Estudio para la Caracterización y Diagnóstico de Humedales en Puerto Morelos

CONTRATO NUM. CONANP/DRPYyCM/062-2011

Por
Jardín Botánico de ECOSUR "Dr. Alfredo Barrera Marín"
2011

INDICE

1. NOMBRE DEL ESTUDIO 3
2. LUGAR DE EJECUCIÓN 3
3. INTRODUCCIÓN 3
4. OBJETIVO GENERAL 5
5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
5.1.- Caracterización del Complejo de Humedales de Puerto Morelos 5
5.2.- Diagnóstico del Complejo de Humedales de Puerto Morelos 6
5.3.- Plan de acción 6
6. ALCANCE 6
7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 9
7.1. Fisiografía y Topografía 11
7.2.-Geología Física e Histórica 11
7.3. Tipos de Suelo 13
7.4. Hidrología y flujos de lluvia en Puerto Morelos 15
7.5- Factores Climáticos 15
8.- ANTECEDENTES 16
9. RESULTADOS 19
9.-1 Objetivo específico “Caracterización del Complejo de Humedales de Puerto Morelos 19
9.2- Diagnóstico del Complejo de Humedales de Puerto Morelos 33
9.2.1.-Asociación *Conocarpus-Laguncularia-Rhizophora* en transición 33
9.2.2.- Asociación *Rhizophora mangle – Conocarpus erectus*, islotes 34
9.2.3.- Petenes 35
9.2.4.- Asociación *Cladium jamaicense – Conocarpus erectus* 36
9.2.6.-Asociación mixto *Rhizophora-Laguncularia-Conocarpus-Avicennia* 37
9.2.7.-Mangle enano (o chaparro) *de Rhizophora mangle* 38
9.2.8.- Asociación *Conocarpus erectus var. sericeus* 38
9.2.9.- Tasistal 39
9.2.10.-Sabana 39
9.2.11.- Selva Mediana Subcaducifolia 40
9.2.12.-Duna costera o vegetación halófita 41
9.2.13.-Matorral costero 41
9.2.14.-Composición de especies 42
9.3- Otros resultados 45
9.3.1- Caracterización de los macroinvertebrados bentónicos 45
9.4- Plan de acción 48
9.4.1- Principales Amenazas detectadas 48
9.4.2. Propuestas 60
10.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 64

Estudio para la Caracterización y Diagnóstico de Humedales en Puerto Morelos

Autores: *Cecilia Elizondo*[1], *Everardo Barba Macías*[2], *Miguel Ángel Castillo Santiago*[3], *Héctor Hernández Arana*[4], *Dalia Hoil Villalobos*[5], *Haydée López Adame*[6], *David López-Merlín*[7], *Humberto Medina Quijano*[8], *Jorge Mendoza*[9], *Jorge Novelo*[10], *Cristian Tovilla*[11], *Guadalupe Velazquez Solimán*[12]

1. NOMBRE DEL ESTUDIO

Estudio para la Caracterización y Diagnóstico de Humedales en Puerto Morelos

2. LUGAR DE EJECUCIÓN

Puerto Morelos, Quintana Roo. Municipio Benito Juárez.

3. INTRODUCCIÓN

El presente estudio responde a los términos de referencia de la Convocatoria de CONANP 2011 para hacer un diagnóstico y caracterización de los Humedales de Puerto Morelos, para conocer el estado actual del humedal en la zona ante la falta de información (CONABIO 2009). Los productos resultantes complementarán la información del Estudio Previo Justificativo, para el Establecimiento de un Área Natural Protegida "Área de Protección de Flora y Fauna Humedales de Puerto Morelos" que miembros de la Comunidad de Puerto Morelos comenzaron a promover en 2010.

[1] Coordinadora del Jardín Botánico de ECOSUR "Dr. Alfredo Barrera Marín", celizond@ecosur.mx
[2] Investigador de ECOSSUR, Unidad Villahermosa, especialidad en micro y macro invertebrados bentónicos ebarba@ecosur.mx
[3] Investigador de ECOSUR, Unidad San Cristóbal de Las Casas, especialidad en Sistemas de Información Geográfica, mcastillo@ecosur.mx
[4] Investigador de ECOSUR, Unidad Chetumal, especialidad en pastos marinos, manglares, hhernand@ecosur.mx
[5] Curadora de las colecciones del Jardín Botánico de ECOSUR, taxonomía, dhoil@ecosur.mx
[6] Técnica de ECOSUR, especialidad manglares,
[7] Responsable del Vivero del Jardín Botánico de ECOSUR, especialidad forestal y manglares, yaxche@ecosur.mx
[8] Técnico del CINVESTAV, especialidad calidad del agua y humedales
[9] Investigador de ECOSUR, Director de la Unidad Campeche, especialidad en suelos
[10] Asesor Secretaría de Desarrollo Urbano y Medioambiente del Estado de Yucatán, especialidad Humedales
[11] Investigador ECOSUR, Unidad Tapachula, experto en manglares, ctovilla@ecosur.mx
[12] Investigadora independiente, especialidad Geohidrología

Es decir que serán utilizados para apoyar la toma de decisiones de manejo de una zona que requiere su preservación no solo por los servicios ambientales que brinda, como por ejemplo el disfrute de la gente del paisaje, el desarrollo del turismo, o su conectividad con el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, sino también por el valor de conservación que ésta zona posee a nivel biogeográfico. Sus características son únicas en toda la costa de Quintana Roo, el área es una laguna arrecifal fósil, y sus características son diferentes a las de Nichupté o de los humedales hacia el sur. Sumado que hacia la zona sur, en Playa del Carmen, se ha interrumpido el corredor de humedales por el desarrollo urbano.

Por otro lado cabe destacar que recientemente la CONABIO, ha comenzado un trabajo en Humedales. El área de Puerto Morelos ha sido elegida por esta dependencia como el tercer sitio de Humedales en el país donde se establecerá la prueba piloto, para el monitoreo a través de sistemas de percepción remota. Esto se debió a que es uno de los sitios prioritarios de manglar en la Península de Yucatán con relevancia biológica, con necesidades de rehabilitación ecológica, y por su conectividad con el Parque Marino, identificados en el informe CONABIO (2009) sobre Manglares Extensión y Distribución.

Finalmente, la Comunidad de Puerto Morelos se ha destacado desde hace años por la cultura de la conservación de su ambiente natural, muestra de ello, fue la creación del Parque Marino Arrecifes de Puerto Morelos, que surgió como una iniciativa de la comunidad para dar una alternativa ante el avance del desarrollo urbano y turístico desenfrenado del Caribe Mexicano. Tal vez es por ello, que actualmente Puerto Morelos conserva una buena parte de sus humedales (aproximadamente 4600 hectáreas), y también la última área de selva conservada entre Cancún y Playa del Carmen, en donde se encuentra inserto el Jardín Botánico de ECOSUR “Dr. Alfredo Barrera Marín” que con sus 65 hectáreas siendo uno de los más grandes de México.

Por esa característica cultural de la Comunidad de Puerto Morelos, y por la preocupación de la pérdida de áreas de manglar, y concientes de la importancia

de los servicios ambientales que los mismos brindan, surgió la propuesta de crear el Área de Protección de Flora y Fauna de Puerto Morelos. Es una iniciativa de miembros de la Comunidad.

El área propuesta tiene dos documentos que la avalan, se encuentra aprobada como área de Conservación en el Plan de Desarrollo Urbano de Puerto Morelos 2009 y en el Plan de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (UGA 23), tiene una categoría de Protección.

Los resultados de este estudio, han confirmado la importancia del área, coincidiendo con CONABIO 2011, sobre la importancia de este Humedal en particular. Y concluimos que la creación de esta Área Natural Protegida, además de proteger y conservar valores biológicos, permite la restauración y conservación de los bienes y servicios ambientales, y culturales; propiciando mejores condiciones ecológicas del entorno y ambientes sanos para la población presente y futura. En el ámbito económico representan un capital base para la expansión económica, pero que aún no cobra el valor agregado y directo de los servicios que provee y, que consecuentemente, no puede retornar para asegurar su función en el ecosistema y la actividad antropogénica.

4. OBJETIVO GENERAL DEL PRESENTE ESTUDIO

Generar una caracterización y un diagnóstico del estado actual del Complejo de Humedales de Puerto Morelos, con las tendencias y focos rojos que serán necesarios atender para su conservación, o restauración.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

5.1.- Caracterización del Complejo de Humedales de Puerto Morelos

- ESTRUCTURA: Diámetro a la Altura del Pecho, Área basal, Densidad, Altura, Índice de complejidad, Índice de valor de Importancia.
- PRODUCTIVIDAD: peso de componentes de la hojarasca.
- REGENERACION POTENCIAL: cuantificación de plántulas y juveniles.

- VARIABLES AMBIENTALES: salinidad superficial e intersticial, sedimento (densidad aparente-materia orgánica y nutrientes), Nivel de inundación, dirección de los flujos y como han sido afectados por la construcción de infraestructura.

5.2.- Diagnóstico del Complejo de Humedales de Puerto Morelos

- Determinación de la cobertura y distribución de manglar por especie
- Sitios de verificación rápida
- Tipos de manglar
- Condición ecológica de los manglares

5.3.- Plan de acción

- Elaboración de un documento con estrategias de conservación, uso, saneamiento y rehabilitación de los manglares.

6. ALCANCE

Este estudio se vincula con:

1) *Plan Nacional de Desarrollo 2007- 2012*

En materia ambiental, los objetivos donde incidirá el presente estudio son los siguientes:

✓ Frenar el deterioro de las selvas y bosques en México.

✓ Conservar los ecosistemas y la biodiversidad del país.

✓ Impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático.

✓ Asegurar la utilización de criterios ambientales en la Administración Pública Federal.

✓ Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

✓ Generar información científica y técnica que permita el avance del conocimiento sobre los aspectos ambientales prioritarios para apoyar la toma de decisiones del Estado Mexicano y facilitar una participación pública responsable y enterada.

✓ Desarrollar en la sociedad mexicana una sólida cultura ambiental orientada a valorar y actuar con un amplio sentido de respeto a los recursos naturales.

2) *Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007- 2012*

El presente estudio incurrirá en los objetivos y estrategias siguientes:

✓ Conservar y aprovechar sustentablemente los ecosistemas, para frenar la erosión del capital natural, conservar el patrimonio nacional y generar ingresos y empleos en las zonas rurales en especial, y contribuir a la sustentabilidad ambiental del desarrollo nacional.

- Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad
- Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.

✓ Coordinar la instrumentación de la estrategia Nacional de Cambio Climático para avanzar en las medidas de adaptación y de mitigación de emisiones.

- Consolidar las medidas para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero

✓ Generar la información científico-técnica que permita el avance del conocimiento sobre los aspectos ambientales prioritarios para apoyar la toma de decisiones del estado mexicano, y consolidar políticas públicas en materia de educación ambiental para la sustentabilidad, tanto en el plano nacional como local, para facilitar una participación pública responsable y enterada.

- Desarrollo de conocimiento y difusión en diversas líneas de investigación.

3) *Programa de Áreas Naturales Protegidas 2007- 2012*

Los objetivos donde incide el presente estudio son los siguientes:

✓ Conservar los ecosistemas más representativos del país y su biodiversidad con la participación corresponsable de todos los sectores.

✓ Formular, promover, dirigir, gestionar y supervisar programas y proyectos en Áreas Protegidas en materia de protección, manejo y restauración para la conservación.

✓ Lograr la conservación de las especies en riesgo con base en prioridades nacionales mediante la aplicación del Programa Nacional de Conservación de Especies en Riesgo 2007-2012.

4) *Plan Quintana Roo 2011-2016*

Los objetivos donde incide el presente estudio son los siguientes:

✓ QUINTANA ROO VERDE, Quintana Roo es parte del segundo Sistema Arrecifal más extenso del mundo después del Australiano, su sistema de ríos subterráneos es de los más grandes del mundo, mantiene las playas turísticas para el uso recreativo más limpias de México y recibe el arribo del 50 por ciento de las especies de tortugas marinas que habitan en el mundo.

La riqueza biológica de Quintana Roo incluye gran variedad y diversidad de especies de flora y fauna destacándose la caoba, el cedro, la ceiba, el chicozapote, la langosta espinosa, el caracol rosado, el cocodrilo, la tortuga marina, el jaguar, el tapir, el tiburón ballena y el manatí. Resaltando que en el estado se puede observar a la mitad de todas las especies de aves de México.

La cobertura forestal ocupa casi el 70 por ciento del estado, tiene un potencial estimado de producir 200 millones 500 mil toneladas de carbono. En el cambio climático, Quintana Roo es referencia nacional con la Comisión Estatal de Cambio Climático que trabaja en el programa estatal de acción ante el cambio climático y el inventario de emisiones de gases efecto invernadero que cuenta con la asesoría técnica

✓ Fomentar el Ordenamiento Ecológico del Territorio, su Instrumentación, Seguimiento y Evaluación.

- Elaborar programas de ordenamiento ecológico que propicien el desarrollo productivo, ordenado y responsable, considerando un crecimiento verde en el estado y la vulnerabilidad ante el cambio climático.
- Vincular el ordenamiento ecológico con los instrumentos de planeación enfocado al aprovechamiento sustentable de los espacios.

- ✓ Estrategia Estatal de Biodiversidad, Conservar y proteger la flora y la fauna propiciando el desarrollo sustentable de las comunidades rurales y con acciones que favorezcan el equilibrio ecológico del estado.

- ✓ Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas, Conservar y proteger los ecosistemas más representativos, frágiles y en buen estado de conservación y sus bienes y servicios asociados, procurando la conectividad y propiciando el flujo genético de las especies de flora y la fauna.
    - Crear nuevas áreas naturales protegidas estatales, impulsar áreas voluntarias de conservación y garantizar la conectividad ecosistémica y flujo genético.
    - Plan de Gestión Ambiental del Recurso Hídrico.

5) *Programa Subregional De Desarrollo Urbano De La Región Caribe Norte Del Estado De Quintana Roo*

- ✓ Políticas de conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
    - Se deberán respetar los usos y aprovechamientos establecidos en los modelos de ordenamiento de los Programas de Ordenamiento Ecológico existentes en la Región.

7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Sistema de humedales de Puerto Morelos forma parte del denominado "Complejo de Humedales Costeros de Puerto Morelos", considerada como la única laguna costera estacional predominantemente dulceacuícola localizada en la sección nororiental de Quintana Roo. Cubre una extensa zona costera, con un eje mayor paralelo al Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM) de aproximadamente 21 km de largo y un promedio de 1.8 km de ancho. Algunas secciones de este Sistema de Humedales Costeros forman parte del PNAPM.

