



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECCION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL



Arrecife artificial de carbonato de calcio

Diciembre, 2019

NOVA
NOVA CONSULTORES AMBIENTALES

Arrecife artificial de carbonato de calcio

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

CONTENIDO

I	DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	I.1
II	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.....	II.1
III	VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.....	III.1
IV	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN.....	IV.1
V	IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	V.1
VI	ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	VI.1
VII	PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	VII.1
VIII	IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	VIII.1

Anexos:

- 1.- Documentación formal.
- 2.- Plano general del proyecto.
- 3.- Protección de Costa en Lotes 3 y 4. Puerto Aventuras (en disco compacto)



I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

I.1.1 Nombre del proyecto

El proyecto motivo de la presente manifestación de impacto ambiental, se denomina “Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio” en lo sucesivo también será referido como “El proyecto”

I.1.2 Ubicación (dirección) del proyecto

El proyecto se localiza en extremo suroeste de la Bahía de Puerto Aventuras, Q. Roo., en la bocana de la Caleta Chac-hal-al, prácticamente en la colindancia con el desarrollo turístico Barceló (Figura I.1). En el Capítulo II, se proporcionan coordenadas y detalles de la localización del proyecto.

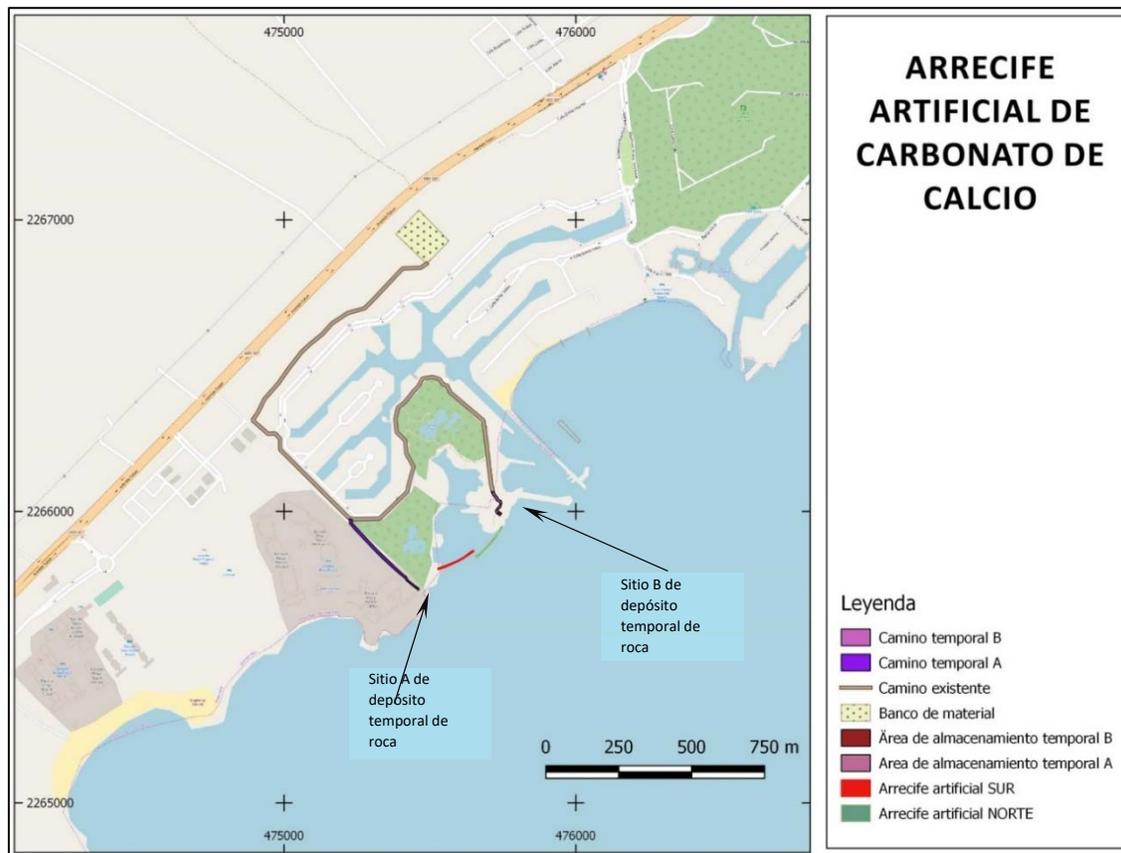


Figura I.1.- Localización y componentes del proyecto.

I.1.3 Duración del proyecto

Se considera un plazo de 6 meses para la llevar acabo la etapa de preparación del sitio y construcción; y un tiempo indefinido en su “operación”. Salvo monitoreo del desarrollo coralino, no habrá labores de mantenimiento a menos que algún evento meteorológico de gran magnitud, como un huracán, alterará o afectará las estructuras arrecifales.

I.2 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

I.2.1 Nombre o razón social

Banco Santander (México) S. A., Institución de Banca Múltiple, Grupo Financiero Santander, División Fiduciaria, como Fiduciaria del Fideicomiso Puerto Aventuras.

El Anexo 1 contiene una copia del instrumento notarial mediante el cual se constituyó el fideicomiso: Escritura pública número 8,056 del volumen 54, de fecha 26 de febrero de 1988, tirada ante la fe del Notario Público número 7 del Estado de Quintana Roo, Lic. Francisco Xavier López Mena.

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente

El número con el cual se encuentra inscrito el promovente en el registro federal de contribuyentes es: BSS880226A9A. El Anexo 1 contienen una copia de la constancia de situación fiscal del promovente.

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal. En su caso, anexar copia certificada del poder correspondiente

Actúa como apoderado .

En el Anexo 1 se incluye una copia simple de la escritura pública número 54,004 de fecha 21 de septiembre de 2012, tirada ante la fe del Notario número 3 del Estado de Quintana Roo, 
Suárez.

I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones



I.2.5 Nombre del consultor que elaboró el estudio

La presente manifestación de impacto ambiental ha sido elaborada por: NOVA Consultores Ambientales, S. A. de C. V.

I.2.6 Registro Federal de Contribuyentes o CURP.

NOVA Consultores Ambientales, S. A. de C. V., se encuentra inscrita en el registro federal de contribuyentes con el número NCA9211246R0.

I.2.7 Nombre del responsable técnico del estudio.

El responsable técnico de la manifestación de impacto ambiental es el Fís. Francisco Novelo Burbante, cuyo número de inscripción en el registro federal de causantes es NOBF530903PR5, y cédula profesional número 2047087.

I.2.8 Dirección del responsable técnico del estudio



II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA.

II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO.

El proyecto de obra motivo de la presente manifestación de impacto ambiental se denomina ARRECIFE ARTIFICIAL DE CARBONATO DE CALCIO, es un proyecto de restauración ambiental y consiste en realizar una obra de reducción de energía de oleaje, usando rocas de carbonato de calcio, las que forman los arrecifes naturales (roca caliza), para conformar dos arrecifes artificiales con una longitud conjunta de 280 m, que proporcione resguardo a especies marinas, permita y promueva el crecimiento de coral y la colonización de organismos; por medio de los cuales se logre en el corto, mediano y largo plazo una recuperación de la flora y fauna marina y a la vez mayor biodiversidad, así como se induzca la creación de un área de calma que coadyuve y fomente el ecoturismo, siendo un atractivo para las actividades marinas compatibles con la protección y conservación de los ambientes marino y costero, y que genere un atractivo para los visitantes de la zona, en complemento de las instalaciones de Puerto Aventuras. El proyecto se pretende realizar en la zona marina frente a la Caleta Chac-hal-al. La Figura II.1, muestra las diferentes componentes del proyecto y su localización.

El banco de material de donde se extraerá la roca de carbonato de calcio se ubica dentro del complejo de Puerto Aventuras, en las coordenadas del 16Q 475612.33mE/ 2266733.34m, según se indica en la Figura I.1 y en el Plano que se incluye el Anexo 2. De aquí se extraerá la roca necesaria para la construcción de los dos arrecifes artificiales y se conducirá mediante camiones de volteo de 7 m³ a dos sitios de transición temporal, identificados como A y B, que se localizan en los extremos sur y norte respectivamente, de la bocana de la caleta Chac-hal-al.

Para acceder al sitio de proyecto, se usarán avenidas de concreto estampado, que forman parte de las vías de circulación de Puerto Aventuras, para posteriormente, desde ellas, ingresar a los sitios A y B de depósito temporal de rocas, a través de brechas existentes, mismas que llegan desde los caminos de concreto hasta la Zona Federal Marítimo Terrestre. Estas brechas serán acondicionadas para el tránsito de maquinaria y equipo.

Las brechas o caminos temporales, una vez retirada la vegetación existente sobre éstos, se conformarán con una capa de sascab (material calizo), se colocará una malla geotextil sobre la roca, y sobre la malla se colocará la capa de sascab, tanto en los caminos temporales como en las áreas de transición temporal donde se depositará la roca, previo a su acomodo en la Zona Federal, esto permitirá retirar al final de la obra todo el material y dejar la roca limpia. Al terminar la obra se limpiarán los caminos temporales y se reforestarán con los mismos ejemplares rescatados al inicio de la obra. Los caminos

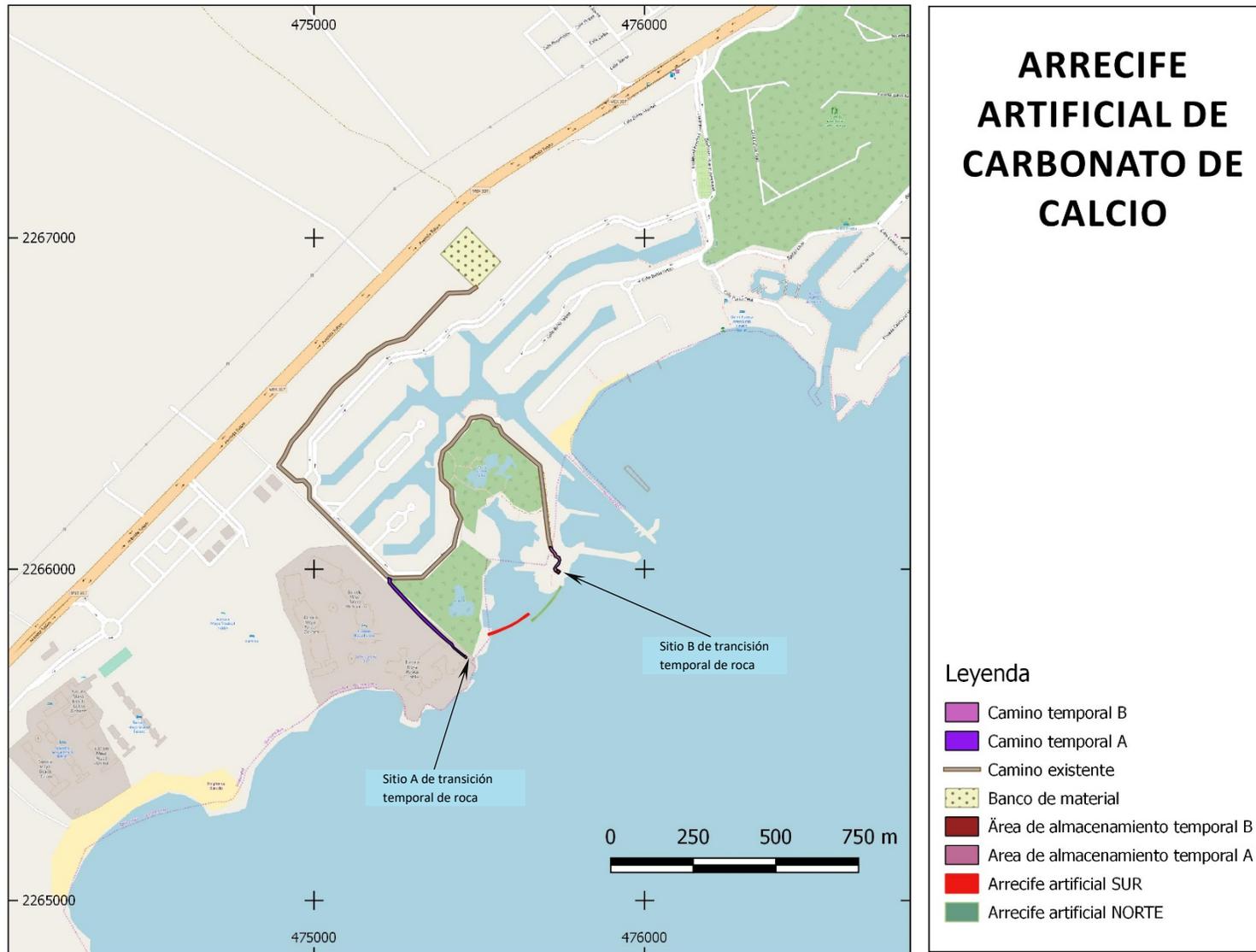


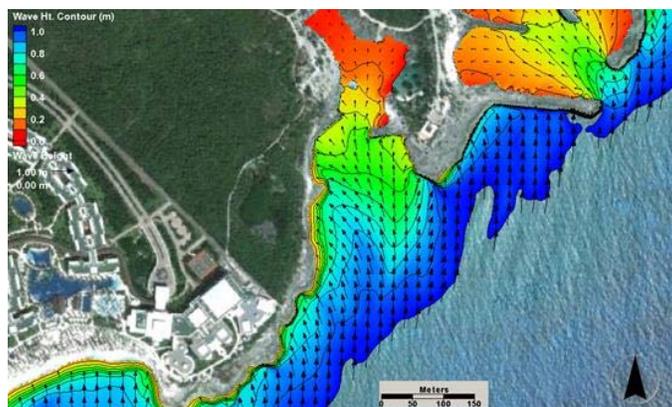
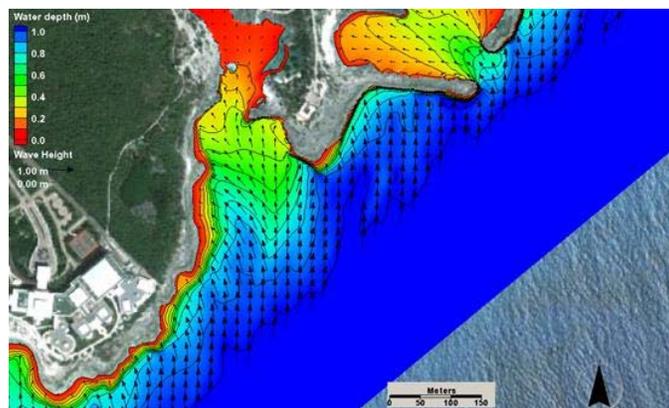
Figura II.1.- Localización del proyecto y de sus componentes.

temporales tendrán un ancho de 4.5 m y se conformará de una capa de sascab entre 15 y 25 cm.

Las rocas que formarán las dos estructuras arrecifales serán descargadas en los sitios A y B para después acomodarse con maquinaria (Excavadora de oruga 320D) conformando los arrecifes artificiales de acuerdo con el diseño que llegue a ser autorizado y en las coordenadas determinadas para tal fin.

II.1.2 JUSTIFICACIÓN.

La justificación ambiental del proyecto se basa en el desarrollo de una zona de calma, para propiciar el crecimiento de coral y otros organismos, los cuales se vieron afectados por los eventos meteorológicos extremos en los años 2005 a 2009. La energía de estos eventos rompió y afectó de raíz a los organismos que se ubicaban en el sitio, dejando el sitio con menor biodiversidad, pero con gran aptitud de regeneración. De acuerdo a los estudios de los modelajes numéricos de oleaje se puede observar la energía que entra a la caleta, no permite la regeneración de coral que podría crecer en esta zona (Figura II.2).



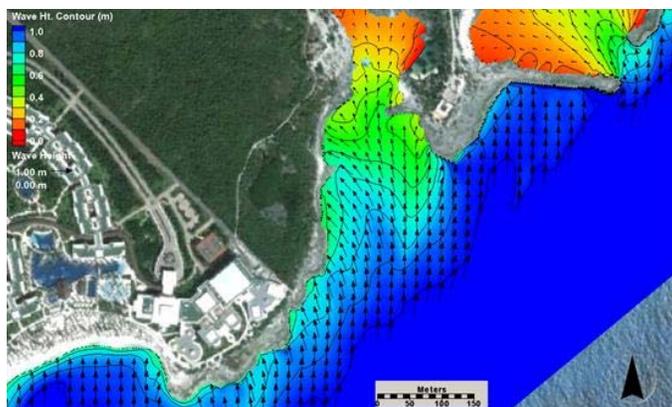


Figura II.2.- Campo de ola simulado bajo condiciones promedio: SW (225 grados) ola incidente con altura significativa $H_{sig} = 1.39$ m y periodo de pico de ola $T_p = 4.20$ s. Panel superior: nivel del mar medio; panel del medio: con 0.5 m de marejada de tormenta; panel inferior: con 1.0 m de marejada de tormenta.

El blanqueamiento, el calentamiento del agua, la acidificación, el turismo masivo, entre otras variables, han causado un deterioro en los arrecifes naturales, estos al morir, dejan de proveer resguardo a muchas especies que usan sus recovecos para depositar sus huevecillos, y protegerse de depredadores su etapa de crecimiento, el efecto de mortandad masiva que han experimentado los arrecifes de coral naturales, es un proceso de deterioro ambiental con consecuencias futuras gran impacto, ya que los huevecillos y pequeños organismos que no se puedan reproducir, proteger y desarrollarse, se verán afectados significativamente a largo plazo.

La naturaleza, magnitud y complejidad del fenómeno de deterioro e impacto ambiental en esta Zona Critica Prioritaria puede llegar a ser tan severo, que demanda a los sectores involucrados redoblar y ecoeficientar esfuerzos para el logro de objetivos y resultados de preservación, en la inteligencia de que el proceso de restauración, debe ser integral, progresivo y de largo plazo, pue se busca marchar siempre al ritmo de las condiciones de continuidad acordes con los procesos naturales la biodiversidad de la zona afectada.

Existen ya proyectos de arrecifes artificiales en el área como el Museo Subacuático, orientados a compensar el impacto que causan los 750 mil turistas que dan uso recreativo a los arrecifes naturales de la zona , y que están severamente impactados.

Cada año millones de turistas visitan los destinos tropicales para experimentar la belleza y la vida que existe alrededor del ecosistema coralino. El snorkel, el buceo, la pesca y otras actividades acuáticas atraen a una masa significativa del mercado turístico en diversas regiones del mundo. Las economías de muchas naciones isleñas son particularmente dependientes de este tipo de ingreso turístico. Los siguientes ejemplos muestran el valor del arrecife coralino, que es extremadamente alto en zonas de visitas registradas al año.

En la zona de Cancún, de 750,000 a 2,000,000 de personas visitan al año el arrecife del parque marino en Punta Cancún-Nizuc dejando en promedio \$2.0 USD por persona.

- ⊕ Se estima que los arrecifes de coral proveen al mundo con \$375 Billones de dólares en bienes y servicios (Status of Coral Reefs of the World, 2002).
- ⊕ El turismo en el caribe genera aproximadamente \$34 Billones de dólares en 2001 y se estimó un crecimiento hasta \$74 Billones en 2012 (WTTC, 2002).
- ⊕ El instituto de recursos mundiales estima que los arrecifes de coral en Asia del Sur representan un valor entre \$700 USD y \$111,000 USD por kilómetro cuadrado de arrecife, solo incluyendo la industria de turismo, (Reefs at Risk Southeast Asia, 2002).

En dólares por área unitaria, los arrecifes de coral son los ecosistemas que representan el mayor valor económico del planeta.



Figura II.3. El área de estudio está expuesta a grandes olas del Mar Caribe abierto.

La línea costera a lo largo de la localización del proyecto es mayormente rocosa, debido al impacto de olas de alta energía (Figura II.3). El estado de la línea costera y el área del litoral manifiestan dos características correspondientes a olas altas. Alrededor de 25% de la línea costera (en longitud) está compuesta de una plataforma rocosa relativamente plana (Figura II.4).



Figura II.4. Roca relativamente plana expuesta en la línea de costa. Foto mira hacia el sureste.

La plataforma se encuentra característicamente entre 20 y 50 cm por encima del nivel medio del mar. A lo largo del lado norte del área del proyecto, la plataforma cae directamente a más de 1 m de profundidad (Figura II.5). Esta parte de la línea costera tiene poca protección de la entrada mareal. Una gran porción del fondo marino es cubierta por arena, alguna de la cual fue erosionada de la playa, probablemente por tormentas o huracanes que han incidido en la zona.



Figura II.5. La plataforma formada por las rocas planas cae directamente a una profundidad de más de un metro bajo el agua, el fondo marino está cubierto por arena, foto mira hacia el sureste. Este lugar está localizado al punto noreste del área del proyecto.

Actualmente, la línea costera en la que se localiza el área de proyecto es rocosa (Figuras II.6 a II.8).

La batimetría cercana a la costa varía sustancialmente dentro de un rango de uno metro a más de tres metros de profundidad. El fondo marino en el área cercana a la costa (1-2 metros de profundidad) es casi en su totalidad suelo rocoso expuesto. La superficie del suelo rocoso es mayormente plana, sin crecimiento de corales o algas marinas (Figura II.9). Esto es consecuencia directa del oleaje que se propaga sobre el área. La corriente fuerte y oscilatoria, inducida por olas, restringe sustancialmente el crecimiento de corales y pastos marinos. Generalmente, el suelo rocoso marino que se encuentra directamente frente al área del proyecto es diferente del suelo rocoso en el resto de las áreas vecinas, sobre las cuales los corales son saludables y las hierbas marinas prosperan (Figura II.10). **Una de las**

mayores metas de este proyecto es reducir la energía causada por olas sobre el área árida para permitir que se recupere a una comunidad béntica saludable.



Figura II.6. Arriba, hacia el suroeste la plataforma de roca plana se extiende suavemente dentro del mar, con el suelo marino (panel inferior) en la línea de costa cubierta por peñas sobre el fondo de arena y grava. Este sitio se encuentra en la punta suroeste del área de proyecto .



Figura II.7. Playa rocosa hacia el noreste. Este tipo de costa abarca aproximadamente 75% de la línea de costa.



Figura II.8. Playa Rocosa extiende suavemente hacia el mar, con el fondo marino cubierto por suelo duro. Foto en dirección noroeste.

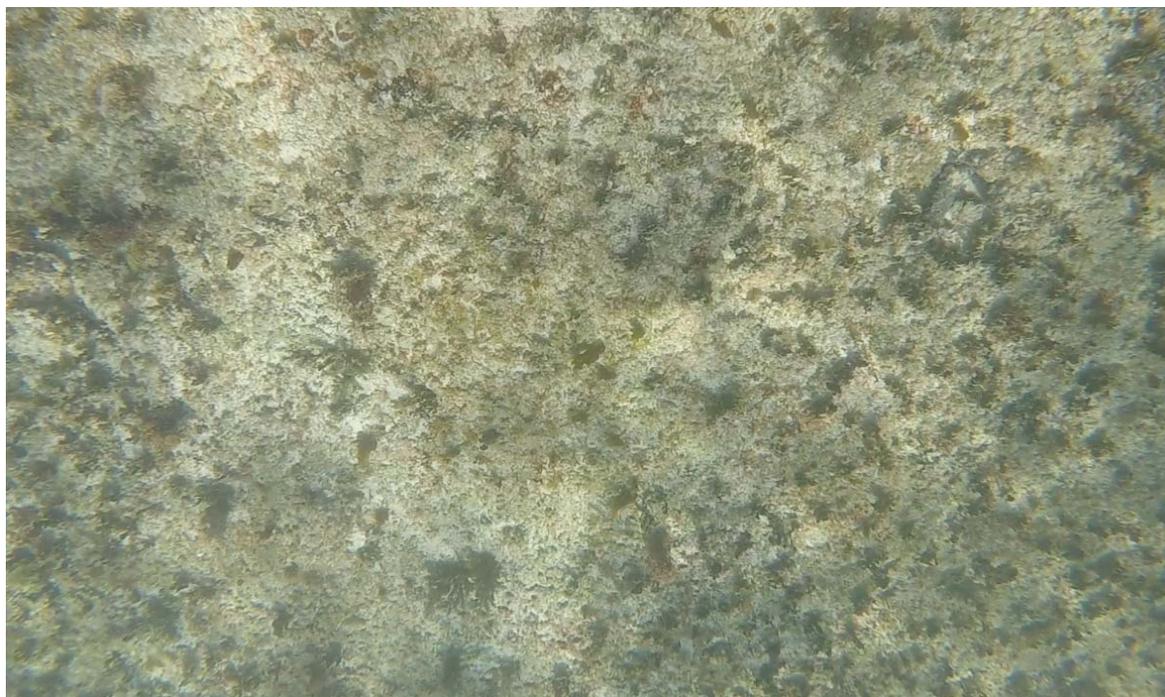


Figura II.9. Arrecifes Muertos o en proceso de deterioro rocoso y con poca vida. Se encuentra en el mar justo frente a la línea de costa del proyecto, a profundidad de 1 a 2 metros bajo el agua.

II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA Y DIMENSIONAMIENTO DEL PROYECTO

La región donde se localiza el sitio del proyecto “Arrecife artificial de carbonato de calcio” se encuentra en el estado de Quintana Roo, extremo Este del país, en la porción oriental de la península de Yucatán. Sus límites naturales y geoestadísticos están entre los paralelos 17° 54’ y 21° 36’ de latitud norte y entre los meridianos 86° 45’ y 89° 10’ de longitud oeste del meridiano de Greenwich, tiene una extensión superficial aproximada de 42,535 km² (incluye a las Islas Mujeres y Holbox) que lo ubica en el vigésimo lugar nacional, esta área representa 2.19% de la República Mexicana, y 30.66% del territorio peninsular. Limita al norte con Yucatán y el Golfo de México; hacia el este con el Mar Caribe; al sur con Belice y la Bahía de Chetumal; al oeste colinda con los estados de Campeche y Yucatán.

El proyecto se pretende desarrollar en la localidad de Puerto Aventuras en la zona marina al suroeste de la Marina Puerto Aventuras, en la bocana de la caleta Chac-hal-al (Figura II.10).

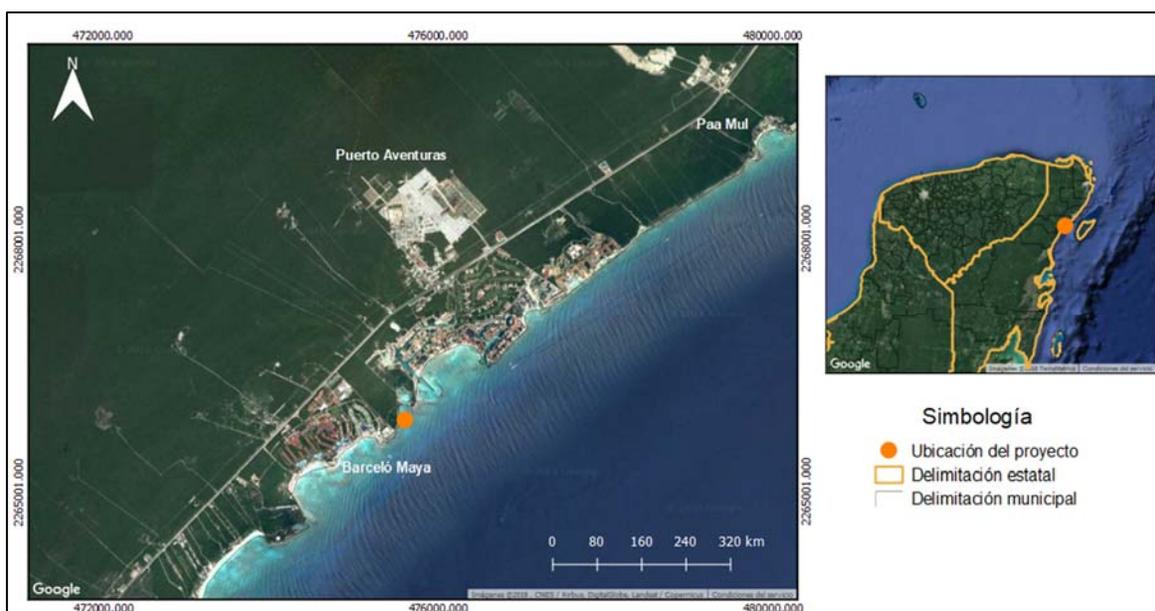


Figura II.10.- Localización del sitio de proyecto.

Los detalles de la localización del proyecto y de sus obras se muestran en el Plano General de Proyecto, incluido en el Anexo 2.

Cada una de las dos estructuras que formarán el arrecife artificial tendrá una longitud de 140 m y sección trapezoidal (Figura II.11).

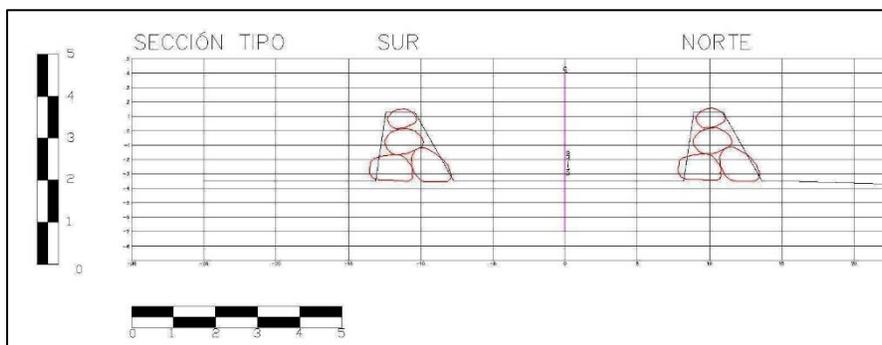


Figura II.11.- Secciones transversales de las estructuras arrecifales artificiales.

Las coordenadas UTM WGS84 del área que ocuparán estas estructuras se presentan en los Cuadros II.1 y II.2.

Cuadro II.1.- Datos referenciales y de características del arrecife norte.

CUADRO DE CONSTRUCCION ARRECIFE NORTE						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				6	2,265,949.3340	475,750.2390
1	2	N 47°30'54.65" W	5.548	7	2,265,953.0811	475,746.1476
2	8	S 40°21'13.80" W CENTRO DE CURVA DELTA = 22°28'23.19" RADIO = 357.061	139.154	9	2,265,847.0375	475,656.0447
				8	2,266,126.8265	475,434.2102
8	7	S 38°24'34.61" E	5.400	10	2,265,842.8061	475,659.3996
7	1	N 40°27'18.77" E CENTRO DE CURVA DELTA = 22°16'13.25" RADIO = 362.461	140.000	6	2,265,949.3340	475,750.2390
				8	2,266,126.8265	475,434.2102
SUPERFICIE = 758.524 m ²						

Cuadro II.2.- Datos referenciales y de características del arrecife sur.

CUADRO DE CONSTRUCCION ARRECIFE SUR						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	2,265,864.3309	475,652.3351
5	4	N 24°49'30.10" W	5.548	2	2,265,869.3662	475,650.0057
4	10	S 63°02'38.35" W CENTRO DE CURVA DELTA = 22°28'23.19" RADIO = 357.061	139.154	4	2,265,806.2869	475,525.9703
				3	2,266,149.9936	475,429.2327
10	11	S 15°43'10.05" E	5.400	5	2,265,801.0889	475,527.4333
11	5	N 63°08'43.32" E CENTRO DE CURVA DELTA = 22°16'13.25" RADIO = 362.461	140.000	1	2,265,864.3309	475,652.3351
				3	2,266,149.9936	475,429.2327
SUPERFICIE = 758.524 m ²						

El arrecife artificial de carbonato de calcio se ubicará frente a los predios propiedad del promovente y a la Zona Federal Marítimo Terrestre, teniendo una distancia promedio a la ZOFEMAT de 30 a 50 m. El arreglo general de estos elementos se encuentra en la Figura II.1.

La obra que se pretende realizar está conformada por las dos estructuras arrecifales, norte y sur, como complementos para realizar estas obras se dispone de un banco de material autorizado y en operación, de donde se extraerá la roca necesaria, caminos existentes de concreto, brechas existentes que se reacondicionarán para llegar los sitios de la costa donde se depositará temporalmente la roca (sitios A y B), y se colocarán provisionalmente dos piedraplenes, uno partiendo del sitio A y otro del sitio B, que permitirán transportar la roca desde los sitios A y B, hasta el lugar de tiro donde se conformarán las estructuras arrecifales. La Figura II.12 ilustra la ubicación de las componentes del proyecto.



Figura II.12.- Localización de los elementos del proyecto

El camino temporal A tendrá una longitud de 355 m (sobre brecha existente) y el camino B una longitud de 85 m, ambos con ancho de 4.5 m. La Figura II.13 muestra la sección transversal de los caminos temporales y el Cuadro II.3 contiene las coordenadas de los caminos temporales.

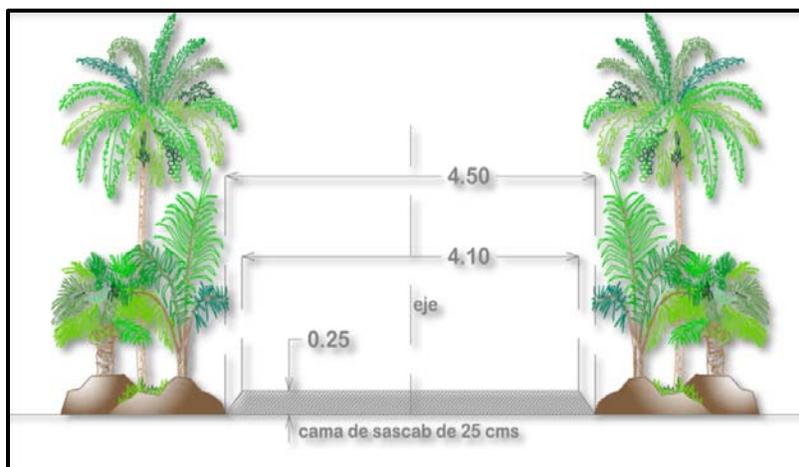


Figura II.13.- Sección transversal de los caminos temporales.

Cuadro II.3.- Coordenadas de los caminos temporales.

CAMINO TEMPORAL "A"		CAMINO TEMPORAL "B"			
X	Y	X	Y	X	Y
475326.4950	2265849.9571	475655.7233	2266336.4575	475723.0000	2265997.6384
475338.0000	2265839.0000	475660.6000	2266332.8000	475723.0000	2266004.0000
475348.0000	2265831.0000	475668.3012	2266327.0241	475727.0000	2266011.0000
475357.0000	2265820.0000	475676.0550	2266322.5934	475734.0000	2266018.0000
475369.0000	2265807.0000	475684.5219	2266311.3042	475738.0000	2266020.0000
475372.0000	2265797.0000	475692.2761	2266309.3656	475741.0000	2266028.0000
475375.0000	2265799.0000	475689.0000	2266296.2614	475739.0000	2266034.0000
475382.0000	2265801.0000	475689.0000	2266285.2496	475732.0000	2266036.0000
475386.0000	2265799.0000	475690.9714	2266261.5932	475727.0000	2266037.0000
475401.0000	2265782.0000	475693.9512	2266235.7683	475727.0000	2266040.0000
475414.0000	2265774.0000	475698.9660	2266200.6641	475727.0000	2266047.0000
475420.0000	2265764.0000	475700.9413	2266175.9735	475723.0000	2266052.0000
475433.0000	2265752.0000	475706.8095	2266152.5007	475718.0000	2266056.0000
475447.0000	2265742.0000	475710.8839	2266137.2218	475715.0000	2266058.0000
475447.0000	2265742.0000	475714.0000	2266116.4475	475714.0000	2266067.0000
475453.5538	2265736.4430	475714.0000	2266098.2993	475710.0000	2266078.0000
475453.5538	2265736.4430	475715.8955	2266079.3445	475708.0000	2266098.0000
475456.6528	2265741.7594	475719.8840	2266068.3759	475708.0000	2266116.0000
475456.6528	2265741.7594	475720.6545	2266061.4414	475705.0000	2266136.0000
475456.6528	2265741.7594	475721.5448	2266060.8479	475701.0000	2266151.0000
475450.4087	2265746.9386	475727.2687	2266056.2687	475695.0000	2266175.0000
475436.7934	2265756.6639	475733.0000	2266049.1047	475693.0000	2266200.0000
475424.7021	2265767.8250	475733.0000	2266041.9188	475688.0000	2266235.0000
475418.3916	2265778.3425	475733.4148	2266041.8359	475685.0000	2266261.0000
475404.9069	2265786.6409	475743.6913	2266038.8997	475683.0000	2266285.0000
475389.7270	2265803.8447	475747.3638	2266027.8822	475683.0000	2266297.0000
475382.5958	2265807.4103	475742.7907	2266015.6871	475685.0000	2266305.0000
475375.7296	2265805.4486	475737.5542	2266013.0689	475681.0000	2266306.0000
475374.3488	2265810.0514	475731.8108	2266007.3255	475672.0000	2266318.0000
475361.5303	2265823.9381	475730.3199	2266004.7164	475665.0000	2266322.0000
475352.2427	2265835.2896	475737.8827	2265999.4000	475657.0000	2266328.0000
475341.9504	2265843.5234	475732.1318	2265991.2191	475645.7233	2266336.4575
475326.4950	2265858.2429				

El polígono del banco de material tiene por coordenadas las contenidas en el Cuadro II.4.

Cuadro II.4.- Coordenadas del Banco de Material.

CUADRO DE CONSTRUCCION BANCO DE MATERIAL						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				361	2,267,034.5726	475,456.8421
361	362	S 43°18'15.80" W	109.946	362	2,266,954.5628	475,381.4331
362	303	S 44°43'51.63" E	150.000	303	2,266,848.0000	475,487.0000
303	364	N 43°18'19.27" E	110.000	364	2,266,928.0480	475,562.4475
364	361	N 44°45'06.15" W	150.000	361	2,267,034.5726	475,456.8421
SUPERFICIE = 16,486.348 m ²						

II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA.

La inversión total que realizará el promovente para el desarrollo de las obras en cuestión asciende aproximadamente a \$15,000,000.00. Importe que incluye todos los conceptos de obra por realizar.

Aunque no habrá etapa de operación, se tiene prevista una reserva de \$753,000.00 que será destinada al programa de vigilancia ambiental. No habrá etapa de operación, por lo que no se prevén montos por este concepto.

II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO.

Para comprobar las hipótesis desarrolladas en el estudio Protección de Costa en Lotes 3 y 4. Puerto Aventuras. (Anexo 3) se estudiaron diversas condiciones de marea y oleaje en el sitio del proyecto.

En resumen, en este estudio se analiza el campo de ola bajo condiciones actuales (Ver oleaje, Capítulo IV, y Anexo 3) indica claramente que el área de proyecto necesita ser protegida en contra de ataque de olas desde las ocho direcciones, bajo condiciones normales y de tormenta. Las medidas propuestas de protección de costa deben reducir energía de olas en la línea costera, además de en el fondo rocoso cercano a la costa, bajo condiciones de olas normales y de tormenta proviniendo de las ocho direcciones. Las alternativas estudiadas para protección costera se evalúan en términos de reducir energía de olas en la línea costera y cerca de la costa. Tres alternativas fueron seleccionadas de un total de diez alternativas, y se eligió la tres, por ser la que mejor funciona respecto de la protección del oleaje, con las características siguientes:

Alternativa 3. Sistema de arrecife artificial de bajo perfil emergido, extiende 1.3 metros sobre nivel de marea media.

Ejecución:

- 1) Provee protección bajo condiciones de ola promedio y de tormenta con marejada de tormenta.
- 2) Puede tener olas de hasta 0.7 metros bajo condiciones de ola de tormenta con marejada de 1.0 metro.

Largo del Arrecife Artificial: 280 m

Profundidad de agua Promedio en área de Arrecife: 2.1 m

La Figura II.14 muestra la batimetría del área marina estudiada.

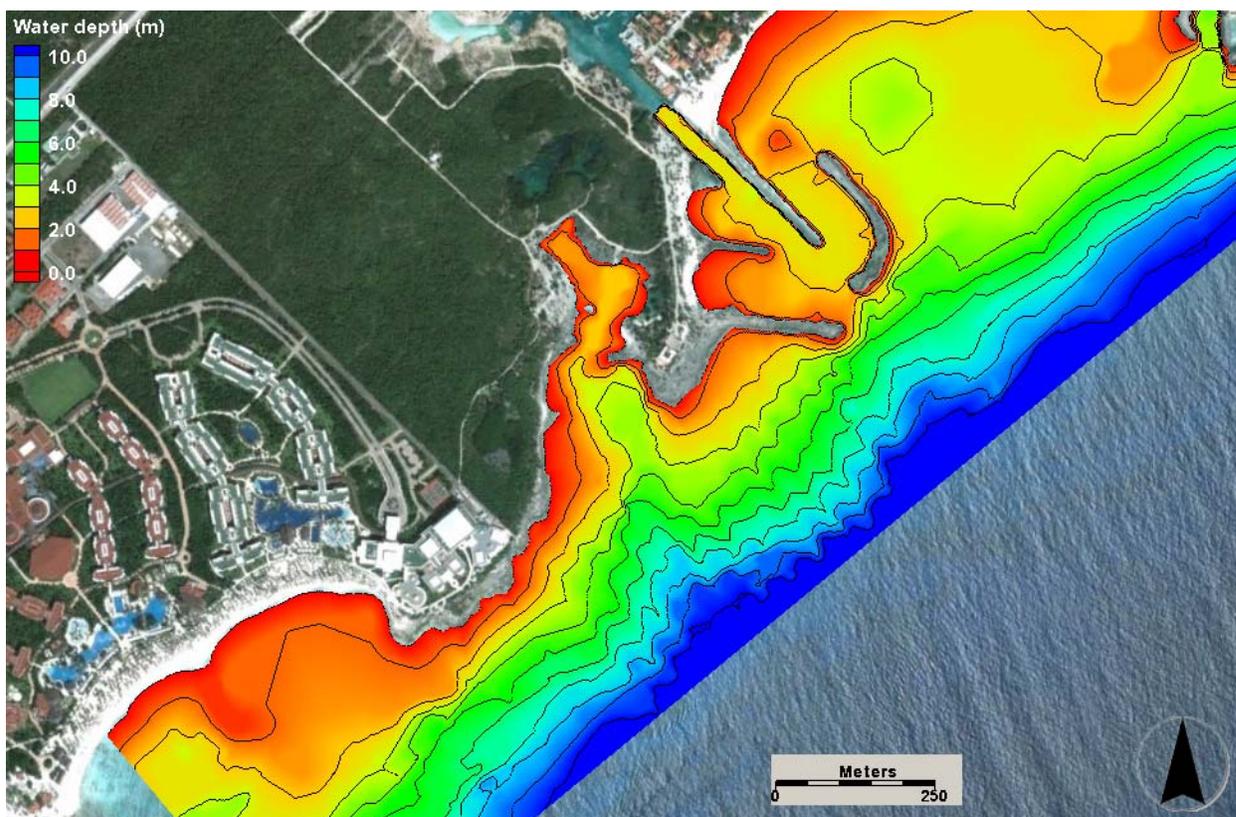


Figura II.14.- Batimetría cercana a la costa en el área del proyecto. Para mejor ilustrar variaciones en profundidad cercanas a la costa, profundidad mayor de 10 metros es representada por azul oscuro. La profundidad es relativa al nivel del mar medio.

Dimensiones de Arrecife Artificial:

- 1) Ancho de tope: 3 m
- 2) Pendiente del lado: 1:2
- 3) Ancho de fondo: 6 m
- 4) Alto promedio: 2.6 m

Volumen de roca necesaria: 2500 a 3302 m³

El diseño de la alternativa 3 funciona considerablemente mejor que las alternativas 1 y 2, por lo tanto, se recomienda aquí como la primera opción basada en los resultados del modelado de olas.

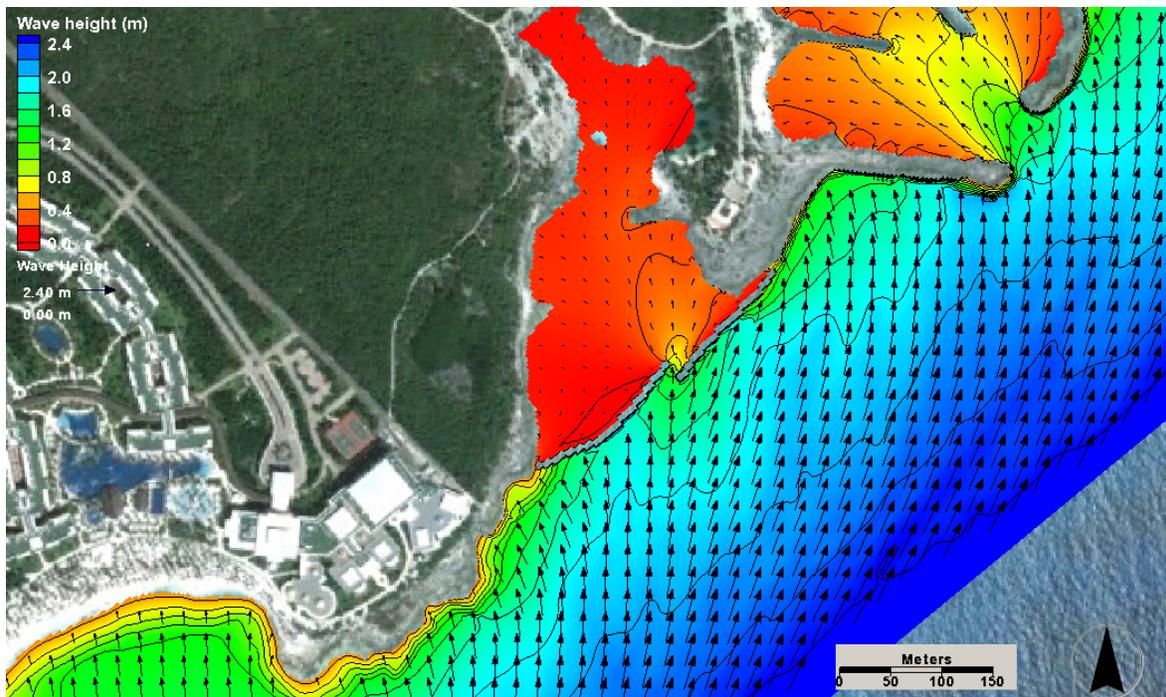


Figura II.15.- Modelo de la alternativa seleccionada.

La Figura II.16 ilustra el arreglo general del proyecto, y en el Anexo 2 se incluye el plano a mayor escala.

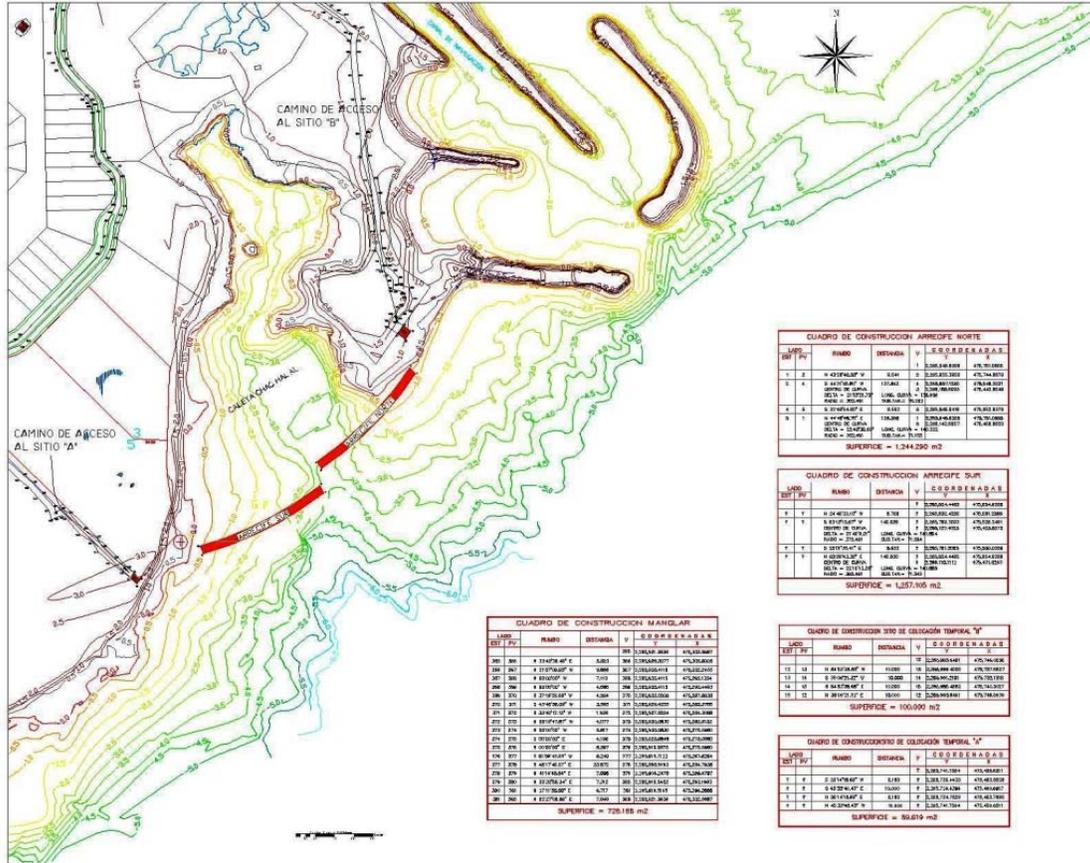


Figura II.16.- Plano General de Proyecto.

Las secciones de los cuerpos arrecifales se ilustran en la Figura II.17.

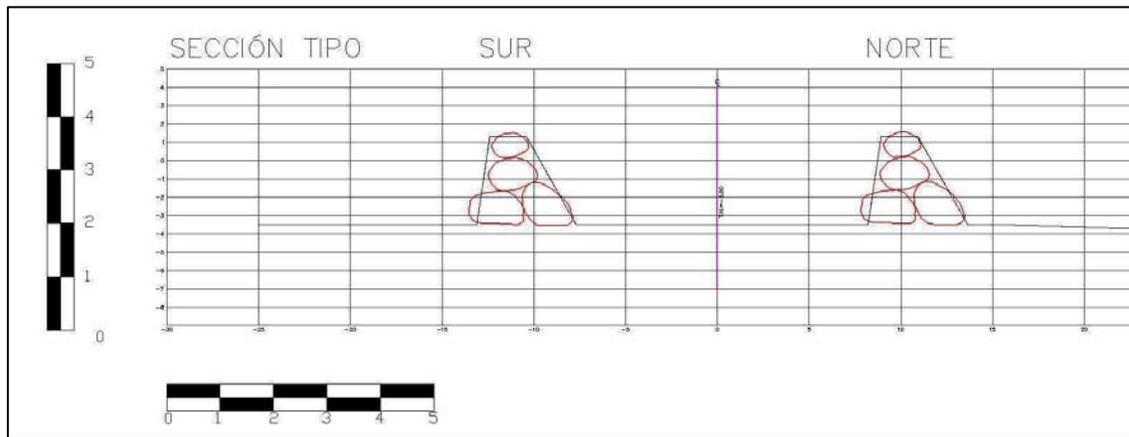


Figura II.17.- Secciones transversales de las estructuras arrecifales artificiales.

Material de Construcción.

Para la construcción del arrecife artificial se ha propuesto usar el material más natural y compatible posible con el ambiente marino, y que propicie el crecimiento de arrecifes naturales. En este caso se ha propuesto usar rocas de Carbonato de Calcio CaCO_3 , el cual compone la Calcita del cual está formada la roca del banco de prestación, esta Calcita compone el esqueleto y producto final de los arrecifes naturales <https://oceanservice.noaa.gov/facts/coralmadeof.html>. Por este motivo se ha optado por usar rocas de Carbonato de Calcio cuyas dimensiones se calculan a continuación

Cálculos para Tamaño de Rocas para Sistema de Arrecife Artificial

El sistema de arrecife artificial como discutido arriba será construido con roca caliza extraída del área de estudio. El tamaño de la roca que será usada para la construcción del arrecife es calculado a base de la ecuación Hudson, la cual es usada comúnmente para determinar el tamaño de roca para tal tipo de estructura de costa. La ecuación Hudson se escribe como sigue:

$$W = \frac{w_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

Donde W es el peso diseño de la armadura para aguantar las rocas, en este caso ingle.
 W_r es la unidad de peso de la armadura.
 H es el alto de ola diseño.
 K_d es un coeficiente de estabilidad sin dimensiones, basado en experimentos de laboratorio.
 S_r es la gravedad específica de la armadura
 θ es el ángulo de revestimiento con la horizontal

Para el caso aquí, los parámetros anteriores son dados en lo siguiente:

$W_r = 2300 \text{ kg/m}^3$, roca caliza con un poco de porosidad
 $H = 1.5 \text{ m}$, basado en el análisis de clima de ola y modelaje de ola
 $K_d = 2$ para roca angular áspera
 $S_r = 2.3$
 $\theta = 30$ grados, pendiente de diseño (1:2)

Se utilizará roca caliza de densidad media de 2300 kg/m^3 . El diseño de alto de ola es estimado basado en el análisis de clima de ola y modelo de ola. Ya que la profundidad de agua en el área de instalación del arrecife es en promedio 2 metros, el alto de ola diseño de 1.5 metros también se basa en la profundidad del agua y el rompimiento de olas limitado por profundidad.

Basado en el parámetro de diseño anterior, la Ecuación Hudson da el peso diseño de la unidad del arrecife como $W = 1000 \text{ kg}$, o 0.44 m^3 en términos de volumen.

II.2.1 PROGRAMA DE TRABAJO

El tiempo estimado de ejecución de los trabajos es de 6 meses. El Cuadro II.5, muestra el cronograma de trabajo propuesto. Una vez concluida la obra, la etapa de “operación” inicia. Es importante mencionar que estas obras no requieren de mantenimiento, ya que con el paso del tiempo se van consolidando, formandose los arrecifes coralinos. Sólo en el caso de que se lleguen a presentar eventos naturales catastróficos que logren mover los modulos arrecifales instalados, es probable que se requiera su acomodo, por lo que en su momento se estudiarán las condiciones particulares en que hayan quedado y si es que se requiere volverlos a poner en su sitio.

II.2.2 PRESENTACIÓN GRÁFICA REGIONAL.

El proyecto se localiza en la Cuenca Hidrológica Región XII denominada “Península de Yucatán”. Esta región incluye en su totalidad a los estados de Yucatán y Quintana Roo, y en su mayor parte al estado de Campeche (98%), con excepción del municipio de Palizada, en conjunto tienen una superficie regional de $138,399.91 \text{ km}^2$, 7% de la nacional. Cuenta con tres ríos de importancia: Candelaria y Champotón en Campeche y Hondo en Quintana Roo, siendo este último, frontera internacional con la República de Belice. El conjunto del escurrimiento regional es del orden del 1% respecto al nacional.

La Región XII, Península de Yucatán, se ubica al sureste de la República Mexicana, su localización geográfica se encuentra entre los meridianos $86^\circ 45'$ y $92^\circ 30'$ de longitud oeste y los paralelos $17^\circ 50'$ y $21^\circ 40'$ de latitud norte. La Región XII, Península de Yucatán, está integrada por los Estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

La región se describe como una gran superficie plana y de baja altitud; su principal rasgo fisiográfico es la Sierrita de Ticul, con una extensión de 110 km y elevaciones cercanas a los 200 msnm. Prevalecen los climas cálidos y cuenta con una precipitación media anual de 1,159 mm, cerca de 60 % superior a la media nacional. Su colindancia con el mar Caribe y el Golfo de México la convierten en zona de incidencia de fenómenos hidrometeorológicos tales como nortes y ciclones tropicales. Junto con las peculiaridades de la región que se han descrito, es relevante señalar sus características geológicas dominantes: una plataforma calcárea con hoyos y cavidades y un suelo escaso que, entre otras cosas, restringen la génesis de las corrientes superficiales.

La Comisión Nacional del Agua reconoce que la Península de Yucatán corresponde a una cuenca hidrológica abierta, con un solo acuífero cárstico de tipo libre. La incidencia tan alta de la precipitación pluvial y la ausencia notable de escurrimientos superficiales, indican una

Cuadro II.5.- Cronograma de trabajo.

CONCEPTO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Movilización de maquinaria y equipo	■	■																						
Habilitación de brecha para camino temporal	■	■																						
Rescate de flora en el área del camino temporal	■	■																						
Extracción de roca del banco de préstamo		■	■																					
Traslado de roca al sitio previo a la colocación			■	■				■			■				■				■					
Preparación del fondo, reacomodo de flora y/o fauna			■	■																				
Acomodo de roca de acuerdo al diseño						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Retiro de residuos de roca																			■	■				
Desmantelamiento de camino temporal																			■	■				
Reforestación en el área del camino temporal																						■	■	
Limpieza general																							■	■

alta permeabilidad en toda su superficie. La recarga del acuífero se produce de manera uniforme, siguiendo el patrón de distribución de la precipitación.

El proyecto Arrecife artificial de carbonato de calcio tendrá ubicación en la zona marina al sur de la Marina Puerto Aventuras, en el extremo suroeste de este complejo, próximo a la colindancia con el predio que ocupa el Complejo Barceló, frente a la Caleta Chac-hal-al (Figuras II.18 y II.19).

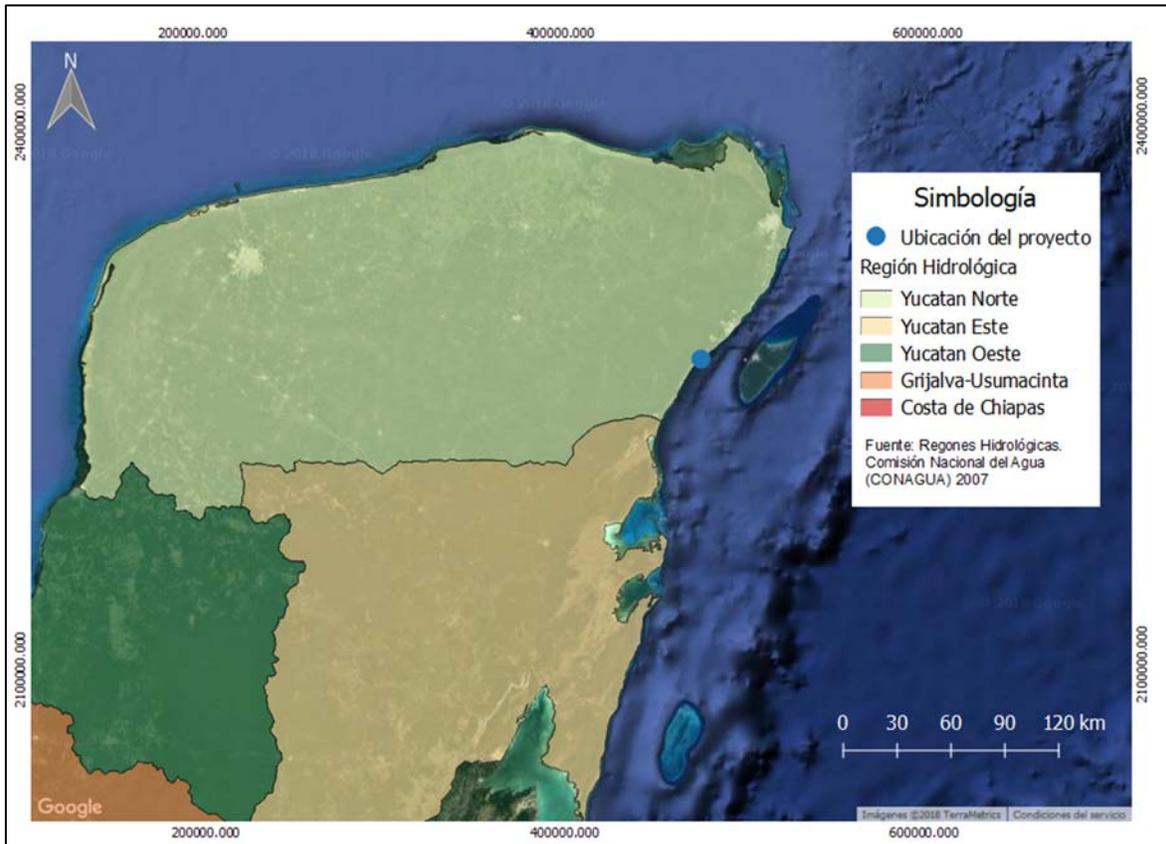


Figura II.18.- Localización regional del proyecto Arrecife artificial de carbonato de calcio.

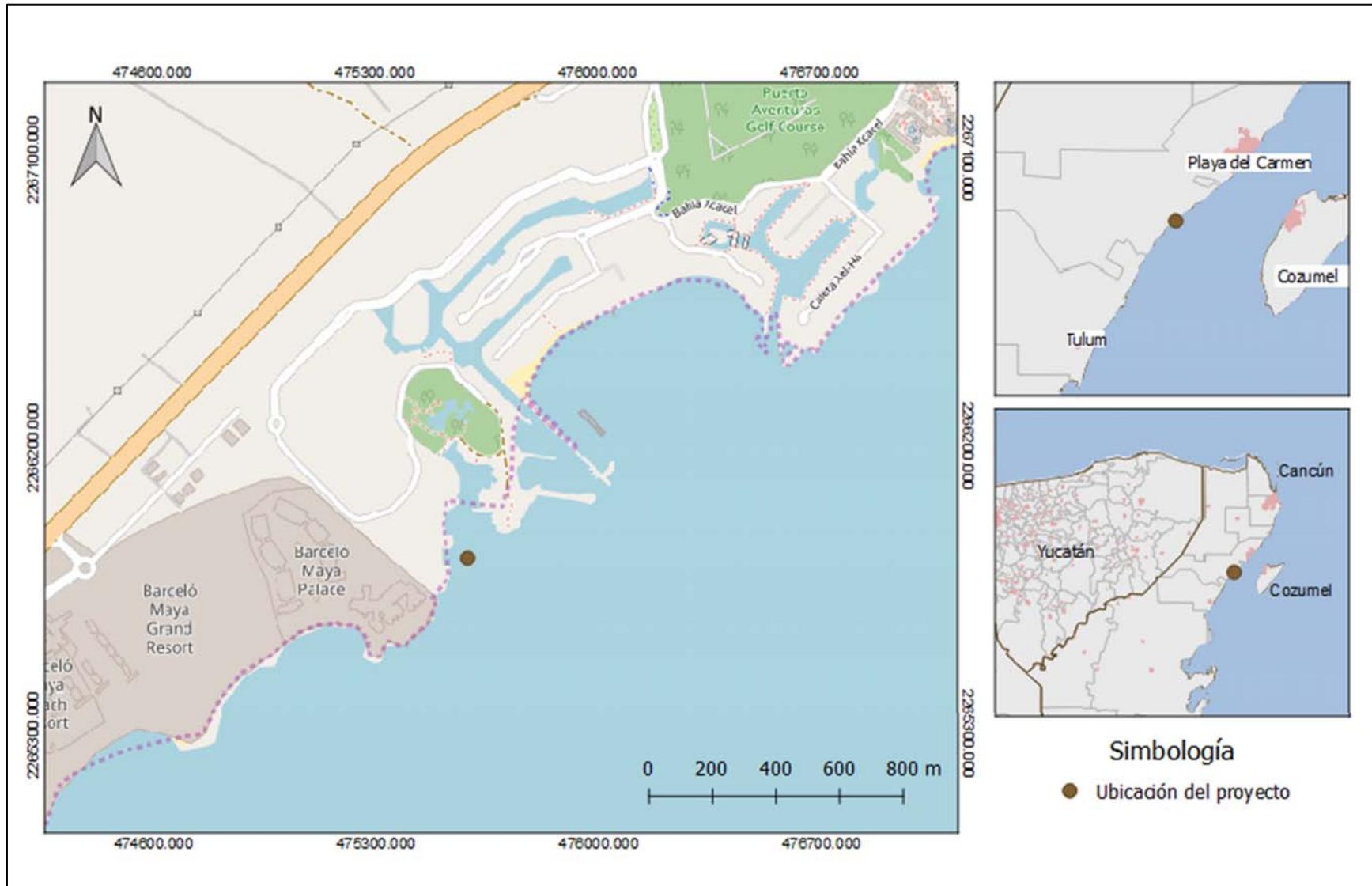


Figura II.19.- Ubicación local del proyecto.

II.2.4 PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

PREPARACIÓN DEL SITIO

El banco de material se encuentra en operación y no requiere ningún acondicionamiento o preparación, los caminos de concreto que conducen hasta las brechas que proporcionan acceso a los sitios de almacenamiento temporal de roca Ay B, tampoco necesitan trabajo previo alguno. Donde será necesario acondicionar el terreno para lograr el ancho y la sustentación necesaria es en las brechas de acceso a los sitios A y B, el las cuales será delimitada la superficies a utilizar para la colocación de la malla geotextil.

Posteriormente se ubicará la posición de los piedraplenes, y la de las estructuras arrecifales y rocas; se procederá a verificar si existe algún tipo de vegetación marina y, en caso de existir proceder al retiro y colocación en otro sitio dentro de la misma zona del proyecto.

Así mismo las brechas o caminos temporales A y B se conformarán con una capa de sascab (material calizo), colocando una malla geotextil para que sobre ésta se coloque en sascab, así en todo el camino hasta el área de almacenamiento temporal y de ser necesario hasta llegar a Zona Federal Marítimo Terrestre, esto permitirá retirar al final de la obra todo el material y dejar la roca limpia. Al terminar la obra se limpiará el camino temporal y se reforestará con los mismos ejemplare rescatados al inicio de la obra, se colocará una cantidad adicional de ejemplares de palma previamente cultivados en el vivero del complejo.

Los caminos temporales tendrán un ancho de 4.5 m y longitud de conjunta de 432 m (347 camino "A" y 85 camino "B"), se conformarán de una capa de sascab entre 15 y 25 cm. Estos llegarán a hasta la ZFMT donde se almacenará temporalmente la roca antes de colocar. En esas áreas (puntos A y B) se colocará geotextil sobre la roca y material sascab sobre este.

Reubicación de flora, principalmente Palma Chit (*Thrinax radiata*), consistiendo en la recuperación de aproximadamente 46 ejemplares de Plama Chit, ubicados en los primeros 100 m del camino temporal, el resto, cabe la posibilidad de conservarlos, formando el camino lo más pegado a la barda con el Hotel Barceló. Estos ejemplares de palma serán banqueados y trasladados a los viveros con que cuenta el complejo Puerto Aventuras, para posteriormente reinstalarlos en el sitio y también reforestar con ejemplares previamente cultivados en el mismo vivero.

Preparación del área de maniobras. El proyecto requiere una superficie como área de maniobras temporales, donde se colocará la roca antes de ser puesta en el mar. Dicha área ocupara una superficie de 159.62 m² (59.62 m² en el sitio "A" y 100.00 m² en el sitio "B") Su ubicación se presenta en la Figura II.1.

CONSTRUCCIÓN

El proceso constructivo es el siguiente:

- **Extracción de rocas.**

Se dispone un área designada dentro del banco de material para el almacenamiento de las rocas extraídas del banco. En esta área la roca extraída será seleccionada y lavada a presión para retirar cualquier tipo de residuo que contengan en su superficie. Evitando con esto trasladar al mar partículas ajenas al ambiente marino y crear plumas de dispersión al sumergir las rocas con polvos de extracción al mar. Las rocas por seleccionar deberán tener un diámetro promedio de 1.00 m, con un peso estimado promedio por roca de 1,000 Kg.

Una vez lavadas las rocas, serán colocadas en los camiones que las trasladarán a los sitios de almacenamiento temporal A y B.

- **Ingreso y acomodo de las rocas en el mar.**

Se marcan los vértices de los dos cuerpos de Arrecife artificial de carbonato de calcio con GPS de alta precisión y equipo de topografía convencional apoyado con embarcaciones pequeñas y buzos en el agua para instalar boyas que ayuden a visualizar las áreas de desplante.

A continuación, se colocarán cortinas antidispersión de sedimento que evitarán que los residuos finos de las rocas se dispersen y salgan del área de trabajo, para esto se extenderán cortinas desde la superficie hasta el fondo utilizando flotadores en la superficie y lastres en el fondo a los cuales se harán amarres a cada 10 m, las cortinas antidispersión se moverán para rodear parcialmente la zona en la que se trabaje.

La colocación de las cortinas será paralela a eje de cada cuerpo del arrecife artificial y aproximadamente a 5.0 m a cada lado el eje para proporcionar un área de trabajo con espacio suficiente y garantizar la correcta ubicación y el desarrollo de las estructuras arrecifales.

Piedraplén provisional.- A partir del nivel de pleamar en cada uno de los sitios A y B, y se colocarán rocas para conformar piedraplenes provisionales, a partir de los cuales se irá conformando la estructura arrecifal hasta alcanzar los puntos con las coordenadas del diseño (Cuadros II.1 y II.2 de las estructuras). Estos piedraplenes permitirán la de entrada y salida a los arrecifes artificiales. A medida que vaya avanzando su conformación, hasta alcanzar así los niveles de proyecto; el nivel necesario para la circulación de la maquinaria es de +1.0 msnm, esto para evitar que la maquina este expuesta al agua de mar. La Figura II.20 muestra ejemplificativamente cómo será la formación de cada piedraplén. Y así llegar al área donde se colocará la Estructura Norte y Estructura Sur. Una vez concluidas las

actividades de formación de las estructuras arrecifales, el piedraplén colocado será removido, devolviendo la roca al sitio de donde se extrajo.



Figura II.20.- Ejemplo de conformación de piedraplén hasta alcanzar el eje de los arrecifes artificiales.

Al llegar a los ejes de los dos Arrecifes Artificiales previamente marcados se deberá iniciar con el acomodo de las de forma tal que el talud deberá ser diferente para ambas caras, la parte interna será de 1:1 mientras que la parte expuesta al oleaje terminará en 1.5:1. La elevación de corona terminada será de +1.30 msnm.

El volumen final de las dos estructuras arrecifales a formar es de 3,302 m³. El de piedraplén temporal que será utilizado será retirado una vez concluidas las obras.

La ubicación de los piedraplenes Norte y Sur se presenta en la Figura II.21.

- **Reforestación del camino temporal "A".**

Una vez concluidas las actividades, se procederá a retirar el material sascab colocado sobre el área de tránsito de este camino, posteriormente se llevará a cabo la reforestación colocando en el sitio, los ejemplares de palma que fueron rescatados, así como introducción de otros más, que son producidos en el vivero con que cuenta el desarrollo.

- **Limpieza del sitio.**

Las rocas del piedraplén serán retornadas al banco de material, para posterior uso. Otros materiales serán transportados a sitios donde podrán ser reutilizados en el mantenimiento de Puerto Aventuras.

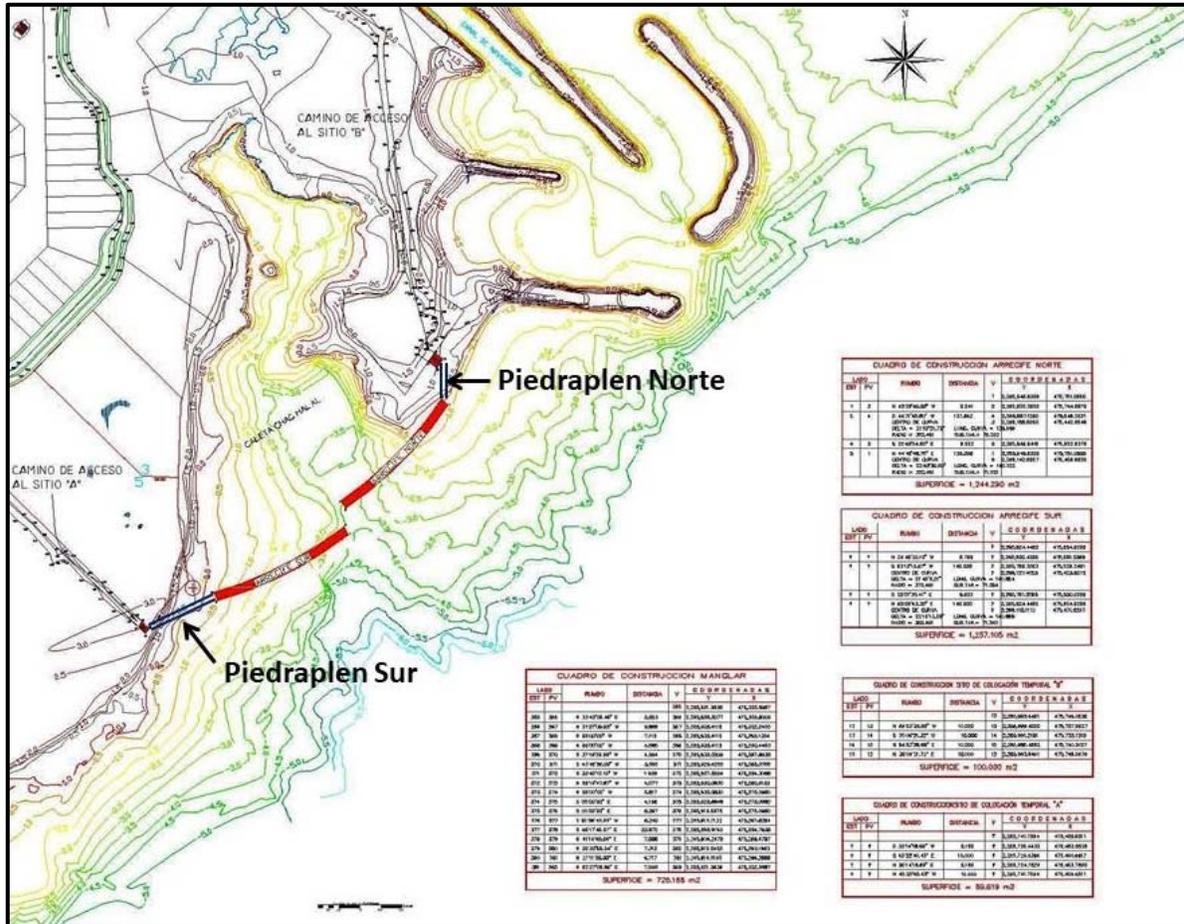


Figura II.21.- Ubicación de los piedraplén Norte y Sur.

Las mallas antidispersión utilizadas durante todas las obras dentro del mar se retirarán cuando se concluyan los trabajos de instalación de roca.

Se retirarán las herramientas, maquinaria y los materiales utilizados.

• **Colecta y reubicación de coral dañado y/o fragmentado por fenómenos naturales.**

Una pareja de buzos se dará a la tarea de colectar coral dañado y/o fragmentado en las sitios cercanos a las estructuras arrecifales artificiales, colocando en éstas, el material colectado con fin de favorecer la colonización de estas rocas e impulsar la formación de un arrecife coralino, con todos los beneficios que esto conlleva, ello a partir de realizar perforaciones en las rocas que serán colocadas en las caras laterales de los prismas que formarán las estructuras arrecifales. Este procedimiento se presenta en el Capítulo VI de esta Manifestación de Impacto Ambiental.

II.2.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las estructuras se colocan y no requieren de ningún tipo de mantenimiento, se dejan en el sitio, y se espera que con el tiempo se vayan llenando de vida de forma natural.

Como actividad de formación de arrecife, se recolectará coral fragmentado en áreas cercanas y se colocará en los huecos previamente formados para propiciar su fijación y desarrollo. Una vez instalados los arrecifes artificiales, éstos representarán refugio seguro para otros organismos.

El sistema Arrecife Artificial está diseñado para brindar una superficie, que favorece el asentamiento de plánulas o fragmentos de coral que vienen en la corriente, una vez que se fijan a la superficie pueden crecer, debido a que el crecimiento en los corales es lento, se espera encontrar colonias hasta después de dos o tres años.

Posteriormente, con objeto de asegurar el progreso del arrecife se monitoreará durante al menos 5 años el desarrollo de especies coralinas y de otra naturaleza en las estructuras creadas. La labor de mantenimiento de las especies que se hayan desarrollado se daría solo en caso de que un evento meteorológico extraordinario afectase su integridad, verificando que tan necesaria es la reubicación. En todo caso, podrían incluso permanecer en el sitio que hayan quedado.

II.2.6 DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO DE LAS INSTALACIONES .

Los arrecifes artificiales están concebidos como estructuras permanentes. Por su naturaleza se espera con el paso del tiempo un incremento de la biomasa fija a estas estructuras y también aumento de la biomasa asociada conforme se establecen los procesos de sucesión y maduración del ecosistema.

El abandono puede preverse en caso de una catástrofe de grandes dimensiones, como lo son huracanes de magnitud extraordinaria o incluso maremotos, este última sin antecedente en la historia de la región, que en cuyo caso, de presentarse afectarían mayormente las comunidades humanas asentadas sobre el margen del litoral costero que los arrecifes mismos.

Se calcula un periodo de 50 años para la operación y mantenimiento; pero al cabo de 15 años, la parte externa serán cubiertas por formaciones calcáreas y pólipos que agregan a sus exoesqueletos con arenas y gravas pequeñas del sedimento, o cubiertas por formaciones de algas, agregados (componentes) al paisaje submarino, sin necesidad de requerir un programa de retiro, desmantelamiento y abandono; tampoco se requerirá de procedimientos, manejo y destino final de materiales y equipos.

Las obras no requieren de mantenimiento, únicamente se realizará un seguimiento de las condiciones de las estructuras arrecifales, no se planea el abandono de las estructuras y se realizará monitoreo del desarrollo de la biomasa en ellas.

II.2.7 RESIDUOS.

