeño-Vázquez. 2011. Reptiles. En: Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. Tomo 2. 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. pp. 247-251.
- Carnevali F. C., G. J. L. Tapia-Muñoz, R. Duno de Stefano & I. Ramirez Morillo (Editores generales) 2010. Flora Ilustrada de la Península de Yucatán: Listado florístico. CICY A. C. Mérida Yucatán México. 328 pp.
- Carranza, E.A., M. Gutiérrez, E. y R. Rodríguez T., 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 2(1): 81-88.
- Cedeño-Vázquez Rogelio y Romel René Calderón-Mandujano. 2011. Anfibios. En: Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis

para su conservación. Tomo 2. 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. pp. 242-246

- CONAFOR. Reporte Semanal de Resultados de Incendios Forestales 2011. Datos acumulados del 01 de enero al 18 de agosto de 2011.
- Comité Estatal de Protección contra Incendios Forestales en Quintana Roo. Situación Actual de Incendios Forestales en Quintana Roo. Reporte 10 de junio / Temporada 2011
- CONANP y PNUD México (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) 2020. Resumen Ejecutivo del Programa de Adaptación al Cambio Climático del Corredor Isla Mujeres-Puerto Morelos
- Cuellar, S.S.R. 2006. Análisis de mercado del acopio, reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos generados por el sector turístico de los Municipios de Benito Juárez y Solidaridad del Estado de Quintana Roo. (mecanoscrito). Cf. Ay-Robertos et al.
- Durán R. y M. Méndez (Eds). 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PNUD, CONABIO, SEDUMA, 496 pp
- Durán, R., G. Campos, J. C. Trejo, P. Simá, F. May y M. Juan. 2000. Listado florístico de la península de Yucatán. CICY. Mérida Yuc. México.
- Escobar N. A., 1981. Geografía General del estado de Quintana Roo. México. Fondo Editorial del Gobierno del Estado de Quintana Roo.
- Escobar Nava, A., 1986. Geografía General del Estado de Quintana Roo. 2da. Edición Fondo de Fomento Editorial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 140 pp
- Espejel, I. 1986. La vegetación de las dunas costeras de la Península de Yucatán II. Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo, México. Biotica 11: 7-24.
- FAO-UNESCO. 1990. Mapa Mundial de Suelos. Informe sobre recursos mundiales de suelos 60 p. FAO. Roma, Italia.
- Flores, J. S. 1992. Vegetación de las islas de la Península de Yucatán. Florística y etnobotánica. Etnoflora Yucatanense. Fascículo 4.
- Flores, J. S. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense, Fascículo 3. 135 pp
- Gamboa P., H.C. 1992. Peces continentales de Quintana Roo. En: Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Vol. II. Navarro, D., Suárez M, E. (Eds.). CIQRO. Chetumal. Pp. 305-360.

- Gaona Vizcaíno, S., Gordillo de Anda T. y Villasuso Pino M., 1980. Cenotes, Karst característico: mecanismos de formación. Univ. Nal. Autón. México, Inst. de Geología, Rev. vol. 4, núm. 1 (1980). p. 32-36.
- González Medrano F. 2004. Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. Segunda edición. INE-SEMARNAT. México, D.F.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. Hong Kong. 851 pp.
- INEGI. 1984. Carta Geológica Cozumel, E-16, escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática.
- INEGI. 1984. Carta Geológica de Felipe Carrillo Puerto, E-16-1, escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática.
- INEGI. 1984. Carta Edafológica, escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática.
- INEGI. 1984. Carta Hidrología de aguas superficiales escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática.
- INEGI.2002. Estudio Hidrológico del Estado de Quintana Roo. Aguascalientes Ags. 51 pp.
- Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 2000. Programa de Manejo del Parque Nacional Isla Contoy. México
- Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 1997. Programa de Manejo del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos. México
- INEGI. 2005. Guía para la interpretación de cartografía. Uso de suelo y vegetación. Aguascalientes, México.
- Lee, J.C. 2000. A field guide to the Amphibians and Reptiles of the Maya World: the lowlands of México, Northern Guatemala, and Belize. Cornell University Press. Ithaca NY, 401 pp.
- López Portillo, J., M. Keyes, A. González, E. Cabrera y O Sánchez 1990. Incendios en Quintana Roo. Ciencia y Desarrollo. Vol. XVI. Núm. 91. p. 43-57.
- Martí, F. 1985. Cancún fantasía de banqueros: La Construcción de una ciudad turística a partir de cero: una narración periodística. Libro impreso por Fernando Martí. 84 p.
- Macario M., P.; E. García, R. Aguirre y E. Hernández-X.1995. Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. Acta Botánica Mexicana 32:11-23