El "Complejo de Humedales de Puerto Morelos" suministra aportes de agua dulce al Parque Nacional ya sea a través de "bocas estacionales de tormenta" que se

abren en época de intensas precipitaciones pluviales o por la infiltración de agua dulce por la barrera arenosa. Aporta substanciales beneficios ambientales, ya que las descargas de agua dulce al mar fertilizan los ecosistemas marinos del Parque Nacional debido a la descomposición de la materia vegetal que enriquece el agua y sirve de alimento a numerosos animales, algunos de los cuales dependen de este ambiente también para reproducirse o pasar una etapa de desarrollo, como especies de importancia comercial.

Entre otros servicios ambientales que brindan estos ambientes, podemos mencionar que actúan como grandes sistemas de purificación de agua. Al retener y conservar por largo tiempo el agua de las lluvias sirven también para que la misma infiltre lentamente y recargue los mantos subterráneos. En la región costera, los manglares que se desarrollan en zonas anegadizas dan protección a la costa durante tormentas y huracanes. En un contexto más amplio, los humedales funcionan como grandes sistemas de procesamiento bioquímico para reciclar varios gases y así mantener el equilibrio de la atmósfera.

Por estas características, los humedales son así un ambiente de importancia crítica para el ecosistema costero, como es el arrecife del PNAPM, por brindarle productividad, refugio, criadero y como estabilizadores de costa, pudiendo ser indicadores del potencial y también de la condición de los ecosistemas costeros debido a que demuestran una alta vulnerabilidad al deterioro ambiental.

El “Complejo de Humedales Costeros de Puerto Morelos” cuya extensión, tipo y características parecen no encontrarse en otra localidad de la zona que se le conoce como “Riviera Maya” (Herrera, 2009), presenta 4 especies de mangle, y reportada en este estudio un subespecie de C*onocarpus erectus* variedad s*ericeus*. Estas especies son considerablemente importantes por estar en peligro de extinción, y porque recientemente se les aumentó los niveles de protección en la NOM 059 SEMARNAT 2010.

Este sistema de humedales tiene importancia tanto en el ámbito local como regional, debido a que de los procesos, funciones y conectividad de los humedales con el ecosistema arrecifal dependen actividades económicas como el turismo y la pesca, de las cuales depende una mayoría de la población de Puerto Morelos y regionalmente a la población de todo el Sistema Arrecifal Mesoamericano.

7.1. Fisiografía y Topografía

El poblado de Puerto Morelos tiene una altura promedio de 3 a 5 msnm y la Colonia Zetina Gazca se encuentra a una altura promedio de 10 msnm. La zona costera de la península de Yucatán, se caracteriza por presentar un relieve muy escaso y por la ausencia de ríos superficiales, debido a sus suelos constituidos principalmente por piedra caliza.

En esta área, como sucede en el resto del Estado de Quintana Roo es sensiblemente plana, con excepción de la presencia de una “berma” o antigua línea de costa (duna fósil) ubicada hacia la porción central de la zona de estudio y que corresponde al límite del humedal con la selva mediana subcaducifolia (ecotono selva-manglar). Esta alteración en el perfil topográfico recorre toda su extensión en dirección norte sur.

De esta manera la topografía en el área varía de 0 a 3 m en la porción a la playa, la duna costera y el humedal, y de los 3-10 m en la porción que va del manglar hacia la selva mediana subperennifolia.

7.2.-Geología Física e Histórica

La zona de estudio presenta la misma secuencia genética de la Península de Yucatán, la cual en su mayor parte corresponde a una dala caliza existente desde el periodo Paleozoico, que emergió en el Triásico-Jurásico; pero a partir del Terciario y hasta el Plioceno, es cuando la península adopta la forma que tiene actualmente, la plataforma se delinea perfectamente, a partir de los arrecifes coralinos que se encuentran hacia el noroeste de la Península, donde se localiza la Ciudad de Cancún.

Específicamente la zona corresponde a la franja costera oriental de la Península de Yucatán, en la cual aflora desde el continente hacia la línea de costa las siguientes unidades litológicas:

Calizas pre-pleistocénicas.- Se encuentran en la parte continental y conforman una terraza carstificada. Estas calizas se han correlacionado con la formación Carrillo Puerto (Bonet y Butterlin, 1962), los espesores de esta formación se han reportado desde 240 m en el norte del Estado de Yucatán (Pemex, pozo Sacapuc-1) y entre 8 y 60 m en el corredor turístico de Quintana Roo (CNA, 1991). Esta formación está constituida por calizas fosilíferas en su base, y calizas compactas y calizas arenosas hacia su cima. El gran desarrollo de conductos de disolución le proporciona un carácter acuífero muy elevado.

Depósitos carbonatados del cuaternario.- En la zona costera sobre las calizas pre-pleistocénicas se encuentran depósitos que forman una franja de lomas (crestas) alineadas de 150 Km. de longitud y entre 0.5 y 10 Km. de ancho, estos depósitos están constituidos por antiguos sedimentos de playa (arenas calcáreas) (CNA, 1992).

Las arenas consolidadas.- Conforman el alineamiento de lomeríos de crestas de playa están constituidas (de acuerdo a Ward y Brady, 1979, y comprobado en los recorridos de campo) por una unidad basal de arenas calcáreas de grano fino (calcarenitas) con estratificación cruzada de bajo ángulo (< 10°) con huecos excavados por antiguos animales (fósiles).

Caliche.- La porción superficial está alterada por una costra de Caliche. El espesor de los materiales que conforman la franja de crestas de playa varía entre 3 y 20 metros, encontrándose sus mayores espesores hacia el norte de la planicie costera. (Fuente: Determinación del comportamiento geohidrológico de los

campos de pozos Aeropuerto del Sistema de Abastecimiento de Cancún, Q. Roo, AGUAKAN S.A de C.V).

7.3. Tipos de Suelo

El terreno es plano y se caracteriza por la presencia de roca caliza aflorante, con gran número de depresiones naturales conocidas localmente como reholladas. Existe una pendiente imperceptible en dirección este-oeste, en una franja norte sur (paralelo a la costa) de aproximadamente 50 m de ancho que representa una pendiente de 13º, que corrresponde a la antigua línea de costa o “berma” que corre a lo largo de la zona de Puerto Morelos, lo cual marca una abrupta diferenciación en el tipo de vegetación de selva mediana subperennifolia a una franja aproximada de 40 a 50 metros de selva mediana subcaducifolia, y de allí a Manglar.

De acuerdo a Sánchez e Islebe (2000), en análisis de suelos realizados en las selvas del Jardín Botánico de ECOSUR por Escalante (1983), que está situado en parte de la franja correspondiente de norte a sur, paralela a la costa de Puerto Morelos aproximadamente a 1 km. de la costa, cuya vegetación tiene el gradiente descrito en el párrafo anterior, los análisis de suelo demuestran lo siguiente:

Son suelos delgados de color café obscuro grisáceo con mucha roca aflorante, un 26.8% de materia orgánica y una textura de arena fangosa a franco arenosa. La capacidad de campo es de 90.32 y la de intercambio catiónico de 60.7; los valores de N,P y K son normales así como los de microelementos. Se presenta un horizonte superficial humífero A_0, de 2 a 6 centímetros de espesor, de materia orgánica en proceso temprano de descomposición. El horizonte A_1, de 10 a 30 cm de espesor, es de café obscuro y presenta gran cantidad de materia orgánica, raíces y piedras pequeñas. En ocasiones, este horizonte se continúa hasta 40 centímetros más. El horizonte A_1 se ve seguido por el horizonte C de laja calcárea firme o quebrada de 20 a 40 centímetros de espesor. La presencia y exposición de laja hace que la profundidad del suelo sea muy irregular teniendo en promedio 20 centímetros. Según la calificación maya de los suelos (Hernández, 1959)

corresponde a un *tsek'el-ek'lu'um* y según la propuesta por FAO (Ortíz y Ortíz, 1980) es un litosol-rendzina.

Durante las lluvias fuertes se observa un lento arrastre laminar hacia el manglar y las reholladas; en estas últimas se presenta un suelo notoriamente diferente, denominado *k'ankab* en maya, de un metro de profundidad y de color café rojizo, resultado de la deposición coluvial.

Por otro lado en los estudios de vegetación realizados por Cabrera y Sierra (1998), en el área de *Manglar Mixto*, el suelo es de tipo margoso, de color gris claro a pardo-grisáceo, carente de materia orgánica en descomposición y permanece inundado durante todas las épocas del año; en el área de *Manglar con Conocarpus erectus*, el sustrato es limoso-arcilloso, de color pardo y profundo con condiciones que favorecen la acumulación de residuos orgánicos, tornándose los suelos en gumíferos, con salinidad elevada; en el área de Manglar con *Avicennia germinans – Eleocharis cellulosa,* el suelo en el área es de tipo margoso, de color pardo obscuro, con drenaje deficiente que lo hace permanecer inundados durante la mayor parte del año, con salinidad un poco más baja que en el anterior. En el área *Saiba o Saibal – Tasistal* el suelo es de tipo gleisolmólico y eútrico, las características generales es que son poco permeables, ligeramente salinos, con gran acumulación de lino y carbonato de calcio, profundos, no presentan un horizonte húmico, su color varía entre pardo claro al gris claro. Los suelos son tipo gleysol, también se les ha denominado suelos de marisma, por estar sujetos a inundación continua, que en este caso y como ya se mencionó se debe principalmente a la acumulación de agua de lluvia. En las zonas en donde se encuentran los *Petenes* el suelo presenta una fuerte acumulación de materia orgánica, son profundos y con poca pedregosidad, moderada a ligeramente salinos. En los diferentes tipos de *Matorral costero*, el suelo es de tipo arenoso, de grano fino, muy profundo y abundante materia orgánica. Por último en la zona de *Selva Baja SubcaducifoliaK,* los factores físicos que condicionan la distribución de esta asociación corresponden a la presencia de suelos más elevados (hasta 8

msnm), de entre 10 a 30 cm. De profundidad, rocosos, que favorecen un drenaje eficiente, así como una mayor cantidad de materia orgánica en descomposición.

Los resultados del presente estudio en el área de humedal, coinciden con lo descrito por estos autores, y el mapa de suelos y su descripción específicamente del área del humedal se encuentran en el anexo 1.

7.4. Hidrología y flujos de lluvia en Puerto Morelos

La zona costera presenta un relieve muy escaso y no hay ríos superficiales, debido a la alta permeabilidad del área por el suelo cárstico. La Península de Yucatán es un apéndice natural de la plataforma septentrional de Guatemala, esta larga protuberancia que se extiende entre el Golfo de México y el Mar de Las Antillas, es una verdadera dala caliza, en capas horizontales, de una altura media de 30 metros, pero con grandes interiores de 160 a 250 metros(Sánchez, 1934). Esta dala reprolonga en el mar bajo una reducida profundidad de agua. Es por ello que las aguas de lluvia que filtran por el suelo calizo son llevadas al mar como si estuvieran siendo guiadas por una dala de madera y con bombas de achique. Las lluvias son más abundantes en el verano y la humedad relativa promedio anual es de 84%, con un promedio de precipitación anual de 1,098.2 mm.

7.5- Factores Climáticos

En la región el clima es de tipo cálido subhúmedo, con lluvias en verano y parte del invierno, una temperatura media anual de 27°C y precipitación entre 1 200 y 1 300 mm. y una estación seca bien definida de marzo a abril.

Dominan los vientos alisios del sureste mientras que los "nortes" llegan a la Península después de haberse iniciado en Canadá (normalmente de octubre a mayo) y hacer un recorrido con dirección norte-sur, trayendo como consecuencia vientos y marejadas de gran intensidad.

El clima se ve afectado por los huracanes, que aumentan la precipitación. La temporada de los mismos se extiende de junio a noviembre, de los cuales agosto

y septiembre son los meses de más alta incidencia. De la Red de estaciones hidroclimatológicas operadas por la Comisión Nacional del Agua se obtienen diariamente los datos de temperatura, precipitación y evaporación.

El comportamiento de la precipitación y la temperatura, en términos de sus características a través del tiempo, además de otros elementos como evaporación, humedad relativa, entre otros, son la base para la clasificación de los diversos tipos y subtipos climáticos que rigen en Quintana Roo.

En el extremo norte del estado, entre Puerto Morelos y Chiquilá, se manifiesta el subtipo climático cálido subhúmedo Aw0, que es el más seco de los cálidos subhúmedos con régimen de lluvias en verano, con temperatura media anual de 26.6 ºC, con una variación de la media mensual entre el mes más frío y más caliente, menor a 5 ºC, por lo que es isotermal y tiene un promedio de precipitación anual de 1 012.87 mm. En la franja costera occidental, desde Puerto Morelos hasta Xcalak, rige el más húmedo de los cálidos subhúmedos, el subtipo Aw2, con temperatura media anual de 25.8 ºC, isotermal, con una precipitación media anual de 1 288 .2 mm. (INEGI, 2009).

Los meses más calurosos son julio y agosto, con temperaturas medias de 29.2° C y 29.0° C respectivamente. Los meses más fríos son enero y febrero, con temperatura media de 24.6° C y 24.8° C, respectivamente.

La temperatura de Puerto Morelos no sufre grandes diferencias durante el año, oscila entre los 24 y los 30 grados Celsius, siendo las más altas entre mayo y septiembre. No hay grandes diferencias de temperatura respecto a la Ciudad de Cancún, menos de un grado de temperatura en cada mes.

8.- ANTECEDENTES

En la zona existen varias especies vegetales consideradas bajo algún estatus de protección, conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2001. Carrillo-Bastos y col. (2008) publicaron un estudio sobre del fragmento de manglar en el Jardín Botánico

Dr. Alfredo Barrera Marín, Puerto Morelos y sus estrategias de regeneración después de impactos naturales, mediante la caracterización de la estructura y composición de especies y estimación de la perturbación. En esta fracción registraron a *Rhizophora mangle* y/a *Conocarpus erectus*, como especies dominantes y algunas especies miembros de selva mediana subperennifolia como *Thrinax radiata* y *Manilkara zapota*. De acuerdo con los patrones de crecimiento, el daño causado al manglar por el Huracán Wilma, fue de mayor grado en *C. erectus*, ya que el porcentaje de ramas dañadas fue más alto en comparación a R. mangle. Concluye que la composición, estructura y ubicación de las especies de manglar, son el resultado de un conjunto de factores, tales como el efecto del microrelieve que caracteriza la topografía, la distancia al mar, así como un conjunto de factores ambientales. Pero a la vez distintos tipos de perturbación que afectan de forma natural a los manglares, principalmente el viento y los huracanes, son sumamente importantes para la zonación, desarrollo y permanencia de estos ecosistemas.