Referente a la generación de residuos, este proyecto es atípico dado que como se ha comentado las piezas o elementos que formarán la estructura de arrecife modular artificial, son rocas de carbonato de calcio, extraídas de un banco de préstamo previamente autorizado, las rocas por utilizar tienen las mismas características fisicoquímicas que las que existen en la zona marina cercana a la costa, lo que confirma que dichos elementos son del mismo origen. No habrá generación de aguas residuales, tampoco se prevé generación de residuos sólidos, ya que no se utilizarán materiales de construcción y la jornada de labores será de ocho horas continuas lo que impide consumo de alimentos en área de trabajo. Para el caso de residuos sanitarios se tendrá instalado un sanitario portátil en cada uno de los sitios de depósito temporal de roca A y B, en todo caso el manejo del agua residual será responsabilidad del contratista que preste este servicio, lo cual quedará asentado en el contrato que al efecto se celebre.

El acarreo desde el banco de préstamo hasta el sitio de proyecto será por medio de 4 camiones de volteo, la colocación de rocas estará a cargo de dos máquinas 320 D con orugas estos equipos emitirán gases producto de combustión durante su operación.

- **Preparación de sitio.**

Esta etapa se enfoca en la delimitación de las áreas de trabajo con malla geotextil y cuerda o cabo para la delimitación, se contarán con contenedores de residuos en la ZOFEMAT para la disposición de residuos que se pudieran generar. Los excesos de sascab (material calizo), serán devueltos inmediatamente al banco de préstamo.

Se instalarán tambos para el depósito de residuos en la zona acondicionada como área de almacenamiento temporal de roca, para que ahí se depositen los residuos que pudieran generarse, papel, pet, plástico, etc.

- **Etapa de construcción.**

Dentro de esta etapa el proyecto no generará residuos, ya que las piezas a colocar corresponden a roca caliza extraída del banco de material, misma que será lavada a presión en el sitio para retirar polvos y material ajeno al sitio donde se instalará.

La roca que se utilizó para formar el piedraplén, será retirada y trasladada al banco de material de donde se extrajo.

Las cortinas sumergibles para evitar la dispersión de partículas serán retiradas una vez que se verifique visualmente que la turbidez ha disminuido. Estas cortinas serán trasladadas al almacén ubicado en el área del banco de material, para proceder a su disposición final.

- **Acarreo de piezas.**

Como se mencionó para el acarreo de piezas se ocuparán cuatro camiones de volteo, depositando cada roca en el área de almacenamiento temporal dentro de la ZOFEMAT, de donde se tomarán con trascabo y posteriormente se colocarán en los sitios previamente señalados para formar el arrecife artificial. La operación de estos equipos generará emisiones de gases de combustión, los cuales se calculan mediante factores de emisión¹. La Tabla II.1, presenta los factores de emisión y las emisiones con ellos calculadas.

Tabla II.1.- Factores de emisión y emisiones estimadas por operación de equipos.

Contaminante	Factor de emisión por Equipo (g/h)		Emisión por jornada 8h (kg/jornada)	
	Retroexcavadora	General (camión)		
CO (g/h)	157.10	30.37	2.51	0.97
HC (g/h)	55.06	69.35	0.88	2.22
NOx (g/h)	570.70	767.30	9.13	24.55
SO ₂ (g/h)	62.30	64.70	1.00	2.07
Partículas (g/h)	50.70	63.20	0.81	2.02

Se observa que se trata de emisiones de muy reducida magnitud, y que en su mayoría serán dispersadas a lo largo del recorrido de los camiones, además la dispersión se verá favorecida por la brisa marina, lo que evitará la acumulación y por consiguiente la formación de concentraciones elevadas

En cuanto a los movimientos de materiales, la emisión de partículas es despreciable puesto que contienen elevadas cantidades de humedad (rocas lavadas con agua a presión) o bien serán manejados en húmedo.

En lo que respecta a roca o sascab los sobrantes, en caso de haberlos, serán colectados y conducidos al banco de material, para posteriormente ser reutilizados.

- **Residuos peligrosos.**

En caso de que la maquinaria y equipo requiera mantenimiento, este se realizará fuera de la ZOFEMAT, por lo que se utilizarán las áreas destinadas para tal fin próximas al banco de material. La que ya cuenta con 1) Programa de Manejo de Contingencias por Derrames, Vertimientos Accidentales al Medio Terrestre o Acuático de Sustancias Contaminantes, 2) Programa de Residuos Líquidos Aguas Residuales o Peligrosos (Hidrocarburos).

¹ Abbreviated Emission Factor Handbook. AP-42 Mining Sources. Supplement D to Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume I. Stationary Point and Area Sources. Table II-7.1.

En cualquier caso, el contratista se inscribirá ante SEMARNAT como generador de régimen temporal de residuos peligrosos.

- **Operación y monitoreo del proyecto.**

Dentro de la etapa de operación el proyecto no generara residuos, por su propia naturaleza estas estructuras, mismas que servirán para la protección y generación de un ambiente que permita el resguardo de flora y fauna marina, así como protección de la zona de playa. Este proyecto no requiere de actividades en la operación, únicamente se llevará un monitoreo para poder medir el desarrollo de la vida marina en las estructuras.

El proyecto para el funcionamiento del arrecife modular artificial no se requiere infraestructura asociada para el manejo de residuos, ya que no se generan residuos por efectos de la operación. Los residuos generados en los trabajos de colocación de las estructuras se depositarán en los lugares previamente establecidos por la administración de Puerto Aventuras para su posterior disposición final.

II.2.8 Generación de gases efecto invernadero

Para estimar la cantidad de emisiones de CO₂ por operación de maquinaria, se considera el consumo de combustible por equipo por jornada² (Tabla II.2).

Tabla II.2.- Consumo de combustible por equipo de construcción.

Consumo de combustible	l/h	l/jornada
Retroexcavadora (Diesel)	6.5	52
Camión de volteo (Diesel)	5.5	44

El factor de emisión de CO₂ por consumo de es: 2.581 kg/CO₂/l de diésel³. Aplicando este factor al número de jornadas por equipo, que son según el programa de trabajo reportado en el Cuadro II.5, 5 semanas para los camiones y 15 para las retroexcavadoras, y considerando 6 días por semana, cuatro camiones de volteo, dos retroexcavadoras, las jornadas son 180 y 120 respectivamente se obtienen las emisiones de CO₂ en esta etapa del proyecto (Tabla II.3).

² Caminos y Puentes Federales de Ingresos. Gerencia de Instalaciones y Maquinaria. Tabla de Rendimientos. Combustible para vehículos y equipo de conservación.

³ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México. 2014. Factor para diésel, es el promedio de los tres tipos de diésel que se venden en el Valle de México. Factor para gasolina, es el correspondiente al Valle de México.

Tabla II.3.- Estimación de emisiones de CO₂ durante etapa de construcción.

Equipo	l/jornada	Factor de emisión de CO ₂ (kg/l de combustible)	Emisión de CO ₂ (kg)
Retroexcavadora	52	2.58	24,148.80
Camión de volteo	44	2.58	13,622.40
		SUMA	37,771.20

Estas emisiones resultan irrelevantes respecto de las que en el mismo tiempo se generan por producción de energía eléctrica, por ejemplo.



III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.

En este capítulo, se relacionan los elementos técnicos que vinculan al proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio con la legislación en materia ambiental, tanto a nivel federal como a nivel local, y con otros instrumentos de política ambiental vigentes para la región en donde se pretenden realizar las obras de este proyecto.

El marco jurídico aplicable a las obras y actividades que integran el proyecto se encuentra en diversas disposiciones establecidas en:

- ⊕ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;
- ⊕ Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;
- ⊕ Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental;
- ⊕ Ley General de Vida Silvestre;
- ⊕ Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable;
- ⊕ Ley General de Cambio Climático;
- ⊕ Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio;
- ⊕ Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe;
- ⊕ Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región denominada Corredor Cancún Tulum;
- ⊕ Normas Oficiales Mexicanas;
- ⊕ Áreas Naturales Protegidas;
- ⊕ Zonas Prioritarias.

III.1. INSTRUMENTOS LEGALES.

III.1.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en sus artículos 4 párrafo quinto, 25 párrafo sexto y 27 párrafo tercero, las disposiciones sobre el medio ambiente; se refieren al derecho que tiene toda persona a un medio ambiente sano; donde el Estado bajo criterios de equidad social y productividad sustentará e impulsará a las empresas para que usen en beneficio general los recursos productivos con cuidado y conservación del medio ambiente; así como el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación con objeto de conservar y lograr el desarrollo equilibrado del país, así como mejorar las condiciones de vida de la población, observando la preservación y restauración del equilibrio ecológico. Así se establece en el *artículo 4*, párrafo quinto, donde es de capital importancia el interés social enfocado a la preservación del medio ambiente para las presentes y futuras generaciones de mexicanos.

En apego a este precepto constitucional el proyecto “Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio” considera la protección de los recursos naturales del medio marino, mediante la

conformación de un arrecife artificial que protege la porción costera de la caleta Chac-hal-al de los embates de la marea y del oleaje, a la vez que fomenta el establecimiento de comunidades coralinas y propicia la biodiversidad. Subsecuentemente se buscará el aprovechamiento sustentable del entorno mediante la práctica de actividades turísticas de baja intensidad y respetuosas del ambiente.

Por su parte la administración de los usos de suelo es facultad de los Municipios, según lo establece el artículo 115 Constitucional en su fracción V.

En observancia de lo mencionado, el proyecto “Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio” no contraviene este precepto de nuestra carta magna, pues se localiza en una zona marina de interés federal, también concurren otros instrumentos de política ambiental y competencia local, emitidos el Gobierno Estatal, tales como el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y el Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región denominada Corredor Cancún-Tulum.

Un hecho de notoriedad que la zona costera del área del proyecto manifiesta claramente los efectos de intensos fenómenos meteorológicos¹, que han destruido arrecifes coralinos y alterado significativamente la línea de playa, al haber retirado la arena de ellas y dejando expuesta la roca subyacente. Es decir, la playa ha desaparecido y la línea costera se ha modificado. En particular, este efecto es evidente en la Caleta Chac-hal-al, donde la costa es completamente rocosa, como lo ilustran las Figuras II.4, II.5, rocosa, a II.7 y II.8 del capítulo antecedente.

III.1.2. LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE.

El Capítulo IV sección 5 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) regula la evaluación del impacto ambiental; ahí se establece que por conducto de la SEMARNAT evaluará los proyectos de obra o de actividad listados en ese artículo y resolverá sobre su aprobación, modificación o rechazo. El artículo 28 a la letra dice:

Artículo 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

[...]

IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;

[...]

¹ Por ejemplo, el huracán Wilma en el año 2005

*X.- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales;
[...]*

A pesar de que el proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio puede considerarse una medida de restitución ambiental, también conlleva impactos ambientales asociados con su la ejecución; es por ello que el proyecto se encuentra sujeto a evaluación en las fracciones IX y X, ya que además contempla una serie de acciones que habrán de llevarse a cabo tanto en el litoral como en la zona federal marítimo terrestre ubicada frente a las instalaciones del "Complejo Turístico Puerto Aventuras", autorizado en materia de impacto ambiental mediante diversos resolutivos. No obstante, ello, tales impactos serán mitigados con la aplicación de las medidas de mitigación y compensación que se plantean en el programa de vigilancia ambiental de la presente MIA-R, que abarca las diferentes etapas del proyecto.

Para la evaluación de impacto ambiental es que se elaboró y presenta esta manifestación de impacto en la Modalidad Regional, con la finalidad de obtener la autorización en la materia a través de dar cumplimiento al artículo 30 de la LGEEPA, cuyo primer párrafo establece:

ARTÍCULO 30.- Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente

III.1.3 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

El Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) precisa las obras o actividades sujetas a autorización en la materia. Particularmente los proyectos de obra o de actividad enlistados en el artículo 5 incisos Q) y R), se refieren de alguna manera a las características del proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio.

Ahora bien, dadas las características del Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio, se ubica en la hipótesis contenida en la fracción II del Artículo 11 de ese Reglamento, ya que el proyecto está constituido por:

1. Dos cuerpos arrecifales que en conjunto tienen una longitud de 280 m, con pretendida ubicación en la zona marítima localizada frente (al este) de la Caleta Chac-hal-al.
2. Extracción de roca de un banco de material ubicado en terrenos de Puerto Aventuras.

3. Adecuación de dos caminos de acceso a los depósitos temporales de roca con la que se conformarán los cuerpos arrecifales.
4. Transporte de rocas a los sitios de depósito temporal.
5. Construcción de dos piedraplenes temporales.
6. Conducción y acomodo de roca para la conformación de los cuerpos arrecifales.

Estas obras y actividades se ubican en una región ecológica determinada, con lo que se configura la hipótesis de la fracción III del artículo 11 del Reglamento referido:

Artículo 11.- Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:

...

III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y

...

III.1.4. LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE.

La Ley General de Vida Silvestre (LGVS), en sus artículos 4 y 5 establece:

Artículo 4o. Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.

Artículo 5o. El objetivo de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat, es su conservación mediante la protección y la exigencia de niveles óptimos de aprovechamiento sustentable, de modo que simultáneamente se logre mantener y promover la restauración de su diversidad e integridad, así como incrementar el bienestar de los habitantes del país.

Por su parte la LGEEPA, en su artículo 3 fracción III, define:

...

III.- Aprovechamiento sustentable: La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos;

...

XI.- Desarrollo Sustentable: El proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras;

...

En cuanto a las fracciones II, III y IV del artículo 15 de la LGEEPA, y en concordancia con a la Política Nacional en Materia de Vida Silvestre, quienes realicen actividades que puedan afectar al ambiente se obligan a prevenir, minimizar o reparar los daños a ocasionar, así

como asumir los costos que dicha afectación impliquen, con base en los principios de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, en los cuales los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico para que los ecosistemas y sus elementos sean aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad.

Concretamente, la vegetación que se verá afectada al momento de realizar las actividades de rehabilitación de brechas preexistentes para caminos temporales, conforme a los muestreos realizados, se encontró una especie Palma chit (*Thrinax radiata*) protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010. No obstante, se ha previsto su protección, mediante rescate, para posteriormente reubicación y forestación con ejemplares de esta especie cultivados en viveros, a través de la ejecución de un programa de reforestación.

III.1.5. LEY DE AGUAS NACIONALES.

El Artículo 2 párrafo segundo de esta Ley contiene regulaciones respecto las aguas de zonas marinas mexicanas, en lo que respecta a la conservación y el control de su calidad siendo de manera específica al proyecto lo referente al uso, aprovechamiento y explotación de aguas nacionales de forma que se preserve su cantidad y calidad a efecto de lograr un desarrollo integral sustentable.

El proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio que se somete a evaluación, no contempla el aprovechamiento del agua marina sin embargo por los movimientos y acomodo de roca puede resuspender sedimentos.

En ese sentido, se busca no ocasionar un impacto ambiental significativo, manteniendo el equilibrio en los ecosistemas y en su caso realizando las medidas necesarias para prevenir la turbidez más allá de la zona de trabajos (véase Capítulo VI). Como previsión se contempla un monitoreo de la calidad de agua marina a partir del inicio y hasta un año posterior al término de los trabajos, para detectar, y en su caso controlar, algún tipo de alteración a la calidad del agua marina, cuando resulte atribuible al proyecto.

III.1.6. LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO.

La Ley General de Cambio Climático (LGCC) fomenta la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la adaptación y mitigación de los impactos asociados del cambio climático. En su Artículo 26, fracción VII esta ley, establece: Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Por ello, el proyecto contempla la aplicación de diversas medidas de mitigación, establecidas en el Capítulo 6 de la presente MIA-R, que pretenden disminuir los posibles impactos ambientales adversos que se lleguen a generar, entre las cuales se puede mencionar:

- ⊕ Manejo adecuado de residuos, se realizará la separación de los residuos, así como su reciclaje.
- ⊕ Se reforestarán las áreas ocupadas por los dos caminos temporales al finalizar las obras, para el restablecimiento de áreas verdes que ayudarán a la capturar el CO₂ emitido.
- ⊕ Se cumplirán las Normas Oficiales Mexicanas y en general la legislación aplicable referente a emisión de contaminantes y ruido, en todos los eventos que se requiera maquinaria y vehículos de construcción.
- ⊕ Los responsables del manejo de transporte, maquinaria y equipos de combustión interna que mantengan sus vehículos y maquinarias en condiciones óptimas de operación.
- ⊕ Se evitará que vehículos, maquinaria y equipo se queden funcionando mientras no sea necesario, a fin de reducir la emisión de contaminantes por el uso de combustible.
- ⊕ Como medida de prevención, la baja magnitud de las obras del proyecto requiere el uso de poca maquinaria durante corto tiempo, lo que se traduce en bajos consumos de combustible y reducidas emisiones de GEI.

III.1.7. LEY FEDERAL DEL MAR.

La Ley Federal del Mar en su Artículo 6 establece:

ARTICULO 6o.- La soberanía de la Nación y sus derechos de soberanía, jurisdicciones y competencias dentro de los límites de las respectivas zonas marinas, conforme a la presente Ley, se ejercerán según lo dispuesto por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el derecho internacional y la legislación nacional aplicable, respecto a:

- I.- Las obras, islas artificiales, instalaciones y estructuras marinas;
- II.- El régimen aplicable a los recursos marinos vivos, inclusive su conservación y utilización;
- III.- El régimen aplicable a los recursos marinos no vivos, inclusive su conservación y utilización;
- IV.- El aprovechamiento económico del mar, inclusive la utilización de minerales disueltos en sus aguas, la producción de energía eléctrica o térmica derivada de las mismas, de las corrientes y de los vientos, la captación de energía solar en el mar, el desarrollo de la zona costera, la maricultura, el establecimiento de parques marinos nacionales, la promoción de la recreación y el turismo y el establecimiento de comunidades pesqueras;
- V.- La protección y preservación del medio marino, inclusive la prevención de su contaminación; y
- VI.- La realización de actividades de investigación científica marina.

En acatamiento de estas previsiones sobre la protección y preservación del medio marino, el proyecto el proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio, por su propia naturaleza diseñado para realizarse en aguas marinas, ha sido estudiado y evaluado, así como previstos

los impactos ambientales adversos que pudiera ocasionar y la forma de mitigarlos o minimizarlos, a través de la presente MIA-R.

III.1.8. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO (POEGT).

De acuerdo con el POEGT, el banco de material, los caminos temporales y los sitios de almacenes temporales de roca de proyecto se localizan en la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 62, Región ecológica 17.33, que corresponde al Karts de Yucatán y Quintana Roo, con política ambiental de restauración, protección y aprovechamiento sustentable. La instrumentación del proyecto se adecua, en alcances y características, a la política establecida para dicha UAB y en concordancia con lo también señalado en otros documentos de política territorial y ambiental, como es el caso del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Corredor Cancún - Tulum, instrumentos que se analizan y describen más adelante.

Los arrecifes artificiales, no están vinculados a este ordenamiento, ver Figura III.1.

III.1.10. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.

El POE Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe considera 203 Unidades de Gestión Ambiental (UGA), clasificadas en Marinas y Regionales, la ubicación geográfica donde se localiza el proyecto corresponde a las UGA's Regional 139 (almacén temporal de roca y caminos temporales) y Marina 178 (estructuras arrecifales del arrecife artificial), denominadas Solidaridad y Zona Marina de Competencia Federal, respectivamente. Este programa considera acciones generales y específicas por Unidad de Gestión Ambiental. Según queda establecido, las acciones generales (G) aplican a todas las UGA del área sujeta a ordenamiento ecológico (ASO). Estas Acciones se implementarán en el ASO, por los sectores participantes en el proceso de ordenamiento ecológico de acuerdo con sus atribuciones. Servirán para dirigir las actividades productivas de los sectores hacia un uso sustentable de los recursos y para promover la acción intersectorial para la atención de problemas ambientales en el área. Para cada uno de estas se han identificado los principales sectores responsables para su instrumentación y seguimiento en el programa.

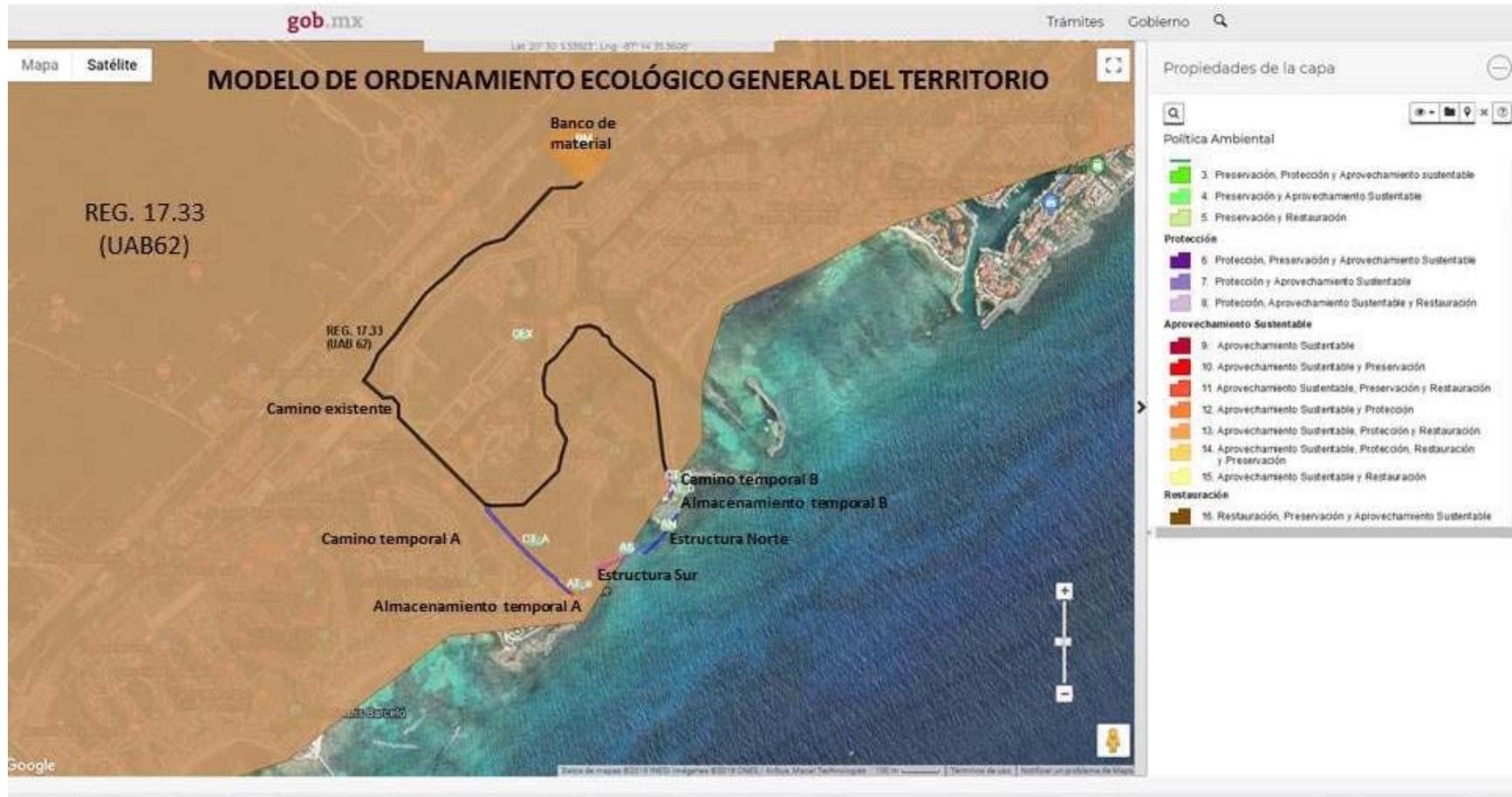


Figura III.1.- Modelo de Ordenamiento General del Territorio. Ubicación de obras.

ACCIONES GENERALES APLICABLES PARA LAS UGAS 139 Y 178.

Clave	Acciones Generales	Vinculación
CG001	Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.	El proyecto no contempla el uso del agua. Por lo que esta acción general no le aplica.
CG002	Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.	El proyecto no contempla el uso del agua. Por lo que esta acción general no le aplica.
CG003	Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.	El proyecto, no contempla la creación de una UMA, sin embargo, se aplicarán medidas para evitar la extracción y el comercio de especies.
CG004	Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente para las especies registradas en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).	El proyecto no considera actividades extractivas de especies de flora ni de fauna silvestres, se encuentren o no en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
CG005	Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.	El proyecto no considera establecer bancos de germoplasma, aunque en las estructuras arrecifales se tendrán condiciones para el establecimiento de especies coralinas.
CG006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	<p>Según la información de este tema presentada en el Capítulo II, el proyecto contribuye a la reducción de emisiones de efecto invernadero ya que plantea medidas de mitigación como:</p> <p>Manejo adecuado de residuos, se realizará la separación de los residuos, así como su reciclaje.</p> <p>Se reforestarán los caminos temporales a los sitios A y B de depósito de roca, con un mayor número de individuos de vegetación a los que actualmente se encuentran en esos lugares. Esta mayor cantidad de vegetación capturará una mayor cantidad de CO₂ que la que es capturada actualmente por la vegetación presente.</p>

Clave	Acciones Generales	Vinculación
		<p>La única fuente de emisiones de GEI será el consumo de combustibles. La maquinaria (camiones y retroexcavadoras) trabajarán en óptimas condiciones de funcionamiento y al nivel del mar se incrementa la eficiencia de combustión, lo que reduce las emisiones.</p> <p>Será cumplida la normatividad en materia de emisiones en motores de combustión interna, en particular la Mexicana NOM-044-SEMARNAT-2017 en caso de ser aplicable.</p> <p>Los camiones y retroexcavadoras únicamente operarán en turno diurno y mientras no realicen trabajo permanecerán apagados.</p>
CG007	Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y comercio de Bonos de Carbono.	Dadas sus características, el proyecto no se vincula con esta acción.
CG009	Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.	El proyecto fue planificado tomando en cuenta diversos estudios técnicos – ambientales, como hidrología marina, muestreos de vegetación y fauna, batimetría y volumetría. Los caminos temporales no fragmentan el hábitat, debido a que se rehabilitarán brechas existentes.
CG010	Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.	El proyecto no plantea la realización de actividades agropecuarias.
CG011	Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.	El proyecto contempla la instrumentación de medidas de mitigación y programas para la reducción de los impactos producidos por las actividades del proyecto, ver capítulo VI. De hecho, el proyecto puede considerarse una medida de apoyo a la rehabilitación del ecosistema marino.
CG012	Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.	El proyecto no es de naturaleza industrial.
CG013	Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.	Se llevarán a cabo acciones de revegetación. Se sembrará vegetación nativa principalmente Palma Chit sobre el área que ocupará el camino temporal al sitio de depósito de roca A y de donde se rescataron algunos ejemplares de esta especie. No serán utilizadas especies invasoras.
CG014	Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.	En el sitio del proyecto no hay ríos.

Clave	Acciones Generales	Vinculación
CG015	Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces de los ríos.	El proyecto no tiene relación alguna con esta acción, ya que no considera asentamientos industriales ni humanos.
CG016	Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.	En el sitio del proyecto no hay presencia de montañas.
CG017	Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.	No hay pendientes de esta característica en el sitio del proyecto, ni se trata de un proyecto con actividades agrícolas.
CG018	Recuperar la vegetación que consolide los márgenes de los cauces naturales en el ASO, de conformidad por lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.	El proyecto no tiene relación con esta acción, dada su naturaleza y su ubicación.
CG019	Los planes o programas de desarrollo urbano del área sujeta a ordenamiento deberán tomar en cuenta el contenido de este Programa de Ordenamiento, incluyendo las disposiciones aplicables sobre riesgo frente a cambio climático en los asentamientos humanos.	No se trata de un proyecto de desarrollo urbano ni de un plan o programa en la materia.
CG020	Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.	En el sitio del proyecto no hay ríos ni zonas inundables asociadas a ellos.
CG021	Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.	El proyecto no realiza actividades de producción, el aprovechamiento de roca ha sido previamente autorizado en materia de impacto ambiental.
CG022	Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.	El proyecto no incluye actividades productivas por lo que no se vincula con esta acción.
CG023	Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.	Dada las características del proyecto, no se vincula con esta acción.
CG024	Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático.	Se llevarán a cabo acciones de revegetación. Se sembrará vegetación nativa sobre el área de los caminos temporales (principalmente Palma Chit). Adicionalmente, se contempla la reforestación del arrecife artificial con corales, producto del programa de rescate y protección del proyecto.
CG025	Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.	Se sembrará vegetación nativa sobre el área de los caminos temporales (Palma Chit), la cual es apta a las condiciones de la zona.

Clave	Acciones Generales	Vinculación
CG026	Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).	Dentro de la zona se han identificado diversos ecosistemas de importancia, como arrecifes y la zona de costa, las cuales serán beneficiados por las obras a desarrollar. Es interés del promovente que la autorización de operación y mantenimiento se otorgue por 50 años, con objeto de monitorear y mantener el arrecife artificial, así como lograr la protección de la costa, particularmente ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos.
CG027	Promover el uso de combustibles de no origen fósil.	La maquinaria a emplear funciona con de diésel. Se exigirá al contratista que la maquinaria y equipo se encuentre en óptimas condiciones de operación a fin de que la combustión sea lo más eficiente.
CG028	Promover el uso de energías renovables.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
CG029	Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
CG030	Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
CG031	Promover la sustitución a combustibles limpios, en los casos en que sea posible, por otros que emitan menos contaminantes que contribuyan al calentamiento global.	La maquinaria a emplear funciona con diésel. Se exigirá al contratista que la maquinaria se encuentre en óptimas condiciones de operación a fin de que la combustión sea lo más eficiente.
CG032	Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
CG033	Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
CG034	Impulsar la reducción del consumo de energía de viviendas y edificaciones a través de la implementación de diseños bioclimático, el uso de nuevos materiales y de tecnologías limpias.	Dadas las características no habitacionales del proyecto no le es aplicable esta acción.
CG035	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.	Dadas las características no energéticas del proyecto no le es aplicable esta acción.
CG036	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.	Dadas las características no energéticas del proyecto no le es aplicable esta acción.
CG037	Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agro-ecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.	Dadas las características no agrícolas ni forestales del proyecto no le es aplicable esta acción.

Clave	Acciones Generales	Vinculación
CG038	Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
CG039	Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.	Esta acción es vinculante para las autoridades competentes. No tiene vinculación con el proyecto.
CG040	Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	Dadas las características no industriales del proyecto no le es aplicable esta acción.
CG041	Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios.	Dadas las características de no planificación urbana del proyecto, esta acción no le aplica.
CG042	Fomentar la inclusión de las industrias de todo tipo en el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes (RETC) y promover el Sistema de Información de Sitios Contaminados en el marco del Programa Nacional de Restauración de Sitios Contaminados.	Dada las características no industriales del proyecto, esta acción no le aplica.
CG043	LA SEMARNAT, considerará el contenido aplicable de este Programa. En su participación para la actualización de la Carta Nacional Pesquera, Asimismo, lo considerará en las medidas tendientes a la protección y recuperación de flora y fauna marina y especies bajo un estado especial de protección, que dicte de conformidad con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.	Aunque esta acción está orientada a la autoridad ambiental, el proyecto de estudio se enfoca a la protección y conservación de flora y fauna marina generando espacios susceptibles para el establecimiento de diferentes especies en el arrecife artificial.
CG044	Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.	El proyecto no está orientado a la producción ni a la comercialización, sin embargo, el arrecife artificial conformará un hábitat que de sustento a especies marinas en el lugar.
CG045	Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.	Dadas las características del proyecto, esta acción no le aplica.
CG046	Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.	Dadas las características del proyecto, esta acción no le aplica.
CG047	Impulsar la diversificación de actividades productivas.	Dadas las características del proyecto, esta acción no le aplica.
CG048	Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.	El Conjunto Puerto Aventuras cuenta con un Programa Interno de Protección Civil, que considera mecanismos de actuación ante fenómenos meteorológicos extraordinarios.

Clave	Acciones Generales	Vinculación
CG049	Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.	Dadas las características del proyecto, esta acción no le aplica.
CG050	Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.	Dadas las características del proyecto, esta acción no le aplica.
CG051	Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.	El proyecto elaborará y aplicará el plan de manejos de residuos conforme a las disposiciones de la autoridad local.
CG052	Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).	En complemento al plan de manejos de residuos, se realizará la limpieza periódica de las áreas de trabajo.
CG053	Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.	Durante las etapas de preparación del sitio y construcción los sanitarios para el personal de la obra serán provistos mediante baños móviles, tipo SANIRENT, los cuales serán contratados en proporción de 1 sanitario por cada 10 trabajadores. La limpieza y disposición de las aguas residuales será a cargo de empresa prestadora del servicio, conforme le fue autorizado.
CG054	Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.	Dadas las características del proyecto, esta acción no le aplica.
CG055	La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, sólo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.	Dadas las características del proyecto y su localización, no requiere cambio de uso de suelo de terreno forestal, por lo que esta acción no le aplica.
CG056	Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial de acuerdo con la normatividad vigente.	El proyecto no contempla la disposición final de residuos sólidos urbanos. Los residuos que sean generados serán puestos a disposición por empresas autorizadas por el municipio. El proyecto elaborará y aplicará un programa de manejo de residuos.
CG057	Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.	Dada las características del proyecto, esta acción no le aplica.

Clave	Acciones Generales	Vinculación
CG058	La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPLAFEST que resulten aplicables.	Durante la ejecución del proyecto se espera la generación de pequeñas cantidades de residuos peligrosos (estopas impregnadas, grasas o aceites), los cuales serán colectados in situ para ser entregados a un recolector registrado ante SEMARNAT. Las cantidades de este tipo de residuos se anticipan muy pequeñas. En su caso, la empresa se registrará como generador de residuos peligrosos.
CG059	El desarrollo de infraestructura dentro de un ANP deberá ser consistente con la legislación aplicable, el Programa de Manejo y el Decreto de creación correspondiente.	El proyecto se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, con la cual será vinculada en las siguientes secciones.
CG060	Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.	Con el fin de evaluar los impactos del proyecto Arrecife artificial de Carbonato de Calcio, se realizó un estudio de la modelación hidrodinámica, considerando mareas y oleaje, del cual se concluyó, que el arrecife absorbe y/o disipa la energía del oleaje y brinda protección a zona costera de la Caleta Chac-hal-al, además de que en la caleta se tendrá una zona de aguas tranquilas y mínimo oleaje. . Para la colocación de las estructuras se realizó un muestreo para la caracterización de la fauna y la flora del lugar, colocando las estructuras en las zonas donde existe fundamentalmente un lecho rocoso, lo que minimiza la afectación a la vegetación acuática, sin modificar la dinámica costera ni la línea de costa.
CG061	La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.	La roca con la que se formará el arrecife artificial de carbonato de calcio es de origen marino y con características fisicoquímicas similares a las que se encuentran en la costa. Esta roca antes de salir del banco de material será lavada con agua a presión para eliminar todo tipo de residuos y polvos que pudieran agregar sedimentos al agua del sitio donde serán colocadas.
CG062	Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.	Dadas las características del proyecto, esta acción no le aplica.
CG063	Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.	Dadas las características del proyecto, esta acción no le aplica.
CG064	La construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas deberá evitar modificaciones en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos o superficiales o atender dichas modificaciones en caso de que sean inevitables.	Dadas las características del proyecto, esta acción no le aplica.

Clave	Acciones Generales	Vinculación
CG065	La realización de obras y actividades en Áreas Naturales Protegidas deberá contar con la opinión de la Dirección del ANP o en su caso de la Dirección Regional que corresponda, conforme lo establecido en el Decreto y Programa de Manejo del área respectiva.	El proyecto se encuentra en la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, con la cual será vinculada en las siguientes secciones. Dentro del procedimiento de evaluación de impacto ambiental a cargo de la DGIRA se solicita la opinión de la Comisión Nacional de áreas Naturales Protegidas.

Las acciones específicas (A) se asignan a cada UGA de acuerdo con sus diferentes características y en correspondencia con los lineamientos ecológicos. Corresponden a la UGA 139 las que se indican a continuación (Figura III.2):

Tipo de UGA	Regional	Mapa
Nombre:	Solidaridad	
Municipio:	Solidaridad	
Estado:	Quintana Roo	
Población:	135,237 Habitantes	
Superficie:	327,229.174 Ha.	
Subregión:	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata Mar Caribe	
Islas:		
Puerto Turístico	Presente	
Puerto Comercial	Presente	
Puerto Pesquero		
Nota:		

Figura III.2.- UGA 139 y sus características.

A la UGA 139 se le aplican las Acciones Generales descritas en el anexo 4 además de las siguientes Acciones Específicas:

Acciones Específicas							
Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación
A-001	APLICA	A-027	APLICA	A-053	APLICA	A-079	NA
A-002	APLICA	A-028	APLICA	A-054	APLICA	A-080	NA
A-003	APLICA	A-029	APLICA	A-055	APLICA	A-081	NA
A-004	NA	A-030	APLICA	A-056	APLICA	A-082	NA
A-005	APLICA	A-031	APLICA	A-057	APLICA	A-083	NA
A-006	APLICA	A-032	APLICA	A-058	APLICA	A-084	NA
A-007	APLICA	A-033	APLICA	A-059	APLICA	A-085	NA
A-008	APLICA	A-034	NA	A-060	APLICA	A-086	NA
A-009	APLICA	A-035	NA	A-061	APLICA	A-087	NA
A-010	APLICA	A-036	NA	A-062	APLICA	A-088	NA
A-011	APLICA	A-037	APLICA	A-063	APLICA	A-089	NA
A-012	APLICA	A-038	APLICA	A-064	APLICA	A-090	NA
A-013	APLICA	A-039	APLICA	A-065	APLICA	A-091	NA
A-014	APLICA	A-040	APLICA	A-066	APLICA	A-092	NA
A-015	APLICA	A-041	NA	A-067	APLICA	A-093	NA
A-016	APLICA	A-042	NA	A-068	APLICA	A-094	NA
A-017	APLICA	A-043	NA	A-069	APLICA	A-095	NA
A-018	APLICA	A-044	APLICA	A-070	APLICA	A-096	NA
A-019	APLICA	A-045	NA	A-071	APLICA	A-097	NA
A-020	APLICA	A-046	APLICA	A-072	APLICA	A-098	NA
A-021	APLICA	A-047	NA	A-073	NA	A-099	NA
A-022	APLICA	A-048	NA	A-074	NA	A-100	NA
A-023	APLICA	A-049	NA	A-075	NA		
A-024	APLICA	A-050	APLICA	A-076	NA		
A-025	APLICA	A-051	APLICA	A-077	APLICA		
A-026	APLICA	A-052	APLICA	A-078	NA		

NA = NO APLICA

Clave	Acciones Específicas	Vinculación
A-001	Fortalecer los mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-002	Instrumentar mecanismos de capacitación para el manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas.	El proyecto no contempla uso de pesticidas
A-003	Fomentar el uso de fertilizantes orgánicos y abonos verdes en los procesos de fertilización del suelo de actividades agropecuarias y forestales.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-005	Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de esta.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	Con el proyecto se pretende proteger y recuperar flora y fauna marina, así como la protección de costa en la caleta Chac-hal-al lo que se vincula directamente con los objetivos del ANP Reserva de la Biósfera Caribe Mexicano.
A-008	Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de conservación.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-009	Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-010	Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-011	Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-012	Promover la preservación de las dunas costeras y su vegetación natural, a través de la ubicación de la infraestructura detrás del cordón de dunas frontales.	El proyecto no considera obras de construcción distintas de las estructuras del arrecife artificial.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación
A-013	Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo.	No se utilizarán embarcaciones que pudiesen introducir especies potencialmente invasoras. Además, se vigilará que los vehículos y maquinaria a utilizarse en la construcción del proyecto se encuentren en perfecto estado para minimizar el riesgo de contaminación por hidrocarburos, en la zona marina o terrestre. Durante la ejecución de los trabajos se aplicarán medidas de mitigación.
A-014	Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica.	El proyecto y sus diferentes componentes no tienen relación con áreas de mangle, por lo que no se tiene considerado instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares.
A-015	Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	Con el arrecife artificial de carbonato de calcio, se promoverá una mayor diversidad; ya que los peces podrán encontrar sitios de reproducción y refugio. Al mismo tiempo, se genera superficie donde organismos sésiles pueden encontrar un sustrato adecuado, ya sea para especies de arrecife frontal o en el área protegida. Por ejemplo: algas, esponjas y corales escleractinios, octocorales, entre otros. Con objeto de verificar esto se aplicará un programa de monitoreo donde se registrará la presencia y el avance de especies.
A-017	Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas.	El proyecto trae como consecuencia la protección de costa, que ha sido degradada por fenómenos hidrometeorológicos de importante intensidad, sin modificar la dinámica costera ni la línea de costa.
A-018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059 SEMARNAT-2010).	El proyecto considera la aplicación de un programa de protección de especies marinas del lugar. Por otra parte, se promueve una mayor diversidad; ya que el arrecife artificial; constituye un refugio. También genera una superficie donde organismos sésiles pueden encontrar un sustrato adecuado. Por ejemplo: algas, esponjas y corales escleractinios, octocorales, entre otros. Se propone realizar un monitoreo del arrecife artificial para registrar las especies y su avance en el sitio.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación
A-019	Los programas de remediación que se implementen deberán ser formulados y aprobados de conformidad con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y demás normatividad aplicable.	El proyecto ejecutará un programa para el manejo adecuado de residuos líquidos y sólidos, por lo que no se prevé la contaminación del suelo y por lo tanto no será necesaria la remediación.
A-020	Promover el uso de tecnologías de manejo de la caña en verde para evitar las emisiones producidas en los periodos de zafra.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-021	Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO.	En la realización de la obras del proyecto, se deberán cumplir las Normas Oficiales Mexicanas sobre emisión de contaminantes y ruido. Los responsables del manejo de transporte, maquinaria y equipos de combustión interna que mantengan sus vehículos y maquinarias en condiciones óptimas de operación. Se evitará que vehículos, maquinaria y equipo se queden funcionando mientras no sea necesario, a fin de reducir la emisión de contaminantes por el uso de combustible.
A-022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	Una vez terminado los trabajos se aplicará un programa de monitoreo de la calidad del agua con el fin de dar seguimiento a la colonización del arrecife artificial.
A-023	Fomentar la aplicación de medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación <i>in situ</i> , en términos de la legislación aplicable.	El proyecto ejecutará medidas de mitigación para la reducción y control de los impactos generados durante la construcción y operación del proyecto, ver Capítulo VI.
A-024	Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores cuando ello sea técnicamente viable.	A pesar de que según se estimó en el capítulo II, las emisiones esperadas de GEI son sumamente bajas, se tendrá especial cuidado en: <ul style="list-style-type: none"> · Cumplir las Normas Oficiales Mexicanas referentes a emisión de contaminantes y ruido, en todos los eventos que se requiera maquinaria y vehículos de construcción. · Los responsables del manejo de transporte, maquinaria y equipos de combustión interna que mantengan sus vehículos y maquinarias en condiciones óptimas de operación. · Se evitará que vehículos, maquinaria y equipo se queden funcionando mientras no sea necesario, a fin de reducir la emisión de contaminantes por el uso de combustible.
A-025	Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación
A-026	Promover e impulsar el uso de tecnologías "Limpias" y "Ambientalmente amigables" en las industrias registradas en el ASO y su área de influencia. Fomentar que las industrias que se establezcan cuenten con las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-027	Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación.	El proyecto no considera instalaciones sobre la playa, el almacén temporal de roca previo a la instalación corresponde a superficie rocosa, la cual será protegida previa colocación de geotextil, para que, al finalizar las actividades, sea retirado el geotextil y quede la roca tal cual se encontraba antes de las obras.
A-028	Promover las medidas necesarias para que la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas evite generar efectos negativos sobre su estructura o función ecosistémica.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-029	Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa, salvo cuando dichas modificaciones correspondan a proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.	Tal como se ha mencionado el objetivo de la manifestación de impacto ambiental contempla la protección y recuperación de flora y fauna marina, así como protección de costa, por medio de la colocación de estructura que permitirán la estabilizar el proceso de erosión que actualmente presenta la zona. Se ejecutará un Programa de Monitoreo del comportamiento de la morfología, de la zona litoral del proyecto, y en cumplimiento a lo previsto MAE 2 del POET.
A-030	Generar o adaptar tecnologías constructivas y de ingeniería que minimicen la afectación al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras.	Uno de los objetivos del proyecto es la protección y recuperación de flora y fauna marina, así como la protección de costa, por medio de la colocación de estructura que permitirán estabilizar el proceso de erosión que actualmente presenta la zona. Se realizaron los estudios para seleccionar la mejor opción, la hidrodinámica costera del sistema ambiental no se verá afectada, fuera del área de influencia. Del estudio y modelajes realizados se concluyen: Que las obras conservan el patrón de corrientes, acarreo litoral y perfil de costa, lo que se deriva de los escenarios comparativos de los modelos de simulación que se han elaborado, donde el efecto de las estructuras no modifica la dirección ni la fuerza del oleaje, y no se generará erosión de zonas aledañas- acreción en las playas colindantes. El resto de la costa seguirá funcionando igual, como se demuestra en el estudio titulado: "Protección de Costa Lotes 3 y 4, Puerto Aventura" (Anexo 3).

Clave	Acciones Específicas	Vinculación
A-031	Promover la preservación de las características naturales de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-032	Promover el mantenimiento de las características naturales, físicas y químicas de playas y dunas costeras.	El proyecto no modificará las características fisicoquímicas de la playa ni de alguna la duna costera. No se ingresan al sistema elementos ajenos a la naturaleza del litoral y a la zona marina. La roca que se colocará para formar el arrecife artificial tiene el mismo origen que la playa. Por otra parte, la zona de playa de la caleta Chac-hal-al se encuentra erosionada, por lo que se estabilizará la línea de costa y se verán e incrementadas las poblaciones de flora y fauna del lugar.
A-033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-037	Promover la generación energética por medio de energía solar.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-038	Impulsar el uso de los residuos agrícolas para la generación de energía y reducir los riesgos de incendios forestales en las regiones más secas.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-039	Promover la reducción del uso de agroquímicos sintéticos a favor del uso de mejoradores orgánicos.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-040	Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola, con especies nativas de la zona en la cual se aplica el programa con tecnologías que no contaminen el ambiente, y cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales.	El proyecto no contempla este tipo de actividades en ninguna de sus etapas.
A-044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	El proyecto no contempla este tipo de actividades en ninguna de sus etapas.
A-046	Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de residuos de embarcaciones, en las porciones marinas tanto costeras como oceánicas.	Durante la ejecución del proyecto, quedara estrictamente prohibido el vertido y disposición de residuos. Se ejecutará un programa específico para el manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos.
A-049	Construir, modernizar y ampliar la infraestructura portuaria de apoyo a la producción pesquera y turística para embarcaciones menores.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación
A-050	Promover el desarrollo de Programas de Desarrollo Urbano y Programas de Conurbación con el fin de dotar de infraestructura de servicios a las comunidades rurales.	Esta acción está dirigida a las autoridades competentes. No tienen relación con el proyecto.
A-051	Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para mejorar la comunicación.	De acuerdo con la ubicación y las características propias del proyecto, este criterio no le aplica. Para los caminos temporales temporal se utilizarán las brechas existentes, que, al finalizar las obras, serán reforestadas con los ejemplares de palma Chit previamente retirados, así como la colocación de nuevos ejemplares de la misma especie producidos en el vivero del Complejo Turístico Puerto Aventuras.
A-052	Promover el uso sostenible de la tierra/agricultura (cultivos, ganado, pastos y praderas, y bosques) y prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-053	Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	De acuerdo con las características propias del proyecto, este criterio no le aplica. Sin embargo, durante la ejecución del proyecto se desarrollarán campañas para incentivar el cuidado y protección de flora y fauna.
A-054	Promover la sustitución de tecnologías extensivas por intensivas en las actividades acordes a la aptitud territorial, utilizando esquemas de manejo y tecnología adecuada para minimizar el impacto ambiental.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-055	Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción agropecuaria para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-056	Identificar e implementar aquellos cultivos aptos a las condiciones ambientales cambiantes.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-057	Evitar el establecimiento de zonas urbanas, de riesgo industrial, de riesgo ante eventos naturales, zonas susceptibles de inundación y derrumbe, zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras y manglares.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-058	Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-059	Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.	El Complejo Turístico Puerto Aventuras cuenta con programa interno de protección civil que toma en consideración esta previsión.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación
A-061	Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-062	Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.	Se elaborará y aplicará el Plan de Manejo de Residuos. En especial se realizará el registro de generador de residuos peligrosos y se entregarán a un recolector autorizado.
A-063	Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-064	Completar la conexión de las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-065	Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-066	Incrementar la capacidad de tratamiento de las plantas para dar tratamiento terciario a los efluentes e inyectar aguas de mayor calidad al manto freático en apoyo, en su caso, a la restauración de humedales.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-067	Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.
A-068	Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera.	Se elaborará y aplicará el Plan de Manejo de Residuos. En especial se realizará el registro de generador de residuos peligrosos y se entregarán a un recolector autorizado.
A-069	Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar.	Se elaborará y aplicará el Plan de Manejo de Residuos. En especial se realizará el registro de generador de residuos peligrosos y se entregarán a un recolector autorizado.
A-070	Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera para su disposición final.	Se elaborará y aplicará el Plan de Manejo de Residuos. En especial se realizará el registro de generador de residuos peligrosos y se entregarán a un recolector autorizado.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación
A-071	Diseñar e instrumentar acciones coordinadas entre sector turismo y sector conservación para reducir al mínimo la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos. Impulsar y fortalecer las redes de turismo de la naturaleza (ecoturismo) en todas sus modalidades como una alternativa al desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.	Entre otros objetivos, el arrecife artificial de carbonato de calcio promueve el mejoramiento de la Caleta Chac-hal-al induciendo acciones de protección y recuperación de flora y fauna marina, así como de protección de costa con el fin de minimizar la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos.
A-072	Promover que la operación de desarrollos turísticos se haga con criterios de sustentabilidad ambiental y social, a través de certificaciones ambientales nacionales o internacionales, u otros mecanismos.	Dada las características propias del proyecto, este criterio no aplica. Sin embargo, se fomentará la participación en certificados o distintivos internacionales.
A-077	La construcción, modernización y ampliación de la infraestructura aeroportuaria deberá minimizar la afectación de la estructura y función de los ecosistemas y sus bienes y servicios ambientales, entre éstos: flujos hidrológicos, conectividad de ecosistemas, especies en riesgo, recarga de acuíferos y hábitats críticos.	Dadas las características del proyecto no le es aplicable esta acción.

Las acciones específicas (A) se asignan a cada UGA de acuerdo con sus diferentes características y en correspondencia con los lineamientos ecológicos. La UGA 178 tiene asignadas las acciones específicas siguientes (Figura III.3):

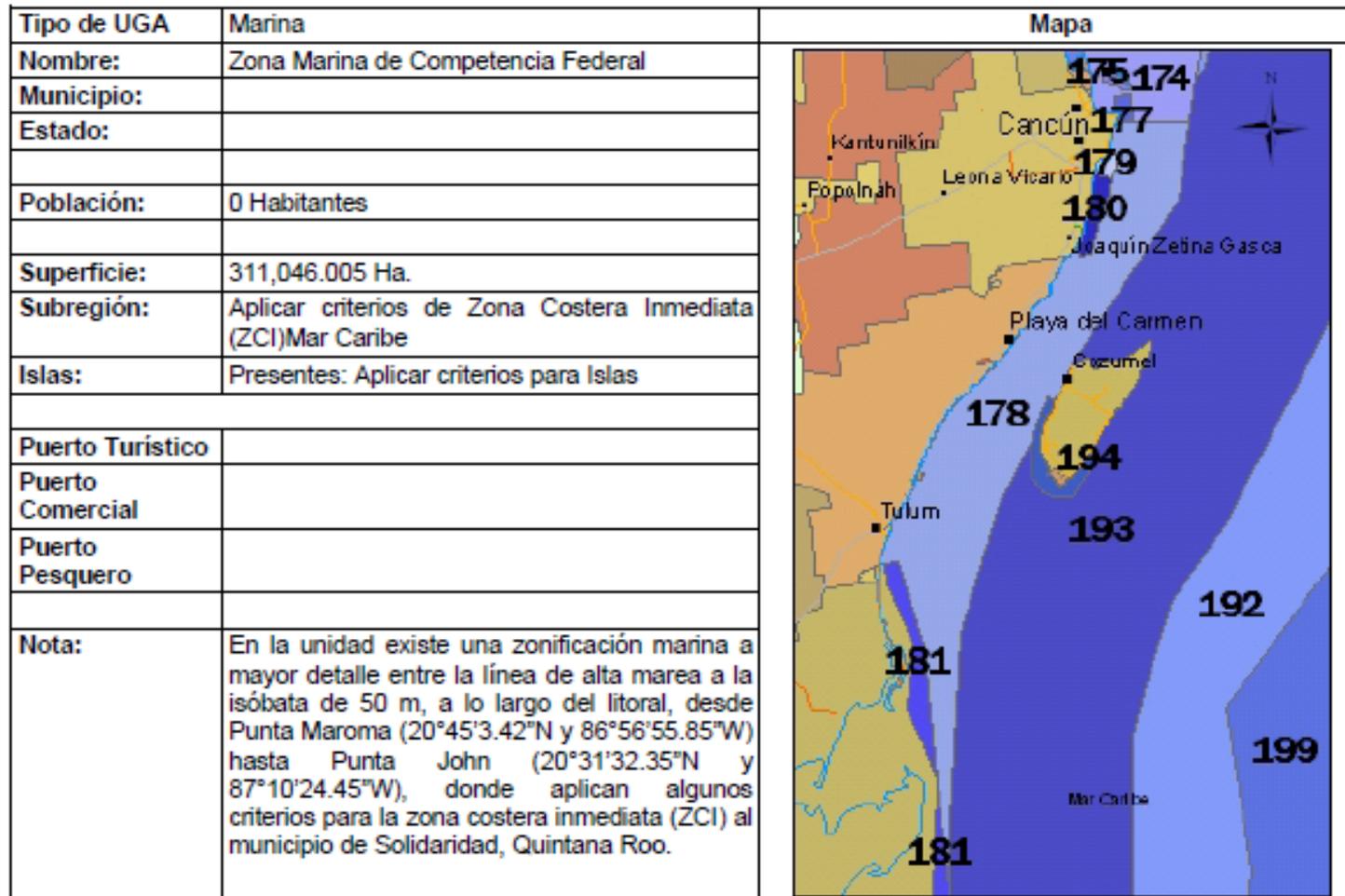


Figura III.3.- UGA 178 y sus características.

A la UGA 178 se le aplican las Acciones Generales además de las siguientes Acciones Específicas:

Acciones Específicas							
Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación
A-001	NA	A-027	NA	A-053	NA	A-079	NA
A-002	NA	A-028	NA	A-054	NA	A-080	NA
A-003	NA	A-029	APLICA	A-055	NA	A-081	NA
A-004	NA	A-030	NA	A-056	NA	A-082	NA
A-005	NA	A-031	NA	A-057	NA	A-083	NA
A-006	NA	A-032	NA	A-058	NA	A-084	NA
A-007	APLICA	A-033	APLICA	A-059	NA	A-085	NA
A-008	NA	A-034	APLICA	A-060	NA	A-086	NA
A-009	NA	A-035	NA	A-061	NA	A-087	NA
A-010	NA	A-036	NA	A-062	NA	A-088	NA
A-011	NA	A-037	NA	A-063	NA	A-089	NA
A-012	NA	A-038	NA	A-064	NA	A-090	NA
A-013	APLICA	A-039	NA	A-065	NA	A-091	NA
A-014	NA	A-040	APLICA	A-066	NA	A-092	NA
A-015	NA	A-041	APLICA	A-067	NA	A-093	NA
A-016	APLICA	A-042	APLICA	A-068	NA	A-094	NA
A-017	NA	A-043	NA	A-069	NA	A-095	NA
A-018	APLICA	A-044	APLICA	A-070	NA	A-096	NA
A-019	NA	A-045	APLICA	A-071	APLICA	A-097	NA
A-020	NA	A-046	APLICA	A-072	NA	A-098	NA
A-021	NA	A-047	APLICA	A-073	APLICA	A-099	NA
A-022	APLICA	A-048	APLICA	A-074	APLICA	A-100	NA
A-023	NA	A-049	NA	A-075	NA		
A-024	NA	A-050	NA	A-076	NA		
A-025	APLICA	A-051	NA	A-077	NA		
A-026	NA	A-052	NA	A-078	NA		

NA = NO APLICA

Clave	Acciones Específicas	Vinculación
A-007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	El proyecto contempla la protección y recuperación de flora y fauna marina, así como protección de costa.
A-016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	La parte terrestre del proyecto se encuentra bajo un uso de suelo turístico-residencial. La parte Marina está destinada a restaurar flora y fauna marina, en favor de las políticas del ANP.
A-018	Impulsar los programas y acciones de recuperación de especies bajo algún régimen de protección en la NOM-059 SEMARNAT.	Se contempla la ejecución de un programa de rescate y protección de las especies de importancia del lugar, especialmente las citadas en la (NOM-059 SEMARNAT-2010), sobre todo en el área de los caminos temporales, sobre el cual actualmente se encuentra algunos ejemplares recién introducidos de Palma Chit.
A-022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	El proyecto ejecutará un programa para el manejo adecuado de residuos líquidos y sólidos, por lo que no se prevé la contaminación del agua y por lo tanto no será necesaria la remediación o el tratamiento
A-025	Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.	De acuerdo con las características propias del proyecto, este criterio no le aplica.
A-029	Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa, salvo cuando dichas modificaciones correspondan a proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.	Tal como se ha mencionado el objetivo del proyecto que analizamos, contempla la protección y recuperación de flora y fauna marina, así como protección de costa, por medio de la colocación de estructura que permitirán la estabilizar y favorecer la formación de arrecifes artificiales. Actualmente, la playa presenta un avanzado proceso de erosión. Se realizaron los estudios para seleccionar la mejor opción, la hidrodinámica costera del sistema ambiental no se verá afectada, fuera del área de influencia. Del estudio y modelajes realizados se concluyen: Que las obras conservan el patrón de corrientes, acarreo litoral y perfil de costa, lo que se deriva de los escenarios comparativos de los modelos de simulación que se han elaborado.. El resto de la caleta seguirá funcionando igual, como se demuestra en el estudio titulado: "ANÁLISIS DE DINÁMICA COSTERA".

Clave	Acciones Específicas	Vinculación
A-033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	De acuerdo con las características propias del proyecto, este criterio no le aplica.
A-034	Promover mecanismos de generación de energía eléctrica usando la fuerza mareomotriz.	De acuerdo con las características propias del proyecto, este criterio no le aplica.
A-035	NO APLICA	
A-040	Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola con especies nativas de la zona en la cual se aplica el programa y con tecnologías que no contaminen el ambiente y cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales.	El proyecto no contempla este tipo de actividades en ninguna de sus etapas.
A-041	Fortalecer los mecanismos de seguimiento y control de las pesquerías comerciales para evitar su sobreexplotación.	El proyecto no contempla este tipo de actividades en ninguna de sus etapas.
A-042	Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia de las actividades extractivas de especies marinas de captura comercial, especialmente aquellas que se encuentran en las categorías en deterioro o en su límite máximo de explotación.	El proyecto no contempla este tipo de actividades. Durante la construcción del proyecto, quedara prohibida la captura de especies marinas de captura comercial.
A-044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	El proyecto no contempla este tipo de actividades en ninguna de sus etapas.
A-045	Desarrollar e impulsar el uso de la fauna de acompañamiento, salvo las especies que se encuentran en algún régimen de protección, para la producción comercial de harinas y complementos nutricionales.	El proyecto no contempla este tipo de actividades en ninguna de sus etapas.
A-046	Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de residuos de embarcaciones, en las porciones marinas tanto costeras como oceánicas.	Durante las actividades del proyecto, quedara estrictamente prohibido el vertido y disposición de residuos de embarcaciones hacia el mar.
A-047	Monitorear las comunidades planctónicas y áreas de mayor productividad marina para ligar los programas de manejo de pesquerías de manera predictiva con estos elementos.	De acuerdo con las características propias del proyecto, este criterio no le aplica.
A-048	Contribuir a redimensionar y ajustar las flotas pesqueras y los esfuerzos de captura a las capacidades y estados actuales y previsibles de las poblaciones en explotación.	De acuerdo con las características propias del proyecto, este criterio no le aplica.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación
A-071	Diseñar e instrumentar acciones coordinadas entre sector turismo y sector conservación para reducir al mínimo la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos. Impulsar y fortalecer las redes de turismo de la naturaleza (ecoturismo) en todas sus modalidades como una alternativa al desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.	Tal y como se ha mencionado, las acciones de protección y recuperación de flora y fauna marina, así como protección y generación de costa tiene como objetivo final recuperar ecosistemas marinos en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos.
A-073	Construir, modernizar y ampliar la infraestructura portuaria de gran tamaño de apoyo al turismo (embarcaciones mayores de 500 TRB (toneladas de registro bruto) y/o 49 pies de eslora), con obras sustentadas en estudios específicos, modelaciones predictivas y programas de monitoreo, que garanticen la no afectación de los recursos naturales.	De acuerdo con las características propias del proyecto, este criterio no le aplica.
A-074	Construir, modernizar y ampliar la infraestructura portuaria de gran tamaño de apoyo al tráfico comercial de mercancías (embarcaciones mayores de 500 TRB (toneladas de registro bruto) y/o 49 pies de eslora); con obras sustentadas en estudios específicos, modelaciones predictivas y programas de monitoreo, que garanticen la no afectación de los recursos naturales.	De acuerdo con las características propias del proyecto, este criterio no le aplica.

III.1.11. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LA REGIÓN DENOMINADA CORREDOR CANCÚN TULUM.

El proyecto "Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio", se ubica dentro de las unidades de gestión ambiental (UGA's) Cn4-21 y M51 del Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región denominada Corredor Cancún Tulum (POET-CCT), publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo el 16 de noviembre de 2001. La UGA Cn4-21 comprende la Costa Puerto Aventuras, con política de conservación y usos condicionados de infraestructura y turismo; en tanto que la UGA M51 comprende el Litoral Costero con política de protección y uso condicionado de turismo.

UGA Cn4-21	POLÍTICA - FRAGILIDAD AMBIENTAL	Conservación 4, Costa Puerto Aventuras
	USO PREDOMINANTE	Corredor natural
	USOS COMPATIBLES	Flora y fauna
	USOS CONDICIONADOS	Infraestructura y turismo
	USOS INCOMPATIBLES	Agricultura, acuicultura, asentamientos humanos, forestal, industria, minería, pecuario, pesca
	CRITERIOS ECOLÓGICOS	C 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19 EI 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 36, 38, 43, 48, 49, 50, 52, 53 FF 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 32, 33, 34 MAE 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 18, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 45, 48, 49, 52, 53, 54, 55 TU 3, 10, 11, 12, 15, 17, 18, 22, 23, 24, 34, 40, 43, 44, 45
UGA M5-1	POLÍTICA - FRAGILIDAD AMBIENTAL	Protección 5, Litoral costero
	USO PREDOMINANTE	Área Natural Protegida
	USOS COMPATIBLES	Corredor natural
	USOS CONDICIONADOS	Turismo
	USOS INCOMPATIBLES	Acuicultura, Infraestructura y Pesca
	CRITERIOS ECOLÓGICOS	EI. 1, 36, 37. FF. 3, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 34, 35. MAE. 3, 6, 56. TU. 6, 7, 8, 9, 18, 19, 20, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42.

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn4-21	M5-1	
CONSTRUCCIÓN			
C 1 Solo la superficie mínima indispensable para el proyecto constructivo podrá ser despalmada	X		Solo las áreas que ocupan las brechas existentes hacia la costa serán acondicionadas, para conformar los caminos temporales, en una superficie de 1,944 m ² que es ocupada por sus respectivas longitudes. El resto de los elementos del proyecto no requieren despalme.
C 2 Previo a la preparación y construcción del terreno, se deberá llevar a cabo un programa de rescate de ejemplares de flora y fauna susceptibles de ser reubicados en áreas aledañas, o en el mismo predio	X		El proyecto considera el rescate, de Palma Chit ubicada sobre el área de los caminos temporales. Estos ejemplares serán rescatados, almacenados temporalmente en el vivero existente, para posteriormente reforestar con ellos y con otros ejemplares cultivados ahí mismo, toda el área de los caminos temporales.
C 3 Los campamentos de construcción deberán ubicarse en áreas perturbadas como potreros y acahuales jóvenes, dentro del predio y sobre los sitios de desplante del proyecto, pero nunca sobre humedales, zona federal o vegetación natural	X		El campamento de obra estará ubicado en el área del banco de material, el cual se encuentra autorizado y operando. Tal campamento será en realidad un almacén de herramienta, equipo de obra y caseta de control de la obra. No implica residencia de personal.
C 4 Los campamentos de construcción deberán contar con un sistema de manejo in situ de desechos sanitarios	X		El campamento de obra estará ubicado en el área del banco de material, el cual ya ha sido previamente autorizado, mismo que cuenta con las instalaciones necesarias (tipo SANIRENT). La empresa contratista se hará cargo de los desechos, con arreglo a las condiciones de autorización que le fueron asignadas para otorgar el servicio.
C 5 Los campamentos de construcción deberán contar con un sistema de manejo integral (minimización, separación, recolección y disposición) de desechos sólidos	X		El campamento de obra estará ubicado en el área del banco de material, el cual ya ha sido previamente autorizado, mismo que cuenta con las instalaciones necesarias. Se elaborará y aplicará el Plan de Manejo de Residuos conforme a las disposiciones locales vigentes.
C 7 Al finalizar la obra deberá removerse toda la infraestructura asociada al campamento	X		El campamento de obra estará ubicado en el área del banco de material, el cual ya ha sido previamente autorizado, mismo que cuenta con las instalaciones necesarias.
C 8 Cualquier cambio o abandono de actividad deberá presentar y realizar un programa autorizado de restauración de sitio	X		Se llevarán a cabo acciones de revegetación. Se sembrará vegetación nativa principalmente palma chit sobre el área que

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn ₄ -21	M ₅ -1	
			ocuparán los caminos temporales y de donde se rescatarán ejemplares de esta especie.
C 10 No se permite la utilización de explosivos, excepto para la apertura de pozos domésticos de captación de agua potable aprobados por un Informe Preventivo Simplificado y en apego a los lineamientos de la SEDENA	X		Por las características del proyecto no contempla el uso de explosivos; por ello este criterio no le es aplicable.
C 11 No se permite la disposición de materiales derivados de las obras, producto de excavaciones o rellenos sobre la vegetación	X		Por las características del proyecto, este criterio no aplica. Las rocas para conformar el arrecife serán lavadas con agua a presión en el banco de material, y su colocación será por asentamiento. No se utilizan otro tipo de materiales, de forma que no hay generación de residuos de materiales de construcción.
C 12 Los Residuos Sólidos y Líquidos derivados de la Construcción deben contar con un programa integral de manejo y disponerse en confinamientos autorizados por el Municipio	X		Se elaborará y aplicará para el proyecto el Plan de Manejo de Residuos conforme a las disposiciones locales aplicables. Se instruirá a los trabajadores de la prohibición de arrojar cualquier tipo de residuo sobre la vegetación o en el suelo o en la zona marina o cuerpos de agua.
C 13 Deberán tomarse medidas preventivas para la eliminación de grasas, aceites, emisiones atmosféricas, hidrocarburos y ruidos provenientes de la maquinaria en uso en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación	X		El proyecto cuenta con una breve etapa de preparación del sitio y construcción. El uso de combustibles es mínimo, sólo para operación de camiones y traxcavos. En caso de un derrámeme menor (menos de 1.0 m ³) se procederá conforme lo establece el Artículo 129 del Reglamento de la LGPGIR. Si resultara mayor a esa cantidad, se aplicarán medidas de contención y se dará aviso inmediato a la PROFEPA.
C 14 No se permite la utilización de palmas de las especies <i>Thrinax radiata</i> , <i>Pseudophoenix sargentii</i> , y <i>Coccothrinax readii</i> (chit, cuca y nakás), como material de construcción excepto las provenientes de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) o viveros autorizados	X		No se realizará ninguna construcción salvo el arrecife artificial y los piedraplenes provisionales, de modo que no serán usadas estas especies para ningún fin constructivo. Se llevarán a cabo acciones de revegetación. Se sembrará vegetación nativa principalmente palma chit sobre el área que ocuparán los caminos temporales y de donde se rescatarán algunos ejemplares de esta especie.
C 15 El almacenamiento y manejo de materiales deberá evitar la dispersión de polvos	X		Tanto en el banco de material como en el almacén temporal de roca, se realizarán acciones para evitar la dispersión de polvos, a base de humedecer el material por mover. Las rocas para el arrecife serán lavadas con agua a presión en el banco de material previamente a ser transportadas para colocación.

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn4-21	M5-1	
C 16 Todo material calizo, tierra negra, tierra de despalme, arena del fondo marino, piedra de muca, y residuos vegetales, deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados	X		Así lo considera el proyecto. El banco de material a utilizar se localiza dentro de Puerto Aventuras y cuenta con autorización.
C 18 Las cimentaciones no deben interrumpir la circulación del agua subterránea entre el humedal y el mar	X		Por las características del proyecto, este criterio no aplica, ya que carece de cimentaciones y no habrá construcciones sobre tierra.
C 19 Se recomienda la instalación subterránea de infraestructura de conducción de energía eléctrica y comunicación, evitando la contaminación visual del paisaje	X		Por las características del proyecto, este criterio no aplica. No requiere de este tipo de instalaciones.
EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA			
El 1 Se prohíbe la instalación de cualquier tipo de infraestructura.		X	No se instalará ningún tipo de infraestructura.
El 3 La instalación de infraestructura estará sujeta a Manifestación de Impacto Ambiental	X		La presente Manifestación de Impacto Ambiental se elabora para el proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio.
El 5 Los asentamientos humanos y/o las actividades turísticas deberán contar con un programa integral de manejo y aprovechamiento de residuos sólidos	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 8 Se promoverá el composteo de los desechos orgánicos, para su utilización como fertilizantes orgánicos degradables en las áreas verdes	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 9 Se promoverá la instalación de sanitarios secos composteros que eviten la contaminación del suelo y subsuelo y la proliferación de fauna nociva en las zonas suburbanas y rurales	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 10 Los desarrollos turísticos y asentamientos humanos que incluyan clínicas, hospitales y centros médicos deberán contar con un sistema integral para el manejo y disposición de desechos biológico infecciosos	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 11 Los desarrollos turísticos y/o asentamientos humanos deberán contar con infraestructura para el acopio y manejo de residuos líquidos y sólidos	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 12 Los desarrollos turísticos y los asentamientos humanos deberán contar con un sistema integral de minimización, tratamiento y disposición final de las aguas residuales in situ, de acuerdo con la normatividad de la Ley de Aguas Nacionales, su Reglamento y demás normatividad aplicable vigente	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 13 Se prohíbe la canalización del drenaje pluvial hacia el mar y cuerpos de agua superficiales y en caso de ser necesaria la perforación de pozos de absorción para su solución, se deberá obtener la anuencia de la SEMARNAT y la Comisión Nacional del Agua	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn4-21	M5-1	
El 14 Deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial y sanitario en el diseño de calles y avenidas, además de considerar el flujo y colecta de aguas pluviales	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 16 Se promoverá la reutilización de las aguas residuales previo cumplimiento de la normatividad vigente en materia de contaminación de aguas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 17 Las plantas de tratamiento de aguas servidas deberán contar con un sistema que minimice la generación de lodos y contarán con un programa operativo que considere la desactivación y disposición final de los lodos	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 18 Se deberá utilizar aguas tratadas para el riego de jardines y/o campos de golf. El sistema de riego deberá estar articulado a los sistemas de tratamiento de aguas residuales.	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 20 No se permitirá la disposición final de aguas tratadas en el Manglar	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 21 Quedan prohibidas las quemas de desechos sólidos y vegetación, la aplicación de herbicidas y defoliantes y el uso de maquinaria pesada para el mantenimiento de derechos de vía	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 22 Los taludes en caminos se deberán estabilizar con vegetación nativa	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 23 Los paramentos de los caminos de acceso deberán ser protegidos con árboles y arbustos nativos	X		Una vez concluidas las obras, el área de los caminos temporales será reforestada para lograr su restauración.
El 24 No se permite el derribo de árboles y arbustos ubicados en la orilla de los caminos	X		Los ejemplares arbóreos presentes en el área de los caminos temporales serán rescatados para que, una vez concluidas las actividades, el sitio sea reforestado con los mismos ejemplares, además de utilizar los que se producen en el vivero existente.
El 25 Los caminos de acceso deberán contar con reductores de velocidad y señalamientos de protección de la fauna	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 26 Se prohíbe la realización de caminos sobre manglares	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 27 Los caminos que se construyan sobre zonas inundables deberán realizarse sobre pilotes o puentes, evitando el uso de alcantarillas, de tal forma que se conserven los flujos hidrodinámicos, así como los corredores biológicos	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 28 Se prohíbe la instalación de infraestructura para la disposición final de residuos sólidos	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn4-21	M5-1	
El 36 No se permite la construcción de muelles	X	X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 37 No se permite la construcción de embarcaderos.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 38 Se desarrollarán programas para la instalación de fuentes alternativas de energía	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 43 Se prohíben los campos de golf	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 48 Todo proyecto de desarrollo turístico en la zona costera, deberá contar con accesos públicos a la zona federal marítimo terrestre por lo que, en la realización de cualquier obra o actividad, deberá evitarse la obstrucción de los accesos actuales a dicha zona, debiendo proveer accesos a ésta, en el caso de que se carezca de ellos	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 49 No deberá permitirse la instalación de infraestructura de comunicación (postes, torres, estructuras, equipamiento, edificios, líneas y antenas) en ecosistemas vulnerables y sitios de alto valor escénico, cultural o histórico	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 50 En las obras de infraestructura sobre áreas marinas o cuerpos de agua, se prohíbe el uso de aceite quemado y de otras sustancias tóxicas en el tratamiento de la madera	X		La roca por colocar será lavada en el banco de material, para evitar llevar al mar residuos o sustancias ajenas que alteren la calidad del agua.
El 52 El camino paralelo a la costa debe construirse en el ecotono entre la duna posterior y el humedal, dejando pasos y accesos para la fauna	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
El 53 Los caminos ya existentes sobre humedales deberán adecuarse con obras, preferentemente puentes, que garanticen los flujos hidrodinámicos y el libre tránsito de fauna, tanto acuática como terrestre	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FLORA Y FAUNA			
FF 1 Se prohíbe la tala y aprovechamiento de leña para uso turístico y comercial	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 2 Los desarrollos turísticos y/o habitacionales, deberán minimizar el impacto a las poblaciones de mamíferos, reptiles y aves, en especial el mono araña	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 3 Se prohíbe la captura de mamíferos marinos.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 4 En los caminos y calles, se deberá conservar y promover la conectividad de las copas de los árboles para permitir la movilización de la fauna silvestre	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn4-21	M5-1	
FF 5 Los usos del suelo en las áreas adyacentes a las playas de anidación de tortugas estarán sujetos a autorización de impacto ambiental que demuestre la no afectación de las nidadas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 6 En las playas de arribazón de tortugas sólo se permite la instalación de infraestructura fuera del área de influencia marina que será de 50 metros después de la línea de marea alta o lo que, en su caso, determinen los estudios ecológicos	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 7 Durante el período de anidación los propietarios del predio deberán coordinarse con la autoridad competente para la protección de las áreas de anidación de tortugas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 8 La autorización de actividades en sitios de anidación de tortugas, estará sujeta al programa de manejo	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 9 Se prohíbe alterar las dunas y playas en áreas de arribazón de tortugas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 10 En playas de arribazón de tortugas se prohíbe la iluminación directa al mar y la playa	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 11 En las áreas adyacentes a las playas de arribazón de tortugas, de requerirse iluminación artificial, ésta será ámbar, para garantizar la arribazón de las tortugas, debiendo restringirse alturas e inclinación en función de estudios específicos	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 12 Se prohíbe el tránsito de vehículos automotores sobre la playa salvo el necesario para acciones de vigilancia y mantenimiento autorizados	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 13 Se realizará la señalización de las áreas de paso y uso de las tortugas marinas durante la época de anidación y desove de la tortuga marina	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 14 En playas de arribazón de tortugas no se permite el acceso a ganado vacuno, porcino, caballar, ovino o de cualquier otra índole, la introducción de especies exóticas, ni el acceso de perros y gatos, así como la permanencia de residuos fecales de los mismos en la playa	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 15 En las áreas verdes deberán dejarse en pie los árboles más desarrollados de la vegetación original según la especie	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 16 Se prohíbe la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna silvestre, salvo lo que la Ley General de Vida Silvestre prevea	X		En el área del ocupada por los caminos temporales se llevará a cabo el rescate de flora (principalmente palma chit) para que estos ejemplares sean posteriormente utilizados en la reforestación del

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn ₄ -21	M ₅ -1	
			área de los caminos temporales, además se utilizarán ejemplares producidos en el vivero de Puerto Aventuras.
FF 17 Se permite establecer viveros e invernaderos autorizados	X		El complejo Puerto Aventuras, cuenta con un vivero previamente autorizado.
FF 18 Se prohíbe el uso de compuestos químicos para el control de malezas o plagas. Se promoverá el control mecánico o biológico.	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 19 Se promoverá la instalación de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) no extractivas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 20 No se permite la extracción de flora y fauna acuática en cenotes, excepto para fines de investigación autorizado por la SEMARNAT	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 21 Se prohíbe el aprovechamiento de las plantas <i>Thrinax radiata</i> , <i>Pseudophoenix sargentii</i> , <i>Chamaedorea seifrizii</i> , <i>Coccothrinax readii</i> y <i>Beaucarnea ameliae</i> (chit, cuca, xiat, nakás y despeinada o tsipil) y todas las especies de orquídeas, a excepción de las provenientes de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) FF 22 Se prohíbe la introducción de especies de flora y fauna exóticas invasivas	X		En el área de los caminos temporales se llevará a cabo el rescate de flora (principalmente palma chit) para que estos ejemplares sean posteriormente utilizados en la reforestación del área de los caminos temporales, además se utilizarán ejemplares producidos en el vivero de Puerto Aventuras. No habrá aprovechamiento de especies de vegetación ni de fauna.
FF 22 Se prohíbe la introducción de especies de flora y fauna exóticas invasivas.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable. No se reforestarán los caminos temporales con especies exóticas.
FF 23 Se promoverá la erradicación de las plantas exóticas perjudiciales a la flora nativa, particularmente el pino de mar <i>Casuarina equisetifolia</i> y se restablecerá la flora nativa	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable. El proyecto no está orientado a la eliminación de especies de flora.
FF 24 En las áreas verdes se emplearán plantas nativas y se restringirán aquellas especies que sean perjudiciales a esta flora	X		En el área de los caminos temporales se llevará a cabo el rescate de flora (principalmente palma chit) estos ejemplares serán utilizados para reforestar el área de los caminos temporales, además se utilizarán ejemplares producidos en el vivero de Puerto Aventuras.
FF 25 Se prohíbe la alteración y remoción de pastos del fondo marino.		X	El área donde se depositará la roca, esta desprovista de pastos en el fondo marino.
FF 26 Se prohíbe el uso de explosivos, dragados y construcciones cercanas a arrecifes y manglares	X	X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 27 La ubicación y construcción de puntos de anclaje estará sujeta a estudios específicos.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable. El arrecife artificial no será usado para anclaje.