- Mackinnon H., Barbara (2005) Aves y Reservas de la Península de Yucatán, Amigos de Sian Ka'an, Quintana Roo: pp76.
- Martha Angélica Gutiérrez-Aguirre Adrián Cervantes-Martínez (Compiladores). 2008. Estudio geohidrológico del norte de Quintana Roo, México. Universidad de Quintana Roo (UQROO), Unidad Cozumel
- Martí, F. 1985. Cancún fantasía de banqueros: La Construcción de una ciudad turística a partir de cero: una narración periodística. Libro impreso por Fernando Martí. 84 p
- Navarro L., D, T. Jiménez A., J. Juárez G. 1990. Los mamíferos de Quintana Roo. Pp.371-449. En: Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Navarro L., D. y J.G. Robinson (Eds.). CIQRO. Chetumal.
- Miranda F. 1958. Estudios acerca de la vegetación. En: Los Recursos Naturales del Sureste y su Aprovechamiento. Tom. II Cap. IV IMERNAR. México
- Miranda F., y E. Hernández X. 1963. Los tipos de Vegetación en México y su Clasificación. Bol. Soc. Bot. Méx. 28.
- Morrone, J.J. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. Revista Mexicana de Biodiversidad 90 (2019): e902980. <http://rev.mex.biodivers.unam.mx/wp-content/uploads/2019-2/vol-90-2/90-11-nov-2019/03-3273.pdf>.
- Muñoz-Pedrerros, A. 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural, 77:139-156,
- 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
- Peterson, T.R. and L. E. Chalif, 1989. Aves de México. Editorial Diana. México. 473 pp.
- POE. 2019. Ley para la prevención, gestión integral y economía circular de los residuos del Estado de QUINTANA ROO. Nueva ley publicada en el Periódico Oficial del estado de Quintana Roo el 18 de junio de 2019 y última reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado el 21 de julio de 2022
- POE. 2015. Decreto Número: 342 por el que se crea el Municipio de Puerto Morelos del Estado de Quintana Roo. Publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 6 de noviembre de 2015.
- Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. Tomo 1. 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.

- Olmsted I. y R. Durán. 1990. Vegetación de Sian ka'an . En: Navarro, D. y G. Robinson (eds). Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. CIQRO- PSTC. Universidad de Florida.
- 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.
- Quero H. J. 1992. Las palmas silvestres de la península de Yucatán. UNAM. Instituto de Biología. Publicaciones especiales 10.
- Reserva Ecológica El Edén A.C. http://reservaeleden.org/eden_items/news/PDFs/Extenso.pdf
- Sánchez, O y G. A. Islebe. 2000. Efectos del huracán Gilberto sobre la selva del Jardín Botánico. En: Sánchez, O. y G. A. Islebe (eds) El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín: fundamentos y estudios particulares. CONABIO-ECOSUR. San Cristóbal de las Casas Chiapas.
- Sapper, K. 1977. Geología de la Península de Yucatán. En: Enciclopedia Yucatanense. Tomo 1. p. 19-28. Edición Oficial del Gobierno de Yucatán.
- Schmitter-Soto, J.J. 1998. Catálogo de los peces continentales de Quintana Roo. Guías Científicas. ECOSUR. San Cristóbal de las Casas, 239 pp.
- SPP.1981. Carta de uso del suelo y vegetación 1:1,000,000 Mérida.
- Smith, R. L. 1980. Ecology and Fiel Biology. Third Edition. Harper & Row Publishers, New York. Pp 704-709.
- Trejo-Torres, J.C., R. Durán and I. Olmsted. (1993). Manglares de la península de Yucatán. In S.I. Salazar Vallejo and N.E. González (Eds.), Biodiversidad.
- Torres, E. 1981. Manual de conservación de suelos agrícolas. Editorial Diana. México, D. F.
- Ward, W. C., A. E. Weidie, M. J. Brady, J. L. Wilson, and R. B. Halley. 1978. Geology of the Northeastern Coast of the Yucatan Peninsula. In Ward, W. C. and A. E. Weidie Editors. Geology and hydrogeology of northeastern Yucatan. New Orleans Geological Society. Field Trip 2, Annual convention, New Orleans.
- Yum Balam A,C. 1996. Estudios y Acciones para determinar el Plan de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam y su Zona de Influencia. Reporte final al Instituto Nacional de Ecología.