CONABIO (2009) ha definido en su informe sobre Manglares Extensión y Distribución, a los Manglares de Puerto Morelos hasta Punta Maroma, como uno de los 25 sitios prioritarios de manglar en la Península de Yucatán con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. En la ficha de criterios del sistema de manglar Puerto Morelos – Punta Maroma considera entre sus valores biológicos la alta importancia de su función como corredor biológico entre áreas y destaca la falta de información sobre la presencia de endemismos y riqueza específica. En cuanto a amenazas y riesgos, considera que la zona tiene valores altos en la perdida de la superficie original, grado de fragmentación del área, presión sobre especies clave, concentración de especies en riesgo y prácticas de manejo inadecuado. Como principales agentes de perturbación en la zona está la expansión urbana, el turismo, la construcción de caminos, la alteración del flujo hídrico y la desecación o relleno de zonas inundables. De acuerdo a las necesidades de información de la zona, en esta ficha se propone la realización de un estudio con la caracterización biológica y funcional del sitio, un estudio

microtopográfico para la rehabilitación del flujo hídrico del sitio y un estudio periódico de la cobertura vegetal con fotografías aéreas o imágenes de satélite de alta resolución.

Herrera y col. (2009) iniciaron hace 3 años un monitoreo en 2 sitios de los Humedales de Puerto Morelos (El Cid y La Ceiba) basado en la caracterización de patrones espaciales y temporales de la productividad de hojarasca de manglar y su relación con variables ambientales como la salinidad del agua intersticial. Menciona que la extensión, tipo y características del manglar en Puerto Morelos, no se encuentra en otra localidad de la zona que se le conoce como “Riviera Maya”, por lo que su protección y restauración es una prioridad desde el punto de vista de la integridad ecológica y de la conservación de la belleza escénica del arrecife al que está asociado. Comenta también que hay diversidad de tipos de impacto a los que está sometido el ecosistema de Manglar en esta zona, y su percepción es que los mismos están en crecimiento, y todos ellos asociados al desarrollo de infraestructura turística que se está construyendo sin ninguna medida efectiva de mitigación y mucho menos de compensación. Destaca que esta localidad es la que probablemente presenta el mayor riesgo y amenazas en la región del norte de Quintana Roo.

En 2010, ante la preocupación de la pérdida de áreas de manglar y conscientes de la importancia de los servicios ambientales que los mismos brindan, surgió de la comunidad de Puerto Morelos la propuesta de conservar la superficie de humedales que aún tiene la zona (aproximadamente 4600 hectáreas) mediante la creación del Área de Protección de Flora y Fauna de Puerto Morelos, para lo cual el Jardín Botánico de ECOSUR inició la elaboración del Documento Técnico Justificativo. En el que se menciona que ya existen dos elementos jurídicos que tienen al área con cierto grado de protección, uno es el Plan de Desarrollo Urbano de Puerto Morelos 2009 que la avala como área de Conservación y el Plan de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (UGA 23), donde tiene una categoría de Protección.

Por ultimo en 2011, CONABIO ha elegido a los Humedales de Puerto Morelos como su tercer sitio piloto para el comienzo del trabajo de Monitoreo de Humedales por percepción remota.

9. RESULTADOS

9.-1 Objetivo específico "Caracterización del Complejo de Humedales de Puerto Morelos

ESTRUCTURA: Diámetro a la Altura del Pecho, Área basal, Densidad, Altura, Índice de complejidad, Índice de valor de Importancia y **REGENERACION POTENCIAL:** cuantificación de plántulas y juveniles.

Se evaluaron un total de 97 parcelas de 100 m2 cada una o 9700 m2 en parcelas de 10 x 10 m, en cada parcela desde el centro se tomaron fotos hacia los cuatro vértices de la parcela, se dividió en 4 cuadrantes, y en uno de ellos se tomó el DAP a 1,35 (altura del pecho), la altura, dominancia de especies y el estado general del sitio en cuanto a su conservación, en un cuadrado de 1 x 1 se midió la regeneración natural, contando el número de plántulas.

Se realizaron visitas de reconocimiento del sitio en general para poder definir cómo realizar las parcelas de muestreo de tal manera que permitieran identificar la variación estructural y funcional del Humedal en su conjunto. Así se decidió dividir el área dentro de 7 sectores a lo largo delos aproximadamente 21 km. (e función de los diferentes caminos de acceso desde la Carretera Federal hacia la costa, ya sean estos públicos o realizados de manera particular por algunos desarrolladores). A la vez cada sitio se dividió en tres áreas paralelas, en la berma (área donde se encuentra la duna arrecifal fósil, paralela a la carretera Federal y con distancias que van desde los 250m a 900m desde la misma), se establecieron parcelas en el humedal que colinda con el ecotono selva manglar a diferentes distancias desde el limite con la selva; otra de las áreas fue a un lado de caminos

o carreteras desde la carrtera Federal hacia la costa, en particular en la zona media del sistema accediendo por los caminos en los que dividimos el área de estudio, y por último la tercer área fue la línea de humedal que es paralela a la costa, y lo denominamos costa (por ser la más cercano a ésta). Se evaluaron mediante la aplicación de la Ficha De Información Técnica De Campo En Sitios De Verificación Rápida en Manglares.

De los resultados más destacados, tenemos que la especie dominante es *Conocarpus erectus* (Botoncillo), seguida de *Rizhophora mangle* y por último *Laguncularia racemosa*, solo en dos parcelas fue identificada *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* (Botoncillo) variadad *senicerus*. Las especies de zacate llamado "Cortadera" *(Cladium jamaicense o Cyperus planifolius)* y la palma "Tasiste" (*Acoelorrhaphe wrightii*), fueron identificadas en casi todos los sectores que se delimitaron del área de estudio.

La condición, de más de la mitad de las parcelas, se encuentra en un estado de conservación. Las parcelas identificadas como degradadas muestran el daño por la afectación de huracanes, debido a la presencia de troncos muertos con alturas de 6 a 7 metros, la construcción de caminos que han alterado los flujos hidrológicos del sistema, deforestación por tala y rellenos, como basura. Actualmente no se realizan acciones de protección o conservación a excepción de la superficie del "Jardín Botánico de Puerto Morelos". Se observó principalmente en la parte norte, pasando el camino desde la Carretera Federal hacia Petempich, en diferentes sitios hay delimitación de predios, con cercas de maya ciclónica, los cuales tienen en su mayoría cobertura de manglar y varias secciones fragmentadas por rellenos para construcciones o caminos realizados sobre manglar.

En 19 parcelas fue identificado a *C. erectus* como la especie dominante, sin embargo esta presente en 92 parcelas, el diámetro a la altura del pecho (DAP) dominante de la especie se encuentra entre los 5 y 10 cm. *R. mangle* fue

identificada como la especie dominante en 23 parcelas, pero se identificó a la especie en 76 parcelas, presentando un DAP dominante entre los 2.5 y 5 cm. La densidad relativa promedio, de todas las parcelas evaluadas, de C. erectus se encuentra entre los 5 y 10 individuos por cada 25 m2, *R. mangle* presentó una densidad relativa promedio de 5 individuos por cada 25 m2 y *L. racemosa* de 2 individuos por cada 25 m2. El potencial de regeneración de *R. mangle* es más alto en comparación con *L. racemosa* y *C. erectus*, al presentar plántulas en 69 parcelas de las 97 muestreadas, con una densidad de hasta 38 individuos en 1 m2. Sin embargo *L. racemosa* presenta hasta 70 plántulas en cuadrantes de 1 m2.

En relación a la temporada de lluvias, en la que se realizó el muestreo, las parcelas se encontraban inundadas, con un nivel de inundación máxima de 76 cm y de 5 cm como minima, en promedio para toda el área de estudio el nivel de inundación fue de 19. 4 cm. En general el área de estudio no presenta valores altos de salinidad, los valores obtenidos de salinidad superficial se encuentran entre los 0.1 a 10.8 grs/kg y la salinidad intersitical entre los valores de 1.09 a 19.3 grs/kg. El valor de salinidad intersticial más alto fue de 19.3 grs/kg. identificado en el sector denominado “E”, el cual presenta rellenos, construcciones y caminos.

Tabla de número de especies de mangle, especie dominante y categoría de dominancia por sector

Sector	No. SP. mangle	Sp. dominante	Categoria de dominancia
A	3	Conocarpus erectus	3
B	4	Conocarpus erectus	3
C	3	Conocarpus erectus	3
D	3	Rhizophora mangle	2
E	3	Laguncularia racemosa	5
F	3	Conocarpus erectus	4
G	1	Conocarpus erectus	2

Tabla de categoria de DAP dominante por especie por sector

Sector	A. Germinans	C. Erectus	L. Racemosa	R. Mangle
A		2	1	1
B	2	2	2	1
C		1	1	1
D		2	1	1
E		2	1	1
F		2	2	1
G		3		

Tabla de densidad relativa promedio en 25 m2, por especie y por sector más menos desviación estandar

Sector	A. Germinans	C. Erectus	L. Racemosa	R. Mangle
A	0.0	5.4	1.8	5.5
DE	0.0	4.8	4.2	5.5
B	0.2	3.7	0.3	6.2
DE	0.7	3.5	0.8	7.4
C	0.0	4.4	3.3	8.2
DE	0.0	3.9	14.2	7.7
D	0.0	4.0	0.3	6.4
DE	0.0	4.1	0.9	7.6
E	0	3	1.5	6.5
DE	0.0	1.4	0.7	6.4
F	0	3	1	7.5
DE	0.0	0.0	1.4	4.9
G	0	4.68	0	0
DE	0.0	4.5	0.0	0.0

Tabla Potencial de regeneración natural medido en número de plántulas por metro cuadrado

Sector	A. Germinans	C. Erectus	L. Racemosa	R. Mangle
A	0.0	0.7	5.1	2.4
B	1.0	1.3	0.2	3.7
C	0.0	0.9	3.3	6.1
D	0.0	0.2	6.1	4.8
E	0.0	0.0	1.0	4.5
F	0.0	0.0	0.0	16.0
G	0.0	0.0	0.0	0.0

NOTA: Los sectores E, F y G están subrepresentados, tienen un número de muestra muy pequeño y la comparación con otros sectores será espuria. Esto se debió principalmente a que hay sitios en los que está limitado el acceso, existiendo guardias de seguridad que no lo permiten, se intentó contactar a quien pudiera permitir el acceso sin tener éxito.

En cuanto a las características por sector, se destaca lo siguiente:

Sector A

El acceso a esta zona es la carretera a Puerto Morelos, en este sector la variación estructural va de áreas con presencia de tres especies de manglar, *Rizhophora mangle, Conocarpus erectus y Laguncularia racemosa*, áreas con dominancia de una especie, áreas en condiciones de degradación con probable necesidad de restauración (detrás del Hotel El Cid) y áreas con superficies inundadas y parches de vegetación.

Sector B

Entre carretera a Pto Morelos y carretera CrocoCun, en este lugar se observaron las cuatro especies de manglar, se registro a *Avicennia germinans* en floración y producción de frutos. Los sitios visitados se encontraron parcialmente inundados, el agua estancada con olor fétido.

Sector C

El acceso principal es el camino de Croco Cun y Petempich. Cerca de los hoteles Excelence y Bahía Petempich, se observaron áreas extensas de manglar chaparro o enano completamente inundadas. Entre los hoteles Petempich y Silversands el manglar esta afectado por tala y relleno. Hay una pequeña laguna aislada por caminos de terraceria, uno de los extremos de la laguna esta rellenada con escombros y sascab, en el otro se observaron cocodrilos muy grandes y las especies de manglar observadas fueron *R. mangle, Conocarpus erectus* y *L. racemosa,* en reproducción.

Sector D

Existe un camino de terracería, que al ser recorrido, presenta un manglar muy denso y en buen estado de conservación. Se observaron árboles de *R. mangle, L. racemosa* y *C. erectus*, con alturas entre 5 y 6 m.

Sectores E y F

Se identificaron dos caminos, a los cuáles al accesar a ellos se encontró que la vegetación presenta un buen desarrollo estructural y es posible encontrar tres especies de manglar (*R. mangle, Conocarpus erectus* y *L. racemosa*), además de vegetación característica de petenes, como palmas, zapotes y otras.

Sector G

El acceso principal es el camino al Hotel Moon Palace, y en zonas de manglar dentro del hotel se realizo el monitoreo, donde las especies de manglar representativas fueron, *R. mangle, Conocarpus erectus* y *L. racemosa,* encontrándose con un buen desarrollo estructural.

En cuanto a la variable PRODUCTIVIDAD (peso de componentes de la hojarasca), se solicitó el permiso de colecta por proyecto a SEMARNAT, Dirección Generl de Vida Silvestre, sin embargo la autorización no llegó a tiempo, y los resultados quedan pendientes y serán entregados luego de que se realice un monitoreo de un año en el sitio para que los mismos puedan ser representativos.

VARIABLES AMBIENTALES: salinidad superficial e intersticial, sedimento (densidad aparente-materia orgánica y nutrientes), Nivel de inundación, dirección de los flujos y como han sido afectados por la construcción de infraestructura.

El principal objetivo de esta parte es describir las características hidrológicas del ecosistema de manglar de Puerto Morelos e identificar si existe alguna diferencia espacial en las variables físico-químicas del agua, que refleje algún efecto por la construcción de caminos dentro del ecosistema.

Durante el mes de agosto y septiembre del año 2011, se diseñó una red de monitoreo hidrológico con 150 estaciones de caracterización rápida de las zonas de manglar, donde bajo este esquema se establecieron sitios (con 3 repeticiones) paralelamente a los caminos, a la línea de costa y a la berma del pleistoceno, a una distancia manejable para ingresar caminando. El número de sitios por sector varió de acuerdo al área de cada sector. Se propuso trabajar con tres fichas de

información técnica por sitio, esto para abarcar un área mayor que pueda considerarse como “representativa de la variabilidad en cada sector”.

Para medir la profundidad del agua se utilizó una baliza de madera graduada en cada sitio; con un multianalizador YSI Modelo 85 se registró la salinidad (intervalo de 0 a 80 ups, ±0.1), la temperatura (intervalo de -5 a 65 oC, ±0.1), oxígeno disuelto (intervalo de 0 a 20 mg/L, ±0.3).

Estadística descriptiva

Bloque A. Berma.

Con los análisis del agua superficial se pudo determinar que la temperatura promedio de la zona de berma en el bloque A fue de 27.98 con un valor mínimo de 25.5 y máximo de 33ºc, mientras que el promedio de salinidad fue de 2.11 ups siendo el máximo 4.70 y el mínimo 0.70 siendo considerada una zona con características oligohalinas, el oxigeno disuelto promedio fue de 3.56 miligramos por litro.