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn4-21	M5-1	
FF 28 No se permitirá el anclaje de embarcaciones en un radio menor de 35 m inmediatos al arrecife.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable. El arrecife artificial no será atracadero.
FF 29 El anclaje de embarcaciones solo se permitirá en zonas de arenales y ceibadales.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable. El arrecife artificial no será usado para anclaje.
FF 30 No se permitirá la recolección, remoción o trasplante de organismos vivos, muertos o materiales naturales, ni arrojar ningún tipo de desperdicios en los arrecifes.		X	El proyecto que se analiza únicamente considera la reubicación de coral afectado por los fenómenos naturales, colocándolos en las oquedades previamente formadas en las rocas colocadas, para que ahí se favorezca su crecimiento.
FF 32 Se prohíben los dragados, apertura de canales, boca y cualquier obra o acción que afecte a la comunidad coralina y la línea de costa	X	X	El área donde se depositará la roca, esta desprovista de coral.
FF 33 Los desarrollos nuevos y/o existentes deberán garantizar la permanencia de las poblaciones de cocodrilos	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
FF 34 En zonas donde exista la presencia de especies incluidas en la NOM ECOL-059-1994, deberán realizarse los estudios necesarios para determinar las estrategias que permitan minimizar el impacto negativo sobre las poblaciones de las especies aludidas en esta norma	X	X	Como se ha mencionado, en el área que ocuparán los caminos temporales los ejemplares de palma chit serán rescatados y reubicados para posteriormente ser utilizados en la reforestación de esos caminos, en caso de requerirse más ejemplares, se obtendrán del vivero de Puerto Aventuras.
FF 35 Se prohíbe la construcción de cualquier tipo de estructura promotora de playa.			Proyecto no considera ninguna obra en la porción terrestre.
MANEJO DE ECOSISTEMAS			
MAE 1 En las playas sólo se permite la construcción de estructuras temporales como palapas de madera o asoleaderos	X		El proyecto no considera la construcción de este tipo de obras o instalaciones.
MAE 3 No se permite modificar el contorno costero, eliminar manglar y pastos marinos, alterar la calidad del agua, ni hacer relleno del litoral rocoso a excepción de andadores de acceso a la costa y asoleaderos con piso de arena.		X	Proyecto no considera ninguna obra en la porción terrestre.
MAE 4 No se permite encender fogatas en las playas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 5 Se prohíbe la extracción de arena de playas, dunas y lagunas costeras	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 6 Se prohíbe el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos no biodegradables	X	X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn4-21	M5-1	
MAE 7 No se permite la infraestructura recreativa y de servicios en el cordón de las dunas frontal	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 8 La construcción de edificaciones podrá llevarse a cabo después del cordón de dunas, a una distancia no menor de 40 m de la Zona Federal y en altura máxima de 6 m.	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 9 No deberán realizarse nuevos caminos sobre dunas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 10 Solo se permite la construcción de accesos peatonales elevados y transversales sobre las dunas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 11 No se permite la remoción de la vegetación natural en el cordón de las dunas, ni la modificación de éstas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 14 Complementario a los sistemas de abastecimiento de agua potable, en todas las construcciones se deberá contar con infraestructura para la captación de agua de lluvia	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 15 El aprovechamiento de aguas subterráneas deberá garantizarse con estudios geohidrológicos, aprobadas por la CNA para justificar que la extracción no produce intrusión salina	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 17 Se deberá mantener o en su caso restaurar la vegetación de la zona federal y cuerpos de agua	X		Como se ha mencionado, en el área que ocuparán los caminos temporales, los ejemplares de palma chit, serán rescatados y reubicados para posteriormente ser utilizados en la reforestación del área de esos caminos. En caso de requerirse más ejemplares, se obtendrán del vivero con que cuenta Puerto Aventuras.
MAE 18 Se deberá mantener o en su caso restaurar la vegetación de la zona perimetral a los cuerpos de agua	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 21 Sólo se permite desmontar hasta el 15% de la cobertura vegetal del predio, con excepción del polígono de la UGA 7 que incluye el área de X'cacel-X'cacelito	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 23 La reforestación deberá realizarse con flora nativa	X		Como se ha mencionado, en el área que ocuparán los caminos temporales, los ejemplares de palma chit, serán rescatados y reubicados para posteriormente ser utilizados en la reforestación de esos caminos, en caso de requerirse más ejemplares, se obtendrán del vivero con que cuenta Puerto Aventuras.

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn4-21	M5-1	
MAE 24 No se permite modificar o alterar física y/o escénicamente dolinas, cenotes y cavernas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 25 No se permitirá el dragado, relleno, excavaciones, ampliación de los cenotes y la remoción de la vegetación, salvo en caso de rescate, previo estudio de impacto ambiental	X		No está considerado este tipo de actividades en el proyecto, salvo el rescate de vegetación en los caminos temporales a los sitios de depósito de roca.
MAE 26 Se prohíbe el desmonte, despalme o modificaciones a la topografía en un radio de 50 m. alrededor de los cenotes, dolinas y/o cavernas.	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 27 La utilización de cavernas y cenotes estará sujeta a una evaluación de impacto ambiental y estudios ecológicos que permitan generar medidas que garanticen el mantenimiento de la biodiversidad; promoviendo además la autorización para su uso ante la Comisión Nacional del Agua	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 29 Los proyectos a desarrollar deberán garantizar la conectividad de la vegetación natural entre predios colindantes para la movilización de fauna silvestre	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 30 En zonas inundables no se permite la alteración de los drenajes naturales principales	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 31 Las obras autorizadas sobre manglares deberán garantizar el flujo y reflujos superficial del agua a través de un estudio geohidrológico	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 32 Se prohíbe la obstrucción y modificación de escurrimientos pluviales	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 33 Se promoverá el control integrado en el manejo de plagas, tecnologías, espacio y disposición final, de envases de plaguicidas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 45 El aprovechamiento, tala y relleno del manglar en ningún caso deberá de exceder el 10% de la cobertura incluida en el predio y deberá realizarse de tal forma que no se afecte la continuidad y calidad de los procesos hidrodinámicos y dinámica poblacional de las especies de manglar, así mismo deberá garantizarse la permanencia del 90% de manglar restante. La porción por desmontar no deberá rebasar el porcentaje de despalme permitido para el predio.	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 48 Solo se permite la utilización de fertilizantes orgánicos, herbicidas y plaguicidas biodegradables en malezas, zonas arboladas, derechos de vía y áreas verdes	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn4-21	M5-1	
MAE 49 En las áreas verdes solo se permite sembrar especies de vegetación nativa	X		Como se ha mencionado, en el área que ocuparán los caminos temporales, los ejemplares de palma chit, serán rescatados y reubicados para posteriormente ser utilizados en la reforestación de esos caminos, en caso de requerirse más ejemplares, se obtendrán del vivero con que cuenta Puerto Aventuras.
MAE 52 La reforestación en áreas urbanas y turísticas deberá realizarse con flora nativa, o aquella tropical que no afecte a esta misma vegetación, que no perjudique el Desarrollo Urbano y que sea acorde al paisaje caribeño	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 53 Se prohíbe la utilización de fuego o productos químicos para la eliminación de la cobertura vegetal y/o quema de desechos vegetales producto del desmonte	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 54 Las áreas que se afecten sin autorización, por incendios, movimientos de tierra, productos o actividades que eliminen y/o modifiquen la cobertura vegetal no podrán ser comercializados o aprovechados para ningún uso en un plazo de 10 años y deberán ser reforestados con plantas nativas por sus propietarios, previa notificación al municipio	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 55 Se prohíbe la acuicultura en cuerpos de agua naturales	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
MAE 56 Se prohíben las actividades recreativas marinas en el periodo de anidación de tortugas desde el ocaso hasta el amanecer.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TURISMO			
TU 3 Se podrán llevar a cabo desarrollos turísticos con una densidad neta de hasta 30 cuartos/ha	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 4 En las zonas urbanas solo se permitirán los usos turísticos en las zonas y con las densidades que al respecto les establezca su programa de desarrollo urbano, en el cual la zona turística no podrá exceder el 10% de la superficie de la unidad de gestión ambiental, comprendiendo en ésta los campos de golf con desarrollo inmobiliario	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 6 La visita a las áreas arrecifales deberá estar sujeto a estudios específicos.		X	El arrecife artificial no ha sido diseñado para recibir visitas.
TU 7 Se prohíbe la utilización de embarcaciones motorizadas en caletas y cenotes costeros.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 8 Las actividades náuticas deberán contar con un reglamento que minimice impactos ambientales.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn4-21	M5-1	
TU 9 No se permite el acuatizaje de hidroaviones.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 10 Las actividades recreativas deberán contar con un programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 11 Las actividades recreativas deberán contar con un reglamento que minimice impactos ambientales hacia la flora, fauna y formaciones geológicas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 12 En el espeleobuceo no se permitirá molestar, capturar o lastimar a la fauna cavernícola ni modificar, ni alterar o contaminar el ambiente de la caverna	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 15 Las edificaciones no deberán rebasar la altura promedio de la vegetación arbórea del Corredor que es de 12.0 m.	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 17 La construcción de hoteles e infraestructura asociada ocupará como máximo el 10% del frente de playa del predio que se pretenda desarrollar	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 18 Las actividades turísticas y/o recreativas estarán sujetas a estudios ecológicos especiales que determinen áreas y horarios de actividades, así como la capacidad de carga de conformidad con la legislación vigente en la materia	X	X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 19 No se permitirá la práctica de ningún tipo de deporte acuático motorizado a menos de 100 metros de distancia de las formaciones coralinas		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 20 No se permitirá el uso de plataformas o embarcaciones para fines de buceo y esnorqueleo masivos.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 22 En el desarrollo de los proyectos Turísticos, se deberán mantener los ecosistemas excepcionales tales como formaciones arrecifales, selvas subperennifolias, manglares, cenotes y caletas, entre otros; así como las poblaciones de flora y fauna incluidos en la NOM 059	X	X	Uno de los objetivos del proyecto es la formación de arrecifes a partir de la colocación de roca en un área desprovista de todo tipo de flora y fauna marina.
TU 23 Excepto lo mencionado en el criterio TU 22, en las actividades y los desarrollos turísticos, el área no desmontada quedará distribuida perimetralmente alrededor del predio y del conjunto de las edificaciones e infraestructura construidas	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 24 En las actividades y desarrollos turísticos, el cuidado conservación y mantenimiento de la vegetación del área no desmontada es obligación de los dueños del desarrollo o responsable de las actividades mencionadas, y en	X		En el área que ocuparán los caminos temporales, los ejemplares de palma chit, serán rescatados y reubicados para posteriormente ser utilizados en la reforestación de esos caminos, en caso de

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn4-21	M5-1	
caso de no cumplir dicha obligación, se aplicarán las sanciones correspondientes conforme a la normatividad aplicable vigente			requerirse más ejemplares, se obtendrán del vivero con que cuenta Puerto Aventuras.
TU 26 Sólo se permite la navegación de embarcaciones en tránsito y de acuerdo con las rutas establecidas.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 27 No se permite la práctica de actividades recreativas que requieran el uso de equipos motorizados acuáticos como acuamotos y lanchas de arrastre para skies, paracaídas, y deslizadores, en las lagunas arrecifales y en las proximidades de las formaciones coralinas.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 28 Solo se permite la utilización de lagunas costeras y arrecifales para el aterrizaje de hidroaviones, con fines de inspección, vigilancia, investigación y emergencias.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 29 Se prohíbe tocar, pararse, dañar, alterar, asirse, sujetarse o recargarse de las formaciones arrecifales.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 30 En el buceo libre, autónomo y la natación se prohíbe el uso de guantes y cuchillo.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 31 Se prohíbe la pesca de cualquier tipo.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 32 En los canales de acceso a las lagunas arrecifales sólo se permiten embarcaciones en tránsito.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 33 En los canales de acceso a las lagunas arrecifales no se permiten ningún tipo de actividades recreativas, culturales, de esparcimiento, de superficie o subacuáticas diurnas o nocturnas.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 34 Los prestadores de servicios turísticos o comerciales y los instructores o guías deberán proporcionar a los usuarios las condiciones de seguridad necesarias para realizar las actividades para las cuales contraten sus servicios, de acuerdo con la legislación aplicable en la materia	X	X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 35 Se prohíbe la realización de torneos, concursos o eventos náuticos motorizados de superficie o subacuáticas en las lagunas arrecifales.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 36 Deberán señalizarse los canales de acceso a las lagunas arrecifales.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.

Criterio	UGA a la que aplica		Vinculación
	Cn ₄ -21	M ₅ -1	
TU 37 Queda prohibido realizar el mantenimiento, limpieza, reparación de embarcaciones, abastecimiento de combustible y achicamiento de las sentinas, con excepción de casos de emergencia en la que se exponga la seguridad de vidas humanas.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 38 Queda prohibida la navegación de embarcaciones de motor de 1.5 o más metros de calado en las lagunas arrecifales.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 39 Queda prohibido mantener la embarcación motorizada estacionaria o circular sin destino definido, en las lagunas arrecifales		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 40 Se prohíbe dar alimento a la Fauna silvestre	X	X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 42 Se prohíbe el uso de plataformas marinas, o artefactos que funcionen como tales.		X	Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 43 En las Zonas Arqueológicas solo se permite la construcción de obras, infraestructura o desarrollo avaladas por el Instituto Nacional de Antropología e Historia	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 44 Antes de efectuar cualquier tipo de desarrollo e infraestructura se deberá efectuar un reconocimiento arqueológico y notificar al Instituto Nacional de Antropología e Historia de cualquier vestigio o sacbé (camino blanco maya) que se encuentre	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.
TU 45 Se consideran como equivalentes: Una villa a 2.5 cuartos de hotel Un departamento, estudio o llave hotelera a 2.0 cuartos de hotel. Un cuarto de clínica hotel a 2.0 cuartos de hotel. Un camper sencillo y cuarto de motel a 2.0 cuartos de hotel. Un cuarto de motel a 1 cuarto de hotel. Una Junior suite a 1.5 cuarto de hotel. Una suite a 2 cuartos de hotel. Se define como cuarto hotelero tipo al espacio de alojamiento destinado a la operación de renta por noche, cuyos espacios permiten brindar al huésped servicios sanitarios, área dormitorio para dos personas, guarda de equipaje y área de estar; no incluirá locales para preparación o almacenamiento de alimentos y bebidas. La cuantificación del total de cuartos turísticos incluye las habitaciones necesarias del personal de servicio, sin que esto incremente su número total.	X		Por las características del proyecto, este criterio no le es aplicable.

III.1.12. NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

En esta sección se describe brevemente las Normas Oficiales Mexicanas que de forma general son aplicables al proyecto para garantizar su viabilidad.

Norma oficial mexicana	Vinculación
<p>NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales</p>	<p>Durante la etapa de preparación de sitio y construcción del proyecto se instalarán sanitarios portátiles tipo SANIRENT a razón de 1 por cada 10 trabajadores. Aunque no es actividad directa del proyecto, el mantenimiento y limpieza de los sanitarios durante estas actividades estará a cargo de la empresa que se contrate para tal fin y se le solicitará que la disposición de los residuos sea de la forma adecuada de acuerdo con la naturaleza de estos. En caso de que sean descargados a algún cuerpo receptor, el contratista debe cumplir con la calidad del agua requerida por esta NOM.</p>
<p>NOM-041-SEMARNAT-2015. Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.</p>	<p>A los contratistas que participen en los trabajos se les recomendará a los responsables del manejo de transporte, maquinaria y equipos de combustión interna que mantengan sus vehículos y maquinarias en condiciones óptimas de operación, para que cumplan con los niveles máximos permisibles de las Normas Oficiales Mexicanas. Asimismo, que sus vehículos cuenten, igualmente, con las bitácoras o registros que permitan demostrar que éstos cumplen con los parámetros de emisión permitidos, a nivel federal. Aunque el proyecto sólo considera equipos diésel, es posible que se llegara a utilizar alguna camioneta a gasolina, por ello se menciona esta norma.</p>
<p>NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo.</p>	<p>Algunos ejemplares de palma chit (<i>Thrinax radiata</i>) serán rescatados del camino de acceso al sitio A de depósito temporal de roca. Estas palmeras serán trasladadas al vivero cuidando su sobrevivencia, para posteriormente ser resembradas en los caminos temporales una vez concluido su uso. Aunque no se encontraron en el área de proyecto, se tienen reportadas especies enlistadas en la NOM-059- SEMARNAT-2010, como Coral blando (<i>Plexaura homomalla</i>) y (<i>Plexaurella dichotoma</i>) cuerno de ciervo (<i>Acropora cervicornis</i>), Cuerno de alce (<i>Acropora palmata</i>), Mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>), Palma chit (<i>Thrinax radiata</i>), Boa (<i>Boa constrictor</i>), Pelicano (<i>Pelecanus occidentalis</i>). Así en la categoría de peligro de extinción dos especies, Caguama (<i>Caretta caretta</i>) y (<i>Chelonya mydas</i>). En caso presentarse ejemplares en el área de proyecto, se ejecutarán programas de rescate y reubicación en las áreas de conservación del sistema ambiental.</p>
<p>NOM-081-SEMARNAT-1994 que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.</p>	<p>Se tiene previsto para las etapas de preparación y construcción, medidas regulatorias para los contratistas y prestadores de servicios donde se dé cumplimiento a esta NOM. Se verificará que los equipos estén en condiciones óptimas de operación, con el fin de respetar los límites máximos permisibles de ruido perimetral de las zonas de trabajo de 68 dBA de las 06:00 hrs a las 22:00 hrs y de 65 dBA de las 22:00 hrs a las 06:00 hrs.</p>

Norma oficial mexicana	Vinculación
NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Se prevé la posible generación de pequeñas cantidades de residuos sólidos, así como otros materiales peligrosos derivados de esta actividad, por lo cual se considerarán medidas regulatorias para los contratistas. Se consideran también estrategias para su confinamiento temporal y disposición final por parte de empresas acreditadas ante la autoridad correspondiente para tal fin a través de un Programa de manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos, y la inscripción como generador de residuos peligrosos ante SEMARNAT.
NOM-022-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	Se evita el desmonte o poda del mangle. Sin embargo, en algunas zonas no se mantienen los 100 m requeridos a la franja de protección. Si bien existe una zona de manglar adyacente al área donde se realizarán las obras y actividades sometidas a evaluación. Asimismo, se realizará un programa de limpieza y saneamiento en la zona del proyecto con la finalidad de retirar toda la vegetación muerta.
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para remediación.	Vinculada indirectamente con la posible contaminación de suelo por derrames accidentales. El uso de combustibles es mínimo, sólo para operación de camiones y traxcavos. En caso de un derrámeme menor (menos de 1.0 m ³) se procederá conforme lo establece el Artículo 129 del Reglamento de la LGPGIR. Si resultara mayor a esa cantidad, se aplicarán medidas de contención y se dará aviso inmediato a la PROFEPA.

III.2. ÁREAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL.

III.2.1. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP).

En Quintana Roo aproximadamente el 25% de la superficie estatal se encuentra bajo algún régimen de protección. Las naturales protegidas más importantes son:

Federal	Estatad	Municipal
Área de protección de flora y fauna de Uaymil	Laguna de Chankanaab	Ombligo Verde
Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an	Parque Kabah	
Reserva de la Biosfera de Banco Chinchorro	Bahía de Chetumal, Santuario del Manatí	
Parque nacional Isla Contoy	XcaceI-XcaceIito	
Parque Nacional de Tulum	Laguna Manatí	
Parque marino nacional Arrecifes de Cozumel	Laguna Colombia	
Arrecifes de Puerto Morelos	Sistema Lagunar Chichankanab	
Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Nizuc	Parque Lagunar de Bacalar	

Federal	Estatal	Municipal
Área de protección de flora y fauna Yum Balam	Sistema Lagunar Chacmochuch	
Parque nacional Arrecifes de Xcalak	Selvas Y Humedales de Cozumel	
Área de Protección de Flora y Fauna Bala'an Ka'ax		
Manglares de Nichupte		
Reserva de la Biosfera Tiburón Ballena		
Área de Protección de Flora y Fauna Otoch Ma'ax Yetel Kooch		
Centro de Estudios Faunísticos San Felipe Bacalar,		
Reserva de la Biosfera del Caribe Mexicano		
Acuerdo por el que se establece con el nombre de Bahía de Akumal el área de refugio para la protección de especies que se indican, la porción marina que se señala en el Estado de Quintana Roo		

DECRETO POR EL QUE SE DECLARA ÁREA NATURAL PROTEGIDA, CON EL CARÁCTER DE RESERVA DE LA BIOSFERA, LA REGIÓN CONOCIDA COMO CARIBE MEXICANO,

El 07 de diciembre del 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano, localizada en los municipios de Isla Mujeres, Benito Juárez, Tulum y frente a las costas de Puerto Morelos, Solidaridad, Cozumel, Bacalar y Othón P. Blanco, en el Estado de Quintana Roo, con una superficie total de 5,754,055-36-31.60 hectáreas (cinco millones setecientos cincuenta y cuatro mil cero cincuenta y cinco hectáreas, treinta y seis áreas, treinta y una punto sesenta centiáreas), de las cuales 5,725,465-86-57.50 hectáreas (cinco millones setecientos veinticinco mil cuatrocientas sesenta y cinco hectáreas, ochenta y seis áreas, cincuenta y siete punto cincuenta centiáreas) corresponden a la porción marina y 28,589-49-74.10 hectáreas (veintiocho mil quinientas ochenta y nueve hectáreas, cuarenta y nueve áreas, setenta y cuatro punto diez centiáreas) corresponden a la porción terrestre (Figura III.4).

El Decreto establece en sus artículos séptimo, fracción XX y octavo fracción XII:

ARTÍCULO SÉPTIMO. Dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, podrán realizarse las siguientes actividades:

...

XX. Instalación de arrecifes artificiales promotores de nuevos hábitats para la flora y fauna marina, así como para los proyectos de recuperación de playas, y

...

ARTÍCULO OCTAVO. El uso y aprovechamiento de los recursos naturales dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, se realizará de conformidad con la subzonificación correspondiente y se sujetará a las siguientes modalidades:

...

XII. El mantenimiento y construcción de infraestructura se realizarán únicamente en las subzonas en las que el programa de manejo lo permita y se ejecutarán conforme a las reglas específicas que dicho programa prevea;

...

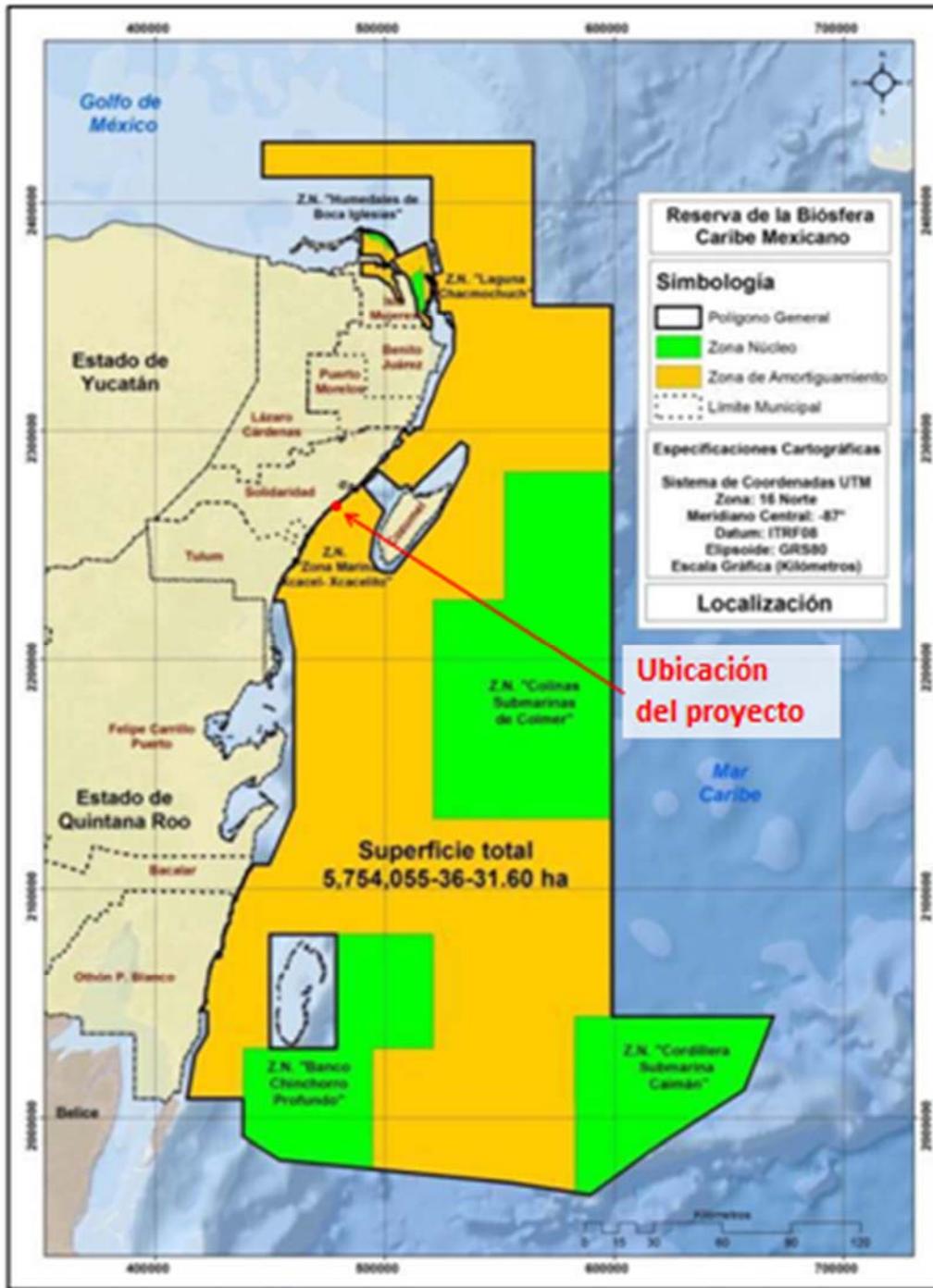


Figura III.4. Decreto de la Reserva de la Biósfera Caribe Mexicano y su localización con respecto al sitio del proyecto.

DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano.

Artículo	Vinculación
NOVENO. Dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, queda prohibido:	<p>El proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio no considera el manejo de sustancias CRETIB, o de otras sustancias contaminantes como insecticidas, fungicidas y pesticidas, o los envases que las contienen. La única sustancia con característica de peligrosidad es el combustible de la maquinaria, el cual no será arrojado, vertido, almacenado, descargado o depositado de tal forma que pudiera afectar al equilibrio ecológico o al ambiente.</p> <p>El proyecto no tiene entre sus obras o actividades este tipo de instalaciones.</p> <p>El proyecto no tiene entre sus obras o actividades este tipo de instalaciones.</p> <p>El proyecto no realizara actividades pesqueras, además de que estos sitios se ubican muy distantes del sitio del proyecto.</p> <p>El proyecto no realizara actividades pesqueras.</p> <p>El proyecto no introducirá ninguna especie invasora, sólo palma chit rescatada o cultivada para la reforestación de los caminos temporales; o en las estructuras arrecifales artificiales, fragmentos coralinos de los alrededores del sitio del proyecto.</p>
Fracción	
I. Arrojar, verter, almacenar, descargar o depositar desechos derivados de actividades altamente riesgosas en virtud de las características corrosivas, reactivas, radioactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, que pueden afectar el equilibrio ecológico o el ambiente; así como desechar otras sustancias contaminantes como insecticidas, fungicidas y pesticidas, o los envases que las contienen.	
II. Construir confinamientos o terminales de almacenamiento de materiales y sustancias peligrosas.	
III. Construir sitios de disposición final o rellenos sanitarios de residuos sólidos, salvo el mantenimiento y mejoramiento de los existentes.	
IV. Emplear equipos y artes de pesca fijas permanentes o de arrastre sobre el fondo marino, salvo para la pesquería de camarón en la zona Noroeste de Isla Contoy, y para la instalación del arte de pesca conocida como "casita cubana" para la pesca de langosta en la Laguna Chacmochuch.	
V. Utilizar sistemas, métodos y técnicas de captura prohibidos en la pesca en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, de conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-064-SAG/PESC/SEMARNAT-2013 o la Norma Oficial Mexicana que la sustituya.	
VI. Introducir especies exóticas invasoras.	

Artículo	Vinculación
VII. Alimentar, tocar o perseguir a los ejemplares de la vida silvestre, salvo que se cuente con la autorización correspondiente.	Proyecto no permite este tipo de actividades. No obstante, se informará a los trabajadores esta prohibición y se vigilará su cumplimiento.
VIII. Colocar iluminación dirigida hacia el mar y las playas, que altere el ciclo reproductivo de las tortugas marinas, así como su ingreso o tránsito; a excepción del señalamiento marítimo que determine la autoridad competente.	Las obras y actividades del proyecto no requieren iluminación artificial, los trabajos serán diurnos.
IX. Remover el fondo marino o generar la suspensión de sedimentos, aguas fangosas o limosas sobre los ecosistemas costeros, salvo para recuperación de playas y arrecifes artificiales que cuenten con la autorización correspondiente.	El proyecto tiene como propósito la formación de un arrecife artificial de dos cuerpos, para el que se contemplan las medidas de mitigación orientadas a evitar la contaminación como es el lavado de roca en el sitio del banco de material, y contener la dispersión de sedimentos.
X. Usar explosivos, salvo para las actividades que en el ejercicio de sus atribuciones requiera la Secretaría de Marina.	Para ninguna obra o actividad del proyecto serán utilizados explosivos.
XI. Realizar exploración y explotación tanto minera como de hidrocarburos y extracción de material pétreo.	El proyecto no es de naturaleza extractiva.
XII. Carga, descarga, recarga y almacenamiento de hidrocarburos en zonas arrecifales.	No s tiene prevista la realización de estas actividades en el proyecto.
XIII. Verter aguas de lastre y achicar sentinas, salvo en situaciones de emergencia cuando se trate de embarcaciones mayores.	No se usarán embarcaciones equipadas con estos dispositivos en el proyecto.
XIV. Las demás que ordenen las leyes generales del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; de Vida Silvestre; de Pesca y Acuicultura Sustentables, y demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.	En las obras y actividades del proyecto se acatarán todas las prohibiciones o disposiciones de protección al ambiente y a los recursos naturales.
ARTÍCULO DÉCIMO. Quienes realicen actividades dentro de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, estarán obligados a conservar el área de acuerdo con lo dispuesto en el presente Decreto, el programa de manejo a que se refiere el Artículo Décimo Quinto del presente instrumento y las disposiciones jurídicas aplicables.	El las diferentes etapas del proyecto se respetará y esta obligación, realizando obras y actividades con pulcritud y aplicando las medidas de mitigación incluidas en el programa de protección ambiental, de la presente MIA-R.

En el plan de manejo de esta Reserva se diagnostica:

En los últimos años se ha observado un acelerado deterioro en los arrecifes del mundo, causado principalmente por actividades antropogénicas, contaminación, sedimentación, pesca excesiva, así como por huracanes y tormentas, el cual se manifiesta en pérdida de la diversidad y cobertura de corales pétreos, proliferación algal y aparición de enfermedades en la macrobiota.

Sin embargo, de acuerdo con la puntuación general del Índice de Salud Arrecifal realizada en 2015 por la Iniciativa Arrecifes Saludables, México fue el único país del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) en tener un aumento de cobertura de coral a través del tiempo de 8% en 2006 a 14% en 2014. La cobertura de macroalgas carnosas fue la más baja en la región del SAM (18%), aunque ha ido en aumento desde 2006. La biomasa de peces herbívoros fue mayor (1,952 g/100m²) en 2014 que en 2006. El Norte de Quintana Roo fue la subregión con mayor biomasa de peces cirujano y loro (3,117 g/100 m²). México fue el único país en el SAM en obtener una puntuación de “bien” para peces comerciales (1,387 g/100 m²) (Kramer et al., 2015).

Considerando las anteriores aseveraciones, el proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio es notoriamente consistente con la esencia de decreto, ya que constituye una medida de recuperación y protección tanto arrecifal como de la Caleta Chac-hal-al.

PROGRAMA DE MANEJO RESERVA DE LA BIOSFERA CARIBE MEXICANO

El proyecto se localiza en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera del Caribe Mexicano, y se vincula con el Programa de Maneo de esta reserva, publicado resumidamente en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre del 2018, como se indica a continuación:

CAPÍTULO VII

De los usos y aprovechamientos

Regla	Contenido	Vinculación
53	Queda prohibida la construcción de muelles, espigones, rompeolas, escolleras, embarcaderos, plataformas o cualquier infraestructura, a excepción de arrecifes artificiales; que afecte formaciones coralinas, pastos marinos, dunas o modifique la dinámica costera.	El proyecto se ubica en la zona de amortiguamiento, es un arrecife artificial, por lo que su construcción está permitida.
55	Dentro de la Reserva de la Biosfera, se permitirá construcción de infraestructura necesaria para el desarrollo de las actividades de turismo, investigación, manejo, atención de contingencias y operación de la Dirección siempre que para ello se utilicen exclusivamente ecotecnias, materiales propios de la región, se mantenga la funcionalidad de los ecosistemas, se respeten las condiciones naturales originales y no se fragmente el hábitat del que depende el desarrollo evolutivo de las especies	El Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio, se pretende construir con roca caliza de origen marino, por lo que respeta la condición natural original, y no se fragmenta el hábitat, pues contrariamente se integra a él como un elemento funcional favorecedor del establecimiento de comunidades coralinas.
72	La instalación de boyas o arrecifes artificiales, y los proyectos de recuperación de playas, deberán realizarse sin afectar pastos marinos, arrecifes de coral, duna costera, manglar, o las interacciones entre ecosistemas y servicios ambientales que proveen. Y sin utilizar estructuras que puedan ser desplazadas o lanzadas, en caso de eventos hidrometeorológicos.	El arrecife artificial de carbonato de calcio ha sido diseñado conforme a un proceso de modelación matemática que garantiza su integridad y funcionalidad. Se asentará en una zona alterada por huracanes violentos y carente de pastos marinos y de formaciones coralinas.
73	Los proyectos de protección costera, recuperación de playas, extracción de arena, instalación de arrecifes artificiales y sus obras asociadas, deberán atender lo siguiente: I. Formar parte de proyectos integrales de recuperación, minimizando los impactos ambientales en zonas aledañas; II. Atender a una problemática natural, sustentada con estudios actualizados de dinámica costera los cuales al menos deben considerar los siguientes: a. La energía en el sistema como vientos, nivel del mar, corrientes marinas locales y de mar profundo, y eventos extremos; b. Características físicas del sistema;	El arrecife artificial de carbonato de calcio se encuentra orientado a la protección y recuperación de la Caleta Chac-hal-al, si interferir con zonas aledañas. Atiende la erosión de playa y el oleaje intenso en el interior de la caleta, fue diseñado con base en un estudio hidrodinámico del que inicialmente se derivaron nueve posibles opciones de construcción, y posteriormente resultaron tres las más adecuadas al fin perseguido, de las cuales se seleccionó la 5, que se analiza en la presente MIA-R. El estudio incluyó, mareas, análisis de oleaje, viento, energía del oleaje, altura de olas, etc. Su ubicación no afecta área de reproducción y es una zona alterada por efecto de huracanes que han incidido directamente en el área.

Regla	Contenido	Vinculación
	<p>c. Batimetría y topografía, incluyendo forma de la costa y obstáculos;</p> <p>d. Estructuras artificiales existentes, y su influencia en la disipación de la energía del oleaje, la modificación de corrientes, transporte y disponibilidad de sedimentos;</p> <p>e. Sedimentos: volumen/cantidad, origen y sus características;</p> <p>f. Ecosistemas presentes, su estado de conservación, extensión y tipo de arrecifes, pastos marinos, dunas ya que son factores influyentes en la dinámica costera, y</p> <p>g. Todos estos factores se deben considerar una escala espacial geográfica adecuada para comprender el funcionamiento del sistema y el impacto de las obras propuestas en él.</p> <p>III. No afectar ni alterar las áreas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje de las especies silvestres, en especial de las catalogadas en alguna categoría de riesgo, así como no afectar la alimentación, tránsito y reproducción de las tortugas marinas y otras especies;</p> <p>IV. No afectar los procesos de dinámica costera en el área marina, el sistema playa-duna costera, del área inmediata y de la zona de influencia;</p> <p>V. Contemplar un programa de contingencia ante algún derrame o demás afectaciones a los ecosistemas;</p> <p>VI. Los arrecifes artificiales no podrán colocarse sobre estructuras coralinas;</p> <p>VII. Los proyectos de arrecifes artificiales deberán contar con un plan de modificación o desmantelamiento en caso de que no se cumplan los objetivos por los cuáles fueron instalados o que genere efectos negativos en el área inmediata o aledaña, y</p> <p>VIII. Los proyectos de instalación de arrecifes artificiales con fines turísticos, deberán contar con estudios de capacidad de carga, senderos y señalización.</p>	<p>Debido al cuidadoso estudio del diseño, no se ha previsto desmantelar el arrecife, si por alguna causa imprevisible fuese necesario retirarlo, previamente se elaborará el plan desmantelamiento, acorde con las condiciones que en el momento estuvieran presentes.</p> <p>Ya que no atracarán embarcaciones en el arrecife artificial y se ubicará a muy poca profundidad, menos de 3.0 m, no es de anticiparse encallamiento de embarcaciones mayores que pudiesen ocasionar un derrame significativo.</p>
74	<p>Los proyectos de colocación de hábitats artificiales y las obras y actividades asociadas a dichos proyectos, deberán atender las siguientes indicaciones:</p>	<p>Las disposiciones de esta regla se encuentran atendidas con lo expuesto para las anteriores reglas.</p>

Regla	Contenido	Vinculación
	<p>I. Sustentar con los estudios correspondientes la viabilidad del sitio seleccionado para la ejecución del proyecto;</p> <p>II. No afectar ni alterar las áreas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje de las especies silvestres, en especial de las catalogadas en alguna categoría de riesgo, así como no afectar la alimentación, tránsito y reproducción de las tortugas marinas y otras especies;</p> <p>III. No afectar los procesos de dinámica costera en el área marina, el sistema playa-duna costera, del área inmediata y de la zona de influencia;</p> <p>IV. Contemplar un programa de contingencia ante algún derrame o demás afectaciones a los ecosistemas;</p> <p>V. Los hábitats artificiales no podrán colocarse sobre estructuras coralinas, y</p> <p>VI. Los proyectos de instalación de hábitats artificiales con fines turísticos, deberán contar con estudios de capacidad de carga, senderos y señalización.</p>	
76	No se permite la descarga directa de ningún tipo de sustancia de desecho, desagüe o drenaje en los cuerpos de agua, lagunas o mar.	El proyecto no cuenta con ninguna descarga.
87	<p>Dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, queda prohibido:</p> <p>...</p> <p>IX. Remover el fondo marino o generar la suspensión de sedimentos, aguas fangosas o limosas sobre los ecosistemas costeros, salvo para recuperación de playas y arrecifes artificiales que cuenten con la autorización correspondiente;</p> <p>...</p>	El presente proyecto se somete a evaluación en materia de impacto ambiental con el fin de obtener la correspondiente autorización.

Ahora bien considerando que el mencionado Decreto incide sobre parte del territorio el estado de Quintana Roo, debe tenerse presente que la asignación de usos de suelo y la zonificación que se establece tanto los programas de desarrollo urbano como los ordenamientos ecológicos de territorio necesariamente deben considerar los decretos por los que se constituyen las áreas naturales protegidas decretadas, ya que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en su Artículo 19, fracción VI, establece:

ARTÍCULO 19.- En la formulación del ordenamiento ecológico se deberán considerar los siguientes criterios:

...

VI.- Las modalidades que de conformidad con la presente Ley, establezcan los decretos por los que se constituyan las áreas naturales protegidas, así como las demás disposiciones previstas en el programa de manejo respectivo, en su caso.

Por lo tanto, las disposiciones de los ordenamientos ecológicos que resulten contrarias, en este caso, al decreto en cuestión, deben ser evaluadas a la luz del artículo séptimo del Decreto el cual establece:

ARTÍCULO SÉPTIMO. Dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, podrán realizarse las siguientes actividades:

...

XX. Instalación de arrecifes artificiales promotores de nuevos hábitats para la flora y fauna marina, así como para los proyectos de recuperación de playas, y

...

Complementariamente, es de tener presente que de acuerdo con el criterio de especialidad, punto 6.5.1 de los Lineamientos que establecen criterios técnicos de aplicación de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental, de fecha 16 de noviembre de 2012, emitidos por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; establece que “...ante un decreto de área natural protegida y un POER, POEL o PDU prevalecerá lo dispuesto en el decreto.”

Para el efecto considérese que entre el Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano y el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la región denominada Corredor Cancún-Tulum, se manifiestan contradicciones, por ejemplo:

Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la región denominada Corredor Cancún-Tulum	Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano
Criterio Ecológico EL 1.- Se prohíbe la instalación de cualquier tipo de infraestructura	ARTÍCULO SÉPTIMO. Dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, podrán realizarse las siguientes actividades:
Criterio ecológico FF 35.- Se prohíbe la construcción de cualquier tipo de estructura promotora de playa.	...

<p>Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la región denominada Corredor Cancún-Tulum</p>	<p>Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano</p>
	<p>XX. Instalación de arrecifes artificiales promotores de nuevos hábitats para la flora y fauna marina, así como para los proyectos de recuperación de playas, y ...</p>
<p>Criterio Ecológico EL 36.- No se permite la construcción de muelles.</p>	<p>ARTÍCULO SÉPTIMO. Dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, podrán realizarse las siguientes actividades:</p>
<p>Criterio Ecológico EL 37.- No se permite la construcción de embarcaderos.</p>	<p>... XV. Construcción de infraestructura exclusivamente cuando conforme a las atribuciones de la Secretaría de Marina, se requiera para la defensa exterior y coadyuvancia en la seguridad interior del país o para atender una situación de emergencia;</p>
<p>Criterio Ecológico FF 26.- Se prohíben los dragados, apertura de canales, boca y cualquier obra o acción que afecte a la comunidad coralina y la línea de costa.</p>	<p>ARTÍCULO SÉPTIMO. Dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, podrán realizarse las siguientes actividades: ... XVI. Mantenimiento y dragado de los canales de navegación; ...</p>

Estas contradicciones, deben ser analizadas y resueltas a la luz de lo dispuesto por el multicitado Decreto, puesto que los gobiernos federales, estatales y municipales deben reconocer la distribución de competencias de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Específicamente, en este particular caso, aplicable mediante el régimen jurídico de carácter federal a través del decreto de área natural protegida de interés federal.

III.2.2. SITIOS RAMSAR.

La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, conocida como Convenio de Ramsar, fue creada en la ciudad del mismo nombre, en Irán, el 2 de febrero de 1971 y entró en vigor en 1975.

Su principal objetivo es la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales con la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo.

El sitio RAMSAR más cercano al proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio es el denominado Playa Tortuguera X'cacel–X'cacelito (Figura III.5), aproximadamente a 21 km al suroeste, el cual fue designado por la convención RAMSAR el 2 de febrero de 2004. Reporta el número de anidaciones más importantes del Estado de Quintana Roo y de México para las especies *Chelonia mydas* y *Caretta caretta*.

El proyecto NO tiene relación alguna con esta área.

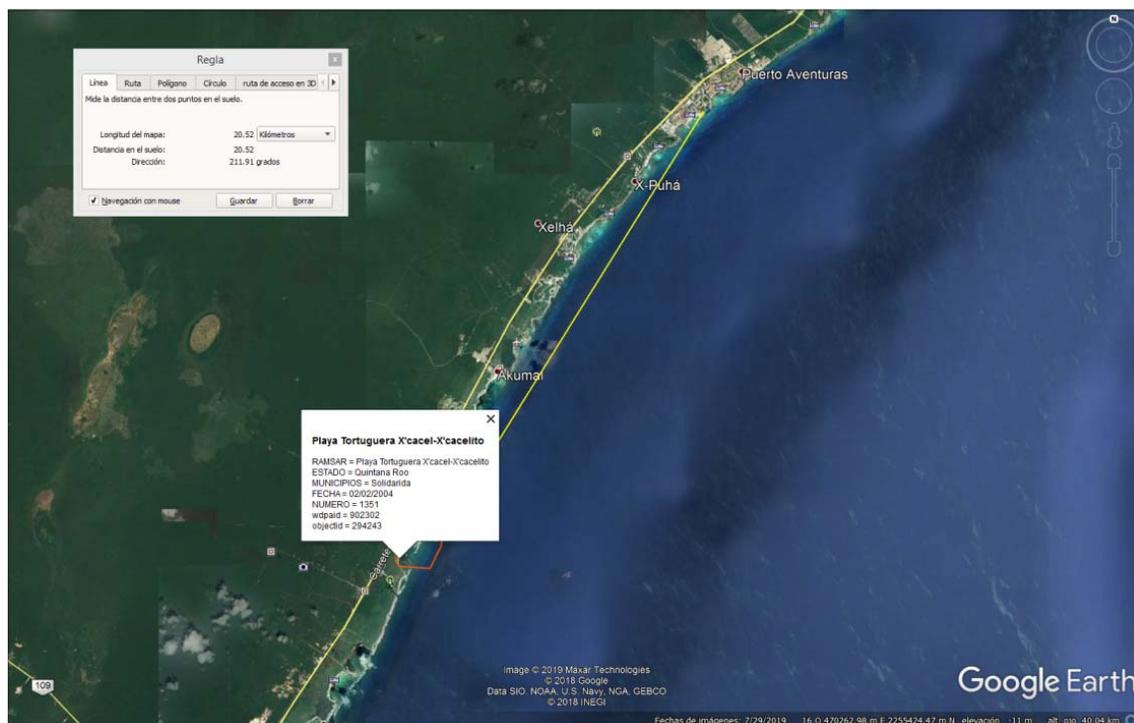


Figura III.5.- Sitio RAMSAR Playa Tortuguera X'cacel–X'cacelito

III.2.3. ÁREAS IMPORTANTES PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICAS).

El programa de las AICAS surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y Bird Life International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves.

Cada área o AICA contiene una descripción técnica que contiene descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico que incluye las especies registradas en la zona, su abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área. Finalmente cuenta con un directorio con los especialistas que participaron en el llenado de las fichas correspondientes. El listado completo incluye un total 230 áreas, con más de 26,000

registros de 1,038 especies de aves (96.3% del total de especies para México según el American Ornithologist's Union).

Adicionalmente, se incluye en al menos un área, al 90.2% de las especies listadas como amenazadas por la normatividad mexicana (306 de 339 especies) y al 100 % de las especies incluidas en el libro de Collar et al. (1994, Birds to Watch 2). De las 95 especies endémicas de México (Arizmendi y Ornelas en prep.) todas están registradas en al menos un área.

De acuerdo con los mapas de las CONABIO, el proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio NO se ubica dentro de algún Área de Importancia para la Conservación de las Aves. El AICA más cercana del proyecto es la Isla de Cozumel, que se localiza a 22 kilómetros al Este del proyecto.

III.2.4 REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS (RTPS).

La acelerada pérdida y modificación de los sistemas naturales que ha presentado México durante las últimas décadas requiere, con urgencia, que se fortalezcan los esfuerzos de conservación de regiones con alta biodiversidad. En este contexto, el Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la CONABIO se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad. El Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), tiene como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

De acuerdo con los mapas de la CONABIO, el proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio NO se ubica dentro de alguna región terrestre prioritaria (RTP). La RTP más cercana del proyecto es el Corredor Sian Ka'an Uaymil – Xcalak, a unos 50 km al suroeste.

III.2.5. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS (RHPS).

En mayo de 1998, la CONABIO inició el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido.

Se identificaron 110 regiones hidrológicas prioritarias por su biodiversidad, de las cuales 82 corresponden a áreas de uso y 75 a áreas de alta riqueza biológica con potencial para su conservación; dentro de estas dos categorías, 75 presentaron algún tipo de amenaza. Se identificaron también 29 áreas que son importantes biológicamente, pero carecen de información científica suficiente sobre su biodiversidad.

De acuerdo con los mapas de la CONABIO, las componentes terrestres del proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio se ubican dentro del Corredor Cancún Tulum (Figura III.6), el cual incluye a las localidades de Cancún, Playa del Carmen, Puerto Morelos, Tulum, Akumal, Xel-ha y presenta algunos problemas relacionados con la necesidad de restaurar la vegetación, frenar la contaminación de acuíferos y dar tratamiento a las aguas residuales. El proyecto no tiene relación directa con los recursos que emanan de esta región.

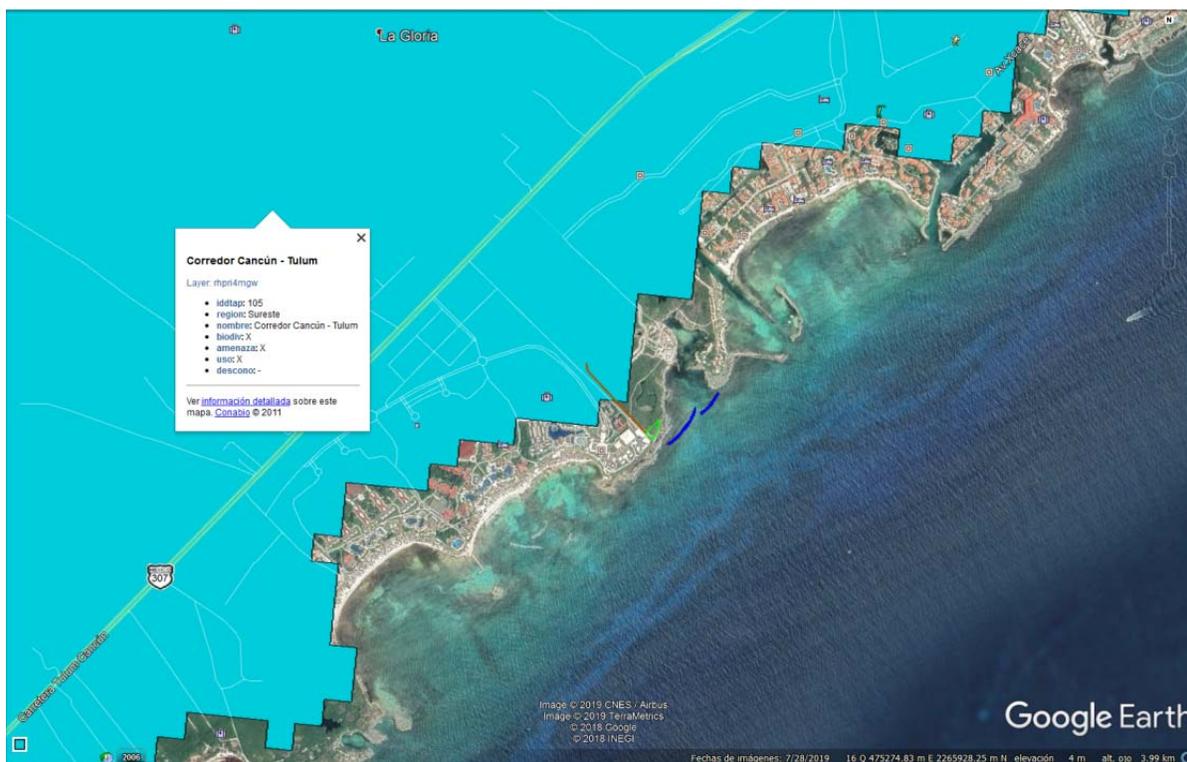


Figura III.6.- RHP Corredor Cancún Tulum y obras de proyecto.

III.2.6. REGIONES MARINAS PRIORITARIAS DE MÉXICO.

Con base en la información y conocimiento compartido, se identificaron, delimitaron y caracterizaron 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre biodiversidad. De la misma forma, se identificaron las amenazas al medio marino de mayor incidencia o con impactos significativos en nuestras costas y mares, de acuerdo con las cuales se hicieron recomendaciones para su prevención, mitigación, control o cancelación. Se elaboraron las fichas técnicas para cada área prioritaria identificada, las cuales contienen información general de tipo geográfico, climatológico, geológico, oceanográfico, así como el consenso generado por los participantes al taller respecto de la información biológica, de uso de los recursos, aspectos económicos y problemáticas de conservación y uso.

De acuerdo con los mapas de la CONABIO, el proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio se ubica dentro de la Región Marina Tulum X'puha. Esta zona tiene una extensión de 743 km², predomina la corriente del Caribe, con oleaje medio y aporte de agua dulce por ríos subterráneos, los cuales contribuyen a un hábitat especial en el cual se encuentran encontrar moluscos, poliquetos, corales, equinodermos, crustáceos, peces, tortugas, aves, mamíferos marinos, manglares y selva baja. Además de endemismo de vegetación en dunas y manglares.

La principal problemática es la modificación del entorno: dragas, relleno de áreas inundables y deforestación. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras y turísticas. Blanqueamiento de corales, contaminación por basura y aguas residuales y falta de normatividad en caletas y cenotes por parte del sector turístico.

El proyecto Arrecife Artificial de Carbonato de Calcio, no incrementa ni disminuye los efectos anteriores a esta región, sin embargo, representa una oportunidad de restauración coralina y costera.



IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

Una región, como concepto, corresponde a un término geográfico que designa un área o extensión que puede, a su vez, contener subregiones o mantener un conjunto de unidades territoriales de menor extensión que se conservan ligadas unas a otras en función de atributos determinados para su agrupación. Así, siendo que la asignación de los criterios comunes obedece, por lo general y con frecuencia, a razones relacionadas con la administración territorial por lo que resulta habitual que la regionalización ambiental colisione con los atributos ambientales que existen y se observan a nivel del suelo lo que implica que cuando el eje rector ambiental de la regionalización se doblega ante las demandas administrativas se generan productos, regiones, extensas y cargadas de incertidumbre.

Por lo anterior, la regionalización aquí realizada se sustenta en la estructura asimétrica del territorio y en la comprensión del hecho de que los ensambles naturales tienden a fragmentarse en unas pocas superficies extensas y muchas de tamaño pequeño lo cual también determina que las regiones resultantes menores requieren tanto o más esfuerzo de gestión como las mayores adicionando que, frecuentemente, corresponden a territorios que por su singularidad o fragilidad exigen ser tratados con particular cuidado.

De esta manera se tienen espacios territoriales definidos y circunscritos a características particulares tales como clima, producción, topografía, administración y gobierno. Lo anterior sin duda se origina y orienta de cara a resolver cuestiones políticas y administrativas y es aquí donde resulta primordial destacar que en cuestiones medioambientales no se reconocen, por no ser funcionales, los límites geopolíticos. Así, se tiene que las regiones son formadas por la administración territorial humana.

El tratamiento para establecer límites y definir un Sistema Ambiental puede basarse en diversos criterios:

1. Por ecosistemas homogéneos.
2. Por zonificaciones de instrumentos de política ambiental.
3. Por los límites de usos del suelo existentes y el avance de fronteras de perturbación antrópica.
4. Por el comportamiento del patrón hidrológico superficial en la conformación de cuencas, subcuencas y microcuencas.
5. Arbitrarios replicables

La delimitación de este ámbito de análisis tiene por objeto definir un espacio finito que sea concordante con la dimensión del proyecto que se valora. Esto es relevante porque, en un sistema ambiental desproporcionado se recaerá en sobre o subvaloraciones del impacto ambiental.

Así, se tiene que el espacio de análisis, el SAR (Sistema Ambiental Regional) debe de admitir una descripción de los elementos que lo conforman y permitir disertar sobre procesos y tendencias de deterioro/conservación en él y en el área de proyecto (AP), incluyendo la componente humana que conlleva aspectos económicos y sociales.

La delimitación tanto del SAR como del AP permite identificar y enunciar problemas ambientales asociados a su evolución, como medio que acoge al proyecto, así como determinar tendencias de deterioro regional que no necesariamente se ligan a las intervenciones que aquí se plantean y analizan.

IV.1.1 Delimitación del Sistema Ambiental Regional. Unidades de Paisaje

El Sistema Ambiental para este proyecto se definió, en su porción terrestre, utilizando los límites que imponen vialidades, como la carretera federal 307, obras y otras intervenciones humanas delimitadas en trazas urbanas como Puerto Aventuras pueblo, el desarrollo turístico habitacional privado *Puerto Aventuras* y la costa caribe conformándose un polígono irregular de 545.94 Ha.

Siendo que el proyecto se pretende en un espacio marino, se definió una porción marina, más allá de la cota de los -6.5 de profundidad, cuya cobertura es de 34.72 hectáreas. De lo anterior se tiene un Sistema Ambiental Regional de 580.66 Ha (Figura IV.1. Sistema ambiental delimitado).

Como se indicó en el Capítulo II, este proyecto es de carácter puntual, implicando una superficie total de 159.61 m², de los cuales 59.619 m² para el sitio A ,100.00 m² para el sitio B, camino temporal al sitio A 1,561.5 m², y camino temporal al sitio B 382.5 m². El banco de material actualmente en operación ocupa aproximadamente 16,846 m². Por lo que el ámbito marino delimitado se estima pertinente. Esta delimitación, además del carácter batimétrico, consideró el espacio entre una punta rocosa y un promontorio artificial que definen una celda litoral de 825 metros.

La acotación marina en celdas litorales responde a los procesos hidromorfodinámicos que suceden en el área en donde se pretende desarrollar el proyecto y, debido a que por sí mismas, estas celdas forman unidades naturales de manejo dado su aislamiento geomorfológico, conjugándose como unidades básicas en las que interacciona el oleaje y sedimentos, con el consecuente transporte litoral y la evolución de la línea de costa.

Para lograr lo anterior se requirió aplicar el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) con una malla de celdas de 15 x 15m, esta información fue reforzada con puntos de control topográficos. Con estos datos se obtuvieron curvas de nivel que permitirán análisis posteriores (Figura IV.2)

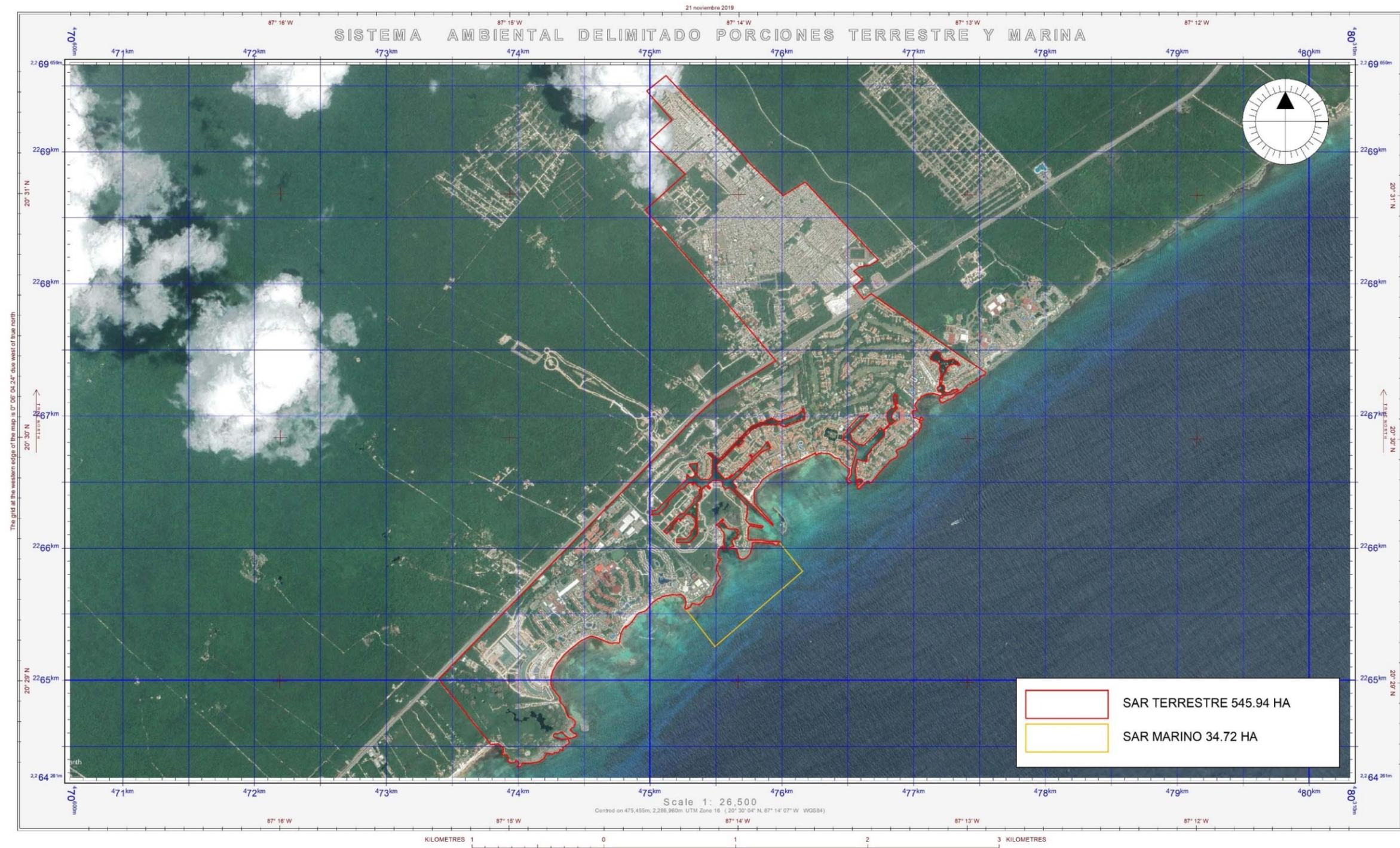


Figura IV-1. Sistema ambiental delimitado

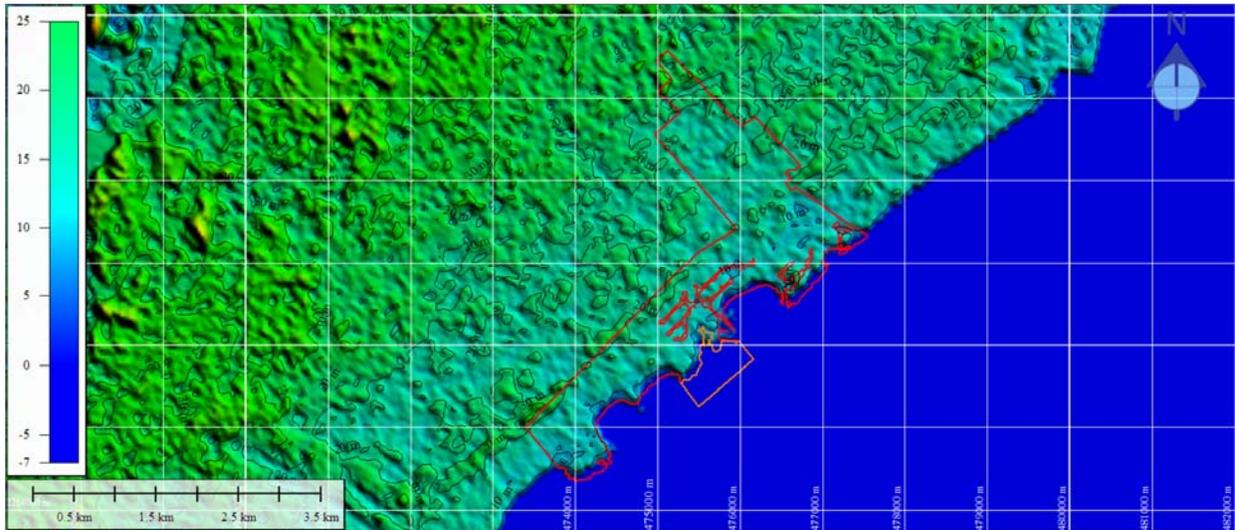


Figura IV.2.- Modelo digital de elevación.

Lo anterior muestra un modelo cartográfico que define un espacio de estudio con referencia espacial que ha de permitir organizar la información ambiental de manera que se minimicen los cambios adversos y se logre la óptima integración ambiental del proyecto Arrecife artificial de carbonato de calcio.

De inicio se está en posibilidad de notar que el espacio marino en el cual se pretenden las obras se encuentra en colindancia inmediata con áreas urbanas y transformadas manteniéndose fragmentos de vegetación secundaria principalmente de Selva Baja Subcaducifolia (Tabla IV.1). Los procesos naturales se encuentran disminuidos a causa de la urbanización y la naturalidad del espacio es relativamente reducida como se deduce de los datos de la Tabla IV.1 y de la Figura IV.3.

Tabla IV.1.- Inventario del Sistema Ambiental en su porción terrestre

UNIDADES DE PAISAJE	COBERTURA (Ha)	%
SISTEMA AMBIENTAL	545.94	
CONSTRUCCIONES	310.32	56.84
SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA SECUNDARIA	149.54	27.39
CANALES ARTIFICIALES	21.47	3.93
HUMEDAL COSTERO CON MANGLAR	18.35	3.36
JARDINES-VEGETACIÓN INDUCIDA	14.11	2.58
MATORRAL COSTERO	13.13	2.41
COSTA ROCOSA	8.93	1.64
COSTA ARENOSA	8.21	1.50
AGUA INTERIOR NATURAL	1.88	0.34

Lo anteriores datos se representan gráficamente en la Figura IV.3.

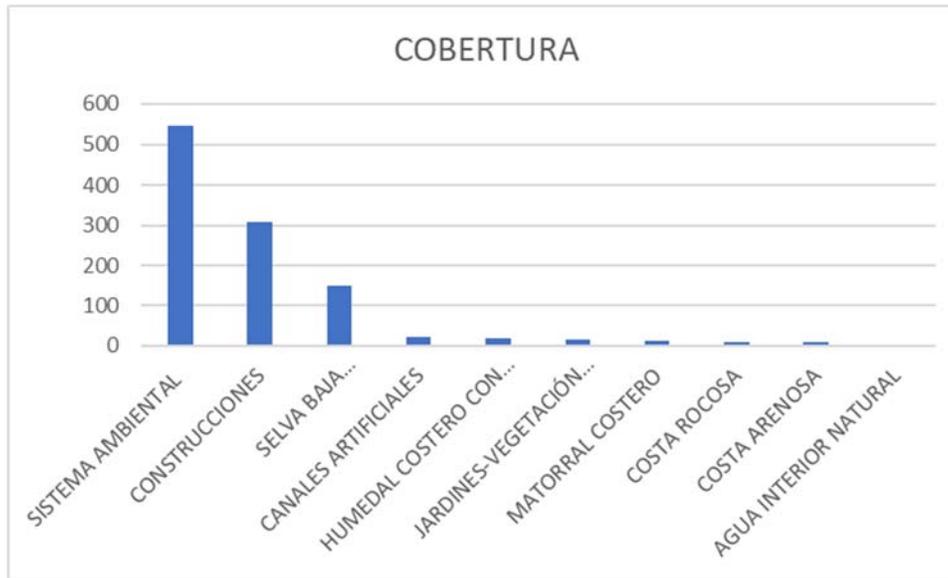


Figura IV.3.- Distribución de la cobertura.

Lo anterior es relevante ya que los procesos costeros y sus funciones ecológicas mantienen relación con la dinámica terrestre existente en estas áreas aledañas que, en este caso muestran una tendencia de cambio hacia el ámbito urbano. Se observa a continuación que el proyecto presenta a una superficie de muy reducida dimensión y que el tipo de actividades que se pretenden desarrollar se limitan a dicha superficie y a la ampliación de un camino temporal de obra, por lo que se asume que los componentes ambientales con los que interactúa el proyecto, en la zona terrestre se circunscriben únicamente a ese camino temporal y con áreas urbanas previamente transformadas y selva baja subcaducifolia, infraestructura de caminos y zona marina adyacente.

IV.1.2 Descripción de las Unidades de Paisaje de la porción terrestre del SAR

La descripción de las Unidades de Paisaje que se realiza a continuación se hace en orden descendente de acuerdo con la cobertura que presentan en el Sistema Ambiental.

UNIDAD DE PAISAJE CONSTRUCCIONES.

Esta Unidad de Paisaje corresponde a obras humanas concluidas y que se encuentran en operación dentro del Sistema Ambiental. Para el caso se tiene una diferenciación dada por el uso de instalaciones: comercial, habitacional y turísticas que, en conjunto, entre Puerto Aventuras pueblo y Puerto Aventuras, tienen una cobertura de 310.32 Ha, el 56.84% del espacio caracterizado.

Las construcciones expresan, por su actividad, la vocación del espacio y el sistema de necesidades de la población humana que los utiliza (Figura IV.4).

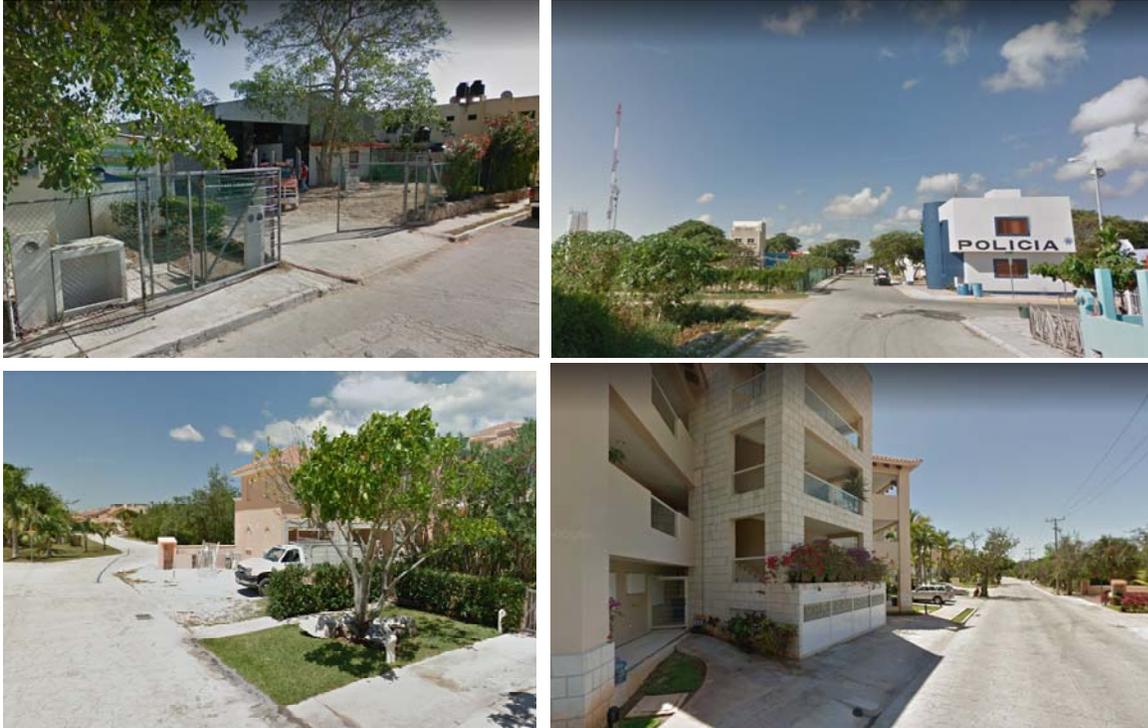


Figura IV.4.- Paisaje de construcciones.

La flora y fauna es relativamente escasa, se compone, principalmente, por especies introducidas, ornamentales y oportunistas como palma de coco (*Cocos nucifera*), Tabachín, árbol de fuego (*Delonix regia*), almendros (*Terminalia catappa*), buganblias (*Bougainvillea spectabilis*) entre otras.

Estos espacios son utilizados por fauna feral, como los gatos y perros (*Canis lupus familiaris*) domésticos (*Felis domesticus*), este último incluido en la lista de Las 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo elaborada por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI) de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y por la CONABIO en el listado Especies Invasoras de Alto Impacto a la Biodiversidad. Prioridades en México, así como por animales que toleran y se adaptan a la presencia humana, como el zanate (*Quiscalus mexicanus*), la rata común (*Rattus rattus*) y la iguana gris (*Ctenosaura similis*) entre otros.

Esta Unidad de Paisaje, entonces, corresponde a la mancha urbana que se amplía e incide en la concentración de servicios en un espacio metropolitano lo que ha provocado la migración humana desde otras zonas del Estado y del país a Puerto Aventuras.

El mapa obtenido (Figura IV.1) muestra un entorno regional ocupado principalmente por obras y actividades humanas y en donde lo urbano predomina sobre una participación relativamente escasa de componentes naturales.

UNIDAD DE PAISAJE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA.

Corresponde a un bosque tropical que se caracteriza por una estacionalidad que le da un aspecto distinto en época de lluvias y en época seca. Durante las lluvias los árboles permanecen cubiertos de hojas y en la época seca, entre el 50 y el 75% de los árboles pierden sus hojas y muchos florecen, producen frutos y semillas.

La cobertura de esta Unidad de Paisaje implica 149.54 Ha que corresponde al 27.39% del Sistema Ambiental Regional. Su distribución está limitada a un conjunto de parches que se han fragmentado a causa del desarrollo urbano.

Este ensamble vegetal se ha visto sujeto a diversos procesos de transformación recurrentes como son huracanes y los consecuentes incendios forestales que, históricamente, determinan la combustión de la necromasa generada por los ciclones.

Dada esta condición estocástica, la selva se presenta permanentemente afectada en términos de que la presencia de árboles caídos o descopados es frecuente. A lo anterior ha de agregarse la ampliación de la frontera urbana que demanda más suelo para la construcción de vivienda y la infraestructura a esta asociada.

Las alteraciones naturales recientes más relevantes son aquellas derivadas del paso del huracán Wilma el 21 de octubre de 2005 por la zona norte de Quintana Roo. Éste ha definido como el más destructivo de los huracanes del Siglo XXI (hasta ahora) debido a los daños ocasionados en los ecosistemas y a la infraestructura regional. Así, son estos fenómenos los que modifican significativamente la estructura de cubierta vegetal original de la región sin relación alguna con este u otros proyectos constructivos.

El estrato arbóreo existente en esta UP se caracteriza por tener una altura de entre 4 a 9 m, en donde los árboles dominantes conservan por más tiempo su follaje a causa de una mayor humedad edáfica; entre el 50 y el 75% de las especies tiran la hoja en la época crítica (INEGI, 2005).

Las especies características de este ensamble vegetal y que sobresalen por su abundancia relativa, son *Vitex gaumeri*, *Bursera simaruba* y *Piscidia piscipula*, con diámetros que van desde los 10 cm hasta los 25 cm (DAP) para los fustes más gruesos que corresponden con aquellos individuos que son más altos y que rebasan los 9 m (FiguraIV.5).



Figura IV.5.- Especies características del paisaje de SBC. *Coccothrinax readii* es una palmácea presente en la UP selva baja caducifolia. A la derecha, El Chakah, *Bursera simaruba* destaca al fondo por su tronco rojo.

Las especies características de este tipo de vegetación son las consignadas en el Cuadro IV.1. La Figura IV.6 ilustra algunos ejemplos de esta vegetación.

Cuadro IV.1.- Especies características de Selva Baja Caducifolia.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE	NOM-059-
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urb.	Chechem rojo	-
Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i> Hemsl.	Akits	-
Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i> H.J. Quero	Nakax	A
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L.	Coco	-
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult. f.	Ch'it	A
Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	Pochote	-
Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i> DC.	Circote	-
Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i> L.	Chorn	-
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Chakah	-
Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i> L.	Guarumbo	-
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum confusum</i> Britton	Cho-che	-
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i> Greenm.	Pomolche	-
Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	Cornezuelo	-
Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.	Kitim che'	-
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Waxin	-
Fabaceae	<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	Tepeguaje	-
Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	Tzalam	-
Fabaceae	<i>Mimosa bahamensis</i> Benth.	Katzin	-
Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	Jabín	-
Fabaceae	<i>Pithecellobium keyense</i> Britton	Chukum	-
Fabaceae	<i>Senna racemosa</i> H.S. Irwin & Barneby. var.	k'an ja' abin	
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i> Standl.	Majagua	-

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE	NOM-059-
Malvaceae	<i>Helicteres baruensis</i> Jacq.	Tzutup	-
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro rojo	Pr
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Ramón	-
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	Matapalo	-
Moraceae	<i>Ficus pertusa</i> L. f.	sak chéechen	-
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	Guayabillo	-
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Ya'	-
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	Yaaxnik	-



Figura IV.6.- Ejemplares característicos de SBC.

Respecto a la fauna, las especies frecuentes en este ecosistema son las siguientes (Cuadro IV.2):

Cuadro IV.2.- Especies de fauna frecuente.

TAXA	NOMBRE COMÚN	NOM-059
CLASE AMPHIBIA		
ORDEN ANURA		
FAMILIA BUFONIDAE		
<i>Incilius valliceps</i>	Sapo del golfo	
FAMILIA HYLIDAE		
<i>Trachycephalus typhonyus</i>	Rana arbórea	
<i>Scinax staufferi</i>	Rana de árbol de Stauffer	
FAMILIA LEPTODACTYLIDAE		
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	Rana nidificadora de sabinal	
FAMILIA RANIDAE		
<i>Lithobates vaillanti</i>	Rana de Vaillant	
CLASE REPTILIA		
ORDEN SQUAMATA		
FAMILIA CORYTOPHANIDAE		
<i>Basiliscus vittatus</i>	Toloque rayado	
FAMILIA EUBLEPHARIDAE		
<i>Coleonyx elegans</i>	Cuija yucateca	A
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	Geco enano collarejo	Pr
FAMILIA GEKKONIDAE		
<i>Hemidactylus frenatus</i>	Cuija besucona	
FAMILIA IGUANIDAE		
<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana espinosa rayada	A
FAMILIA DACTYLOIDAE		
<i>Anolis rodriguezii</i>	Anolis liso	
<i>Anolis sagrei</i>	Anolis pardo	
FAMILIA COLUBRIDAE		
<i>Leptophis mexicanus</i>	Culebra perico mexicana	A
<i>Spilotes pullatus</i>	Culebra ratonera mica	
CLASE MAMMALIA		
ORDEN CHIROPTERA		
FAMILIA PHYLLOSTOMIDAE		
<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago de cola corta	
<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago frutero	
ORDEN RODENTIA		
FAMILIA SCIURIDAE		
<i>Sciurus deppei</i>	Ardilla tropical	
FAMILIA GEOMYOIDEA		
<i>Orthogeomys hispidus</i>	Tuza crespa	
FAMILIA AGOUTIDAE		
<i>Dasyprocta punctata</i>	Sereque	

TAXA	NOMBRE COMÚN	NOM-059
FAMILIA CUNICULIDAE		
<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	
ORDEN CARNIVORA		
FAMILIA PROCYONIDAE		
<i>Nasua Narica</i>	Coatí	
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	
ORDEN ARTIODACTYLA		
FAMILIA TAYASSUIDAE		
<i>Dicotyles crassus</i>	Pecari de collar	
FAMILIA CERVIDAE		
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	
CLASE AVES		
ORDEN GALLIFORMES		
FAMILIA CRACIDAE		
<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca Oriental	
ORDEN COLUMBIFORMES		
FAMILIA COLUMBIDAE		
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma Morada	
<i>Streptopelia decaocto</i>	Paloma de Collar Turca	
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma Alas Blancas	
ORDEN CAPRIMULGIFORMES		
FAMILIA CAPRIMULGIDAE		
<i>Antrostomus badius</i>	Tapacaminos Yucateco	
ORDEN APODIFORMES		
FAMILIA TROCHILIDAE		
<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí Canelo	
ORDEN CHARADRIIFORMES		
FAMILIA RECURVIROSTRIDAE		
<i>Himantopus mexicanus</i>	Monjita Americana	
FAMILIA CHARADRIIDAE		
<i>Pluvialis squatarola</i>	Chorlo Gris	
<i>Charadrius wilsonia</i>	Chorlo Pico Grueso	
<i>Charadrius semipalmatus</i>	Chorlo Semipalmeado	
ORDEN CATHARTIFORMES		
FAMILIA CATHARTIDAE		
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Común	
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Aura	
<i>Cathartes burrovianus</i>	Zopilote Sabanero	Pr
ORDEN ACCIPITRIFORMES		
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla Negra Menor	Pr
ORDEN STRIGIFORMES		
FAMILIA STRIGIDAE		
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote Bajeño	

TAXA	NOMBRE COMÚN	NOM-059
ORDEN TROGONIFORMES		
FAMILIA TROGONIDAE		
<i>Trogon melanocephalus</i>	Coa Cabeza Negra	
ORDEN PICIFORMES		
FAMILIA PICIDAE		
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero Cheje	
ORDEN PSITTACIFORMES		
FAMILIA PSITTACIDAE		
<i>Eupsittula nana</i>	Perico Pecho Sucio	Pr
ORDEN PASSERIFORMES		
FAMILIA TYRANNIDAE		
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis Bienteveo	
<i>Myiozetetes similis</i>	Luisito Común	
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Papamoscas Rayado Común	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Pirirí	
<i>Tyrannus couchii</i>	Tirano Cuír	
FAMILIA VIREONIDAE		
<i>Vireo magister</i>	Vireo Yucateco	
FAMILIA CORVIDAE		
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara Yucateca	
FAMILIA TROGLODYTIDAE		
<i>Pheugopedius maculipectus</i>	Saltapared Moteado	
<i>Uropsila leucogastra</i>	Saltapared Vientre Blanco	
FAMILIA MIMIDAE		
<i>Mimus gilvus</i>	Centzontle Tropical	
FAMILIA FRINGILLIDAE		
<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia Garganta Negra	
FAMILIA ICTERIDAE		
<i>Icterus prothemelas</i>	Calandria Caperuza Negra	
<i>Icterus cucullatus</i>	Calandria Dorso Negro Menor	
<i>Icterus chrysater</i>	Calandria Dorso Amarillo	
<i>Icterus auratus</i>	Calandria Dorso Naranja	
<i>Icterus gularis</i>	Calandria Dorso Negro Mayor	
<i>Dives dives</i>	Tordo Cantor	
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Mayor	
FAMILIA PARULIDAE		
<i>Setophaga petechia</i>	Chipe Amarillo	
FAMILIA THRAUPIDAE		
<i>Coereba flaveola</i>	Reinita Mielera	

UNIDAD DE PAISAJE CANALES ARTIFICIALES

Estos canales corresponden a excavaciones que se realizaron para la construcción de la marina interior del desarrollo Puerto Aventuras. Tienen una cobertura de 21.47 Ha que representa el 3.93% del SAR (Figura IV.7).



Figura IV.7.- Paisaje canales artificiales.

Dentro de estos límites se ha desarrollado una exclusiva comunidad en la que los hoteles, residencias, embarcaciones y el golf atraen a visitantes de todo el mundo. La fauna terrestre que se observa en esta unidad de Paisaje es la siguiente (Cuadro IV.3):

Cuadro IV.3.- Fauna terrestre.

Taxa	Nombre común	NOM-059
FAMILIA LARIDAE		
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota Reidora	
ORDEN SULIFORMES		
FAMILIA FREGATIDAE		
<i>Fregata magnificens</i>	Fragata Tijereta	
ORDEN PELECANIFORMES		
FAMILIA PELECANIDAE		
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelícano Café	
ORDEN ACCIPITRIFORMES		

FAMILIA PANDIONIDAE		
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora	

La ictiofauna está conformada por las siguientes especies (Cuadro IV.4).

Cuadro IV.4.- Ictiofauna presente.

Taxa	Nombre común	NOM-059
<i>Lophogobius cyprinoides</i>	Gobio Gallo	
<i>Bathygobius soporator</i>	Mapo Aguado	
<i>Sphyraena barracuda</i>	Barracuda	
<i>Rocio octofasciata</i>	Cíclido de Ocho Bandas	
<i>Astyanax fasciatus</i>	Sardinita Coli-Roja	
<i>Strongylura notata</i>	Agujón Negro	

UNIDAD DE PAISAJE MANGLAR.

El manglar corresponde a un bosque formado primordialmente por árboles de alguna o varias de las especies de mangle que son plantas tolerantes a la sal. Se distribuyen en espacios intermareales, lagunas o cuencas costeras de las costas tropicales. Así, entre las áreas con manglares se incluyen estuarios y zonas costeras. Son bosques altamente productivos y son utilizados por aves, peces, crustáceos y moluscos como sitios de crianza, alimentación y refugio. Esta Unidad de Paisaje (UP) tiene una cobertura de 18.35 Ha que equivale al 3.36% del Sistema Ambiental (SAR). El área de estudio se ubica en la zona de influencia de las aguas del mar Caribe, por lo que este factor se habrá de reflejar directamente en los tipos de asociaciones vegetales presentes ya que los niveles de inundación que alcanzan estos espacios condicionan la distribución de las distintas comunidades vegetales.

Por lo anterior, el nivel de saturación del sustrato y la microtopografía se consideran como las principales características para definir la vegetación dominante, teniendo como resultado la distribución y abundancia de vegetación en suelos bajos e inundables, ya sea la que es propia de la formación de cuerpos de agua permanentes o, de aquellos que están sujetos a inundación temporal por la precipitación pluvial, así como aquellos que se encuentran en espacios topográficamente más bajos.

En el contexto anterior, esta UP corresponde a una cubierta diversa compuesta por una comunidad constituida por vegetación representada por mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y en menor proporción mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), con asociaciones aisladas de sulub (*Bravaisia tubiflora*) con presencia de parches de vegetación halófila como *Solanum verbascifolium* (Figura IV.8), *Cestrum nocturnum*, *Batis maritima* y algunas trepadoras como *Echites umbellata*.

En general, el manglar cuenta con alta diversidad; con humedad y temperaturas elevadas bajo el dosel. El terreno periódica o permanentemente se mantiene inundado y los suelos se presentan con gran cantidad de materia orgánica (Cabrera, 1982).



Figura IV.8.- *Solanum verbascifolium* es una planta frecuente en el bosque de manglar.

Las plantas epífitas son conspicuas, se hace evidente la presencia de las familias Orchidaceae y Bromeliaceae las que se desarrollan en las ramificaciones de *Rhizophora mangle*. Se observan *Myrmecophila christinae*, *Catasetum integerrimum*, *Brassavola nodosa* (Figura IV.9), *Tillandsia fasciculata* y *Tillandsia pseudobaileyi*. Estas plantas epífitas tienen la capacidad de adaptarse a ambientes restrictivos para otras ya que su historia natural determina un uso eficiente de los nutrientes y del agua (Hagsater et al, 2005).



Figura IV.9.- *Brassavola nodosa* es una epífita frecuente en la UP Manglar.

En lo referente a las alturas individuales de esta vegetación se observa que se ubican entre los 1-1.5 m con escasos individuos que rebasen los 2.5 m.

Este bosque se presenta sobre zonas inundadas y recibe el aporte de agua por precipitación pluvial que queda contenida en la cuenca ya que ésta se encuentra entre los 0 y -0.5 msnm, ahí el suelo es de tipo humífero, producido por el propio aporte de materia orgánica del bosque que sostiene. Son suelos profundos y de color pardo oscuro.

En lo referente a los parámetros estructurales que manifiesta esta vegetación, los muestreos realizados indican que se observa una densidad dominante de mangle rojo de hasta 10 ind/m². Valor que deberá ser tomado con reserva toda vez que el crecimiento de esta vegetación no se encuentra bien definido ni documentado en la bibliografía y que una característica de este tipo de manglar es la manifestación de un crecimiento con base en raíces aéreas coronadas por un desarrollo de ramas que tienden a buscar el dosel y para los fines de densidad cada una de éstas fue considerada como un individuo. El mangle botoncillo se presenta en las partes más altas formando parches dispersos y el mangle blanco en bosquetes dispersos o franjas (Figura IV.10).

Al respecto se anota que se sabe poco sobre las causas que originan la presencia de tamaños mínimos en la corpulencia de esta especie. No obstante, se observa una comunidad estable y fisonómicamente se expresa bajo una condición privativa de este ensamble vegetal.



Figura IV.10.- Bosque de mangle.

El bosque de mangle que conforma esta Unidad de Paisaje se compone por tres especies y se desarrolla en las proximidades del cenote Media Luna (Cuadro IV.5.- Vegetación reportada).

Cuadro IV.5.- Vegetación reportada para Cenote Media Luna.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO (NOM-SEMARNAT-059-2010)	
		Distribución	Categoría
<i>Avicennia germinans</i>	Mangle negro	No endémica	Amenazada
<i>Capparis flexuosa</i>	Chuchuk che'		
<i>Chamaedorea seifrizii</i>	Xiat		
<i>Coccoloba barbadensis</i>	Uvero, boob ch'iich		
<i>Coccoloba uvifera</i>	Uva, carnero, kiiche, niiché		
<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle prieto, mangle botoncillo	No endémica	Amenazada
<i>Cordia dodecandra</i>	Ciricote		
<i>Cyperus planifolius</i>	Xtup-suk		
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco	No endémica	Amenazada
<i>Morinda citrifolia</i>	Noni		
<i>Passiflora foetida</i>	Poch, túbok, poch'aak', poch'iil		
<i>Psychotria nervosa</i>	Retamo		
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo, mangle colorado, xtabché	Endémica	Amenazada
<i>Selenicereus testudo</i>	Pitaya		
<i>Terminalia catappa</i>	Almendro		

La vegetación de manglar en el SAR delimitado, de acuerdo con De Liocourt (Meyer et al., 1961), se estaría comportando como vegetación natural, aunque, en su mayoría, se encuentre en áreas con gran actividad humana

En lo que corresponde a la fauna silvestre, en esta UP se registran diversos vertebrados de las clases Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia siendo el grupo de aves el representado por más especies (Cuadro IV.6).

Cuadro IV.6.- Fauna reportada para Cenote Media Luna.

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
AMPHIBIA	Anura	<i>Leptodactylus</i>	Sapito
REPTILIA	Crocodylidae	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo de pantano
	Polychrotidae	<i>Anolis saqrei</i>	Toloquito
	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Toloque, Pasa ríos
	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana espinosa rayada
AVES	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax auritus</i>	Cormorán Orejudo
	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca
	Ardeidae	<i>Egretta tricolor</i>	Garceta tricolor
	Threskiornithidae	<i>Eudocimus albus</i>	Ibis blanco
	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Fragata magnífica
	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Centzontle tropical

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo
	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mayor
	Ardeidae	<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza-tigre mexicana
	Tyrannidae	<i>Tyrannus</i>	Tirano tropical
	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca
MAMMALIA	Felidae	<i>Felis domesticus</i>	Gato domestico
	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache

UNIDAD DE PAISAJE JARDINES-VEGETACIÓN INDUCIDA.

Estos espacios corresponden a jardines, canchas deportivas y áreas de esparcimiento que cubren una superficie de 14.11 Ha, el 2.58% del Sistema Ambiental Regional que aquí se analiza. El valor ambiental de estos espacios es relativamente bajo ya que no constituyen áreas de refugio o de propagación de especies silvestres locales, aunque, por otra parte, sí ofrecen recursos y cobertura a aquellas especies animales que toleran o, inclusive, prefieren la presencia humana (Figura IV.11).



Figura IV.11.- Paisaje jardines – vegetación inducida.



Figura IV.11 (Cont.).- Paisaje jardines – vegetación inducida.

Las áreas verdes ajardinadas que conforman esta Unidad de Paisaje (UP) aunque son de conformaciones distintas se mantiene el componente de artificialidad. Uno de los atributos funcionales es que si dejan de ser cuidadas y mantenidas evolucionan, en tiempos variables, hacia la recuperación de la vegetación nativa que es, de inicio, el elemento que es deliberadamente desplazado fuera de estos espacios. Corresponden también a jardines de tipo urbano con camellones y jardineras decorativas, a campos de juego que, en este caso, son de golf, beisbol y futbol.

Estos espacios mantienen el suelo cubierto con césped del tipo Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) de origen africano o San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) de América tropical formando prados que están dominados por palmeras y plantas de ornato, herbáceas, que en su mayoría son introducidas pero comunes en México.

Las palmas registradas corresponden a especies introducidas. Se distinguen, por su porte y belleza, *Archontophoenix alexandrae* (palma Alejandr ), *Archontophoenix cunninghamiana* (palma rey), *Ravenala madagascariensis* (palma del viajero) y *Roystonea regia* (palma real de cuba) y, por su abundancia *Cocos nucifera* (palma de coco) y *Roystonea regia*. También se observaron individuos de la c cada *Cycas revoluta* (palma sagú).

Se document  la presencia de especies arbóreas y arbustivas introducidas como *Casuarina equisetifolia* (pino salado), *Araucaria excelsa* (pino), *Malvaviscus arboreus* (tulipancillo) y *Bougainvillea spectabilis* (bugambilia).

En las áreas verdes del desarrollo Puerto Aventuras, se observó la presencia de 17 especies arbóreas, 6 especies arbóreo-arbustivas, 3 especies arbustivas y 8 especies herbáceas. La riqueza

de especies es similar a la observada en los fragmentos de selva mediana subperennifolia, pero esto se debe a la elevada presencia de plantas introducidas ornamentales y de plantas invasoras como el caso de los almendros (*Terminalia catappa*).

En lo concerniere a la fauna silvestre que se encuentra en esta UP, se registraron en total 13 especies de vertebrados de las clases Reptilia, Aves y Mammalia distribuidas en 10 familias diferentes, siendo las aves el grupo mejor representado con seis especies, enseguida los mamíferos con cuatro y en tercer lugar los reptiles con tres especies (Cuadro IV.7).

Cuadro IV.7.- Fauna característica de paisaje jardines – vegetación inducida.

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
REPTILIA	Polychrotidae	<i>Anolis sagrei</i>	Toloquito
	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana espinosa rayada
	Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Escorpión, cuija
AVES	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Centzontle tropical
	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo
	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mayor
	Columbidae	<i>Streptopelia decaocto</i>	Paloma de Collar
	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca
MAMMALIA	Muridae	<i>Mus musculus</i>	Ratón casero
	Felidae	<i>Felis domesticus</i>	Gato domestico
	Phyllostomidae	<i>Artibeus intermedius</i>	Murciélago de la fruta
	Phyllostomidae	<i>Artibeus phaeotis</i>	Murciélago pigmeo

UNIDAD DE PAISAJE MATORRAL COSTERO

Este ensamble vegetal se distribuye en forma de una franja continua, paralela y colindante con la línea de costa. Está formada por parches diferenciados plantas que por su resistencia a la sal marina son capaces de colonizar y permanecer en un ambiente predominantemente salino. Su cobertura en el Sistema Ambiental es de 13.13 Ha que corresponde al 2.41%.

Corresponde a las plantas pioneras cuyo atributo principal estriba en la sujeción del suelo y, con ello, establecer condiciones para otras plantas. Su sombra puede funcionar como nodriza para otras especies que, al crecer las desplazan formando un matorral (Figura IV.12).



Figura IV.12.- Paisaje matorral costero.

Para la zona estudiada, esta UP presenta una gran diversidad de especies consideradas bajo el término colonizadoras o pioneras, mismas que se caracterizan por la dominancia de pequeñas herbáceas y algunas plantas rastreras las que, por lo general, presentan tallos y follaje ligeramente suculentos. Dentro del Sistema Ambiental se mantiene bajo la presión de los cambios en el nivel de marea y a las tormentas por lo que el sustrato se caracteriza por su inestabilidad natural. Esta condición repercute de manera directa en la distribución y abundancia (Cuadro IV.8).

Cuadro IV.8.- Vegetación de matorral costero.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.	Verdolaga de mar	-
Amaryllidaceae	<i>Hymenocallis littoralis</i> (Jacq.) Salisb.	Lirio de mar	-
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult. f.	Ch'it	A
Asteraceae	<i>Ageratum maritimum</i> Kunth	Hulaumyche	-
Asteraceae	<i>Ambrosia hispida</i> Pursh	Margarita de mar	-
Asteraceae	<i>Borrchia arborescens</i> (L.) DC.	Margarita de mar	-
Boraginaceae	<i>Cordia sebestena</i> L.	Ciricote playero	-
Boraginaceae	<i>Tournefortia gnaphalodes</i> (L.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Sikimay	-
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Ciruela blanca	-
Cyperaceae	<i>Cyperus planifolius</i> Rich.	Xtup-Suk	-
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia densiflora</i> (Klotzsch & Garcke) Klotzsch	-	-
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia trichotoma</i> Kunth	-	-
Fabaceae	<i>Crotalaria purdiana</i> H. Senn	Cascabelillo	-

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010
Goodeniaceae	<i>Scaevola taccada</i> (Gaertn.) Roxb.	-	-
Poaceae	<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene	Pasto salado	-
Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L.	Uva de mar	-
Rubiaceae	<i>Strumpfia maritima</i> Jacq.	-	-
Surianaceae	<i>Suriana maritima</i> L.	Pantsil	-
Verbenaceae	<i>Lantana involucrata</i> L.	Orégano	-

La mayoría de las especies que establecidas en esta UP presenta poco crecimiento vertical y más bien son de hábito postrado (Espejel, 1984; Campos y Duran, 1991) citado por Duran (s.f). Esta condición define, en parte, los servicios ambientales que presta ya que el conjunto es retenedor del sustrato, lo que lo determina, en los sitios arenosos, como precursor de la formación de la duna costera que, una vez sostenido el suelo, permite que se instalen otras especies tales como *Tournefortia gnaphalodes* (sikimay) que se manifiesta como herbácea de hábitos erectos y *Sesuvium portulacastrum* (verdolaga de playa).

En cuanto a la fauna, en esta UP se reportan las especies consideradas den el Cuadro IV.9.

Cuadro IV.9.- Fauna reportada para en Matorral costero.

TAXA	NOMBRE COMÚN	NOM-059
CLASE AMPHIBIA		
ORDEN ANURA		
FAMILIA BUFONIDAE		
<i>Incilius valliceps</i>	Sapo del golfo	
ORDEN SQUAMATA		
FAMILIA IGUANIDAE		
<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana espinosa rayada	A
FAMILIA PHRYNOSOMATIDAE		
<i>Sceloporus cozumelae</i>	Lagartija escamosa de Cozumel	Pr
FAMILIA DACTYLOIDAE		
<i>Anolis sagrei</i>	Anolis pardo	
FAMILIA COLUBRIDAE		
<i>Leptophis mexicanus</i>	Culebra perico mexicana	A
<i>Spilotes pullatus</i>	Culebra ratonera mica	
FAMILIA PROCYONIDAE		
<i>Nasua Narica</i>	Coatí	
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	

TAXA	NOMBRE COMÚN	NOM-059
FAMILIA SCOLOPACIDAE		
<i>Numenius phaeopus</i>	Zarapito Trinador	
<i>Arenaria interpres</i>	Vuelvepiedras Rojizo	
<i>Calidris minutilla</i>	Playero Diminuto	
<i>Actitis macularius</i>	Playero Alzacolita	
<i>Tringa semipalmata</i>	Playero Pihuiuí	
FAMILIA LARIDAE		
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota Reidora	
ORDEN SULIFORMES		
FAMILIA FREGATIDAE		
<i>Fregata magnificens</i>	Fragata Tijereta	
ORDEN PELECANIFORMES		
FAMILIA PELECANIDAE		
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelícano Café	
ORDEN CATHARTIFORMES		
FAMILIA CATHARTIDAE		
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Común	
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Aura	
<i>Cathartes burrovianus</i>	Zopilote Sabanero	Pr
ORDEN ACCIPITRIFORMES		
FAMILIA PANDIONIDAE		
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora	
<i>Tyrannus couchii</i>	Tirano Cuír	
FAMILIA VIREONIDAE		
<i>Vireo pallens</i>	Vireo Manglero	Pr
FAMILIA MIMIDAE		
<i>Mimus gilvus</i>	Centzontle Tropical	
FAMILIA FRINGILLIDAE		
<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia Garganta Negra	
FAMILIA ICTERIDAE		
<i>Dives dives</i>	Tordo Cantor	
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Mayor	

UNIDAD DE PAISAJE COSTA ROCOSA

Las costas rocosas, que en el SAR tienen una cobertura de 8.93 ha o 1.64 %, suelen tener diversos orígenes; las compuestas por arena, pedazos de corales y gran cantidad de restos de animales; como las de Quintana Roo, donde la distribución de los organismos está condicionada por la

influencia de factores como la exposición al oleaje, viento, temperatura, desecación. Presentan cuevas, grietas y pozas de marea que funcionan como refugio ante el embate de las olas; los organismos que allí viven utilizan sistemas de adherencia y esqueletos externos gruesos y resistentes (caracoles, quitones), o se ubican en grietas más estrechas donde se adhieren de alguna manera y están más protegidos de la desecación durante la marea baja (pepinos, anémonas, cangrejos).

Estas playas presentan una escasa flora que les es particular estando adaptada a prosperar sobre los remanentes antiguos de arrecifes coralinos, esqueletos de algas calcáreas y otros organismos microscópicos, que, con el paso del tiempo, se han cementado y dado como resultado una piedra caliza altamente soluble, que la energía del oleaje ha erosionado hasta dejar una pendiente resistente y suave. Dadas estas características no resultan ser áreas especialmente diversas (Figura IV.13).

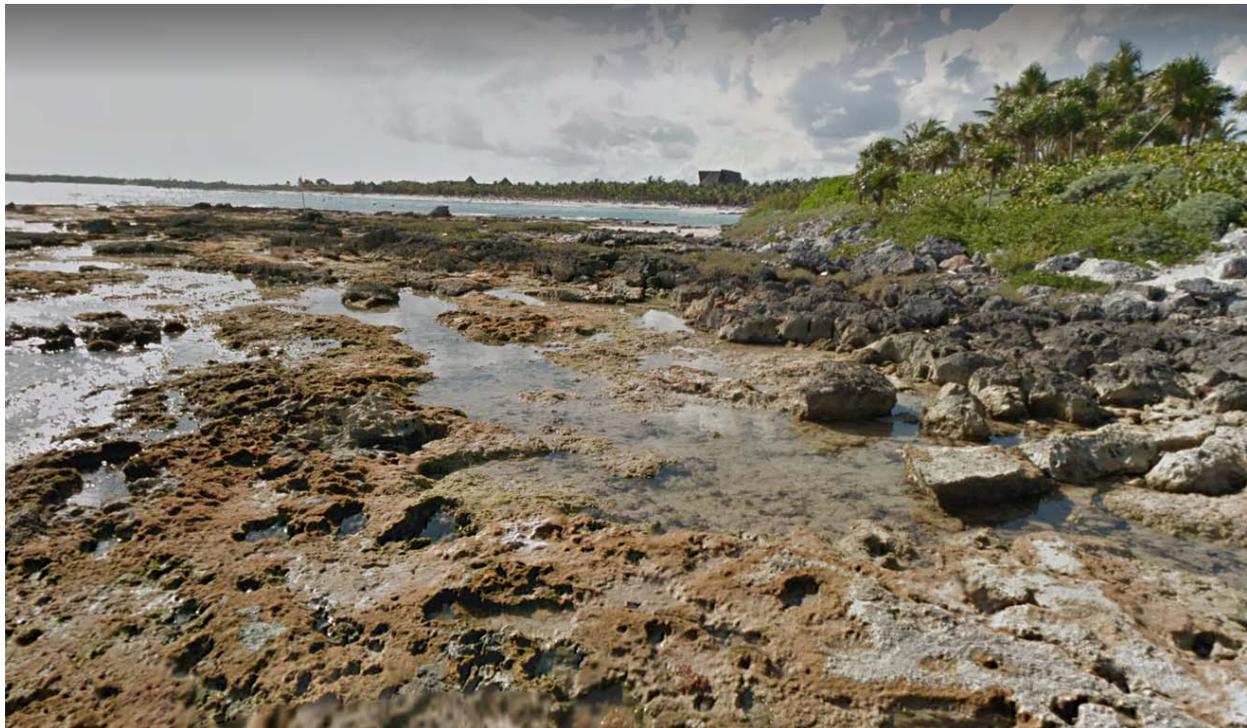


Figura IV.13.- Paisaje Costa Rocosa.

La vegetación en esta UP es escasa, se representa principalmente por poáceas (Cuadro IV.10).

Cuadro IV.10.- Vegetación en paisaje rocoso.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010
Poaceae	<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene	Pasto salado	-
Poaceae	<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth	-	-

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010
Poaceae	<i>Sporobolus pumilus</i> (Roth) P.M. Peterson & Saarela	-	-

La fauna también es escasa, se observan aves marinas tales como las relacionadas en el Cuadro IV.11.



Figura IV.13 (Cont).- Paisaje Costa Rocosa.

Cuadro IV.11.- Fauna en Paisaje Costero Rocoso.

Taxa	Nombre común	NOM-059
FAMILIA LARIDAE		
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota Reidora	
ORDEN SULIFORMES		
FAMILIA FREGATIDAE		
<i>Fregata magnificens</i>	Fragata Tijereta	
ORDEN PELECANIFORMES		
FAMILIA PELECANIDAE		
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelícano Café	

ORDEN ACCIPITRIFORMES		
FAMILIA PANDIONIDAE		
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora	

UNIDAD DE PAISAJE COSTA ARENOSA

Esta Unidad de Paisaje (UP) cubre 8.21 ha del Sistema Ambiental Regional que es el 1.5%. Corresponde a la línea costera que se ubica entre el continente y el mar Caribe y constituye, un lugar de esparcimiento, descanso, contemplación y ocio (Figura IV.14). Desde la perspectiva económica es un espacio que forma parte central del soporte turístico conformando un conjunto de vistas y paisajes de un alto valor intrínseco para el concepto de sol y playa. Es una franja de amplitud variable formada originalmente por restos de corales y otras especies marinas con componentes corporales calcáreos

La arena que cubre este espacio del SAR no corresponde a un reservorio de diversidad biológica o un hábitat en el que ocurran de manera constante fenómenos de importancia biológica. Es un sitio homogéneo que se sujeta permanentemente a una alta turbulencia y a un uso humano intensivo por lo que su productividad primaria es baja o nula ya que sostiene un mínimo de vegetación original. Sin embargo, no deja de tener importancia para el forrajeo de algunas especies de aves marinas y son fundamentales para el desove de las tortugas marinas.

La UP se sujeta a diversas perturbaciones de gran magnitud como los huracanes, nortes y suradas que implican, a su vez, la ocurrencia de procesos costeros como la erosión y acreción; como geoforma, se encuentra constituida por arenas calcáreas fosilíferas blancas de grano muy fino y fino, es decir que van de 0.23 a 0.36 mm de diámetro.

Las especies botánicas que se encuentran en esta UP corresponden a plantas halófilas representadas por herbáceas como *Batis maritima* (ts'aay kaan), *Distichlis spicata* (Pasto de mar), *Ipomoea pes-caprae* (riñonina), *Tournefortia gnaphalodes* (sikimay) y arbóreas como *Cocos nucifera* (palma de coco) y *Coccoloba uvifera* (uva de mar).

Siendo que el uso que el turismo ha definido para esta UP es intensivo, la vegetación de duna costera original también ha sido modificada y reestablecida, en los mejores casos, como elementos decorativos. Es por ello por lo que actualmente el ensamble original se distribuye en parches aislados. Su conservación es importante ya que tienen como atributo la capacidad de sujetar el sustrato arenoso minimizando la erosión eólica y, también, favoreciendo condiciones de fijación para así establecer condiciones para la proliferación de otras plantas.

La presencia de fauna silvestre en esta Unidad de Paisaje es reducida lo que se explica por la escasa vegetación que prevalece y a los cuidados de jardinería que sobre ésta se llevan a cabo. Se registraron vertebrados de las clases Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia, siendo las aves el grupo mejor representado (Cuadro IV.12.).

Cuadro 12.- Fauna en Costa Arenosa.

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
AMPHIBIA	Anura	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	Sapito
REPTILIA	Polychrotidae	<i>Anolis sagrei</i>	Toloquito
	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana espinosa rayada
AVES	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Fragata magnífica
	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax auritus</i>	Cormorán Orejudo
	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate



Figura IV.14.- Paisaje Costa arenosa.

UNIDAD DE PAISAJE AGUA INTERIOR

Se especifica que estos cuerpos de agua son naturales, se asocian a cenotes costeros que determinan la existencia de un acuífero no confinado intercomunicado. Un aspecto relevante de estos cuerpos de agua son las oquedades sumergidas. En ellas la luz determina la posibilidad de desarrollo de organismos fotosintetizadores y con ello el establecimiento de comunidades acuáticas complejas. Esta UP tiene una cobertura de 1.88 Ha (0.34%) del SAR.

Esta Unidad de Paisaje corresponde a la superficie libre de vegetación de la cuenca del humedal costero. Su presencia es fundamental ya que por ella y en ella se desarrolla el bosque de manglar. Esta UP se encuentran embebidas en el desarrollo Puerto Aventuras situación que determina una condición relativa de aislamiento y afectación preexistente del flujo superficial.

Resulta importante el tirante de agua con relación al nivel del suelo, que se incrementa hacia el interior de la península y por tanto está relacionada con la cercanía a la costa, esto tiene implicaciones interesantes al considerar la profundidad de las capas de agua salada que se encuentran en las partes más profundas de algunos cenotes, ya sea como efecto de la porosidad de la roca caliza, que alcanza algunos kilómetros tierra adentro, observándose inclusive el efecto de las mareas, o como evidencia de las sucesivas inmersiones y emersiones de la península durante su historia geológica.

La vegetación emergente, en este caso, son manglares con algunos elementos dispersos como *Phragmites australis* por temporadas se tienen especies flotantes como *Lemna minor*, y entre las sumergidas *Egeria densa* y *Vallisneria americana* (Flores y Espejel 1994)

Dadas las condiciones que este hábitat impone se puede suponer que las especies de peces que han colonizado este medio han logrado una alta especialización y adaptaciones particulares para soportar y mantenerse en un medio en el cual las situaciones de estrés dadas principalmente por la temperatura y las variaciones estacionales en el nivel y calidad del agua en una columna de agua somera son extremas y, por ello, se establecen como factores limitantes para la ictiofauna de la cual se tienen las siguientes (Cuadro IV.13).

Cuadro IV.13.- Fauna Unidad Agua Interior.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Poeciliidae	<i>Poecilia orri</i>	Truchita de capucha
	<i>Gambusia yucatanana</i>	Gambusia de yucatán
Cyprinodontidae	<i>Floridichthys carpio</i>	Charal
	<i>Garmanella pulchra</i>	Charal

Los vertebrados terrestres asociados a este paisaje son (Cuadro IV.14).

Cuadro IV.14.- Vertebrados Terrestres asociados a Paisaje Agua Interior.

TAXA	NOMBRE COMÚN	NOM-059
CLASE AMPHIBIA		
ORDEN ANURA		
FAMILIA BUFONIDAE		
<i>Incilius valliceps</i>	Sapo del golfo	
FAMILIA HYLIDAE		

TAXA	NOMBRE COMÚN	NOM-059
<i>Trachycephalus typhonyus</i>	Rana arbórea	
FAMILIA ARDEIDAE		
<i>Ardea herodias</i>	Garza Morena	
<i>Egretta thula</i>	Garza Dedos Dorados	
<i>Egretta caerulea</i>	Garza Azul	
<i>Egretta tricolor</i>	Garza Tricolor	
<i>Butorides virescens</i>	Garcita Verde	
FAMILIA THRESKIORNITHIDAE		
<i>Eudocimus albus</i>	Ibis Blanco	
ORDEN CATHARTIFORMES		
FAMILIA CATHARTIDAE		
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Común	
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Aura	
ORDEN ACCIPITRIFORMES		
FAMILIA PANDIONIDAE		
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora	

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental regional (SAR).

IV.2.1 Medio Físico Terrestre

IV.2.1.1 Clima

Según el sistema de clasificación climático de Köppen, en la península de Yucatán, se presentarían solamente dos tipos de climas: el seco estepario en el Noroeste y en todo el resto, el cálido con lluvias en verano. Sin embargo, dado que se presenta un importante gradiente de lluvia, además por la transición de vegetación desde selva baja en el Norte a selva alta en el Sur el clima presenta diversos grados de variación (Orellana R., *et al.* 2009¹). De acuerdo con García, E. - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998)², en el SAR definido para el proyecto existe un tipo de clima: Aw2(x'). De acuerdo con esta misma fuente, el clima mencionado está caracterizado por las siguientes variables climáticas.

Cálido Subhúmedo (Aw).- La mayor parte de la superficie del SAR está influenciada por un tipo de clima cálido subhúmedo. El subtipo Aw2(x') caracterizado por temperatura media anual

¹ Orellana Lanza Roger, Celene Espadas Manrique, Cecilia Conde Álvarez, Carlos Gay García. 2009. Atlas Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán. Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán y Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán, México.

² http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/pfito8mgw

mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.

IV.2.1.2 Temperaturas, precipitación y evaporación promedio mensual, anual y extremas

Para el análisis de las variables de temperatura, precipitación y evaporación fueron considerados los datos administrados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN)³. La selección de las estaciones utilizadas para dicho análisis se basó en los siguientes criterios: cercanía al SAR, cantidad de datos, calidad de observaciones almacenadas en la base de datos y un período mínimo de 10 años de toma de datos. Las estaciones que cumplen con los criterios mencionados son relacionadas en la Tabla IV.2.

Tabla IV.2.- Estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis de las variables climatológicas.

Estación	Longitud W	Latitud N	Distancia respecto al SAR (Km)
1 Tulum 23025	87° 27' 29"	20° 13' 32"	10.8
2 Puerto Morelos 23163	86° 52' 29"	20° 51' 13"	38.4
3 Coba 23012	87° 44' 15"	20° 29' 19"	44.6

A continuación (Tabla IV.3), se presentan los valores de temperatura máxima anual, media anual, mínima, precipitación y evaporación total anual. Los valores se extrajeron de las Normales Climatológicas por Estación publicadas por la CONAGUA a través del smn.conagua.gob.mx.⁴

Tabla IV.3.- Temperatura, precipitación y evaporación promedio para los años con datos en las estaciones más cercanas al proyecto.

Estación	Temperatura máxima anual (°C)	Temperatura media anual (°C)	Temperatura mínima anual (°C)	Precipitación normal (mm)	Evaporación Total anual (mm)
Tulum 23025	30.0	24.3	18.5	1127.4	1533.4
PM 23163	30.9	26.2	21.5	1222.0	1663.7
Coba 23012	30.0	24.3	18.5	1127.4	1533.4

Temperatura

García, E. y CONABIO (1998) *op cit.*, ubican la zona del SAR del proyecto en las isothermas de 24°C a 26°C. Asimismo, CONAGUA *op. cit.*, registraron los siguientes valores de temperatura máxima, media y mínima (Tabla IV.4 y gráficamente Figura IV.15).

Precipitación

De acuerdo con García, E. y CONABIO (1998) *op cit.*, la precipitación promedio anual en toda la superficie del SAR definido para el proyecto es de 1500 a 2000 mm. Asimismo, la precipitación total anual está calculada en el rango de 1200 a 1500 mm. Por su parte la precipitación total mensual se encuentra en el rango promedio de 94 a 147 mm. En las (Tabla IV.5 y gráficamente

³ <http://smn.cna.gob.mx/es/component/content/article?id=42>

⁴ http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75

en la Figura IV.16), se presentan los valores de precipitación máxima anual, media anual y mínima anual, según las Normales Climatológicas por Estación publicadas por la CONAGUA a través del smn.conagua.gob.mx.⁵

Tabla IV.4.- Temperaturas (°C) máximas, medias y mínimas registradas, para las 3 estaciones seleccionadas para el estudio.

Mes	Tulum			Puerto Morelos			Cobá		
	Máx	Media	Mín	Máx	Media	Mín	Máx	Media	Mín
ENE	29.3	23.5	17.8	28.2	23.3	18.4	26.6	20.6	14.7
FEB	29.8	24	18.2	28.6	23.4	18.2	27.8	21.4	15.1
MAR	30.9	25.4	19.8	29.7	24.8	20	29.2	22.9	16.6
ABR	31.4	26.2	21.1	31.2	26.7	22.2	30.9	24.6	18.4
MAY	32.2	27	21.8	32.3	27.8	23.3	32	25.9	19.9
JUN	32	27.2	22.5	32.4	28.1	23.7	32.1	26.7	21.3
JUL	32.3	27	21.7	33	28.4	23.8	32.3	26.7	21.1
AGO	32.4	27.1	21.7	33.3	28.3	23.3	32.4	27	21.7
SEP	31.8	26.6	21.4	32.3	27.8	23.3	31.2	26.1	21
OCT	31.2	25.9	20.6	31.2	26.6	21.9	29.3	24.5	19.7
NOV	30.5	24.9	19.4	29.7	25	20.4	28.7	23.2	17.1

Tabla IV.5- Precipitación (mm) máxima, media y mínima registradas, para las 3 estaciones seleccionadas para el estudio.

Mes	Tulum		Puerto Morelos		Cobá	
	Máx	Anual	Máx	Anual	Máx	Anual
ENE	180.0	60.7	171.0	78.6	171.0	52.7
FEB	249.3	47.0	149.0	45.2	119.5	38.2
MAR	92.6	31.7	164.2	42.3	177.5	40.4
ABR	116.4	37.6	160.5	54.0	372.9	59.9
MAY	380.0	100.9	633.7	102.0	293.8	97.6
JUN	410.8	156.5	335.7	138.3	344.9	138.2
JUL	417.1	100.4	304.6	90.3	250.8	106.5
AGO	369.5	97.3	264.9	126.7	323.5	153.2
SEP	411.0	167.2	471.0	187.1	359.1	194.4
OCT	611.5	189.2	413.0	184.0	431.1	143.3
NOV	260.2	80.8	388.7	98.8	132.4	66.4
DIC	172.4	64.2	271.0	74.7	197.7	36.6
Total		1133.5		1222.0		1127.4

⁵ http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75

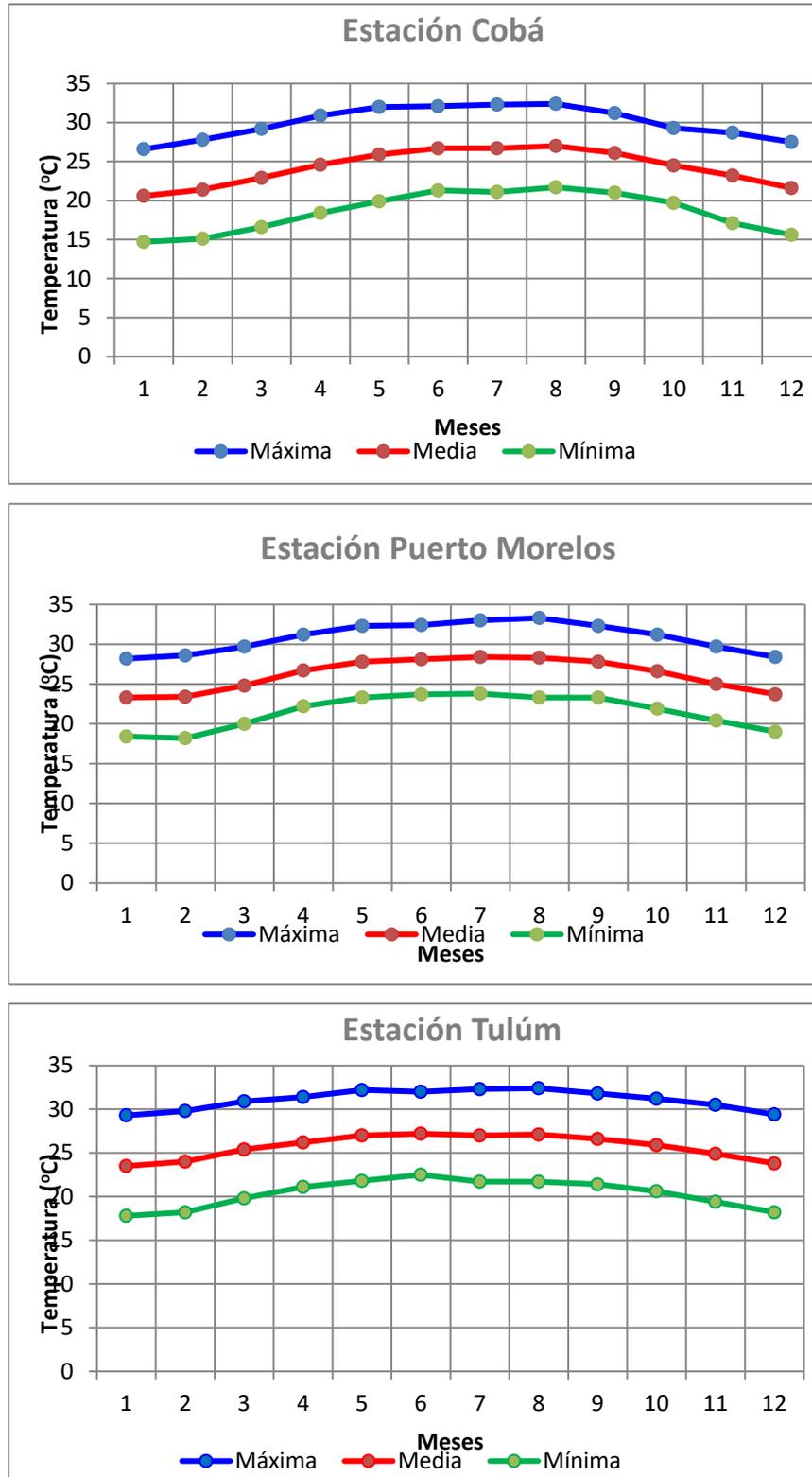


Figura IV.15.- Temperaturas máximas medias y mínimas en las estaciones cercanas al SAR.

Evaporación

Los datos de evaporación por mes reportados por la Comisión Nacional del Agua a través de la Unidad del Servicio Meteorológico Nacional *op cit*, para las estaciones cercanas al SAR son los que se observan en la Tabla IV.6.

Tabla IV.6.- Evaporación mensual reportada en las estaciones cercanas al SAR.

Mes	Promedio Anual (mm)		
	Tulum 23025	Puerto Morelos 23019	Cobá 23012
ENE	101.3	102.5	90.0
FEB	113.9	116.8	105.9
MAR	143.0	151.7	149.0
ABR	160.2	171.1	172.1
MAY	165.8	181.7	176.4
JUN	149.9	167.7	142.3
JUL	158.1	164.0	149.7
AGO	155.2	158.8	144.7
SEP	134.8	132.9	119.5
OCT	123.6	119.7	114.1
NOV	113.3	101.7	88.6
DIC	98.3	95.1	81.1
Total	1615.4	1663.7	1533.4

IV.2.1.3 Fenómenos meteorológicos

El estado de Quintana Roo, tiene el riesgo a la vulnerabilidad por los impactos de las trayectorias ciclónicas durante cada temporada de lluvias. Los ciclones tropicales son fenómenos marinos de interacción atmosférica, que tienen presencia periódica propiamente cada año. Inician a finales de la primavera (1 de junio), continúan durante el verano y finalizan ya avanzado el otoño (30 de noviembre). Se forman en aguas cálidas con temperatura de alrededor de 27 °C en el Atlántico Norte tropical y viajan a través del golfo de México y Mar Caribe o se generan en el mismo seno de estas cuencas marinas, los cuales llegan a ingresar al estado de Quintana Roo.⁶

El relieve llano que caracteriza a Quintana Roo, es un factor que incrementa su vulnerabilidad, puesto que favorece el desplazamiento de estos fenómenos de fuerza considerable, al no encontrar obstáculos prominentes en el terreno calcáreo, que puedan minimizar su intensidad.

Por su localización entre los 18 y 22 grados de latitud al norte del Ecuador y la influencia húmeda del Mar Caribe debido a su relieve plano la temperatura media anual para el estado de Quintana Roo, incluyendo el municipio de Solidaridad en su conjunto es superior a los 26°C. El mes de enero es el menos cálido y los meses de abril y mayo son los más calurosos.

⁶ Gómez Ramírez M. 2007. Los ciclones tropicales un riesgo para el turismo en Quintana Roo. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México.

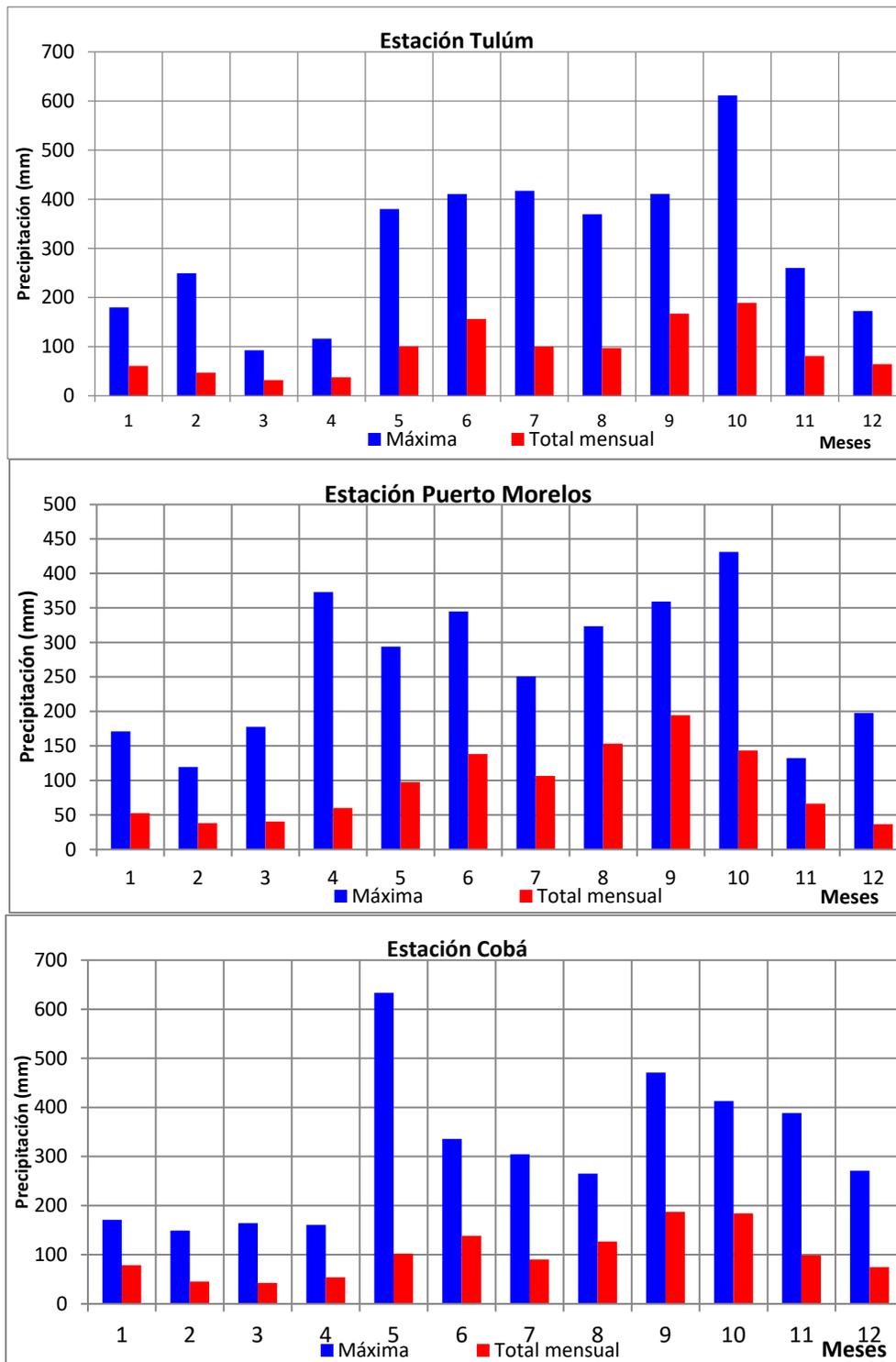


Figura IV.-16.- Precipitación mensual en las Estaciones cercanas al SAR. Fuente CONAGUA y SMN, *op cit.*.

La precipitación media anual es de aproximadamente 1200mm con una distribución relativamente homogénea en toda la superficie del estado. Los vientos alisios dominan absolutamente sobre el verano y principios de otoño, perdiendo su intensidad en el invierno, su dirección es de este - sureste. Los llamados vientos periódicos o nortes, dominan durante el invierno ocasionando perturbaciones meteorológicas en la parte norte con fuertes vientos y marejadas. Estos vientos penetran con intensidad hacia el estado debido a la característica plana del relieve.

Quintana Roo se encuentra rodeado del Mar Caribe y el Canal de Yucatán, donde todos los años se desarrollan ciclones tropicales. Las temporadas de estos fenómenos comienzan a principios de junio en el Atlántico, y terminan en noviembre (SEMARNAT-IMTA 2008 referido por GEQRO 2013⁷). Entre el periodo de 1970 a 2008, las costas del estado fueron impactadas por el 37.6% de todos los ciclones tropicales que tocaron tierra en México, en particular los más intensos de los registrados en México para dicho periodo con categorías H3, H4 y H5 (CONAGUA 2008a y 2009 referido por GEQRO 2013) entre ellos Emily y Wilma en 2005 y Dean en 2007.

IV.2.1.3.1 Frecuencia de huracanes

De la base de datos de ciclones tropicales que afectaron a México durante el período de 1970 a 2011, se obtuvo que el estado de Quintana Roo se vio impactado por 35 ciclones tropicales (Tabla IV.7), de los cuales 10 evolucionaron a la categoría de Huracán, 4 de categoría 1, 1 de categoría 2 y 3 de categoría 3, 1 de categoría 4 y 1 de categoría 5⁸:

Tabla IV.7.- Ciclones Tropicales que afectaron al estado de Quintana Roo en el período de 1970 a 2011.

Año	Nombre	Categoría en Impacto	Lugar de Entrada a Tierra o Costa más cercana	Período (Inicio-fin)	Vientos Máximos (en impacto) km/h
2011	RINA	TT	30 km al Oeste de Cozumel, Q. Roo.	23-28	95
2010	RICHARD	DT	155 km al E-SE de Cd del Carmen, Camp	20-26	55
	KARL	TT (H3)	15km al NE de Chetumal, Q. Roo y [15 km al N de	14-18	100 (185)
	ALEX	TT (H2)	90 km al SW Chetumal, Q. Roo [Laguna Madre,	25 Jun -	65 [165]
2009	IDA	H1	80 Km al Este de Cancún, Q. Roo.	25 Jun -	65 [165]
2008	DOLLY	TT [TT]	Laguna de Nichupté, Q Roo [Nuevo Laredo, Tamps]	20-25	85 [65]
	ARTHUR	TT	Suroeste de Chetumal, Q. Roo.	31 May-	65
2007	DEAN	H5[H2]	Puerto Bravo, Q Roo [Tecolutla, Ver]	13-23	260 [155]
2005	WILMA	H4	Cozumel-Playa del Carmen, Q. Roo.	15-25	230

⁷ Gobierno del estado de Quintana Roo. 2013. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (Estado de Quintana Roo). INECC-AECID. Universidad de Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo. México.

⁸ <http://smn.cna.gob.mx>

Año	Nombre	Categoría en Impacto	Lugar de Entrada a Tierra o Costa más cercana	Período (Inicio-fin)	Vientos Máximos (en impacto) km/h
	STAN	TT (H1)	Felipe C. Pto, QR [San Andres Tuxtla, Ver]	1-5 oct	75 [130]
	EMILY	H4 [H3]	20 km al N de Tulúm, Q. Roo. [El Mezquite, Tamp]	10-21	215 [205]
	CINDY	DT	10 km al Oeste de Felipe Carrillo P., QR	3-6 Jul	55
2003	CLAUDETTE	TT (DT)	25 SSW CANCUN Q. Roo (Cd. Acuña, Coah)	8-15 JUL	90 (55)
2002	ISIDORE	H3	TELCHAC PUERTO, YUC	14-26	205
2001	CHANTAL	TT	CHETUMAL, Q. Roo.	15-22	85
2000	KEITH	TT (H1)	CHETUMAL, Q. Roo. (TAMPICO, TAMPS)	28 SEP-	75 (148)
	GORDON	DT	TULUM, QROO	14-18	55
1999	KATRINA	DT	45 km NNW CHETUMAL, Q. Roo.	28 OCT-	45
1996	DOLLY	H1(H1)	F.C. PUERTO, Q. Roo. (PUEBLO VIEJO, VER)	19-24	110 (130)
1995	ROXANNE	H3 (DT)	TULUM, QROO (MTZ DE LA TORRE, VER)	8-20	185 (45)
	OPAL	DT	B. ESPIRITU SANTO, Q. Roo.	27 SEP-	55
1993	GERT	TT (H1)	CHETUMAL, Q. Roo. (TUXPAN, VER)	14-21	65 (148)
1990	DIANA	TT (H2)	CHETUMAL, Q. Roo. (TUXPAN, VER)	4-8 AGO	110 (158)
1988	KEITH	TT	CANCUN, Q. Roo.	17-24	110
	GILBERT	H5 (H4)	PTO.MORELOS, QROO (LA PESCA, TAM)	8-20	287 (215)
1982	ALBERTO	DT	A 20 KM al norte de Holbox, Q. Roo.	2-6 JUN	37
1980	HERMINE	TT (TT)	SACXAN, QROO (CATEMACO, VER)	20-26	100 (110)
1979	HENRIETTE	DT	PTO. MORELOS, Q. Roo.	15-24	45
1975	ELOISE	TT	PTO.MORELOS, Q. Roo.	13-24	85
1974	CARMEN	H4	PUNTA HERRADURA, Q. Roo.	29 AGO-	222
1973	BRENDA	DT(H1)	CANCUN, QROO (NVO. PROGRESO, CAMP)	18-22	148 (93)
1972	AGNES	DT	TEKAX, YUC (FORMACIÓN EN TIERRA)	14-23	45
1971	EDITH	TT(TT)	CHETUMAL, Q. Roo. (LA PESCA, TAMPS)	5-18	110 (85)
	CHLOE	DT	CHETUMAL, Q. Roo.	18-25	45
1970	ELLA	DT(H3)	AKUMAL, Q. Roo. (LA PESCA, TAMPS)	8-13	55 (195)

PT= Perturbación Tropical; DT= Depresión Tropical con vientos menor o igual a 62 km/h ; TT= Tormenta Tropical con vientos sostenidos entre 63 y 118 km/h ; H1= Huracán Categoría Uno con Vientos máximos de 119 a 153 km/h; H2= Huracán Categoría Dos con Vientos máximos de 154 a 177 km/h; H3= Huracán Categoría Tres con Vientos máximos de 178 a 208 km/h; H4= Huracán Categoría Cuatro con Vientos máximos de 209 a 251 km/h; H5= Huracán Categoría Cinco con Vientos máximos de 252 o Mayores km/h.

Por su parte, en los resúmenes de la temporada de ciclones tropicales, periodo 2012 a 2017, el estado de Quintana Roo se vio afectado por la presencia de 4 ciclones tropicales, 2 de ellos con categoría de Tormenta tropical, con vientos sostenidos entre 65 y 140 km/h y rachas entre 85 y 165 km/h y 2 Huracanes categoría Uno, con vientos sostenidos de entre 130 y 140 km/h y rachas entre 150 y 175 km/h (Tabla IV.8).

Tabla IV.8.- Ciclones Tropicales que afectaron al estado de Quintana Roo en el período de 2012 a 2017.

Año	Nombre	Etapa y Categoría	Periodo	Vientos máximos (km/h)	
				Sostenidos	Rachas
2017 ⁹	Franklin	TT	6-10 Ago	140	165
2016 ¹⁰	Earl	H1	2-6 Ago	130	150
2014 ¹¹	Hanna	TT	21-27 Oct.	65	85
2012 ¹²	Ernesto	H1	1-10 Ago.	140	175

IV.2.1.4 Cambio climático

Según los datos del Gobierno del Estado de Quintana Roo (GEQROO), *et al.*, (2013)¹³, en el cambio esperado en temperatura y lluvias para los próximos 60 a 70 años para el estado de Quintana Roo, se identifica una clara tendencia a la disminución de la precipitación total anual y el incremento de la temperatura media anual, así como un incremento en la variabilidad de dichos factores (Tabla IV.9).

Tabla IV.9.- Valoración de temperatura y precipitación esperada para el estado de Quintana Roo.

Escenario	Variación en la precipitación total anual	Aumento de la temperatura media anual (°C)
2020	entre -5 y -10%	entre 0.8 y 1.2
2050	entre +5 y -15%	entre 1.5 y 2.5
2080	entre +10 y -20%	entre 2 y 3

De acuerdo con la publicación, para establecer las condiciones futuras probables para el estado se usaron varios modelos y escenarios, tomando como base los trabajos de (Orellana, R. *et al.*, 2009)¹⁴, para el Atlas de Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán; en el cual son utilizados 4 modelos climáticos:

- El modelo **HADCM3**, para diseño fueron consideradas 19 capas de la atmósfera y 19 capas en el océano.
- ⊕ El Modelo **CGCM2**, para diseño fueron consideradas 10 capas verticales de la atmósfera y 29 capas del océano.
- ⊕ El Modelo **GFDL-R30** para diseño fueron consideradas 10 capas verticales de la atmósfera y 29 capas del océano.

⁹ <http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Resumenes/2017.pdf>

¹⁰ <http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Resumenes/2016.pdf>

¹¹ <http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Resumenes/2014.pdf>

¹² <http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Resumenes/2012.pdf>

¹³ Gobierno del Estado de Quintana Roo; Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático; Universidad de Quintana Roo. 2013. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (Estado de Quintana Roo). Chetumal, Quintana Roo. México.

¹⁴ Roger Orellana, Celene Espadas, Cecilia Conde, Carlos Gay. 2009. Atlas. Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán. CICY-UNAM. Mérida, Yucatán México.

- ⊕ El Modelo **ECHAM4**, para diseño fueron consideradas 19 capas verticales de la atmósfera y 11 capas del océano.

El informe maneja cuatro líneas evolutivas para describir el desarrollo social, económico, tecnológico, ambiental y político. Las cuatro líneas evolutivas proporcionan, a su vez, cuatro conjuntos de escenarios denominados familias: A2, B1 y B2 y la familia A1 que incluye los grupos A1FI, A1T y A1B; de éstas últimas, fue seleccionado al A1FI, que se refiere a emisiones intensas. Respecto a la temperatura media anual (TMA) los escenarios producidos por el modelo HADCM3 son los reportan los mayores cambios, desde una ligera disminución en la porción sur del estado, hasta un incremento significativo de alrededor de 1.5°C para la misma región en el escenario de mayores incrementos para el año 2020. Sin embargo, hacia el norte centro de la Riviera Maya, incluyendo la isla Cozumel, el aumento que se presentaría es menor a 1 °C. Los incrementos en la TMA son incrementos en el promedio de temperaturas, lo que significa que en la época cálida del año habrá más días con más calor y en la época fría los días serán en promedio menos fríos, aunque con tendencia a presentarse eventos extremos (GEQROO, *et al.*, 2013, *op. cit.*) (Figura IV.17).

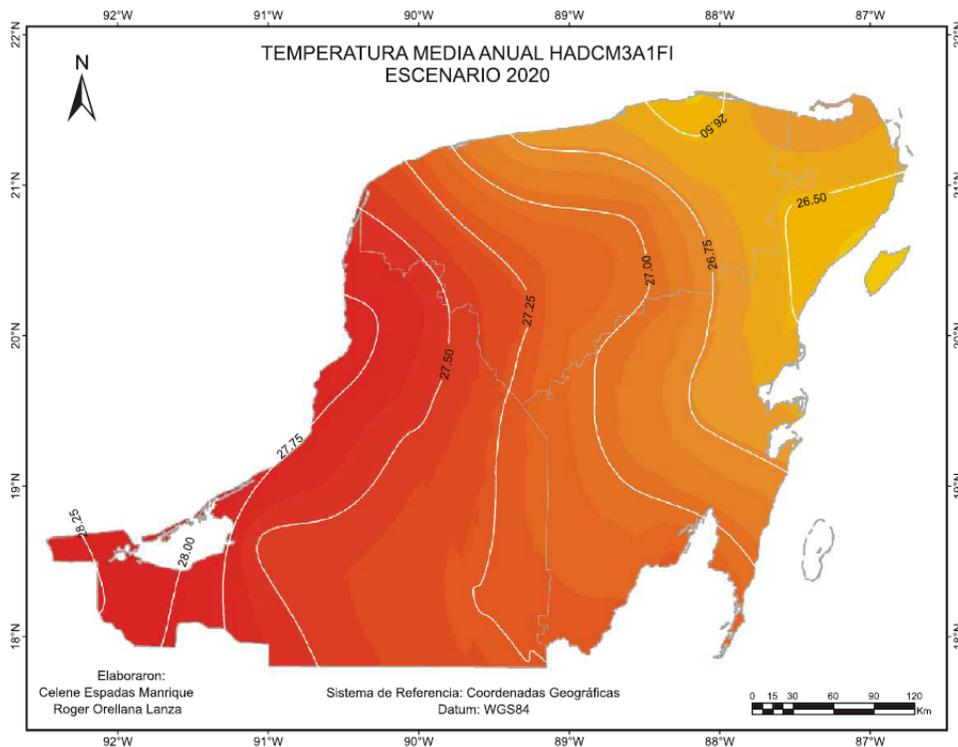


Figura IV.17.- Escenarios de la Temperatura Media Anual (TMA) en el año 2020. Fuente: Orellana, R. *et al.*, 2009, *op. cit.*

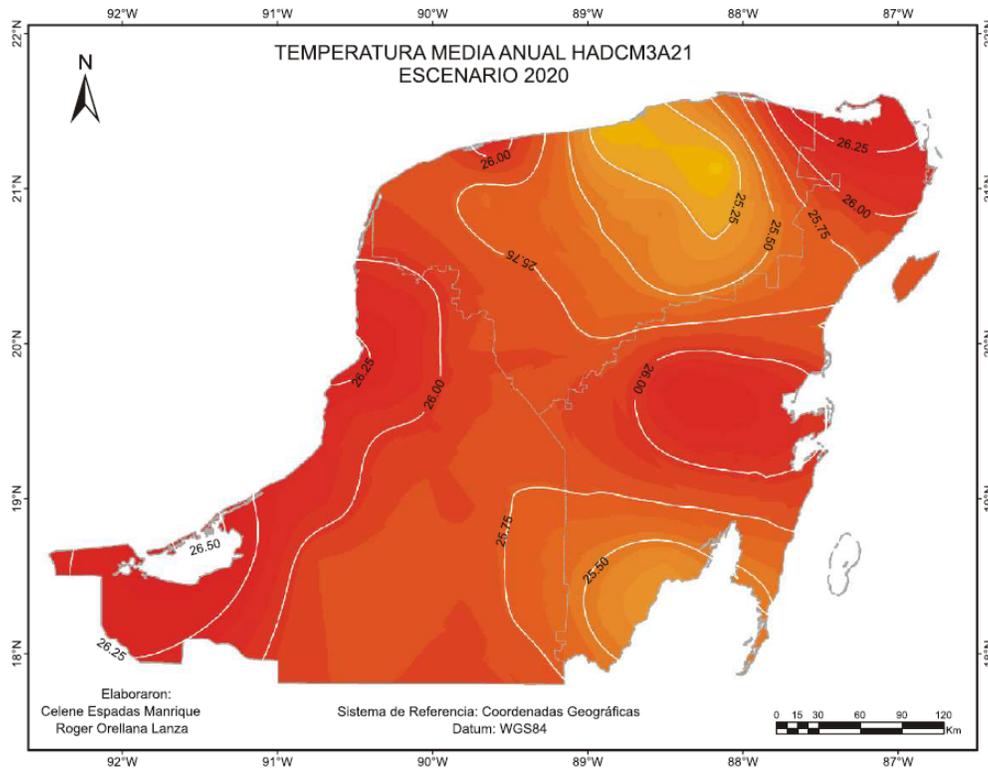
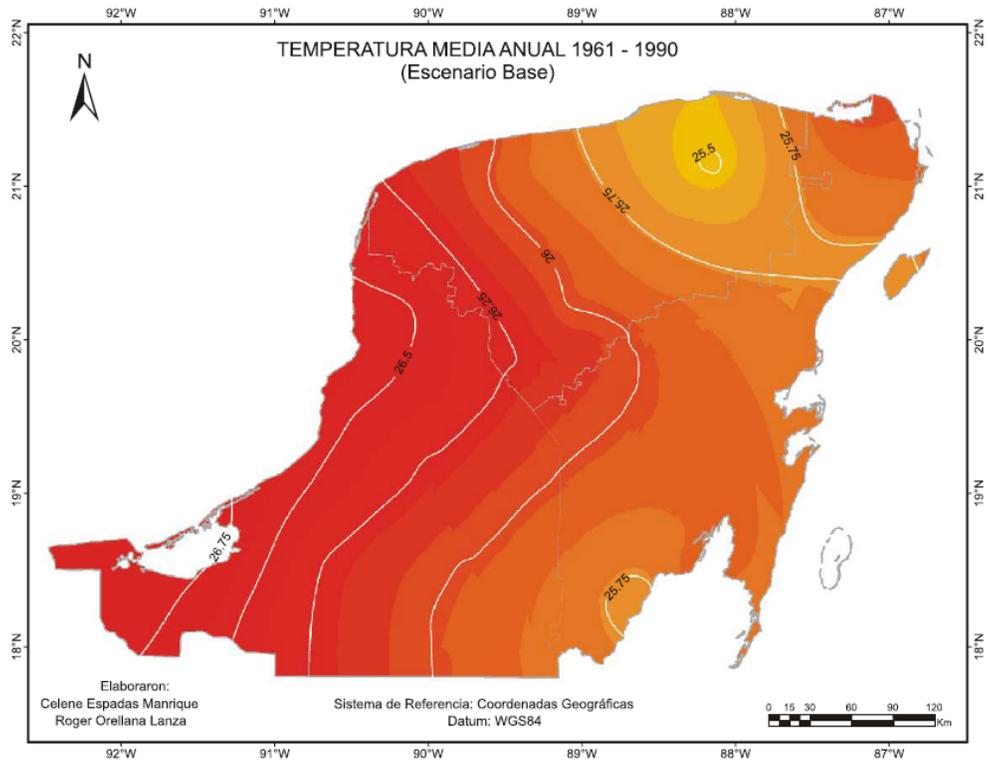


Figura IV.17.- (Cont.)- Escenarios de la Temperatura Media Anual (TMA) en el año 2020. Fuente: Orellana, R. et al., 2009, op. cit.

Para la precipitación total existen dos condiciones radicalmente extremas, que van desde un proceso de aridización y disminución de la precipitación, que puede variar entre los 200 y 300 mm menos de precipitación anual, respecto a los valores actuales, hasta disminuciones que se acercan a los 400 mm y concentrándose en el norte del estado estas disminuciones, en los escenarios más agresivos de consumo de combustibles fósiles y crecimiento de la población (GEQROO, *et al.*, 2013, *op. cit.*).

El mismo modelo pero con un escenario distinto presenta como un panorama posible para el estado un incremento substancial en las lluvias, con poco más o menos 17% de incremento sobre las condiciones actuales llegando a extremos en la porción de la Riviera Maya y Cozumel con 500 y hasta 800 mm de precipitación por encima de los valores actuales, lo que significa de un 50% a un 65% de incremento, ello aporta indicios de que uno de los escenarios posibles implica un aumento en la posibilidades de que se presenten inundaciones en la porción sur y centro del estado (GEQROO, *et al.*, 2013, *op. cit.*). Figura IV.18.

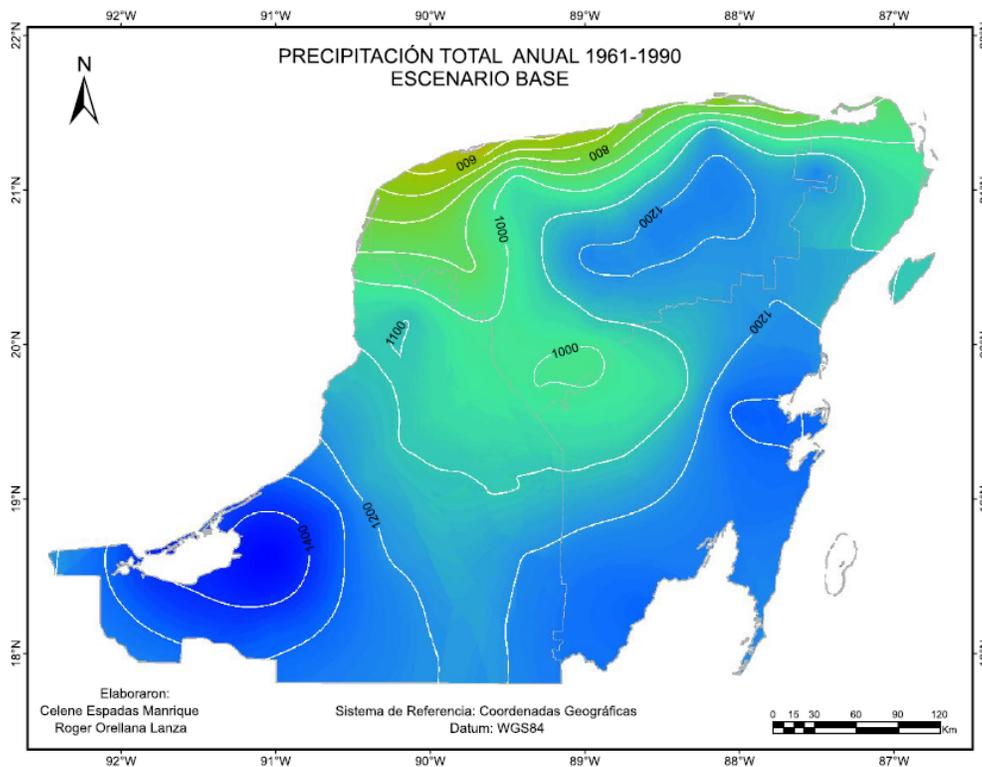


Figura IV.18.- Escenarios de la Precipitación Total Anual (TMA) en el año 2020.
Fuente: Orellana, R. *et al.*, 2009, *op. cit.*

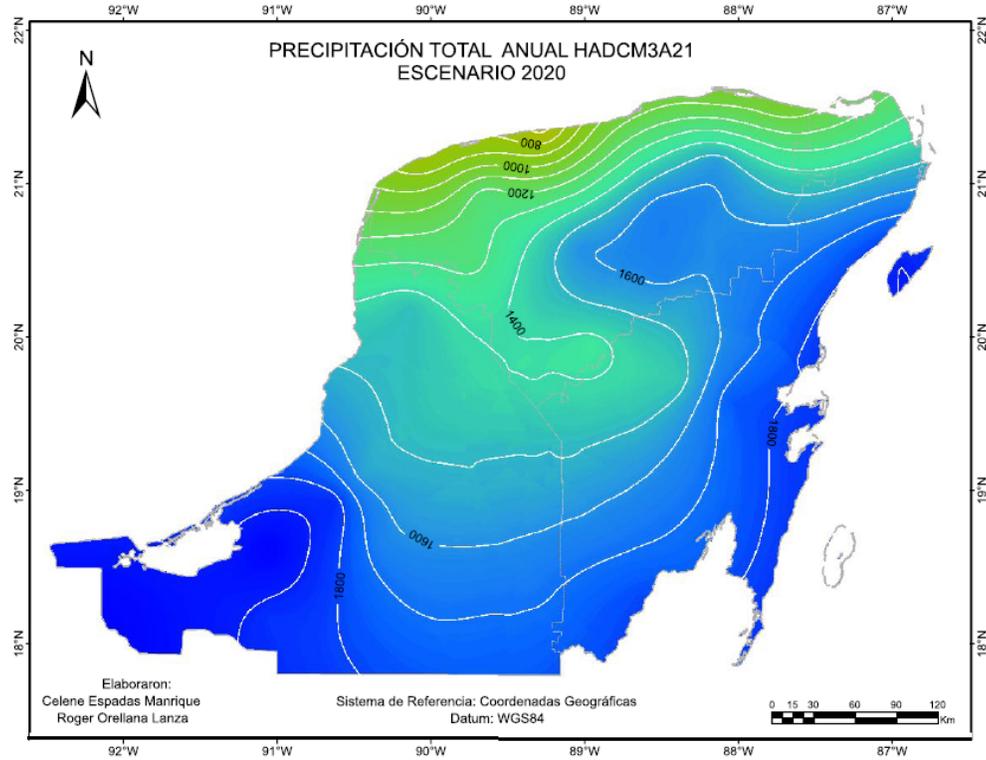
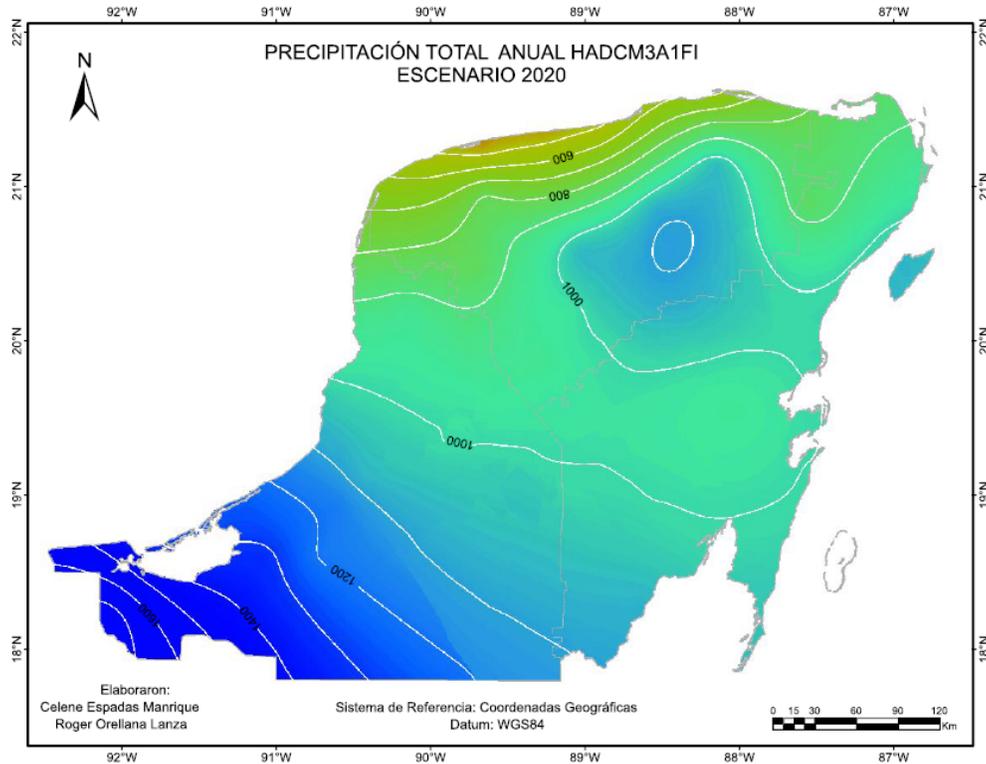


Figura IV.18 (Cont.).- Escenarios de la Precipitación Total Anual (TMA) en el año 2020.
Fuente: Orellana, R. *et al.*, 2009, *op. cit.*

El escenario máximo para la sequía intraestival para el año 2020, es decir los valores de máxima reducción de las precipitaciones a mediados del verano, podrían llegar a duplicar dicha disminución, es decir a mediados del verano se tenían pequeñas sequías mucho más intensas que las actuales, en particular para el norte del estado que es la zona menos húmeda. Por su parte el escenario opuesto nos indica que, para las condiciones de máximo incremento de la precipitación, la porción sur del estado dejaría de presentar la pequeña canícula que actualmente le caracteriza (GEQROO, *et al.*, 2013, *op. cit.*). Figura IV.19.