Intersticialmente la temperatura promedio fue de 28.07ºc, las características del sitio según la salinidad promedio fueron mesohalinas (8.05 ups), mientras que el promedio de oxigeno disuelto fue de valores bajos (2.52mg/l).

Temperatura: diferencia menor a 1ºc.

Salinidad: superficialmente es de características oligohalinas y mesohalinas intersticialmente, o sea existe una mayor salinidad en el agua dentro del suelo.

Oxigeno: menor cantidad de oxigeno en el suelo (1 mg/l).

Bloque B. Berma.

En el bloque B se pudo determinar que los parámetros superficiales tuvieron valores promedio en la temperatura de 29.60 con mínimos de 28.20 y máximos de 30.80, mientras que la salinidad en la zona fue de 3.08 Ups en promedio, siendo que el oxigeno disuelto presento el valor promedio de 2.36 mg/l.

Los sitios intersticialmente presentaron valores promedio de 28.92ºc con un mínimo de 27.5 y máximo de 30ºc, la salinidad intersticial fue de 5.52 ups en

promedio con características mesohalinas y niveles de oxigeno disuelto bajos para sustentar vida acuática (2.03 mg/l mínimo y máximo 2.81 mg/l).

Temperatura: menor temperatura intersticialmente

Salinidad: mayor salinidad intersticial, donde el intersticio tiene características mesohalinas y la superficie características oligohalinas.

Oxigeno: semejanza en los valores de oxigeno, menos de .5 mg/l de diferencia.

Bloque C. Berma.

En esta zona la temperatura presentó valores mínimos de 25.60 y máximos de 29.30, mientras que la salinidad promedio fue de 1.82, siendo considerada una zona oligohalina. El valor promedio del oxigeno disuelto fue de 2.74, con valores mínimos de 0.75 y máximos de 4.50.

De manera intersticial la temperatura presento un valor promedio de 27.82ºc, salinidad promedio de 5.37 ups con sitios de características oligohalinas y mesohalinas, mientras que los niveles de oxigeno promedio fueron de 1.27 mg/l.

Temperatura: diferencia promedio menor a 1ºc entre las mediciones superficiales e intersticiales.

Salinidad: los valores intersticiales son mayores a los superficiales en al menos 3.5 ups.

Oxigeno: el valor intersticial es menor al superficial.

Bloque D. Berma.

La temperatura promedio de la zona D, fue de 27,73 ºc, mientras que la salinidad presento características oligohalinas al presentar un promedio de 1.18 Ups. El oxigeno presento un valor de 3.90 mg/l en promedio.

Los sitios intersticialmente presentaron valores de temperatura promedio de 28.40ºc, presentando 27.5ºc y 30.1ºc como valor mínimo y máximo respectivamente. La salinidad intersticial promedio fue de 3.03 ups, lo cual le confiere características oligohalinas, mientras que el valor promedio de oxigeno fue de 1.80 mg/l, con un máximo de 2.70 mg/l.

Temperatura: la diferencia entre mediciones superficiales e intersticiales es menor a 1ºc.

Salinidad: los valores son mayores en el intersticio del suelo por 1,85 ups.

Oxigeno: fue mayor el valor superficial en 2.1 mg/l.

Bloque A. Carretera.

Los sitios de la zona nombrada como de carretera pueden ser considerados igualmente como sitios de la ciénaga media, ya que se encuentran al medio del cuerpo lagunar, donde el bloque A tuvo el valor promedio de 30.43ºc, la salinidad presento el valor promedio de 6.37 Ups con un valor mínimo de 5.90 y un máximo de 6.60, por lo que es considerado un sitio con condiciones mesohalinas. El oxigeno tuvo un valor promedio de 3.37 mg/l, un mínimo de 2.76 y un máximo de 4.42 mg/l.

Los sitios de este bloque intersticialmente presentaron la temperatura promedio de 30.73 ºc, una salinidad promedio de 10.87 ups por lo que prácticamente son aguas mesohalinas y un promedio de oxigeno de 2.46 mg/l.

Temperatura: diferencia menor de 1ºc entre superficial e intersticial aunque mayor en el intersticio.

Salinidad: mayor en el intersticio por 4,5 ups.

Oxigeno: diferencia menor a 1 mg/l, sin embargo mayores valores en la superficie.

Bloque B. Carretera.

De manera general los sitios de ciénaga media del bloque B, presentaron valores promedio de temperatura de 30.48ºc, salinidades que iban de los sitios de características oligohalinas (3.90) a los sitios con características mesohalinas (5.40 Ups), mientras que el oxigeno disuelto presento valores que iban de los 0.56 a los 5.34 mg/l. Intersticialmente los sitios de este bloque presentaron una temperatura promedio de 30.28 ºc, una salinidad promedio de 6.82 ups y un promedio de oxigeno de 2.76.

Temperatura: mayor en la superficie aunque no sobrepasa 1ºc la diferencia.
Salinidad: en la superficie existían sitios con características oligohalinas mientras que en el intersticio no, ya que todos fueron mesohalinos.
Oxigeno: valores promedio mayores en la superficie aunque la diferencia fue menor de 0.5 mg/l.

Bloque C. Carretera.

El bloque C presento temperaturas promedio de 29.08 ºc, mientras que la salinidad promedio fue de 1.70 con valores mínimos y máximos dentro de la clasificación oligohalina, el oxigeno disuelto promedio fue de 4.05 mg/l. Intersticialmente la temperatura presento valores que iban de los 28.30 a los 31.20ºc, mientras que la salinidad tuvo un promedio de 3.96 ups y bajos niveles de oxigeno disuelto (1.80 mg/l-3.76 mg/l).
Temperatura: mayor en el intersticio del suelo pero la diferencia menor a 0.5ºc.
Salinidad: mayor la salinidad intersticial en 2.26 ups.
Oxigeno: mayores niveles en la superficie (1.4 ups)

Bloque D. Carretera.

El bloque D tuvo temperaturas promedio de 33.20ºc, salinidades que fueron del 1 al 1.30 ups, mientas que el oxigeno disuelto presento valores de 4.60 y 5.37, considerados como valores altos y suficientes para la supervivencia de especies de flora y fauna. Las mediciones intersticiales en los sitios de este sector, fueron en promedio para la temperatura de 31.25 ºc, para la salinidad un promedio de 2.85 ups y oxigeno disuelto un promedio de 2.86 mg/l.
Temperatura: mayor en la superficie aunque diferencia menor a 2ºc.
Salinidad: mayor en el intersticio por 1.7 ups.
Oxigeno: valores mayores en la superficie por 2.13 mg/l, lo cual le confiere la propiedad de soportar una mayor vida acuática en la superficie.

Bloque A. Costa.

Los sitios considerados dentro de esta zona, son los sitios más cercanos a la duna costera y consecuentemente al mar.

En el bloque A la temperatura promedio para los sitios monitoreados fue de 29.27 ºc con valores mínimos de 27.10 y máximos de 34.40ºc, al respecto la salinidad tuvo el valor promedio de 6.20 ups con características mesohalinas, sin embargo también existieron sitios que presentaron características oligohalinas (2.50 ups), mientras que el oxigeno disuelto tuvo un promedio de 1.95 mg/l. Intersticialmente la temperatura de los sitios tuvo un intervalo de 27.60ºc a 30.70ºc, mientras que la salinidad tuvo un comportamiento mesohalino en promedio(8.51 ups) y un promedio de oxigeno disuelto de 1.46 mg/l.

Temperatura: mayor en la superficie, aunque diferencia menor a 0.5 ºc.

Salinidad: mayor en el intersticio por 2.31 ups.

Oxigeno: ambos con niveles muy bajos para soportar vida acuática aunque un valor mayor en la superficie, pero la diferencia menor a 1 mg/l.

Bloque B. Costa.

El bloque B presentó condiciones de temperatura promedio de 28.63ºc, salinidad promedio de 6.83 (mesohalina) y oxigeno disuelto promedio de 5.32 mg/l suficiente para sustentar vida acuática.

Durante las mediciones intersticiales los sitios presentaron un valor promedio de la temperatura de 28.80 ups, una salinidad promedio de 10.37 ups (características salobres) y un promedio de oxigeno disuelto de 1.84 mg/l.

Temperatura: mayor en la superficie pero diferencia menor a 1ºc.

Salinidad: mayor en el intersticio por 3.54 ups.

Oxigeno: mayor en la superficie por 3,48 mg/l, por lo que puede existir una mayor diversidad de vida acuática en la superficie, ya que en el intersticio es un factor limitante para la vida.

Bloque C. Costa.

En el Bloque C la temperatura promedio fue de 26.95 ºc, donde existieron sitios con condiciones oligohalinas y mesohalinas (1.20-6.50 ups), con valores mínimos y máximos de 1 y 2.85 mg/l de oxigeno disuelto, considerados como valores bajos donde diversas especies de flora y fauna no podrían sobrevivir. Los valores de los parámetros intersticiales fueron en promedio de: temperatura 27.50ºc, salinidad 6.20 ups y 1.16 mg/l para el oxigeno disuelto.

Temperatura: mayor en el intersticio aunque diferencia menor a 1ºc.

Salinidad: mayor en el intersticio.

Oxigeno: mayor en la superficie aunque la diferencia es menor a 1mg/l.

Bloque D. Costa.

El bloque D tuvo un valor promedio de temperatura superficial de 28.81 la cual no se considera una temperatura limitante para la vegetación de manglar, donde la salinidad tuvo un valor promedio con características oligohalinas y valor promedio de oxigeno disuelto limitante para la vida (1.31-3.35 mg/l). El valor promedio de las variables hidrológicas intersticiales fue de 28.54ºc para la temperatura, mientras que para la salinidad fue de 5.94 ups (características mesohalinas) y de oxigeno disuelto 1.82 mg/l, considerado letal para diversas especies de flora y fauna.

Temperatura: mayor en la superficie aunque diferencia menor a 1ºc.

Salinidad: características oligohalinas en la superficie y mesohalinas en el intersticio.

Oxigeno: mayor en la superficie por 0.6 mg/l.

Bloque E. Costa.

El bloque E presento una temperatura promedio de 27.43 ºc y valores mínimos y máximos de 27.20 y 27.60 respectivamente, mientras que la salinidad presento un valor promedio de 9.40 ups (mesohalino). El oxigeno promedio fue de 3.54 mg/l, escaso para sustentar vida acuática. Intersticialmente la temperatura de los sitios de este sector presentaron una temperatura promedio de 27.90ºc, una salinidad

con intervalos de características mesohalinas y salobres (15.20-19.80), donde el oxigeno disuelto tuvo un valor promedio de 2.43 mg/l.

Temperatura: mayor en el intersticio aunque diferencia menor de 1ºc.

Salinidad: no hubo diferencia entre valores superficiales e intersticiales

Oxigeno: mayor en la superficie aunque la diferencia fue de 1.11 mg/l y a pesar de ello son niveles bajos para soportar a la fauna acuatica.

Bloque F. Costa.

El bloque F presento una temperatura promedio en sus sitios de 27.20ºc. La salinidad promedio fue de 8.30 ups por lo que se consideran mesohalinos y con valores pobres de oxigeno para sustentar vida acuática (2.40 mg/l). Intersticialmente la temperatura de los sitios de este sector presentaron una temperatura promedio de 27.85ºc, una salinidad con intervalos de características mesohalinas (8.50-12.20), donde el oxigeno disuelto tuvo un valor promedio de 3.53 mg/l.

Temperatura: mayor en el intersticio aunque diferencia menor a 1ºc.

Salinidad: mayor en el intersticio por 2.05 ups.

Oxigeno: mayor nivel en el intersticio por 1 mg/l.

Bloque G. Costa.

El bloque G presento una temperatura de 27.83ºc. La salinidad promedio fue de 2.70 por lo que se considera un sitio oligohalino y con valor un valor alto para sustentar la vida acuática (6.93).

Intersticialmente no fue posible obtener datos de este sitio.

Solo hubo datos superficiales.

Moon Palace. Costa

En los tres sitios que se evaluaron en las instalaciones del Hotel Moon Palace, la temperatura promedio fue de 27.83ºc con un mínimo de 27.30ºc y un máximo de 28.40ºc. La salinidad promedio en estos sitios fue de 3.07 ups con un mínimo de 2 y un máximo de 4 ups, lo que le confiere características oligohalinas al sector,

pero con bajos niveles de oxigeno, los cuales van de 0.82 a 2.08 mg/l. Intersticialmente esta zona tuvo una temperatura mínima de 27.40ºc y una máxima de 28.10ºc, mientras que la salinidad fue de oligohalino a mesohalino (3.50-6.50 ups) y el promedio de oxigeno disuelto fue de 0.94 mg/l, lo que le confiere al sitio condiciones casi anoxicas.

Temperatura: mayor en la superficie aunque diferencia menor a 0.5ºc.

Salinidad: mayor en el intersticio por 1.66 ups.

Oxigeno: mayor en la superficie que en el intersticio aunque diferencia menor a 0.3 ups.

Puente Mérida. Costa

Otro sitio considerado del bloque G, fue realizado a un costado del puente que va hacia la ciudad de Mérida, y presento una salinidad promedio de 25.10 ºc, salinidad de 5.20 ups (mesohalina) y oxígeno disuelto igual a 3.91 mg/l considerado como un sitio que permite la vida acuática.

Intersticialmente no fue posible obtener datos de este sitio.

Conclusiones en cuanto a las variables ambientales

Datos superficiales

La diferencia en temperatura entre los sectores es menor a 2.26ºc, siendo mayor en el bloque B con 29.46ºc y menor en el F con 27.20ºc.

La diferencia en salinidad radica en que para el bloque B, E y F las características del agua son mesohalinas, mientras que en los sectores restantes es agua considerada como dulce menor a las 5 ups.

El oxigeno disuelto de los sectores varia escasamente, solo 1,57 mg/l es la diferencia entre los sectores de mayor (B) y menor (F) cantidad del elemento.

Datos intersticiales

La diferencia en temperatura entre los sectores es menor a 1.53ºc, siendo mayor en el bloque B con 29.33ºc y menor en el E con 27.80ºc.

La diferencia en salinidad radica en que todos los bloques presentan características del agua mesohalinas, o sea mayores a 5.1 ups pero menores a 18 ups.
El oxigeno disuelto de los sectores varia escasamente, solo 1,34 mg/l es la diferencia entre los sectores de mayor (B) y menor (G) cantidad del elemento.

El monitoreo hidrológico comprendió 138 sitios y ha permitido determinar que las condiciones del agua presente superficialmente en la zona es mayormente oligohalina, a excepción de algunos sitios y también permitió determinar que los valores de salinidad intersticial son ligeramente más altos en los intersticios del suelo, sin embargo no llegan a ser salobres a excepción de 1 sitio en toda la zona.