Sobre la precipitación invernal varios de los modelos indican que se producirá una disminución en el porcentaje de estas lluvias, haciendo más secos los inviernos o la parte seca del año; sin embargo, hay también indicios en algunos de los escenarios que sugieren que podría darse un incremento de estas precipitaciones (GEQROO, *et al.*, 2013, *op. cit.*). Figura IV.20.

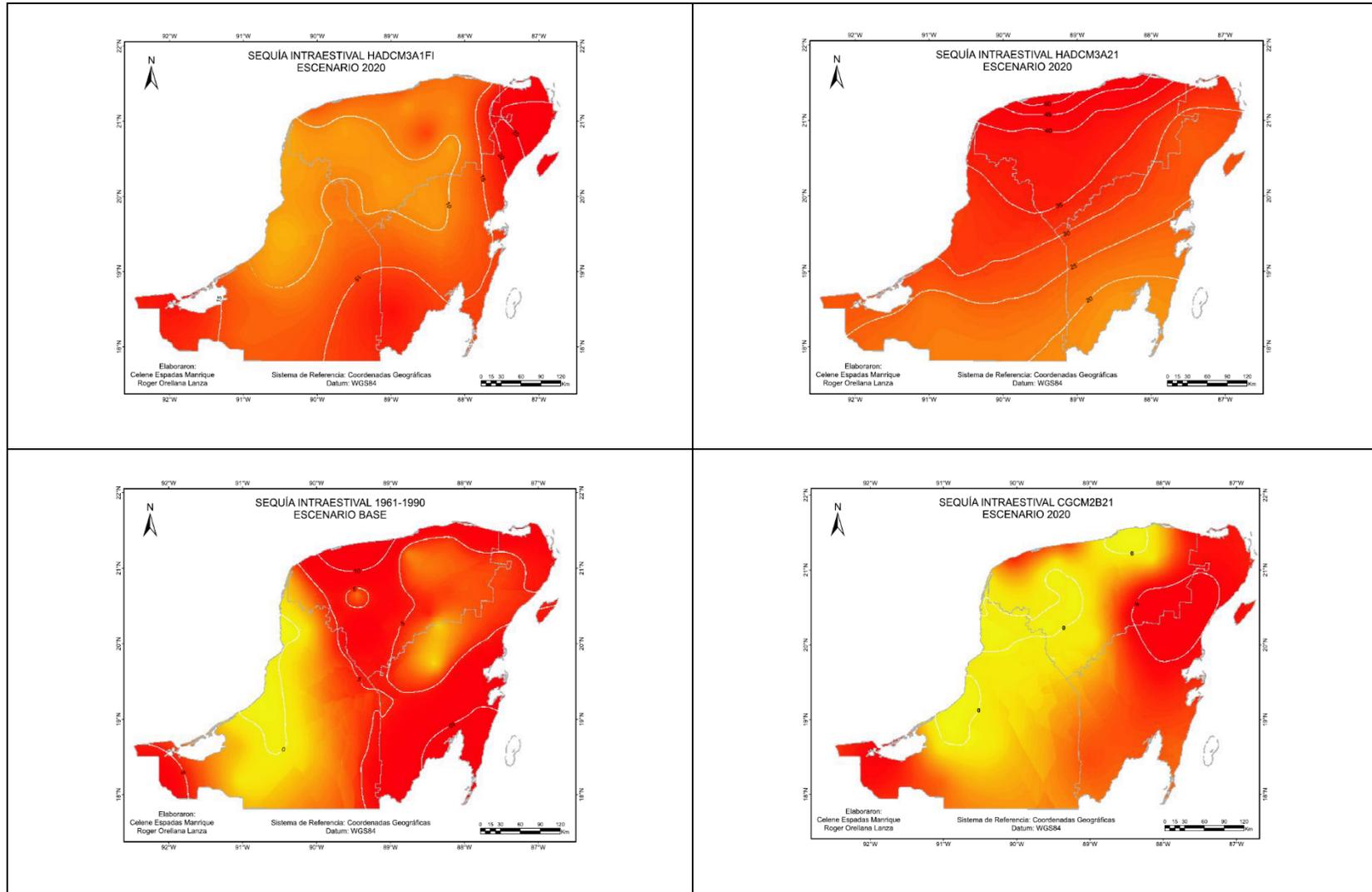


Figura IV.19.- Escenarios de la Sequía Intraestival en el año 2020. Fuente: Orellana, R. *et al.*, 2009, *op. cit.*

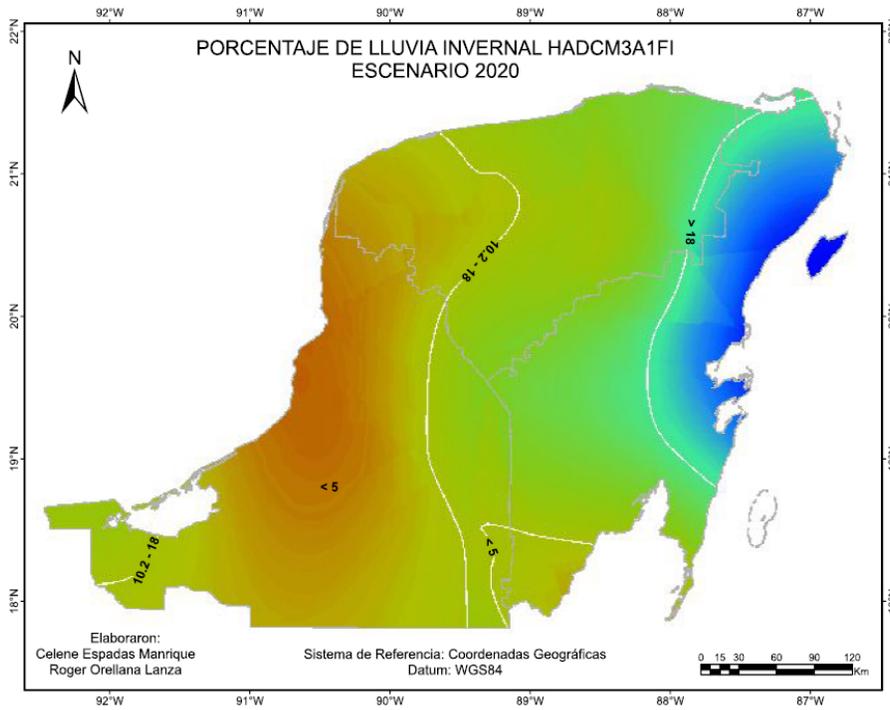
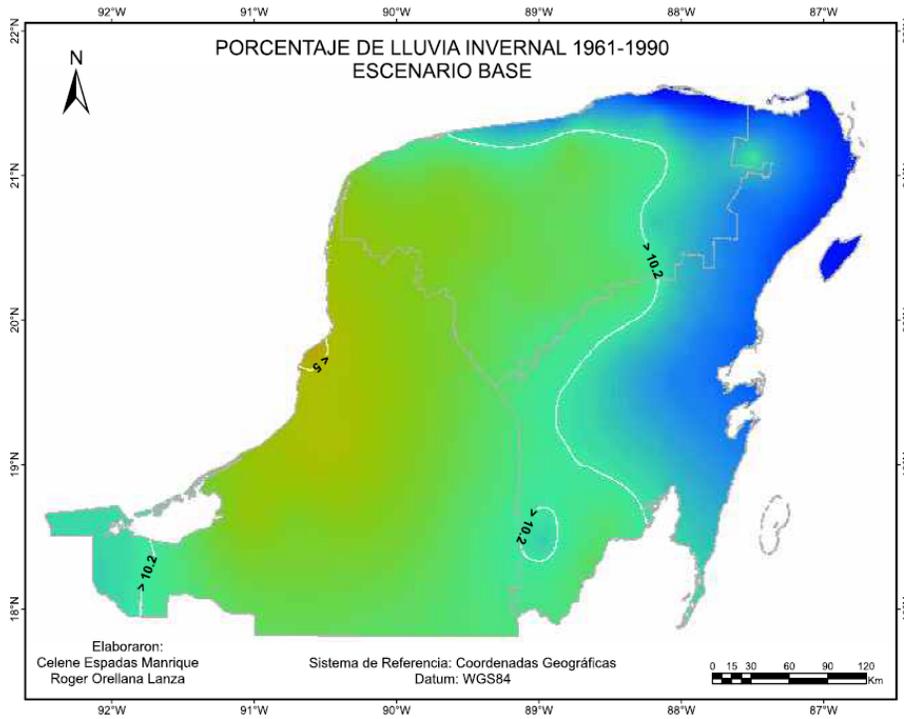


Figura IV.20.- Escenarios de Lluvia Invernal en el año 2020. Fuente: Orellana, R. *et al.*, 2009, *op. cit.*

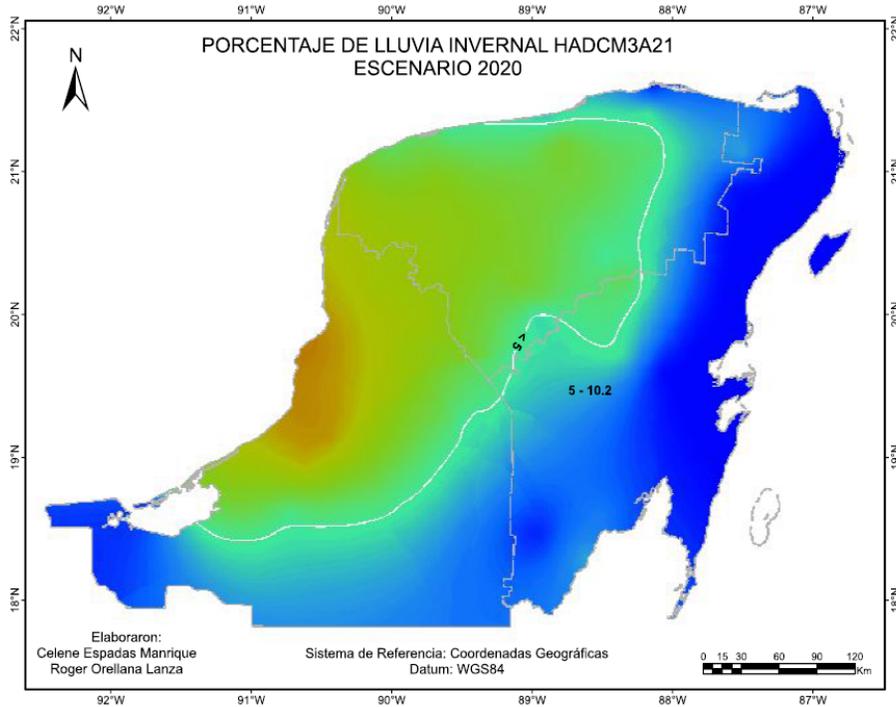


Figura IV.20 (Cont).- Escenarios de Lluvia Invernal en el año 2020.
Fuente: Orellana, R. *et al.*, 2009, *op. cit.*

A nivel del SAR, se tiene el riesgo de inundación por un incremento del nivel del mar como se observa en la serie de Figuras IV.21. La porción costera se vería rebasada por el nivel del mar para los escenarios modelados a partir de 1.5 m. El escenario, poco probable, de 3.5 m se implica inundación en la porción terrestre más de la caleta de Chac-hal-al.

a) CONDICIÓN ACTUAL

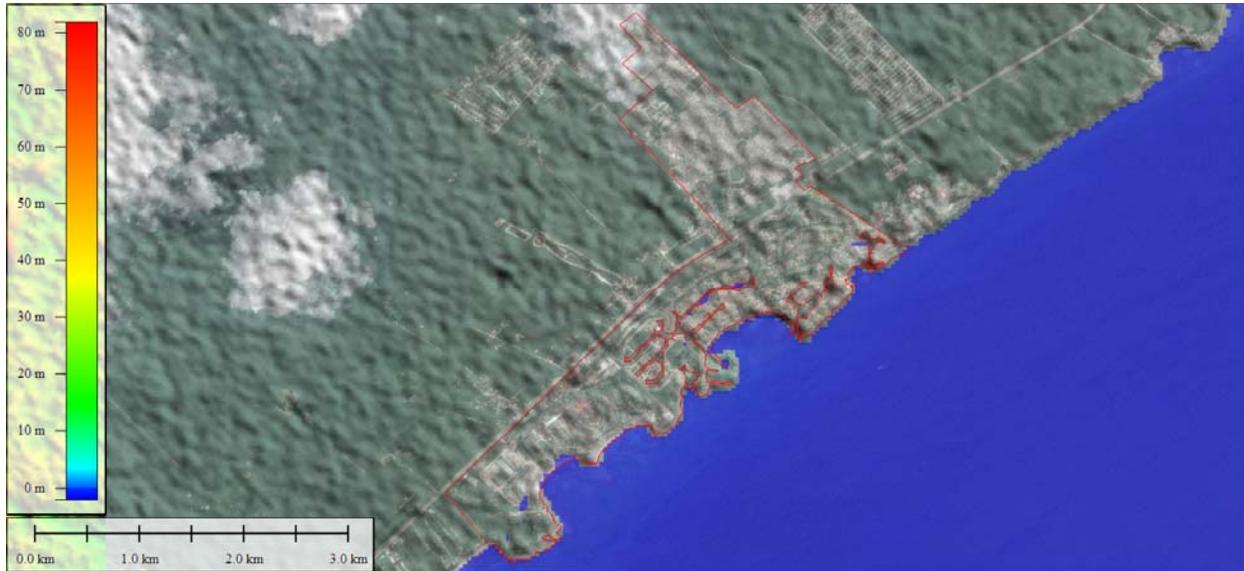


Figura IV.21.- Resultados de modelos de inundación. 1.5 a 3.5 m de incremento del nivel del mar.

b) INCREMENTO DE 1.5 M DEL NIVEL DEL MAR

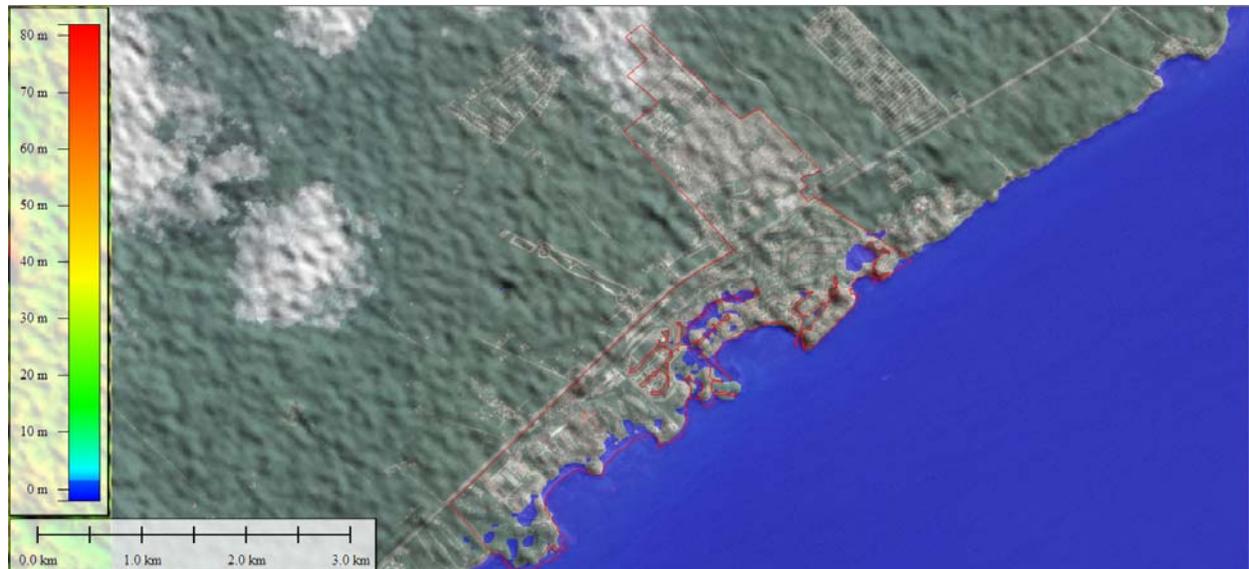


Figura IV.21(Cont).- Resultados de modelos de inundación. 1.5 a 3.5 m de incremento del nivel del mar.

c) INCREMENTO DE 2.5 M DEL NIVEL DEL MAR

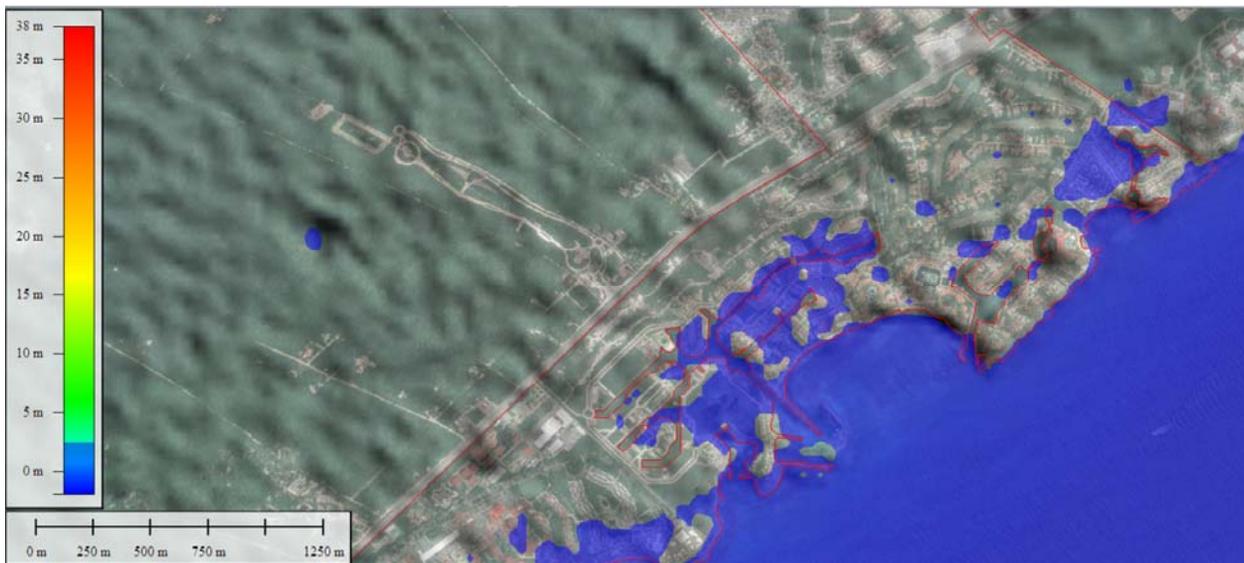
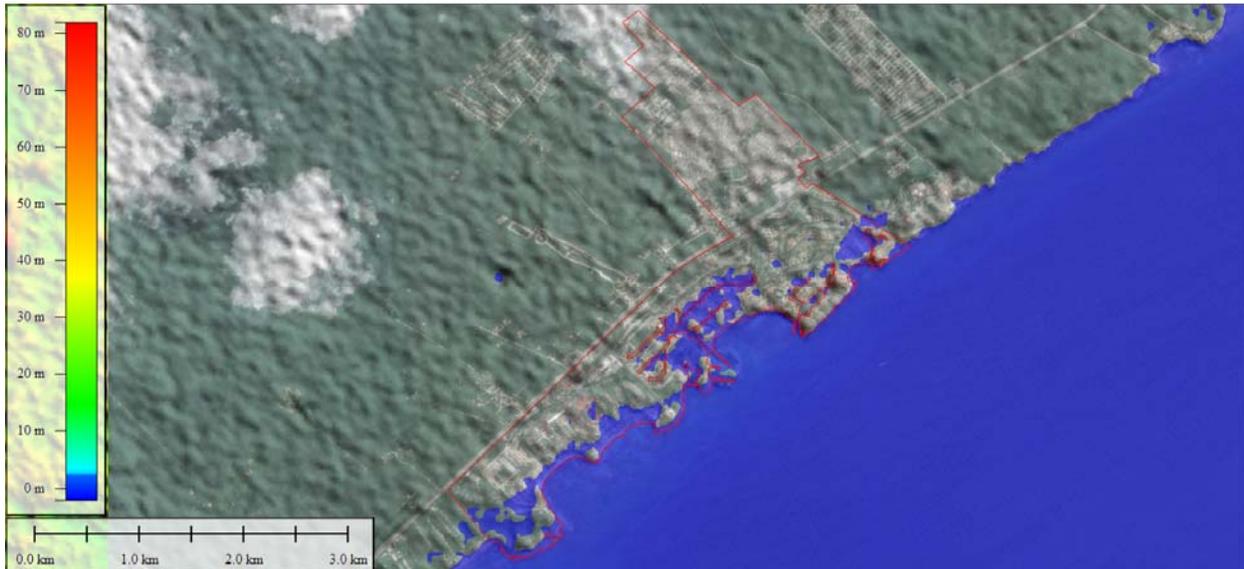


Figura IV.21(Cont).- Resultados de modelos de inundación. 1.5 a 3.5 m de incremento del nivel del mar.

d) INCREMENTO DE 3.5 M DEL NIVEL DEL MAR

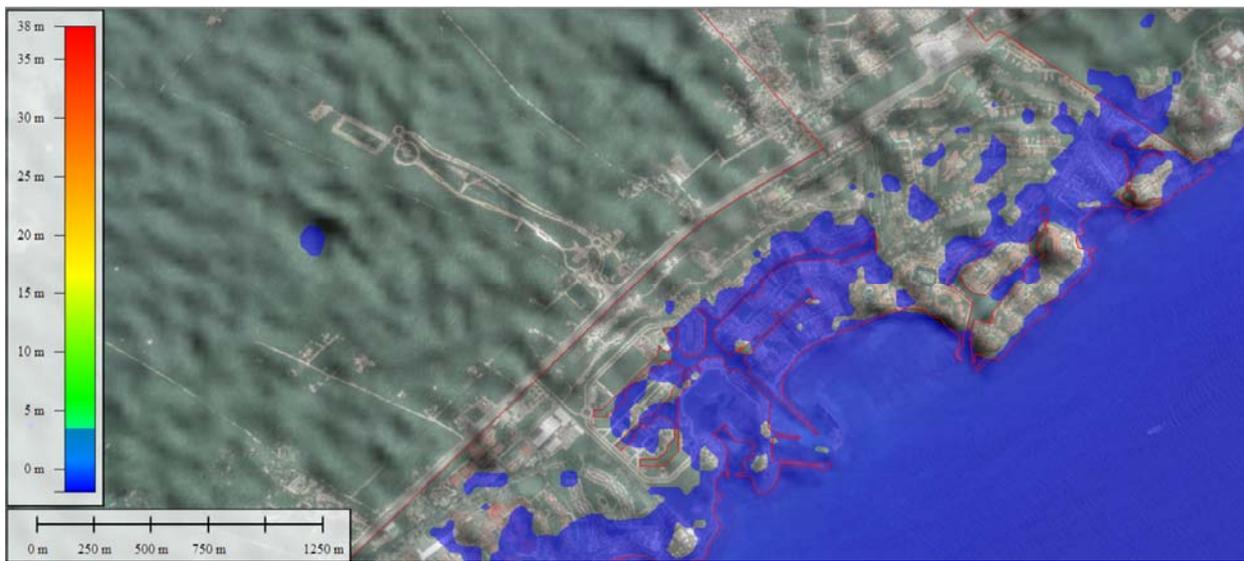
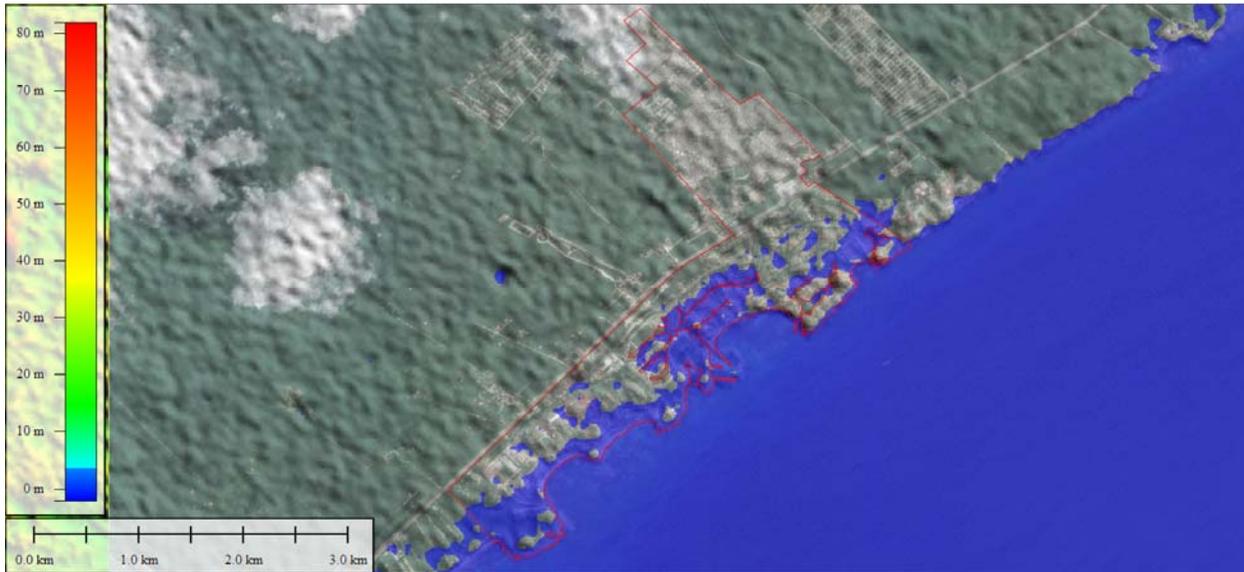
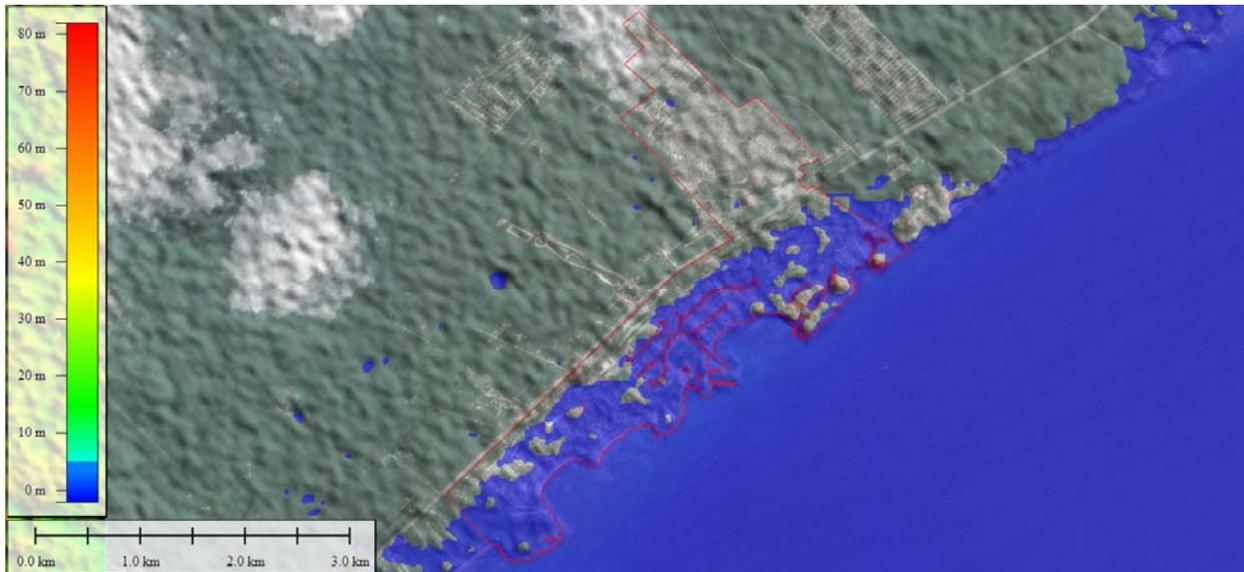


Figura IV.21(Cont).- Resultados de modelos de inundación. 1.5 a 3.5 m de incremento del nivel del mar.

Para estimar el nivel de incremento hipotético que sería necesario para generar efectos devastadores en el área, se simularon incrementos de 5.0 a 10 m. Figura IV.22.

Un incremento modelado de 5 m implica que el mar alcanza la carretera

e) INCREMENTO DE 5 M DEL NIVEL DEL MAR



f) INCREMENTO DE 10 M DEL NIVEL DEL MAR

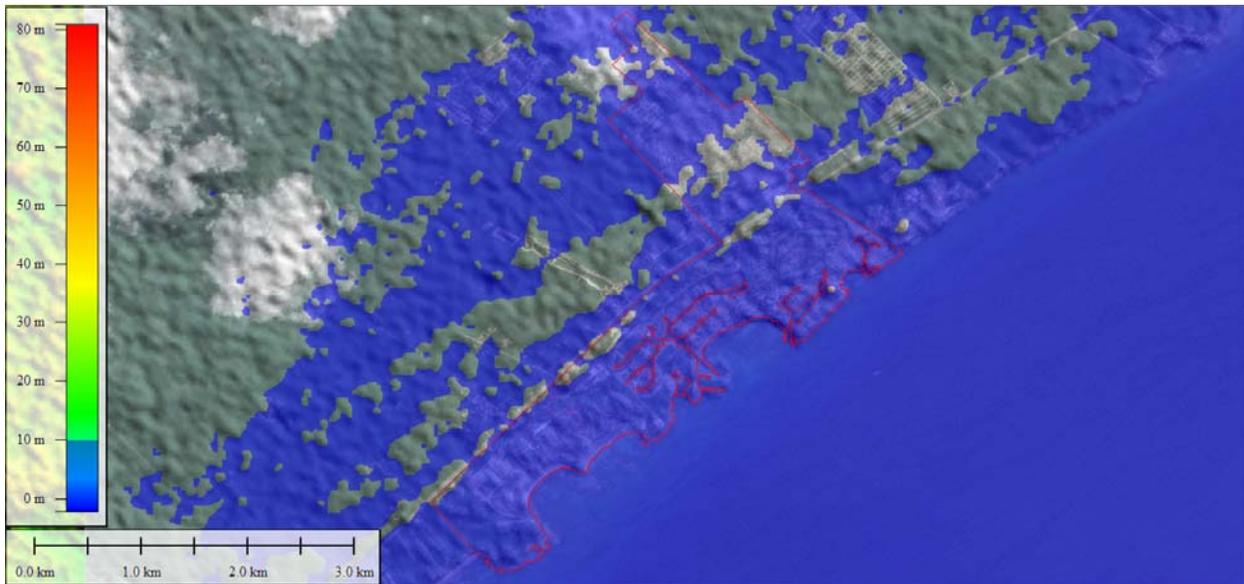


Figura IV.22.- Resultados de modelos de inundación. 5 a 10 m de incremento del nivel del mar.

IV.2.1.5 Fisiografía

La unidad fisiográfica en la que se encuentra la Riviera Maya corresponde al banco calcáreo de la Península de Yucatán, en un estrato sólido de calizas con fuerte proceso de karstificación y un característico plano y bajo relieve con playas y caletas rocosas.

De la regionalización fisiográfica de Cervantes-Zamora, Y., et al. 1990¹⁵, tomado del geoportal de la CONABIO, el SAR del proyecto se encuentra ubicado en la parte oriente de la Península de Yucatán, en la Provincia Karst Yucateco, también denominada Subprovincia Carso Yucateco (INEGI). El relieve de estas zonas está condicionado principalmente por la disolución de las rocas; es lo que se llama karstificación. Debido a las características de esta Provincia, también se le domina Plataforma Calcárea de Yucatán.

El terreno de la provincia Península de Yucatán es predominantemente plano. Su altitud promedio es menor a 50 m sobre el nivel del mar y sólo en el centro-sur pueden encontrarse elevaciones hasta de 350 metros. En términos estrictamente fisiográficos, es una gran plataforma de rocas calcáreas que ha venido emergiendo de los fondos marinos desde hace millones de años; la parte norte de la península se considera resultado de un periodo más reciente.

En la Península se ha formado una extensa red cavernosa subterránea, por la que escurre el agua hacia el norte; se localizan cenotes (dolinas) y úvalas que muestran la red de drenaje subterráneo.

Desde el punto de vista geomorfológico, la Península de Yucatán en su mayoría es de carácter platafórmico, es decir, se trata de una formación básicamente sedimentaria de gran espesor en la cual la roca volcánica original de la placa de Yucatán se encuentra a gran profundidad y cubierta en toda su extensión por calizas de distinta naturaleza y antigüedad.¹⁶

La ubicación geográfica del estado de Quintana Roo, al oriente de la plataforma Yucateca sobre la región denominada Caribe y su morfología cárstica típica le confiere un desarrollo diferenciado; en superficie dominan formas negativas en evolución por disolución cárstica, se forman dolinas, uvalas y poljes; las formas superficiales positivas se caracterizan por mesetas que alcanzan la altura máxima de 380 metros sobre el nivel del mar y que se hallan divididas por planicies de origen tectónico.

El desarrollo geomorfológico de esta región se inicia, durante el Terciario Superior, con la formación de una planicie calcárea que ha sido modelada por una intensa disolución. Así la región se caracteriza por la presencia de rasgos de disolución como son las dolinas, la acumulación de arcillas de descalcificación, el relieve ruiforme y los “cenotes”. Durante el Cuaternario esta planicie es modificada por la formación de pantanos y lagunas, así como la acumulación de

¹⁵ Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olgín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E. y Pineda-Velázquez, A. (1990). 'Provincias Fisiográficas de México'. Extraído de Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV.10.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

¹⁶ Gobierno del estado de Quintana Roo. 2013. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (Estado de Quintana Roo). INECC-AECID. Universidad de Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo. México.

abundantes depósitos de litoral. Por las características que presenta el área, esta se puede ubicar en una etapa geomorfológica correspondiente a la madurez.

Un rasgo topográfico característico de la Península son las "aguadas", lagunas de aguas someras ordinariamente de pequeño tamaño que se forman a partir de cenotes antiguos que, por erosión, pierden la verticalidad de sus paredes y su fondo se va rellenando por el depósito de arcillas poco permeables, que lo elevan y terminan por colocarlo por encima del nivel de circulación de las aguas subterráneas (Figura IV.23).

En otros casos, el hundimiento de la bóveda de las cavernas no llega al nivel de circulación de las aguas subterráneas formándose un tipo de dolina (cenote), cuyo fondo se va rellenando de suelo rojizo; estos hundimientos en forma de embudo y sin agua en el fondo reciben el nombre de "joyas" (hoyas).

Quintana Roo es uno de los estados con mayor extensión litoral en México y el que mayor presión de desarrollo turístico presenta. Se ubica en una de las regiones donde mayor impacto han tenido los huracanes y donde la erosión de la playa está provocando fuertes pérdidas económicas. La costa es frágil pues en su mayor parte son islas de barrera o playas bordeadas tierra adentro por humedales, tanto manglares como humedales de agua dulce.

La costa oriental de Quintana Roo ubicada entre Puerto Aventuras y Tulsayab consiste en un sistema de bahías, ensenadas y caletas separadas por salientes rocosas. Estos rasgos geomórficos hacen que este segmento de costa tenga un aspecto irregular en donde alternan playas de bolsillo y puntas rocosas como es el caso del sitio que nos ocupa.

El origen de las caletas, bahías o ensenadas aparentemente resultan de los procesos de disolución de la roca caliza debido a la presencia de la interfase entre el agua dulce y marina subterráneas cuya mezcla da lugar a las aguas salobres que favorecen los procesos de disolución, particularmente sobre las zonas donde la caliza es más blanda, quedando las partes más duras como puntas o salientes rocosas.

La disolución extensiva observada a lo largo de la costa de la Península de Yucatán se explica geoquímicamente. La mezcla de agua dulce subterránea con el agua subterránea del Mar Caribe genera una zona geoquímica altamente reactiva que favorece la disolución de la aragonita y la calcita y permite el metamorfismo de la aragonita. La disolución en la zona de mezcla causada por la descarga de agua dulce es un proceso geomórfico importante para el desarrollo de cavernas, caletas y playas crescéticas a lo largo de la costa.

El cuerpo de agua que comúnmente se ensancha en los acuíferos costeros constituye la frontera del gradiente aguas abajo del dinámico sistema de agua dulce. Las descargas de agua dulce se mezclan con el agua de mar a lo largo de la interfase para formar agua salobre, parte de la cual se descarga como manantiales submarinos o costeros y percolación. La intrusión de agua de mar genera un flujo desde el océano a través del acuífero para formar una zona subsuperficial de mezcla que da lugar al agua salobre.

La subprovincia “Carso Yucateco” es una planicie formada en una losa calcárea con ligera pendiente descendente hacia el Oriente, que está confirmada con una altura media de 5 m sobre el nivel medio del mar y relieve ondulado en el que se alternan crestas y depresiones.

Se puede decir que las planicies de la península de Yucatán presentan una microtopografía de interés, en la que la roca calcárea alterna en mayor o menor frecuencia con pequeñas hondonadas, lo que da lugar a una constante alternancia de caliza y diferentes tipos de suelos en los puntos más bajos. La peculiaridad de estas formaciones se debe a la carsticidad madura característica, con particularidades ligadas a la altitud general y debido a la falta de verdaderos ríos; existe formación de cavernas y conductos subterráneos.

Dada la solubilidad de las rocas, son frecuentes las dolinas y depresiones en donde se acumulan arcillas de descalcificación, muestran en términos generales una superficie rocosa con ligeras ondulaciones y carecen en casi toda su extensión de un sistema de drenaje superficial.

En su porción litoral son frecuentes las salientes rocosas, caletas, pequeños escarpes, cordones, espolones; así como, lagunas pantanosas intercomunicadas al mar por canales o bocas y extensas zonas de inundación con abundante concentración de manglar.

La provincia de la Costa Baja de Quintana Roo, llanura inundable con piso cementado y salino, se extiende en el sureste del estado, a partir de su borde centro oriental, al norte de la Bahía de la Ascensión, hasta rodear la de Chetumal, caracterizándose por su relieve escalonado que desciende de poniente a oriente. Esta porción del estado es la que representa el menor relieve, está integrada por una llanura rocosa suavemente ondulada con altitudes poco significativas en las que existen zonas de inundación temporal; en la franja litoral la conforman numerosas lagunas, áreas pantanosas, puntas rocosas y paralela a ella se ha desarrollado una barrera arrecifal que delimita una extensa zona lagunar.

Por las características descritas puede señalarse, que el fenómeno cárstico en el estado y en la península, se encuentra diferencialmente influenciado por la mayor o menor altitud que haya podido alcanzar el terreno a causa de su constante movimiento ascendente. Lo anterior significa que si bien el proceso de emersión de la península yucateca permite la expansión de las zonas que se ubican en los extremos norte y oriente, su escasa altura inhibe la evolución del paisaje cárstico; y por ello, éste se manifiesta cada vez con mayor nitidez, partiendo de la periferia y avanzando hacia el sur y oeste del estado de Quintana Roo.

El municipio de Solidaridad se encuentra sobre una planicie de origen tectónico, donde las máximas elevaciones son inferiores a los 55 metros sobre el nivel del mar, van disminuyendo hacia la zona de la costa. De acuerdo con el SEDATU, 2015, *op. cit.* la geomorfología local está en función de las modificaciones que ha sufrido el suelo a lo largo del tiempo por los efectos del clima, lluvia, hundimientos e inundaciones el área de proyecto se encuentra en un sistema de topofomas caracterizado por llanura rocosa y playa.

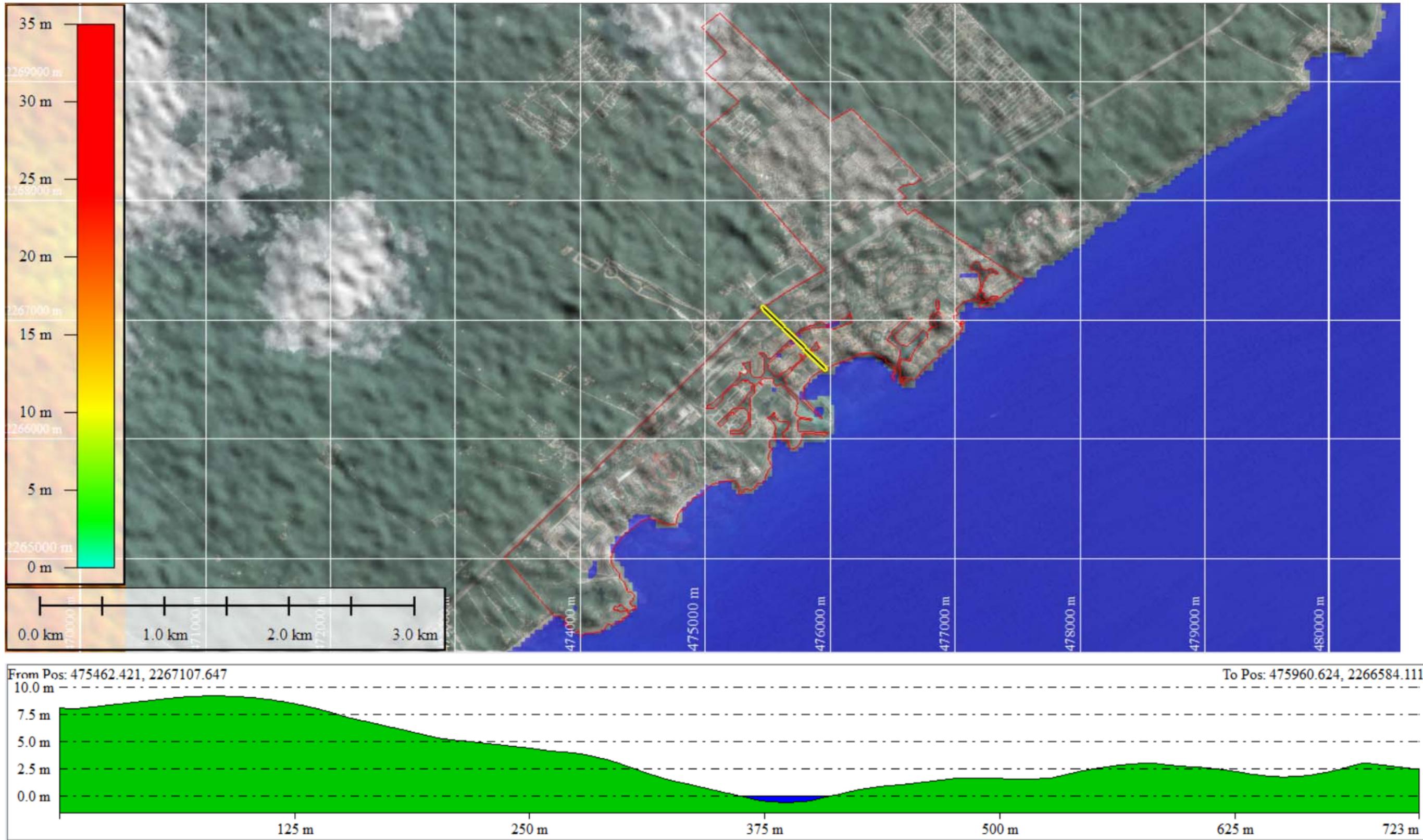


Figura IV.23.- Secciones topográficas

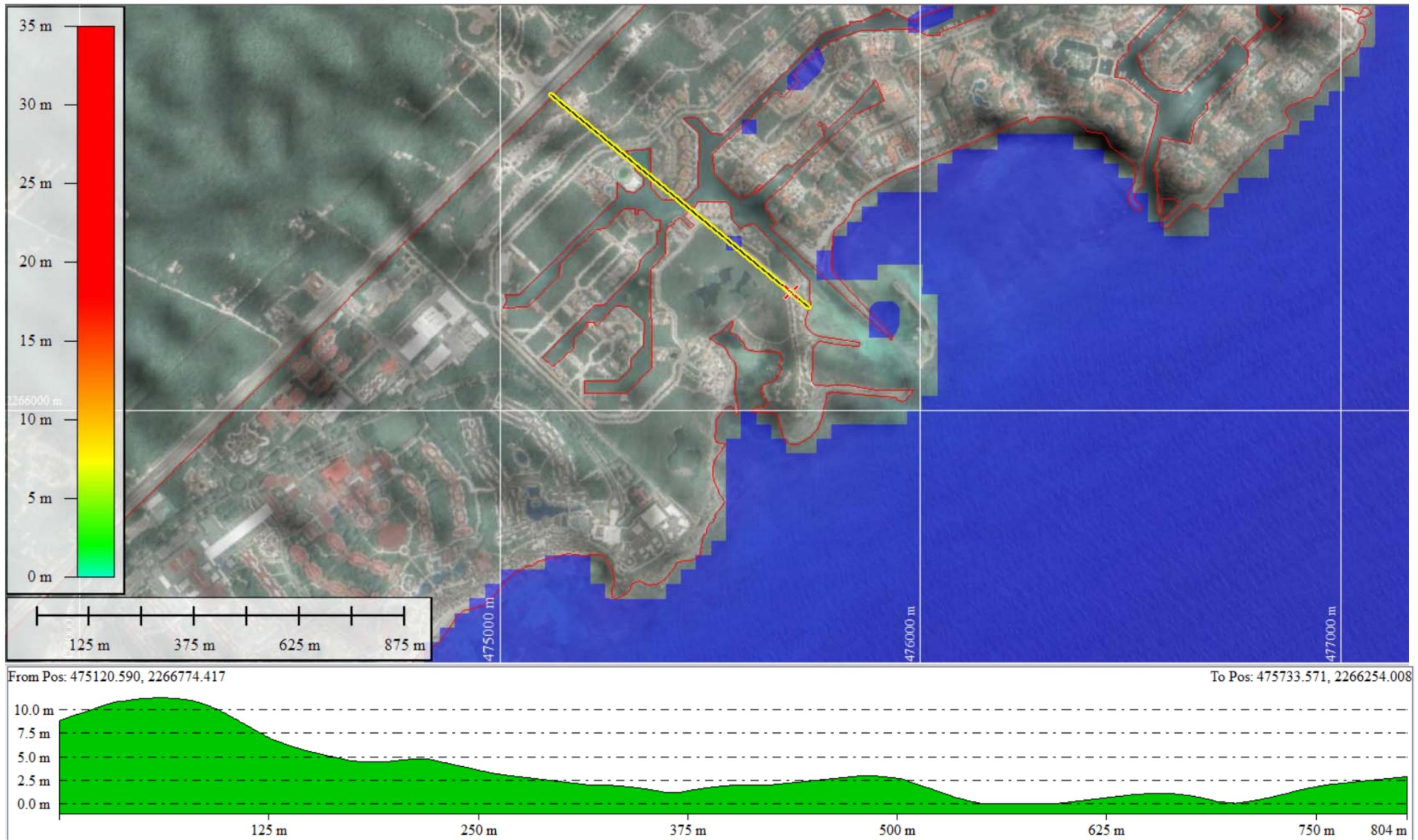


Figura IV.23 (Cont).- Secciones topográficas

IV.2.2 Medio Físico marino

La costa a lo largo del sitio del proyecto es en gran parte rocosa, debido a los impactos de las olas relativamente altas. El estado de la costa y el área cercana a la costa muestra dos características distintas que corresponden a las olas altas. Alrededor del 25% de la costa (en longitud) está compuesta por una plataforma de roca relativamente plana. La plataforma está típicamente a 20-50 cm sobre el nivel medio del mar. A lo largo del extremo norte del área del proyecto, la plataforma cae directamente a más de 1 m de profundidad del agua. Esta sección de la costa está algo protegida por los muelles de entrada. Una gran parte del fondo marino está cubierta de arena, algunas de las cuales fueron erosionadas de la playa, probablemente por tormentas.

lo largo del extremo sur del área del proyecto, la plataforma se extiende suavemente hacia el mar. El fondo marino cerca de la costa está cubierto por pedacería de roca con arena gruesa y grava entre y debajo de las rocas grandes. Es probable que tanto las grandes rocas como la arena entre ellas fueran erosionadas de la costa por las grandes olas de tormenta.

La mayor parte del litoral, o aproximadamente el 75% del largo del litoral, está cubierto por grandes piedras. La "playa" rocosa se extiende hacia tierra en dunas con vegetación, en una pendiente bastante empinada. La playa rocosa se extiende hacia el mar en una pendiente muy suave. El fondo marino en la costa está cubierto por rocas de tamaño diverso sobre arena gruesa y gravas, similar a la del panel inferior. Vale la pena señalar que el huracán Wilma afectó severamente la mayor área de estudio en 2006. Las condiciones actuales de la costa, particularmente la exposición de rocas en la costa y la playa rocosa, son al menos parcialmente resultado del impacto severo del huracán Wilma.

IV.2.2.1 Oleaje

No hay datos de medición de olas a largo plazo disponibles en el área de estudio. A continuación, se utilizaron las condiciones de onda calculadas para el área de estudio mayor de WAVEWATCH III (<https://polar.ncep.noaa.gov/waves/>) de la NOAA de EE. UU. Para obtener información estadística general sobre las condiciones de las olas. A continuación, se resumen las condiciones de olas calculadas durante casi un período de 14 años desde febrero de 2005 hasta diciembre de 2018. La ubicación de la estación WAVEWATCH III a aproximadamente 3 km de la costa.

Controladas por el viento comercial en el océano tropical y la distribución de la masa terrestre cercana, las olas incidentes de ESE son las más dominantes, ocurren en el 49.5% del tiempo con una altura de ola significativa promedio de 0.43 m y un período de ola pico promedio de 7.85 s en el medidor numérico de olas en alta mar. El promedio de las olas más altas del 2% superior tiene una altura de ola significativa de 0,94 m con un período de pico promedio de 8,53 s. Para las olas más altas del 1% superior, la altura de ola significativa promedio es de 1.04 m con un período de ola pico promedio de 8.69 s, solo un poco mayor que el 2% superior promedio de las olas más altas. La medida de protección de la costa debe ser capaz de proteger la costa de las olas más frecuentes, aunque no las más energéticas, del ESE.

Las segundas ondas incidentes más frecuentes provienen de la dirección SE, que ocurren el 22.1% de las veces, también controladas por el viento comercial del este. Las ondas incidentes del SE son más energéticas que las ondas ESE, probablemente debido a la menor protección de la isla de Cozumel, con una altura de ola promedio de 0,65 m y un período de ola pico promedio de 6,22 s). El promedio de las olas más altas del 2% superior y del 1% superior es 1.63 m y 1.85 m de altura, respectivamente. En general, las ondas incidentes de ESE y SE dominan en el área de estudio mayor, ocurriendo un poco más del 71.5% del tiempo. La medida de protección de la costa debe ser capaz de proteger la costa de las frecuentes y energéticas olas del SE.

Las terceras olas incidentes más frecuentes son de ENE, que ocurren a un poco más del 8,0% del tiempo, con una altura de ola significativa promedio de 0,44 m con un período de ola pico de 5,83 s. El promedio de las olas más altas del 2% superior y del 1% superior es bastante energético, a 0.97 m y 1.05 m, respectivamente. Las cuartas ondas incidentes más frecuentes provienen de la E, que ocurren al 8.0% del tiempo, con una onda ligeramente más alta que la de ENE.

Las quintas olas incidentes más frecuentes son de ESS, que ocurren en aproximadamente el 5,6% de las veces, con una altura de ola significativa promedio de 0,66 m con un período de ola pico de 5,59 s. El promedio de las olas más altas del 2% superior y del 1% superior es bastante energético, a 1.77 m y 1.96 m, respectivamente. La ola SSE, aunque no es muy común, es bastante energética y debe considerarse cuidadosamente en el diseño de las medidas de protección de la costa. La onda incidente S es rara, ocurre menos del 0.2% del tiempo. Sin embargo, tiene la altura de ola de tormenta más alta probablemente debido al refugio mínimo de la isla de Cozumel y, por lo tanto, también debe considerarse en el diseño de protección de la costa.

En resumen, las olas que se aproximan hacia el este, incluidas las olas NE, ENE, E, ESE y SE, ocurren en el 93% del tiempo, según lo impulsado por los vientos alisios. Las condiciones de las olas energéticas están influenciadas por el refugio de la isla de Cozumel y, por lo tanto, se acercan desde las direcciones del sur, es decir, SE, SSE y S. Por lo tanto, las medidas de protección de la costa deberían proteger adecuadamente contra las olas de tormentas altas desde las direcciones del sur.

La costa del proyecto se orienta a 195 grados, o aproximadamente NNE a SSW. Las olas que se acercan al norte, incluyendo N, NNE y NE, típicamente asociadas con pasajes de frentes fríos de invierno, están significativamente bloqueadas por tierra y embarcaderos a lo largo de la entrada. La costa con orientación este-sureste es vulnerable a las olas que se aproximan ENE, E, ESE, SE y SSE. Estas olas ocurren más del 93% del tiempo y sin ninguna reducción de energía por los arrecifes de barrera. Por lo tanto, la costa del proyecto es vulnerable al ataque de las olas la mayor parte del tiempo y debe protegerse, particularmente contra las olas de tormenta, como lo representa el promedio de las olas altas del 1% y del 2%, respectivamente, en este estudio. Aunque la ola que se aproxima al S es muy rara, probablemente relacionada con algunas tormentas tropicales, puede ser muy energética y no debe ignorarse.

Las ondas más altas, aunque no las más comunes, se aproximan desde el SE, SSE y S. Estas olas probablemente son generadas por tormentas tropicales. La costa del proyecto está bastante

abierta a estas tres olas incidentes. Las medidas de protección de la costa, como se discute a continuación, deben ser efectivas en condiciones de olas altas, en particular las de las direcciones SE, SSE y S. El modelado numérico de la onda se lleva a cabo utilizando las condiciones de onda promedio, así como el 1% y 2% superior, que se aproximan desde cada uno de los ocho ángulos de onda incidentes como las condiciones de onda de diseño. Los resultados del modelado de ondas se discuten en la siguiente sección. Con base en los resultados del modelado y la investigación del sitio, se recomienda un diseño óptimo de protección de la costa para esta sección de la costa de Puerto Aventuras.

IV.2.2.2 Condiciones de onda cercanas computadas por el modelo cms-wave

Los campos de ondas en el área del proyecto se investigaron utilizando el modelo numérico CMS-Wave (<http://cirp.usace.army.mil/wiki/CMS-Wave>). El CMS-Wave es desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. La versión que se utiliza en este estudio es un modelo de transformación espectral bidimensional de medio plano y estado estacionario que utiliza un esquema implícito de marchas hacia adelante y diferencia finita. Se calculan la refracción de las olas, el bajío, la reflexión, la difracción y la ruptura. Esto convierte al CMS-Wave en un modelo ideal para investigar el área del proyecto con batimetría complicada y masa de tierra circundante y ángulo de onda incidente altamente oblicuo. El modelo de onda CMS puede utilizar el espectro de onda direccional medido o generar espectro de onda direccional utilizando parámetros estadísticos de onda como altura de onda significativa, período de onda y ángulo de onda incidente, pico espectral y dispersión direccional. Recientemente, se agregaron la configuración de onda y la ejecución. Para este estudio, las condiciones de onda estadística derivadas de los datos WAVEWATCH III de 14 años, como se resumen en las Figuras 10 a 16, se utilizaron como entrada para la onda CMS. Los espectros de onda tipo JONSWAP se generaron en función de la altura estadística de la ola y el período de la ola.

El patrón de propagación de las olas en el área cercana a la costa está significativamente influenciado por la batimetría cercana a la costa. La batimetría detallada cerca de la costa que se extiende hasta aproximadamente 600 m en alta mar a una profundidad del agua de más de 14 m se encuestó para garantizar que se use una batimetría precisa y actualizada en el modelado de olas. La costa del proyecto se encuentra a lo largo del flanco occidental de un embalse. Para ilustrar más claramente la complicada batimetría en el área cercana a la costa, la profundidad del agua en alta mar que es mayor de 10 m se ilustra con un color. En general, la batimetría cerca de la costa es bastante complicada en el área del proyecto. La característica más distintiva es una característica similar a un cañón que se extiende desde el sitio del proyecto hasta una profundidad de agua de más de 10 m. A lo largo de la sección central del área del proyecto, la profundidad del agua aumenta suavemente, mientras que en los dos extremos la profundidad del agua aumenta rápidamente, Figura IV.24. Estas características batimétricas particulares probablemente están controladas por la topografía kárstica en esta área, como también lo indican los numerosos puntos de descarga de agua dulce en la costa cercana.

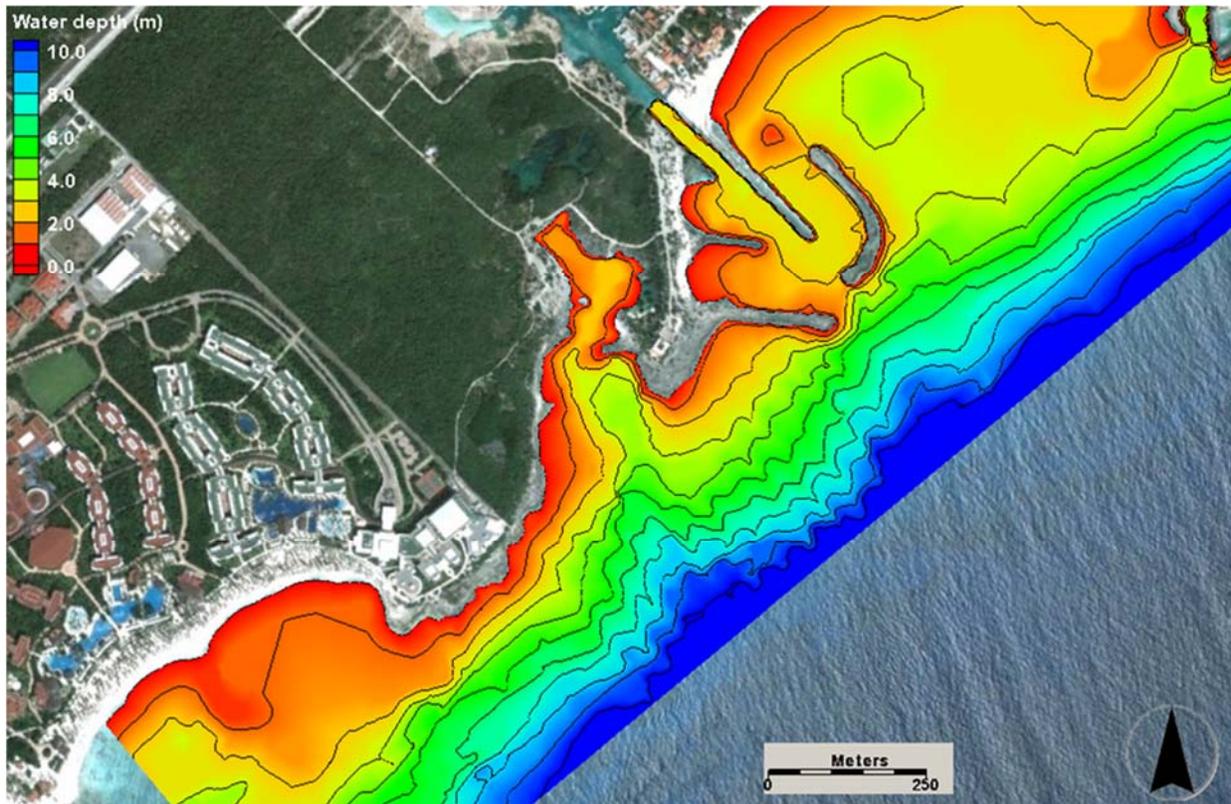


Figura IV.24.- Batimetría cerca de la costa en el sitio del proyecto. Para ilustrar mejor la variación de la profundidad del agua en la costa cercana, la profundidad mayor de 10 m se muestra como azul sólido. La profundidad se refiere al nivel del mar.

Un total de nueve casos se examinan en este estudio utilizando el modelo CMS-Wave. El primer caso simula el campo de onda en las condiciones existentes. Esto proporciona un caso de referencia para la comparación con las siguientes ocho alternativas de diseño de protección costera. El caso de referencia también proporciona información crucial sobre las olas para el análisis de los procesos actuales cercanos a la costa y la tendencia del transporte de sedimentos. Se utilizaron condiciones idénticas de onda de entrada y nivel del agua. Las condiciones de onda estadística se usaron como condiciones de entrada. Las ondas dirigidas en alta mar no son relevantes y ocurren raramente. Se modelaron tres condiciones del nivel del agua, nivel medio del mar, con marejada ciclónica de 0,5 m, y con marejada ciclónica de 1 m. Vale la pena señalar que el escenario de sobretensión de 1 m debería representar un caso extremadamente raro. La profundidad del agua en el área de estudio aumenta rápidamente a más de 100 m debido a la estrecha plataforma continental. La estrecha plataforma continental y las aguas profundas cerca de la costa no proporcionan condiciones favorables para el desarrollo de grandes y sostenidas marejadas ciclónicas.

Referencia bajo condiciones existentes

Los campos de olas cercanas a la costa en condiciones existentes se simularon utilizando CMS-Wave para examinar los procesos cercanos a la costa y la tendencia del transporte de sedimentos. Este caso proporciona una línea de base para la comparación y evaluación de las alternativas de diseño que se discuten después del caso de línea de base. Dado que la costa del proyecto está expuesta a las olas oceánicas sin protección por los arrecifes de barrera, las olas promedio tienen un impacto significativo en los procesos cercanos a la costa en términos de transportar arena a lo largo de la playa y causar erosión en la playa. Las condiciones promedio de las olas ocurren con mucha más frecuencia que las condiciones extremas. Por lo tanto, la medida de protección de la costa propuesta debería funcionar adecuadamente bajo las condiciones promedio. A continuación, se discuten los campos de olas cercanas a la costa, especialmente las condiciones de las olas en la costa, bajo las condiciones existentes para proporcionar un escenario de referencia para la comparación con los campos de olas modelados, incluidas las medidas de protección de la costa propuestas.

Como se discutió anteriormente, se simularon ocho olas incidentes y tres condiciones del nivel del agua. Los paneles superiores en las representan campos de olas en condiciones de nivel medio del mar. Los paneles centrales representan los campos de olas con una marejada ciclónica de 0,5 m superpuesta sobre el nivel medio del mar. El panel inferior representa los campos de olas con una marejada ciclónica de 1 m superpuesta sobre el nivel medio del mar. Vale la pena enfatizar nuevamente que el escenario de sobretensión de 1 m es un caso extremo con un período de retorno estimado en más de 20 años.

Las figuras muestran que, en las condiciones existentes, las olas incidentes llegan a la costa con una pequeña disipación de energía. Para estas seis condiciones promedio de oleaje, la altura del oleaje en el área cercana a la costa a lo largo de la línea costera del proyecto varía de 0.4 a 0.6 m, según lo controlado por la altura del oleaje incidente. Para las olas incidentes altamente oblicuas de ENE, E, ESE y SE, la refracción de las olas en combinación con el refugio del embarcadero de entrada hacia el este da como resultado olas moderadamente más bajas a lo largo de la parte norte de la costa que a lo largo de la parte sur de la costa. Para las olas incidentes más meridionales, la altura de la ola es más uniforme a lo largo de la costa, aunque la ola a lo largo de la porción sur de la costa sigue siendo un poco más alta.

Según el análisis estadístico de los datos de WAVEWATCH III a 14 años, las ondas que se aproximan desde SSW y SW son muy raras, y ambas ocurren al 0.01%. Es probable que este resultado estadístico esté influenciado por algunas tormentas de verano inusuales. Esto también se refleja en el promedio muy alto, así como en las olas de tormenta. Aunque es muy raro, estas olas no deben ignorarse porque pueden representar el caso de un huracán. Para estas dos olas, la ruptura de la ola ocurrió a aproximadamente 1.3 m (onda SSW) y 1.7 m (onda SW), respectivamente, seguido de una reducción significativa de la energía de las olas después de la ruptura. La altura de las olas cercanas a la costa alcanza cerca de 1 m para estos dos casos.

Para la mayoría de las condiciones de olas incidentes promedio, la adición de la marejada ciclónica de 0,5 m y 1 m no dio como resultado olas de tierra cercanas significativamente más altas, como es evidente al comparar los paneles superiores con medio e inferior. En algunos

casos, el agua más profunda da como resultado menos oleaje y olas ligeramente más bajas en el área cercana a la costa, en comparación con los escenarios sin sobretensiones. Para los dos casos de SSW y SW con olas altas, el agua más profunda da como resultado olas moderadamente más altas a lo largo de la parte norte de la costa del proyecto, además de olas ligeramente más altas a lo largo de toda la costa.

En general, debido a la falta de protección de los arrecifes cercanos a la costa y, en general, a la pendiente empinada cerca de la costa, las olas oceánicas en condiciones promedio llegan a la costa del proyecto sin mucha disipación de energía la mayor parte del tiempo. Dos excepciones incluyen la muy rara pero energética onda incidente SSW y SW. Se produce una considerable disipación de energía en el área cercana a la costa. Sin embargo, las alturas de las olas cercanas a la costa en estos dos casos son de 0.6 a 0.9 m. Vale la pena señalar que las olas promedio de las direcciones SSW y SW ocurren con menos frecuencia que las olas de tormenta, representadas aquí por el promedio de las olas más altas de 2% y 1%, de las direcciones predominantes de ESE y SE. Figuras IV.25 a Figura IV.32.

Los campos de olas modelados en condiciones promedio como se discutió anteriormente sugieren que la costa del proyecto está sujeta a ataques de olas energéticas en condiciones normales. Esto es confirmado por varias visitas de campo. Esto explica en gran medida por qué la playa a lo largo de la costa del proyecto que fue erosionada por tormentas extremas como el huracán Wilma no se recuperaría naturalmente, como muchas otras playas naturales en esta área y en todo el mundo.

Debido a la orientación de la costa NNE a SSW, la mayoría de las olas del este llegan a la costa en ángulo, y las olas que se aproximan al sur llegan a un gran ángulo oblicuo. Estas ondas incidentales oblicuas conducirían un transporte de arena hacia el norte a lo largo de la costa. Sin embargo, dado que la costa actual no tiene arena, el transporte hacia el norte de la costa sigue siendo una tendencia no materializada. Sin embargo, este transporte hacia el norte de la costa debe tenerse en cuenta al restaurar la playa de arena en el área del proyecto.

Dadas las condiciones energéticas cercanas a la costa durante las condiciones de oleaje promedio, la costa del proyecto necesita ser protegida nuevamente contra el ataque de oleaje en condiciones normales. Además, la medida de protección en tierra propuesta debería funcionar adecuadamente para los ocho ángulos de onda incidentes.

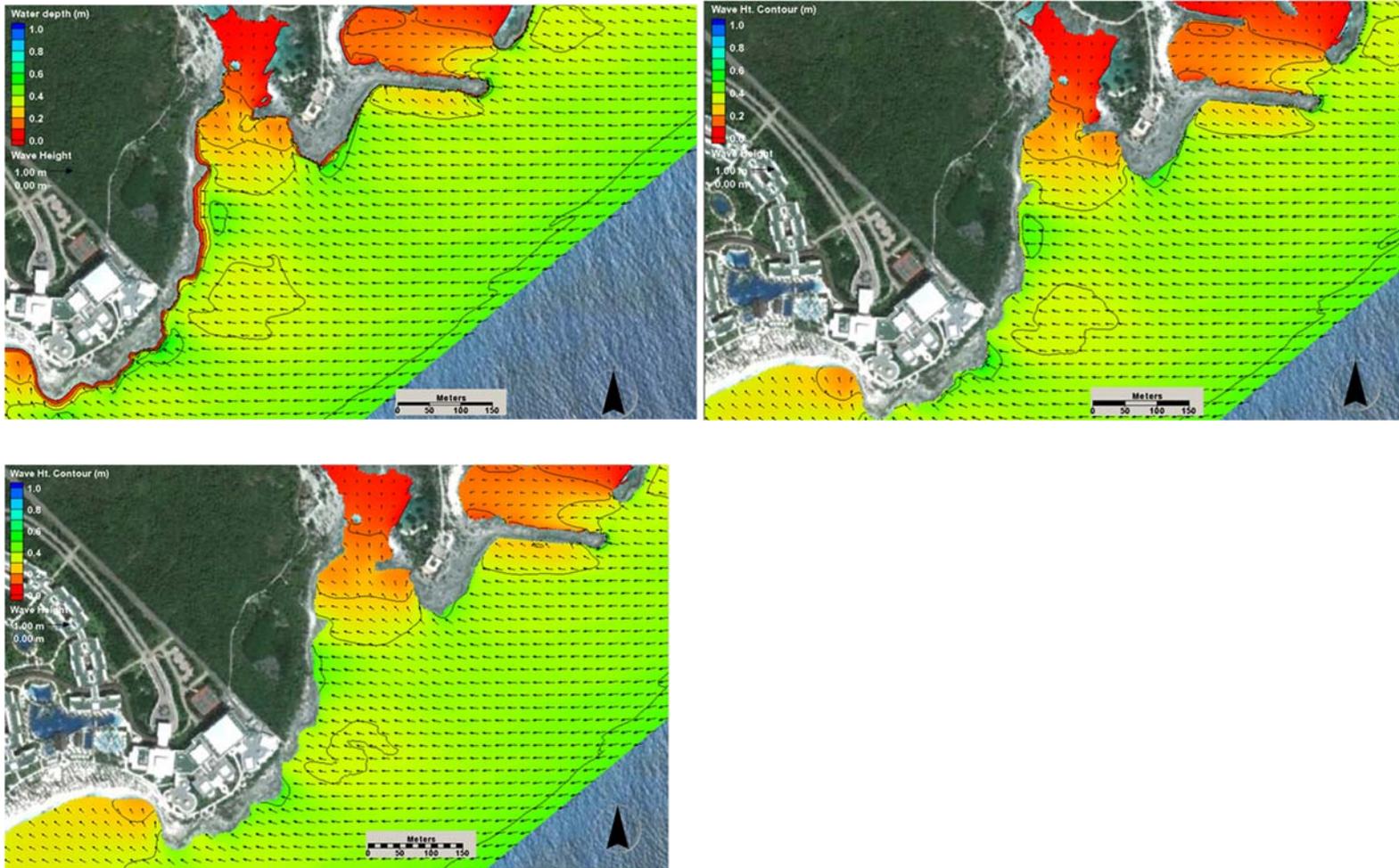


Figura IV.25.- Campo de olas simulado en condiciones promedio: ENE (67.5 grados) onda incidente con altura de ola significativa $H_{sig} = 0.44$ m y periodo de onda pico $T_p = 5.83$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

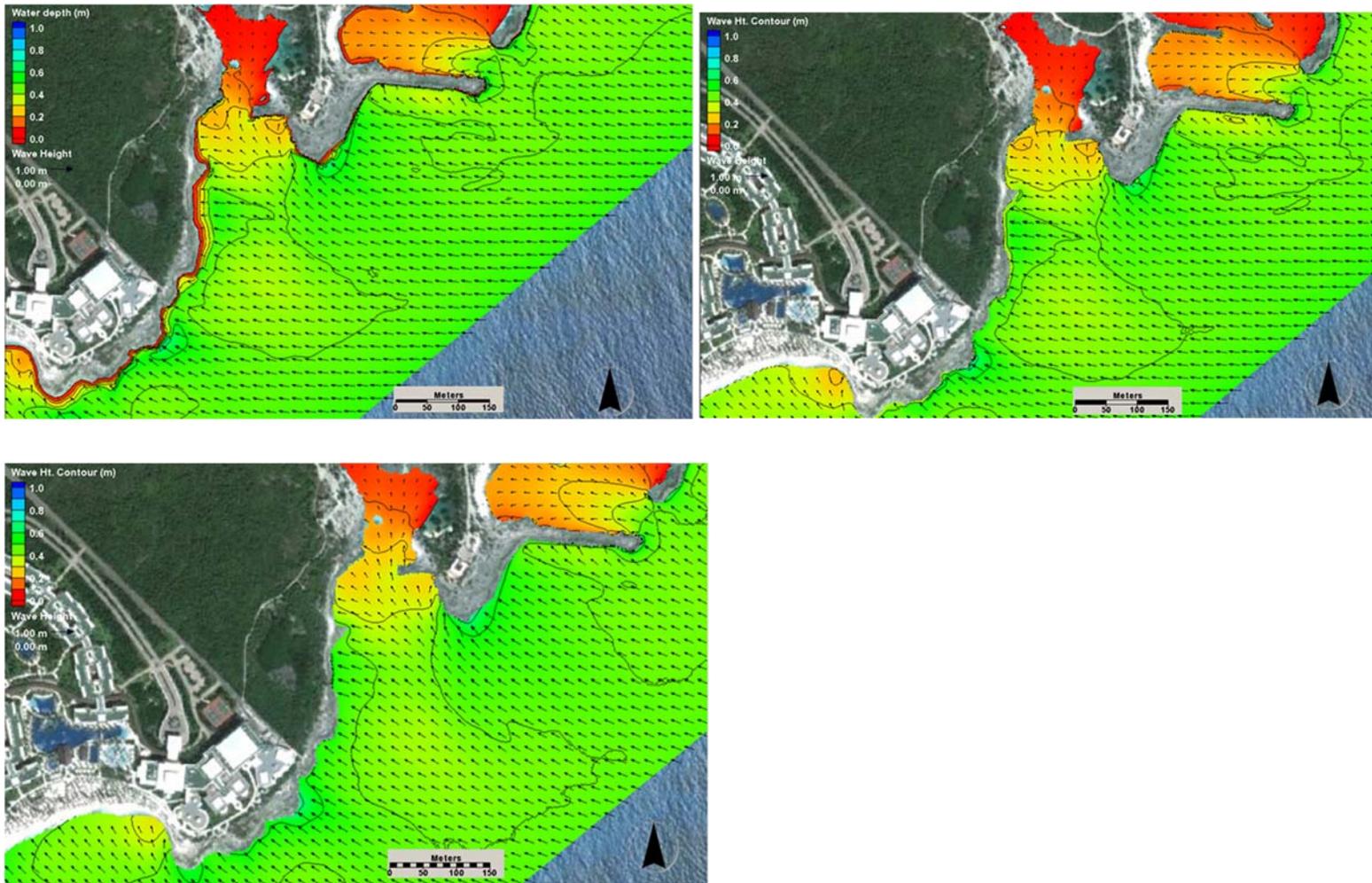


Figura IV.26.- Campo de olas simulado en condiciones promedio: E (90 grados) de onda incidente con altura de ola significativa $H_{sig} = 0.47$ m y periodo de onda pico $T_p = 6.30$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

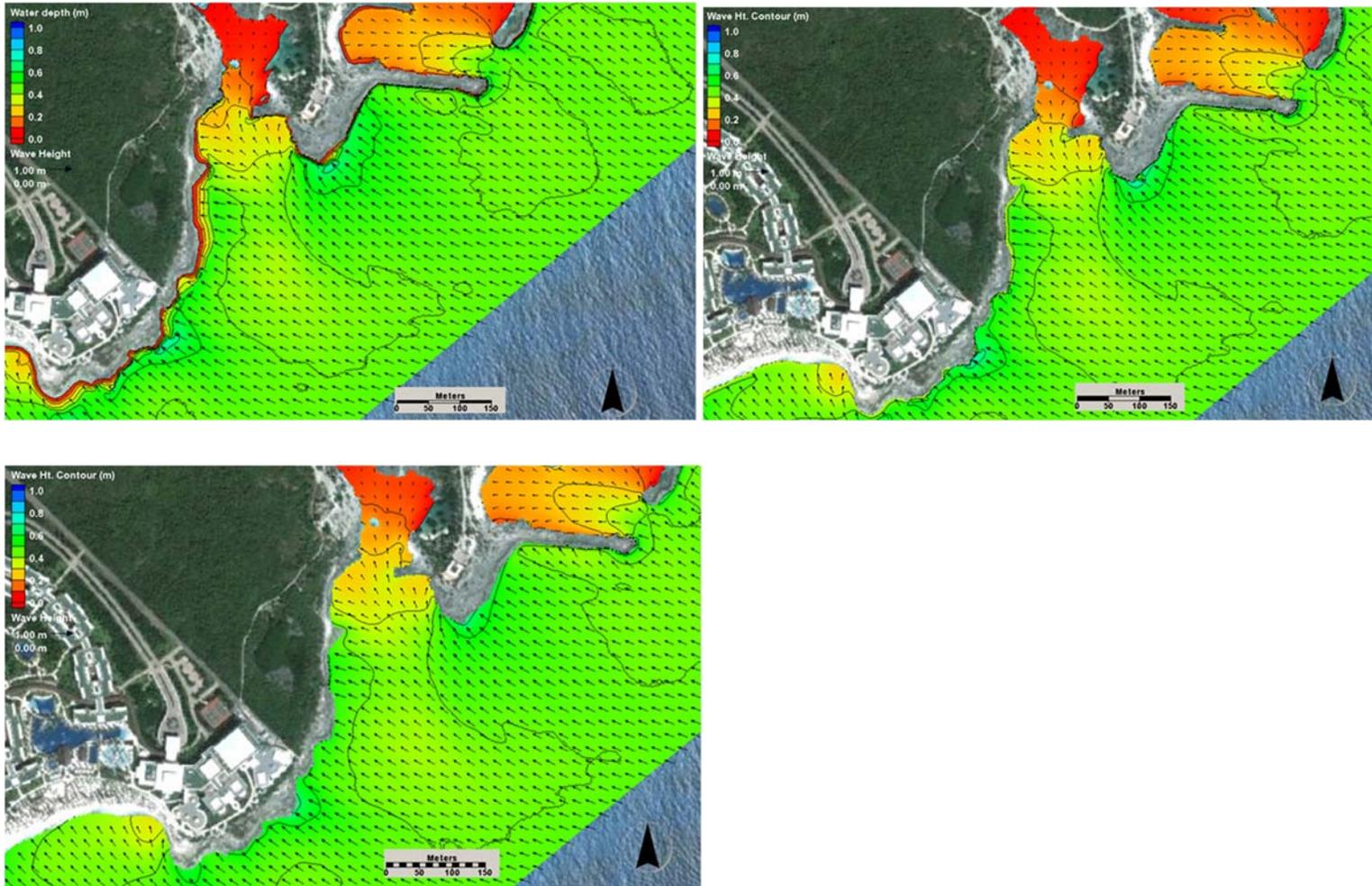


Figura IV.27.- Campo de olas simulado en condiciones promedio: ESE (112.5 grados) onda incidente con altura de ola significativa $H_{sig} = 0.43$ m y periodo de onda pico $T_p = 7.85$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

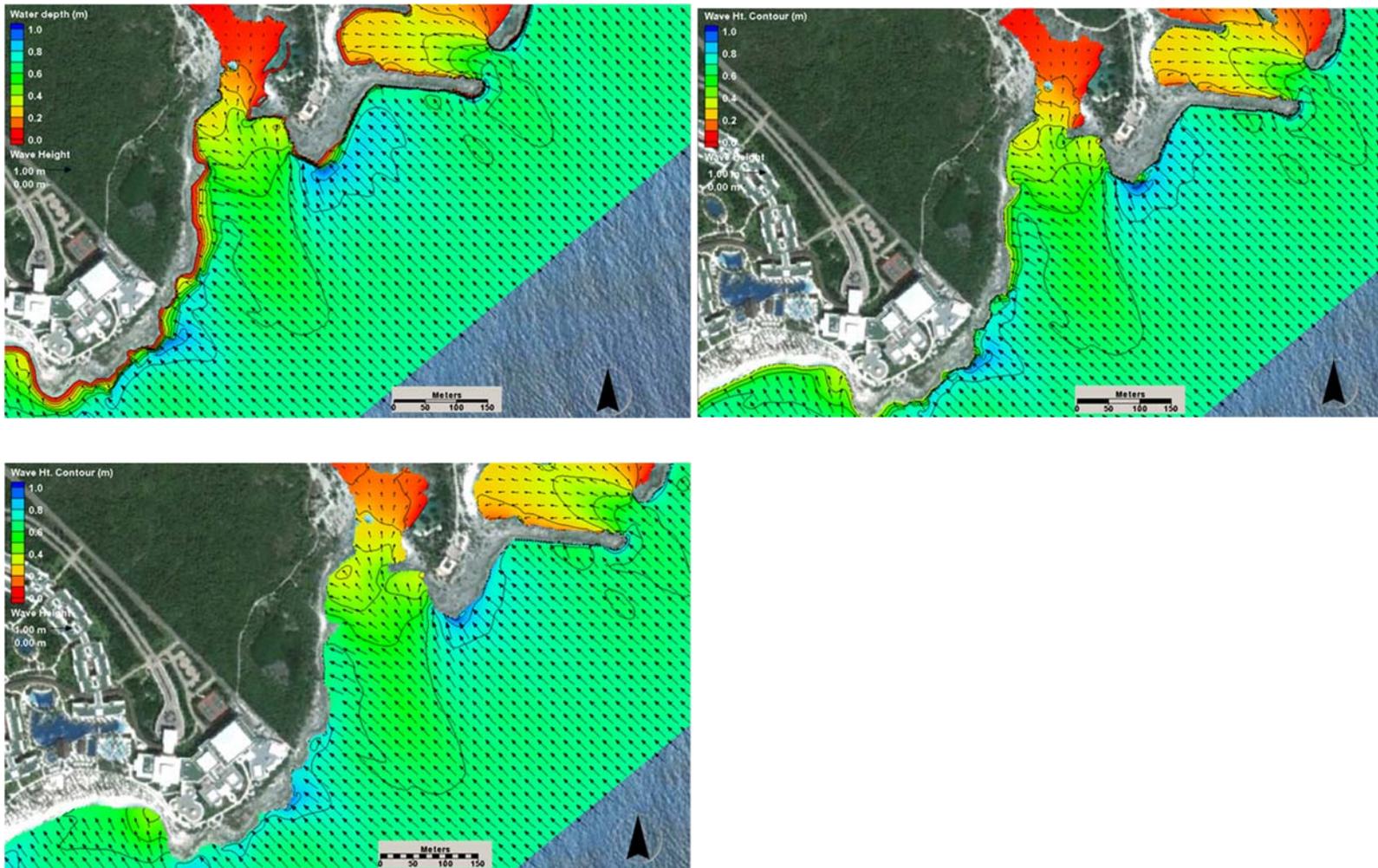


Figura IV.28.- Campo de olas simulado en condiciones promedio: SE (135 grados) onda incidente con altura de ola significativa $H_{sig} = 0,65$ m y periodo de onda pico $T_p = 6,22$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

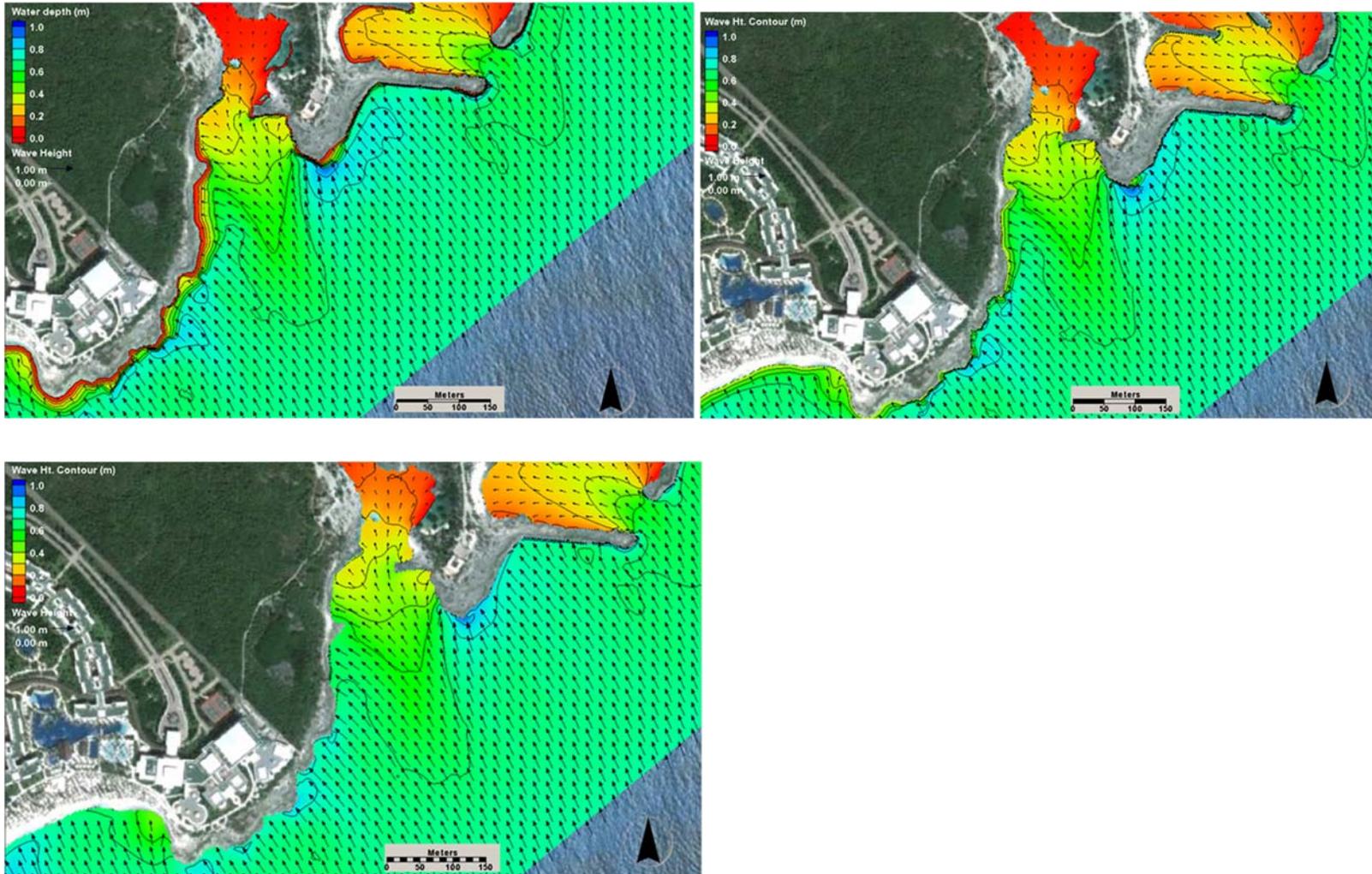


Figura IV.29.- Campo de olas simulado en condiciones promedio: olas incidentes SSE (157.5 grados) con altura de ola significativa $H_{sig} = 0.66$ m y período de onda pico $T_p = 5.59$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

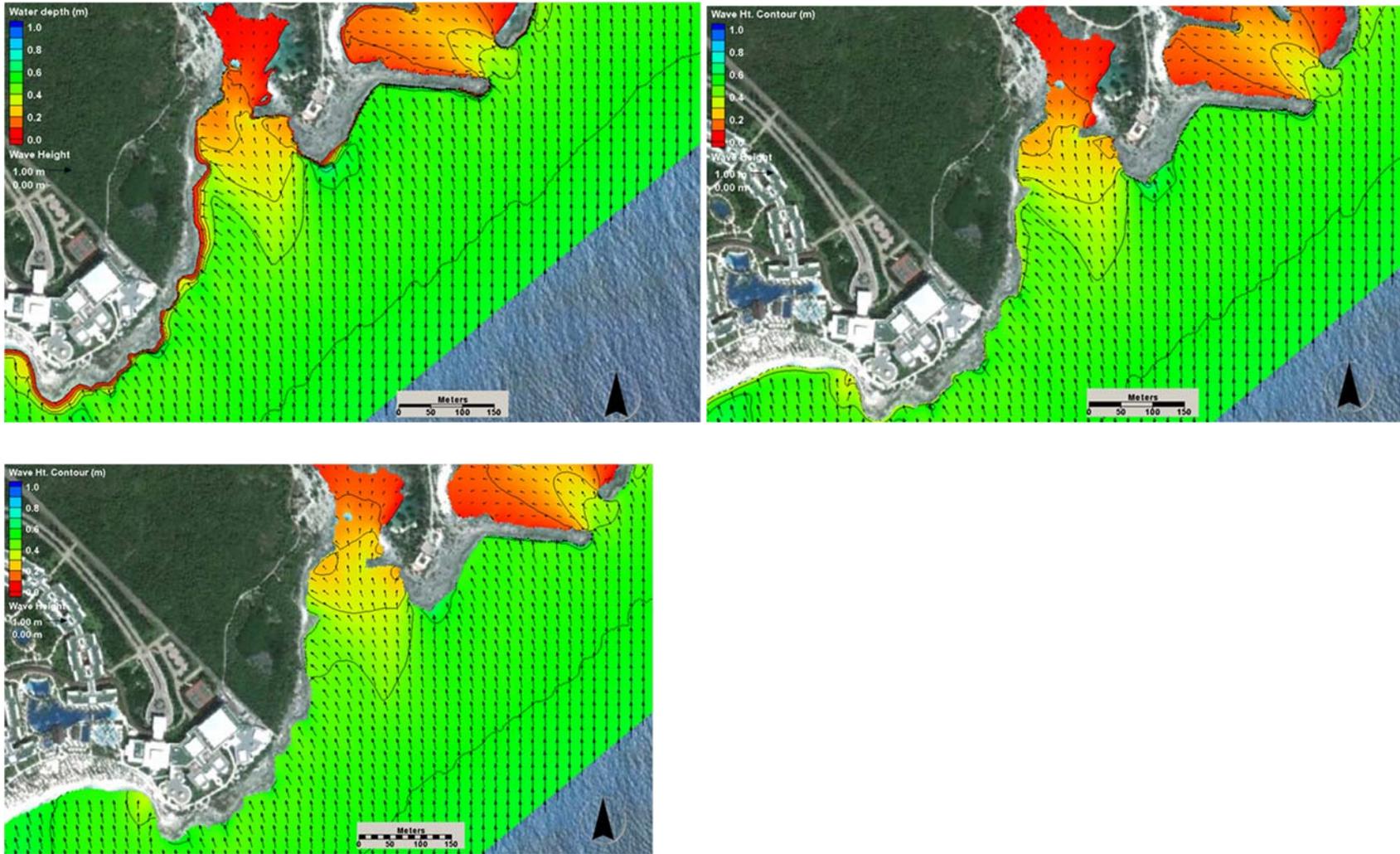


Figura IV.30.- Campo de olas simulado en condiciones promedio: onda incidente S (180 grados) con altura de ola significativa $H_{sig} = 0.54$ m y período de onda pico $T_p = 3.99$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

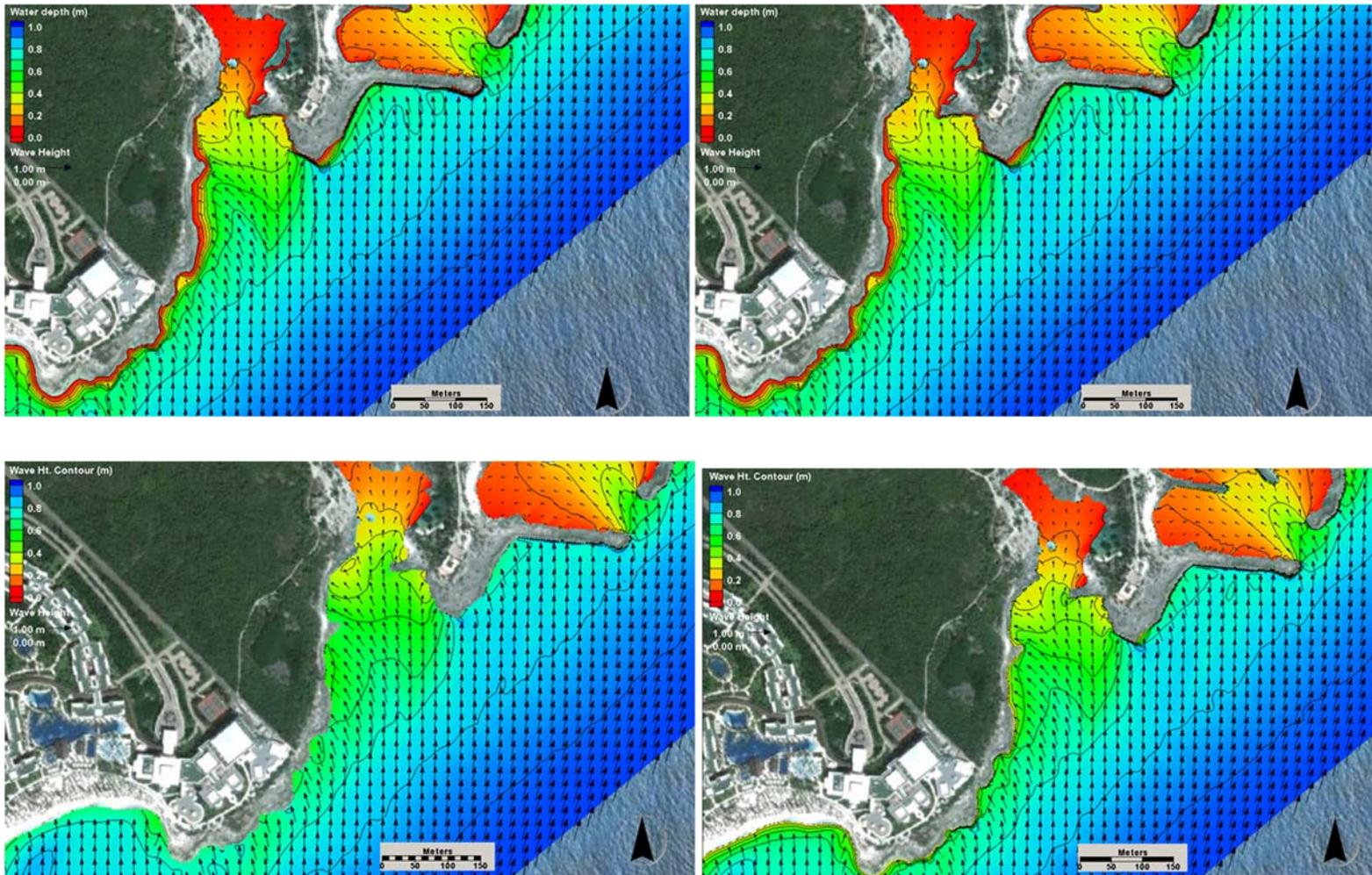


Figura IV.31.- Campo de olas simulado en condiciones promedio: olas incidentes SSW (202.5 grados) con altura de ola significativa $H_{sig} = 0.94$ m y período de onda pico $T_p = 3.44$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

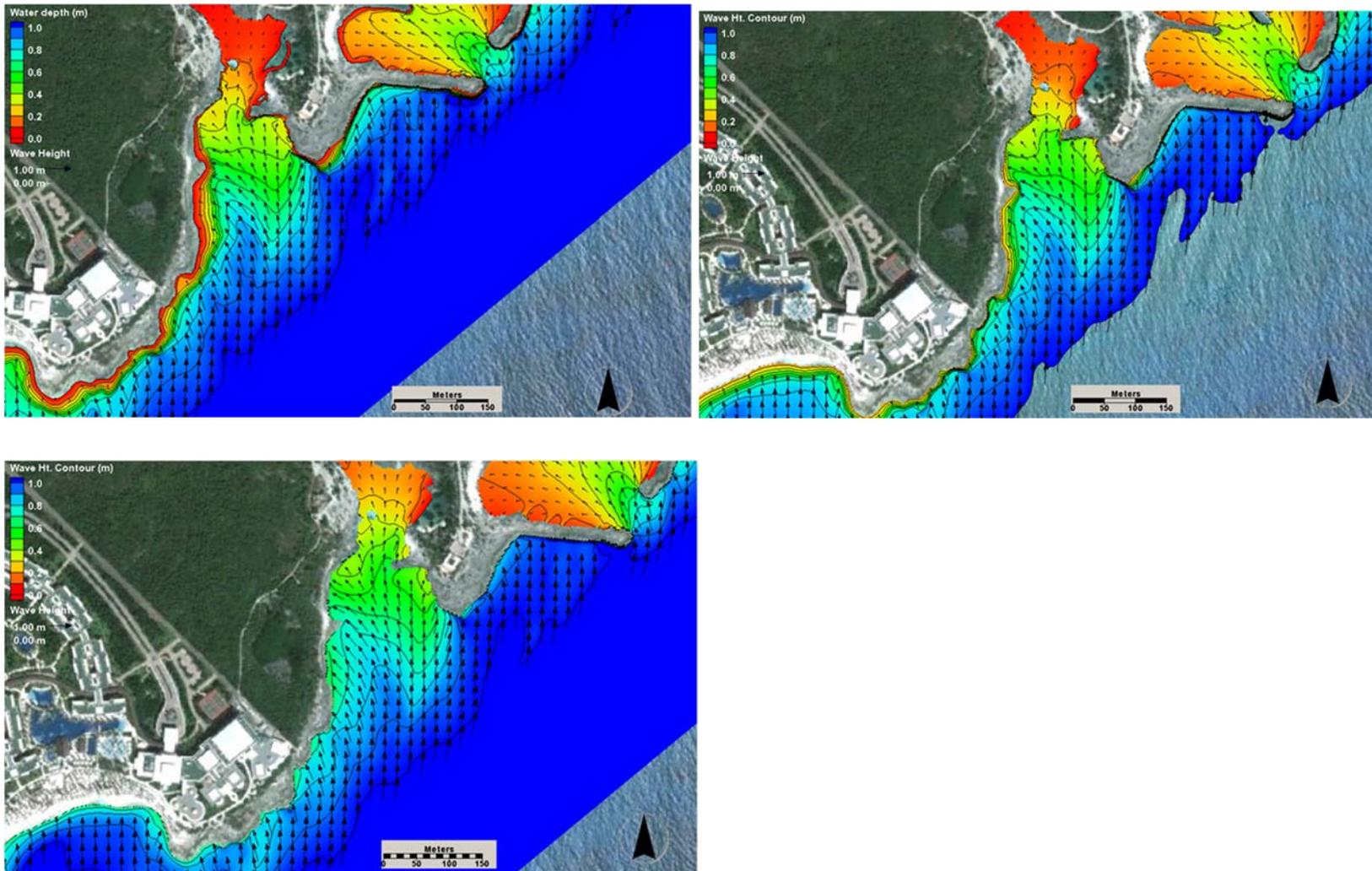


Figura IV.32.- Campo de olas simulado en condiciones promedio: olas incidentes SW (225 grados) con altura de ola significativa $H_{sig} = 1.39$ m y período de onda pico $T_p = 4.20$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

Las figuras anteriores representan el campo de olas simulado en condiciones de tormenta, como se representa por el promedio de las olas más altas del 2% de cada ángulo. Las olas que se acercan al sur, aunque son menos frecuentes, tienen olas de tormenta considerablemente más altas, en comparación con las olas más al norte. Esto probablemente se deba a una combinación del forzamiento sur de las tormentas tropicales y la menor protección de la isla de Cozumel.

En todos los escenarios de olas de tormenta, las alturas de las olas cercanas a la costa están controladas en gran medida por la ruptura de olas de profundidad limitada, especialmente para las olas incidentes del sur de SE, SSE, S, SSW y SW. Las alturas de las olas cercanas a la costa alcanzan casi 1 m para las olas ENE, E y ESE más frecuentes, mientras que, para el resto de los cinco casos, las olas alcanzan más de 1 m en el área cercana a la costa

Para los casos con una marejada ciclónica de 0,5 m y 1 m, las alturas de las olas cerca de la costa son considerablemente más altas con la marejada que sin la marejada. Esto es causado por el agua más profunda cerca de la costa causada por la marejada ciclónica en comparación con las condiciones normales. Similar a los resultados de las condiciones promedio de las olas, las olas cercanas a la costa llegan a la costa en un ángulo oblicuo, lo que conduciría un transporte de arena hacia la costa norte. Nuevamente, dado que no hay arena en la playa actual, este transporte hacia el norte solo representa una tendencia que no se materializa actualmente. Sin embargo, este transporte hacia la costa norte puede jugar un papel importante en los procesos de la costa una vez que se restaura la playa.

En condiciones extremas de olas energéticas representadas por el promedio de las olas más altas del 1% más altas, los campos de olas cercanas a la costa son bastante similares a los que se encuentran debajo de las olas del 2% superiores. Esto está controlado por dos factores. Primero, los promedios de las ondas superiores del 1% y del 2% no son muy diferentes. En segundo lugar, las condiciones de las olas cercanas a la costa están controladas en gran medida por la ruptura de olas de profundidad limitada. Por lo tanto, el aumento modesto de la altura de las olas para la ola del 1% superior solo da como resultado un aumento menor en la altura de las olas cercanas a la costa, en comparación con las olas del 2% superiores. Figuras IV.33 a Figura IV.41.

En general, en condiciones de tormenta, las olas cerca de la costa del proyecto alcanzan más de 1 m para los ocho ángulos de las olas incidentes. Una marejada ciclónica provocaría olas considerablemente más altas en las inmediaciones de la costa. Para evitar daños severos a la costa, se debe reducir la energía de las olas. Además, las altas olas en el área cercana a la costa (hasta 150 m de la costa) pueden causar daños severos al ecosistema en el fondo duro y evitar que el fondo duro presente se recupere de los impactos de tormentas anteriores. Las medidas de protección de la costa propuestas deberían proteger adecuadamente la costa en condiciones de tormenta.

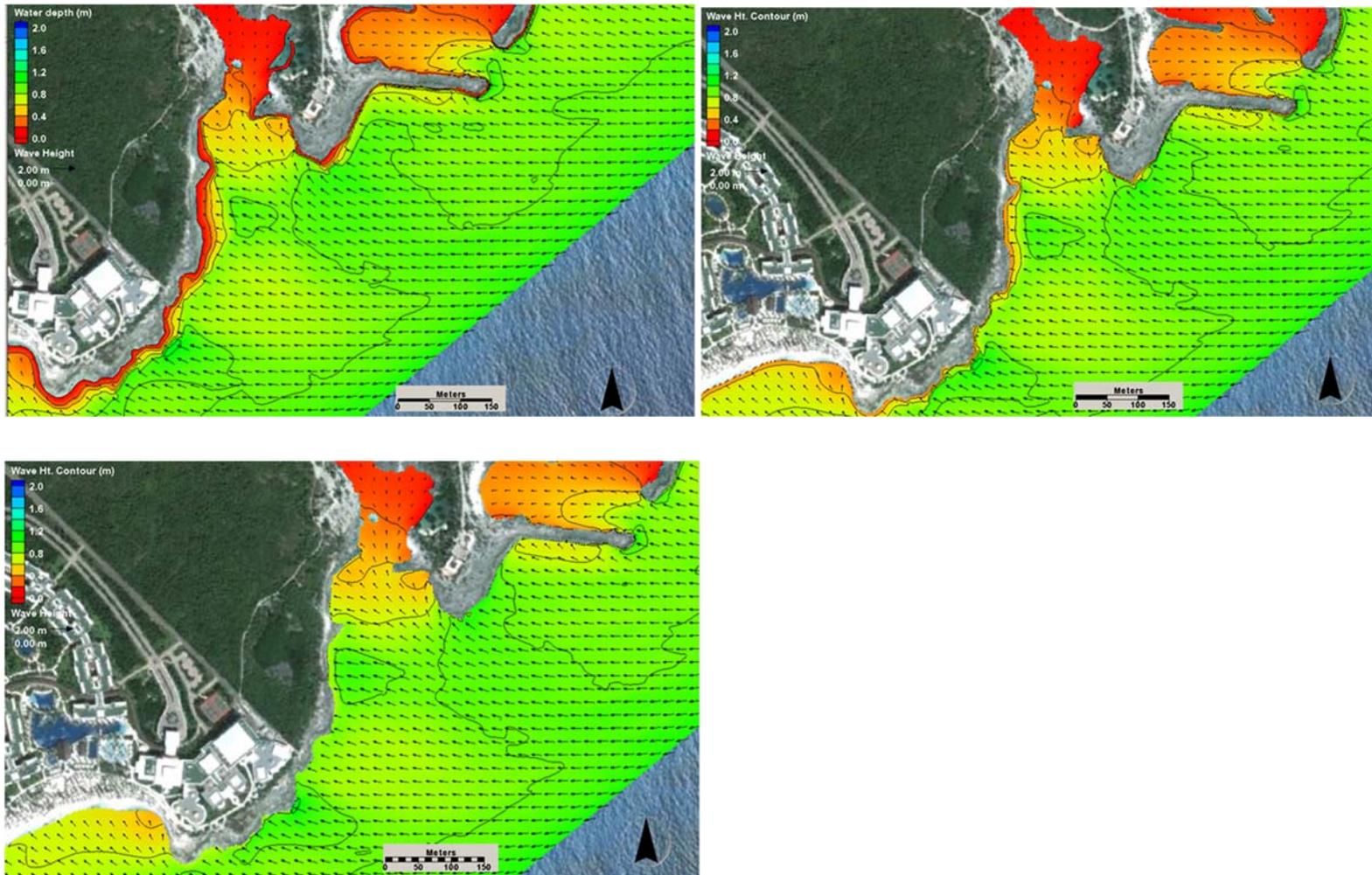


Figura IV.33.- Campo de olas de olas simulado en condiciones de olas altas superiores al 2% promedio: ENE (67.5 grados) ola incidente con altura de ola significativa $H_{sig} = 0.97$ m y periodo de onda pico $T_p = 7.39$ s Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m

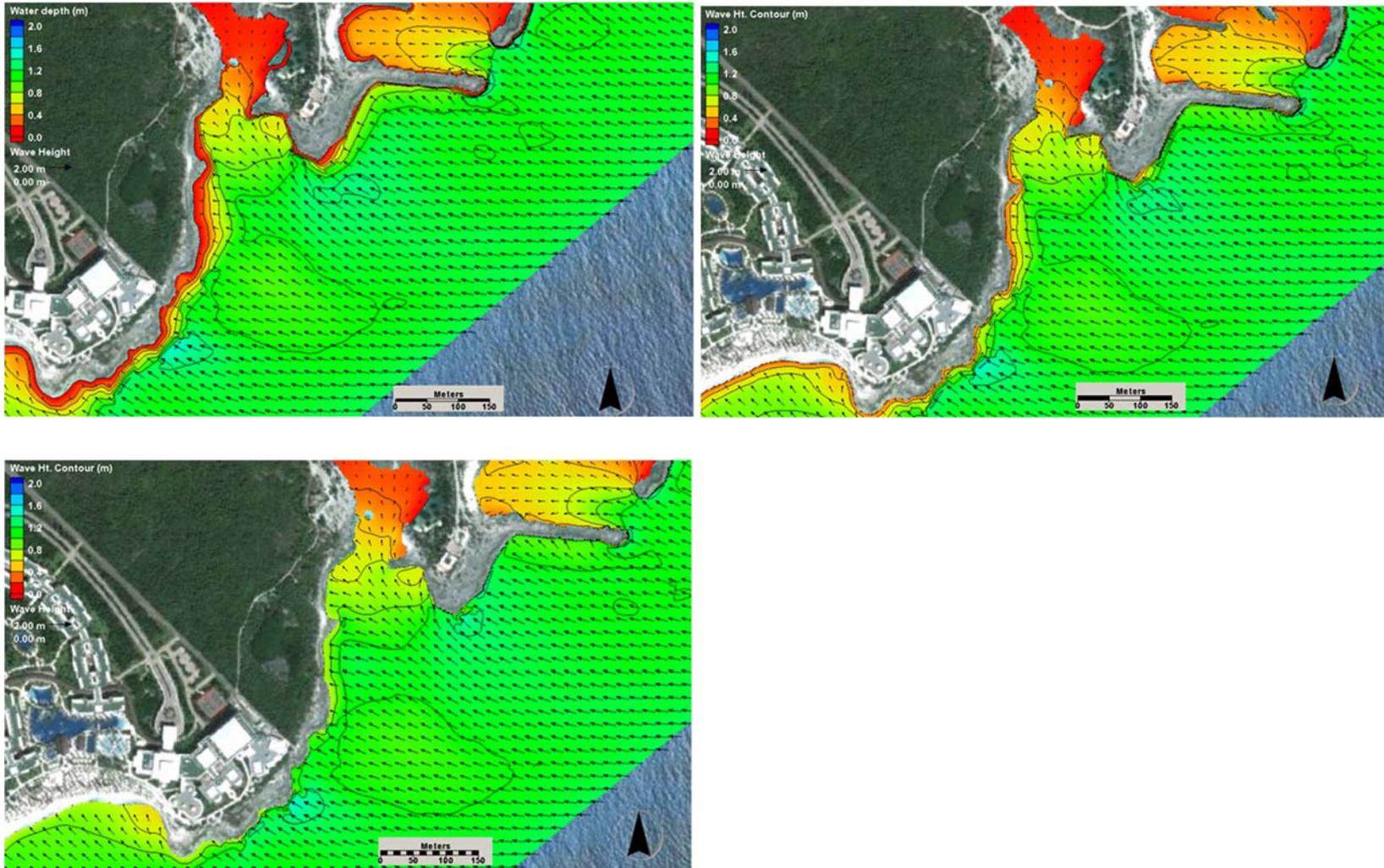


Figura IV.34.- Campo de olas simulado en condiciones altas promedio superiores del 2%: E (90 grados) onda incidente con altura de ola significativa $H_{sig} = 1.16$ m y periodo de onda pico $T_p = 8.43$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

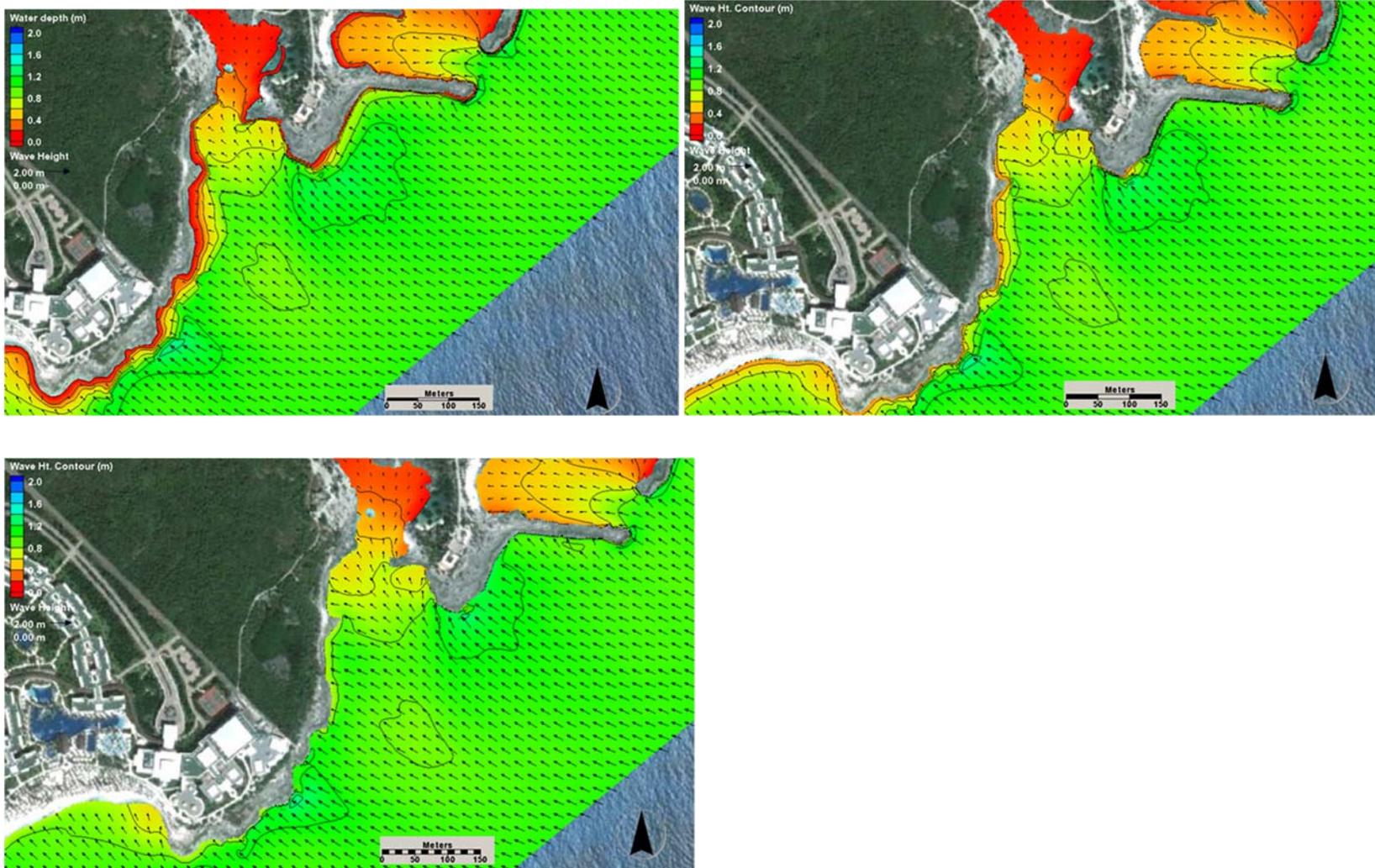


Figura IV.35.- Campo de olas simulado en condiciones altas promedios superiores del 2%: ola incidente ESE (112.5 grados) con altura de ola significativa $H_{sig} = 0.94$ m y periodo de onda pico $T_p = 8.53$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

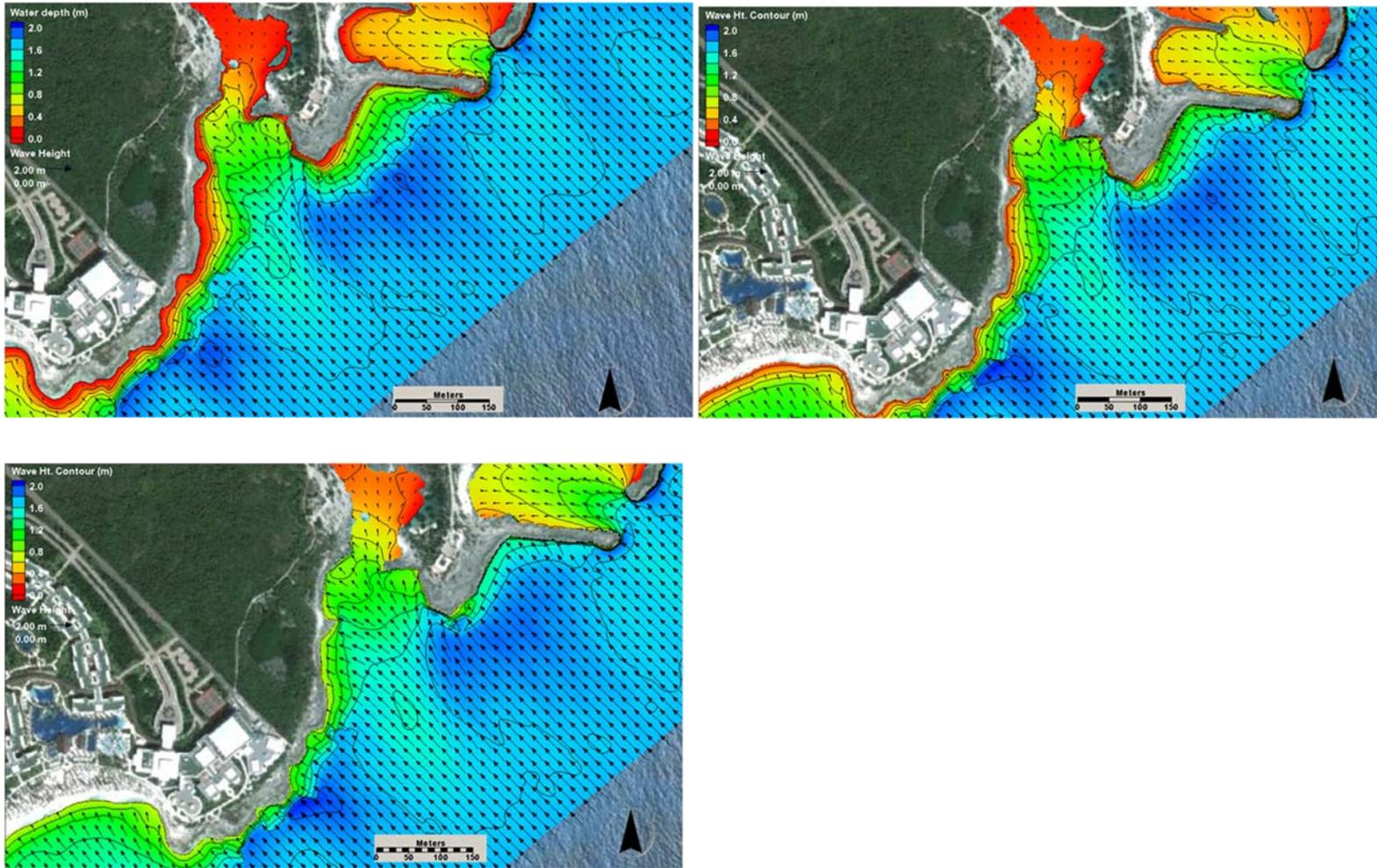


Figura IV.36.- Campo de olas simuladas en condiciones medias superiores del 2% de altura: ola incidente SE (135 grados) con altura de ola significativa $H_{sig} = 1,63$ m y periodo de onda pico $T_p = 8,13$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

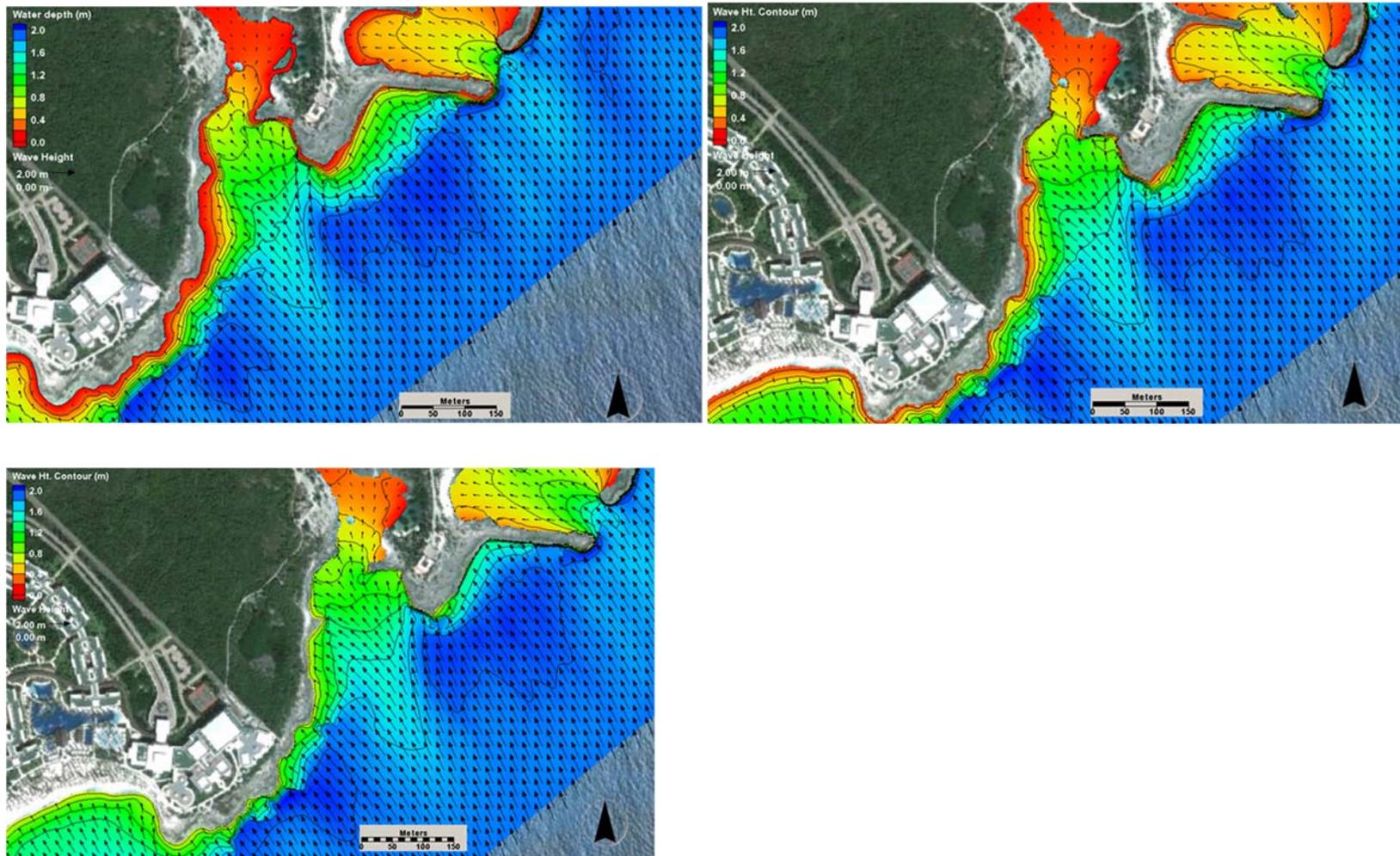


Figura IV.37.- Campo de olas simulado en condiciones altas promedio superiores del 2%: ola incidente SSE (157.5 grados) con altura de ola significativa $H_{sig} = 1.77$ m y periodo de onda pico $T_p = 8.00$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

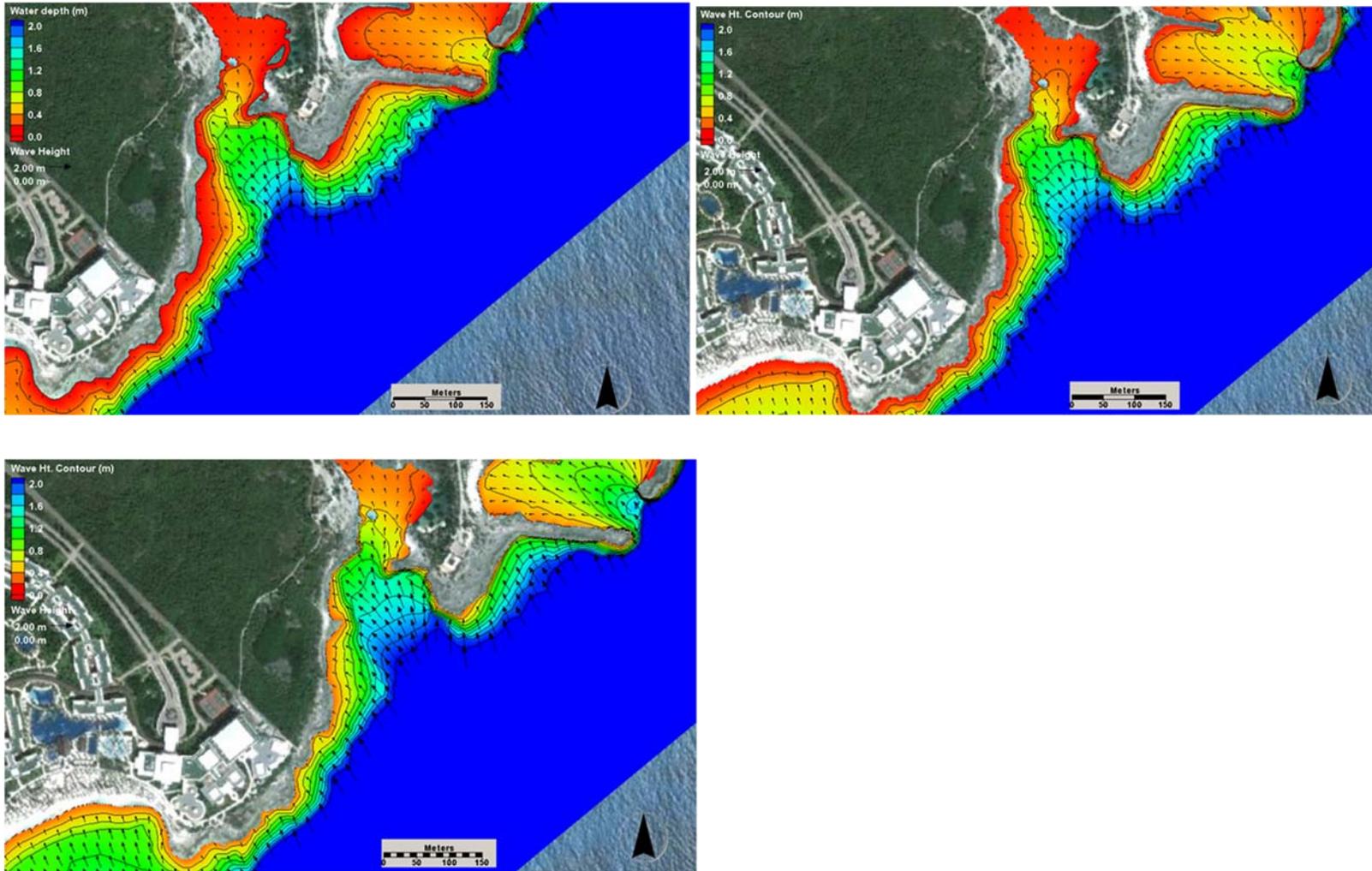


Figura IV.38.- Campo de olas simuladas en condiciones altas promedio superiores del 2%: onda incidente S (180 grados) con altura de ola significativa $H_{sig} = 4,11$ m y período de onda pico $T_p = 8,32$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

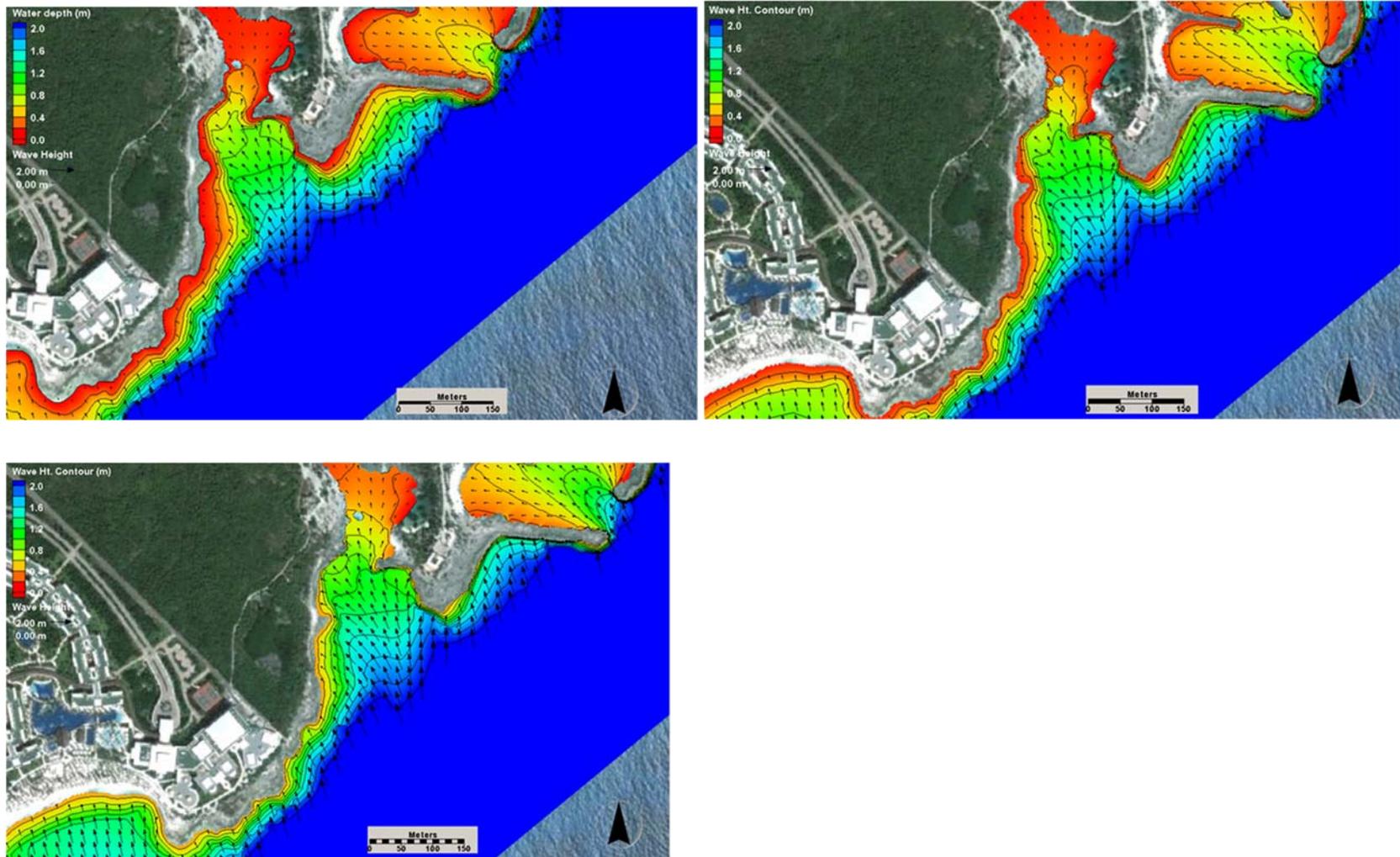


Figura IV.39.- Campo de olas simuladas en condiciones altas promedio superiores del 2%: ola incidente SSW (202.5 grados) con altura de ola significativa $H_{sig} = 2.95$ m y período de onda pico $T_p = 6.76$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

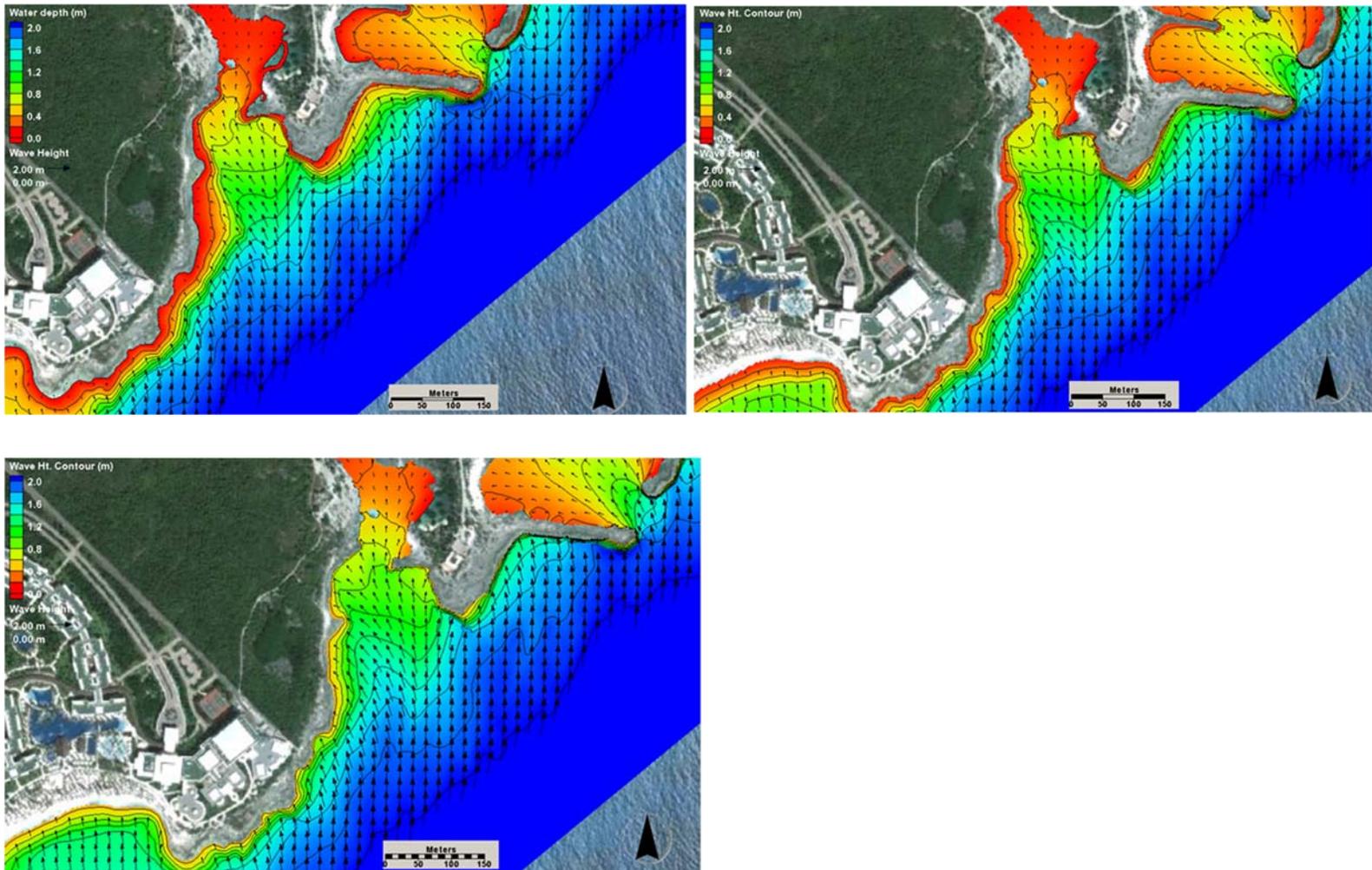


Figura IV.40.- Campo de olas simuladas en condiciones medias superiores del 2% de altura: olas incidentes SW (225 grados) con altura de ola significativa $H_{sig} = 2,63$ m y período de onda pico $T_p = 5,75$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

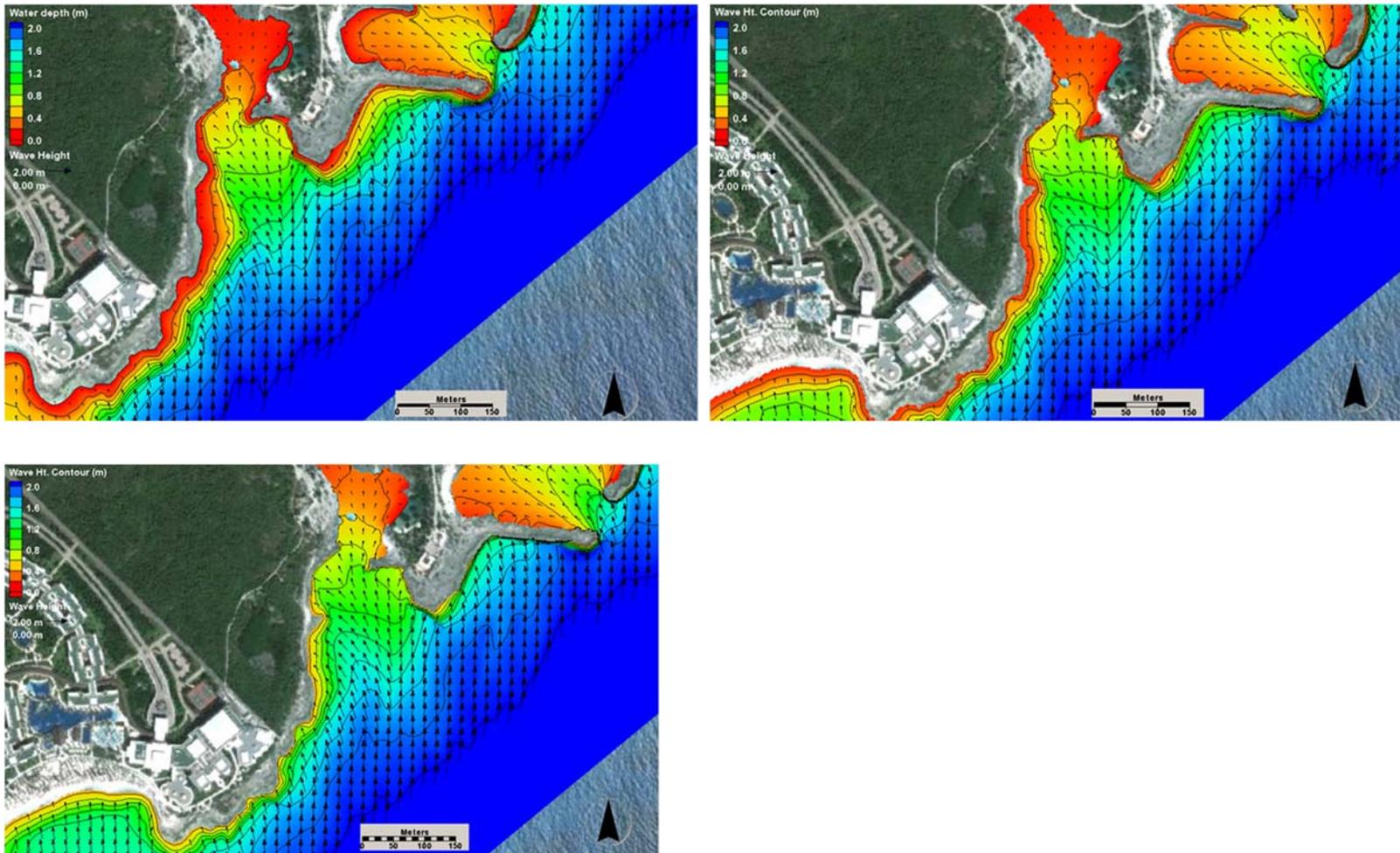


Figura IV.41.- Campo de olas simulado en condiciones altas promedio superiores del 1%: olas incidentes SW (225 grados) con altura de ola significativa $H_{sig} = 2.63$ m y período de onda pico $T_p = 5.75$ s. Panel superior: nivel medio del mar; panel central: con marejada ciclónica de 0,5 m; panel inferior: con marejada ciclónica de 1,0 m.

De lo anterior se tiene que, el campo de olas bajo las condiciones existentes indica claramente que el área del proyecto necesita ser protegida nuevamente contra el ataque de olas bajo condiciones normales y de tormenta desde las ocho direcciones. La medida de protección de la costa propuesta debería reducir significativamente la energía de las olas en la costa, así como en el área del fondo duro cercano a la costa, tanto bajo las olas normales como de tormenta desde las ocho direcciones.

IV.2.3 Geología

La Península de Yucatán está constituida por sedimentos calcáreos de origen marino del período Terciario y Reciente (Butterlin y Bonet, 1963 referidos por CAPAGHC-I.C., 2007 *op. cit.*); las rocas más antiguas se localizan al sur y centro de esta, en tanto que en el estado de Quintana Roo se encuentran al suroeste y corresponden a calizas dolomitizadas, silicificadas o recristalizadas del Paleoceno-Eoceno Indiferenciado, que incluye a rocas evaporitas de la formación Icaiché, constituida por yeso y anhidrita ricas en sulfatos.

Sobre estas rocas y aflorando en la parte centro occidental de la entidad, se encuentran calizas fosilíferas del Eoceno Medio. Sedimentos arcillosos y depósitos evaporíticos rellenaron las depresiones entre el Terciario Superior y el Cuaternario. Las rocas jóvenes depositadas en el Pleistoceno y el Reciente afloran en áreas dispersas y corresponden a coquinas, calizas, calcarenitas y depósitos de litoral areno-arcillosos en la faja costera y material residual arcillo-calichoso producto de alteración.

La península de Yucatán ha sido caracterizada como inclinada de sur a norte y limitada sobre sus tres lados, por pendientes continentales y escalonadas que caen abruptamente en las profundidades abisales del Golfo de México. La característica principal es la presencia de arrecifes de coral, alojados en la periferia y la presencia de terrazas sumergidas relacionadas con antiguas líneas de costa.

El Municipio de Solidaridad se encuentra comprendido en dos eras Geológicas la primera corresponde a la era Cenozoica y período Cuaternario. La segunda corresponde al Cenozoico Terciario, de piso Plioceno y Mioceno. Debido a la orogénesis se favoreció la erosión y originó sedimentos en zonas que eran cuencas marinas de poca profundidad (SEDATU, 2015, *op. cit.*).

En el área de estudio afloran depósitos carbonatados del Cuaternario. Estos depósitos se encuentran distribuidos en una franja de aproximadamente un kilómetro a partir de la línea de costa. Los depósitos sedimentarios que afloran en superficie están representados por arenas no consolidadas de litoral y por calizas compactas alteradas con huellas de fósiles en superficie distribuidas en casi la totalidad del predio. Se encontraron fracturas con orientaciones generales entre 30 y 50° NE-SW, en cuyos ejes e intercepciones se han desarrollado formas cársticas representativas de la región como son cenotes, dolinas y depresiones las cuales se han ido rellenando a través del tiempo con depósitos lacustres como lodos calcáreos, arcillas y arenas sustentando una abundante vegetación de manglar,

tal estructura se observa en la parte central del predio flanqueada en sus límites por fracturas expuestas en la roca caliza.

Estratos rocosos sin cubierta de suelo. Los estratos rocosos sin cubierta de suelo se conforman por rocas de color gris, gris oscuro y crema, dichos estratos se ubican en los litorales Norte y Sur de las Caletas, así como en todo el litoral frontal. La coloración crema está relacionada a la litología expuesta directamente al agua de mar. Debido a la influencia del oleaje se exenta poder apreciar la estratificación de la caliza, sin embargo, en la parte occidental los estratos son horizontales, teniendo un comportamiento similar para las áreas.

Sedimentos de playa. Son clasificados como arena con granulometría predominantemente fina y mediana, donde su coloración es desde blancuzca hasta ligeramente amarillenta. Asimismo, se desarrollan principalmente palmeras y manglares. Además, su edad de formación es reciente y su falta de consolidación constituye los sedimentos más susceptibles de remoción natural (por efecto de huracanes y nortes fuertes).

Estructuras calcáreas (corales) sueltas o cementadas. Estas estructuras son de color blanco o ligeramente amarillenta. Predominan por arriba del nivel del agua, en la porción oriental de las caletas, en donde ha llegado a ser cementadas por elementos biogénicos hermatípicos secundarios como algas calcáreas. Se estima que son de formación reciente.

Estratos rocosos con cubierta incipiente de suelo. Se ubican en la porción costera de Puerto Aventuras. La litología se encuentra cubierta por capas muy delgadas de suelo, el cual permite a su vez el desarrollo de una vegetación diversa y está conformada por calizas de colores grisáceos y amarillentos de estratificación delgada a masiva; cuyos estratos están casi horizontales.

IV.2.3.1 Suelos

Respecto a espesores de suelos, estos se encuentran en pequeños y delgados manchones y como relleno en las fisuras de las rocas. Sin embargo, soporta una vegetación tropical muy densa compuesta de árboles altos, maleza y plantas trepadoras. De acuerdo con la Base Referencial Mundial para el Recurso del Suelo (WRB, por sus siglas en inglés), en el SAR y área del proyecto el tipo de suelo presente es el leptosol (lítico o réndzico). Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y de poca profundidad; se caracterizan por ser pedregosos, con la roca dura continua y poca profundidad.

Se puede decir que, en general, el intemperismo (desintegración de las rocas por procesos físicos, químicos y biológicos) de la roca caliza ha producido en Quintana Roo suelos de textura fina, en la medida en que son arcillosos, aunque existen los suelos de textura gruesa (arenosos) en playas. Estos suelos jóvenes tienen como característica principal la presencia de residuos de carbonatos mezclados con material mineral. Su coloración va del castaño

oscuro al negro, bastante arcillosos, con profundidades no mayores a 25 cm desde la superficie, soportan vegetación de selva alta y mediana subperennifolia.¹⁷

La capa superficial es de color negro cuando está húmeda, y muchas veces tiene por encima una capa de hojarasca, por lo que sus contenidos de materia orgánica van de pobres a extremadamente ricos. La textura dominante es arcillosa. Se estructura en bloques subangulares, granulares y migajosos, que permiten un buen drenaje interno. Regularmente son muy fértiles, pero limita el uso su baja profundidad, principalmente aquellos de tipo lítico y con presencia de fragmentos de roca, acompañados de afloramientos rocosos.

IV.2.3.2 Hidrología

IV.2.3.2.1 Hidrología superficial

El SAR y área del proyecto se ubican en la Región Hidrológica No. 32 Yucatán Norte, en la Cuenca Hidrológica Quintana Roo y en la Subcuenca denominada Menda. En la porción Norte de la Península de Yucatán, la descarga se efectúa a través de manantiales a lo largo de la costa oriental y a través de manantiales y en forma difusa en las costas Norte y Occidental. La incidencia tan alta de la precipitación pluvial y la ausencia notable de escurrimientos superficiales indican una alta permeabilidad en toda la península.

En Quintana Roo domina el carbonato de calcio conformando un paisaje cárstico, por lo que no existen ríos superficiales. El escurrimiento se lleva a cabo a través de la red del drenaje subterráneo, que en la llanura costera se manifiesta a través de manantiales cársticos como los cenotes y/o petenes. La mayoría de las corrientes superficiales son transitorias, de bajo caudal, recorrido muy corto y desembocan en depresiones topográficas donde forman lagunas.

En la zona donde se ubica la cuenca de interés, así como en prácticamente toda la península de Yucatán, se tienen altos niveles de infiltración; esto a consecuencia de la naturaleza calcárea de las rocas existentes en la región, la porosidad y permeabilidad de los suelos presentes. Sobre la microcuenca donde se ubica el proyecto no existen escurrimientos superficiales importantes; los presentes, en su mayoría se pierden para seguir un cauce subterráneo.

De acuerdo con Pozo C, 2011 *op. cit.*, dadas las características geológicas y topográficas de la región, el uso de las aguas superficiales para abastecimiento público es poco significativo, ya que representa solamente 0.2 % de la extracción anual, y el restante 99.8 % proviene de fuentes subterráneas.

¹⁷ Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.

De acuerdo con el MDE, de la zona del proyecto se encuentra constituida por una llanura de elevación baja, sobre la cual únicamente se observan pequeños escurrimientos superficiales, los cuales se manifiestan en correspondencia con las entidades geológicas descritas con anterioridad (Figura IV.42); las regiones cársticas con suelos generalmente de tipo litosol, se encuentran asociados coeficientes de escurrimiento en el orden de 0 a 5%, siendo esta condición la de mayor extensión, mientras que las regiones cercanas a la línea de costa donde se tiene la presencia de suelos arenosos es común encontrar coeficientes de escurrimiento entre 10 y 20%. Acorde a la información obtenida de la carta de Aguas Superficiales serie I, del año 2000 elaborada por de INEGI escala 1:250 000. El coeficiente de escurrimiento en la mayor parte de la zona Norte es de 10 a 20%.

El patrón de escorrentías, d acuerdo con el MDE es el siguiente

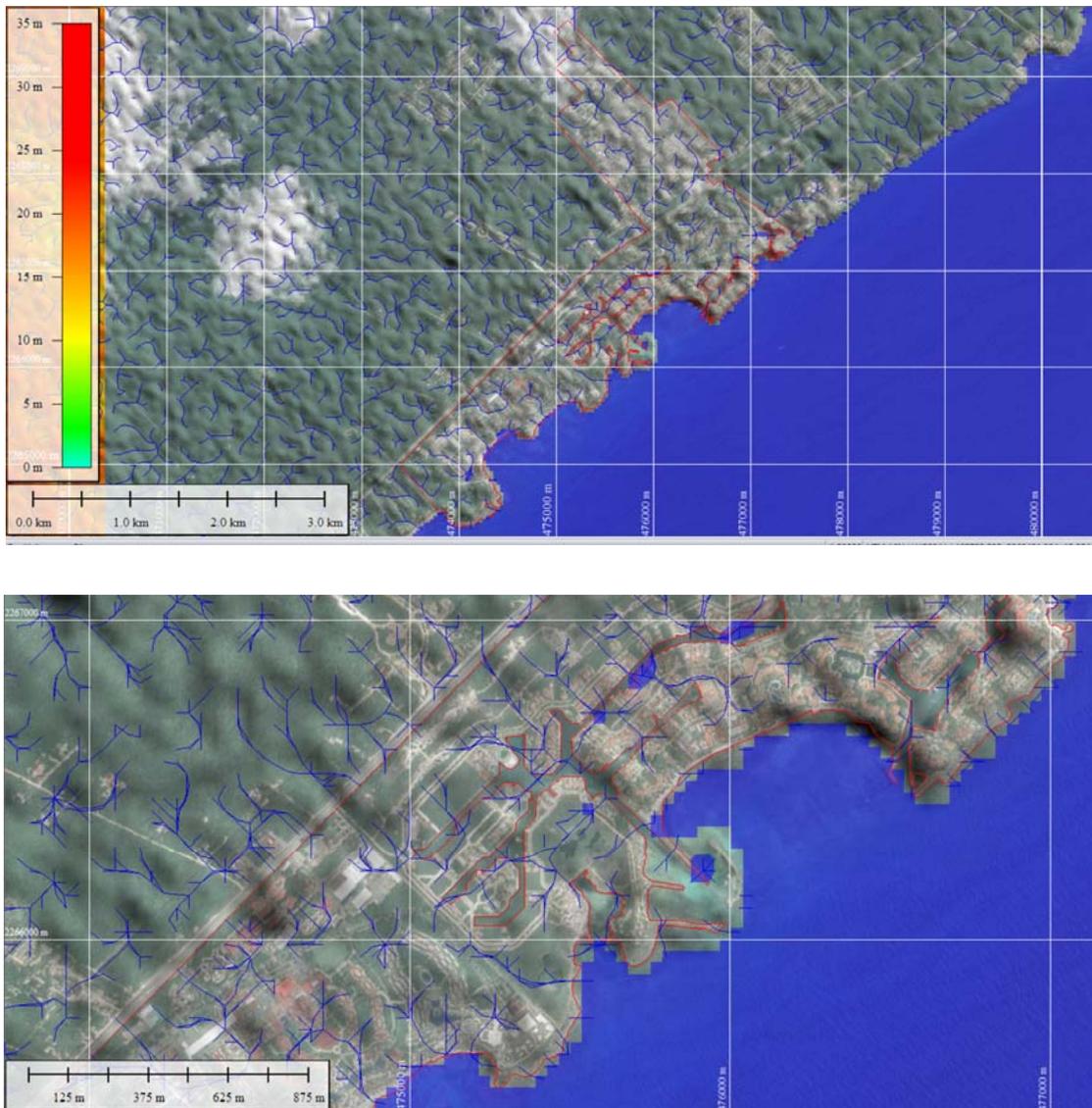


Figura IV.42.- Escorrentías en el SAR y área del proyecto

IV.2.3.2.2 Hidrología subterránea

De acuerdo con Pozo C, 2011 *op. cit.*, en Quintana Roo existen tres acuíferos para la administración del agua de acuerdo con la división nacional, pero para fines prácticos, se considera como uno solo, del cual se extrae 100 % de agua subterránea para todos los usos. Estos acuíferos se encuentran o en equilibrio o sobreexplotados, la hidrología es mayormente subterránea, en forma de cenotes como uno de los principales rasgos.

Este mismo autor describe al acuífero de Quintana Roo como de alta permeabilidad en la mayor parte de la entidad, excepto en su área suroeste, que es de permeabilidad media, así como en una pequeña franja al norte. Menciona que se trata de un acuífero de tipo freático, es decir, de poca profundidad, con características hidráulicas heterogéneas. La mayor parte de la superficie estatal es de llanuras con notable desarrollo cárstico, que deja al descubierto los cenotes; en tanto que en el área de lomeríos la red de drenaje subterráneo está menos desarrollada y no se observa desde la superficie.

IV.2.3.2.3 Caracterización geomorfológica de la zona costera del área de estudio

El área de estudio se encuentra sobre una costa crenulada que se extiende desde Puerto Aventuras hasta Tulsayab. Este segmento se distingue por la presencia de un sistema continuo de caletas pequeñas a lo largo de la costa, también llamadas, bahías, ensenadas o celdas litorales. De acuerdo con Inman (2003), una celda litoral es un tramo de costa aislado con sedimentos y fisiografías similares, el cual cuenta con sus propias fuentes y salidas de sedimentos.

Las caletas características de esta costa aparentemente son resultado de procesos de disolución de la roca caliza debido a la mezcla de agua dulce y marina subterránea que potencia la capacidad de disolución de la calcita y aragonita presente en las rocas calizas.

Las caletas de Puerto Aventuras se encuentran flanqueadas por puntas o salientes rocosas sobre las que se observan plataformas de erosión por oleaje. En la parte interna o cabecera de las caletas se han desarrollado pequeñas playas de bolsillo.

El sustrato marino consiste en un basamento irregular de roca caliza sobre el que se observan depósitos de arena de origen biogénico que rellenan los huecos formados por la disolución diferencial de la roca. En virtud de que el sedimento se encuentra "atrapado" en estos huecos, el transporte de arena hacia la parte alta de la playa es limitado. Por otro lado, la escasa disponibilidad de arena limita el desarrollo de las playas y dunas por lo que éstas tienen dimensiones reducidas o ausentes.

De acuerdo con lo señalado en los párrafos anteriores, esta geomorfología es aparentemente resultado de los procesos de disolución e intemperismo de las rocas calizas que conforman la plataforma de la Península de Yucatán. Lo anterior debido a la presencia de una zona de mezcla entre el agua dulce subterránea y la intrusión de agua salina que generan una zona de agua salobre que favorece los procesos de disolución de la roca caliza.

La disolución diferencial tiene como resultado la formación de caletas en las zonas donde la caliza es más blanda, mientras que las zonas donde la roca caliza más dura o resistente, se desarrollan puntas o salientes rocosas.