9.2- Diagnóstico del Complejo de Humedales de Puerto Morelos

Determinación de la cobertura y distribución de manglar por especie (imágenes de satélite en anexo 3), Fichas rápidas de verificación, Tipos de manglar, Condición ecológica de los manglares

En base a la verificación y levantamiento de fichas rápidas de sitios y parcelas de muestreo de 10x10 m, se describen en general algunas asociaciones de manglar observadas en el área, así como un listado de las especies.

9.2.1.-Asociación *Conocarpus-Laguncularia-Rhizophora* en transición con Selva Mediana Subcaducifolia

Con 3 especies de manglar: *Conocarpus erecta, Laguncularia racemosa y Rhizohora mangle*. Se distribuyen en una zona de transición con especies resistentes a suelo semi-inundables arbustivas como julub (*Bravaisia berlandieria*) y limoncillo (Jacquinia macrocarpa); asociaciones de tasiste (*Acoelirraphe wrightii*) u otras palmas como nakax (*Coccothrinax readii*) y chit (*Thrinax radiata*) y selva con árboles de chicozapote (*Manilkara zapota*), chechem (*Metopium brownei*), sisilché (*Gymnopodium floribundum*) y corcho (*Annona glabra*) entre las mas

características. Entre las epifitas mas observadas se registran orquideas jomiel (Myrmecophyllas ticibinis),o *Catasetum integerrinum*, xchu (*Achmea bracteata*).

Otras especies las de tipo semi-inundable como helechos de manglar (*Acrostichium danaeifolium) y otros Bhechnum sp y Nephrolepis biserrata*.

Sector observado: Sector A (colindante al jardín botánico).

Fotografía.- Asociación *Conocarpus-Laguncularia-Rhizophora* en transición con Selva Mediana Subcaducifolia.

9.2.2.- Asociación *Rhizophora mangle – Conocarpus erectus*, islotes inundables

Se tienen formación de islotes por agrupación de estas dos especies, hasta formar elevaciones características, actualmente rodeado de agua. Las especies asociadas a esta vegetación son herbáceas acuáticas sumergidas y algunas asociaciones de *Typha dominguensis*.

En esta zona pueden observarse reliquias de asociaciones de tasiste (*Acoelorraphe readii*), y el mangle botoncillo en general se encuentran con estructuras “arbóreas” desecadas, en proceso de regeneración. Área de fuerte impacto por huracán.

Sector observado: Sector A (colindante a la carretera crucero a Puerto Morelos).

Fotografía. Islotes de mangle botoncillo y/o mangle rojo.

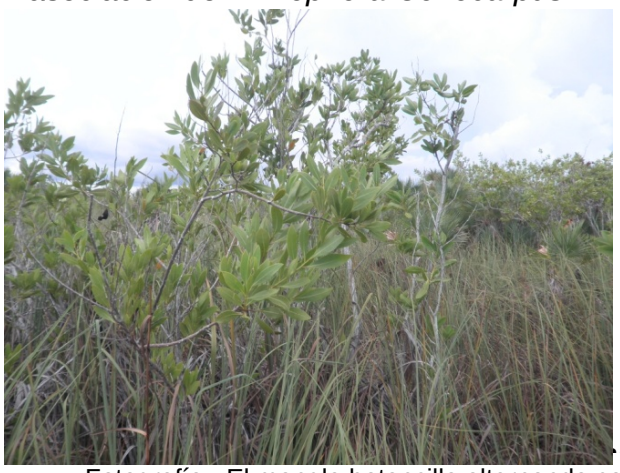
9.2.3.- Petenes

Formado por especies arbóreas como zapote (*Manilkara zapota*), corcho (*Annona glabra*), palmas tasiste (*Acoelorraphe readi*i), huano (*Sabal yapa*), alamo (*Ficus obtusifolia*), chechem (*Metopium brownei*), entre las más características. Asociadas generalmente con *Typha dominguensis*, helechos (*Acrostichium danaefolium*) y *Blechnum sp*. Estas zonas elevadas, están seguidas de las asociaciones de *Conocarpus erecta* o *Rhizophora mangle*.

Fotografía.- Interior de un Petén, con palmas y especies arbóreas. Alrededor con manglares.

9.2.4.- Asociación *Cladium jamaicense – Conocarpus erectus*

Está formada básicamente por esta zacate cortadera (*Cladium jamaisense*) y botoncillo (*Conocarpus erectus*), con algunas especies emergentes como palmas de tasiste (*Acoelorraphe wrightii*), con suelo semi-inundables y con una distribución uniforme, entre 3 a 4 m de altura, expuesto plenamente al sol. Este tipo de vegetación se va intercalando con los petenes, y con los otros tipos de asociación de *Rhizophora-Conocarpus*.



Fotografía.- El mangle botoncillo alternando con zacate cortadera y su distribución en el área.

Este generalmente se encuentra en los bordes más afectados de los caminos (carreteas), con alturas mayores de hasta 7 - 10 m de altura. Tiene una estructura arbórea, en zonas de transición con otros tipos de vegetación de borde, como huaxin (*Leucaena leucocephala*) y abundantes enredaderas como la flor de manglar (*Rhabdadenia biflora*). Estas areas son las suceptibles a la introducción de especies exóticas como laurelillo (*Vitex trifoliata*), cocotero (*Cocos nucifera*), almendro (*Terminalia catappa*), flamboyán (*Delonix regia*), entre las mas características.

Fotografía.- Asociación *Laguncularia-Conocarpus*

9.2.6.-Asociación de manglar mixto *Rhizophora-Laguncularia-Conocarpus-Avicennia*

Están los 4 tipos de mangle, distribuidos frente a la franja costera cercana, a una distancia de 50 m a 100 m, en una zona conurbana. Es la única área donde se distribuye *Avicennia germinans*, mientras los otras especies tienen una distribución más amplia. Así mismo, se encuentran diversa germinación de semillas de *Avicennia.*

Fotografía.- Panorama del área de mangle mixto. Regeneración de plántulas de mangle negro.

9.2.7.-Mangle enano (o chaparro) *de Rhizophora mangle*

Está formado por asociación pura de *Rhizophora mangle*, con alturas no mayores de 1.5 m de altura. Estas agrupaciones se pueden observar se intercalan con pequeños petenes, o asociaciones de tasistes.

Fotografía.- Manglar chaparro con *Rhizophora mangle.*

9.2.8.- Asociación *Conocarpus erectus var. sericeus*

Se registro botoncillo y la variedad, en asociación con *Laguncularia racemosa-Conocarpus erectus*, de distribución limitada. Una se registró frente a la costa, a una distancia de 50 a 100 m de la línea de mar, presentándose la asociación *Conocarpus erectus (y su variedad)* y L*aguncularia racemosa*. Y otro, en el área del jardín botánico en asociación con *Rizhophora mangle*. Esta variedad observada, por lo tanto, se considera escasa y de distribución limitada.

Fotografía.- *Conocapus erectus* var. s*ericeus*, distribuida en la franja costera.

Otros tipos de vegetación asociada al manglar:

9.2.9.- Tasistal

Esta formado básicamente por palmas de tasiste (*Acoelorraphe wrigthii*), que es la especie que domina esta agrupación, pero puede estar asociada con otras especies, como el huano (*Sabal yapa*), y otros de tipo arbóreo, como el corcho (*Annona glabra*) y chechem (*Metopium brownei*), que forman pequeñas elevaciones de materia orgánica.

Fotografía.- Tasistal.

9.2.10.-Sabana

Es una formación amplia de estratos herbaceos dominado por el zacatal o cortadera (*Cladium jamaicense*). Se distribuye de manera dominate, hasta formar un “abierto” de vegetación, el cual esta plenamente expuesto al sol. Esta solo se observo que se distribuye detrás del hotel “Ceiba del Mar”. Correlativamente se va asociando con otras especies, para ir formando mosaicos con *Typha dominguensis,* seguido de los mangles *Conocarpus-Rhizophora o Laguncularia*.

Fotografía.- Sabana. Con tular (*Typha dominguensis)* y cortadera (*Cladium jamaicense*)

9.2.11.- Selva Mediana Subcaducifolia

Está formada principalmente por especies arbóreas como sisilché (*Gymnopodium floribundum*), despeinadas (*Beucarnea pliabilis*), chit (*Thrinax radiata*), nakax (C*occothrinax readii*), sisal (*Agave sp*), chomp (*Plumeria obtusa*), guayabillo (*Myrcianthes fragans*), chunub (*Clusia flava*), chicopzapote (*Manilkara zapota*), chakaj (*Bursera simaruba*), y *Caesalpinia yucatanensis*.

Y su vegetación en transición con el manglar con especies características de julub (*Bravaisia berlandieria*) y limoncillos (*Jacquinia macrocarpa*) así como las asociaciones de chit (*Thrinax radiata*).

Fotografía. Panorama general de la Selva mediana en transición con manglar, con algunas especies características de selva baja como despeinadas (*Beucarnea pliabilis*).

9.2.12.-Duna costera o vegetación halófita

Con especies en su mayoría herbáceas, en transición con mangle botoncillo. El sustrato generalmente esta en transición arenoso con materia orgánica. Predominan los lirios (*Hymenocallis littoralis*), *Sesuvium portulacastrum, Tournefortia gnaphalodes ,y Agaretum littorale,* colindando con especies de *Suriana marítima* y *Ipomea pes-caprae.* Así mismo, con 2 a 3 especies de gramíneas, aun no identificadas, que forman parte de esta transición con los manglares.

Fotografía.- Manglar con duna costera con especies herbáceas como lirios *Hymenocallis littoralis.*

9.2.13.-Matorral costero

Está formada por un estrato arbóreo, en asociación con el mangle botonicllo (*Conocarpus erectus)* y en algunos casos, seguido de *Rhizophora mangle*. Todos estos en la línea cercana a la franja costera. Las especies más características son uvero (*Coccoloba uvifera),* palmas chit *(Thrinax radiata),* siricote de playa *(Cordia sebestena), Senna racemosa, Phitocellobium keyense, Astrocasia tremula*, y los arbustos como orégano de playa *(Lantana involucrata) y* julub *(Bravaisia berlandieria).* También se registran especies de pino de mar *(Casuarina equisetifolia),* que forman agrupaciones entre el matorral costero y duna costera.

Fotografía.- Manglar con matorral costero.

En estos dos últimos tipos de vegetación se observan en el interior, hábitats importantes para las especies de cangrejo.

9.2.14.-Composición de especies

Se registraron las 4 especies de manglar, y una variedad, correspondiente a *Conocarpus erectus var. sericeus.*

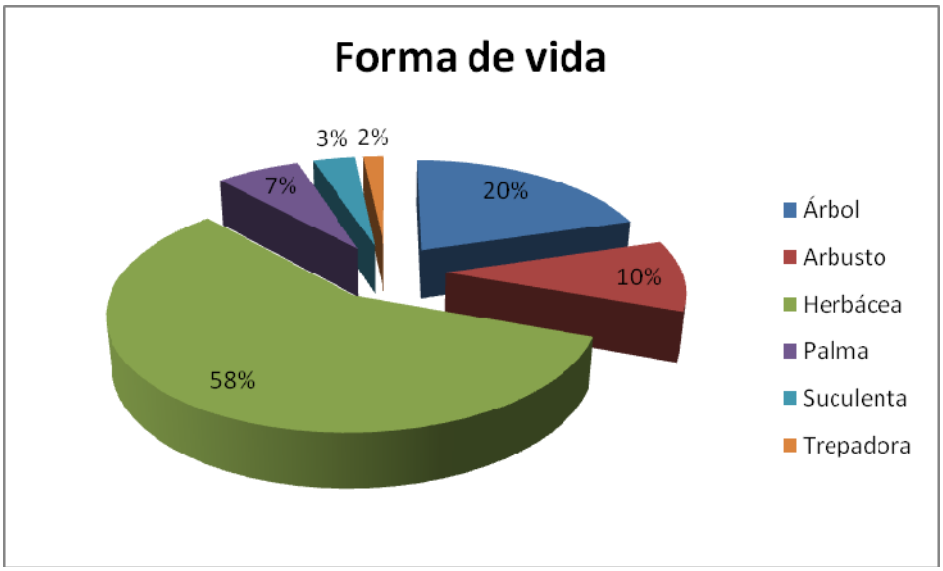
Nombre científico	**Nombre** común	**Estatus de** protección **NOM-059**	**Observaciones de distribución**
Rhizophora mangle	Mangle rojo, taab ché	Amenazada	Regular
Avicennia germinans	Mangle negro, ta´abché, mangle prieto	Amenazada	Escaso
Laguncularia racemosa	Mangle blanco, sak okom	Amenazada	Regular
Conocarpus erectus	Mangle botoncillo, tabché, laurelillo	Amenazada	Abundante
Conocarpus erectus var. sericeus	Mangle botoncillo, k´anche, tabché	Amenazada	Escaso

Y se registraron 59 especies preliminares asociadas al manglar.

Familia	**Nombre científico**	**Nombre común**	**Tipo de vida**
Acanthaceae	*Justicia sp*	Hierba	Herbácea
Acanthaceae	*Bravaisia berlandieriana*	Julub	Arbusto
Adiantaceae	*Acrostichum aureum*	Helecho de manglar	Herbácea
Adiantaceae	*Acrostichum danaeifolium*	Helecho de manglar	Herbácea
Aizoaceae	*Sesuvium portulacastrum*	Verdolaga de playa	Herbácea
Amaryllidaceae	*Hymenocallis littoralis*	Lirio de mar	Herbácea
Annonaceae	*Annona glabra*	Corcho, mak´ché, anona silvestre	Árbol
Apiaceae	*Hydrocotyle umbellata*	No disponible	Herbácea
Apocynaceae	*Rhabdadenia biflora*	Flor de manglar	Trepadora
Araceae	*Anthurium schlechtendalii*	Bobtum	Herbácea
Arecaceae	*Acoelorraphe wrightii*	Tasiste	Palma
Arecaceae	*Thrinax radiata*	Chit	Palma
Arecaceae	*Coccothrinax readii*	Nakax	Palma
Arecaceae	*Sabal yapa*	Guano	Palma
Asteraceae	*Agaretum littorale*	No disponible	Herbácea
Bataceae	*Batis maritima*	No disponible	Herbácea
Bombaceae	*Pachira acuatica*	Ceiba boba	Árbol
Boraginaceae	*Tournefortia gnaphalodes*	Tabaquillo	Arbusto
Boraginaceae	*Cordia sebestana*	Siricote de playa	Árbol
Bromeliaceae	*Aechmea bracteata*	X-ch´u	Herbácea
Bromeliaceae	*Tillandsia balbisiana*	X-ch´u	Herbácea
Bromeliaceae	*Tillandsia fasciculata*	X-ch´u	Herbácea
Cabombaceae	*Cabomba palaeformis*	No disponible	Herbácea
Cactaceae	*Selenicereus donkelaarii*	Chochesikin	Suculenta
Cactaceae	*Selenicereus testudo*	Chochesikin	Suculenta

Caesalpiniaceae	*Caesalpinia yucatanensis*	No disponible	Árbol
Casuarinaceae	*Casuarina equisetifolia*	Pino de mar	Árbol
Chrysobalanaceae	*Chrysobalanus icaco*	Jicaco	Arbusto
Convulvaceae	*Ipomea pes-caprae*	Riñonina	Herbácea
Cyperaceae	*Cladium jamaicense*	Cortadera	Herbácea
Cyperaceae	*Cyperus sp*	Zacate	Herbácea
Cyperaceae	*Cyperus imbricata*	No disponible	Herbácea
Cyperaceae	*Cyperus surianamensis*	No disponible	Herbácea
Cyperaceae	*Eleocharis interstincta*	No disponible	Herbácea
Cyperaceae	*Fimbristylis cymosa*	No disponible	Herbácea
Davalliaceae	*Nephrolepis sp*	Helecho	Herbácea
Euphorbiaceae	*Astrocasia tremula*	Pay juul	Árbol
Fabaceae	*Senna racemosa*	No disponible	Árbol
Fabaceae	*Phitecellobium keyense*	No disponible	Árbol
Hydrocharitaceae	*Vallisneria americana*	No disponible	Herbácea
Najadaceae	Najas wrightiana	No disponible	Herbácea
Nymphaeaceae	*Nymphaea ampla*	Ninfa	Herbácea
Orchidaceae	*Catasetum integerrinum*	Orquidea	Herbácea
Orchidaceae	*Habenaria sp*	No disponible	Herbácea
Orchidaceae	*Myrmecophila tibicinis*	Jomiel	Herbácea
Orchidaceae	*Oncidium ascendens*	Puts ché	Herbácea
Passifloraceae	*Passiflora foetida*	Pasiflora	Herbácea
Passifloraceae	*Passiflora coriacea*	Pasiflora	Herbácea
Polygonaceae	*Coccoloba barbadensis*	Boob	Árbol
Polygonaceae	*Coccoloba uvifera*	Uvero	Árbol
Polypodiaceae	*Microgramma nitida*	Helecho enredadera	Herbácea
Psilotaceae	*Psilotum nudum*	No disponible	Herbácea
Rubiaceae	*Randia aculeata*	No disponible	Árbol
Sapotaceae	*Manilkara zapota*	Chicozapote	Árbol
Simaroubaceae	*Suriana maritima*	Tabaquillo	Arbusto
Theophrastaceae	*Jacquinia macrocarpa*	Limoncillo	Arbusto
Typhaceae	*Typha dominguensis*	Typha	Herbácea
Verbenaceae	*Phyla sp*	No disponible	Herbácea
Verbenaceae	*Lantana involucrata*	Oregano de playa	Arbusto

De las cuales, el 58% de estas especies son de vida herbácea y el 20% son arbóreos. Por lo que se recomienda realizar una descripción más amplia de las primeras, sobre todo, las de vida acuática.



9.3- Otros resultados

En este segmento se presentan algunos resultados no comprometidos en este estudio pero que son prioritarios para la toma de decisiones con respecto al manejo del sistema de Humedales de Puerto Morelos.

9.3.1- Caracterización de los macroinvertebrados bentónicos en humedales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México

Objetivo: Caracterización y diagnóstico de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en humedales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México.

Caracterización ambiental

En cada sitio se deteminaron los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua como: profundidad, temperatura, oxígeno disuelto (OD), pH, conductividad, sólidos disueltos totales (TDS), potencial de óxido-reducción (ORP) y salinidad por medio de una sonda multiparamétrica marca HANNA modelo HI 9828.

Colecta y procesamiento de muestras de macroinvertebrados bentónicos

En cada sitio se recolectaran muestras de sedimento por triplicado mediante un nucleador de PVC de 15 cm de diámetro para caracterizar la comunidad faunística

de la infauna. Asi mismo en cada sitio se efectuarán arrastres mediante una red de cuchara de xxxxxx para caracterizar la epifauna. Las muestras serán colocadas de manera individual en envases plásticos debidamente rotulados y preservados en alcohol al 96%. Las muestras obtenidas en campo serán pasadas por un tamiz de 1 mm de diámetro (macrofauna), una vez limpiadas estas serán separadas en dos grandes grupos: macroinvertebrados y peces. Los organismos serán identificados mediante las calves taxonómicas para los principales grupos de macroinvertebrados (moluscos, crustáceos e insectos).

Los organismos se identificaran bajo un microscopio estereoscópico hasta el nivel taxonómico más bajo posible, con la ayuda de los criterios taxonómicos convencionales para cada grupo faunístico. Se cuantificará su abundancia y peso.

Para cada taxón se determinará la densidad (ind/m^2), dominancia (%). Los índices biológicos de Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Riqueza de especies y Equidad (E) (Pielou 1984, Fowler *et al.* 1998), se realizarán en el paquete estadístico PRIMER & PERMANOVA 6.

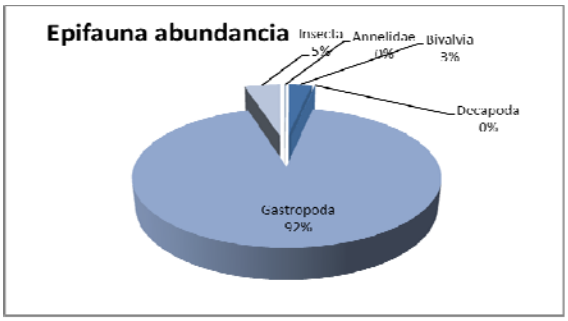
Resultados

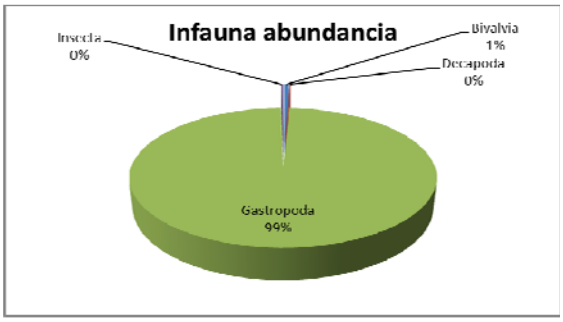
Caracterizar ambiental y biológicamente los humedales de Puerto Morelos.

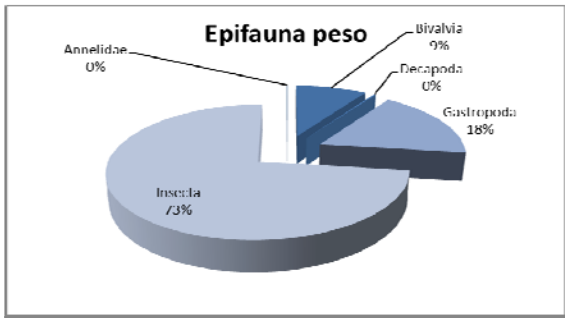
Hasta el momento se han contabilizado un total de 2747 organismos pertenecientes a Los grupos faunísticos Anélidos, Moluscos, Crustáceos e Insectos.

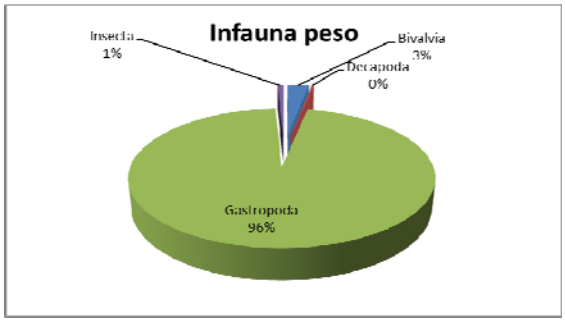
En este análisis preliminar los organismos de la Infauna estuvieron representados en cuanto a la abundancia relativa por Moluscos Gasterópodos con un 98%, seguidos de Moluscos Bivalvos con 2% y con menor del 1% Insectos y Crustáceos, mientras que en peso los Moluscos gasterópodos representaron el 96% del total.

Con respecto a los organismos de la Epifauna estos están representados por los Moluscos Gasterópodos con un 92% de la abundancia, seguidos por los Insectos con un 4%, Moluscos Bivalvos con un 3% y con menos de 1% Anélidos y Crustáceos.





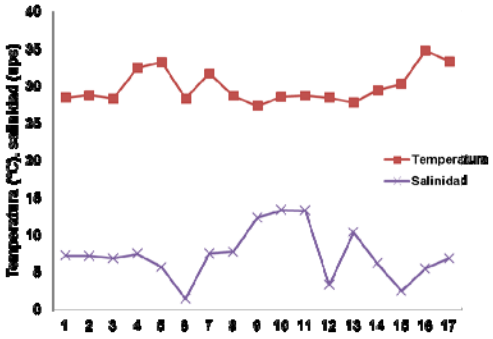


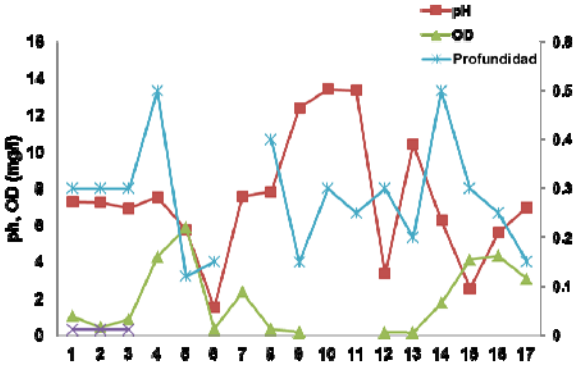


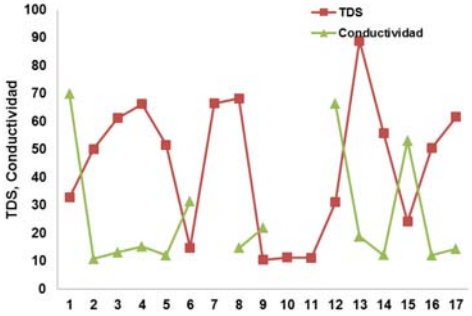
BASE DE DATOS MUESTRAS DEL PROYECTO

HUMEDALES DE PUERTO MORELOS

Id	HPM	SITIO	FECHA	HORA	LOCALIDAD	X	Y	ORP	T (°C)	SALINIDAD	PH	PROF. (m	TDS	OD	SATURACIÓ	CONDUCTIVID	ALCALINID	ARTE	E/I	Arrastre (r
126	1	MOM-G1a	16/09/2011	09:25	Pte. Morelos	517629	2320312	-45	28.53	355	7.29	0.3	32.68	1.03	13.4	69.76		N/C	3/3 3/3	7
127	2	MOM-G2a	16/09/2011	10:30	Pte. Morelos	517060	2319967	-199.6	28.88	5.6	7.25	0.3	50.03	0.43	5.6	10.74		N/C	3/3 3/3	7
128	3	MOM-G3a	16/09/2011	11:10	Pte. Morelos	516499	2320818	-291.3	28.42	6.95	6.93	0.3	61.11	0.87	11.4	13.02		N/C	1/1 3/3	7
129	4	A5a	16/09/2011	12:30	Muelle/carretera	512194	2305414	-90.3	32.55	7.53	7.53	0.5	66.18	4.26	60.4	15.13		N/C	3/3 3/3	10
130	5	B2a	16/09/2011	13:00	Frente muelle	512064	2305480	-148.1	33.3	5.74	5.74	0.12	51.51	5.88	83.7	11.93		N/C	3/3 3/3	5
131	6	A41	16/09/2011	13:40	Berma	512073	2305475	-130.2	28.39	1.52	1.52	0.15	14.73	0.34	4.3	31.35		N	3/3	
132	7	A5b	16/09/2011	14:20	Muelle1/carretera	512590	2305269	-25.7	31.78	7.57	7.57		66.43	2.35				N/C	3/3	10
133	8	B3a	16/09/2011	14:35	Costa	512556	2305310	-236.1	28.78	7.82	7.82	0.4	68.12	0.32	4.2	14.6		N/C	3/3	5
134	9	B4a	17/09/2011	08:10	Costa	512944	2305612	-324.1	27.39	12.39	12.39	0.15	10.39	0.19	2.6	21.72		N	3/3	
135	10	B5a	17/09/2011	09:30	Costa	513522	2306990	-332.6	28.66	13.42	13.42	0.3	11.19					N	3/3	
136	11	B5c	17/09/2011	11:00	Costa	513587	2307148	-339.3	28.79	13.34	13.34	0.25	11.14					N	3/3	
137	12	C3a	17/09/2011	11:45	Costa	513639	2308200	-234	28.51	3.36	3.36	0.3	31.01	0.15	2	66.16		N/C	3/3	5
138	13	B6a	17/09/2011	12:10	Costa	513633	2308197	-724.51	27.88	10.43	10.43	0.2	88.77	0.17	2.3	18.73		N	3/3	
139	14	B6b	17/09/2011	12:45	Costa	513538	2308245	-189.5	29.54	6.28	6.28	0.5	55.7	1.75	23.6	12.1		N/C	3/3	10
140	15	C2a	17/09/2011	13:10	Costa	513347	2308331	-101.1	30.38	2.55	2.55	0.3	24.07	4.12	55.1	53.05		N/C	3/3	10
141	16	B7a	17/09/2011	13:45	Costa	513293	230847	-234	34.82	5.59	5.59	0.25	50.39	4.33	63.2	11.96	10.1	N/C	3/3	10
142	17	A7	17/09/2011	15:20		512178	2304856	-147	33.37	6.96	6.96	0.15	61.57	3.07	44.3	14.27		N/C	3/3 1/1	





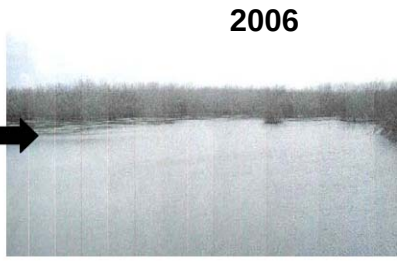


9.4- Plan de acción

EL presente producto se relaciona a los resultados obtenidos y en particular referido a la principal o principales amenazas detectadas que afectan el sistema Humedalesde ûerto Morelos, se pretende que a través de estas recomendaciones pueda establecerse un una estrategia de conservación, uso, saneamiento y rehabilitación de los manglares.