La caleta Chac-hal-al está aislada por salientes rocosas naturales y obras costeras sobre las que se han desarrollado plataformas de abrasión por oleaje algunas de ellas por arriba del nivel de las mareas altas, tiene una boca exterior de 220 m aproximadamente y una interior de 30.

El fondo es esencialmente rocoso y se encuentra parcialmente cubierto por acumulaciones de arena fina de origen biogénico.

Los rasgos geomorfológicos más conspicuos de la caleta son las plataformas de abrasión por oleaje (que algunos autores locales denominan playas litificadas), la caleta está flanqueada por plataformas de abrasión.

Sobre la plataforma de abrasión, destaca el establecimiento de vegetación halófila que indica que la plataforma se encuentra en una posición elevada fuera del alcance de las mareas altas, siendo afectada únicamente por la marea de tormenta asociada a los ciclones tropicales. Debido a la naturaleza rocosa de la costa, en esta zona no existen las condiciones adecuadas para el desarrollo y formación de dunas costeras.

IV.2.3.2.4 Morfología del Perfil costero

Gran parte de los 900 km de litoral del estado de Quintana Roo se encuentra protegida por una barrera discontinua de arrecifes coralinos conocida como el Gran Cinturón de Arrecifes del Atlántico Occidental. De este litoral, 120 km corresponden a la costa denominada Riviera Maya (o también conocido como Corredor Cancún Tulum), en donde actualmente se promueve un gran desarrollo turístico.

La costa del corredor Cancún-Tulum, zona donde se encuentra ubicado el SAR, está caracterizado por un patrón de ambientes que se disponen en forma de franjas paralelas a la costa. En esta región los efectos del oleaje y de las tormentas se ven atenuados en cierto grado por la laguna arrecifal y los fondos someros. A partir de la playa, se forman una serie de cordones paralelos al mar, entre 3 y 4 m de altura, con vegetación halófila y palmas y aún selvas bajas. Detrás de ellos se establecen planicies de inundación hacia los manglares o con vegetación palustre de popal-tular y cuerpos de agua aislados.

De acuerdo con la clasificación tectónica de las costas, la Península de Yucatán corresponde a una costa pasiva o de arrastre tipo Atlántico y con base en la clasificación genética le corresponde el de una costa primaria modificada por procesos marinos. Los rasgos secundarios a lo largo de la costa de Quintana Roo están representados por lagunas costeras, arrecifes coralinos, islas de barrera, humedales, manglares, áreas pantanosas, plataformas de abrasión y puntas rocosas.

Por sus características isostáticas la Península de Yucatán se puede clasificar como una costa de emersión. El territorio de la península es una enorme plataforma calcárea emergida del mar debido a un continuo movimiento ascendente, que va poniendo lentamente al descubierto el fondo marino con dirección norte, esta emersión se efectúa actualmente a un ritmo de 2 a 3 cm por año, lo que significa que la edad geológica del material tiende a aumentar hacia la sur península (INEGI, 2002)¹⁸.

Las morfologías de las costas rocosas están influenciadas por variaciones que reflejan: (1) factores litológicos (v.g. tipos de roca, estructura geológica, discontinuidades, tales como planos de estratificación, juntas y fallas), (2) propiedades de intemperismo de las rocas, (3) mareas, (4) grado de exposición al oleaje, y (5) los cambios menores heredados relacionados con los cambios en los niveles del mar y del continente.

Las plataformas que se desarrollan alrededor del actual nivel del mar se clasifican frecuentemente en: (1) plataformas con inclinación suave sin cambios topográficos abruptos, que se extienden desde la base del acantilado hasta el fondo marino somero justo por debajo del nivel de la marea baja, y (2) plataformas casi horizontales con una caída marcada en su borde hacia el mar.

Para las plataformas ligeramente inclinadas, la literatura ha utilizado varios términos: plataformas de abrasión, plataformas de playa, bancos, plataformas costeras, plataformas litorales, plataformas submarinas, bancos cortados por oleaje, plataformas cortadas por oleaje, terrazas cortadas por oleaje y rampas de oleaje.

Todas las evidencias indican que la geomorfología costera de la zona comprendida entre Puerto Aventuras y Tulsayab es resultado de los procesos de disolución de la roca caliza debido a la presencia de un frente o zona de mezcla entre el agua dulce subterránea y el agua de mar de la cuña salina.

Claramente la plataforma de erosión es resultado de los procesos de abrasión del oleaje, por tanto, genéticamente se puede clasificar como una plataforma de abrasión por oleaje.

De acuerdo con lo anterior, este segmento de costa se aleja de los sistemas playa-duna típicos de las costas arenosas de Quintana Roo. Según se menciona en el estudio "Estado de conservación de las dunas costeras (Casasola *et al.* sin fecha de publicación)" de Puerto Morelos (Benito Juárez) hasta Tulum (Solidaridad) no se presentan dunas costeras y las que hay son incipientes dunas frontales que no superan los 100 m de anchura.

Más aún, el perfil costero es típico de una plataforma de abrasión por oleaje y dista mucho de los perfiles costeros típicos y de las funciones ambientales de las dunas de Quintana Roo.

¹⁸ Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2002. Estudio Hidrológico del Estado de Quintana Roo. Primera edición.

IV.2.3.3 Batimetría

La caleta de Chac-hal-al es un cuerpo de agua costero somero, con profundidades promedio inferiores a los 2 m. El relieve en general es plano y gana profundidad conforme se avanza hacia el mar abierto. La cuenca está dividida en dos secciones por la cresta arrecifal que se ubica en la zona central de la misma.

En la batimetría se observa una zona, al este, con un suave gradiente batimétrico descendente que finaliza en el escalón batimétrico, posterior al cual se tienen estructuras coralinas que dan inicio en su cara frontal a un descenso abrupto de las profundidades.

IV.2.3.4 Corrientes

El SAR definido para el proyecto se ve influenciado por la corriente de Yucatán. En esta corriente se puede establecer una estacionalidad de la siguiente manera. En invierno la corriente es débil y el amplio núcleo de la corriente se aleja de la costa (aproximadamente 200 millas náuticas). En primavera empieza a conformarse un núcleo más estrecho y con más vigor. Para fines de primavera, verano y principio de otoño, la corriente de Yucatán es fuerte; corrientes de 2 m/s pueden observarse en el núcleo. Para final de otoño la corriente disminuye su intensidad considerablemente y el núcleo empieza a ensancharse y alejarse de la costa, (Bolongaro C., s/a)¹⁹.

La circulación de agua en el estrecho de Cozumel, de 18 km de anchura y una profundidad de alrededor de 400 m, no es diferente de la que se presenta a barlovento de la Isla (costa oeste de la Isla); lo estrecho de la Isla no modifica de manera sensible los flujos a ambos lados de ésta. Las corrientes fuera de lo somero alcanzan los 2 m/s (4 Knots) con dirección norte, sin embargo, en las proximidades de la costa y de salientes, en bahías y pequeñas ensenadas la corriente puede modificar su velocidad y dirección, y puede ser observada con dirección sur en estos sitios (Bolongaro C., s/a *op. cit.*). La Figura IV.43 muestra los vectores de velocidades de corriente para distintas épocas del año (Athié *et al.*, 2011 referido por Bolongaro C., s/a *op. cit.*).

Como resultado de la modelación numérica que realizó Bolongaro C., s/a *op. cit.* se pudo estimar que la Corriente de Yucatán es un ente energético con velocidades alrededor de 150 m/s en su núcleo. La Corriente de Yucatán en el verano, época de lluvia, viaja pegada a la costa con ligeras oscilaciones que la hacen adosarse a la costa o pasar muy cerca de ella, cuando la corriente se pega a la costa esta velocidad se hace presente, mientras que cuando se aleja la velocidad disminuye a 75 cm/s. En invierno baja la velocidad y aumenta la lejanía del núcleo de la corriente.

¹⁹ Bolongaro Crevenna R.A. S/A. Estudio de la vulnerabilidad y programa de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un sistema de alerta temprana a eventos hidrometeorológicos extremos. Fondo Sectorial CONACYT-SECTUR. Proyecto Clave: 165452

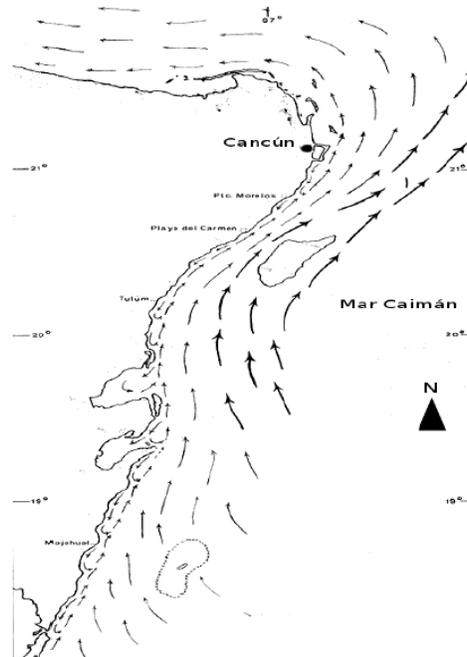


Figura IV.43.- Corriente de Yucatán. Las corrientes marinas alrededor de la isla de Cozumel quedan regidas por las características estacionales de esta corriente. Fuente: Bolongaro C., s/a op. cit.

IV.2.3.5 Ambientes marinos

El Ecosistema Arrecifal Coralino del Caribe Mexicano se extiende por toda la costa de Quintana Roo. Es parte de la cadena discontinua de arrecifes coralinos conocida como Arrecife Mesoamericano, a lo largo de más de 1,000 kilómetros en las costas de cuatro países caribeños. Este ecosistema alberga una biodiversidad de gran importancia para las comunidades costeras ya que de él se derivan una multitud de servicios ecosistémicos. Prácticamente toda la extensión litoral del Estado se considera un gran ecosistema, recientemente declarado Gran Reserva del Caribe Mexicano. Los 863 km de litoral de Quintana Roo, albergan ecosistemas coralinos prácticamente en toda su extensión, con presencia de arrecifes principalmente del tipo marginal. Ardison y colaboradores, (2011), señalan la importancia a nivel nacional de estos ecosistemas como prestadores de servicios ecosistémicos, complementario a su alta biodiversidad y su universal atractivo. Descripciones y reportes sobre su delicado estado existen muchos, a nivel regional (México) los reportes actualizados sobre la condición del ecosistema arrecifal (Healthy Reefs, 2018) reflejan un incremento en los cuatro factores clave que se reportan: Cobertura de coral, abundancia de herbívoros, abundancia de especies con valor comercial, como los aspectos positivos. La cobertura de Macroalgas en las estructuras coralinas es un aspecto negativo que ha incrementado de acuerdo con este reporte. La presente caracterización se basa en describir y reportar los elementos que componen los paisajes submarinos presentes.

Área de estudio.

De acuerdo con Healthy Reefs (2018), la zona de estudio pertenece a la región “Norte de Quintana Roo”, la cual presenta un índice de Salud Arrecifal calificada como regular. El área de estudio comprende un frente de costa rocoso de tipo abrasivo. Para la caracterización de la zona marino-costera se definió un polígono que cubre el área del predio hasta 500 metros aproximadamente mar adentro, con una superficie potencial de muestreo de 293,600 m² aproximadamente. Se definieron en función de cartografía base disponible, 10 sitios de muestreo, a partir de los cuales se caracterizó cada uno de los ambientes descritos en la cartografía temática de CONABIO, para el año 2017. Figura IV.44 y Figura IV.45.

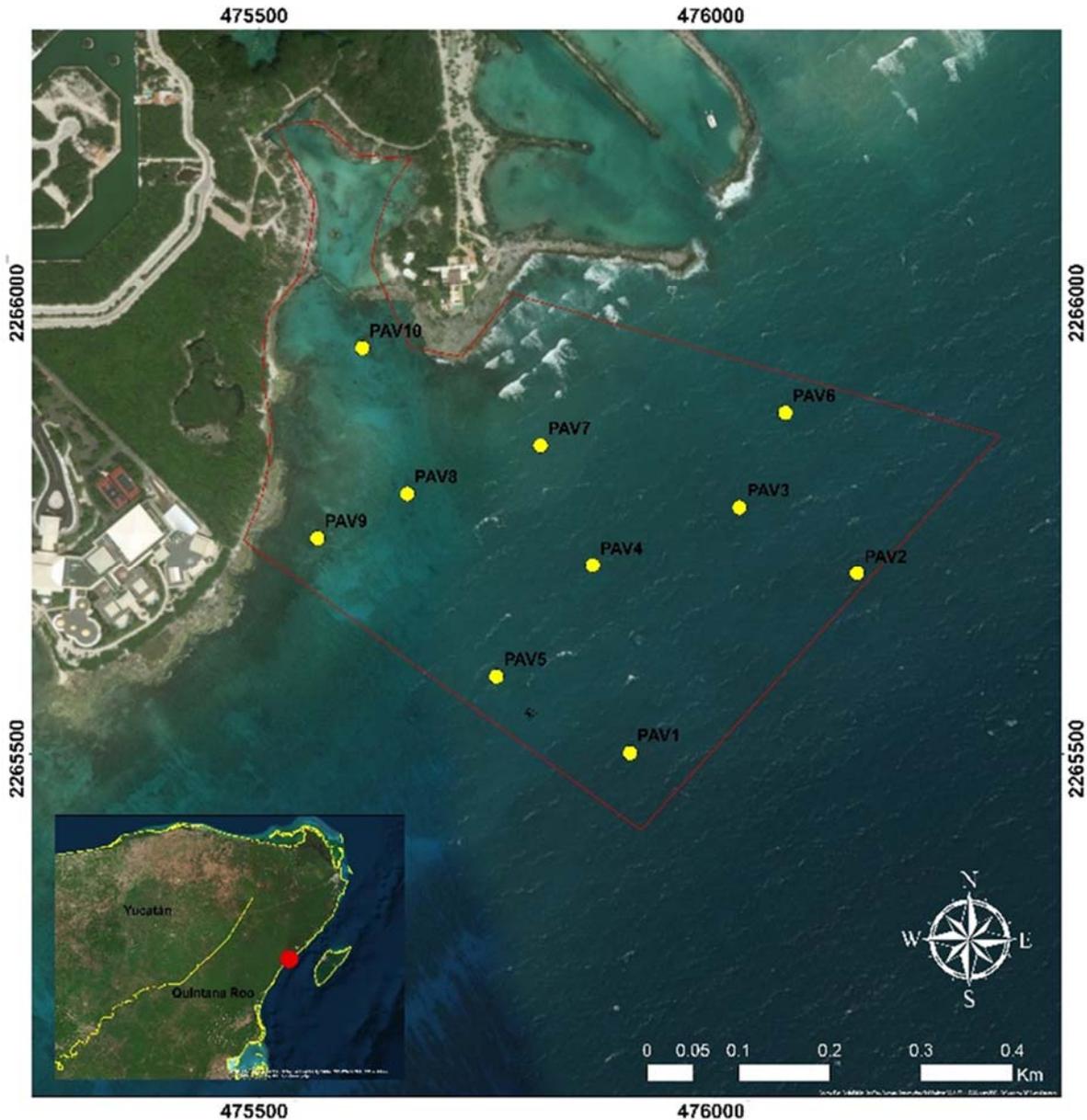


Figura IV.44.- Área de estudio. Polígono y puntos de muestreo



Figura IV.45.- Muestreo por transectos

Relieve submarino.

Los hábitats marinos someros presentes en el área de estudio se componen de dos niveles de terraza. No existe barrera arrecifal descrita. La zona somera del primer nivel de terraza se caracteriza por ser un ambiente abrasivo, que recibe continuamente la energía del mar. Esta porción no presenta una estructura masiva somera de arrecifes coralinos. El primer nivel de terraza alcanza entre 7 y 8 metros de profundidad, la distancia media a la costa es de 300 metros. Se distingue el cambio abrupto de pendiente, como la frontera entre ambas terrazas. El segundo nivel de terraza comprende una porción sedimentaria y formaciones coralinas poco desarrolladas sobre la terraza, las cuales presentan colonias coralinas y octocorales. Cabe resaltar la presencia de un canal que llega prácticamente hasta la caleta de Chac hal-al. Figura IV.46.

Cobertura.

Se reconocen 5 de las 9 coberturas establecidas por la cartografía de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2017). La cobertura dominante, "Macroalgas" está compuesta por laja (hard bottom), con abundancias fluctuantes desde 5

hasta 40 %, donde el elemento dominante son las macroalgas. Con un fuerte incremento en su cobertura, en las zonas más someras, cercanas a PAV10. La cobertura de Estructura coralina está presente en la porción más profunda del polígono, aproximadamente a 14 metros de profundidad.

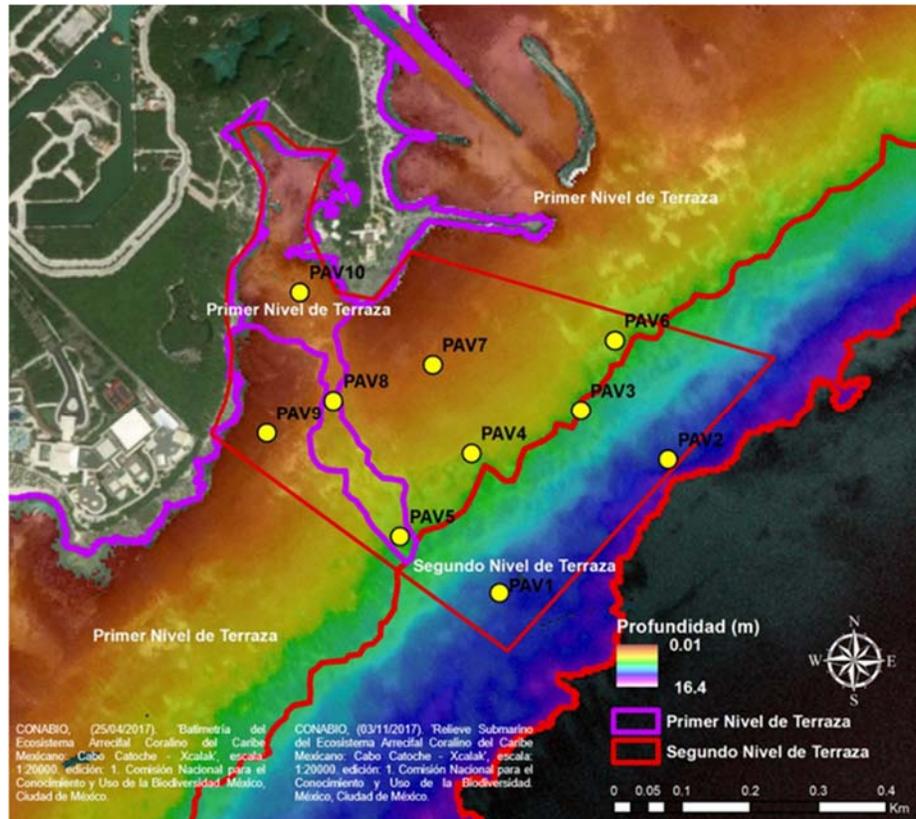


Figura IV.46.- Mapa de relieve y batimetría satelital del área de estudio. CONABIO, 2017

Se caracteriza por formaciones coralinas con poco menos de 1 metro de desarrollo estructural. Se presentan en el segundo nivel de terraza, formando camellones poco desarrollados. Se describen como terrazas de gorgonáceos con corales. La cobertura de coral localmente (en pocos metros), puede ser alta, cercana al 35-40 %. Con abundancia promedio por transecto de 15% de coral y hasta 18 % de coral muerto, con alta abundancia de macroalgas carnosas, hasta 50% localmente, expresándose el cambio de fase entre coral y macroalgas el cual, aunque está presente, no es tan drástico como otros sitios reportados (Healthy Reefs, 2018). El dendograma, muestra un fuerte agrupamiento entre los sitios PAV1 PAV2, con rasgos distintivos de comunidades coralinas, expresado como una cobertura de coral más alta (Figura IV.47 y Tabla IV.10). El siguiente ambiente, está asociado al borde de la primera terraza, hacia la costa es el borde, donde los octocorales dominan el paisaje, con presencia de corales escleractinios aislados, a excepción de los bordes, los cuales destacan por su alta abundancia de coral (hasta 40% de coral vivo localmente), este fenómeno ya ha sido reportado por Carricart, (2001).

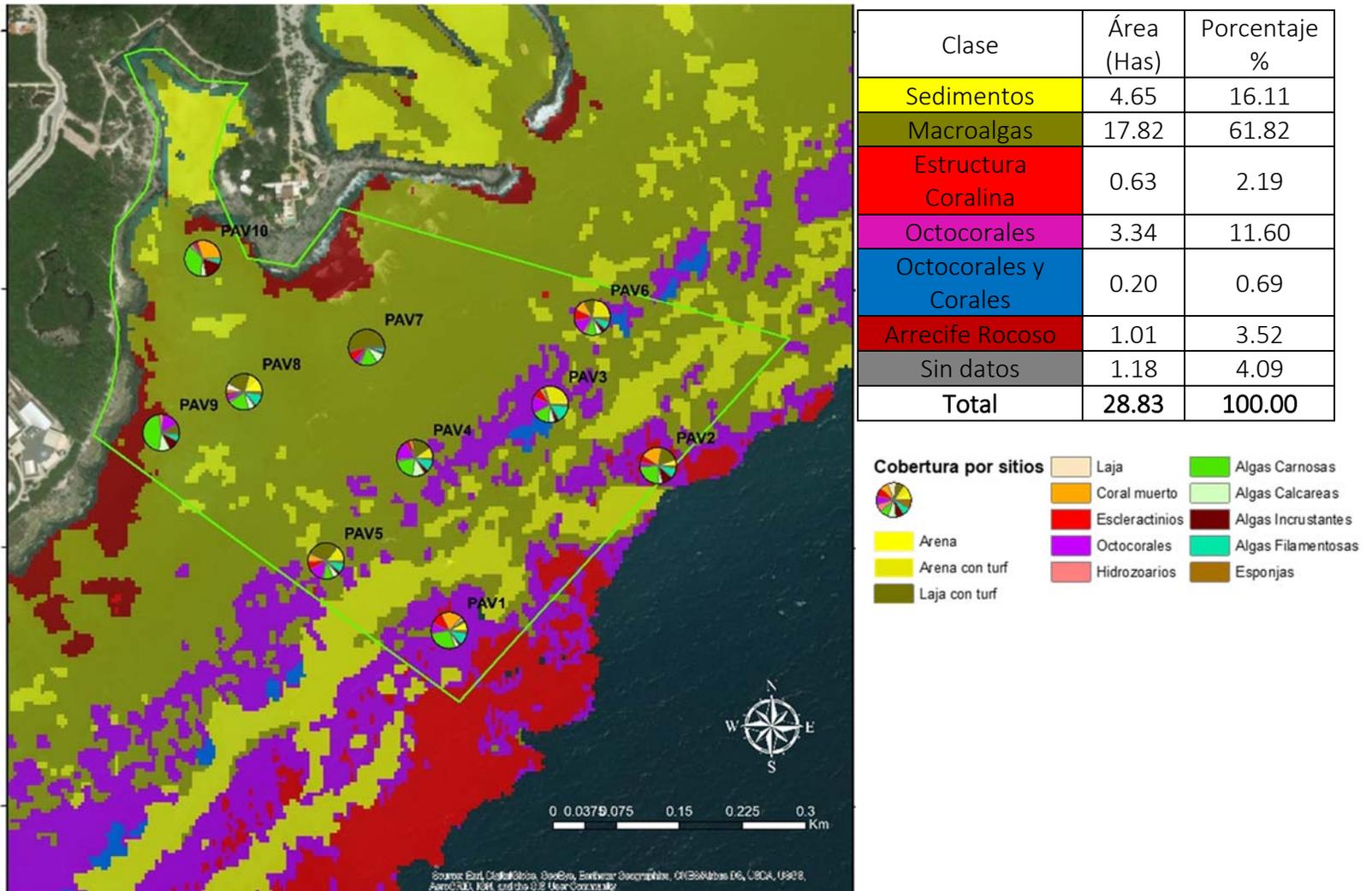


Figura IV.47.- Sitios de muestreo por cobertura

Tabla IV.10.- Porcentaje de cobertura por sitio y tipo de cobertura.

sitios	Arena	Arena con turf	Laja con turf	Laja	Coral muerto	Escleractinios	Octocorales	Hidrozoarios	Algas Carnosas	Algas Calcareas	Algas Incrustantes	Algas Filamentosas	Esponjas
PAV1	8	0	2.5	2.5	19	11	9.2	0.3	27.9	3.9	2.2	11	2.5
PAV2	5.6	0	18	1	20.1	6.4	4.4	0	25.5	3.8	10.4	9.7	2.5
PAV3	1.82	28.09	0.45	1.45	3.36	7.91	15.09	0	15.64	5.45	4.27	14.64	2
PAV4	0	10	17	0	3	4	17	2	20	11	4	10	2
PAV5	0.4	14.3	27.8	1	7.2	7	13.7	1.1	9	5.1	2.7	8.8	1.9
PAV6	0	23	10	0	10	10	13	3	10	5	4	8	4
PAV7	1.1	0.6	51.2	0.6	1.1	8.4	4.4	1.9	16	8.4	1.8	3.2	1.2
PAV8	11.75	8.5	21.75	6.5	2	3	4.5	2	19	6	1.5	11	2.5
PAV9	0	0	8	0	0	1	15	4	45	10	9	6	2
PAV10	0	0	0	0	30	3	2	3	35	5	17	5	0

Discriminación de ambientes

Con respecto a los ambientes someros del primer nivel de terraza, el sitio PAV7, se reconoce como un sitio de alta importancia, debido a la presencia de *Acropora palmata*, esta es una de las especies más importante en la formación de estructuras coralinas en arrecifes someros del Mar Caribe. Tienen tasas de crecimiento de hasta 2 cm³ al año. Sin embargo, una combinación de factores ha reducido drásticamente sus poblaciones desde la década de 1980 (Pardo-Urrutia et al., 2017). Este es un sitio con potencial para la restauración de esta especie, por el tipo de sustrato, y la presencia de colonias saludables. Los ambientes presentes en la costa corresponden a arrecifes rocosos, la cobertura de algas es dominante: de carnosas, calcáreas e incrustantes, en ese orden de abundancia. Se reporta una importante presencia de gorgonáceos (*Gorgonia sp.*), con presencia muy baja de corales. El sitio PAV 10 es un cementerio de *A. palmata*, con abundancia alta de coral muerto, colonizado por macroalgas carnosas, que son el siguiente grupo en orden de abundancia. Un ejemplo de la pérdida de coral en el caribe mexicano. Figura IV.48.

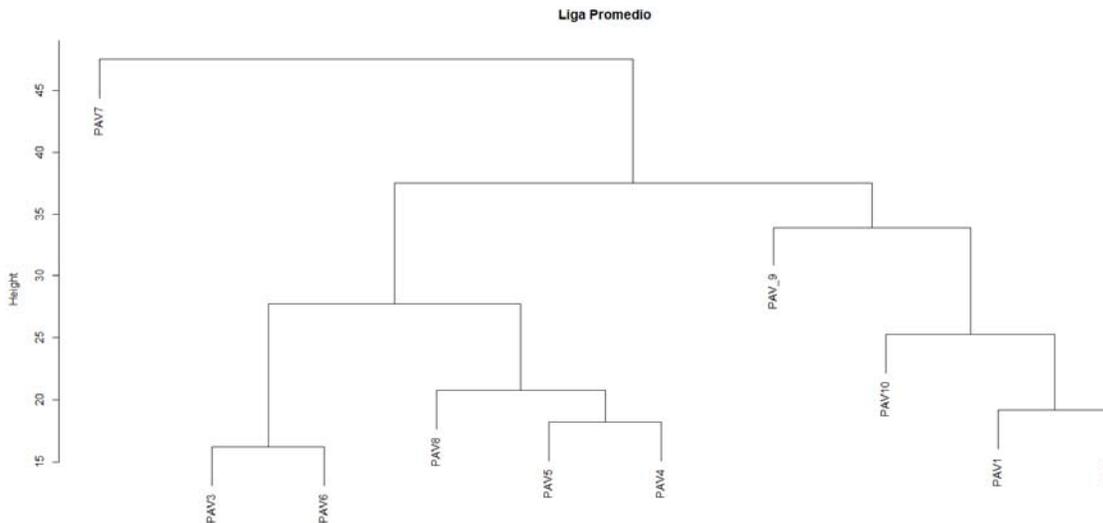


Figura IV.48.- Discriminación de los paisajes arrecifales, de acuerdo con su cobertura

Conclusiones y recomendaciones

Se reconoce la importancia de las comunidades coralinas presentes alrededor de los 500 metros de la costa y a una profundidad de 14 metros aproximadamente, por su alta cobertura local y la riqueza de especies que albergan.

Se reconoce que el borde interior del Primer nivel de terraza arrecifal presenta ambientes dominados por octocorales, seguida de una larga terraza de laja con cobertura variable de macroalgas como el elemento dominante.

Se destaca PAV7 como un sitio delicado debido a la presencia de *A. palmata*, se recomienda explorar las cualidades del sitio para restauración de corales. Se considera al margen de la línea de costa como un ambiente rocoso con alta abundancia de algas rojas (*Rhodophytas*).

Diversidad y abundancia de corales formadores de arrecife

Con la finalidad de identificar la riqueza de especies de corales formadores de arrecife (Orden *Scleractinia* y *Capitata*), se realizaron 2 transectos lineales de 20 en cada uno de los 10 sitios analizados en el polígono del área. Dentro de los transectos se cuantificaron e identificaron los corales que se encontraron en un ancho de banda de un metro, esto de acuerdo con el protocolo establecido para el monitoreo de los arrecifes del Atlántico (Lang et al., 2010).

Análisis de datos

El análisis de datos se basó principalmente en una evaluación de la diversidad de inventario de corales formadores de arrecife, para esto fueron realizadas graficas descriptivas a nivel de sitio con información de abundancia y riqueza de especies. Con la finalidad de reconocer si las unidades de muestreo logran representar la riqueza presente en el sitio, fue realizada una curva de acumulación de especies, utilizando el método de selección aleatoria y ponderación a nivel de sitio (Gotelli y Colwell, 2001). Por otro lado, la caracterización ecológica y la agrupación de los sitios en función de su composición de especies, fue realizada a partir de un clúster de tipo Ward 2, basado en una matriz de disimilitud ecológica de Bray-Curtis (Legendre y Legendre, 2012). Todos los análisis y graficas fueron realizadas en el programa libre R con el uso de diversas librerías.

Resultados

Se observaron un total de 33 especies de corales escleractinios (Orden *Scleractinia*) y de fuego (Orden *Capitata*) en todos los sitios de estudio (10 sitios con 2 transectos por sitio), registrando un total de 1,800 colonias dentro de 10 familias y 22 géneros. De acuerdo con nuestra evaluación general y la curva de acumulación de especies podemos concluir que el área y número de sitios muestreados logran representar en buena medida la riqueza de especies de coral del área de estudio. Figura IV.49.

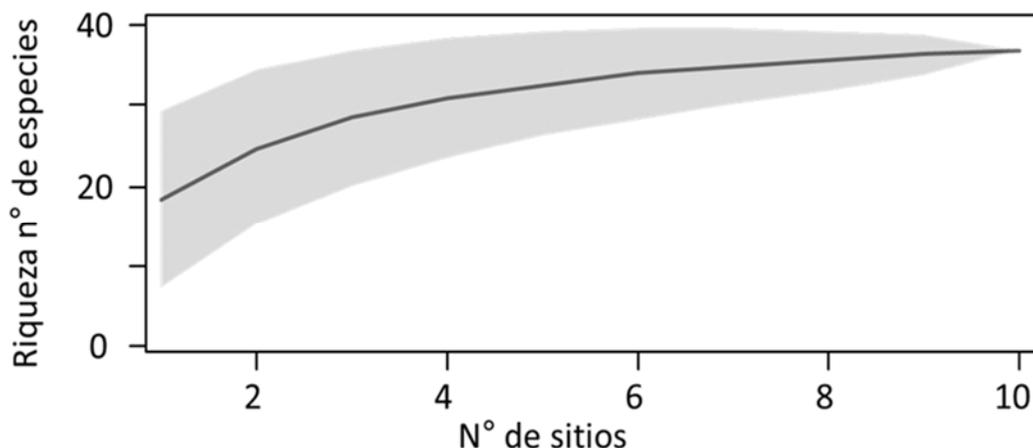


Figura IV.49.- Curva de acumulación de especies

Las especies más abundantes encontradas fueron *Agaricia agaricites* (314 colonias), *Siderastrea siderea* (310) y *Porites astreoides* (251), estas especies presentan una tasa de crecimiento alta y son consideradas como especies ruderales, ya que soportan diversos rangos de tolerancia y tienen una alta capacidad de colonización, estas son las más abundantes en la mayoría de las zonas del Caribe mexicano. Cabe mencionar que también fueron registradas especies de gran relevancia ecológica y para la conservación, como aquellas que se encuentran en los géneros *Orbicella* y *Acropora*, dentro de estas las especies *O. annularis* y *O. faveolata* fueron las más abundantes con un total de 78 y 24 colonias registradas respectivamente, mientras que la especie *A. cervicornis* fue la que presentó menor abundancia dentro de este grupo ecológico registrando un total de 5 colonias. Las especies pertenecientes a los géneros *Scolymia* y *Mycetophyllia* fueron las más raras presentando una abundancia de entre 1 a 5 colonias en cada una de las especies pertenecientes a este género.

La abundancia y riqueza de corales encontradas en los diferentes sitios de estudio presentan una variación notable entre los sitios de mayor profundidad y los más someros. Los sitios en donde fue registrada la mayor abundancia y riqueza de especies son PAV1, PAV2, PAV3 y PAV4, los que se encuentran en un rango de profundidad mayor a los 5 m, mientras que los sitios con menor riqueza de especie y menos número de colonias fueron PAV9 y PAV10, los cuales son sitios muy someros con profundidades menores de 2 m y se encuentran más cerca de la línea de costa. Figura IV.50.

Los resultados de la agrupación ecológica de los sitios en función de la composición de especies mostraron que existen cuatro grupos diferenciados. El primero se encuentra constituido por los sitios PAV9 y PAV10, los cuales presentan una baja abundancia de corales y poca riqueza de especies, dominados por las especies *Siderastrea siderea* y *Porites astreoides*, las cuales son de baja complejidad estructural. El segundo grupo se compone por los sitios PAV8 y PAV7, en estos se presenta una riqueza de especies y abundancia mayor, estos sitios presentan una composición de especies dominada por *Agaricia agaricites*, *Siderastrea siderea*, *Porites astreoides* y en el caso de PAV7 la especie *Acropora palmata* presentó abundancias considerables.

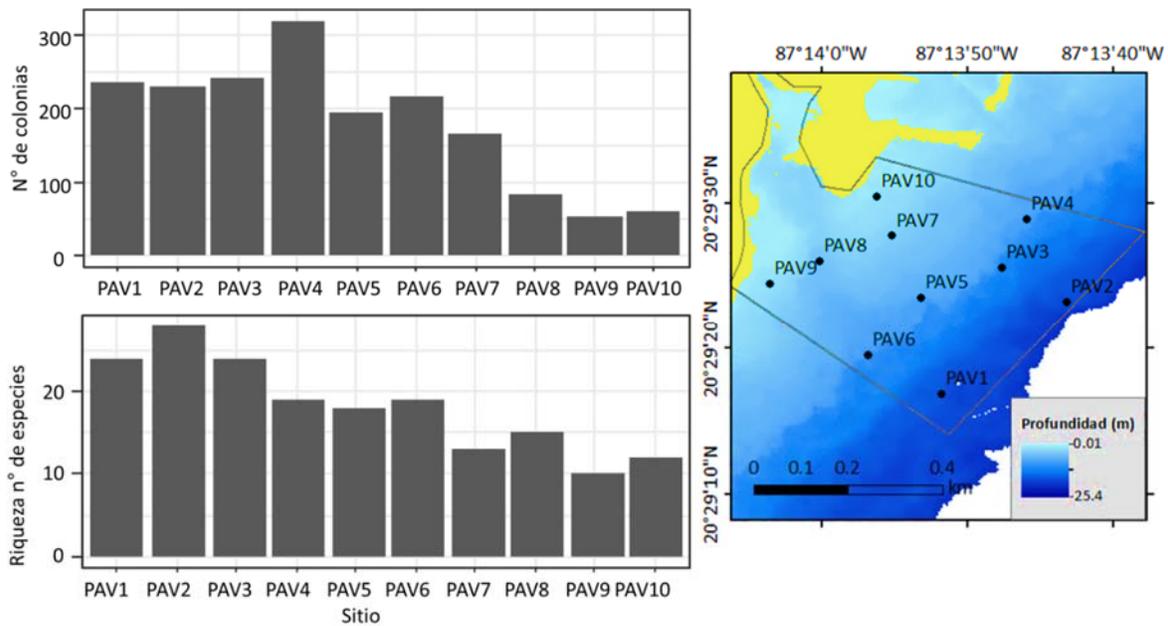


Figura IV.50.- Abundancia y riqueza de corales.

Los dos grupos restantes de sitios son considerados como los más diversos y los que presentan una mayor abundancia de organismos. El grupo tres se encuentra constituido por los sitios PAV5, PAV4 y PAV6, estos presentan diversas especies como los componentes más abundantes, entre las que destacan las especies *Agaricia agaricites*, las especies pertenecientes al género *Porites* sp., la especie de coral de fuego *Millepora alcicornis* y algunos verdaderos formadores de arrecife como son la especie del género *Orbicella* sp. El grupo cuatro se encuentra conformado por los sitios PAV3, PAV2 y PAV, estos presentan tanto una alta abundancia como riqueza, estos sitios se caracterizan por estar dominados por las especies *Agaricia agaricites*, *Siderastrea siderea*, *Montastraea cavernosa*, *Orbicella faveolata*, así como otras especies menos abundantes como son las dos pertenecientes al género *Millepora* sp. y *Pseudodiploria* sp. (Figura IV.51).

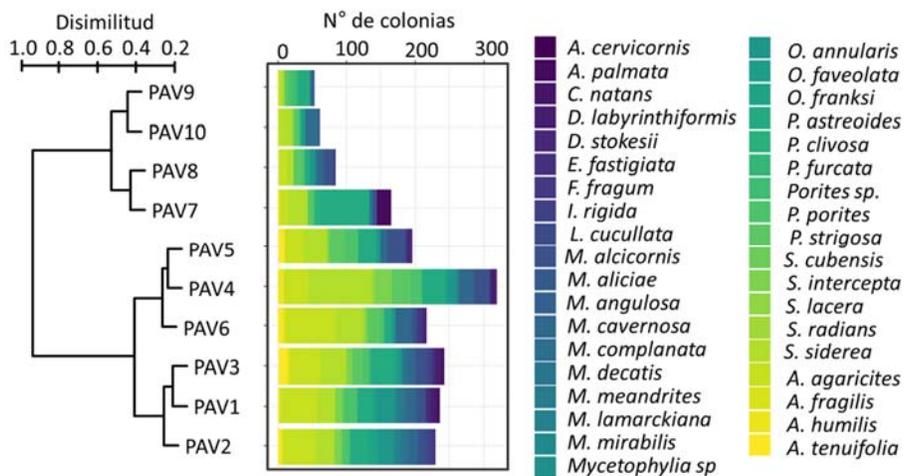


Figura IV.51.- Abundancia.

En base a los resultados obtenidos de la caracterización ecológica de los corales, se concluye que existen diversos sitios con relevancia ecológica importante y con un potencial considerable para el ecoturismo de actividades subacuáticas, como son los casos de los sitios de mayor profundidad (de PAV1 a PAV6), así como el sitio PAV7 el cual cuenta con paisajes favorables para la actividad de buceo libre y snorkeling, así como un potencial considerable para actividades de restauración de la especie *Acropora palmata*, la cual es de gran relevancia para la conservación y de una especie en riesgo de prioridad nacional. Desde una perspectiva de sustentabilidad y conservación de los corales y el ecosistema arrecifal, se recomienda que no se realicen actividades de construcción en zonas adyacentes a los sitios mencionados anteriormente, resaltando que actividades de ecoturismo pueden ser de gran beneficio en dichos sitios. Figura IV.52.



Figura IV.52.- Paisajes de sitios con dominancia de especies de relevancia para la conservación

Por otra parte, en el caso de los sitios PAV9 y PAV10 se observó que la presencia y abundancia de corales es relativamente baja y en estas zonas las actividades de construcción de menor escala, como la instalación de arrecifes artificiales o zonas de amarre no afectan de forma considerable a los corales del área de estudio.

Ictiofauna

Se evaluó la comunidad de peces en ocho sitios del polígono asignado para el muestreo, siguiendo la metodología empleada en el monitoreo AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment) con algunas modificaciones (Lang et al., 2010). Los transectos realizados son los mismos para la evaluación de la comunidad bentónica y coralina, se eligieron al azar puntos de inicio para cada censo de peces. Los censos consistieron en la identificación y conteo de individuos de especies selectas presentes en una banda de 20 x 3 m (60 m²), realizando un total de diez transectos por arrecife en cada uno de los ocho sitios considerados. Antes de iniciar el censo el observador aseguró la cinta métrica a un lastre para dar inicio al tendido de la cinta. Se esperó un par de minutos antes de iniciar el censo para que los peces se acostumbren a la presencia de los observadores. Los peces se identificaron al mayor nivel taxonómico, también se estimaron las tallas y se contaron todos los individuos de las especies de peces que se encontraron o que cruzaron la banda de 2 m de ancho. Se procuró seguir una línea recta con el mismo rumbo y un ritmo constante de nado para minimizar sesgos. Se estimó la longitud de cada

pez registrado en la banda de acuerdo con las siguientes categorías: >5 cm, 6-10 cm, 11-20 cm, 21-30 cm, 31-40 cm y >41cm.

El análisis de datos se basó principalmente en una evaluación de la diversidad de especies basado en el inventario registrado, para esto fueron realizadas graficas descriptivas a nivel de sitio con información de abundancia y riqueza de especies. Se realizó una curva de acumulación de especies para determinar si el muestreo logra representar la riqueza del área evaluada, esta curva se hizo utilizando el método de selección aleatoria y ponderación a nivel de sitio. Mientras que la caracterización ecológica y la agrupación de los sitios, fue realizada a partir de un clúster de tipo Ward 2, basado en una matriz de disimilitud ecológica de Bray-Curtis, (Oksanen et al., 2017), esto en función de la composición de especies.

Resultados

Se registraron un total de 819 individuos en los diez sitios evaluados, clasificados en 25 familias, 41 géneros y 70 especies. Las especies más abundantes fueron *Thalassoma bifasciatum* representando el 11%, *Stegastes partitus* (7.49%), *Abudefduf saxatilis* (7.25%) y *Acanthurus chirurgus* (6.1%). La curva de acumulación de especies indica que aún falta esfuerzo de muestreo para tener una representación adecuada de la ictiofauna, sin embargo este patrón de curva de acumulación es común en muestreos de este tipo, debido a la elevada diversidad de especies que presenta la comunidad íctica, y aunque se sabe que la comunidad de especies de peces conspicuos en la región del caribe es elevada, el cálculo de riqueza de especies extrapolada mediante funciones matemáticas arroja un estimado promedio de 100 especies, lo cual se encuentra representado en un 70% en el presente muestreo. Figura IV.53.

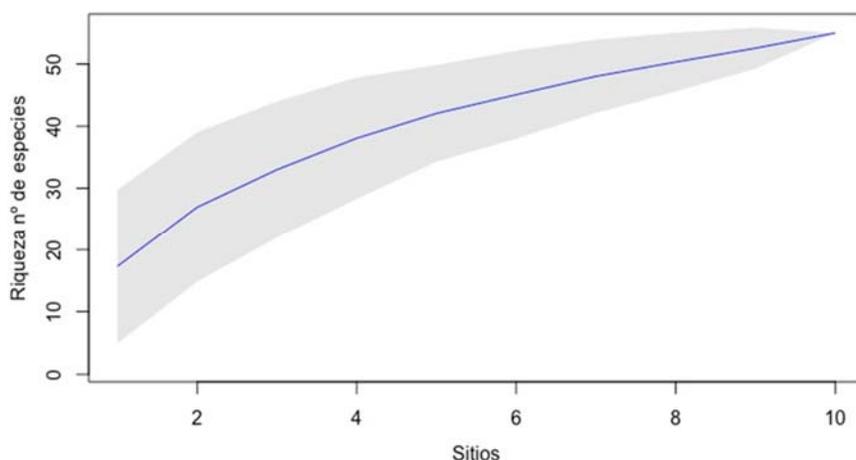


Figura IV.53.- Curva de acumulación de especies ícticas

La mayor abundancia de peces se presentó en los sitios PAV4 y PAV7 por lo tanto presentan una mayor densidad con 2.45 y 2.43 peces/m² respectivamente, seguido por los sitios PAV6 (1.75 peces/m²) y Pav3 (1.52 peces/m²) los sitios con menor abundancia y densidad son PAV9 y PAV10 (0.575 y 0.775 peces/m²). Figura IV.54.

La mayor riqueza la tuvo el sitio PAV6 seguido de los sitios PAV2, PAV3, PAV4, mientras que los sitios con menor riqueza fueron PAV9 y PAV10 con 7 y 4 especies respectivamente.

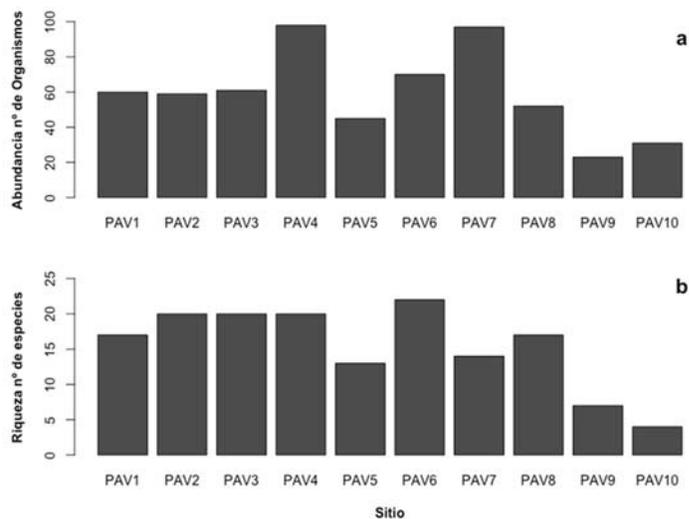


Figura IV.54.- Abundancia registrada total por sitio de muestreo, b) Riqueza de especies registradas en los diez sitios evaluados.

Los herbívoros son el grupo dominante en todos los sitios, seguido de los invertívoros y en menor representación los piscívoros. Este último grupo se mantuvo en bajas proporciones en la mayoría de las localidades y ausente en dos (PAV9 y PAV10), su mayor representación fue en los sitios PAV6 (42.8%) y PAV3 (26.3%). El sitio con mayor representación de herbívoros fue el PAV9 (71.4%) y el de menor proporción para este grupo trófico fue el PAV7 (35%). En cuanto a los invertívoros los sitios PAV10 y PAV7 tienen mayor proporción de este grupo (50%). Los sitios PAV2 PAV3 y PAV4 tienen el mejor balance en cuanto a la proporción de los tres grupos tróficos identificados. Figura IV.55.

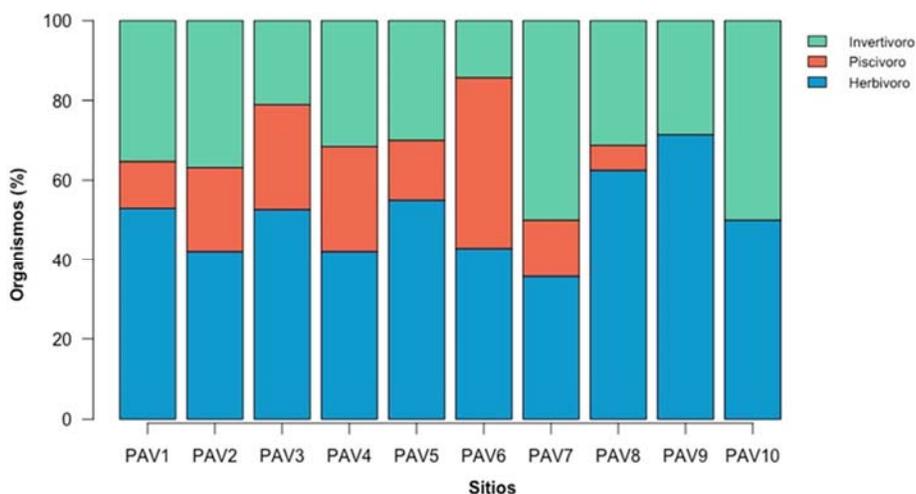


Figura IV.55.- Porcentaje de los principales grupos tróficos en cada uno de los sitios evaluados.

El análisis de agrupamiento ecológico Figura IV.56, muestra pocos grupos diferenciados, se puede observar la mayor similitud entre los sitios PAV4 y PAV6 que conforman un único grupo, debido a que comparten una riqueza similar además de la aparición de especies comunes entre ellos como *Thalassoma bifasciatum*, *Stegastes partitus*, *Scarus iseri*, sin embargo los sitios PAV2 PAV3 PAV5 y PAV1 también contienen riqueza semejante aunque en el agrupamiento no se logra diferenciar debido a la aparición de especies diferentes entre sitios, el componente íctico es altamente móvil por lo tanto es difícil agrupar, ya que existe libre tránsito de peces entre sitios. Sin embargo, podría decirse que el área de estudio es bastante heterogénea y el aporte de diferentes especies por sitio contribuye a la gran riqueza encontrada en el área de estudio. No obstante, se puede observar que los sitios PAV9 y PAV10 son las más disimiles y aislados y esto corresponde con su poca riqueza, densidad y especies compartidas respecto del resto de sitios.

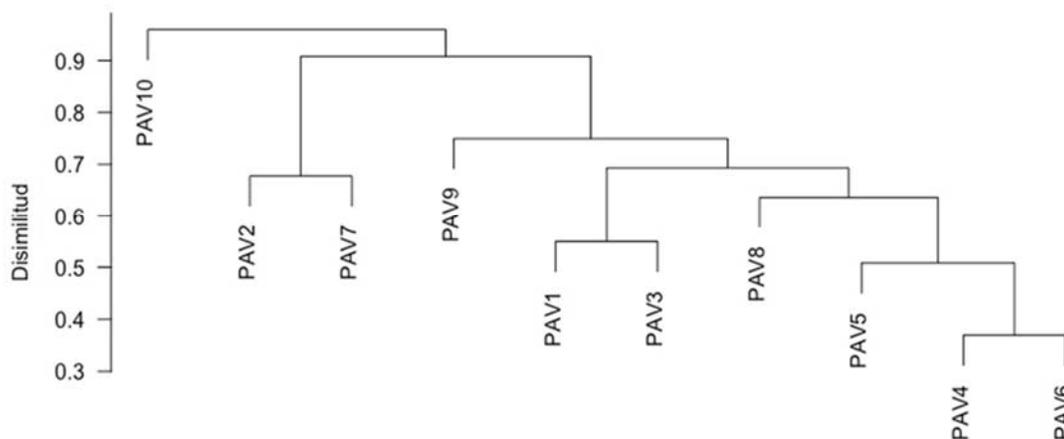


Figura IV.56.- Análisis de agrupación ecológica de la zona de estudio

La riqueza de especies encontrada en el área de estudio es relativamente elevada al considerar la extensión misma de la zona y al compararse con otras zonas de arrecife consolidado donde se llegan a reportar riquezas del orden de 150 especies de peces. Dentro de las especies registradas se encuentran algunas con interés para la pesca comercial principalmente de la familia de los pargos (*Lutjanidae*) y roncadores (*Haemulidae*), estas familias son netamente depredadoras (Piscívoras) y aunque las tallas encontradas son pequeñas, estos sitios son importantes ya que sirven como áreas de crianza y desarrollo, se observaron cardúmenes de estas especies en los sitios PAV2, PAV3 y PAV7. Tabla IV.11.

Se observó una mayor riqueza en la zona de los sitios profundos, así como en el sitio PAV6 que se puede considerar como profundidad media o de transición, estos sitios poseen potencial para la observación de peces debido a su diversidad y abundancia también observada como alta en el sitio profundo PAV4 y de transición PAV7.

La zona más somera corresponde a los sitios PAV9 y PAV10, dichos sitios se caracterizan por la ausencia de organismos piscívoros, menor riqueza, menor densidad, así como por ser los menos similares respecto del resto de sitios.

Tabla IV.11.- Características ecológicas de los sitios de muestreo

	Riqueza especies	Abundancia organismos	Densidad Peces/m ²	Herbívoros %	Piscívoros %	Invertívoros %
PAV1	17	60	1.50	52.94	11.76	35.29
PAV2	20	59	1.48	42.11	21.05	36.84
PAV3	20	61	1.53	52.63	26.32	21.05
PAV4	20	98	2.45	42.11	26.32	31.58
PAV5	13	45	1.13	55.00	15.00	30.00
PAV6	22	70	1.75	42.86	42.86	14.29
PAV7	14	97	2.43	35.71	14.29	50.00
PAV8	17	52	1.30	62.50	6.25	31.25
PAV9	7	23	0.58	71.43	0.00	28.57
PAV10	4	31	0.78	50.00	0.00	50.00

IV.2.4 Área terrestre de proyecto

Como se ha indicado en el Capítulo II, las rocas provenientes del banco de material de Puerto Aventuras serán trasladadas al sitio de acopio temporal usándose las vialidades del desarrollo y, en el último segmento, se utilizarán dos brechas existentes que conectan las calles con la Zona Federal Marítimo Terrestre. Estas brechas serán acondicionadas para el tránsito de la maquinaria y equipo. Para ello, una vez rescatada y retirada la vegetación, se tenderá una capa de sascab (material calizo), se colocará una malla geotextil sobre la roca, y sobre la malla la capa de sascab, tanto en el camino temporal como en las áreas de almacenamiento temporal para las rocas. Este tratamiento permitirá retirar, al final de la obra, todo el material y dejar el frente rocoso en la condición en la cual se encuentra actualmente. Al terminar las actividades se reforestarán los caminos temporales con los ejemplares rescatados. Los caminos temporales tendrán un ancho de 4.5 m y longitud de 440 m en conjunto (camino A con 347 m y camino B con 85 m de longitud, Figura IV.57, IV.58, y IV.59).



Figura IV.57.- Localización de los caminos A y B



Figura IV.58.- Condición del Camino A. Las palmas chit (*Thrinax radiata*) serán rescatadas y reintroducidas una vez terminadas las actividades del proyecto. La vegetación es secundaria de selva baja caducifolia.



Figura IV.59.- Condición del Camino B. La mayor parte de esta vía se encuentra ya en operación. La obra requiere una ampliación donde predominan rocas y la escasa vegetación existente corresponde a especies halófilas de matorral costero. Otros ejemplares no serán afectados por estar fuera el trazo.

Las rocas que formarán las dos estructuras serán descargadas en el al final de los caminos temporales, para después acomodarse con maquinaria (retroexcavadora) de acuerdo con el diseño, y en las coordenadas previamente reportada en el Capítulo II, en un área de 159.619 m² (59.619 m² para el sitio A y 100.00 m² para el sitio B, Figura IV.60).

Las áreas consideradas para la estancia temporal de las rocas son superficies preparada en las que frente costero al final de los caminos A y B, en las que se presenta, de manera natural, muy escasa vegetación.



Figura IV.60.- Condición del área de acopio temporal al final del Camino A (izq.) y del B (der.)

Como se ha mencionado, las rocas provendrán del banco de material que opera al interior del desarrollo puerto Aventuras. Se localiza en la colindancia norte con la coordenada central X= 475477.72; Y= 2266930.55 (UTM, 16Q, Datum WGS84) como se muestra en la Figura IV.60).



Figura IV.60.- Localización y condiciones del banco de material pétreo



Figura IV.60 (Cont.).- Localización y condiciones del banco de material pétreo

IV.2.5 Medio Socioeconómico

IV.2.5.1 Demografía

Al momento de su creación, el Municipio de Solidaridad tenía una población de 10,531 habitantes. Para 1995 su población ascendía a 28,747 pobladores, siendo Playa del Carmen la ciudad más poblada con 17,621 habitantes. De acuerdo con los resultados del II Censo de Población y Vivienda de 2005, realizado por el INEGI, la población total del Municipio Solidaridad hasta octubre del 2005 alcanzó 135,589 habitantes de los cuales 52.24 % correspondían a hombres con 70,835 hombres y 47.75 % a mujeres con 64,754. Figura IV.61. De acuerdo con cifras del Censo de Población y Vivienda del 2010, en el municipio de Solidaridad hay 159,310

habitantes permanentes, de los cuales 52.4% son hombres y 47.6% son mujeres. La edad mediana de los habitantes de Solidaridad es de 24 años. La actividad principal es el turismo.

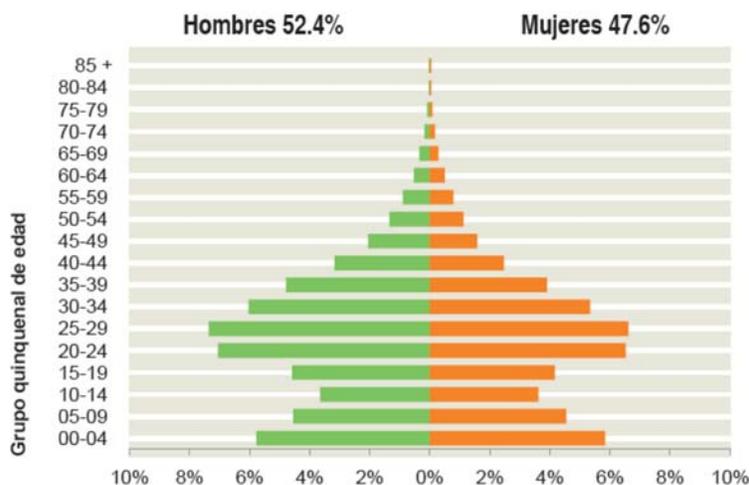


Figura IV.61.- Pirámide de población y distribución por sexo del Municipio de Solidaridad.

Este crecimiento acelerado de la población ha derivado en una rápida sustitución de las áreas naturales por áreas urbanas, debido a la presión que ejerce la creciente demanda para el desarrollo de vivienda, fuentes de empleo, bienes y servicios, particularmente en los alrededores de Playa del Carmen y en general en el corredor turístico denominado Riviera Maya. De acuerdo con los datos obtenidos en el último Censo de Población y Vivienda, en el municipio se observa que el mayor grupo de población corresponde a la división quinquenal de 25 a 29 años, en segundo lugar, de 20 a 24 años y de 30 a 34 años y 00 a 04 años empatados en tercer lugar. La población total de acuerdo con el último censo es de 159,310 personas, que representa el 12 % de la población del Estado. Los datos censales indican que, a lo largo de su vida, las mujeres entre 15 y 19 años han tenido en promedio 0.2 hijos nacidos vivos, mientras que este promedio es de 3.2 para las mujeres entre 45 y 49 años. Asimismo, las mujeres entre 15 y 19 años, se registran 2 fallecimientos por cada 100 hijos nacidos vivos, mientras que para las mujeres entre 45 y 49 años el porcentaje es de 6. Figura IV.62.

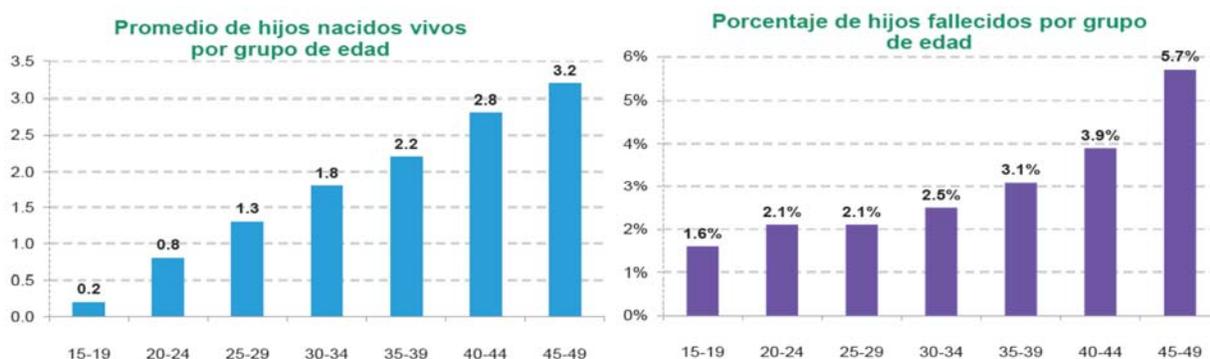


Figura IV.62.- Fecundidad y mortalidad para el Municipio de Solidaridad, reportada en el Censo General de Población y vivienda 2010.

El Municipio de Solidaridad es un centro de atracción de migrantes. Como factores de atracción se pueden citar la amplia oferta de empleo en el sector turístico y los servicios conexos, el crecimiento económico sostenido de los últimos 15 años y la conformación de redes sociales de los primeros migrantes que acogen a los recién llegados.

De acuerdo con las estadísticas del INEGI, 2010, al estado de Quintana Roo llegaron un total de 143 mil 899 personas a vivir al estado, cuya procedencia del resto de las entidades del país principalmente. De cada 100 personas 16 provenían de Yucatán, 15 de Chiapas, 14 de Tabasco, 13 del Distrito Federal y 12 de Veracruz.

IV.2.5.2 Características socioeconómicas

En tan sólo Quince años, Playa del Carmen pasó de ser una villa de pescadores a un destino turístico de interés mundial, generadora de una derrama económica estimada en mil 700 millones de pesos, hasta el año 2010 (Gobierno del Municipio de Solidaridad, 2011).

En el 2010 de cada 100 personas de 12 y más, 69 participaban en las actividades económicas, de cada 100 de estas personas, 96 tienen alguna ocupación. De la población económicamente activa que representa el 68.5% del total de la población, 84.8 son hombres, mientras que el 50.1% son mujeres; mientras que de un total de 3.6% refiere a población no ocupada, siendo 4.0% hombres y 2.8% mujeres.

El Municipio de Solidaridad reporta un egreso bruto de \$1,535,913,610 de pesos, canalizando \$175,396,214 a servicios generales, \$396,943,408 a obra pública. De acuerdo con los indicadores turísticos emitidos por SEDETUR para el periodo enero abril 2016, la Riviera Maya reportó una afluencia de 1,568,965 turistas, cifra que representa 41.52% del total de turistas registrados para Quintana Roo en ese periodo; así como una ocupación hotelera de 85.4%, con estancia promedio de 6 días –la mayor del estado- y una derrama económica de 988.45 mdd para ese periodo, con un gasto promedio por visitante por estancia de \$630 dólares.

IV.2.5.3 Actividades Económicas

En el sistema ambiental regional no se registran poblados o asentamientos humanos, pero existen al menos 24 desarrollos turísticos, en su mayoría de la categoría 5 estrellas, que en conjunto cuentan con 8,212 cuartos hoteleros, que representan 19.55% de la oferta de cuartos hoteleros en la Riviera Maya, que de acuerdo con SEDETUR contaba al término de 2014 con 394 hoteles con 42,011 cuartos.

IV.2.5.4 Infraestructura social y de comunicaciones

Solidaridad es un municipio en crecimiento constante y sostenido, por lo tanto, se requiere de una infraestructura social que pueda cubrir las necesidades de la población, lo cual constituye un gran reto. En 2008 se contaba con la estructura que se muestra en el Cuadro IV.15.

Cuadro IV.15.- Infraestructura social y de comunicaciones.

Clínicas particulares	Clínicas de asistencia social	Clínicas municipales
Clínica del Carmen	I.M.S.S.	Centro de Salud Colosio
Unidad Médica del Carmen	UNIDAD Médica Integral	Unidad Integral de la Mujer
Emergencia Médicas del	I.S.S.S.T.E.	Unidad de Salud
Clínica Santa Fe	Cruz Roja	Centro de Medicina
Hospital Playa Med		Unidad de Salud de Puerto
Médica Maya		

Estructura Educativa (Dirección de Educación y Bibliotecas del Ayuntamiento de Solidaridad).
Cuadro IV.16.

Cuadro IV.16.- Estructura educativa.

TIPO	PREESCOLAR	PRIMARIA	SECUNDARIA	MEDIA SUPERIOR	SUPERIOR	ESPECIALES
PÚBLICA	25	39	6	3	1	Centro de Atención Múltiple ICAT
PRIVADA	7	9	5	2	1	

En el municipio se cuenta con los Centros de Atención a la Mujer del Sistema Municipal para el Desarrollo Integral de la Familia, los cuales son especializados para la atención de casos de violencia familiar. El DIF tiene bajo su cargo tres centros dedicados a la atención de los Adultos Mayores, en la Colonia Gonzalo Guerrero, “La Estancia de Día para la Tercera Edad”, en la colonia Ejidal el “Club Fuente de la Sabiduría” y en la colonia 28 de julio el “Centro Especializado para Adultos Mayores”, donde se brindan diversos talleres y servicios a 130 personas, de quienes acuden el 95% son mujeres y sólo un 5% son hombres.

Para la comunicación marítima existe una terminal en Playa del Carmen con un muelle para las embarcaciones de ruta a Cozumel y para el servicio de tender a los cruceros turísticos internacionales que llegan frecuentemente. En cuanto a la comunicación aérea, se atiende con un aeródromo para aviones de corto alcance, que hacen el servicio entre Playa del Carmen y otros centros turísticos situados a corta distancia, sobre todo Cozumel. La Carretera Federal No. 307 es el principal soporte de la red regional de comunicaciones y cumple la función de conectar el norte y el sur del estado. Su función original es la de conducir flujos vehiculares en viajes interurbanos, es decir entre localidades, por lo que su operación tiene características de vía regional (flujo continuo, alta velocidad, amplitud en diseño geométrico, alta resistencia en superficie de rodamiento, etc.).

Al interior del sistema ambiental regional definido se cuenta con una red de drenaje sanitario y una planta de tratamiento de aguas residuales la cual opera bajo la supervisión de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno del Estado de Quintana Roo. También se cuenta con un sitio para la disposición final de residuos sólidos operado por el Ayuntamiento de

Solidaridad, que presta a su vez el servicio de recolección y traslado de residuos sólidos urbanos a través del Servicio de Limpia Municipal.

IV.2.6 Paisaje

El estudio del paisaje ha sido tradicionalmente objeto de interés de la Geografía y, desde principios del Siglo XX siendo también abordado como tema de interés científico por parte de otras disciplinas como la botánica, las ciencias tecnológicas, la ecología, la geografía entre otras.

El concepto ha sido utilizado a lo largo de la historia con diversos significados, existiendo actualmente varias maneras de concebirlo y de abordar su examen y tratamiento. Una de las vías adoptadas ha adquirido tal relevancia que estudia al paisaje en sí mismo, habiéndose construido a partir de ella una rama de la ciencia llamada ecología del paisaje y geoecología (Troll, 1971)²⁰ o Ecogeografía²¹ (Tricart y Kilian, 1982) las cuales tienen un carácter interdisciplinar y convergente entre la geografía y la ecología; combinan los aspectos globales y sectoriales, cualitativos y cuantitativos, y se apoya, en definitiva, en las cartografías integradas a diferentes escalas.

Por otra parte, el interés no ha sido meramente científico, sino también estético. Desde el punto de vista artístico, el paisaje ha estimulado a pintores, especialmente en los tiempos modernos, con una copiosísima producción en la historia de la pintura. Será el paisajismo una de las especialidades pictóricas más cultivadas y en la que creadores han mostrado su destreza y genio pudiendo mencionar a Turner, Cézanne, Matisse, Van Gogh y los mexicanos como José María Velasco, Gerardo Murillo (Dr. Atl), Joaquín Clausell y el propio Rufino Tamayo. Este valor estético del paisaje constituye, además, un aspecto que el conocimiento científico definitivamente aprecia. La inquietud científica del hombre se somete al disfrute estético, interesándose por el paisaje de modo unitario. Reviste, entonces, un doble valor: estético y científico.

El concepto de paisaje contiene, intrínsecamente, una componente visual. Se contempla o se analiza aquello se ve, que son los aspectos visibles de la realidad y a partir de esa percepción se describe el territorio, el espacio geográfico. Así, el primer paso del estudio del paisaje sería la descripción de lo que se ve, dando lugar, en un segundo peldaño, a la interpretación y explicación en las cuales intervienen la interacción de elementos tales como los conceptos, los estereotipos y los valores.

Lo anterior exhibe que la valoración del paisaje, como recurso y componente de la recreación, es compleja ya que la propia definición es multidimensional con una elevada carga de subjetividad.

Para el caso que aquí nos ocupa hemos considerado la definición propuesta por el Convenio Europeo de Paisaje (2000) que dicta: *Paisaje es cualquier parte del territorio, tal como la percibe la población, cuyo carácter es el resultado de la interacción entre el hombre, la naturaleza y el tiempo.*

De acuerdo con lo anterior, un paisaje va desde lo excepcional, como puede ser playas con vistas marinas, cumbres montañosas pobladas por coníferas e, incluso, espacios urbanos singulares que

²⁰ Troll, C. (1971): "Landscape Ecology (Geoecology) and Biogeocenology. A terminological study" en Geoforum, 8. pp. 43-4

²¹ Tricart, J. y Kilian, J. (1982): La Eco-geografía y la ordenación del medio natural. Barcelona. Anagrama. 288 pp.

ofrecen vistas escénicas, su apreciación parte de una concepción humana definida por componentes culturales, sensoriales y bagaje histórico y social del observador.

De acuerdo con el Convenio Europeo del paisaje, éste tiene un papel importante de interés público en los campos cultural, ecológico, medioambiental y social, y constituye un recurso favorable para la actividad económica y cuya protección, gestión y ordenación pueden contribuir a la creación de empleos; el paisaje es una parte importante de la calidad de vida de las personas en todas partes: en las zonas urbanas y en el campo, en las zonas degradadas, así como en las zonas de alta calidad, en las zonas reconocidas como de gran belleza, entre otras.

El paisaje, como una manifestación externa y conspicua del medio, es un indicador del estado de los ecosistemas, de la salud de la vegetación, de las comunidades animales, del uso y aprovechamiento del suelo y, por tanto, del estilo de desarrollo de la sociedad en una región.

En el caso del Sistema Ambiental en el que se pretende este proyecto, la concentración demográfica local es alta y el flujo de visitantes elevado en ciertas épocas del año. Sin duda el paisaje marítimo y la experiencia recreativa es percibido un gran número de individuos.

El paisaje que actualmente se percibe en la zona próxima al sitio de intervención, es el resultado de la interacción del uso del suelo y las edificaciones donde estas, diseminadas en la retícula predominantemente urbana de Puerto Aventuras en la cual se agrega el proyecto puntual que se pretende. Así visto, el proyecto resulta neutro en términos urbanos y de bajo impacto ambiental como se expone en el Capítulo V de este documento lo que implica coherencia, territorial, social e institucional.

Al momento de realizar el proyecto las consecuencias sobre el paisaje inmediato serán desfavorables ya que se interviene una superficie en la cual actualmente la presencia humana es mínima. Esta transformación es, perceptualmente, temporal sin conllevar amenazas a un paisaje excepcional. El proyecto, una vez concluido no es visible desde la superficie por lo que mantiene una neutralidad hacia el espectador. Por consiguiente, la construcción del proyecto planteado no modificará vistas excepcionales. Figura IV.63.



Figura IV.63.- El proyecto, al ser ligeramente emergido (1.30 m), no implica variación de las vistas escénicas

IV.3 Diagnóstico Ambiental

IV.3.1 Estructura y función del SAR y área del proyecto

En la estructura y función del SAR definido para el proyecto, intervienen una gran gama de factores, se puede señalar que están determinados en gran medida por la mezcla de agua dulce subterránea con el agua subterránea del mar que favorece la disolución en la zona de mezcla, provocando un proceso geomórfico importante para el desarrollo de cavernas, caletas y playas crescénticas a lo largo de la costa.

En el litoral en el que se pretende insertar el proyecto, una de las características principales de su estructura, es la presencia de arrecifes de coral que reducen la potencia del oleaje protegiendo la costa, arrecifes que han sido fracturados por la presencia de fenómenos climatológicos extremos (huracán Wilma) así como la presencia de fuerte variación en el oleaje.

Los rasgos geomorfológicos más conspicuos de la caleta Chac-hal-al son las plataformas de abrasión por oleaje que la flanquean. La pendiente suave de la plataforma se debe a los procesos de disolución y a la acción hidráulica erosiva del oleaje por lo que la ampliación de la plataforma avanzará a medida que prosigan los procesos de disolución, acelerándose con la presencia de fenómenos meteorológicos extremos.

Chac-hal-al forma parte de un sistema con playa de arena y roca sobre la línea de costa, limitado por zonas totalmente rocosas que restringen el transporte litoral generando una costa aislada exenta de transporte sedimentario, el aporte de sedimentos de las microceldas litorales adyacentes es nulo. Además, es importante señalar que la carencia de arena en la Caleta es consecuencia de la presencia de fenómenos naturales extremos como es el caso del pasado huracán Wilma (en 2005) así como fuerte oleaje en la zona, donde las barreras naturales han sido fragmentadas por estos fenómenos.

En el SAR domina el carbonato de calcio conformando un paisaje cárstico, por lo que no existen ríos superficiales. El escurrimiento se lleva a cabo a través de la red del drenaje subterráneo, que en la llanura costera se manifiesta a través de manantiales cársticos como los cenotes y/o petenes. La mayoría de las corrientes superficiales son transitorias, de bajo caudal, recorrido muy corto y desembocan en depresiones topográficas donde forman lagunas.

La dinámica del transporte sedimentario da como resultado una costa relativamente estable, ya que el sedimento se queda dentro de la playa del sur (Hotel Barceló) donde la batimetría y la poca presencia de corriente, facilitan la estabilidad de los sedimentos. La poca presencia de los sedimentos provoca que las playas no sean tan extensas, conformando una línea de costa primaria o costa rocosa. Debido al poco movimiento de la línea de costa, los niveles de erosión y de sedimentación son mínimos.

Para el área de proyecto se tienen sitios de importancia ecológica media en términos de estructuras coralinas, es importante considerar que el estado de salud arrecifal de los sitios PAV1 y PAV2 (ubicados a más de 200 m de la zona de obras) es regular; la riqueza de especies de peces es relativamente elevada al considerar la extensión del área de estudio. Dentro de las especies

registradas se encuentran algunas con interés para la pesca comercial principalmente de la familia de los pargos (*Lutjanidae*) y roncadoreos (*Haemulidae*), estas familias son netamente depredadoras (Piscívoras) y aunque las tallas encontradas son pequeñas, estos sitios son importantes ya que sirven como áreas de crianza y desarrollo.

El sitio PAV7 ubicado a unos 80 m al sur del sitio de almacenamiento temporal B, se reporta con alto valor ecológico, por la presencia de coral cuerno de alce, *A. palmata*, así como por la presencia de especies de escama de valor comercial. Se recomienda este sitio con potencial para la restauración. Por otra parte, en el caso de los sitios PAV9 y PAV10 (a 25 y 35 m de distancia respectivamente de los arrecifes artificiales) se observó que la presencia y abundancia de corales es relativamente baja y en estas zonas las actividades de construcción de menor escala, como la instalación de arrecifes artificiales o zonas de amarre no afectan a los corales del área de estudio.

Las restantes variables ambientales estudiadas (clima, hidrología, geología, edafología, etc.) no serán intervenidas por el proyecto; es decir el arrecife artificial no tendrá interacción con ellas.

IV.3.2 Procesos de deterioro y desarrollo de la región

La acelerada dinámica poblacional del municipio (Figura IV.64), ha generado un importante incremento en la demanda de espacio que se expone como la expansión urbana y ocupación de la costa por desarrollos turísticos. Esta cobertura urbana demanda suelo y servicios

El desarrollo turístico que se observa en el SAR no es ajeno al que se experimenta en la costa de Quintana Roo. Iniciado a mediados de la década de 1970, ha sido enmarcado por políticas encaminadas al desarrollo sustentable a que contrastan con un acelerado crecimiento tanto en la infraestructura turística como en la población. La consecuente ocupación del territorio ha presentado un crecimiento igualmente exponencial en las localidades cercanas a los centros turísticos.

En este contexto, se tiene un sistema ambiental en el cual aún se mantiene la funcionalidad de los ecosistemas costeros como los manglares, zonas inundables, selva y arrecifes coralinos los cuales son fundamentales en la relación de nutrientes entre los ecosistemas terrestres–acuáticos y marinos.

Resultará de importancia fundamental asegurar:

- ⊕ Sistemas de tratamiento para las aguas residuales.
- ⊕ Propiciar o facilitar investigaciones relacionadas con la salud del arrecife.
- ⊕ Mantener los humedales costeros, los manglares y arrecifes.
- ⊕ Minimizar la pérdida de suelo forestal.

La secuencia de Figuras IV.64 muestran, para el SAR y para Puerto Aventuras, una serie de cambios ligados a la ocupación, relativamente ordenada, del espacio costero donde se hace evidente el crecimiento de la traza urbana de Puerto Aventuras pueblo, así como lotificaciones

2006

2010



2018



Figura IV.64.- Secuencia que muestra la expansión urbana y turística en el SAR

al noreste que exponen cambios de uso de suelo dirigidos a la ampliación de áreas urbanizadas con fines habitacionales.

Por su parte, en la porción colindante con el Caribe, el SAR terrestre muestra modificaciones en otro sentido, si bien se mantiene la ocupación humana, las transformaciones se dirigen al cambio de uso de suelo determinado por la formación de espacios recreativos como campos de golf e incremento en la construcción de infraestructura hotelera.