9.4.1- Principales Amenazas detectadas

Problema 1: Se pudo observar durante la realización de este estudio, que efectivamente los manglares tienen una gran capacidad de soportar los impactos de tormentas, concordando con los informes de Cabrera en el 1997, los manglares se habían recuperado por completo a 10 años del Huracán Gilberto. En este caso, a 5 años del Huracán Wilma observamos que prácticamente está recuperado exceptuando algunas áreas en el centro del sistema, áreas caracterizadas como (carretera, asociación botoncillo-rojo (*Conocarpus-Risophora)*, en donde se observa que no termina de recuperarse, y se puede observar la huella de los efectos de Wilma. El informe Gob. del Estado 2007 sostiene una fuerte afectación de Wilma en el sistema de humedales que se describe en este informe como Bloque A, y actualmente se pudo constatar que lo reportado en ese informe como “manglar muerto” no es tal, y sólo quedan algunas áreas en donde es necesario comenzar tareas de restauración.



Problema 2: Por otro lado coincidimos con Gob. del Estado 2007, en cuanto a la falta de conexiones en las distintas carreteras que van desde la Carretera Federal hacia el mar. Esto afecta el flujo natural del manglar, y pudo comprobarse durante la Tormenta Tropical Rina, los efectos que tiene en el sistema, y como a la vez afecta la misma infraestructura por estar hecha sin las condiciones adecuadas que permitan el flujo natural del humedal.

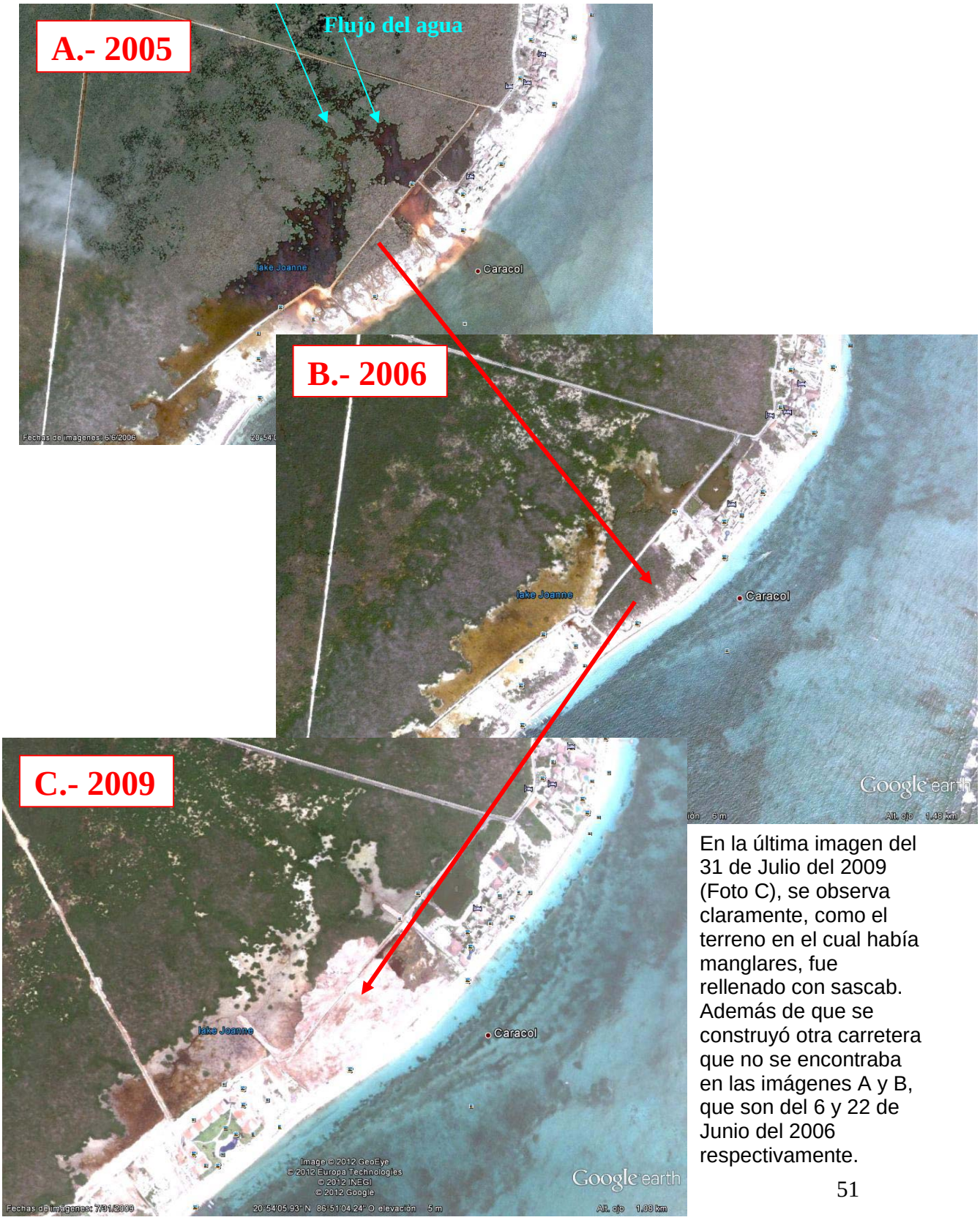
Por otro lado, el mismo Gobierno del Estado y la Alcaldía de Puerto Morelos, a pesar de las recomendaciones de la necesidad de que se reestableciera el flujo en la carretera que va desde la Carretera Federal hacia el Puerto, se realizó una ciclopista, para la cual se hizo una zanja de más de un metro de profundidad afectando las raíces del manglar en la que establecieron un sistema de cables para conducción de electricidad, sin dejar los pasos de agua que correspondían para reanudar el flujo hídrico del sistema del manglar. Hoy la ciclopista está terminada, habiendo consolidado la barrera que mantiene totalmente asilado los bloques A y B del sistema de manglar de acuerdo a la clasificación utilizada para este estudio.

Camino al Puerto, saliendo desde Puerto Morelos, hacia la Colonia Zetina Gasca

Problema 3: En el análisis de imágenes satelitales históricas y actuales, pudimos constatar como en el correr de los años el desarrollo de infraestructura costera ha ido acabando con las bocanas naturales en donde se interconectaba el sistema con el Parque Marino en las épocas de tormentas. Qudando en la actualidad, sólo 3 sitios donde este fenómeno sucede, en el sur, área límite entre Solidaridad y Benito Juárez; al medio, entre el Hotel Petempich Península y el Desire; y finalmente en la zona norte antes de comenzar el área de duna, en donde se detectaron rellenos que aparentemente corresponden al desarrollo ed un Hotel, del cual no se pudo obtener información más allá de la que reportan en el informe del Gob. del Estado 2007.

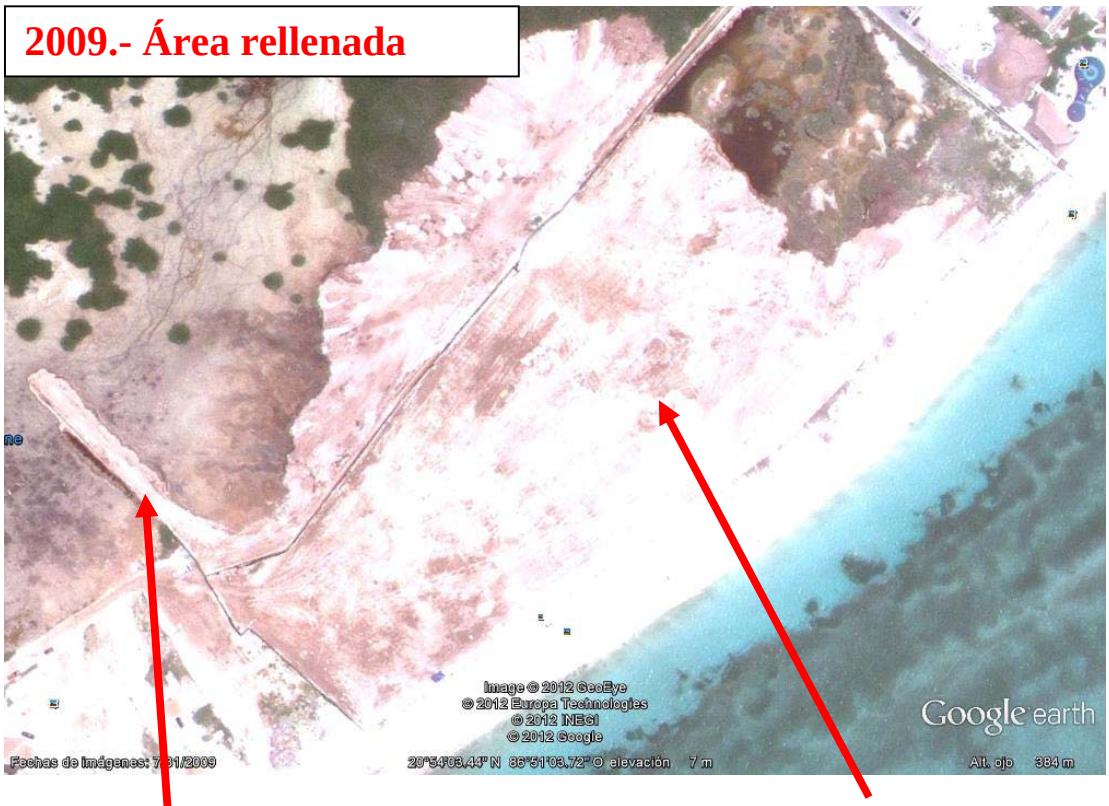
Esta ultima amenaza mencionada es la identificada como la de mayor riesgo que presenta al Sistema de Humedales de Puerto Morelos, la especulación inmobiliaria en la zona, hace que sea un tema difícil de resolver, durante el desarrollo de este trabajo se ha podido notar que a pesar de la presentación de denuncias por parte de los vecinos a la Autoridad correspondiente, nada puede lograrse.

Por ejemplo, se desarrolló un camino ilegal en el medio del manglar, saliendo por la parte de entrada al Hotel Ceiba del Mar, el cual tiró abajo una de las parcelas establecidas para este estudio. A la vez ese camino realizado no respetó las indicaciones de las condicionantes de la MIA que le fueron entregadas al desarrollador en el 2007. Fue un camino clausurado en aquel momento y que se llevó a cabo cuando la Autoridad está de vacaciones, al regreso de las mismas, el camino ya está realizado y pavimentado. Cabe destacar que además de haber cortado y dañado las 4 especies de manglar encontradas en el sistema, es la única área donde se encuentra el mangle negro, y modificaron drásticamente el flujo hídrico en el área.



En la última imagen del 31 de Julio del 2009 (Foto C), se observa claramente, como el terreno en el cual había manglares, fue rellenado con sascab. Además de que se construyó otra carretera que no se encontraba en las imágenes A y B, que son del 6 y 22 de Junio del 2006 respectivamente.

Imagen ampliada del relleno, además de que se puede percibir en la misma, más a detalle la barricada de piedras que hicieron para interrumpir el flujo de la laguna del humedal, es la misma imagen del 31 de Julio del 2009.



Barricada de piedra dentro de la laguna

Área de relleno y sitio del predio

Imagen ampliada de Octubre del 2005, comparando ambas imágenes podemos ver el impacto de la obra. Es por ello que el área se debe restaurar, y sí es posible hacerlo.

2005.- Misma área, se ve el manglar en buen estado y cumpliendo su función de conexión con el mar

Como otro ejemplo, y por información histórica del área, en un recorrido del 15 de Octubre del 2008, para observar los impactos de las obras que estaban realizando del Petempich Península, y de la carretera que se había construido y que momentáneamente estaba cancelada (luego el promovente pagó la multa y la carretera quedó establecida). Es la que actualmente vemos en las imágenes del 2009. Podemos observar que antes de que se rellenara en el 2009, era un área de humedal que continuaba hasta el mar, y servía para aves como la garza que se ve en la foto 5. Esas imágenes demuestran que efectivamente el área fue modificada de manera drástica, buscando la desaparición de toda evidencia de que allí había un humedal con diferentes especies, como mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), y rojo (*Rhizophora mangle*) que pueden observarse en las fotos del 1 al 8 que continuaba hasta el mar.

Efectivamente había algunos mangles sin hojas, pero era a consecuencia de Wilma (en particular junto al mar) pero es el proceso natural de recuperación de los manglares luego de impactos de eventos extremos, y por otro lado, porque también los mangles pierden hojas en algunas épocas del año. Las plantas de mangle son muy resistentes a impactos de tormentas o cambios en sus flujos, pero no son resistentes al relleno, esa es una forma de hacer desaparecer el mangle.

En la siguiente foto, se observa la barricada de piedra que se menciona en las imágenes satelitales anteriores, que además poseen malla ciclónica. Para que no pasen los cocodrilos, las fotografías fueron tomadas el 12 de Agosto del 2011.

Fotos del 15 de Octubre de 2008

1 Vista del predio desde la playa en la parte Sur

2 Mangles que estaban dentro del predio

3 Camino que existía desde el Petempich Península hacia el Desire

4 Desde el mismo camino, vista del Desire

5 Garza

6 Otra Vista desde el camino hacia el Desire

7 Vista del cartel de venta del predio

8 Vista desde la parte Norte en el camino, en el limite con el Desire, y se ve el Petempich Península en el Fondo

Las siguientes fotos, muestran la evidencia de la erosión costera, la primera imagen A, es del recorrido del 15 de Octubre del 2008 y la B es del recorrido del 5 de Noviembre del 2011. Y es evidente la erosión que se produjo en la costa. Y la foto C, muestra los peces saliendo del Humedal, que es una muestra del aporte a las pesquerías.

Malla Ciclónica

B.- 5 de Noviembre 2011

Peces saliendo del Humedal, que ingresan al Parque Marino

Mismo Sitio Foto D 2011, Foto E 5 de noviembre 2011, en un acercamiento al área de malla ciclónica

D.- 5 de Noviembre 2011

E.- 15 de Octubre 2008

Finalmente, nuevamente el mismo sitio el 15 de Octubre del 2008, y el 8 de Noviembre del 2011, que se visitó el sitio con los participantes de la reunión de la Red Iberoamericana de Manejo Costero Integrado y del Curso de Manejo Costero. Desde el sitio en que se tomó ambas fotos, se puede divisar claramente el Hotel Desire, en la primera foto, atrás de los mangles, y en la segunda, sin interferencia de plantas porque ya no existen. Y se evidencia claramente la cantidad de costa perdida, en la modificación de la línea de la misma. Es por ello que se recomienda que el sitio sea restaurado para que pueda recuperarse el flujo natural del humedal y sus servicios ambientales, ya que como lo menciona López Medellín et. al, 2011. Cuando un área de manglares es destruido, los valiosos servicios que proveen para la sociedad, pueden perderse irreversiblemente.