En cuanto a la porción marina del SAR, se tiene que los estudios realizados exponen claramente que en el área de ocupación del proyecto corresponde a hábitats marinos someros que se componen de dos niveles de terraza sin existencia de una barrera arrecifal. El proyecto se pretende, justamente, en la zona somera del primer nivel de terraza la cual se caracteriza por ser un ambiente abrasivo que recibe continuamente la energía del mar carente de una formación arrecifal y de pastos marinos. No se reportan en este espacio, de ocupación del proyecto, especies con *estatus* de protección. En particular la presencia de *Acropora palmata* se manifiesta 500 m mar adentro (sitio PAV7).

En este contexto, se reconoce que, en el ámbito regional planteado que es de 580.66 Ha de las cuales 545.94 son terrestres y 34.72 marinas (Figura IV.1. Sistema ambiental delimitado), el proyecto se plantea como una intervención puntual con una sola acción evaluada como adversa significativa la cual corresponde a la posible alteración de la calidad de fondo marino.

No se prevén afectaciones a especies marinas en riesgo, por el contrario, el proyecto se acompaña de medidas específicas orientadas a la propagación, humanamente asistida, de colonias de coral que en el tiempo sean capaces de formar un arrecife frontal ecológicamente funcional.

En la porción terrestre los impactos reconocidos más relevantes son aquellos asociados a la formación de caminos, es decir despalme, compactación y producción de residuos los que, contrastados contra las modificaciones preexistentes en el SAR resultan poco relevantes en el sentido de que son incapaces de promover impactos ambientales adversos distintos a los registrados en ese ámbito espacial donde los cambios permanentes, en cuanto a la pérdida de vegetación, son aquellos generados por el proceso de urbanización que impiden, por su mera existencia, la restauración natural de la cubierta vegetal.

Como se mencionó previamente y se expone en el Capítulo VI de esta MIA-R, el proyecto conlleva medidas de protección ambiental dirigidas a causas adversas específicas previstas. Esta situación implica que la capacidad de cambio negativo al SAR atribuible a la propuesta que se analiza resulta muy baja, además de que se plantea un Programa de siembra y seguimiento de coral en estructuras de cierre como medida de compensación ambiental en beneficio de los humedales costeros y arrecifes de coral lo que, en el tiempo, habrá de derivar en la eventual proliferación de corales bajo el planteamiento de que el conjunto de rocas sumergidas proveerá un sustrato duro apto para aquellas especies sésiles que lo necesitan para desarrollarse tales como algas y esponjas, así como corales duros y blandos los que, una vez instalados formarán una estructura y proporcionarán, en conjunto con las piezas de concreto, refugio y alimento para especies móviles como tortugas, peces y crustáceos.

De esta manera, las estructuras de cierre contribuirán a la conservación arrecifal proporcionando espacios para la vida submarina que las colonizarán paulatinamente, funcionarán como refugio y área de reproducción de diversas especies siendo, además, útiles para reducir la presión sobre otros arrecifes naturales cercanos al ofrecer un área alternativa para el buceo recreativo.



V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

En este capítulo se identifican y evalúan los impactos ambientales que son previsibles en las diferentes etapas del proyecto arrecife artificial de carbonato de calcio. Para tal efecto, se interrelacionan las acciones y/o actividades del proyecto con los componentes del ambiente, con un criterio de causa-efecto, evaluando el carácter adverso o favorable del impacto.

La aplicación metodológica sugiere por una parte, los sistemas ecológicos naturales y por otra parte, las acciones del proyecto en sí, de tal manera que se puedan evaluar las interacciones que se producen entre ambos, con el fin de tener una idea real del comportamiento de todo el sistema.

Las acciones derivadas del proyecto para la aplicación de la metodología de evaluación responden a los criterios siguientes: son significativos, son independientes y son medibles. Para la identificación de las acciones se inició con una revisión bibliográfica de documentos existentes para el área donde incide el proyecto, tales como artículos públicos, tesis, fotos aéreas, situación legal, entre otros. Una vez identificado y ubicado el sitio, se realizaron visitas al lugar para obtener información acerca de la flora, fauna, paisaje y calidad ambiental del sitio, para después complementar con información proporcionada por el promovente.

La importancia de la correcta evaluación y medida de los impactos radica en que, sobre la base de los resultados obtenidos se determina si un proyecto cumple o no con la legislación y normas ambientales vigentes.

V.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.

El ***impacto ambiental*** se define como ***la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza*** (Artículo 3o, Fracción XIX, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente); en este sentido, cualquier cambio que el proyecto ocasione sobre el ambiente, será considerado como un impacto ambiental.

Por otro lado desde el punto de vista técnico, la ***evaluación del impacto ambiental*** es un ***proceso de análisis que sirve para prever los futuros cambios en el ambiente, sean de tipo antropogénico o generados por el mismo ambiente; asimismo, permite elegir aquella alternativa de proyecto cuyo desarrollo maximice los beneficios hacia el ambiente y disminuya los impactos no deseados; por lo tanto, el término impacto no implica en sí mismo negatividad, ya que estos también pueden ser positivos.***

Metodológicamente, los pasos a seguir para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que podría generar la ejecución del proyecto son:

- ⊕ Análisis de la información utilizada para la caracterización y diagnóstico ambiental del proyecto, para determinar los indicadores ambientales o de estado.
- ⊕ Determinación de las relaciones causa-efecto entre las acciones y los factores del medio, para determinar indicadores de presión.
- ⊕ Definición de área de influencia y posterior descripción y estudio del área.
- ⊕ Elaboración de matrices de efectos y de la matriz de importancia.
- ⊕ Determinación de la magnitud del impacto sobre cada factor.
- ⊕ Estimación cuantitativa de impactos sobre los factores del medio y valoración final de los impactos que la actividad produce en su conjunto.
- ⊕ Conclusiones

V.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Para facilitar el análisis cualitativo y cuantitativo de los posibles impactos ambientales, como primer paso se elaboró una lista de verificación en la cual se consideraron aquellas actividades para el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas. Una vez determinado el listado se procedió a describir cada una de las actividades, como se muestra en la Tabla V.1.

Tabla V.1.- Lista de chequeo preliminar de las actividades requeridas para desarrollar el proyecto, en sus diferentes etapas

Etapa del proyecto	Actividad	Descripción
Preparación del sitio	1.-Despalme	Se refiere al área donde se desplantarán las obras, específicamente los caminos de acceso a los sitios Ay B de depósito temporal de roca caliza.
	2.- Contratación y presencia de personal	Se generará empleo temporal al requerirse mano de obra para el despalme y algunas otras actividades relacionadas con la preparación del sitio, como el banqueo de palmas chit para su posterior resenmbrado en el sitio.
	3.- Generación de residuos	Se refiere a la generación de tres tipos de residuos: sólidos urbanos, como son latas, botellas, papel, cartón, envolturas, madera, residuos de comida; algunos residuos de manejo especial y residuos peligrosos: estopas, trapos y guantes impregnados con aceite o lubricantes, aceites gastados y baterías, todos ellos generados por el personal que labora y por el uso de la maquinaria.

Tabla V.1.- Lista de chequeo preliminar de las actividades requeridas para desarrollar el proyecto, en sus diferentes etapas

Etapas del proyecto	Actividad	Descripción
Construcción	4.- Colocación de Geotextil	Colocación de geotextil para cubrir y proteger roca en el área de los caminos temporales y en los sitios A y B de almacenamiento temporal de roca de carbonato de calcio.
	5.- Colocación de sascab (material calizo)	Obtención en el banco de material, transporte y colocación de sascab en las áreas de los caminos temporales y en los sitios A y B de almacenamiento temporal de roca.
	6.- Creación de piedraplenes.	Frente a los sitios A y B de depósito temporal de roca caliza, se instalarán piedraplenes para permitir el acarreo de roca para la conformación de los cuerpos del arrecife artificial.
	7.- Instalación de roca para arrecifes artificiales y de malla retenedora de sedimentos	Colocación y acomodo de roca en las áreas destinadas a formar arrecifes artificiales. De manera paralela a los cuerpos arrecifales se instalará malla para retener los sedimentos que se se generarán al colocar la rocas en el lecho marino.
	8.- Operación de Maquinaria y equipo	Se generarán emisiones puntuales y temporales de emisiones, se generarán residuos peligrosos
	9.- Retiro de piedraplenes, sascab y geotextil	El retiro de los piedraplenes al ser en medio húmedo no generará emisiones de partículas, no así en el caso del sascab y del geotextil.
	10.- Contratación y presencia de personal	Se generará empleo temporal al requerirse mano de obra para las diferentes actividades relacionadas con la conformación del arrecife artificial.
	11.- Generación de residuos	Se refiere a la generación de residuos de construcción, residuos sólidos urbanos como son latas, botellas, papel, cartón, envolturas, madera, residuos de comida, residuos de manejo especial, y residuos peligrosos como son: estopas, trapos y guantes impregnados con aceite o lubricantes, aceites gastados, baterías, la mayoría de los residuos de este tipo serán generados por el uso de la maquinaria.
Operación y mantenimiento	12.- Actividades de mantenimiento	Debido a la naturaleza del proyecto no existe una etapa de operación, sin embargo el arrecife requerirá mantenimiento y monitoreo, para garantizar el éxito de la recolonización por reubicación de coral fragmentado por fenómenos naturales en las roquedales formadas en las rocas de las caras laterales de los

Tabla V.1.- Lista de chequeo preliminar de las actividades requeridas para desarrollar el proyecto, en sus diferentes etapas

Etapa del proyecto	Actividad	Descripción
		cuerpos arrecifales. Las palmas chit que se baquearon en la preparación del sitio serán resembradas en el sitio del camino para lograr la reforestación de los caminos temporales.

V.2 CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES POR NIVELES.

Una definición genéricamente utilizada del concepto indicador establece que éste es “un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado por un agente de cambio” (Ramos, 1987); es por ello que se considera a los indicadores como índices cuantitativos o cualitativos que permiten evaluar la dimensión de las alteraciones que podrán producirse como consecuencia del desarrollo de un proyecto y sus actividades.

El Instituto de Recursos Internacionales (*WRI por sus siglas en inglés*), propone para la determinación de los indicadores, dividirlos en tres tipos (Hammond *et al.*, 1995):

- ⊕ Los que analizan la oferta ambiental: permiten detectar la existencia de recursos.
- ⊕ Los que analizan la sensibilidad o vulnerabilidad ambiental: detectan procesos de degradación ambiental.
- ⊕ Los que analizan la producción: establecen los problemas de rendimiento cuando se analizan los procesos naturales con base en recursos naturales.

Asimismo, para la determinación de indicadores, se tomó en cuenta las recomendaciones que propone la OCDE (1996), los cuales deben de tener características que les permitan ser funcionales, entendibles y aplicables a cuestiones prácticas:

- ⊕ Proporcionar una visión de las condiciones ambientales, presiones ambientales o respuestas de la sociedad.
- ⊕ Ser sencillo y fácil de interpretar y capaz de mostrar las tendencias a través del tiempo.
- ⊕ Ser aplicable a escala nacional o regional, según sea el caso.
- ⊕ Proporcionar una base para las comparaciones internacionales.
- ⊕ Debe existir un valor de referencia contra el cual se pueda comparar el valor del indicador, facilitando así su interpretación en términos relativos.
- ⊕ Debe tener congruencia teórica y consistencia científica.
- ⊕ Debe basarse en consensos internacionales.
- ⊕ Debe ser capaz de relacionarse con modelos económicos.
- ⊕ Los datos utilizados deben generarse con una "razonable" relación costo/beneficio.
- ⊕ Los datos utilizados deben ser de calidad, estar bien documentados y validados

- ⊕ Los datos utilizados deben poder actualizarse a intervalos regulares.

De acuerdo a las características de los indicadores, se establece un orden jerárquico, el cual discrimina las relaciones entre las categorías establecidas, y permite determinar la tipología del ecosistema, manifestándose por la interacción de indicadores a diferentes niveles (Salazar, 1999):

Indicadores de Tercer Nivel. Son los indicadores macros: abióticos, bióticos y socioeconómicos; son conocidos como subcomponentes del sistema ambiental.

Indicadores de Segundo Nivel. Son indicadores que definen patrones de importancia en el área estudiada y agrupan indicadores específicos de primer nivel, son conocidos como los diferentes factores de cada uno de los subcomponentes. Los indicadores de segundo nivel son: medio geológico, medio geomorfológico, medio climatológico, medio hidrológico, medio marino, medio edáfico, vegetación y fauna terrestre y acuática, medio social, medio económico, medio cultural, medio demográfico y medio paisajístico.

Indicadores de Primer Nivel o Específicos. Son cuantificables y calificables, se caracterizan porque determinan patrones espaciales y funcionales de los ecosistemas, definiendo unidades ecológicas y de paisaje. A estos indicadores se les debe hacer un análisis de influencia - dependencia, con el objeto de identificar cuáles son los más importantes y cuáles son los más vulnerables dentro del ecosistema.

La Tabla V.2 muestra los tres niveles, partiendo de los componentes o indicadores de tercer nivel hasta llegar a los indicadores específicos o de primer nivel.

Tabla V.2.- Indicadores Nivel I, II y III.

NIVEL III	NIVEL II	NIVEL I
Medio Abiótico (marino y terrestre)	Suelo/Sustrato marino	Condiciones geomecánicas.
		Sedimentación/Suspensión.
	Agua	Temperatura.
		Calidad
Aire	Niveles de NOx. Niveles de CO ₂ .	
Medio Biótico (marino y terrestre)	Flora	Índice de diversidad.
		Biomasa.
		Abundancia.
	Fauna	Índice de diversidad. Distribución.
Socioeconómico	Estético	Paisaje
	Nivel de vida	Nivel de vida
		Salarios básicos. Vivienda.

Estableciendo los indicadores para cada factor y para cada componente, las unidades de medida quedan automáticamente definidas y delimitadas en virtud de la definición del propio indicador.

Existen diferentes métodos para poder determinar qué indicadores son los que tienen una mayor influencia en el medio en estudio (matriz del ecosistema, análisis influencia - dependencia, etc.), sin embargo, en todos los casos se requiere que esta información esté sustentada en valores cuantificables, con una metodología estandarizada y que se cuente con la información base, que permita realizar un seguimiento durante la realización y operación del proyecto en estudio (Salazar, 1999).

Considerando lo anterior, es que el presente estudio, tanto en su fase de diagnóstico como de identificación y evaluación de impactos ambientales, considera indicadores de Nivel II (Salazar, 1999) basados, tanto en la información medioambiental como socioeconómica del medio, pasando posteriormente a indicadores de Nivel I dentro de la misma metodología de Evaluación de Impacto Ambiental.

Los indicadores Nivel II permitirán tener una base comparativa con el diagnóstico del medio ambiente realizado, mientras que los indicadores de Nivel I proporcionarán un escenario o un esquema más fino de los posibles efectos del proyecto y permitirán en consecuencia proponer parámetros confiables de control y monitoreo durante la operación del proyecto en estudio.

V.2.1. Indicadores de impacto y de cambio climático

En la Tabla V.3 se presenta la lista de los indicadores de impacto seleccionados para el proyecto de acuerdo con sus características de representatividad, relevancia y por ser excluyentes, cuantificables y de fácil identificación, por etapa del proyecto.

Tabla V.3.- Indicadores de impacto ambiental.

COMPONENTE DEL MEDIO	INDICADORES DE IMPACTO
Agua	Calidad marina
	Calidad superficial
	Calidad subterránea
Atmósfera	Emisiones de NOx
	Emisiones CO ₂
	Ruido - intensidad y duración
Suelo	Compactación
	Erosión
	Contaminación

COMPONENTE DEL MEDIO	INDICADORES DE IMPACTO
	Uso de suelo
Flora	Índice de diversidad.
	Biomasa.
	Abundancia.
Fauna	Índice de diversidad.
	Biomasa.
	Abundancia.
Socioeconómico	Paisaje
	Empleo
	Servicios
	Patrimonio

La relación de indicadores según los distintos componentes del ambiente se dividió en 3 grupos (Medio físico, medio biótico, medio socioeconómico), mismos que se presentan en la Tabla V.4.

Tabla V.4.- Lista indicativa de indicadores de impacto

FACTORES	COMPONENTES	DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE
Medio físico		
Suelo	Compactación	Referido a los cambios sustanciales en el relieve y las formas externas del terreno que pudieran representar una afectación directa o indirecta a componentes ambientales de la zona.
	Erosión	
	Contaminación	
	Uso de suelo	
Agua	Calidad marina	Se refiere al impacto negativo que podrían causar las obras y actividades a cuerpos de agua directa o indirectamente, formación de azolves durante el despalme, excavación y/o derrames accidentales de sustancias peligrosas.
	Calidad superficial	
	Calidad subterránea	
Aire	Emisiones NOx	Debido al desarrollo de las actividades y el uso de maquinaria se generan partículas, monóxido y bióxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos.
	Emisiones CO ₂	
	Ruidos – intensidad y duración	
Medio biótico		

Tabla V.4.- Lista indicativa de indicadores de impacto

FACTORES	COMPONENTES	DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE
Flora	Índice de diversidad	Referido al impacto debido al despalme y derribo de árboles en el sitio de la obra, así como ejemplares no rescatados previo a la colocación de roca en el fondo marino, incluyendo los piedrapelens temporales.
	Biomasa	Referido al impacto debido al despalme y derribo de árboles en el sitio de la obra, así como ejemplares no rescatados previo a la colocación de roca en el fondo marino, aunque el impacto puede ser mitigable por las actividades de reforestación.
	Abundancia	Referido al impacto debido al despalme y derribo de árboles en el sitio de la obra, así como ejemplares no rescatados previo a la colocación de roca en el fondo marino, el impacto puede ser mitigable por las actividades de reforestación y reubicación de trozos de coral dañado en la roca que formara el arrecife artificial.
Fauna	Índice de diversidad	<p>La remoción de vegetación afecta el hábitat de especies animales terrestres. Lo que a su vez reduce los sitios de protección y alimentación, ocasionando también el desplazamiento obligado de individuos a nuevas zonas de anidamiento, provocando la segmentación de especies.</p> <p>Las actividades previas identificarán la presencia de organismos sésiles en el área de colocación de roca, para ser reubicados.</p> <p>Es de considerar que el proyecto se desarrolla en una zona previamente impactada por fenómenos naturales. Reduciéndose al mínimo los sitios de anidación y resguardo.</p>
	Biomasa	
	Abundancia	
Medio socioeconómico		
Paisaje	Cualidades estético-paisajistas	Se refiere a la modificación del paisaje (geomorfología, vegetación) por la construcción del proyecto.
Sociales y Económicos	Uso de maquinaria y equipo requerido	Se refiere a la comercialización de combustibles, grasas y aceites, aunque de manera temporal.
	Empleo	Debido a que se requerirá contratar personal para llevar a cabo las actividades del proyecto, habrá un impacto benéfico, temporal y local; se espera una derrama económica en los poblados colindantes a la zona.
	Servicios	
	Patrimonio	

Criterios y metodologías de evaluación

Para la evaluación de impacto ambiental de este proyecto se consideraron cuatro fases:

La primera fase correspondió a la elaboración de una lista de chequeo en la cual se tomaron en cuenta todas aquellas actividades necesarias para el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas, las cuales pudieran ser posibles fuentes de cambio y/o afectación al medio ambiente.

La segunda fase consistió en identificar las interacciones ambientales a través de un modelo de tipo matricial, con el propósito de determinar las actividades del proyecto que intercalan con los factores ambientales en el sitio seleccionado y que puedan resultar en interacciones adversas o positivas.

La tercera fase determinó el grado o evaluación de los impactos generados por las actividades propias de cada etapa del proyecto en cuestión, sobre los elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos a través de un análisis cuantitativo de criterios relevantes que contemplará la Extensión del efecto (E), la Duración de la acción (D), la Continuidad (Co), la Reversibilidad del impacto (R), la Certidumbre (C), Intensidad del impacto (I) y si este impacto tendrá posibilidad de mitigarse (M).

La cuarta fase describe los impactos identificados, donde se señala el grado de deterioro producido sobre los factores del ambiente.

Para cubrir estas fases se llevan a cabo diversas técnicas como son: recopilación de información, afine y análisis de la misma, adopción de metodologías propias para la evaluación del impacto ambiental, verificación en campo, donde se definen los parámetros ambientales y actividades del proyecto que influyen sobre los anteriores; todo este proceso se desarrolla sobre la base de un equipo interdisciplinario, relacionado con las especialidades requeridas para este proyecto, tales como ingeniería civil (interpretación del proyecto enfocado a vías de comunicación), biología, geografía y otros profesionistas que en menor o mayor grado se involucran en este tipo de estudios, con el objetivo de definir el escenario ambiental del sitio antes y después del proyecto.

El anterior proceso analítico permite aportar elementos que contribuyan a la toma de decisiones en la mitigación y/o atenuación de los impactos adversos detectados.

Criterios

Para complementar la aplicación de la matriz de Leopold modificada se adaptó el método de criterios relevantes integrados a las características del proyecto, el cual apunta a la valoración de los impactos ambientales según distintos criterios que se consideran relevantes para caracterizar el impacto. El método considera que cada impacto se debe caracterizar según los siguientes criterios:

- a) Naturaleza del impacto (benéfico o adverso). La naturaleza del impacto se determinó con el siguiente criterio (Ver Matriz V.1):

IMPACTOS POSITIVOS (+).- Aquellos que tienen beneficios a los factores o componentes ambientales determinados

IMPACTOS ADVERSOS (-).- Aquellos que afectan negativamente a los factores o componentes ambientales determinados

- b) Magnitud. La magnitud del impacto se calculó con base en la siguiente fórmula (Ver Matriz V.2).

$$MI = \frac{1}{63} (E + D + C_o + R + C + M + I)$$

Dónde:

- ⊕ 63 corresponde a la valoración máxima en el caso de que todos los criterios sean valorados con 9. Se señala 1/63 a fin de que la ponderación no rebase la unidad.
- ⊕ Extensión del efecto (E): tamaño de la superficie afectada por una determinada acción.
- ⊕ Duración de la acción (D): período durante el cual se estará llevando a cabo una acción particular.
- ⊕ Continuidad del efecto (Co): frecuencia con la cual se produce determinado efecto o presencia del mismo en relación con el período que abarca la acción que lo provoca.
- ⊕ Reversibilidad del impacto (R): posibilidad de que el factor afectado pueda volver naturalmente a su estado original, una vez producido el impacto y suspendida la acción causal.
- ⊕ Certidumbre (C): grado de probabilidad de que ocurra el impacto.
- ⊕ Susceptibilidad de medidas de mitigación (M): capacidad que existe para aplicar medidas correctivas a un determinado impacto.
- ⊕ Intensidad del impacto (I): nivel de aproximación a los límites permisibles en las Normas Oficiales Mexicanas cuando esto aplique, o en su defecto, la proporción del stock o de las existencias del componente ambiental afectado en el área de estudio que son afectadas por el impacto.

La duración, reversibilidad y susceptibilidad de mitigación se estimó mediante los criterios señalados en el Cuadro V.1.

Cuadro V.1.- Criterios de evaluación.

Extensión del efecto E)	Puntual, afectación directa en el sitio donde se ejecuta la acción, hasta el límite del predio.	Local, si el efecto ocurre entre el límite del predio, y el límite del área de influencia.	Regional, el efecto se manifiesta a más del límite del área de influencia y el límite del sistema ambiental regional.
Valor asignado	3	6	9
Duración de la acción (D)	Corta, cuando la actividad dura menos de 1 mes.	Mediana, la acción dura más de 1 mes y menos de 1 año	Larga, la actividad dura más de 1 año.
Valor asignado	3	6	9
Continuidad del efecto (Co)	Ocasional, el efecto puede ocurrir incidentalmente en los ciclos de tiempo que dura una acción intermitente y existen medidas para evitar que la interacción suceda; ocurre una sola vez.	Temporal, el efecto se produce de vez en cuando (incidental) en los ciclos de tiempo que dura una acción intermitente.	Permanente, el efecto se produce al mismo tiempo que ocurre la acción, pero ésta se lleva a cabo de forma continua, intermitente y/o frecuente
Valor asignado	3	6	9
Reversibilidad del impacto R)	A corto plazo, la tensión puede ser revertida por las actuales condiciones del sistema en un periodo de tiempo relativamente corto, menos de un año.	A mediano plazo, el impacto puede ser revertido por las condiciones naturales del sistema, pero el efecto permanece de 1 a 2 años.	A largo plazo, el impacto podrá ser revertido natural mente en un periodo mayor a dos años.
Valor asignado	3	6	9
Certidumbre C)	Poco probable, la probabilidad de ocurrencia de determinada afectación puede ocurrir bajo condiciones extraordinarias o imprevistas.	Probable, cuando la actividad implica riesgos potenciales, aunque el efecto podría variar dependiendo de las condiciones del Proyecto o del ambiente.	Muy probable, cuando la probabilidad de ocurrencia de impacto es casi segura, determinada por la experiencia en otros proyectos del mismo giro
Valor asignado	3	6	9
Susceptibilidad de medidas de mitigación (M)	Factibilidad alta, remediable mediante la aplicación de ciertas actividades para contrarrestar en gran medida el impacto identificado.	Factibilidad media, implica la ejecución de determinadas actividades para remediar el impacto, con cierta incertidumbre de éxito.	Factibilidad baja, la potencialidad de remediar el impacto ambiental es de nula a baja.
Valor asignado	3	6	9
Intensidad de impacto (I)	Mínima, si los valores de la afectación son menores al 50% del límite permisible por la normativa aplicable, o si las existencias afectadas son menores al 24% del total disponible en el área de estudio.	Moderada, cuando la afectación alcanza valores equivalentes a más de 50% respecto al límite permisible, o si son afectadas entre 25-49% de las existencias.	Alta, cuando la afectación rebasa los valores permisibles indicados en la NOM aplicable, o si la afectación es igual o superior a 50% de las existencias de la región.
Valor asignado	3	6	9

Las categorías de la magnitud del impacto son las que se muestran en el Cuadro V.2.

Cuadro V.2.- Magnitud y categoría de impactos

Categoría	Intervalo de valores
Bajo	0.33 a 0.56
Relevante	0.57 a 0.78
Significativo	Mayor a 0.79 y hasta 1

- ⊕ Los impactos bajos son aquellos que no tendrán repercusión en el ambiente ni en tiempo y presentan una afectación puntual durante un periodo de tiempo corto.
- ⊕ Los impactos relevantes pueden ser subsanados mediante la aplicación de las medidas de mitigación generales aplicables a la construcción.
- ⊕ Los impactos significativos son de mayor amplitud y representan un riesgo para los factores susceptible, debiendo poner especial cuidado en la propuesta de medidas de mitigación de éstos.

V.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

Para la evaluación de los impactos ambientales se han desarrollado diversas metodologías con propósitos específicos. Entre las más conocidas, se encuentra la Matriz de Leopold, que fue desarrollada para la identificación de impactos de proyectos de construcción y permite estimar la importancia de los impactos detectados. Esta matriz emplea una lista de acciones y una lista de componentes ambientales o indicadores de impacto que permiten construir una tabla de doble entrada que se utiliza para identificar posibles relaciones de causa y efecto.

Es un método muy utilizado y adaptable a distintas situaciones ambientales y tipos de proyectos, que permite una cierta cuantificación y que, por su sencillez, tiene una buena capacidad para comunicar los resultados obtenidos. Las matrices permiten identificar las relaciones causa-efecto de tipo directo, relacionando cada acción con los distintos componentes ambientales, y permiten sintetizar y comparar ya sea en forma parcial (i.e., por acción) o global (por alternativa de proyecto) las consecuencias ambientales de los proyectos.

Con base en lo anterior y las dimensiones del proyecto, los elementos y estructuras que componen el proyecto además de las condiciones medio ambientales, se cuentan con los elementos suficientes para determinar que una matriz de *efectos x indicadores*, conocida comúnmente como "Matriz modificada de Leopold" será útil para evaluar los posibles impactos ambientales (Gómez 2003). Las interacciones entre los componentes del sistema ambiental y las actividades del proyecto se definirán como positivas (+) cuando existan beneficios relativos al componente o factor del sistema. Por el contrario, se definirán como adversas (-) cuando existan cambios deletéreos como la reducción de la biomasa vegetal o

alteraciones en la estructura vegetal o en alguna otra característica de otros componentes abióticos y bióticos del sistema. En caso de encontrar algunas interacciones adversas se aplicará un segundo análisis cualitativo y cuantitativo, donde, como se explicó en el apartado "*Criterios*" se valorarán los impactos a través de un análisis de criterios relevantes que contemplará la extensión del efecto (E), la duración de la acción (D), la continuidad (Co), la Reversibilidad del impacto (R), la certidumbre (C), intensidad del impacto (I) y si este impacto tendrá posibilidad de mitigarse (M).

En la Matriz V.1 se muestran los resultados de la matriz modificada de Leopold, los impactos ambientales identificados generales se enlistarán e interpretarán más adelante.

Matriz V.1.- Matriz modificada de Leopold, donde se muestran las interacciones adversas (color naranja) y las interacciones positivas (color verde) que se identificado como asociadas al proyecto.

ETAPAS Y ACCIONES		PREPARACIÓN DEL SITIO			CONSTRUCCIÓN								OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
FACTORES	COMPONENTES	Despalme	Contratación y presencia de personal	Generación de residuos	Colocación de geotextil	Instalación de piedraplan	Colocación de cascab (material calizo)	Instalación de roca para arrecifes artificiales	Operación de maquinaria y equipo	Retiro de piedraplen	Retiro de cascab y geotextil	Contratación y presencia de personal	Generación de residuos	Reubicación de coral fragmentado en oquedades	Reforestación de camino temporal
SUELO	Compactación	1			2	3	4	5	6	7	8				
	Erosión	9			10		11								12
	Estructura (Relieve del fondo marino)	13	14	15		16		17	18	19			20		
	Uso de suelo	21			22		23								24
AGUA	Calidad marina					25		26	27	28		29	30	31	
	Calidad superficial	32	33	34	35				36	37	38	39	40		41
AIRE	Emisiones de NOx	42				43			44	45					
	Emisiones CO2	46				47			48	49					
	Ruidos - intensidad y duración	50	51		52	53	54	55	56	57	58	59			60
FLORA	Índice de diversidad	61				62		63							64
	Biomasa	65				66		67							68
	Abundancia	69				70		71							72
FAUNA	Índice de diversidad	73				74		75						76	77
	Biomasa	78				79		80						81	82
	Abundancia	83				84		85						86	87
PAISAJE	Cualidades estético-paisajistas	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101
SOCIAL	Uso de maquinaria y equipo														
	Empleo		102						103	104		105		106	107
	Servicios		108						109	110		111		112	113
	Patrimonio							114						115	116

Impacto adverso Impacto positivo

Posteriormente, una vez identificadas las interacciones adversas y positivas que causará el proyecto se calculó para cada interacción la categoría de magnitud de impactos donde, en cada caso, se evaluó la Extensión del efecto, Duración, Continuidad, Reversibilidad, Certidumbre, susceptibilidad e Intensidad del impacto, los resultados se presentan en la Tabla 3. Magnitud del impacto. El número de identificación de la interacción se tomó de la matriz modificada de Leopold (Matriz V.1).

Tabla 3.- Magnitud del impacto

Interacción	Extensión del efecto (E)	Duración de la acción (D)	Continuidad del efecto (Co)	Reversibilidad del impacto (R)	Certidumbre (C)	Susceptibilidad de medidas (M)	Intensidad del Impacto (I)	Magnitud del Impacto (MI)	Categoría del impacto
1	3	6	3	3	3	3	3	0.38	BAJO
2	3	6	3	3	3	3	3	0.38	BAJO
3	3	6	3	3	3	3	3	0.38	BAJO
4	3	6	3	3	3	3	3	0.38	BAJO
5	3	3	3	6	6	6	3	0.48	BAJO
6	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
7	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
8	3	3	3	6	6	3	3	0.43	BAJO
9	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
10	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
11	3	6	6	3	6	3	3	0.48	BAJO
12	3	9	6	6	9	3	3	0.62	RELEVANTE
13	3	3	3	3	3	3	3	0.33	BAJO
14	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO
15	3	6	3	3	3	6	3	0.43	BAJO
16	3	3	6	3	9	6	3	0.52	BAJO
17	6	6	9	6	9	6	9	0.81	SIGNIFICATIVO
18	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
19	6	6	3	3	3	3	3	0.43	BAJO
20	6	6	3	3	3	3	3	0.43	BAJO
21	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO

Interacción	Extensión del efecto (E)	Duración de la acción (D)	Continuidad del efecto (Co)	Reversibilidad del impacto (R)	Certidumbre (C)	Susceptibilidad de medidas (M)	Intensidad del Impacto (I)	Magnitud del Impacto (MI)	Categoría del impacto
22	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
23	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
24	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
25	6	6	3	3	6	6	3	0.52	BAJO
26	6	6	3	3	6	6	3	0.52	BAJO
27	6	6	3	3	6	6	3	0.52	BAJO
28	6	6	3	3	6	6	3	0.52	BAJO
29	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO
30	6	6	3	3	3	3	3	0.43	BAJO
31	3	9	6	6	6	3	6	0.62	RELEVANTE
32	3	6	3	3	3	3	3	0.38	BAJO
33	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO
34	3	6	3	3	3	6	3	0.43	BAJO
35	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
36	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
37	3	3	3	6	6	3	3	0.43	BAJO
38	3	3	3	6	6	3	3	0.43	BAJO
39	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO
40	6	6	3	3	3	3	3	0.43	BAJO
41	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
42	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
43	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
44	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
45	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
46	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
47	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
48	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
49	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO

Interacción	Extensión del efecto (E)	Duración de la acción (D)	Continuidad del efecto (Co)	Reversibilidad del impacto (R)	Certidumbre (C)	Susceptibilidad de medidas (M)	Intensidad del Impacto (I)	Magnitud del Impacto (MI)	Categoría del impacto
50	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
51	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO
52	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
53	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
54	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
55	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
56	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
57	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
58	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
59	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO
60	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
61	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
62	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
63	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
64	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
65	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
66	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
67	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
68	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
69	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
70	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
71	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
72	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
73	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
74	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
75	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
76	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
77	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE

Interacción	Extensión del efecto (E)	Duración de la acción (D)	Continuidad del efecto (Co)	Reversibilidad del impacto (R)	Certidumbre (C)	Susceptibilidad de medidas (M)	Intensidad del Impacto (I)	Magnitud del Impacto (MI)	Categoría del impacto
78	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
79	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
80	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
81	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
82	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
83	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
84	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
85	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
86	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
87	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
88	3	6	6	6	6	3	3	0.52	BAJO
89	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO
90	3	6	3	3	3	6	3	0.43	BAJO
91	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
92	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
93	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
94	3	6	6	3	3	3	3	0.43	BAJO
95	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
96	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
97	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
98	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO
99	6	6	3	3	3	3	3	0.43	BAJO
100	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
101	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
102	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO
103	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
104	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
105	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO

Interacción	Extensión del efecto (E)	Duración de la acción (D)	Continuidad del efecto (Co)	Reversibilidad del impacto (R)	Certidumbre (C)	Susceptibilidad de medidas (M)	Intensidad del Impacto (I)	Magnitud del Impacto (MI)	Categoría del impacto
106	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
107	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
108	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO
109	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
110	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
111	3	6	3	6	6	6	3	0.52	BAJO
112	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
113	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
114	6	6	6	3	3	3	3	0.48	BAJO
115	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE
116	3	6	6	9	6	9	6	0.71	RELEVANTE

* Las casillas marcadas con color verde, corresponde a impactos benéficos.

Matriz 2.- Matriz de interacción de magnitud de impactos. Casillas en color amarillo representan las interacciones adversas de Magnitud Baja (B), casillas en color naranja muestran las interacciones negativas de Magnitud Mediana (R), Casillas en color rojo interacciones adversas de Magnitud Alta (S). En color verde interacciones positivas de Magnitud Baja (Bp), en color azul las interacciones positivas de Magnitud Moderada (Rp) y en color morado interacciones positivas de tipo significativas (Sp).

ETAPAS Y ACCIONES		PREPARACIÓN DEL SITIO			CONSTRUCCIÓN								OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
FACTORES	COMPONENTES	Despalme	Contratación y presencia de personal	Generación de residuos	Colocación de geotextil	Instalación de piedraplan	Colocación de sascab (material calizo)	Instalación de roca para arrecifes artificiales	Operación de maquinaria y equipo	Retiro de piedraplen	Retiro de sascab y geotextil	Contratación y presencia de personal	Generación de residuos	Reubicación de coral fragmentado en oquedades	Reforestación de camino temporal
SUELO	Compactación	B1			B2	B3	B4	B5	B6	Bp7	B8				
	Erosión	B9			Bp10		Bp11								Rp12
	Estructura (Relieve)	B13	B14	B15		B16		S17	B18	B19			B20		
	Uso de suelo	B21			B22		B23								Rp24
AGUA	Calidad marina					B25		B26	B27	B28		B29	B30	Rp31	
	Calidad superficial	B32	B33	B34	B35				B36	B37	B38	B39	B40		Rp41
AIRE	Emisiones de NOx	B42				B43			B44	B45					
	Emisiones CO2	B46				B47			B48	B49					
	Ruidos - intensidad y duración	B50	B51		B52	B53	B54	B55	B56	B57	B58	B59			Bp60
FLORA	Indice de diversidad	B61				B62		B63							Rp64
	Biomasa	B65				B66		B67							Rp68
	Abundancia	B69				B70		B71							Rp72
FAUNA	Indice de diversidad	B73				B74		B75						Rp76	Rp77
	Biomasa	B78				B79		B80						Rp81	Rp82
	Abundancia	B83				B84		B85						Rp86	Rp87
PAISAJE	Cualidades estético-paisajistas	B88	B89	B90	B91	B92	B93	B94	B95	B96	B97	B98	B99	Rp100	Rp101
SOCIAL	Uso de maquinaria y equipo														
	Empleo		Bp102						Bp103	Bp104		Bp105		Rp106	Rp107
	Servicios		Bp108						Bp109	Bp110		Bp111		Rp112	Rp113
	Patrimonio							Bp114						Rp115	Rp116

Con base en los resultados de la matriz modificada de Leopold se identificaron 116 interacciones posibles entre los componentes ambientales y las actividades del proyecto, de las cuales 82 corresponden a efectos adversos y 34 a la generación de impactos positivos. De estas afectaciones (82), 81 interacciones han sido evaluadas como de tipo Bajo y sólo una como de categoría Significativa, ver Tabla 4.

Tabla 4.- Distribución de los impactos adversos y positivos que generará el proyecto en sus diferentes etapas

ETAPA DEL PROYECTO	IMPACTOS ADVERSOS	%	IMPACTOS POSITIVOS	%
Preparación	22	26.83	2	5.88
Construcción	60	73.17	10	29.41
Operación y Mantenimiento	0	0.00	22	64.71
TOTAL	82	100.00	34	100.00

Como ya se ha mencionado, solo una interacción resulto evaluada como adversa significativa y corresponde al hecho de la posible alteración de la calidad de fondo marino, el resto de las interacciones adversas o adversas fueron evaluadas como de BAJO impacto.

De acuerdo con la evaluación, los impactos adversos, en su mayor parte se generarán durante la etapa de construcción.

Se desprende de evaluación que el impactos significativos del proyecto, por sus repercusiones sobre el ambiente es:

Tabla 5.- Impactos significativos.

INTERACCIÓN Componente Ambiental/ Actividad del proyecto	Impacto	Resultado de la Evaluación
Instalación de roca para formar arrecifes artificiales	Modificación permanente del relieve marino (estructura)	SIGNIFICATIVO (S17)

V.4.- IMPACTOS RESIDUALES

Considerando que el proyecto pretende la instalación de estructuras artificiales que traigan como resultado la restauración del área la cual se ha visto afectada por fenómenos climatológicos extremos, que han modificado severamente áreas para la reproducción, crianza y desarrollo larval de diversas especies marinas; y que estas no se ubican dentro de rutas mercantes, a profundidades adecuadas que no interfieran con la navegación de de

embarcaciones deportivas o recreativas, cuya distribución entre ellas, no represente una barrera submarina para modificar corrientes o sedimentos, si bien afectarán la morfología del fondo marino; los impactos estimados por el desarrollo del proyecto con su ubicación, dimensiones y características no prevén impactos residuales que puedan generar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones establecidas por disposiciones jurídicas referentes a la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, además que los efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados, podrán ser mitigados y/o compensados con las medidas preventivas, de mitigación y compensación señaladas en los incisos correspondientes, con el fin de minimizar o evitar los efectos adversos sobre el sistema ambiental regional del proyecto.

Los posibles efectos residuales se estiman relacionados con el restablecimiento de comunidades coralinas en el arrecife artificial, y a la vez la creación de una zona de calma, protegida del intenso oleaje, en la caleta Chac-hal-al. En ambos casos se espera se desarrolle un hábitat que contribuya con el mejoramiento y restablecimiento de especies de flora y fauna marina, y se contribuya a mantener o incluso incrementar la biodiversidad del sitio.

V.5. IMPACTOS ACUMULATIVOS.

Los impactos identificados como acumulativos que se relaciona al proyecto incluyen:

Impacto al suelo – erosión. Ocasionado por las actividades de preparación del sitio y construcción sobre el área que ocupara el camino temporal así como el área de almacenamiento temporal. Impacto puntual y temporal, que al aplicarse medidas de restauración como limpieza y reforestación, puede ser revertido.

Impacto a la Fauna – biomasa. Las actividades de preparación del sitio y construcción, ahuyentaran por la sola presencia de personal al principio, la fauna presente en la zona, incluso durante la preparación del sitio, la fauna se desplazara a sitios menos perturbados y donde estarán a resguardo. Al concluir las actividades, y conforme vaya pasando el tiempo y se consolide la reforestación es muy probable el repoblamiento faunístico del sitio. En la zona marina, al reubicar trozos de coral fragmentado por los eventos naturales (ciclones y tormentas) sobre la superficie de la roca colocada a manera de arrecife artificial, favorecerá el desarrollo de este tipo de organismos y como consecuencia, el aumento de sitios de protección para otro tipo de organismos (asociados a arrecifes de coral). Aumentando Biodiversidad y biomasa en la zona.

Impactos en el paisaje e impactos visuales. En el desarrollo existen otros proyectos de características similares al aquí expuesto. Los cuales, en conjunto, modificarán de forma permanente el paisaje natural que ahora caracteriza al área del proyecto. Pero para este caso en particular, el paisaje actual zona rocosa a simple vista, cambiara paulatinamente al generar condiciones que frenen la erosión de la playa. Elementos puntuales y temporales que reducen la calidad, son la presencia de maquinaria y equipo. Una vez concluidas las actividades, serán retiradas y se restaurará el área ocupada por éstas.

Socioeconómicos – servicios. El establecimiento del arrecife artificial genera condiciones para el desarrollo de ecoturismo, el cual se apegara a las normas y reglamentos con que cuenta Puerto Aventuras, a fin de que dichas actividades sean lo más amigables al medio ambiente, siempre a favor de la naturaleza.

Socioeconómicos – empleo. Las actividades de preparación del sitio y construcción, generan empleos temporales, la plantilla propuesta no rebasa 10 empleos diarios. La mayoría de estos será personal con el que cuenta Puerto Aventuras y contratando mano de obra especializada en Playa del Carmen y/o Tulum. Impacto de carácter benéfico.

Socioeconómicos – patrimonio. La restauración y generación de arrecifes artificiales, favorece las políticas de conservación de los instrumentos de ordenamiento ecológico en la zona. Por lo que la actividad propuesta es considerada benéfica.

La actividad biológica en las estructura arrecifales artificiales, se estima se desarrollen y formen nuevos hábitats que contribuyan con el mejoramiento y restablecimiento de esta zona, a su vez manteniendo y/o incrementando la biodiversidad local, cuyo efecto será de corto, mediano y largo plazo.

V.6 CONCLUSIONES

A partir de la evaluación de los impactos ambientales que generará el proyecto sobre los componentes del medio que integran el sistema ambiental regional, se concluye que este es un proyecto atípico ya que no se generaran impactos por el aprovechamiento de superficie terrestre, las actividades se realizaran en la porción marina, la que se encuentra fuertemente alterada por el paso de ciclones y tormentas, que han fragmentado severamente las estructuras arrecifales naturales presentes en la zona; el proyecto arrecife artificial de carbonato de calcio no incorpora en el ambiente sustancias ajenas al medio, pues empleará roca caliza del mismo origen que la del sitio donde se formarán los cuerpos arrecifales, y será favorecedor del establecimiento de comunidades coralinas y otras sucesionales. En esencia, con el proyecto prevalecen los impactos positivos sobre los adversos, los cuales son mitigables.



VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

VI.1. DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE LA MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL

Después de analizados y evaluados los impactos ambientales generados en el proyecto, se establecen las medidas preventivas, de mitigación y de compensación, que corresponden mismas que tienen como objetivo fundamental, la minimización del efecto de los impactos asociados al proyecto Arrecife artificial de carbonato de calcio.

Derivado de la evaluación de los impactos y de acuerdo con el procedimiento de evaluación desarrollado, se eliminaron del proceso las acciones y algunos de los impactos irrelevantes o bajos, es por esto que genéricamente se presentan medidas de prevención, control, mitigación, o compensación, independientemente de la valoración del impacto, ya que se busca la protección del ambiente a través de la minimización de los posibles efectos asociados a los impactos ambientales del proyecto.

Es de destacarse que, debido a la naturaleza del proyecto, durante la etapa de operación no se generarán residuos de ningún tipo, ni se requerirán recursos energéticos. El proyecto tiene como finalidad restaurar las condiciones medioambientales alteradas como consecuencia de los fenómenos hidrometeorológicos recientes, generando las condiciones para formar una zona de calma en la caleta Chac-hal-al.

El planteamiento de las medidas de mitigación enfatiza en aquellos impactos y actividades que resultaron con una mayor evaluación en la matriz de relevancia, siendo éste el principal criterio de ponderación de las medidas propuestas, así como la consideración de los componentes ambientales del sitio identificados como moderados a altos (Tabla VI.1).

Tabla VI.1.- Medidas preventivas por aplicarse en el proyecto.

ETAPA DEL PROYECTO O ACTIVIDAD	IMPACTO EN EL MEDIO	MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O COMPENSACIÓN A EFECTUAR
PREPARACIÓN DEL SITIO		
Instalación o colocación de roca para la formación de arrecifes artificiales	MODIFICACIÓN PERMANENTE DEL RELIEVE MARINO PROXIMO A LA LINEA DE COSTA (Y SUS CONSECUENCIAS)	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Colocación de cortinas antidispersión que evitarán que los residuos finos que se desprendan al colocar las rocas se dispersen y salgan del área de trabajo. ⊕ Colecta de ejemplares fragmentados de coral, que se encuentran en áreas cercanas, dañados por fenómenos naturales, para colocarlos en oquedades que tenga la roca

ETAPA DEL PROYECTO O ACTIVIDAD	IMPACTO EN EL MEDIO	MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O COMPENSACIÓN A EFECTUAR
		<p>instalada y favorecer la formación de arrecife artificial.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Antes de transportar la roca al sitio de colocación, realizar en la roca con apoyo de taladros, huecos para colocar en ellos ejemplares de coral que permitan la formación de un arrecife coralino. ⊕ Realizar las actividades de colocación de roca con la mayor precaución posible, a fin de evitar el daño de flora o fauna marina más allá del sitio del proyecto, por lo que previo a la colocación de cada roca, los buzos revisaran el área para alejar y/o rescatar ejemplares vivos presentes. ⊕ Las actividades de colocación de los arrecifes modulares artificiales se llevarán a cabo a partir de las 8:30 am, ya que durante los trabajos de campo se detectó que la mayor presencia de fauna marina se aprecia antes de este horario es decir de 6 a 8 am. Y posterior a esta hora se reduce la presencia de especies, en afán de afectar lo menos posible a dichas especies se realizan las actividades a partir de las 8:30 am ⊕ No se dejarán herramientas en la playa, ni en la zona de trabajo e instalación de los arrecifes artificiales. ⊕ Se colocarán depósitos de residuos sólidos urbanos en los sitios A y B de almacenamiento temporal de roca. ⊕ Se prohibirá arrojar basura en la costa o zona marina. ⊕ Se mantendrá constante vigilancia y monitoreo de las condiciones de la costa, se deberán llevar a cabo monitoreo para medir la erosión y acreción de las playas en la zonas de influencia del proyecto y determinar acciones a realizar en caso de que las afectaciones sean mayores a las previstas en los modelos realizados. ⊕ Se realizarán análisis periódicos para monitorear las condiciones fisicoquímicas del agua.

Adicionalmente la Tabla VI.2 señala las medidas necesarias para que no se generen condiciones que permitan o favorezcan que los impactos irrelevantes o bajos adquieran mayor magnitud.

Tabla VI.2.- Medidas preventivas para impactos irrelevantes, por aplicarse en el proyecto.

ETAPA DEL PROYECTO O ACTIVIDAD	IMPACTO EN EL MEDIO	MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O COMPENSACIÓN A EFECTUAR
ACONDICIONAMIENTO DE CAMINOS TEMPORAL AL SITIO A	AFECCIÓN A LA PALMA CHIT (<i>Thrinax radiata</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Se trata de una especie con estatus de protección amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que serán marcadas, banqueadas, retiradas y conducidas al vivero de Puerto Aventuras, donde se mantendrán para ser reforestadas en el lugar de donde fueron extraídas. Las que no sobrevivan, serán sustituidas por ejemplares de la misma especie producidos en el vivero, de forma tal que una vez concluido el uso del camino, sea restituido a una condición similar a la que presentada previamente.
RETIRO DE RESIDUOS PRESENTES EN LA COSTA	GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Retiro de residuos que se encuentren en la costa del sitio del proyecto. ⊕ Se prohibirá arrojar basura en la costa o en la zona marina. ⊕ Se seleccionará y separarán los materiales obtenidos y se dispondrán según su clasificación. ⊕ Se prohibirá la quema de residuos sólidos en el área de estudio y en zonas aledañas.
AGUAS RESIDUALES	GENERACIÓN DE AGUAS NEGRAS DOMÉSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Se generarán aguas residuales únicamente en la etapa de preparación y construcción del sitio, y serán retiradas periódicamente por la empresa arrendadora de los baños portátiles. ⊕ Durante la etapa de operación y mantenimiento no se generarán aguas residuales.
CONTRATACIÓN DE PERSONAL	RESIDUOS SÓLIDOS POR CONSUMO DE PRODUCTOS	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Se colocarán depósitos de basura en los depósitos temporales de roca A y B. ⊕ Se prohibirá arrojar basura en la costa o zona marina. ⊕ Se seleccionará y separarán los residuos producidos para disponerlos de forma adecuada. ⊕ Se contratará personal de la zona para apoyar la economía local.
CONSTRUCCIÓN (INSTALACION DE ARRECIFE ARTIFICIAL)		
ACARREO DE PIEZAS Y CONFORMACIÓN DEL ARRECIFE ARTIFICIAL	EMISIÓN DE POLVOS	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Los camiones que transporten cualquier tipo de material, incluyendo las piezas que formarán las estructuras arrecifales artificiales, serán cubiertos

		con lonas para evitar la dispersión de polvos y materiales al aire, durante el recorrido.
	EMISIÓN DE GASES Y PARTÍCULAS	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Utilizar equipos en buen estado y debidamente afinados. ⊕ Deberán cumplir con las Normas NOM-041-SEMARNAT-1996.
	EMISIÓN DE RUIDO	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Se cumplirá con lo dispuesto por la NOM-081-SEMARNAT-1994 y su acuerdo modificatorio. ⊕ Se trabajará en horario diurno y con equipo en óptimas condiciones, no se trabajará en horario nocturno.
	INCREMENTO DE TURBIDEZ	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Se marcan los vértices de los dos cuerpos de Arrecife artificial de carbonato de calcio con GPS de alta precisión y equipo de topografía convencional apoyado con embarcaciones pequeñas y buzos en el agua para instalar boyas que ayuden a visualizar las áreas de desplante. ⊕ A continuación, se colocarán cortinas antidispersión de sedimento que evitarán que los residuos finos de las rocas se dispersen y salgan del área de trabajo, para esto se extenderán cortinas desde la superficie hasta el fondo utilizando flotadores en la superficie y lastres en el fondo a los cuales se harán amarres a cada 10 m, las cortinas antidispersión se moverán para rodear la zona en la que se trabaje. ⊕ La colocación de las cortinas será paralela al eje de cada cuerpo del arrecife artificial y aproximadamente a 5.0 m a cada lado el eje para proporcionar un área de trabajo con espacio suficiente y garantizar la correcta ubicación y el desarrollo de las estructuras arrecifales. ⊕ Las actividades de colocación de los arrecifes artificiales se llevarán a cabo a partir de las 8:30 am, ya que durante los trabajos de campo se detectó que la mayor presencia de fauna marina se aprecia antes de este horario es decir de 06:00 a 08:00 AM.
	GENERACIÓN DE RESIDUOS DE TIPO URBANO	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Se colocarán contenedores de residuos sólidos urbanos en los sitios A y B, de depósito temporal de roca. ⊕ Se prohibirá arrojar basura en la playa o zona marina. ⊕ Se seleccionará y separarán los materiales colectados.

	<p>AFECTACIÓN A LA FLORA Y A LA FAUNA MARINAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ La conformación del arrecife artificial ocupará una muy reducida superficie donde es escasa la flora y fauna marina presente. La superficie de contacto directo del proyecto ha sido minimizada a 1,517 m², con lo que la afectación a la flora y fauna bentónicas. ⊕ Se impartirán pláticas de concientización para el cuidado de todas las especies de flora y fauna que puedan verse comprometidas por el proyecto. ⊕ No se deberán dejar herramientas en la playa, ni en la zona de trabajo e instalación del arrecife artificial. ⊕ Ante una posible falla del equipo de colocación de roca, que implique un derrame de algún hidrocarburo, se procederá de inmediato al control de la falla y se retirará el equipo de la zona marina para ser llevado a reparación. En su caso, se procederá a contener el derrame con barreiras flotantes y será recolectado para ser manejado como residuo peligroso.
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
<p>PRESENCIA DE PERSONAS EN EL ÁREA</p>	<p>INCREMENTO DE PRESIÓN SOBRE EL ECOSISTEMA COSTERO</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Se deberá llevar a cabo un programa continuo de educación ambiental con los trabajadores de las instalaciones para concientizarlos en el cuidado de las diversas especies de flora y fauna acuática que habitan en el área del proyecto. ⊕ Se diseñará y aplicará un programa de monitoreo de las especies coralinas cuyo crecimiento será promovido en las caras del arrecife artificial; con el objeto de conocer el éxito de su implantación y el avance de su desarrollo. ⊕ Quedará prohibido alimentar o molestar a la flora y fauna presente en el lugar del proyecto.

VI.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

En la presente MIA-R se han identificado y evaluado los impactos ambientales que potencialmente inducirá el proyecto en el Sistema Ambiental Regional, y en virtud de que el objetivo de una evaluación de impacto ambiental es prevenir y mitigar los posibles efectos adversos al ambiente en la realización de un proyecto, las medidas propuestas se encuentran orientadas a la atención de la mayoría de los impactos identificados, independientemente de su valoración.

Un programa de vigilancia ambiental (PVA), debe contener el conjunto de las acciones que se realizarán para proteger al ambiente de los efectos de los impactos asociados con la realización de las obras y actividades del proyecto, y un responsable de su aplicación. Con

ello se garantiza el seguimiento y la mejora, en su caso, de las medidas de prevención, mitigación y compensación emanadas de la evaluación de impacto ambiental.

El programa de vigilancia ambiental del proyecto contendrá además la metodología para realizar la gestión ambiental del desarrollo del proyecto, entendida como la conceptualización del conjunto de agentes contenidos en el proyecto susceptibles de alterar las condiciones ambientales previas, así como la aplicación de las medidas de mitigación respecto de estos agentes. El PVA incluirá los mecanismos de registro y verificación del éxito, y en su caso, de las desviaciones que pudiesen presentarse.

Es así que el PVA, además de incluir las medidas de mitigación propuestas en la presente MIA-R, en su oportunidad incorporará las disposiciones de protección ambiental que dicte la autoridad en Términos y en las Condicionantes, de la resolución en materia de evaluación de impacto ambiental que recaiga sobre el proyecto.

El PVA del proyecto Arrecife artificial de carbonato de calcio tendrá por objetivos:

Objetivos:

- ⊕ Organizar y planificar el desarrollo de las obras y actividades del proyecto, con un enfoque ambiental y de sostenibilidad.
- ⊕ Vigilar la ejecución de las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales identificados en cada una de las etapas del proyecto, tanto las contenidas en la MIA-R como en la resolución de impacto ambiental.
- ⊕ Capturar estructuradamente la información que se genere sobre cumplimientos, desviación y correcciones respecto de la aplicación de las medidas de mitigación, así como recopilar las evidencias correspondientes.

VI.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL

Dentro del programa de vigilancia ambiental (PVA) se contempla implementar un subprograma de monitoreo ambiental, en el cual se contempla como herramienta de verificación directa de los aspectos planificados y gestionados en el presente programa y se basa en las siguientes medidas de monitoreo:

1. Inspección periódica del arrecife artificial posteriormente a periodos de oleaje extraordinario. La inspección será documentada con fotos tomadas, siempre desde el mismo ángulo.
2. Señalizar el arrecife artificial con boya u otro aditamento apropiado para el fin, para evitar que embarcaciones colisionen con él.

3.- Inspección semestral para verificar el estado de los corales insertados en las oquedades del arrecife artificial, con el fin de aplicar medidas correctoras inmediatas en áreas donde el coral insertado se haya desprendido. Documentar con detalle estas situaciones.

4.- Verificar que en los caminos temporales, los ejemplares que se sembraron para reforestar hayan arraigado. En su caso, restituir los ejemplares necesarios. Documentar en bitácora estas situaciones, y comparar contra los registros iniciales de reforestación.

5.- Inspeccionar detalladamente las áreas utilizadas para almacenamiento temporal, y las ocupadas por los piedraplenes para verificar que no haya quedado en ellas ningún elemento ajeno a la costa.

También se debe de verificar con todo detalle:

A. El cumplimiento de todas las obligaciones ambientales del proyecto en sus diversas etapas de implementación incluyendo: a) Los términos y condicionantes ambientales que la SEMARNAT imponga en la resolución correspondiente en caso de ser afirmativa; y b) La legislación y normatividad ambiental aplicable.

B. El cumplimiento de todas y cada una de las medidas de mitigación, prevención y/o compensación propuestas en la presente MIA-R, y que de manera voluntaria se han diseñado a fin de atenuar los posibles impactos adversos ambientales que pudieran generarse durante el desarrollo del proyecto.

C. La integración de la información y las comprobaciones documentales necesarias para informar según lo establezca la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), sobre el cumplimiento de las obligaciones ambientales.

Programa de siembra y seguimiento de coral en el arrecife artificial de carbonato de calcio.

Colecta y tratamiento de material parental

Las colonias arrecifales suelen romperse durante las tormentas y marejadas. A estos pequeños trozos se les denomina *fragmentos de coral de oportunidad* que representan colonias parentales potenciales. La colecta del material de propagación se realizará, mediante esnórquel o buceo autónomo, después de la presencia de nortes y marejadas en las zonas arrecifales próximas. Por ninguna razón se admitirán corales fragmentados deliberadamente para surtir material a este proyecto.

Los fragmentos de oportunidad serán seleccionados tomando, únicamente aquellos que muestren una buena condición aparente, que estén libres de enfermedades, algas o esponjas incrustantes, que se encuentren en libre movimiento en el sustrato y, por lo tanto, con menores posibilidades de sobrevivir y estabilizarse. Los corales fragmento recuperados

serán reducidos a pedazos menores, de entre 5 y 7 cm², utilizando martillo y cincel y la base, para su inserción, será recortada con pinzas para azulejo. Los fragmentos se fijan a la roca con cinchos plásticos o resina epóxica t.

Monitoreo. Supervivencia y crecimiento de trasplantes

El indicador que se estima adecuado para valorar, tanto la eficiencia como el éxito del trasplante, es la supervivencia. La supervivencia se estimará como porcentaje del total entre los fragmentos vivos y muertos en el periodo de estabilización, registrando también conectores (pérdida de fragmentos y espacios sin fragmentos).

Adicionalmente, el desarrollo se medirá tomando un número (n) de colonias a las cuales se les medirá, utilizando un vernier, la altura (cm), medida desde el límite superior del conector hasta la parte más alta del fragmento; y el diámetro máximo (cm), en una muestra.

El monitoreo de los indicadores será trimestral.

Lo anterior permitirá el registro formal de la supervivencia y crecimiento de los fragmentos en el arrecife artificial, estableciéndose las tasas correspondientes a través del tiempo.

Factores fisicoquímicos

Durante los monitoreos se registrará la temperatura del agua a la hora esperada de mayor temperatura en el día, la concentración de oxígeno disuelto, la salinidad y turbidez mediante disco de Secchi. Todo esto registrado a fin de tener elementos y parámetros para identificar los factores de éxito y/o fracaso.

VI.4 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS.

Se presenta un análisis del costo de llevar a cabo el cumplimiento de las medidas preventivas del proyecto, con las que se garantiza la atención de los impactos ambientales asociados la realización del proyecto.

Colocación de boyas y malla antidispersión: Se tienen contemplado la compra malla antidispersión para colocarla en torno a los sitios de colocación de roca que conformará el arrecife artificial, con objeto de evitar la dispersión de sedimentos. el costo por la adquisición de esta malla será de aproximadamente \$240,000.00 (Doscientos cincuenta mil pesos). Para la colocación de las boyas se realizará la compra boyas y cabo marino teniendo un costo aproximado de \$145,000.00 (Ciento cincuenta mil pesos) teniendo un total aproximado para estas tareas de aproximadamente de \$385,000.00 (Trescientos ochenta y cinco mil pesos).

Realización de análisis de la calidad del agua: Se tienen estimado que se realizaran semestralmente análisis de la calidad de la columna de agua donde se desarrollara el proyecto, el costo unitario de cada análisis ante un laboratorio acreditado por la EMA es de

\$6,800 (Seis mil ochocientos pesos), se tendría una inversión total contemplando los 5 años de estabilización de \$68,000.00 (Setenta y ocho mil pesos), a valor presente.

Así mismo para el desarrollo y cumplimiento de las medidas preventivas y cumplimiento de los términos y condicionantes, el proyecto contará con programa de vigilancia ambiental, el cual realizará las actividades de seguimiento y verificación del cumplimiento de las medidas preventivas que propuso el proyecto, este tendrá un presupuesto trimestral de \$15,000.00 (Quince mil pesos) para el desarrollo y cumplimiento de estas medidas, lo que resulta en 300,000.00 durante cinco años.

Tabla IV.3.- Monto para propuesta de garantía para el desarrollo del proyecto.

ACTIVIDAD	INVERSION EN PESOS MEXICANOS
Compra de malla antidispersión, boyas y cabo marino	\$385,000.00
Análisis de la calidad de agua	\$68,000.00
Implementación por 5 años del programa de vigilancia ambiental	\$300,000.00
Total	\$753,000.00

La propuesta de garantía que se solicita validar ante la SEMARNAT es de \$753,000.00 (Setecientos cincuenta y tres mil pesos 00/100 M.N.).



VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Los pronósticos del escenario permiten tener una imagen a futuro de las condiciones ambientales del área del proyecto, a fin de prever las afectaciones que tendrían los recursos naturales por el desarrollo del mismo. Así como poder discernir, si las medidas establecidas en el PVA para el proyecto, son eficaces en la disminución y/o prevención de los impactos ambientales generados.

Es así que a través de estos escenarios se pueden reconsiderar las medidas de mitigación propuestas, a fin de establecer las más adecuadas para la prevención y mitigación de las posibles afectaciones generadas por el proyecto.

Para la elaboración del pronóstico de los escenarios, es necesario contar con información base que proporcione una aproximación de la condición de deterioro o conservación de los recursos naturales, el cual sería el punto de partida para establecer la evolución de estos recursos, así como de posibles cambios en el espacio, dicha información se presentó en el capítulo IV de la presente MIA-R.

La tendencia de cambio se analiza al tenor de los siguientes escenarios:

Escenario 1: Sin el desarrollo del proyecto.

Escenario 2: Desarrollo del proyecto, sin aplicar medidas de prevención, mitigación y compensación.

Escenario 3: Desarrollo del proyecto aplicando las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas.

VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO.

La línea costera de esta zona ha sido embestida por fenómenos meteorológicos extremos en los años del 2005 al 2009, causando severos daños en la zona de playa y su vegetación, la que actualmente se ha podido restablecer poco a poco y con la ayuda de actividades de reforestación.

Sin embargo, las condiciones de la zona de playa y coral no se han podido restablecer del todo, ya que actualmente, la zona de playa se encuentra en un área en la que se presentan dos escenarios: uno de costa rocosa, y otro con playas no muy anchas con poca arena, generalmente con presencia de residuos sólidos, piedras y sargazo.

Asimismo, las zonas de arrecife presentan evidencias de presiones que han afectado su estado de conservación, como el aumento en la mortalidad de tejido coralino, el aumento en la cobertura y diversidad de macroalgas, la presencia de cianofitas, el incremento en el

número de colonias enfermas o dañadas, y la reducción en la densidad de cardúmenes y talla de los peces arrecifales.

Es debido a estas causas que regionalmente se han realizado y se encuentran contempladas diversas actividades orientadas al restablecimiento de las condiciones óptimas de las zonas de playa y marina, además de mejorar las condiciones ambientales y promover que la zona sea aprovechada de la mejor manera por los visitantes.

Se considera que, sin el proyecto, continuará la presión sobre los componentes del sistema ambiental donde se inserta, por lo que se mantendrá la continuidad de los procesos de transformación que actualmente, y desde hace tiempo, se están dando en la zona.

Aspectos característicos del escenario 1:

- ⊕ No se genera un hábitat para el desarrollo de nuevas comunidades de especies de flora y fauna marina.
- ⊕ No se modifica la dinámica costera.
- ⊕ No hay oferta de empleos temporales ni permanentes.
- ⊕ El sistema ambiental del proyecto no cambia por ninguna actividad nueva.
- ⊕ No se aprovechará ninguna superficie de fondo marino.
- ⊕ La roca continuará disolviéndose.
- ⊕ Se continúa el fenómeno de pérdida de coral y el ecosistema que éste forma.
- ⊕ No aumentan los aportes a la economía local.

Por consiguiente, caracteriza a este escenario que en general no se realiza ningún cambio, ni impacto ambiental sobre la zona, no hay alteración hacia el medio ambiente pero se pierde la oportunidad de crear un proyecto que aportará a la conservación de la costa y creará un hábitat para especies de flora y fauna marinas.

VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO SIN APLICAR MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN.

La concepción y planeación del proyecto, se elaboró bajo la perspectiva de alcanzar la compatibilidad entre las obras y actividades a realizar con la protección, conservación y el monitoreo ambiental, particularmente de aquellos componentes físicos y bióticos que por su valor ecológico son importantes en el mantenimiento de la biodiversidad local y de los ciclos biogeohidrológicos a nivel regional.

Con un diseño especializado fundamentado en la modelación, se consiguió una propuesta de proyecto que pretende la modificación del entorno inmediato donde el proyecto se inserta.

Tomando como escenario que se desarrollara el proyecto sin la aplicación de las medidas de prevención y mitigación, se describen los aspectos fundamentales de este escenario:

Aspectos característicos del escenario 2:

- ⊕ Al colocar la roca para conformar el arrecife artificial sin control alguno y sin supervisión especializada, se promoverá principalmente la modificación instantánea de corriente, puntualmente, incrementando la turbidez en el agua.
- ⊕ Se conformará el arrecife artificial de carbonato de calcio sobre zonas desprovistas de vegetación y coral dentro del área delimitada para el proyecto.
- ⊕ No se pondrá en práctica programa ambiental alguno, tampoco se llevará a cabo el programa para restauración de corales asociados al área del proyecto.
- ⊕ La dinámica costera se modificará, sin tener los elementos para evaluar el cambio inducido por el proyecto.
- ⊕ Durante la preparación del sitio y construcción, podría afectarse la costa por el vertido de residuos en el suelo y el agua por el probable derrame de hidrocarburos.
- ⊕ La maquinaria, equipos y medios de transporte que se utilizan al no operar en condiciones óptimas, provocan mayores emisiones de gases de combustión y ruido.
- ⊕ Es probable que se lleguen a presentar actividades de quema de residuos aumentando las emisiones de partículas y gases a la atmósfera.
- ⊕ Realizar las actividades de preparación del sitio y construcción fuera de un horario preestablecido provocaría mayores afectaciones por ruido y disturbios a las diferentes especies marinas.
- ⊕ Se lavan las rocas que integran el arrecife artificial dentro del mar o simplemente no se lavan.
- ⊕ No contar con vigilancia propicia que sea arrojada basura al mar durante los trabajos de preparación de sitio y de conformación del arrecife artificial.
- ⊕ De no existir control en las actividades de limpieza es probable que especies exóticas introducidas en predios aledaños, ganen espacio y generen competencia a las originales.
- ⊕ No se retiran las especies invasoras.
- ⊕ Pudiera practicarse la caza y captura de especies de fauna silvestre por parte de los trabajadores.
- ⊕ Se generan empleos temporales y permanentes, pero no se utiliza mano de obra de la zona.
- ⊕ No se rescatan ni se reintroducen los ejemplares de palma chit, localizados el camino temporal al sitio A de depósito temporal de roca.

A modo de conclusión de este escenario, puede decirse que se desarrolla el proyecto, pero los impactos generados al medio ambiente son mayores que los que debían generarse en este tipo de proyecto. Las actividades del proyecto se realizan en un marco ambiental insatisfactorio.

VII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO APLICANDO MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN.

El escenario ambiental futuro considerando la operación del proyecto, tomando en consideración la aplicación de las medidas de mitigación del impacto ambiental de las obras y actividades del proyecto, no sólo prevé un impacto ambiental significativo sobre el lecho marino, sino que estima que el desarrollo del presente proyecto, no producirá desequilibrios ecológicos, ni daños permanentes en el área del proyecto y en el área de influencia del mismo, ya que se encuentra debidamente regulado y se cumplirían con las disposiciones legales aplicables.

Tomando como escenario que se desarrollará el proyecto con la aplicación de las medidas de prevención y mitigación, los aspectos fundamentales de este escenario son:

Aspectos característicos del escenario 3:

- ⊕ Se realiza la delimitación del área de trabajo colocando malla antidispersión para contener los sedimentos que pudieran generarse por la conformación del arrecife artificial.
- ⊕ La conformación del arrecife artificial de carbonato de calcio se realizará de tal manera que no se afectarán organismos bentónicos cercanos del sitio del proyecto y sin incrementar la turbidez del agua.
- ⊕ Se afectará únicamente la vegetación que se pudiera encontrar dentro del área de aprovechamiento del proyecto y/o camino temporal al sitio de depósito de roca "A", el camino temporal se cubrirá con geotextil y una capa de material sascab.
- ⊕ Las palmas chit ubicada en la trayectoria del camino temporal al sitio de depósito de roca A, serán rescatadas, trasladadas al vivero de Puerto Aventuras y reintroducidas mediante reforestación del sitio a una vez concluido el proyecto.
- ⊕ No se realizan vertidos de ningún tipo al suelo y mar.
- ⊕ La contratista y el promotor, garantizan que el equipo y medios de transporte que se utilicen se encuentren en estado óptimo de operación.
- ⊕ Quedan estrictamente prohibidas las actividades de quema.
- ⊕ No se realizan actividades que generen ruido en horario nocturno.
- ⊕ Se retirarán todas las especies invasoras encontradas.
- ⊕ No se realizarán actividades de captura de especies de flora y fauna silvestre.
- ⊕ Los empleos serán otorgados a personal local.
- ⊕ Se creará en la caleta de Chac-hal-al una zona de calma, protegida del oleaje intenso, con lo que se evitará la erosión de la línea costera.
- ⊕ Todos los servicios que resulten necesarios se contratan a empresas del área.
- ⊕ Se incrementarán los aportes a la economía local.

A modo de conclusión, puede decirse en este escenario se desarrollará el proyecto, los impactos generados al medioambiente son los asociados a cualquier proyecto similar y sus magnitudes son minimizadas con la ejecución de las medidas preventivas, de mitigación y

compensación establecidas. Las obras y actividades del proyecto se llevan a cabo en un marco ambiental ordenadamente regulado y satisfactorio.

VII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL.

El pronóstico del SAR se encuentra fuertemente influido por los procesos de urbanización y turismo a lo largo del corredor de la costa de Yucatán y Quintana Roo, las necesidades de desarrollo regional se ven reflejados dentro de los instrumentos de planeación vigentes, incluidos los diversos ordenamientos ecológicos que regulan la región..

Los Planes y Programas vigentes tienen como uno de los principales objetivos, el desarrollo regional de forma sustentable, siendo el turismo el principal eje de desarrollo. DE esto se deriva que existe un eminente escenario de transformación a mediano y largo plazo, dentro de lo que constituye el Centro de Población de Puerto Aventuras y sus alrededores. El proceso de ocupación y las tendencias de conservación y/o deterioro a nivel del SAR no dependen de la propuesta del presente proyecto.

El proyecto arrecife artificial de carbonato de calcio, busca la creación de un hábitat de refugio y alimentación de especies de flora y fauna marina, pero indirectamente tendrá su aporte al sector turístico, ya que al mantener la costa y la calidad paisajística, permitirá que el turismo siga arribando a este sitio para el disfrute de este entorno de mar en la caleta Chac-hal-al, protegida del embate del oleaje.

VII.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y CONCLUSIONES

No se considera conveniente definir otros predios para la ejecución del proyecto en estudio, debido a que el objetivo principal de éste es generar calma y propiciar la formación de ambientes coralinos.

Como se planteó en el Capítulo II de la presente MIA-R, proyecto propuesto surgió del análisis de diversas alternativas para la reducción de energía del oleaje en la caleta Chac-hal-al, habiendo sido seleccionada aquella que ofrece mejor protección y permite la circulación del agua en la Caleta.

El proyecto Arrecife artificial de carbonato de calcio, no plantea alteraciones permanentes en el ambiente terrestre, en el ambiente marino sus principal afectación será sobre la superficie de contacto de las estructuras arrecifales con el fondo marino. En el aspecto positivo, proporcionará protección a la caleta Chac-hal-al contra el embate del oleaje generando una zona de calma, a la vez que la nueva estructura proporcionará el sustento para el desarrollo de una comunidad coralina, y otras que encuentren soporte en ella.

Es por ello y porque los impactos adversos asociados al proyecto son todos mitigables, que se considera que el proyectado Arrecife artificial de carbonato de calcio es un proyecto,

cuya realización contribuye a la sostenibilidad ambiental y brinda una opción para la práctica de actividades ecoturísticas en la región.



VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

VIII.1 CARTOGRAFÍA

VIII.1.1 Cartografía.

Planos de proyecto en formato dwg.

VIII.1.2 Fotografías.

Se presentan fotografías de sitio y del área a lo largo del documento.

VIII.1.3 Videos.

No se anexan videos.

VIII.2 OTROS ANEXOS

ANEXOS LEGALES:

- ⊕ Escritura pública número 8,056 del volumen 54, de fecha 26 de febrero de 1988, tirada ante la fe del Notario Público número 7 del Estado de Quintana Roo, Lic. Francisco Xavier López Mena.
- ⊕ escritura pública número 54,004 de fecha 21 de septiembre de 2012, tirada ante la fe del Notario número 3 del Estado de Quintana Roo, Dr. Marco Antoni Sánchez Vales, donde se acredita la personalidad del señor Rivera Torres y Suárez.
- ⊕ Constancia de situación fiscal del promovente.

ANEXOS TÉCNICOS:

- ⊕ Plano de arreglo general del proyecto.
- ⊕ Protección de Costa en Lotes 3 y 4. Puerto Aventuras.

BIBLIOGRAFÍA.

Referencias WEB:

<http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/estacion/normales.html>
<http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas>
<http://www.inegi.gob.mx>
<http://conabioweb.conabio.gob.mx/bancoimagenes/cgi-bin/consultabi.pl>
<http://www.conabio.com>
<http://www.conanp.gob.mx/anp/anp.php>
<http://infoteca.semarnat.gob.mx/index3.htm>

<http://www.conanp.gob.mx/sig/informacion/info.htm>

<http://mapserver.inegi.gob.mx/>

Referencias Bibliográficas.

Cabrera, E.F., M. Sousa y O. Telléz. 1982. Imágenes de la Flora Quintanarroense. CIQROSEDUE. 224 p.

Etnoflora Yucatanense Fascículo 20, 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo, y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. Pp.815.

Miranda, F. 1959. La vegetación de la Península Yucateca. En. Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Tomo II. IMERNAR, México, D.F. 215-271.

Odilon Sanchez S.y G. A. Islebe ECOSUR. 2000. El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín. Fundamentos y estudios particulares pp.191.

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

Sousa, M. & E.F. Cabrera. 1983. Listados Florísticos de México. II. Flora de Quintana Roo. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F. 100 p.

Rzedowsky, J. 1979. La vegetación de México. Ed. LIMUSA.

Van Tussenbroek, B., Barba-Santos, M.G., Wong, J. G. R., van Dijk, J.K., Waycott, M. 2010. Guía de los pastos marinos tropicales del Atlántico oeste. Universidad Nacional Autónoma de México. 1ª. Ed.