E.- 15 de Octubre 2008

F.- 8 de Noviembre 2011

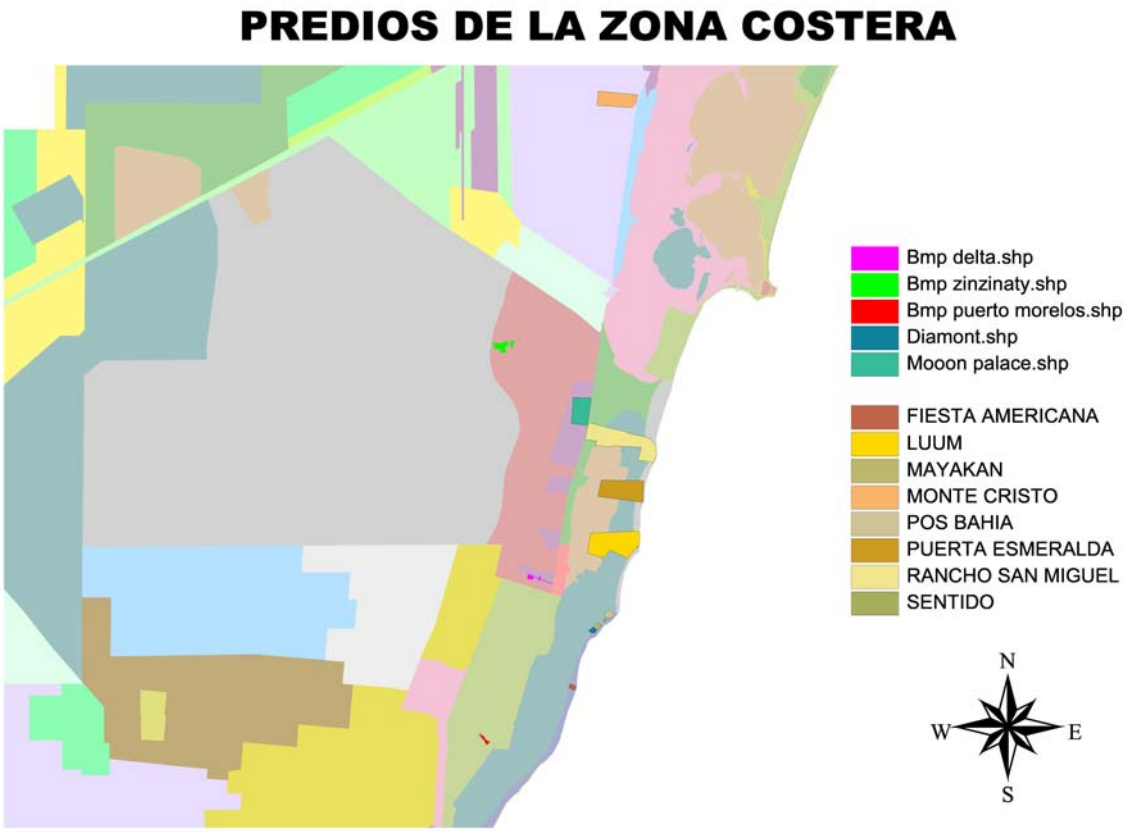
Techos del Desire

Las siguientes son imágenes del camino construido durante el período vacacional con daño al Flujo del manglar, esos tubos no son suficientes, y a vegetación en la NOM Palma Nacax (*Cocohtrinax Readii)* y el mismo manglar:

Talud, dique, que muestra claramente como ha sido afectada una casa

Problema 4: Asociado a al desarrollo hotelero y de propiedades privadas costeras, hay estudios que mencionan la contaminación por falta de las plantas de tratamiento adecuadas, o por el establecimiento de las mismas en áreas del manglar en donde utilizan al sistema de humedales como tratamiento terciario, y no sabemos con exactitud cuáles pueden ser las consecuencias de esto, para ello es necesario hacer estudios específicos de los tipos de contaminantes que puede estar recibiendo el área.

Mapa proporcionado por el Municipio, sobre los proyectos que sea encuentran en el área, no se sabe con exactitud el estado de los mismos en cuanto aprobaciones o permisos.



9.4.2. Propuestas

Hay varios proyectos que involucran al Sistema de Humedales de Puerto Morelos, coincidimos con el informe del Gob del Estado 2007, que establece la necesidad de que se lo declare zona de Área Natural Protegida Federal, sin embargo no coincidimos con las otras dos propuestas que establece ese documento que recomienda establecer una zona turística de discoteca y Playa y la construcción de un Puerto de Altura. Ambas propuestas acabarían con la calidad ambiental de Puerto Morelos y la cultura de una comunidad muy diferente al turismo sol y playa de las dos ciudades de las que se encuentra en medio. Esta característica de Puerto Morelos, la convierte en una posibilidad ideal para un turismo de “slow city”, con la posibilidad de brindar un turismo diferente al turismo de masas.

Es por ello que la principal recomendación y debido a los resultados obtenidos que demuestran esta interconexión, es que debe declararse cuanto antes el área de protección de Flora y Fauna Humedales de Puerto Morelos.

CONABIO ha elegido al área Humedales de Puerto Morelos, en parte por los resultados obtenido en este trabajo, y por la estrecha relación que tiene el sistema con el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, como el 3er. Sitio a ser monitoreado por sensores remotos. El Jardín Botánico como seguimiento a las acciones emprendidas por este proyecto, ha decidido establecer 20 parcelas permanentes, de las cuales ya lleva 4, y se pretende realizar un monitoreo a largo plazo del sitio para colaborar con el trabajo de CONABIO desde campo.

En cuanto al *problema 1*, se realizará como seguimiento de este proyecto, por parte del Jardín Botánico, una prueba piloto de restauración en sitios identificados para tal fin, que comenzarán en el mes de Abril.

En cuanto al *problema 2* es imprescindible, dicho ya en el 2007 por el Gobierno del Estado, la realización de los pasos de agua adecuados en cada camino que va desde la Carretera Federal hacia el Humedal y en los caminos internos paralelos a

la costa y los que se encuentran en diagonal para acceder a Hoteles específicos. Se deben realizar los estudios adecuados porque el flujo de agua es muy grande y más aún en períodos de tormenta, con ello se podrá establecer adecuadamente la amplitud que deben de tener esos pasos, porque los caños identificados hasta el momento no superan las 10 pulgadas. Mínimo considera el equipo de trabajo que los pasos deben ser de 1m de diámetro. Pero tal vez deban ser puentes más amplios en las zonas más bajas de cada camino.

Lo observado en este trabajo, coincide con estudios previos del área realizados por del Gobierno del Estado de quintana Roo 2007, que hay intercambios de materia y energía entre los distintos ecosistemas (playa, duna costera, humedal, selva mediana subperennifolia, Mar Caribe, arrecife de coral) y surgencias de agua dulce dentro del humedal (ojos de agua dulce) y del mar. Esto demuestra que este es un sistema activo en continuo movimiento.

Es imprescindible realizar estudios más específicos sobre cómo funciona este sistema de flujos pero podemos inferir, de acuerdo a lo observado durante este trabajo, que en el área de estudio los flujos en el área del Humedal principalmente son de sur-norte en todo el sistema, aunque aparentemente existe un parte aguas en la zona media, donde en la zona norte del sistema (carretera Petempich - Desire) junto a la berma se observa agua con flujo sur-norte, y en la zona de costa se observa un flujo Norte - Sur.

Se debe tener en cuenta que este estudio se desarrolló durante 6 meses, y para poder confirmar cómo es el flujo en el sistema, se deben colocar estaciones de medición de flujos durante todo el año, y a largo plazo, para conocer cómo inluyen las diferentes estaciones del año, y las tormentas tropicales o huracanes. Pero se observan tres flujos de agua principales: flujo de agua mayor, que procede del continente y descarga sus aguas en la parte central del humedal; flujo de agua medio, que se da fundamentalmente en la parte norte del humedal y lleva dirección norte-sur, desde el camino de acceso de Crococum hacia el Hotel Desire

y el camino hacia Puerto Morelos el flujo es sur-norte, existen interacciones manglar-mar-arrecife donde se da el transporte de nutrientes del humedal al mar-arrecife (hecho muy evidente en las bocas de tormenta que se forman en la costa), e intrusiones de agua del mar en el humedal. Finalmente, cabe mencionar los manantiales submarinos de agua dulce que se forman frente a la costa y que proceden de aguas subterráneas del continente.

Por otro lado, el estudio realizado por el Gobierno del Estado, tiene muy detallado la velocidad de flujos y caudales, sin embargo debe realizarse, como se mencionó anteriormente, un estudio a lo largo de todo el año con monitoreo permanente, para poder determinar exactamente los diámetros necesarios de los tubos de conexión en los diferentes accesos desde la carretera Federal hacia el mar, ya que es una de las principales causas de interrrupción del flujo hidrológico del sistema.

En cuanto al *problema 3*, urge que la Oficina del Parque Nacional de mayor seguimiento a los proyectos que se intente aprobar en el área costera, debido a que cada proyecto puede afectar seriamente la frágil relación existente. Y deben buscarse los mecanismos necesarios para que la opinión del Parque Marino tenga un peso determinante. Obviamente si el área es declarada como de APFF, esto sería mucho más fácil.

Finalmente el *problema 4*, está directamente relacionado a los anteriores, y deberán establecerse los limites aceptables que puede soportar el sistema, y controlar los vertidos de los hoteles al humedal, en este trabajo se pudo constatar, los vertidos del Hotel Ceiba del Mar y del Hotel Marina El Cid.

Como *conclusiones* podemos expresar que es indispensable para el mantenimiento del flujo hidrológico y la conexión entre el humedal y el sistema arrecifal, que éstas áreas se mantengan en el estado natural que presentan, ya que de lo contrario, en cada tormenta tropical, si se hicieran construcciones que

tapen ese flujo, no permitirá que los procesos ecológicos se mantengan, además de los daños estructurales que podrían llegar a presentarse, ya que el agua debe salir del sistema de alguna manera.

Definitivamente serán necesarios estudios específicos de los flujos del agua y el caudal que es arrojado al mar en cada una de las tormentas, y sobre los organismos que son incorporados del sistema de humedales al sistema de arrecifes. Pero el presente estudio, confirma que esa interrelación existe, porque se pudieron constatar y tomar muestras de los organismos que estaban saliendo hacia el mar. Y además dentro del humedal se encontró un total de 2747 organismos pertenecientes a los grupos faunísticos Anélidos, Moluscos, Crustáceos e Insectos (informe de Everardo Barba).

Reiteramos la importancia de que las áreas de bocanas que han sido rellenadas y aún existe la posibilidad de recuperarlas, que esos sitios sean restaurados para que pueda recuperarse el flujo natural del humedal y sus servicios ambientales, ya que como lo menciona López Medellín et. al, 2011. Cuando un área de manglares es destruido, los valiosos servicios que proveen para la sociedad, pueden perderse irreversiblemente.

En síntesis, la estrategia recomendada es la de conservación, declarar el Área de Protección de Flora y Fauna, en lo inmediato. Se debe realizar saneamiento de las áreas que están recibiendo altas cargas de contaminantes, en este caso trabajar directamente con los Hoteles responsables de esos vertidos. Y rehabilitar y restaurar las áreas de manglar que no han podido recuperarse completamente desde el paso de Wilma, o que muestran una recuperación muy lenta, en particular son áreas que coinciden con los lugares en donde el flujo hidrológico ha sido afectado por construcciones.

10.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera 1997. En “Propuestas Comunitarias para el Plan Director de Desarrollo Urbano de Puerto Morelos, Mayo de 1997”
- Carrillo-Bastos, A; Elizalde-Rendón, E M; Torrescano Valle, N; Flores Ortíz, G. 2008. Adaptación ante disturbios naturales, manglar de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Foresta Veracruzana, Vol. 10 (1): 31-38. Universidad Veracruzana, México.
- Duran G. R.; Dorantes E. A; Simá P.P; Méndez G.M. 2000. Manual de propagación de plantas nativas de la Península de Yucatán volumen II. Centro de Investigaciones de Yucatán A.C. Mérida, Yucatán. México.
- Espinoza-Avalos, J., G. A. Ríos-Saís y J. R. Díaz-Gallegos. Criterios para la selección del sitio de manglar Puerto Morelos- Punta Maroma, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México. D.F.
- Fowler J, Cohen L y Jarvis P. 1998. Practical statistics for field biology (2 ed.). John Wiley & Sons, West Sussex, England, 179–209 pp. Pielou EC. 1984. The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. University of Lethbrige, John Wiley and Sons, Inc., New York, USA, 263 pp.
- Gobierno del Estado y APIQROO 2007. Programa de Manejo del Complejo Humedales Corredor Aeropuerto Puerto Morelos, Grupo Consultor Melissa Consultoría e Ingeniería Ambiental.
- Herrera Silveira, J A; Andueza, B T; Teulli, H C. 2009. Monitoreo de los manglares de Puerto Morelos 2009. CINVESTAV - CONANP, Diciembre 2009. 12 p.
- Herrera Silveira, J A; Zaldívar-Jiménez, A., Teulli- Hernández C., Pérez-Ceballos, R. 2008. Caracterización y monitoreo de las comunidades de manglares en la Isla de Cozumel. Informe Final. CINVESTAV- CONANP. 49 pp.
- Jardín Botánico “Dr. Alfredo Barrera Marín”. Sin año. Folleto. Colecciones botánicas.
- Kenji José Kuniyoshi Virrueta. 2004. Estudio ecológico, silvícola y usos del guayabillo (*Myrcianthes fragrans Sw.*) McVaugh, en bosques latifoliados de Honduras. Consulta internet: http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2004/T1879.pdf
- López-Medellín X, Ezcurra E., González-Abraham C., Hak J., Santiago L.S. & Sickman J.O., 2011 *Oceanographic anomalies and sea-level rise drive mangroves inland in the Pacific coast of Mexico*, Journal of Vegetation Science 22 (2011) 143–151
- Sánchez, Pedro C., b. 1871. Estudio orogénico de la república mexicana, Dirección de Geografía, Meteorología e Hidrología, Instituto Geográficonde México, Pan American Institute of Geography and History Talleres de Fotozincografía de Departamento Geográfico. México. 15 pag. 1934
- Vester H.F.M y Navarro M.Ma.A. 2007. Árboles maderables de Quintana Roo. Fichas ecológicas. El Colegio de la Frontera Sur. CONABIO. COQCYT. Chetumal, Quintana Roo. México.